

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



**"IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA
CONFIABILIDAD (RCM) EN UN MOLINO DE BARRAS 10'-8" X 16' PARA
REDUCIR COSTOS DE MANTENIMIENTO DE UNA EMPRESA MINERA"**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO

JHELDDO JHASMÁN REYES CÓRDOVA

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "J. Reyes", enclosed in a blue oval.

Callao, 2021
PERÚ

A handwritten signature in black ink, appearing to be "E. Reyes", written in a stylized, cursive manner.

ACTA N° 075 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO TALLER PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO

LIBRO N° 001, FOLIO N° 101, ACTA N° 075 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO TALLER DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO

A los 08 días del mes diciembre, del año 2021, siendo las 11:15 horas, se reunieron, en la sala meet: <https://meet.google.com/wdy-xddb-bej>

el **JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS** para la obtención del **TÍTULO** profesional de **Ingeniero Mecánico** de la **Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

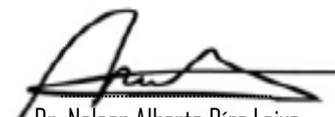
- | | | |
|-----------------------------------|---|------------|
| ▪ Dr. Juan Manuel Palomino Correa | : | Presidente |
| ▪ Dr. Nelson Alberto Díaz Leiva | : | Secretario |
| ▪ Mg. Juan Guillermo Mancco Pérez | : | Miembro |
| ▪ Dr. Dennis Alberto Espejo Peña | : | Asesor |

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis del **Bachiller REYES CÓRDOVA, JHELDDO JHASMÁN**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico sustenta la tesis titulada **"IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) EN EL MOLINO DE BARRAS 10'-8" X 16' PARA REDUCIR COSTOS DE MANTENIMIENTO DE UNA EMPRESA MINERA"**, cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid-19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N°039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario";

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por **APROBADO** con la escala de calificación cualitativa **MUY BUENO** y calificación cuantitativa **17 (diecisiete)**, la presente Tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 245-2018- CU del 30 de octubre del 2018.

Se dio por cerrada la Sesión a las 12:11 horas del día 08 del mes y año en curso.


.....
Dr. Juan Manuel Palomino Correa
Presidente de Jurado


.....
Dr. Nelson Alberto Díaz Leiva
Secretario de Jurado


.....
Mg. Juan Guillermo Mancco Pérez
Vocal de Jurado


.....
Dr. Espejo Peña Dennis Alberto
Asesor

DEDICATORIA

A mi madre, con mucho amor, por su incondicional e incansable apoyo

A mis amigos, quienes sin esperar algo a cambio, compartieron sus conocimientos, y contribuyeron en gran parte en mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

A mis colegas y docentes que me ayudaron de una manera desinteresada, gracias infinitas por toda su ayuda y buena voluntad.

A la Universidad Nacional del Callao por ser la sede de mi formación académica.

A mi asesor de tesis por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico para guiarme durante el desarrollo de la tesis.

ÍNDICE

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE IMAGENES

RESUMEN

ASBTRAC

INTRODUCCIÓN.....	7
I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	10
1.1.Descripción de la realidad problemática.....	10
1.2.Formulación del Problema.....	10
1.3.Objetivo	10
1.4.Limitaciones de la investigación	10
II. MARCO TEÓRICO	12
2.1.Antecedentes del Estudio.....	12
2.2.Base Teórica	14
2.3.Conceptual	31
2.4.Definiciones de Términos Básicos.....	38
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	40
2.1.Hipótesis	40
2.2.Definición conceptual de variables	40
2.5.Operacionalización de variables.....	41
IV. DISEÑO METODOLÓGICO	43
3.1.Tipo y diseño de la Investigación	43
3.3.Método de la investigación	45
3.4.Población y muestra	45
3.5.Lugar de estudio y periodo desarrollado:	46
3.6.Técnicas e instrumentos para la recolección de la información ..	46
3.6.Análisis y procesamiento de datos	50
V. RESULTADOS	71
4.2.Resultado Descriptivo.....	71
4.2.Análisis Descriptivo mediante el SPSS25.	71
4.3.Resultados inferenciales.	78
4.3.Otros Resultadoss.	87

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	89
CONCLUSION	92
RECOMENDACIONES	93
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
ANEXO.....	98

TABLA DE CONTENIDO

Tabla 1: Modos de falla	29
Tabla 2: Operacionalización de Variables.....	43
Tabla 3: Criticidad de equipos.....	54
Tabla 4: Lista de 22 componentes con criticidad alta y media.	56
Tabla 5: Extracto del estudio del AMEF de algunos componentes	58
Tabla6 Resultado de la evaluación por criticad riesgo NPR	51
Tabla 7 Resumen extracto de hoja de decisiones.....	68
Tabla 7.1 Resumen extracto de cantidad y tipo de actividades	71
Tabla 7.2 Resumen extracto de Plan de mantenimiento.....	72
Tabla 8 Disponibilidad antes de Implementar RCM	73
Tabla 9 Comparación de resultados resultados Pre y Post Test.....	73
Tabla 10 Resumen procesamiento datos de Disponibilidad Mecánica	76
Tabla 11 Resumen procesamiento datos de MTBF	77
Tabla 12 Resumen procesamiento datos de MTTR.....	78
Tabla 13 Prueba de normalidad de la Disponibilidad Mecánica.....	79
Tabla 14 14Comparación de medias de la Disp Mecánica de Wilcoxon.....	80
Tabla 15 Estadístico de prueba Wilcoxon para Disponibilidad mecánica ...	81
Tabla 16 Prueba de normalidad del tiempo medio para reparar	82
Tabla 17 Comparación de medias del MTTR de Wilcoxon	83
Tabla 18 Estadístico de prueba Wilcoxon para el MTTR	83
Tabla 19 Prueba de normalidad del tiempo medio para reparar	85
Tabla 20 Comparación de medias del MTBF de T- Student	86
Tabla 21 Estadístico de prueba T-Student para el MTBF	87
Tabla 22 Tabla comparativa de pérdidas por indisponibilidad	89

TABLA DE FIGURAS

Figura 1 Esquema de revisión de variables de mantenimiento	20
Figura 2: Árbol de decisión	22
Figura 3: Intervalo P-F	17
Figura 4: Patrones de falla RCM.....	27
Figura 5: Etapa de conminación.....	31
Figura 6: Tipos de chancadores y molinos.....	32
Figura 7: Esquema de funcionamiento de un molino de bolas.....	33
Figura 8: Circuito cerrado convencional.....	34
Figura 9: Componentes principales de un molino de bolas.....	35
Figura 10: Tipos de revestimientos de los molinos	36
Figura 11: Movimiento de la carga en molinos rotatorios.....	37
Figura 12: ERP, Gestión de Mantenimiento	49
Figura 13: Flujograma de implantación del RCM	50
Figura 14: Integrantes de un equipo natural de trabajo.....	51
Figura 15: Estructura de la Hoja de Decisión de RCM.....	62
Figura 16: Diagrama de decisión, Elaboración propia.....	63
Figura 17: Reistro de consecuencias de falla en la hoja de decisión	64
Figura 18: Resumen de las consecuencias de falla	65
Figura 19: Criterios de factibilidad técnica.	66
Figura 20: Las preguntas “A Falta de”.....	67
Figura 21: Análisis comparativo mensual de disponibilidad Disp. Mec	73
Figura 22: Análisis comparativo mensual de la disponibilidad MTBF.....	73
Figura 23 Análisis comparativo mensual de la disponibilidad MTTR	74
Figura 24: Histograma dantes y después de disponibilidad Mecánica.....	75
Figura 25: Histograma dantes y después de MTTR.....	76
Figura 26. Histograma dantes y después de MTBF	75
Figura 27 Estadígrafo de Shapiro-Wilk	75
Figura28: Regla de decisión.....	75

RESUMEN

El presente trabajo de investigación contempla la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) a un molino de bolas 14' X41', de una unidad minera, para mejorar su disponibilidad mecánica.

En la unidad minera, la planta concentradora en estudio procesa 50TM/día y la línea1 un aproximado de 123TM/h de mineral (Torta de exportación)

La estrategia de mantenimiento preventivo y correctivo aplicado al molino de bolas causa una disponibilidad mecánica baja, porque no se centra en evitar fallas y paradas. La indisponibilidad de equipos, sistemas genera costos por ineficiencia, por no producción,

La investigación fue de tipo aplicada, explicativo, cuantitativo, cuasi experimental, longitudinal, hipotético deductivo; se desarrolló la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM. 1). Iniciando con el análisis de criticidad y jerarquización para validar la criticidad del molino, luego el análisis de criticidad de los componentes del molino, 2). Se desarrolló un análisis FMECA, a los componentes críticos, comenzando con el AMEF a todos los componentes críticos, luego se aplicó un análisis NPR (Número ponderado de riesgo) a todos los modos de falla, 3). Se procedió a desarrollar la hoja de decisión de los modos de falla críticos, de esta manera se propuso los planes de mantenimiento asociados a estos modos de falla, críticos.

Se logró implementar el RCM, incrementando la disponibilidad mecánica del molino de bolas, el cual fue evaluado mediante SPSS.25. Versión 25.

La implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad mejoró la media de la disponibilidad mecánica del molino de bolas en un 7.1%.

PALABRAS CLAVE: mantenimiento centrado en la confiabilidad, Disponibilidad, FMECA, NPR, tareas a condición, reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica, MTTR, MTBF.

ABSTRACT

The present research work contemplates the implementation of Reliability Centered Maintenance (RCM) to a 14 'X41' ball mill, of a mining unit, to improve its mechanical availability.

In the mining unit, the concentrator plant under study processes 50 MT / day and line 1 an approximate of 123 MT / h of ore (Export cake)

The preventive and corrective maintenance strategy applied to the ball mill causes low mechanical availability, because it is not focused on avoiding failures and stops. The unavailability of equipment, systems generate costs due to inefficiency, due to non-production,

The research was applied, explanatory, quantitative, quasi-experimental, longitudinal, hypothetical deductive; RCM Reliability Centered Maintenance application was developed. Starting with the criticality analysis and ranking to validate the criticality of the mill, then the criticality analysis of the mill components, 2) An FMECA analysis was developed, to the critical components, starting with the FMEA to all the critical components, then An NPR (Risk Weighted Number) analysis was applied to all failure modes, 3) The decision sheet of critical failure modes was developed, in this way the maintenance plans associated with these failure modes were proposed , critics.

The RCM was implemented, increasing the mechanical availability of the ball mill, which was evaluated using SPSS.25. Version 25.

The implementation of Reliability Centered Maintenance improved the average mechanical availability of the ball mill by 7.1%.

KEYWORDS: Reliability Centered Maintenance, Availability, FMECA, NPR, Conditioned Tasks, Cyclic Overhaul, Cyclic Replace, MTTR, MTBF.

INTRODUCCIÓN

El mineral de hierro es un producto altamente demandado en el ámbito nacional e internacional, a nivel de gran minería, uno de los procesos de producción se desarrolla en las plantas concentradoras, la cual cuenta con sub procesos de chancado, molienda, separación magnética y flotación, las cuales contemplan equipos críticos y una baja disponibilidad de equipo ocasiona cuantiosas pérdidas económicas por no producción; ocasionado generalmente por la complejidad de los equipos, uso de estrategias de mantenimiento preventivo no estratégico y correctivos; y por el desconocimiento de la estrategias de mantenimiento centradas en la confiabilidad (RCM), para mejorar la disponibilidad .

El Mantenimiento centrado en fiabilidad (RCM, Reliability centered maintenance) es una herramienta centrada en mejorar la disponibilidad del equipo, ocurren, para ello se conforma el equipo de trabajo liderado por un facilitador, personal de distintos sectores de la empresa y personal de campo, y personal de campo con experiencia en el tipo de máquina, con lo cual se busca encontrar un plan de mantenimiento en base a criterios: si es evidente, lesivo, contaminante o si genera pérdidas económicas cuantiosas, evaluado para cada modo de falla crítico, para conseguir una mejor disponibilidad del equipo flota

La presente investigación se ha estructurado de la siguiente manera:

En el Capítulo I se describe cómo afecta a la producción de concentrado de hierro, si no se tiene un correcto plan de mantenimiento que nos otorgue una mejor disponibilidad mecánica del equipo, siendo el objetivo principal de este proyecto, mejorar la disponibilidad mediante la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en un molino de bolas 14' X41'.

En el Capítulo II, se describe los criterios y circuitos de la molienda, los sistemas de mantenimiento y todo lo relacionado a la metodología RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad). Además, analizan los estudios similares, nacionales e internacionales.

En el capítulo III, se plantean las hipótesis dependiente e independiente, para resolución del problema, teniendo como hipótesis general: “La implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) mejora significativamente la disponibilidad mecánica del molino de bolas”. Se exponen las variables y su operacionalización con sus dimensiones.

En el capítulo IV, se determinó que la investigación es de tipo aplicada, nivel explicativo, enfoque cuantitativo, diseño cuasi experimental, longitudinal, con método de investigación hipotético deductivo; del análisis documental y observación de datos, llegamos a conclusiones generales. Considerando como muestra no probabilística, por conveniencia y finita siendo estos los reportes de disponibilidad mecánica mensuales; teniendo como dimensiones los reportes de KPI, MMTR y MTBF, siendo estos validados a través del juicio de expertos.

se desarrolla la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM. En tres pasos, 1) Iniciando con el análisis de criticidad y jerarquización entre los equipos de la línea de producción, para evaluar y validar la criticidad del molino, luego el análisis de criticidad de los componentes del molino los cuales se encuentran en los sistemas: Alimentación, Rodadura, Revestimiento interior, Gearless, Obturación de carcasa, Descarga, Lubricación y Frenado; esos sistemas se dividen en subsistemas y componentes que se mencionan en el desarrollo de esta tesis; siendo los componentes 2) Se desarrolló un análisis FMECA, comenzando con el AMEF a todos los componentes del molino de bolas. posteriormente según los modos de falla, se aplicó un análisis NPR (Número ponderado de riesgo), el cual consiste en multiplicar la gravedad, la frecuencia y la defectibilidad de cada modo de falla y así obtener un ranking de aquellos modos de falla que son poco importantes, normales o críticos.

3) Se procedió a completar la hoja de información a los modos de falla críticos y de esta manera se propuso los planes de mantenimiento asociados a estos modos de falla, críticos.

En el capítulo V, Se expone el plan de mantenimiento resultado de la aplicación del RCM, luego se realiza la contrastación diferencial e inferencial de la mejora de la disponibilidad mecánica del molino de bolas, en el pre test y post test al de

la implementación. También se hizo la contratación con los antecedentes nacionales e internacionales.

En el capítulo VI, se redactó la discusión de resultados contrastando inferencialmente la disponibilidad del molino de bolas, en el pre test y post test al de la implementación. También se hizo la contratación con los antecedentes nacionales e internacionales.

En el Capítulo VII, Se logró describir las conclusiones en base a los objetivos propuestos.

En el Capítulo VIII, se hizo las recomendaciones pertinentes, base a los resultados obtenido y antecedentes citados.

Finalmente se detalla las referencias bibliográficas y la lista de anexos.

I PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad Problemática

La unidad minera en estudio, es una empresa china, quien exporta diariamente un promedio 100mil TM/día de minerales procesados, del cual la planta concentradora en estudio procesa 50TM/día y la línea en 1 un aproximado de 123TM/h de mineral (Torta de exportación); los cuales generan fuertes divisas para el departamento ICA, en la retribución del canon minero, más aún que en estos tiempos de pandemia subió de precio con un histórico de 230.56 usd.TM (López, 2021).

La estrategia de mantenimiento aplicado al molino de bolas presentó una disponibilidad mecánica baja con valores el 2019, 2018 de 91.2% 88.03% respectivamente. La indisponibilidad de equipos y sistemas genera costos por ineficiencia, por no producción, por falta de servicio, que matemáticamente se expresa como la facturación perdida menos los costos variables (Pablo Viveros, 2013), por ello es importante mejorar la disponibilidad mecánica del molino de bolas, para evitar parada de línea y pérdidas de producción, que se refleja en pérdida económica por indisponibilidad.

1.2. Formulación del Problema

Problema General

¿En qué medida la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), mejora la disponibilidad mecánica del molino de bolas 14' X41'?

Problemas Específicos

¿En qué medida la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) mejora el tiempo medio de reparación (MTTR) del molino de bolas 14' X41'?

¿En qué medida la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) mejora el tiempo medio entre fallas (MTBF) del molino de bolas 14' X41'?

1.3. Objetivo

Objetivo General

Evaluar en qué medida la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), mejora la disponibilidad mecánica del molino de bolas 14' X41'.

Objetivos Específicos

Evaluar en qué medida la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), mejora el tiempo medio de reparación (MTTR) del molino de bolas 14' X41'.

Evaluar en qué medida la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), mejora el tiempo medio entre fallas (MTBF) del molino de bolas 14' X41'.

1.4. Limitantes de la investigación

Teórica

La falta de conocimientos y adaptación del personal colaborador y equipo de trabajo, por su desconocimiento de la metodología RCM.

Temporal

Demora en registrar información en files, reportes de actividades de mantenimiento, que no se encontraba en el ERP de la empresa. Se tuvo que definir responsabilidades al personal del equipo para su registro.

Espacio

La cantidad de componentes con la que cuenta y molino 142 componentes, a estudiar, puesto que se requería un mayor número de reuniones con el personal integrante del proyecto. El tiempo que se desarrolló el proyecto, 10 meses de medición del pre test y 10 para el Post test fue una limitante, puesto que, para una mejor comparación de los resultados, se requiere un periodo mayor.

II MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Estudio

Antecedentes internacionales

Maya, (2018), en su tesis titulada Aplicación de RCM como estrategia de implementación del mantenimiento predictivo para la metodología TPM. Cuyo objetivo es aplicar la metodología RCM para el diseño de nuevos planes de mantenimiento en una línea de producción de alimentos para atender las necesidades de los pasos 4 (Mantenimiento basado en el tiempo) y paso 5 (Mantenimiento basado en condición) del pilar de mantenimiento planeado de la metodología TPM.

Una de sus conclusiones nos habla sobre el estudio de diagnóstico, la disponibilidad de los equipos del área de mezcla en el año 2010 fue del 85%. A partir de este año, con la implementación técnicas de monitoreo de condición en equipos críticos según el estudio de FMEA, se logra una mejora progresiva en la disponibilidad general de la línea de producción llegando a 2017 a una disponibilidad del 93%.

El estudio nos enseña que es viable realizar estudio en forma considerando un mayor periodo 3 años para pre test y 3 años para post test, el cual no brinda mayor certeza en a la contratación de los resultados. También nos enseña a realizar el análisis ISHIKAWA para la selección de criticidad de historial de fallas más frecuentes.

Muncharaz (2014), en su tesis titulada. Titulada “Planteamiento para la optimización del mantenimiento preventivo en una instalación industrial”. El objetivo de este Trabajo Final de Master es el Planteamiento y Desarrollo de unas directrices para la consecución de unos objetivos en el Mantenimiento de una instalación industrial en funcionamiento, a partir de las observaciones efectuadas en los protocolos y actuaciones diarias del responsable de mantenimiento, y recopilación y posterior análisis de la documentación encontrada en la empresa, y dentro de un contexto de optimización del plan

vigente de mantenimiento como vía para la mejora de la eficiencia de la explotación de dicha instalación.

El autor de esta investigación concluye que trabajando como ingeniero de procesos, con responsabilidad sobre el área de Mantenimiento, sin proponer un programa de mantenimiento preventivo efectivo para la mayoría de equipos y teniendo que subcontratar personal de mantenimiento genera sobrecostos, se propone como objetivo realizar el planteamiento, optimización del mantenimiento preventivo, que permita posteriormente la informatización para optimizar la disponibilidad del equipo productivo para la disminución de costos y maximizar la vida útil de los equipos.

Aprendemos del autor que la realización del planteamiento de optimización del mantenimiento preventivo le permite organizar y optimizar la disponibilidad de los equipos maximizando.

Guillén (2015), en su tesis titulada “Optimización de la efectividad global de los equipos a través de estrategias de gestión de mantenimiento”, Empresa Negroven S.A-España”. La presente investigación tiene como objetivo realizar un diagnóstico de los equipos que conforman la planta mediante una metodología de análisis de criticidad y seleccionar el equipo más crítico del proceso, también identificar el estado inicial del indicador de efectividad global (OEE) del equipo de mayor criticidad para fijar su condición actual, también diseñar estrategias de gestión de mantenimiento.

Como conclusión se logró de analizar e interpretar tales hechos mediante el análisis de criticidad AHP (Análisis jerárquico) y dio resultados que permitió aumentar el OEE (índice calculado median el producto de Disponibilidad por Calidad por Productividad) de un 49.25% a 66.67%.

El autor menciona que debemos tener en cuenta los cuatro retos principales para la competitividad como: Eficiencia, productividad, efectividad y calidad, estos aspectos demandan cualquier empresa que necesitan realizar una gestión correcta de mantenimiento, para conseguir la competitividad, en esta empresa no existen sistemas que garantice la producción óptima para el alcance y superación de los mismos.

Antecedentes Nacionales

Medrano (2019) en su tesis "Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad para mejorar la disponibilidad de los Scooptram LH307 en una minera subterránea, Huaraz 2019" Cuyos objetivos fueron: Determinar si la implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad mejora la disponibilidad de los Scooptram LH307 en una mina subterránea, Huaraz 2019. Y como objetivos Específicos, determinar si la implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad mejora el tiempo medio entre fallas MTBF de los Scooptram LH307 en una mina subterránea, Huaraz 2019 y determinar si la implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad mejora el tiempo medio para reparar MTTR de los Scooptram LH307 en una mina subterránea, Huaraz 2019. Este autor llega a las siguientes Conclusiones:

- En referencia a la hipótesis general se concluye que La implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad mejora la disponibilidad de Scooptram LH307 en una minera subterránea Huaraz, ya que se mejoró en 12.22 % de disponibilidad
- Que la implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad mejora el tiempo medio entre fallas de Scooptram LH307 en una minera subterránea Huaraz, con 78.35 de mejora del tiempo medio de fallas, con un nivel de confianza de 95% y confiabilidad 0.002 logrando aceptar la hipótesis del investigador.
- También que la implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad mejora el tiempo medio para reparar de Scooptram LH307 en una minera subterránea Huaraz, la mejora se realizó a través de la reducción de los tiempos de reparación de 5.36 horas, con un nivel de confianza de 95 % y confiabilidad 0.002 con lo que se acepta la hipótesis del investigador.

El antecedente nos enseñó que un pilar importante para el éxito de la tesis fue porque en su proceso de desarrollo del RCM tomó como referencia las normas internacionales ISO 14224-2016, las cuales detallan facilitan información sobre modos de falla de un grupo de equipos, logrando así atacar a una mayor cantidad de modos de falla.

Tasilla, (2018) en su tesis “Plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para mejorar la disponibilidad de la maquinaria pesada de la empresa TECNOLDHER”, Implementó RCM teniendo como objetivo la mejora de disponibilidad de la maquinaria y equipos pesado.

Una de sus conclusiones hace referencia respecto al resultado obtenido; el cual se incrementó la disponibilidad de los equipos en un 12%, pasando de un 79% inicial a un 91% de disponibilidad.

El antecedente nos enseñó que un pilar importante fue todos los registros, información de historiales de mantenimiento, para el diagnóstico de disponibilidad más acertada.

Vega, (2018), en su tesis titulada Implementación de la metodología RCM para aumentar la disponibilidad mecánica del volquete volvo fm13 64r en la empresa vickers ingenieros EIRL, cuyo objetivo general fue aumentar la disponibilidad mecánica del Volquete FM13 64R implementando la metodología RCM en la empresa VICKERS INGENIEROS E.I.R.L.

Se llegó a las siguientes conclusiones:

- Con la aplicación de la Metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad se logró superar lo establecido en el contrato de mantenimiento que posee la empresa Vickers Ingenieros EIRL con el concesionario autorizado Volvo Automotriz Central del Perú, disponibilidad mecánica mayor o igual al 87%, con su aplicación se logró una media de 89.72% superando en un 2.72% a lo establecido.
- La media de horas operativas mensuales del equipo MTBF ha aumentado de 183.5 a 222 horas después de aplicar la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad, siendo el incremento de 38.5 horas operativas mensualmente.
- La media de horas de parada mensuales del equipo ha disminuido de 44.875 a 25.5 MTTR horas después de aplicar la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad, se logró disminuir en 19,375 horas, el tiempo perdido en taller.

El antecedente nos ayudó a apreciar que con la capacitación constante que se brinda al personal se mejoró la disponibilidad de su equipo y repercutió en la confianza que existe entre el cliente y el concesionario, aumentando la satisfacción del cliente.

Chura, (2019), en su tesis titulada "Diseño de un plan de mantenimiento para el molino Comesa 8'x10' usando la metodología RCM", uno de sus objetivos fue Incrementar la disponibilidad del molino Comesa en 2 puntos porcentuales (de 95% a 97%)

En una de sus conclusiones informa:

Se concluye que se puede incrementar la disponibilidad del molino COMESA al 97%.

Nos enseñó que una forma de seleccionar los componentes críticos es considerando sólo, solo por tasa de fallas (método Pareto por frecuencia de historial de fallas), ignorando efectos de costos, seguridad, mantenibilidad y otro impacto en las operaciones, seleccionando, entre sistemas luego entre componentes, Spout Feeder, Forros de cilindro, desarrollando un plan especial mediante FMECA, logrando un aumento de un 2% de mejoría en su disponibilidad mecánica.

Núñez, (2016) "RCM para optimizar la disponibilidad de los tractores D8T en la empresa ARUNTANI SAC – UNIDAD TUKARI", Universidad Nacional del Centro del Perú Huancayo. Dentro de sus conclusiones más resaltantes hace referencia a las siguientes:

- La disponibilidad mecánica global en los tractores Caterpillar D8T en el año 2013 fue de 83.5% Con la aplicación del RCM y sus principales herramientas tales como el diagrama de Pareto, Análisis modal de fallos y efectos y el análisis de criticidad la disponibilidad mecánica ascendió a 94%, subiendo en un 10.5%.
- También mediante el análisis inferencial sobre el tiempo medio para reparar se evidencio que antes de la implementación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad la media del fue de 9.59 y luego de implementar

el Mantenimiento Centrado en MTTR Confiabilidad la media fue de 4.23, comprobándose la mejora a través de la reducción en los tiempos de reparación de los Scooptram LH307.

El estudio nos enseñó que los desperdicios como reprocesos y desorden en las áreas de actividades afectan el desempeño en las ejecuciones de los mantenimientos resultados del plan emitido en el RCM, afectando ligera pero significativamente el tiempo promedio de reparación MTTR. Que es importante desarrollar en paralelo una cultura basada en la reducción de desperdicios y reprocesos.

2.2. Base Teórica

Este capítulo refiere al desarrollo de las teorías y puntos que desarrollamos en el proyecto. Tienen como fin obtener los resultados, objetivos propuestos en la presente investigación ejecutada, "Implementación Del Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad (RCM) Para Mejorar La Disponibilidad Mecánica De Un Molino De Bolas 14' X41' En Una Unidad Minera". Se irán citando y describiendo de manera puntual y acorde al orden en el que se desarrolló el proyecto.

Historia del Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (RCM)

A partir de los años 50 se desarrollaron diferentes técnicas como el RCM (1960), Poka Yoke (1961), Circuitos de calidad (1962), El RCM mejorado (1968), Mantenimiento productivo total (TPM) (1971), Optimización del mantenimiento planificado (1980), RCM en toda clase de industria (1980), Conservación industrial (2005), etc.

El concepto de RCM se formó en las décadas de 1960 y 1970 debido al desarrollo de la industria de la aviación donde los costos de falla eran inaceptables porque resultan en la muerte de personas. En ese momento el número de accidentes en la industria aeronáutica superaba los 60 accidentes por millón de despegues hoy vamos a halar de dos accidentes al día y dos tercios de estos son accidentes por daños en los equipos. (Beltrán & Barreda, 2015).

Las primeras investigaciones de RCM llevadas a cabo en el sector aeronáutico mostraron que las tasas de fallas de las piezas que tradicionalmente se pensaba que aumentan con la antigüedad de las piezas en realidad no estaban relacionadas con este parámetro. (Soto et al., 2020).

El mantenimiento por excelencia en aquellas épocas era el mantenimiento preventivo y correctivo, siendo aplicado de manera muy general y primitiva, siendo una actividad común de mantenimiento preventivo el cambio de las piezas o de los equipos después de un periodo determinado de vida de trabajo.

Actualmente la aviación comercial es una de las formas más seguras de viajar, pero para lograr este objetivo sostener la industria requiere camios y mejoras importantes. La historia de este camio es la historia del RCM

El objetivo de RCM es ser la aplicación de mantenimiento ideal para asegurar la confiabilidad de la funcionalidad del activo con la reducción de costos de mantenimiento al mejorar la eficiencia de la aplicación. (Soto et al., 2020).

Conceptos de mantenimiento

Los conceptos de mantenimiento están directamente relacionados con el mayor desarrollo e implementación de nuevas tecnologías. Estos están esencialmente orientados a la objetividad del entorno en el que se está desarrollando la gestión del mantenimiento por lo que existe una necesidad fundamental de mejorar el nivel de producción. (OetzeeC, 2006)

La importancia del mantenimiento

Sin un buen programa de mantenimiento, nuestros activos no llegarán a hacer lo que sus usuarios quieren que hagan (objetivo de adquisición del activo); esto no solo afecta a la producción, si no, también a la seguridad y al medio ambiente, ahí radica la importancia del mantenimiento, si dejamos de aplicar cualquier tipo de mantenimiento según nuestra estrategia, puede llegar a tener consecuencias no solo económicas, sino también un fuerte impacto en la vida y salud tanto de las personas como del medio ambiente.

Finalidad del mantenimiento

El objetivo del mantenimiento es lograr la máxima eficiencia en los sistemas de producción y servicio con la menor cantidad de contaminación ambiental y seguridad para los empleados al menor costo posible. (Universits, 2010).

Disponibilidad, Confiabilidad y Mantenibilidad

Estas 3 variables se relacionan una con la otra y en función del tiempo, (Figura 1) la confiabilidad nos proporciona la probabilidad de un correcto funcionamiento del equipo en un periodo dado; la mantenibilidad nos proporciona la probabilidad de que el activo pueda ser reparado o mantenido en un periodo dado y la disponibilidad nos proporciona la posibilidad de que nuestro activo trabaje sin ninguna falla en un periodo dado

Objetivos del mantenimiento

Los objetivos de mantenimiento deben alinearse con la estrategia de la empresa. Estos deben ser específicos y manifestarse en acciones tomadas por el área respectiva como máxima producción, mínimo costo, requisitos de calidad, daño al medio ambiente y, sobre todo, daño a la seguridad de nuestros colaboradores.

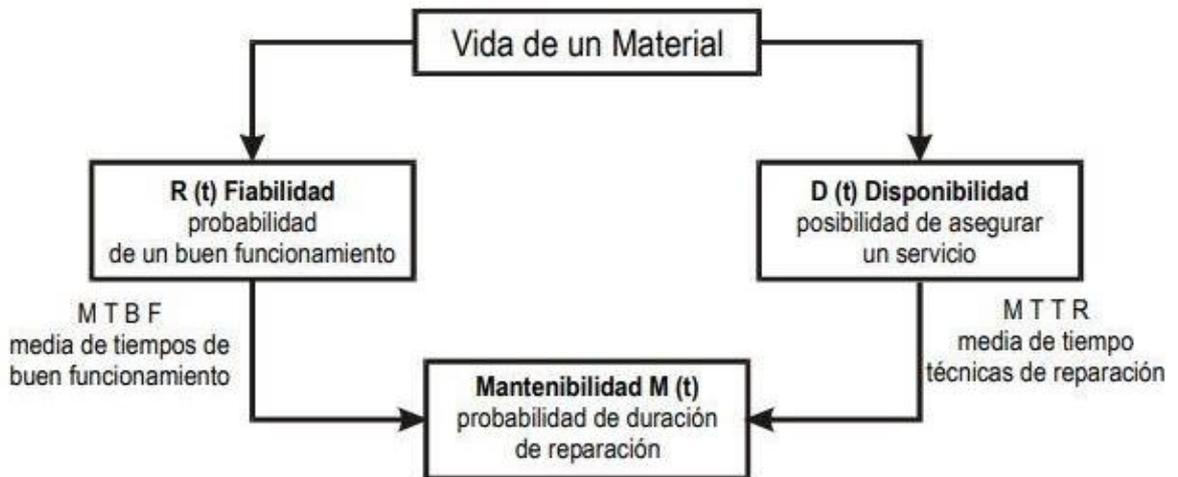


Figura 1. Esquema de revisión de variables de mantenimiento. Tomado de «Sistema de gestión de mantenimiento para la empresa PDV Comunal S.A. en el estado Falcón», por Villegas y Peña, 2021.

Sistemas de mantenimiento

Un sistema es una colección de elementos interdependientes para funcionar como un todo y contribuir a un objetivo determinado. La forma de una correlación define su organización y las transformaciones que hace entre entradas y salidas determinan su función. (Montes, 2014).

Teniendo en cuenta la anterior definición, podemos decir que un sistema de mantenimiento es el conjunto de procesos que nos permiten transformar aquellos activos en estado de falla en activos disponibles, que nos permita realizar la función por la cual hemos decidido adquirir dicho activo.

Conceptos básicos del RCM

La aplicación RCM se basa en responder las siguientes 7 preguntas también conocidas como árboles de decisión que nos ayudan a elegir el mejor plan de mantenimiento asociado a un modo de falla en particular.

Las preguntas son las siguientes:

1. ¿Cuáles son las funciones estándar y el desempeño en relación con el recurso en su contexto operativo actual?
2. ¿Cómo no cumple sus funciones?
3. ¿Cuál es la causa de cada falla de función?
4. ¿Qué sucede cuando suceden todas las fallas?
5. ¿Cómo ocurre cada falla?
6. ¿Qué se puede hacer para predecir o prevenir cualquier falla?
7. ¿Qué hacer si una tarea activa prácticamente no es posible?

Al considerar estas preguntas, aplicamos el siguiente árbol de decisión (Figura 2) (Moubray,2004). Las preguntas anteriores, dan lugar a la definición de los siguientes conceptos:

a) Funciones y parámetros funcionales

Es la identificación de las necesidades que se supone debe cubrir el inmueble es decir las actividades que promueven la compra o adquisición de dicho objeto. Las funciones se pueden dividir en funciones primarias y secundarias.

Las funciones primarias son aquellas directamente relacionadas con el desempeño de los activos y las funciones secundarias son todas las demás expectativas que se esperan de la operación normal (seguridad control comodidad y otras funciones) (1011, 1999).

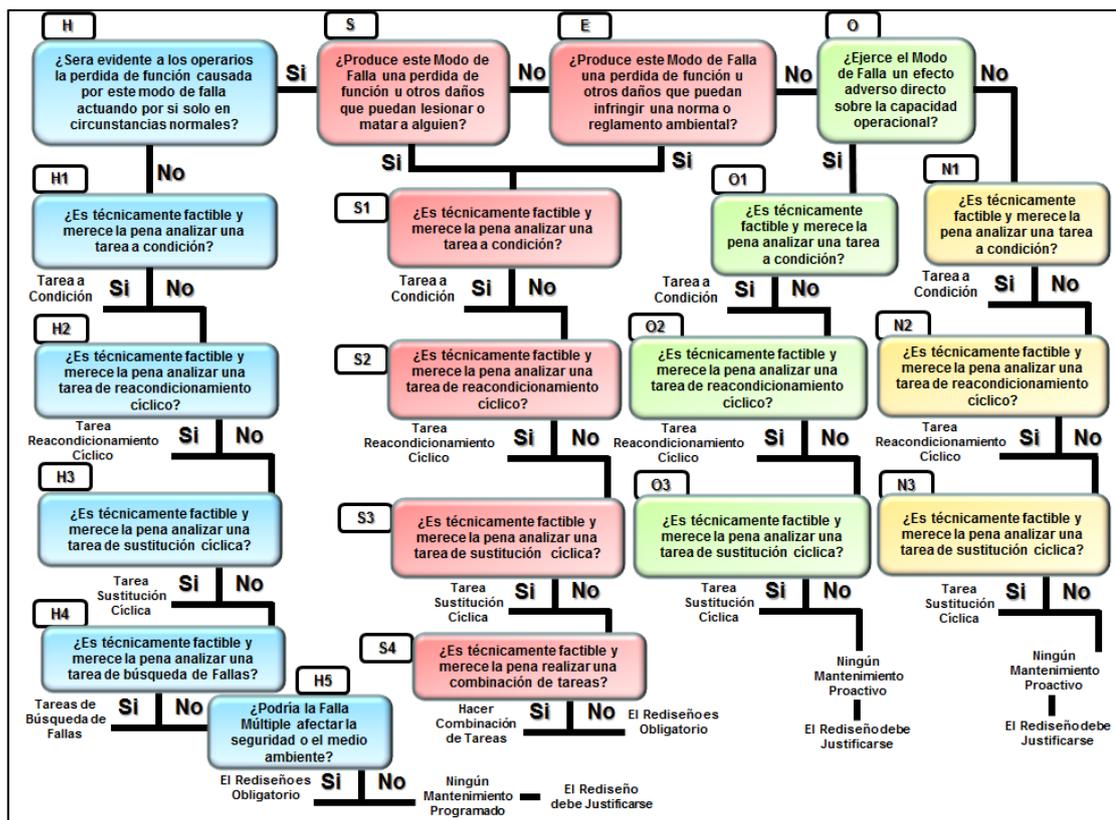


Figura 2. Árbol de decisión. Tomado de «Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad» por Linton, 2011.

b) Fallas funcionales

Una vez definidas las funciones primarias, secundarias y sus parámetros es importante analizar qué circunstancias se puede considerar que un activo ya no cumple su función y qué entorno y actividades han llevado a esta situación. Los momentos en los que un activo opera en condiciones que son inaceptables para el negocio también se consideran fallas funcionales.

c) Modos de falla

Son estas condiciones las que se cree que son en parte responsables de las fallas. Estos modos de falla deben incluir todos los causados por fallas normales de componentes (desgaste normal) fallas operacionales y fallas de diseño para que sean lo más útiles posible en el plan RCM. (Soto et al., 2020).

Para responder a esta tercera pregunta ¿cuál fue la causa del fracaso? El estándar SAE JA 1011 define lo siguiente:

- ✓ Se deben identificar todos los modos de falla que tienen una probabilidad razonable de causar fallas funcionales.

- ✓ El método utilizado para decidir qué constituye un modo de falla debe ser aceptado por el propietario usuario del dispositivo.
- ✓ Los modos de falla se definirán en la medida en que se pueda determinar una política de gestión de fallas adecuada.
- ✓ La lista de modos de falla debe incluir los modos de falla que han ocurrido los modos de falla que los programas de mantenimiento evitan actualmente y los modos de falla que aún no han ocurrido pero que es muy probable que ocurran.
- ✓ La lista de modos de falla también debe incluir cualquier situación o proceso con alta probabilidad de causar falla (desgaste fallas de diseño error humano etc.). (1011, 1999).

d) Efectos de falla

Los efectos de fallas describen lo que sucedería si no se realizaran tareas específicas para predecir prevenir o detectar fallas. Estos efectos deben incluir la información necesaria para justificar una evaluación de las consecuencias del incidente como:

- ✓ Si hay evidencia de que el incidente ha ocurrido o no.
- ✓ Sistema de mantenimiento
- ✓ Cómo afecta la producción o varias operaciones.
- ✓ Si el incidente puede causar daños físicos.
- ✓ Cómo reaccionar para restaurar el funcionamiento del sistema
- ✓ después de una falla (acción correctiva) (Moubray, 2004).

e) Consecuencia de la falla

Una vez identificadas las funciones fallas modos de falla y efectos se evalúa la importancia de cada falla. Estas consecuencias marcarán la decisión de intentar o no evitar el fracaso. Las tareas preventivas se realizan siempre y cuando se compruebe que al realizarlas se pueden evitar las consecuencias del fallo. RCM divide las consecuencias de los accidentes en cuatro grupos:

- ✓ Problemas ocultos: los problemas ocultos no tienen un impacto negativo directo, pero causan errores de instalación que pueden tener consecuencias graves y en algunos ca

- ✓ SOS incluso un desastre. Un ejemplo es el sistema contra incendios si un detector de humo falla puede tener consecuencias nefastas. (Beltrán Barreda, 2015).
- ✓ Seguridad y medio ambiente: Modo de falla con consecuencias ambientales o de seguridad cuando se viola una norma o reglamento (norma ambiental del gobierno) o existe el riesgo de lesiones a la persona. (Beltrán Barreda, 2015).
- ✓ Operaciones: esta sección cubre las consecuencias de una falla que genera una pérdida económica además de la reparación del artículo dañado es decir reducción de la producción servicio al cliente o calidad del producto. (Beltrán Barreda, 2015).
- ✓ No operacionales: Las consecuencias de las fallas incluidas en esta categoría son aquellas que no afectan la producción o la seguridad requiriendo solo la reparación o reemplazo de los componentes afectados por la falla. De ahí que solo afecte económicamente a la empresa. (Beltrán Barreda, 2015).

Cuando las consecuencias son importantes se debe de prevenirlas; de lo contrario realice un mantenimiento sistemático. Es por eso que RCM pregunta si cada falla tiene consecuencias significativas. A partir de la respuesta a esta pregunta actuaremos de una forma u otra. Los ordenadores tienen una gran cantidad de modos de error que pueden tener consecuencias muy graves para ellos. El número de modos de falla aumenta a medida que aumenta la complejidad del equipo, pero en los esfuerzos de remediación a menudo se combinan con dispositivos de protección. Se supone que estos dispositivos dejarán de funcionar en caso de avería o al menos evitarán la aparición de situaciones más peligrosas. El sistema de seguridad consta de al menos un dispositivo de protección y su función protegida. Pero estos sistemas también tienen riesgo de fallas por lo que es necesario definir una seguridad inherente para hacer frente a una posible falla. Los posibles modos de falla de estos dispositivos se dividen en:

- ✓ Dispositivos de protección intrínsecamente seguros: las fallas son obvias y las consecuencias de estas fallas se pueden evitar o minimizar.

- ✓ Dispositivos de seguridad sin seguridad inherente: fallas que pueden tener graves consecuencias porque la falla no es obvia (Moubray, 2004)

f) Prevención de la falla

El mejor método para mejorar el tiempo de actividad de la planta, es realizar algún tipo de mantenimiento de rutina. El mantenimiento aplicado puede variar mucho según la política de la empresa o el equipo al que se le dé servicio. En algunos equipos las fallas se repiten en otros las consecuencias que puede ocasionar el daño son insignificantes, pero si las consecuencias pueden ser significativas se deben tomar medidas para evitar mayores daños. Es en estos casos que el mantenimiento deberá actuar para prevenir estos fallos o al menos reducir sus consecuencias. (Moubray, 2004).

El RCM distribuye en tres grupos diferentes las categorías preventivas:

- ✓ **Regeneración cíclica:** se inspecciona el equipo o se reparan piezas con una determinada frecuencia (independientemente de su estado). La edad a la que se incrementan las opciones de falla del artículo será el factor determinante para determinar la frecuencia de revisión. Este tipo de tarea es beneficiosa si existe una edad en la que aumenta la probabilidad de falla del componente y si al realizar el mantenimiento es posible restaurar el mantenimiento a su estado original. Aunque en ocasiones es necesario explorar distintas alternativas ya que puede hacer otro tipo de tareas que son más fáciles de lograr (Beltrán Barreda, 2015).
- ✓ **Tareas de sustitución cíclica:** incluyen la sustitución periódica de un equipo o de algunas de sus piezas. Este intervalo se determina a partir de la vida útil de varios factores. Estas tareas serán alcánzales si los elementos envejecen a partir de los cuales la probabilidad de falla aumenta significativamente. En este caso es posible restaurar el estado original del dispositivo ya que los elementos que estamos reemplazando son completamente nuevos. (Beltrán Barreda, 2015).
- ✓ **Misiones condicionales:** en este caso estas misiones se basan en el hecho de que muchos errores no ocurren en un momento determinado, sino que se desarrollan poco a poco. Cualquier asignación de este tipo debe cumplir con los siguientes puntos:

- De hacer una falla potencial bien definida. Debe hacer un intervalo FP claramente definido (el intervalo de tiempo entre el momento en que se puede detectar una falla potencial y cuando se vuelve funcional).
- La duración de la tarea realizada debe ser menor que el intervalo de tiempo P-F (Figura 3).
- El tiempo de detección de errores debe ser lo suficientemente corto ya que entonces aún es necesario considerar cómo se debe manejar el error y la tarea a realizar y todo este tiempo debe ser menor que el intervalo PF. (Beltrán Barreda, 2015).

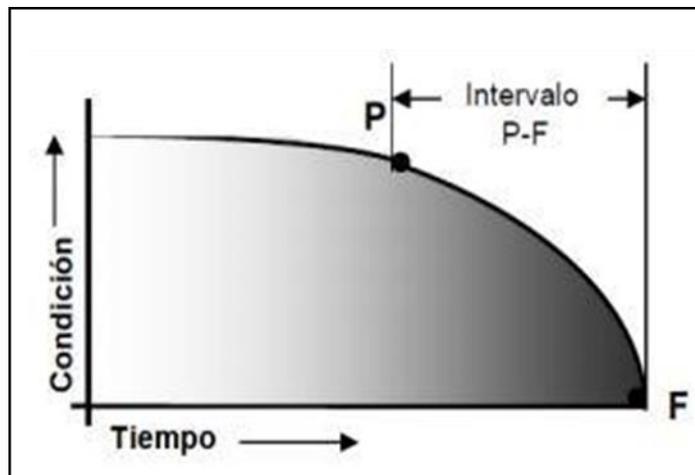


Figura3. Intervalo P-F. Tomado de «Sistema de gestión de mantenimiento para la empresa PDV Comunal S.A. en el estado Falcón», por Villegas & Peña, 2021

g) Tareas Proactivas.

Como hemos visto tradicionalmente se cree que todos los fallos son de naturaleza cíclica dependiendo del uso de la pieza. En RCM los modelos de falla cambian ya que se clasifican en 6 categorías diferentes cada una correspondiente a diferentes comportamientos observados en la práctica. (Figura 4).

h) Acciones de tareas proactivas

Estas actividades deben realizarse en ausencia de tareas proactivas apropiadas para que no ocurra. Hay tres clasificaciones propuestas por RCM (Moubray 200):

- ✓ Búsqueda de fallas: Todas estas son acciones destinadas a identificar modos de error ocultos y determinar si han ocurrido.

- ✓ Rediseño: Evaluación de acciones para modificar las capacidades originales del dispositivo incluyendo cambios en los procedimientos.
- ✓ Sin mantenimiento programado: estas acciones se aplican cuando se determina que el riesgo de falla es lo suficientemente bajo como para no justificar la adopción de un procedimiento o acción en particular.

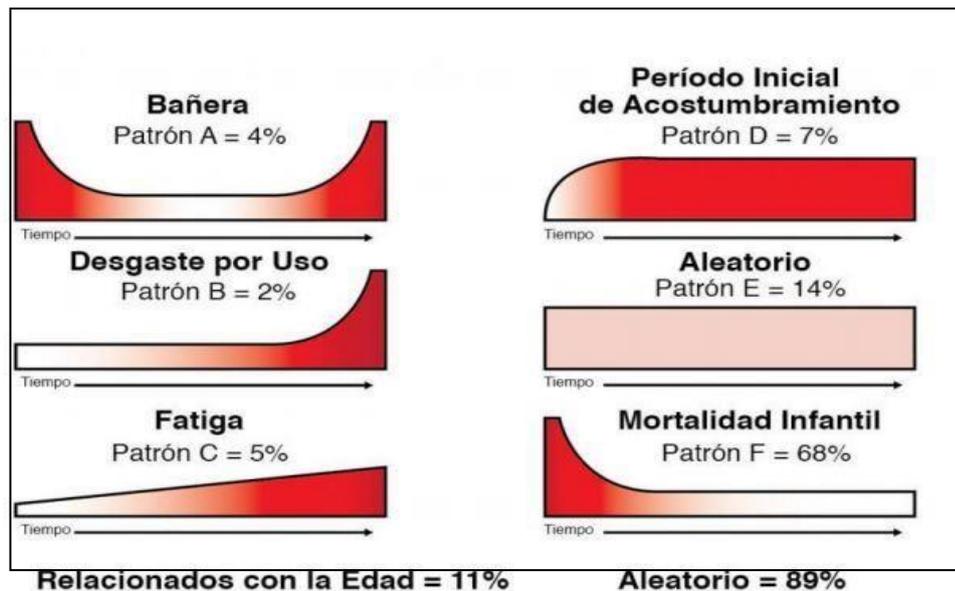


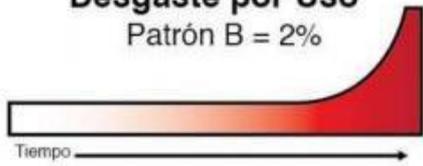
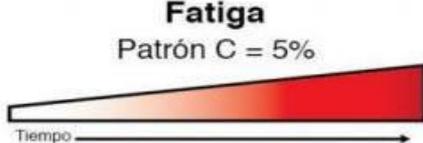
Figura 4. Patrones de falla RCM. Tomado de «Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad», por Solórzano & Herrera, 2021.

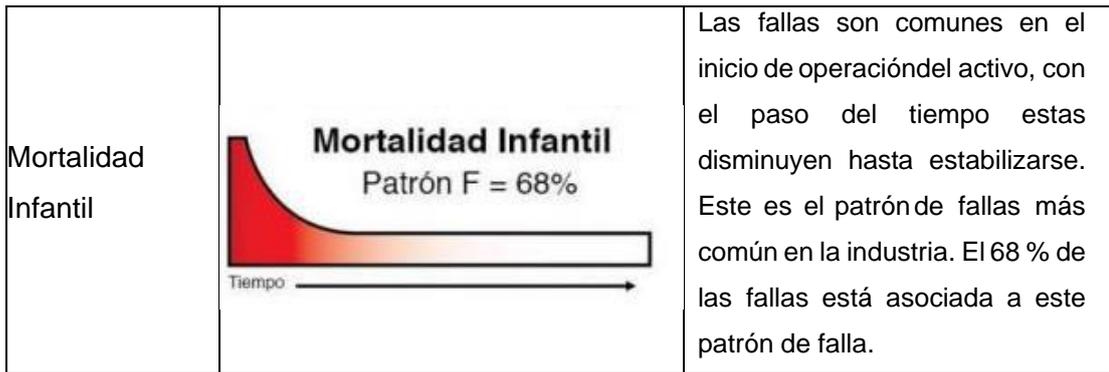
i) Proceso de selección de tareas

Uno de los pilares clave de RCM es identificar los riesgos potenciales y los costos de falla para garantizar el uso eficiente de los recursos de mantenimiento. El proceso de selección se basa en las siguientes características (Moubray 200):

Para fallas potenciales: A expensas de las tareas proactivas deben estar justificadas en su aplicación y en el caso de otros problemas. Errores ocultos las acciones deben contribuir significativamente reduciendo el riesgo de múltiples fallas. De lo contrario las tareas de depuración se utilizarán para identificar todos los modos de error relevantes. El último recurso es recomendar una revisión del dispositivo para eliminar estos modos.

Tabla 1. Modos de falla

TIPO DE PATRÓN DE FALLA	CURVA REPRESENTATIVA	DESCRIPCIÓN
Bañera	 <p>Bañera Patrón A = 4%</p>	<p>La presencia de una alta probabilidad de falla al inicio de la vida útil, seguida de un periodo de estabilización y el incremento de las fallas a medida se acerca el fin de la vida útil. Corresponden al 4 % de las fallas reportadas.</p>
Desgaste	 <p>Desgaste por Uso Patrón B = 2%</p>	<p>El patrón inicia con una cantidad reducida de fallas aleatorias que se incrementan a ser evidente el desgaste de la pieza. Representan el 2 % de los patrones de falla.</p>
Fatiga	 <p>Fatiga Patrón C = 5%</p>	<p>Estos equipos muestran un proceso lento de incremento de falla en toda su vida útil. Corresponden al 5 % de las fallas.</p>
Periodo de Adaptación Inicial	 <p>Período Inicial de Acostumbramiento Patrón D = 7%</p>	<p>Estos equipos poseen muy pocas fallas durante el inicio de su periodo útil, seguido de un aumento constante de los índices de falla que terminan en un periodo de estabilización. Corresponden al 7 % de las fallas.</p>
Aleatorio	 <p>Aleatorio Patrón E = 14%</p>	<p>Este patrón representa equipos que muestran fallas de manera aleatoria durante toda su vida útil. Representan el 14 % de las fallas.</p>



Nota: Tomado de Solórzano & Herrera, 2021.

- ✓ Por riesgo ambiental o de seguridad: Considerando el alto costo de este tipo de fallas el trabajo a realizar debe eliminar el riesgo de fallas en caso de fallas la decisión adecuada es volver a diseñar.
- ✓ Para fallas operativas: Los costos de las acciones proactivas deben ser menores que los costos de oportunidad obtenidos al prevenir fallas. Si los costos lo permiten el curso de acción ideal es utilizar el activo hasta que falle; de lo contrario la solución es un rediseño.
- ✓ Para fallas no operativas: Se aplican los mismos requisitos de costo para determinar las fallas operativas excepto cuando las acciones no están justificadas el curso de acción ideal es el mantenimiento preventivo. Asimismo, si el costo de falla es muy alto la solución sería un rediseño.

j) Ventajas y logros del RCM

La aplicación del RCM en la industria, genera grandes ventajas y logros como (Moubray, 2004):

- ✓ Mayor seguridad e Integridad Ambiental.
- ✓ Mayor disponibilidad y confiabilidad en la planta.
- ✓ Mejor calidad del producto
- ✓ Mejor eficiencia de mantenimiento (Costo - efectividad).
- ✓ Vida útil más larga de activos con costo elevado.
- ✓ Mayor motivación de los trabajadores involucrados.
- ✓ Mejor trabajo en equipo.
- ✓ Una base de datos de mantenimiento.
- ✓ Un marco de referencia integrador.

k) Diagrama de decisión RCM, hojas de información y decisión.

Un diagrama de decisión (Apéndice 03) es un diagrama que involucrará la información recopilada y las tareas de mantenimiento que se aplicarán para reducir la probabilidad o evitar fallas funcionales mediante la predicción de modos de falla. Las decisiones se toman a través de una estructura lógica que cumple con los estándares SAE JA1012.

l) Diagrama de decisión RCM, hojas de información y decisión.

Un diagrama de decisión (Apéndice 03) es un diagrama que involucrará la información recopilada y las tareas de mantenimiento que se aplicarán para reducir la probabilidad o evitar fallas funcionales mediante la predicción de modos de falla. Las decisiones tomadas se seleccionan de acuerdo con una estructura lógica de acuerdo con las normas SAE JA1011 y SAE JA1012. Antes de tomar una decisión se analizan las consecuencias de cada modo de falla para seleccionar el más adecuado.

El diagrama se compone de grupos de preguntas que abarcan diferentes columnas:

- ✓ Columna H, S, E y O (clasifican según las consecuencias de cada modo de falla).
- ✓ Columna H1, H2, H3; S1, S2, S3; E1, E2, E3; O1, O2, O3 (tareas preventivas y predictivas).
- ✓ Columnas H4, H5 y S4 (registran las tareas “a falta de”).

La Hoja de información (Anexo 01) es la encargada de recoger las funciones, fallas funcionales, modos de falla y efectos de los modos de falla. La Hoja de Decisión (Anexo 02) es la encargada de la evaluación de las consecuencias de cada modo de falla y la selección de las tareas.

2.3. Conceptual

Proceso de molienda

La molienda es la última parte del proceso de conminución en el proceso de concentrado de cobre, en esta etapa, las partículas mediante impacto y abrasión son reducidas. Este proceso se realiza a través de un molino de forma cilíndrica que gira alrededor de su eje y que contienen las bolas (medio de molienda), los cuales mediante un proceso de catarata y cascada trituran el mineral.

El en proceso de molienda, partículas de 5 a 250 mm son reducidos en tamaño a 10 – 30 micrones, aproximadamente, dependiendo del tipo de operación que se realice (Alcántara & Valladares, 2005).

Etapas Conminución

Con el objetivo de conseguir una granulometría adecuada, el mineral pasa por diferentes etapas de reducción de tamaño desde que sale del tajo; dependiendo del diseño de la planta puede pasar por un proceso de chancado primario, chancado secundario, chancado terciario y finalmente el de molienda (Figura 5)

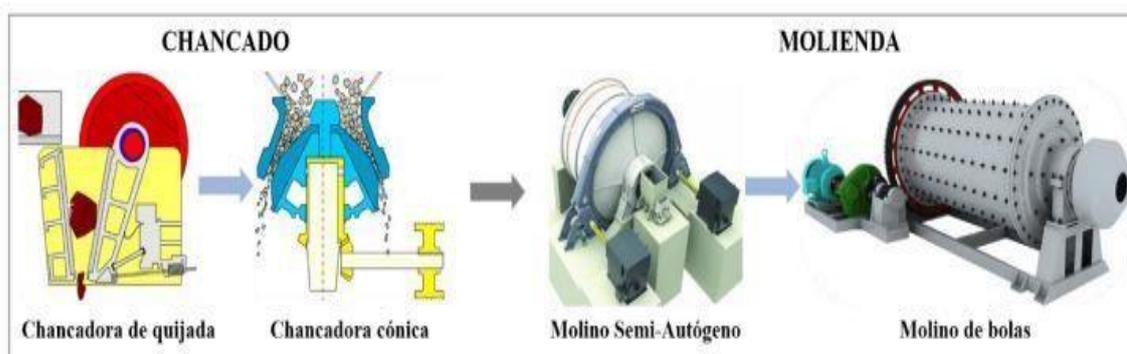


Figura 5. Etapa de conminución. Tomado de «Optimización de la eficiencia energética de un molino», por Arroyo, 2018.

El pulido es de gran importancia ya que tiene un gran impacto en los costos operativos debido al consumo de energía eléctrica requerido de todo el piso; Sin embargo, esta energía consumida no se transfiere de manera eficiente para reducir el tamaño del mineral durante el proceso de trituración por lo que existe un desequilibrio entre la energía consumida y la energía requerida para descomponer los minerales. Por lo que el costo total del procesamiento de minerales es alto. (Ballantyne & Powell, 2014).

Mecanismos de conminución

Para tomar medidas para reducir el tamaño de un mineral un grupo de aplicar suficiente presión sobre el mineral (Figura 6) para corregir sus propiedades mecánicas; es decir es necesario hacer que las fracturas separen los componentes internos. (Cantarín, 2004).

Tipo	Imagen	Tipo	Imagen
Chancador de Mandíbulas		Molino de Barras	
Chancador Giratorio		Molino de Bolas	
Chancador Cónico		Molino de Rodillos	
Chancador de Rodillos			

Figura 6. Tipos de chancadores y molinos. Tomado de «Grúa de asistencia técnica en sistemas de tratamientos de materiales». (Barceló & Avelló, 1973)

Circuitos de molienda y clasificación

El circuito de molienda ayuda a reducir el tamaño de las partículas al nivel requerido de la operación. La mayoría de los minerales de azufre se muelen en una veta húmeda utilizando una o más operaciones de trituración para lograr la liberación de minerales necesarios para la producción de un concentrado final que cumpla con los requisitos deseados. (Alcántara, 2005)

Dentro de su clasificación encontramos a los siguientes: Los molinos de circuito cerrado, son más comunes en las plantas de concentrado de minerales que tienen uno o más molinos clasifican y producen de manera eficiente un productor con un tamaño máximo controlado y con un mínimo de material sobredimensionado. El material de fondo descargado del molino se divide en los ciclones primarios en componentes finos y gruesos. El tamaño del espacio está

controlado por las condiciones de funcionamiento del hidrociclón. (Alcantara Valladares, 2005).

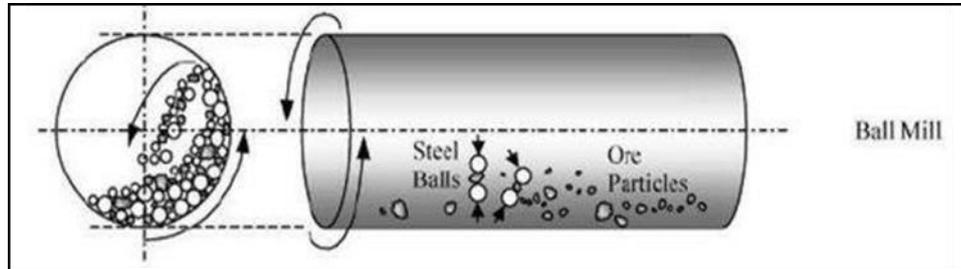


Figura 7. Esquema de funcionamiento de un molino de bolas. Tomado de «Optimización de los sistemas de control de un molino de bolas, por Duque & Rivera, 1992.

El material que el clasificador devuelve al molino se denomina material cíclico y se expresa como un porcentaje en peso de la alimentación del nuevo circuito. Este tipo de trituración reduce el tiempo de residencia de las partículas en cada paso a través del triturador, así como la proporción de material fino en comparación con la trituración de circuito abierto. El objetivo es evitar un triturado excesivo del material para evitar la creación de partículas demasiado finas que normalmente interferirían con la recuperación del mineral. (Alcántara Valladares, 2005).

La Figura 8 nos ilustra un circuito cerrado convencional, en donde la alimentación del molino viene dada por unas bombas primarias, la descarga del molino pasa por el hidrociclón clasificando en material fino y grueso, el material fino regresa nuevamente al cajón de las bombas para ser enviados nuevamente al molino de bolas.

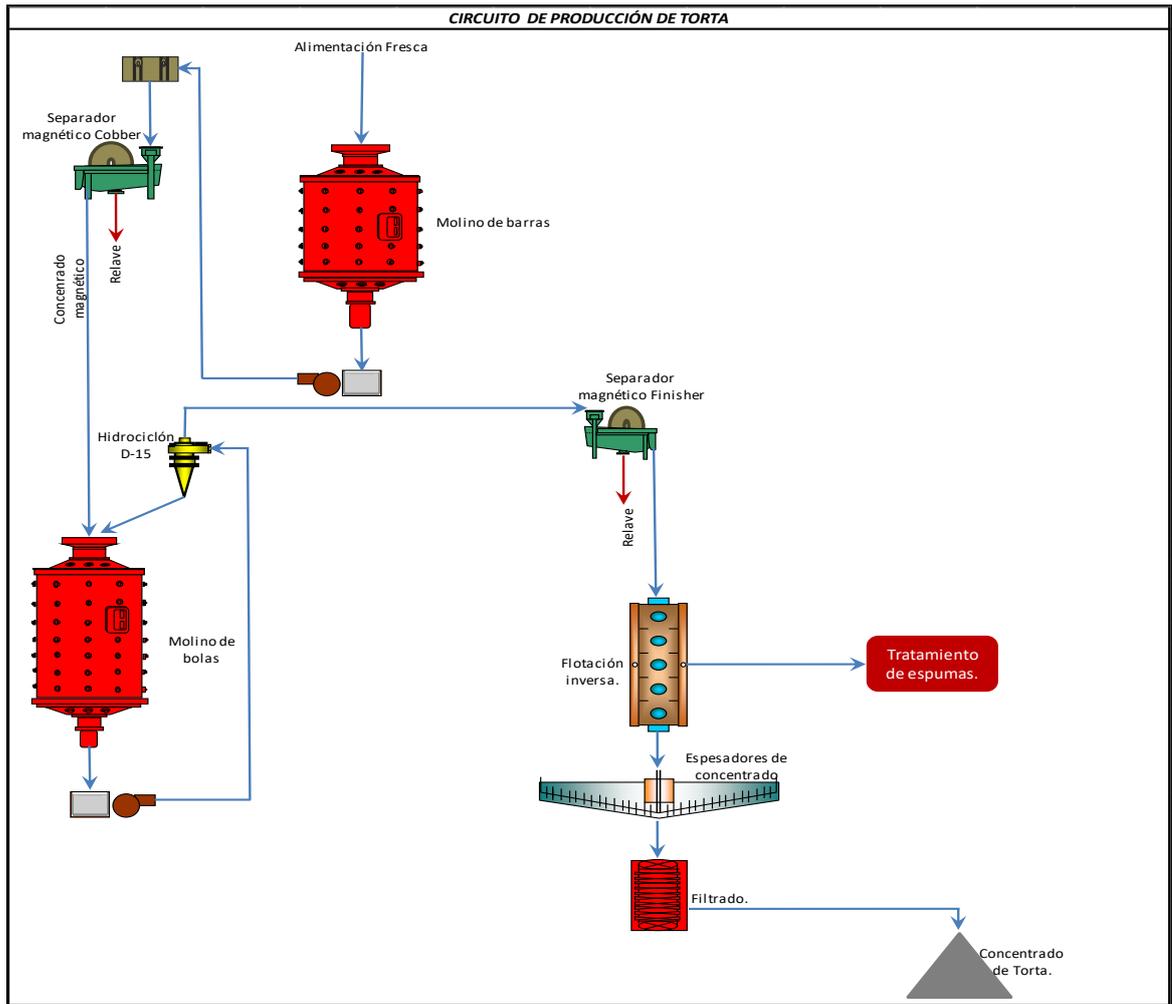


Figura 8. Circuito cerrado convencional. Tomado de «Diseño práctico de un molino de bolas», por Rivera, Quintero & Bustamante, 2014.

Molino de bola

Los molinos de bolas tienen una capa cónica o cilíndrica que gira sobre un eje horizontal y se cargan con un medio de molienda por ejemplo una bola de acero. La alimentación del molino de bolas puede ser de 25 a 4 cm para materiales muy frágiles. La mayoría de los molinos de bolas funcionan con una relación de reducción de 20-200: 1. El tamaño habitual de las bolas más grandes es de 13 cm de diámetro.

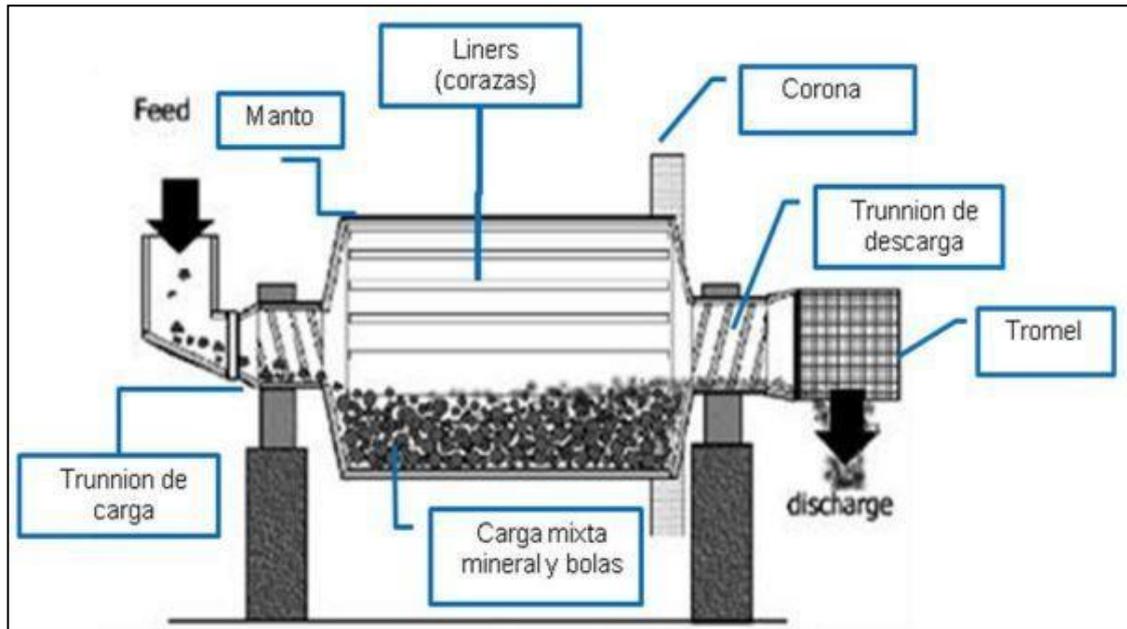


Figura 9. Componentes principales de un molino de bolas. Tomado de «Estudio para la calibración de molinos», por Hidalgo de Cisneros, 1977.

Los molinos de bolas, son fáciles de usar y la aplicación viene en tres variaciones. Hay una capa de acero cilíndrico de este material solo que contiene una carga de bolas de acero que giran horizontalmente sobre su eje y la pulverización o reducción se logra volteando las bolas queda material entre ellas. Los molinos de bolas tienen generalmente revestimientos, los cuáles se cambian al sufrir un desgaste. Estos revestimientos pueden tener un diseño particular de acción desviadora de las bolas, evitando la pérdida de velocidad por deslizamiento, en la Figura 9, podemos ver los tipos de revestimiento más comunes de los molinos de bolas. Las bolas para molienda pueden ser de acero forjado, de acero fundido o hierro colado. La dureza de las bolas varía entre blandas y duras, teniendo una dureza de 350 y 450 Brinell las blandas y las duras alcanzan una dureza de hasta 700 Brinell (Alcántara Valladares, 2005).

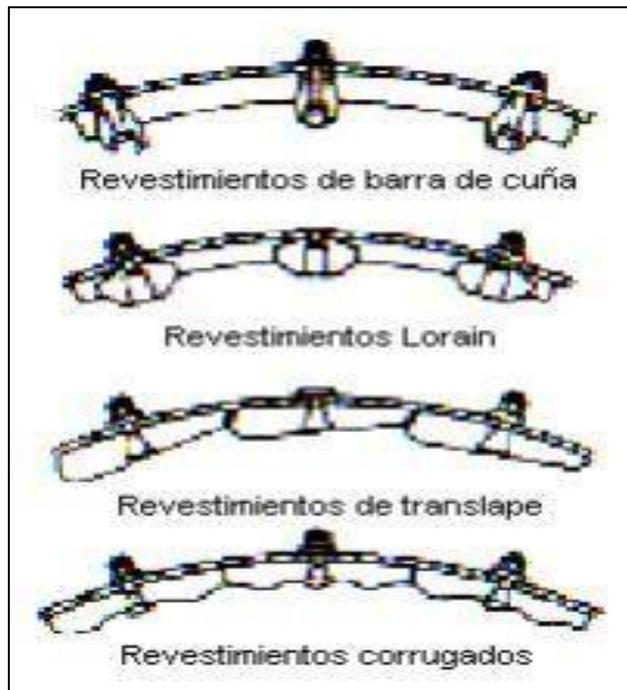


Figura 10. Tipos de revestimientos de los molinos. Tomado de «Medida de la molturabilidad de los materiales y el control de los molinos industriales», por Papadakis, 1960.

Operación del molino de bolas

Los soportes de molienda realizan movimientos en cascada y cataratas (Figura 11). La primera se aplica a las olas que ruedan de arriba hacia abajo de la pila y la segunda se aplica a las olas que se dejan caer de la parte superior a la parte superior de la pila. La velocidad real de los molinos de olas varía del 65% al 80 de su velocidad crítica. La carga en el medio de molienda se expresa en función del porcentaje del volumen de molienda ocupado por el medio de molienda. El vacío de una gran masa de partículas estacionarias es aproximadamente del 41%. Dado que el entorno se expande a medida que gira la cámara se desconoce la masa

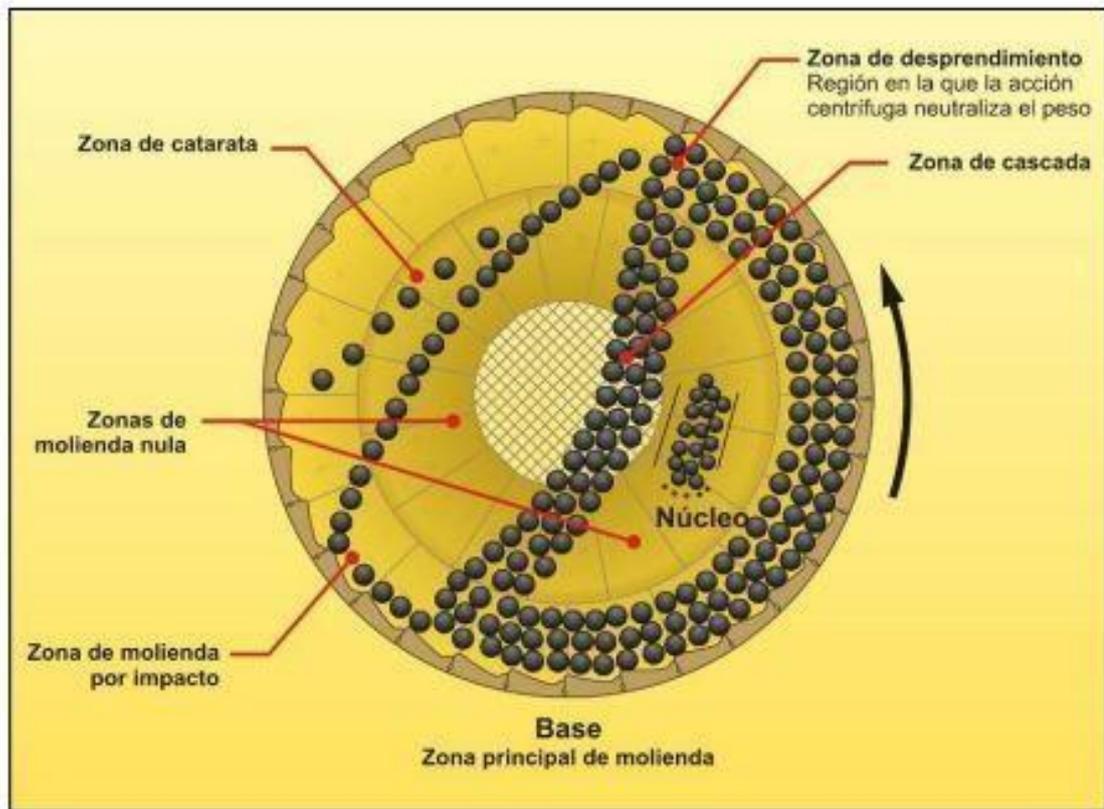


Figura 11. Movimiento de la carga en molinos rotatorios. Tomado de «Fundamentos de operación en plantas concentradoras», por Hidalgo de Cisneros, 1977.

2.4. Definiciones de Términos Básicos

RCM: mantenimiento enfocado a la confiabilidad.

TMEF: tiempo medio entre intervenciones.

TMPR: Tiempo medio de reparación de equipos por intervención.

MTBF: Una métrica útil es el tiempo promedio entre fallas o en otras palabras el tiempo promedio que el equipo no ha fallado.

Activos fijos: Recursos físicos que posee una entidad que se utilizan para producir bienes y prestar servicios alquilar a terceros o con fines administrativos sin previa venta o puesta a disposición del público. Obtenidos en el ciclo

Disponibilidad: Probabilidad de que un elemento esté activo o listo para trabajar bien.

Mantenimiento: La probabilidad de que un artículo pueda repararse satisfactoriamente en un tiempo determinado. y en última instancia la sustitución y el desmantelamiento del activo.

Ciclo de vida de los activos: Nace de la idea de realizar una actividad relacionada con los activos durante su desarrollo pasa por el anteproyecto proyecto diseño compra o producción instalación pruebas implementación. durante el servicio operación y mantenimiento hasta el reciclaje eliminación o eliminación final.

Fiabilidad del mantenimiento: “Para conocer la fiabilidad de un componente o una instalación es necesario identificar claramente la falla que se está evaluando y controlar las condiciones de operación bajo las cuales se realiza la prueba. También es necesario establecer un intervalo que se pueda expresar en términos del número de ciclos u operaciones que realiza el sistema y finalmente es conveniente contar con un modelo matemático para poder analizarlo. (Torres, 2010) “Es la probabilidad de que un dispositivo realice su función prevista a lo largo del tiempo cuando opere en el entorno para el que fue diseñado. (Torres, 2010)

Fiabilidad: “La fiabilidad se puede definir como la fiabilidad con la que un componente dispositivo o sistema realiza su función básica durante un período de tiempo predeterminado en condiciones de funcionamiento estándar. Otra definición importante de confiabilidad es: la probabilidad de que un elemento

pueda realizar su función requerida durante un período de tiempo específico y bajo condiciones de uso específicas. (Lafraia, 2001)

Análisis RAM: Estas iniciales en inglés significan: Accesibilidad Disponibilidad Mantenibilidad (RAM). En español esto significa confiabilidad disponibilidad y mantenibilidad (CMD).

Disponibilidad del servicio: "Este es el porcentaje de tiempo que un sistema o equipo está en buenas condiciones para su uso. La disponibilidad depende de la frecuencia de fallas y el tiempo que nos demanda reanudar el servicio. "(Torres 2010 p. 20)

Mantenibilidad: Es la probabilidad de que una máquina equipo o sistema pueda ser reparado en un estado particular dentro de un período de tiempo dado siempre que se mantenga de acuerdo con la metodología y los recursos previamente definidos. La mantenibilidad es la calidad que caracteriza a una máquina equipo o sistema en términos de facilidad de mantenimiento depende del diseño y puede expresarse en términos de frecuencia tiempo y costo. (Torres, 2010)

III HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

Hipótesis General:

La implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), mejora significativamente la disponibilidad mecánica del molino de bolas 14' X41'

Hipótesis Específicas:

La implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), mejora significativamente el tiempo medio de reparación (MTTR) del molino de bolas 14' X41'.

La implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), mejora significativamente el tiempo medio entre fallas (MTBF) del molino de bolas 14' X41'.

3.2. Definición conceptual de variables

Variable Independiente: Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM): Filosofía de gestión del mantenimiento, en la cual un equipo multidisciplinario de trabajo, se encarga de optimar la confiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo las actividades más efectivas de mantenimiento en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema, tomando en cuenta los posibles efectos que originarán los modos de fallas de estos activos (AMEF), a la seguridad, al ambiente y a las operaciones ".INGEMAN (Solórzano & Herrera, 2021).

Variable Dependiente: Disponibilidad mecánica: La disponibilidad refleja la posibilidad de utilización de una instalación desde el punto de vista técnico, es decir excluyendo las detenciones no originadas por falla del sistema. La disponibilidad se define, matemáticamente, como la razón (o cociente) que se establece entre el tiempo en que el sistema está, realmente, disponible para el funcionamiento y el tiempo total, que incluye al tiempo anterior más el tiempo de reparación. (Arata, 2009).

3.2.1 Operacionalización de Variables

Operacionalizar una variable es el proceso mediante el cual se transforma la variable de conceptos abstractos a términos concretos, observables y medibles, es decir en dimensiones e indicadores. En términos simples, operacionalizar una variable es hacerla medible. (Hernández, 2019)

Variable Independiente: Está conformado por el análisis de criticidad del molino en la línea, los modos y efectos de falla, y la aplicación del plan de mantenimiento; en el análisis de la disponibilidad del molino y sus dimensiones: Tiempo promedio entre fallas y tiempo para la reparación, a través de la recolección de datos en campo

Variable Dependiente: La disponibilidad del molino en está formulada a través de la relación entre el tiempo en que el equipo quedó disponible para producir (MTBF) y el tiempo total de reparación (MTTR).

Tabla 2. Operacionalización de Variables.

VARIABLES	DEFICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIÓN	DEFINICIÓN DE DIMENSIÓN	INDICADORES
Variable independiente: MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM)	Es un proceso utilizado para determinar que se debe realizar en cualquier activo físico para asegurar que continúe ejerciendo la actividad que sus usuarios quieren que haga, en su entorno operacional actual. (Moubray J. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM II. 2004, p, 07)	Está conformado por el análisis de criticidad del molino en la línea, los modos y efectos de falla, y la aplicación del plan de mantenimiento; en el análisis de la disponibilidad del molino y sus dimensiones: Tiempo promedio entre fallas y tiempo para la reparación, a través de la recolección de datos en campo	Análisis de Criticidad	Jerarquización de equipos: Una vez que se han definido los objetivos, las responsabilidades y se ha diseñado una estrategia de mantenimiento, resulta de vital importancia discretizar los activos físicos de la organización en base a su criticidad, es decir, su mayor o menor impacto en el sistema productivo global y/o seguridad del sistema (objetivos del negocio). ((Vivero et al., 2013)	Escala, Valor: (FRECUENCIA*CONSECUNCIA)
			FMECA	El FMECA es un método sistemático que permite identificar los problemas antes que estos ocurran y puedan afectar o impactar a los procesos y productos en un área determinada, bajo un contexto operacional dado. (INGEMAN, 2008)	NPR: Nivel de Prioridad de NPR = D*S*O N Riesgo. D: Detectabilidad S: Severidad O: Ocurrencia
			Plan de mantenimiento	Luego de seleccionar el tipo de actividad de mantenimiento a partir del árbol lógico de decisión, se tiene que especificar la acción de mantenimiento a ejecutar asociada al tipo de actividad de mantenimiento seleccionada ingeniería de Mantenimiento, (INGEMAN, 2008)	Cumplimiento de OC
Variable Dependiente: DISPONIBILIDAD MECÁNICA	Se define la disponibilidad como la probabilidad de que un artículo este en un estado para realizar una función requerida bajo condiciones dadas en un instante de tiempo dado, asumiendo que se proporcionen recursos externos" (ISO 14224:2016, p, 210).	La disponibilidad es la relación entre el tiempo en que el equipo quedó disponible para producir (MTBF) y el tiempo total de reparación (MTTR).s $D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100\%$	Tiempo medio para reparar	La mantenibilidad de los equipos: Se relaciona con la aptitud de equipo de ser llevado a la condición de correcto funcionamiento. El índice que lo representa es el MTTR. (Arata, 2013)	MTTR $MTBF = \frac{\sum_{i=1}^{i=n-1} TBF_i}{n}$
			Tiempo medio entre fallas	Tiempo medio entre fallas: Se refiere a la aptitud del equipo de funcionar correctamente en las condiciones operativas durante todo su ciclo de vida. El índice que lo caracteriza es el MTBF. (Arata, 2013)	MTBF $MTTR = \frac{\sum_{i=1}^{i=n-1} TTR_i}{n}$

Fuente: Elaboración propia.

IV DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. Tipo y diseño de la Investigación

La investigación tipo aplicada: En una investigación aplicada, de diseño o de innovación; debe evaluarse si la combinación de configuraciones o estructuras del objeto de investigación ha permitido mejorar la productividad del flujo (conversión de insumos en productos) o ha permitido mejorar la eficiencia de su funcionamiento, ambos medidos a través de la variable dependiente. (Espinoza, 2014). Los diseños a utilizar en las investigaciones aplicadas pueden ser los cuasi experimentales o los experimentales. Dependerá de las mediciones que se deben realizar de acuerdo al contexto donde se ubica el objeto de investigación, (Espinoza, 2014)

-El tipo de la presente tesis es **tipo aplicada**, porque se centra en el uso de las bases teóricas del mantenimiento, en este caso el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para mejorar la disponibilidad mecánica del molino de bolas.

Investigación de nivel explicativa: La investigación explicativa tiene como propósito buscar las relaciones de causa y efecto entre las variables del objeto de estudio. En algunas investigaciones se determinará la correlación de las variables sin encontrar causalidad, aunque desde el punto de vista sistémico, existe relación entre las variables que integran un objeto o sistema. (Espinoza, 2014)

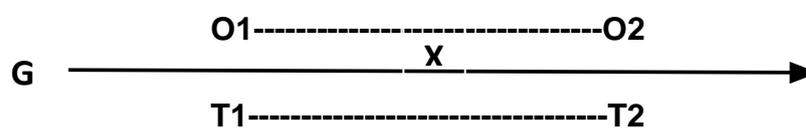
-El nivel de la presente tesis es **nivel explicativo**, porque muestra las características de las variables independiente y dependiente, como también la de sus dimensiones. También muestra cómo la implementación del RCM, causará un efecto resultado de mejora que se obtuvo en la disponibilidad.

Enfoque cuantitativo: La investigación cuantitativa es de carácter objetivista y susceptibles a medición para cuantificar hechos o fenómenos que caracterizara la comprobación del objetivo (Valderrama, 2014).

-El enfoque de la presente tesis es **enfoque cuantitativo**, porque los datos se pueden analizar, medir, para el caso de tiempos de reparación, los datos son cuantitativos del tipo continuo, puesto que se puede calcular índices de centro, de forma, de variabilidad y otros métodos estadísticos.

Por su diseño es cuasiexperimental: Los diseños cuasiexperimentales son semejantes a los experimentos “verdaderos”, con la diferencia que los grupos no son equivalentes porque no hubo aleatorización ni emparejamiento. Por lo demás son iguales, la interpretación es similar, las comparaciones son las mismas y los análisis estadísticos iguales. Por lo mismo que pueden existir tantas clases de diseños cuasiexperimentales como los experimentales (Espinoza, 2014)

-El diseño de esta investigación es diseño **cuasiexperimental**, porque se eligieron (**no aleatoriamente**) las muestras de reportes de disponibilidad de 10 meses antes como pre test, y 10 meses después como post test, luego se eligió la variable dependiente que sería la disponibilidad mecánica del molino, para someterlo a la aplicación de la variable independiente (aplicación del RCM), seguido del análisis los resultados y conclusiones. También es Longitudinal.



Dónde:

G: Reportes de mantenimiento

O1: Reportes mensuales de disponibilidad del molino d bolas. Antes del RCM

X: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

O2: Reportes mensuales de disponibilidad del molino d bolas., después de aplicar la metodología del RCM.

Diseño Longitudinal: Se toma una muestra del objeto de investigación, la misma que es evaluada en distintos momentos en el tiempo y por períodos bastante largos. Momentos en que se hacen las observaciones O 1 a O 2: Observación o mediciones de las variables de estudio. (Espinoza, 2014)

4.2. Método de la investigación

Hipotético deductivo: Consiste en un procedimiento que parte de unas aseveraciones en calidad de hipótesis y busca refutar o falsear tales hipótesis, deduciendo de ellas conclusiones que deben confrontarse con los hechos (Bernal, 2010).

-El método de la presente tesis es de método **hipotético deductivo**, porque de la observación de datos, fenómenos particulares, llegamos a conclusiones generales, que se podrán aplicar a los distintos molinos existentes en las demás líneas de producción.

4.3. Población y Muestra

Población: Se define como; “el conjunto de todos los elementos a los cuales se refiere la investigación. Se puede definir también como el conjunto de todas las unidades de muestreo” (Bernal 2010, p.160).

-La población de la presente investigación son los reportes mensuales de la disponibilidad mecánica del molino de bolas, puesto que en este estudio se pondrá a prueba su mejora.

Muestra: Se define como; “la parte de la población que se selecciona, de la cual realmente se obtiene la información para el desarrollo del estudio y sobre la cual se efectuará la medición y la observación de las variables objeto de estudio” (Bernal 2010, p.161). También Bernal agrega que el tamaño de una muestra depende del tipo de investigación que se desea realizar.

- **Muestreo no probabilístico**, son procedimientos de selección que se caracterizan porque los elementos de la población no tienen una probabilidad conocida de selección. (Vivanco,2005)
- **Muestra por conveniencia:** Este procedimiento consistente en seleccionar una muestra de la población por el hecho de que sea accesible, siendo seleccionados no acordes al interés del ensayo y no al azar. (Otzen,2017)
- **Muestra finita:** Porque utilizaremos datos obtenidos en un determinado tiempo.

-En la presente investigación se ha realizado un muestreo no probabilístico, por conveniencia (por ser cuasi experimental no aleatorio) y en un tiempo finito; siendo estos los reportes mensuales de disponibilidad mecánica de los molinos de bolas, durante 10 meses del año antes como Pre Test y 10 después, como Post Test.

Además, se tiene que como unidad de análisis registros de horas de reparación, reales, ingresadas en la Órdenes de trabajo.

4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado:

Unidad Minera. Por motivos de evitar sesgo en la toma de data del 2020, por pandemia, se consideró datos del periodo del 2019. Implementación: Ene-Feb 2021 Post Test: Enero- octubre. 2021

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

Análisis documental:

La técnica documental permite la recopilación de evidencias para demostrar las hipótesis de investigación. Está formada por documentos de diferente tipo: revistas, memorias, actas, registros, datos e información estadísticas y cualquier documento de instituciones y empresas que registran datos de su funcionamiento. (Espinoza, 2014)

-En la presente tesis se realizó el análisis documental de registros de órdenes de trabajo físicos y digitales.

Observación:

La observación es una técnica de recolección de datos que permite acumular y sistematizar información sobre el objeto de investigación que tiene relación con el problema de investigación. La observación permite obtener de datos próximos a como está funcionando el objeto de investigación en el presente.

Los instrumentos utilizados son: fichas de observación, formularios, guías de observación, hojas de cotejo, listas de verificación, hojas de registro, cámaras

fotográficas y filmadoras, microscopios, scanners, analizador de gases, opacímetro, micrómetros, etc. (Espinoza, 2014).

Instrumentos de recolección de datos

En una medición efectiva, el instrumento de recolección de datos debe representar a los indicadores de las variables que se pretende medir. Es decir, un instrumento apropiado debe tener los siguientes requisitos: validez y confiabilidad, (Espinoza, 2014)

Validez de instrumento

Un instrumento tiene validez cuando realmente mide la variable que se pretende medir. Por ejemplo, si utilizamos el manómetro para medir el vacío en un tanque, no sería válido porque para ello el instrumento sería un vacuómetro.

La validez de un instrumento se determina mediante la suma de la validez de contenido, validez de criterio y validez de constructo *Validez de contenido, Se evalúan los ítems en base a las variables que se medirán. Puede hacerse mediante juicio de expertos (Espinoza, 2014):

-La validación del instrumento de la presente investigación, se llevó a cabo la prueba de juicio de expertos, donde se aprobó el desarrollo de los instrumentos (Anexo 5).

Confiabilidad del instrumento

“La confiabilidad de un instrumento de medición se refiere a la magnitud en que su aplicación repetida al mismo individuo u objeto produce resultados iguales” (Hernández, 2014).

-Para la presente investigación en el Anexo 6 se muestra los registros órdenes de trabajo (OT) donde se registra las horas por reparación y de disponibilidad.

El cuadro siguiente resume las técnicas e instrumentos utilizados.

OBJETIVO	TÉCNICA	INSTRUMENTO/ HERRAMINETA	RESULTADO
MEJORAR LOS TIEMPOS MEDIOS PARA LA REPARACIÓN	Observación directa entrevista	Registro de horas de reparación en el ERP, "OT"	La BD de los registros de fallas permitió calcular el MTTR
MEJORAR LOS TIMEPOS MEDIOS ENTRE FALLAS	Observación directa entrevista	Registro de horas de tiempos entre fallas en el ERP "OT"	La BD de los registros de fallas permitió calcular el MTBF

Fuente. Elaboración propia

Órdenes de trabajo registradas en el sistema ERP de Mantenimiento

Ordenes de Trabajo

General Detalle Actividades

Perfil: Planner Usuario

Tipo: TODOS No. de O. T.: Estado: TODOS

Fecha OT Del: 01/01/2019 Al: 07/12/2021 Descripción OT: Buscar

C.Costo Solicitante: C.Costo Ejecutor:

Equipo: 032201 MOLINO DE BOLAS 14 FT X 41 FT Tipo de Trabajo:

No. O. T.	Tipo de Mantenimiento	Equipo	Descripción del Equipo	Tag	Fecha OT	Fecha de Inicio Requerido	Descripción	C. Costo Solicitante	Descripción del C. Costo Solicitante
2019001548	PREVENTIVO	032201	MOLINO DE BOLAS 14 FT X 41 FT	BM-1	05/04/2019	05/04/2019	MAQUINAR BABBIT DE MOTOR EECTRICO DE M	967300	MANT. PLANTA SEPAR. MAGNETICA
2019002031	CORRECTIVO	032201	MOLINO DE BOLAS 14 FT X 41 FT	BM-1	10/04/2019	10/04/2019	ARMAR DIVISOR DE FLUJO DEL SISTEMA HID	967333	MANT. SEPAR. MAGN. F.G.
2019002165	PREVENTIVO	032201	MOLINO DE BOLAS 14 FT X 41 FT	BM-1	12/04/2019	12/04/2019	PMP MANTTO. REDUCTOR BALL MILL 201 (960	961800	ADM.PLANEAMIENTO PROGR.MANT.
2019002166	PREVENTIVO	032201	MOLINO DE BOLAS 14 FT X 41 FT	BM-1	12/04/2019	12/04/2019	PMP MANTTO. BALL MILL 201 (960 HRS)	961800	ADM.PLANEAMIENTO PROGR.MANT.
2019002172	PREVENTIVO	032201	MOLINO DE BOLAS 14 FT X 41 FT	BM-1	12/04/2019	12/04/2019	PMP MANTTO. SISTEMA HIDROSTATICO BALL	961800	ADM.PLANEAMIENTO PROGR.MANT.
2019002173	CORRECTIVO	032201	MOLINO DE BOLAS 14 FT X 41 FT	BM-1	12/04/2019	12/04/2019	CM MANTTO. SISTEMA HIDROSTATICO BALL M	923100	SEPARACION PLANTA MAGNETICA
2019002325	PREVENTIVO	032201	MOLINO DE BOLAS 14 FT X 41 FT	BM-1	13/04/2019	13/04/2019	CAMBIAR RETEN DE ACEITE A DIVISOR DE FLL	967300	MANT. PLANTA SEPAR. MAGNETICA
2019005082	CORRECTIVO	032201	MOLINO DE BOLAS 14 FT X 41 FT	BM-1	20/05/2019	20/05/2019	RECTIFICADO DE BRONCE DE LA ZAPATA AXIA	967300	MANT. PLANTA SEPAR. MAGNETICA
2019006145	PROYECTOS Y	032201	MOLINO DE BOLAS 14 FT X 41 FT	BM-1	01/06/2019	01/06/2019	CAMBIO DE RETEN DE DIVISOR DE FLUJO DE S	967333	MANT. SEPAR. MAGN. F.G.
2019006179	PROYECTOS Y	032201	MOLINO DE BOLAS 14 FT X 41 FT	BM-1	01/06/2019	01/06/2019	CAMBIAR ARO Y CAMARA A LLANTA DE MOLINO	967300	MANT. PLANTA SEPAR. MAGNETICA
2019006194	PROYECTOS Y	032201	MOLINO DE BOLAS 14 FT X 41 FT	BM-1	01/06/2019	01/06/2019	ENJEBADO DE ARO DE LLANTA DE MOLINO	967333	MANT. SEPAR. MAGN. F.G.
2019008502	PROYECTOS Y	032201	MOLINO DE BOLAS 14 FT X 41 FT	BM-1	28/06/2019	28/06/2019	MAQUINAR 04 ZAPATAS DE MOLINO DE BOLAS	967300	MANT. PLANTA SEPAR. MAGNETICA
2019010060	PROYECTOS Y	032201	MOLINO DE BOLAS 14 FT X 41 FT	BM-1	16/07/2019	16/07/2019	INSTALACION DE NUEVO SISTEMA HIDROSTA1	967333	MANT. SEPAR. MAGN. F.G.
2019010608	PROYECTOS Y	032201	MOLINO DE BOLAS 14 FT X 41 FT	BM-1	22/07/2019	22/07/2019	MAQUINADO DE TUBERIA DE 3/4" SEGUN MU	967333	MANT. SEPAR. MAGN. F.G.
2019010662	PROYECTOS Y	032201	MOLINO DE BOLAS 14 FT X 41 FT	BM-1	23/07/2019	23/07/2019	MAQUINADO DE 2 TUBERIAS SEGUN MUESTR	967333	MANT. SEPAR. MAGN. F.G.
2019011407	PROYECTOS Y	032201	MOLINO DE BOLAS 14 FT X 41 FT	BM-1	01/08/2019	01/08/2019	LEVANTAR MURO DE 3 HILERAS Y TAPAR	967333	MANT. SEPAR. MAGN. F.G.
2019011757	PROYECTOS Y	032201	MOLINO DE BOLAS 14 FT X 41 FT	BM-1	05/08/2019	05/08/2019	REBAJAR CHAVETA A 1/2" X 1/2"	967333	MANT. SEPAR. MAGN. F.G.

Abierta Finalizada Cerrada Anulada

Figura 12: ERP, Gestión de Mantenimiento

4.6. Análisis y procedimiento de datos.

Etapas previas para la implementación:

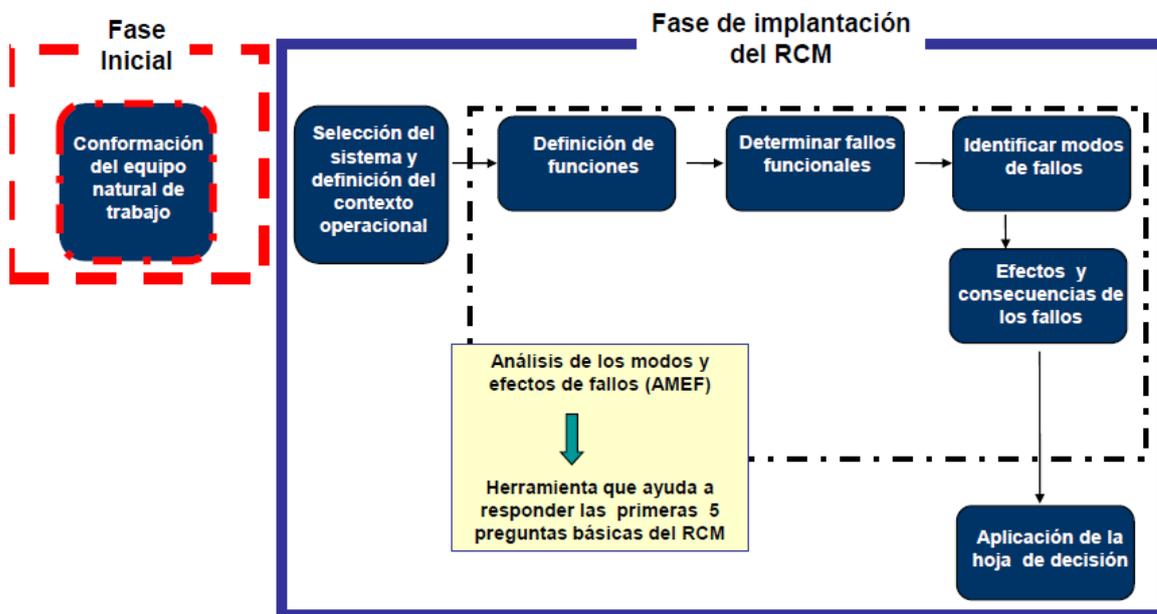


Figura 13: Flujograma de implantación del RCM. Tomado de «RCM. en Mantenimiento Centrado en Confiabilidad Nivel Avanzado». Por Carlos Parra, 2012

Para un buen desempeño del equipo de trabajo, lo deben conformar personal de diferentes áreas los cuales deben de poseer gran experiencia en el funcionamiento del Molino, además cumplir con responsabilidades y roles definidas; comprometidos con los objetivos generales del grupo RCM, para dar solución a los problemas que se presenten durante el proceso.

Conformado por 4 y 7 personas.

En la figura 14 integrantes de un equipo de trabajo RCM, se identifican los participantes de un grupo, en el cual se encuentran los supervisores de mantenimiento (mecánico eléctrico) y operaciones, especialistas de procesos, calidad y operadores.



Figura 14. Integrantes de un equipo natural de trabajo. Tomado de «John, Mantenimiento centrado en la confiabilidad» por Moubray, 1991

Grupo de gestión: Este grupo formado por los responsables de los servicios de mantención, producción y calidad. es liderado por el jefe del proyecto RCM, quien supervisará la aplicación del método.

Este grupo:

- Define las tareas a realizar,
- Los miembros de los otros grupos,
- Evalúa, medir los resultados de los otros grupos.

Función facilitadora: La función inicial de un facilitador de RCM es aplicar la filosofía RCM explicado de forma simple al grupo de trabajo asegurando que el grupo llegue a un consenso de respuestas.

El facilitador debe conocer la lógica RCM y debe asegurarse de los siguientes puntos:

- Planifica, programa y dirige las reuniones RCM.
- Guía al grupo en la realización del análisis de los modos y efectos de falla, y la selección de las actividades de mantenimiento.

- Ayuda a decidir a qué nivel será realizado el análisis de modos de falla.
- Asegura que las reuniones se realicen profesionalmente y que se lleven a cabo con fluidez y normalidad.
- El RCM sea claramente comprendido y aplicado correctamente por parte de los miembros del grupo.
- Que el grupo llegue al consenso en forma rápida y ordenada.
- Registra el resultado del análisis.

Antes de iniciar con un proceso de implementación de RCM la empresa deberá tener identificado el **contexto operativo** donde el equipo desempeñara la función por la cual fue adquirido; ya que estos factores influenciarán en la operación del equipo; tales aspectos van desde determinar el tipo de proceso, turnos de operación, normas de calidad, normativas ambientales, fluctuaciones cíclicas y el nivel de riesgo los cuales generan gran diferencia en el momento de formular la estrategia de mantenimiento a implementar. El contexto operativo debe ser documentado por el personal que posea mayor experiencia en los temas de mantenimiento y operación de los equipos.

Revisión de planos de la planta: En esta etapa, se procedió a revisar los planos de la planta, para determinar los códigos establecidos de los equipos en la línea que pudiesen faltar, así mismo nos ayuda a poder tener un panorama más claro sobre los equipos a evaluar.

Manuales de los equipos críticos: Se realizó la lectura de varios manuales de los equipos suministrados por los fabricantes, esta información nos ayudó a poder conocer con más detalle las partes y repuestos de muchos equipos, que pudieran ser considerados críticos.

Entrevista al personal de mantenimiento y operaciones: Las entrevistas que se han tenido con el personal de mantenimiento fueron básicamente para conocer acerca su experiencia con los equipos en la planta

Procedimientos de recolección de datos: Durante las etapas de implementación del RCM, se crean tres grupos interdisciplinarios:

Jerarquización de sistemas: El análisis de criticidad y jerarquización de equipos se requiere realizar para mejorar el diseño de la estrategia de mantenimiento de los equipos según sus clases y categorías además de la clasificación de los equipos en críticos, esenciales (redundantes) y de propósito general.

Contexto operacional.

Los procedimientos para la implementación del RCM se resumen en 3 pasos

Paso1: “Jerarquización” Análisis de criticidad de equipos y componentes

a). Análisis de criticidad de equipos en la línea 1 de la planta de Molienda: Estudiados los parámetros de los equipos, se realizó la categorización convencional considerando el producto entre frecuencia y consecuencia; teniéndose como la verificación que el MOLINO DE BOLAS NORGBERG 14' X 41', es uno de los equipos más críticos, herramienta de criticidad frecuencia consecuencia formato (ver Anexo 7)

Tabla 3. Criticidad de equipos que forman parte de la línea 01 en Planta Magnética

CÓDIGO	EQUIPO	FRECUENCIA A, M, B	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD (REPARABLE)	COSTO DE MANTTO	IMPACTO SHA	CONSECUENCIA	TOTAL	JERARQUIZACIÓN
030001	SILO DE CONCRETO 4600 TON.	1	B	9	1	1	11	11	NO CRÍTICO
030011	ALIMENTADOR VIBRATORIO ELECTROMAGNETICO	1	B	8	2	1	22	22	NO CRÍTICO

030012	ALIMENTADOR VIBRATORIO ELECTROMAGNETICO	1	B	8	1	1	5	14	14	NO CRÍTICO
031087	FAJA TRANSPORTADORA 24"	1	B	9	1	1	6	16	16	NO CRÍTICO
031061	FAJA DE ALIMENTACION 24"	1	B	9	1	1	6	16	16	NO CRÍTICO
032081	MOLINO DE BARRAS 10'-8" X 16'	3	M	10	4	2	8	50	150	CRÍTICO
032201	MOLINO DE BOLAS 14' X 41'	3	M	10	4	2	8	50	150	CRÍTICO
0213121	BOMBA CENTRIFUGA 10" x 8"	1	A	7	1	2	6	15	15	NO CRÍTICO
0213671	BOMBA CENTRIFUGA 10" x 8"	1	A	7	1	2	6	15	15	NO CRÍTICO
0213122	BOMBA CENTRIFUGA 10" x 8"	1	A	7	1	2	6	15	15	NO CRÍTICO
0213211	BOMBA CENTRIFUGA 10" x 8"	1	A	7	1	2	6	15	15	NO CRÍTICO
0213231	BOMBA CENTRIFUGA 10" x 8"	1	A	7	1	2	6	15	15	NO CRÍTICO
0213800	BOMBA CENTRIFUGA 10" x 8"	1	A	7	1	2	6	15	15	NO CRÍTICO
0213801	BOMBA CENTRIFUGA 10" x 8"	1	A	7	1	2	6	15	15	NO CRÍTICO
0213442	BOMBA VERTICAL 4" x 72"	1	A	8	3	2	6	32	32	NO CRÍTICO
0210097	SEPARADOR MAGNETICO COBBER	3	M	6	2	1	2	15	45	SEMI CRÍTICO
0210098	SEPARADOR MAGNETICO COBBER	3	M	6	2	1	2	15	45	SEMI CRÍTICO
0210278	SEPARADOR MAGNETICO FINISHER	3	M	6	2	1	2	15	45	SEMI CRÍTICO
0210279	SEPARADOR MAGNETICO FINISHER	3	M	6	2	1	2	15	45	SEMI CRÍTICO
0210280	SEPARADOR MAGNETICO FINISHER	3	M	6	2	1	2	15	45	SEMI CRÍTICO
0210281	SEPARADOR MAGNETICO FINISHER	3	M	6	2	1	2	15	45	SEMI CRÍTICO
0210282	SEPARADOR MAGNETICO FINISHER	3	M	6	2	1	2	15	45	SEMI CRÍTICO
0210283	SEPARADOR MAGNETICO FINISHER	3	M	6	2	1	2	15	45	SEMI CRÍTICO
0212161	CICLON 15KREBBS	1	B	6	3	1	6	25	25	NO CRÍTICO
0212162	CICLON 15KREBBS	1	B	6	3	1	6	25	25	NO CRÍTICO
0212163	CICLON 15KREBBS	1	B	6	3	1	6	25	25	NO CRÍTICO
0212164	CICLON 15KREBBS	1	B	6	3	1	6	25	25	NO CRÍTICO
039139	CAJON DISTRIBUIDOR SEPAR.	1	B	5	1	1	0	6	6	NO CRÍTICO
039240	CAJON DISTRIBUIDOR CELDAS	1	B	5	1	1	0	6	6	NO CRÍTICO

Fuente: elaboración propia

b). Análisis de criticidad de componentes del Molino de bolas: Luego de haber verificado la criticidad del molino en la línea 1, al realizar un análisis taxonómico al molino, a nivel de sistemas, sub sistemas y componentes se encontró que cuenta con 8 sistemas, 24 sub sistemas y con 144 componentes como unidad mantenible; para el cual, puesto que nuestro objetivo principal es mejorar la disponibilidad mecánica del molino de repetimos pasos de análisis de criticidad pero categorizándolos sólo con las frecuencia de fallas, impacto operacional (capacidad de generar parada extensa) y flexibilidad (facilidad de reparación) desestimado para este caso

las consecuencias de costos e impacto ambiental; decisión del grupo de estudio RCM, para evitar mayor sesgo en el objetivo. Del estudio el grupo se redujo a 6 sistemas, 11 sub sistemas y 22 componentes de criticidad medio y alto. En la tabla 4 se muestra un extracto del estudio categorizados como criticidad en valores alto y medio, omitiendo lo de nivel bajo. En el anexo 8 se puede visualizar el estudio completo.

Tabla 4. Lista de 22 componentes con criticidad alta y media. resultado del análisis de criticidad a 144 componentes

COMPONENTE		FRECUENCIA DE FALLAS	IMPACTO EN OPERACIONES	FLEXIBILIDAD (REPARABLE)	CONSECUENCIA	NIVEL DE CRITICIDAD	
032201.1.1_1	Inserto de housing	2	6	4	24	48	Alto
032201.1.1_2	Dona	2	6	4	24	48	Alto
032201.1.1_3	Manguerote	2	4	4	16	32	Alto
032201.1.2_1	Chute	1	6	4	24	24	Medio
032201.1.2_3	Liners cerámicos	1	4	6	24	24	Medio
032201.1.3_1	Sello cónico cerámico	2	4	4	16	32	Alto
032201.1.3_3	Sello recto interno de caucho	2	4	4	16	32	Alto
032201.1.3_4	Pernos de sujeción	2	4	4	16	33	Alto
032201.2.1_1	Pista de rodadura apoyo fijo	1	6	4	24	24	Medio
032201.2.1_2	Pista de rodadura apoyo flotante	1	6	4	24	24	Medio
032201.2.2_1	Pad master	1	6	4	24	24	Medio
032201.2.2_2	Pad esclavo	1	6	4	24	24	Medio
032201.2.2_3	Pernos de sujeción	1	4	6	24	24	Medio
032201.2.3_1	Rodillos de guía axial	1	6	4	24	24	Medio
032201.3.1_1	Liners trunnion de alimentación	1	4	6	24	24	Medio
032201.3.1_2	Liners tapas del molino	1	6	4	24	24	Medio
032201.3.1_3	Pernos de liners de las tapas del molino	1	4	6	24	24	Medio
032201.3.1_4	Filler ring	1	6	4	24	24	Medio
032201.3.1_5	Pernos de liners del filler ring	1	4	6	24	24	Medio
032201.3.1_6	Liners de shell	1	6	4	24	24	Medio
032201.3.1_9	Bucking rubber	1	4	6	24	24	Medio
032201.4.1_1	MCR (Motor Carrier Ring - brida)	1	6	4	24	24	Medio
032201.5.1_1	Sellos Y	1	6	4	24	24	Medio

032201.5.1_2	Sellos V	1	6	4	24	24	Medio
032201.5.1_4	Dispositivos de apriete	1	4	6	24	24	Medio
032201.6.1_1	Parrilla de descarga (spider)	3	4	4	16	48	Alto
032201.6.1_7	Zaranda estática	3	4	2	8	24	Medio
032201.6.2_2	Lifters de levante magnético	1	4	6	24	24	Medio
032201.6.2_3	Canaleta colectora de chips	1	4	6	24	25	Medio
032201.7.1_1	Intercambiador de calor	3	4	4	16	48	Alto
032201.7.1_2	Tanque de aceite	1	4	6	24	24	Medio
032201.7.1_3	Aceite del sistema de lubricación	1	4	6	24	24	Medio
032201.7.1_7	Filtro de llenado y aireación	1	4	6	24	24	Medio
032201.7.1_8	Filtros dúplex de aceite	2	4	6	24	24	Medio
032201.7.6_1	Divisores de flujo de 2 vías	1	6	4	24	24	Medio
032201.7.6_2	Divisores de flujo de 6 vías	1	6	4	24	24	Medio

Fuente: Elaboración propia

Paso 2: Desarrollo del Análisis de modos de falla, efectos y Criticidad (FMECA) AMEF más Criticidad (NPR).

Conociendo los 22 componentes a estudiar, se logró conocer todas las fallas funcionales, modos de falla y efectos de falla. La recolección de datos seguirá el siguiente procedimiento, la cual está basada en las 7 Preguntas básicas para el RCM, según la Norma SAE JA1011:

1. ¿Cuál es la función?, Lo que el usuario desea que la máquina haga.
2. ¿Cuál es la falla funcional?, Razones por las que deja de hacer lo que el usuario desea que haga.
3. ¿Cuál es el modo de falla?, Que pudo causar la falla funcional.
4. ¿Cuál es el efecto de la falla?, falla?, Que ocurre cuando la falla se produce.
5. ¿Cuál es la consecuencia de la falla?, Razones por las que importa que falle.
6. ¿Qué se puede hacer para evitar o minimizar la consecuencia de la falla?
7. ¿Qué se hace si no se encuentra ninguna tarea para evitar o minimizar la consecuencia de la falla

Desarrollo del Análisis de modos de Falla y Efectos AMEF, en la Tabla 8 se expone un extracto del (En el Anexo 10 se puede apreciar el análisis completo de la lista de componentes críticos por modos y efectos de falla)

Tabla 5. Extracto del estudio del AMEF de algunos componentes

COMPONENTE		FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTOS DE FALLA			
032201.8.1_1	Disco de freno	1	Detener el molino cuando las pastillas de freno entren en contacto con el.	A	Disco no detiene el molino cuando las pastillas entran en contacto.	Deficiencia de presión en las pastillas de freno.	El molino no se detendrá durante el tiempo requerido, no se puede dejar en la posición requerida y la falla no es evidente en condiciones normales. Las pastillas de freno deben ajustarse de acuerdo con la condición de desgaste.	Tiempo de parada 6 horas.
032201.8.1_1	Disco de freno	1	Detener el molino cuando las pastillas de freno entren en contacto con el.	A	Disco no detiene el molino cuando las pastillas entran en contacto.			
032201.8.1_1	Disco de freno	1	Detener el molino cuando las pastillas de freno entren en contacto con el.	B	Disco detiene el molino cuando las pastillas no entran en contacto.	Pastillas de freno mal reguladas.	El molino se detendrá cuando no se necesite tiempo de producción y la falla no es evidente en condiciones normales. Las pastillas de freno deben colocarse correctamente y el procedimiento estandarizado en una sola operación.	Tiempo de parada 4 horas.

032201.8.1_1	Disco de freno	1	Detener el molino cuando las pastillas de freno entren en contacto con el.	B	Disco detiene el molino cuando las pastillas no entran en contacto.	2			
032201.7.6_2	Divisores de flujo de 6 vías	1	Recibir un caudal de 95 l/min y enviar 6 flujos de 15.8 l/min a los Pad's del molino.	A	Divisores no dividen el caudal en 6 flujos de 15.8 l/min.	1	Divisor de flujo de 6 vías mal seleccionado.	El caudal requerido no llegará a los pad's del molino, sonará una alarma en la sala de control cuando el flujo sea bajo y el molino se detendrá. La falla no es notoria de manera habitual. La válvula divisora de 6 vías debe reemplazarse por una válvula de diseño adecuado y uniformizar el proceso de compra.	Tiempo de parada 8 horas.
032201.7.6_2	Divisores de flujo de 6 vías	1	Recibir un caudal de 95 l/min y enviar 6 flujos de 15.8 l/min a los Pad's del molino.	A	Divisores no dividen el caudal en 6 flujos de 15.8 l/min.	2			
032201.7.6_2	Divisores de flujo de 6 vías	1	Recibir un caudal de 95 l/min y enviar 6 flujos de 15.8 l/min a los Pad's del molino.	B	Divisores envían flujo por debajo de 15.8 l/min.	1	Engranajes de los divisores de flujo de 6 vías desgastados.	Las almohadillas del molino se alimentarán con un flujo inadecuado y sonará una alarma en la sala de control debido a un flujo o una presión bajos y el molino se detendrá, y la falla no es obvia en el caso. Evento normal. La válvula de 6 vías debe cambiar según el estado de la enfermedad.	Tiempo de parada 8 horas.
032201.7.6_2	Divisores de flujo de 6 vías	1	Recibir un caudal de 95 l/min y enviar 6 flujos de 15.8 l/min a los Pad's del molino.	B	Divisores envían flujo por debajo de 15.8 l/min.	2			

Fuente: Elaboración propia

Análisis de Criticidad de los modos de falla basado en el riesgo NPR:

Luego de conocer los modos de falla de los 22 componentes, se procedió a realizar el análisis de criticidad por riesgo NPR; el cual considera los factores como **gravedad**, **frecuencia** y **detectabilidad**; a continuación, se muestra el extracto con los modos de falla **inaceptable** y **normal**, para poder ser evaluados en el siguiente proceso, descartando los de modo aceptable. Del cálculo de criticidad por modos de fallo en alto riesgo. (En el Anexo 11 se puede apreciar el análisis completo del análisis NPR).

Tabla 6. Resultado de la evaluación por criticidad riesgo NPR

COMPONENTE		FUNCION	FALA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	GRAVEDAD	FRECUENCIA	DETECTABILIDAD	Número de ponderación de riesgo (NPR)	
032201.7.6_2	Divisores de flujo de 6 vías	2	A	2	8	7	4	224	Inaceptable (I)
032201.7.6_2	Divisores de flujo de 6 vías	1	B	1	8	7	4	224	Inaceptable (I)
032201.7.6_1	Divisores de flujo de 2 vías	2	A	2	8	7	4	224	Inaceptable (I)
032201.7.6_1	Divisores de flujo de 2 vías	1	B	1	8	7	4	224	Inaceptable (I)
032201.7.1_8	Filtros dúplex de aceite	2	B	1	7	6	4	140	Normal .(R)
032201.7.1_7	Filtros dúplex de aceite	1	A	1	7	6	4	140	Normal .(R)
032201.7.1_3	Aceite del sistema de lubricación	3	A	2	7	6	5	210	Inaceptable (I)
032201.7.1_3	Aceite del sistema de lubricación	2	A	2	7	6	5	210	Inaceptable (I)
032201.7.1_3	Aceite del sistema de lubricación	1	A	2	7	6	5	210	Inaceptable (I)
032201.7.1_2	Tanque de aceite	2	B	2	7	6	4	140	Normal .(R)
032201.7.1_2	Tanque de aceite	1	B	1	4	7	5	140	Normal .(R)
032201.7.1_1	Intercambiador de calor	2	C	1	7	4	5	140	Normal .(R)
032201.7.1_1	Intercambiador de calor	1	C	1	7	4	5	140	Normal .(R)
032201.6.2_2	Lifters de levante magnético	1	A	3	7	4	5	140	Normal .(R)
032201.6.2_2	Lifters de levante magnético	1	A	2	7	4	5	140	Normal .(R)
032201.6.1_1	Parrilla de descarga (spider)	1	A	2	5	6	5	140	Normal .(R)
032201.5.1_4	Dispositivos de apriete	2	A	3	7	5	4	140	Normal .(R)
032201.5.1_4	Dispositivos de apriete	1	A	5	7	5	4	140	Normal .(R)
032201.5.1_4	Dispositivos de apriete	1	A	4	7	5	4	140	Normal .(R)
032201.5.1_2	Sellos V	1	A	2	8	6	4	140	Normal .(R)
032201.5.1_2	Sellos V	1	A	1	8	5	4	140	Normal .(R)
032201.5.1_1	Sellos Y	1	A	2	8	6	4	140	Normal .(R)
032201.5.1_1	Sellos Y	1	A	1	8	5	4	140	Normal .(R)
032201.4.1_1	MCR (Motor Carrier Ring - brida)	1	C	3	10	7	5	350	Inaceptable (I)
032201.3.1_9	Bucking rubber	2	A	1	9	2	8	140	Normal .(R)
032201.3.1_6	Liners de shell	2	B	1	9	6	5	270	Inaceptable (I)
032201.3.1_6	Liners de shell	2	A	1	9	6	5	270	Inaceptable (I)

032201.3.1_6	Liners de shell	1	A	3	9	6	5	270	Inacceptable (I)
032201.3.1_6	Liners de shell	1	A	1	9	6	5	270	Inacceptable (I)
032201.3.1_5	Pernos de liners del filler ring	2	A	3	8	5	4	140	Normal .(R)
032201.3.1_5	Pernos de liners del filler ring	1	A	4	8	5	4	140	Normal .(R)
032201.3.1_4	Filler ring	1	A	3	9	3	5	140	Normal .(R)
032201.3.1_4	Filler ring	1	A	1	9	5	5	225	Inacceptable (I)
032201.3.1_3	Pernos de liners de las tapas del molino	2	B	2	8	5	4	140	Normal .(R)
032201.3.1_3	Pernos de liners de las tapas del molino	2	A	3	8	5	4	140	Normal .(R)
032201.3.1_3	Pernos de liners de las tapas del molino	1	A	5	8	5	4	140	Normal .(R)
032201.3.1_3	Pernos de liners de las tapas del molino	1	A	4	8	5	4	140	Normal .(R)
032201.3.1_2	Liners tapas del molino	3	A	1	9	6	5	270	Inacceptable (I)
032201.3.1_2	Liners tapas del molino	2	A	3	9	6	5	270	Inacceptable (I)
032201.3.1_2	Liners tapas del molino	2	A	1	9	6	5	270	Inacceptable (I)
032201.3.1_2	Liners tapas del molino	1	A	2	9	6	5	270	Inacceptable (I)
032201.3.1_2	Liners tapas del molino	1	A	1	9	6	5	270	Inacceptable (I)
032201.3.1_1	Liners trunnion de alimentación	1	A	2	8	6	3	140	Normal .(R)
032201.3.1_1	Liners trunnion de alimentación	1	A	1	7	6	4	140	Normal .(R)
032201.2.3_1	Rodillos de guía axial	1	B	2	7	5	4	140	Normal .(R)
032201.2.3_1	Rodillos de guía axial	1	B	1	6	4	6	140	Normal .(R)
032201.2.3_1	Rodillos de guía axial	1	A	2	7	5	5	140	Normal .(R)
032201.2.3_1	Rodillos de guía axial	1	A	1	7	4	5	140	Normal .(R)
032201.2.2_3	Pernos de sujeción	2	A	3	8	5	4	140	Normal .(R)
032201.2.2_3	Pernos de sujeción	1	A	4	8	5	4	140	Normal .(R)
032201.2.2_2	Pad esclavo	2	A	2	7	5	4	140	Normal .(R)
032201.2.2_2	Pad esclavo	2	A	1	6	4	6	140	Normal .(R)
032201.2.2_2	Pad esclavo	1	B	3	7	4	6	140	Normal .(R)
032201.2.2_2	Pad esclavo	1	A	6	7	4	6	140	Normal .(R)
032201.2.2_2	Pad esclavo	1	A	4	7	6	6	252	Inacceptable (I)
032201.2.2_2	Pad esclavo	1	A	3	7	6	6	252	Inacceptable (I)
032201.2.2_2	Pad esclavo	1	A	2	7	6	6	252	Inacceptable (I)
032201.2.2_2	Pad esclavo	1	A	1	8	6	3	140	Normal .(R)
032201.2.2_1	Pad master	4	A	2	7	4	5	140	Normal .(R)
032201.2.2_1	Pad master	4	A	1	7	4	5	140	Normal .(R)
032201.2.2_1	Pad master	3	A	2	7	5	4	140	Normal .(R)
032201.2.2_1	Pad master	3	A	1	6	4	6	140	Normal .(R)
032201.2.2_1	Pad master	2	A	3	7	4	6	140	Normal .(R)
032201.2.2_1	Pad master	2	A	6	7	4	6	140	Normal .(R)
032201.2.2_1	Pad master	2	A	4	7	6	6	252	Inacceptable (I)
032201.2.2_1	Pad master	2	A	3	7	6	6	252	Inacceptable (I)
032201.2.2_1	Pad master	2	A	2	7	6	6	252	Inacceptable (I)
032201.2.2_1	Pad master	2	A	1	8	6	3	140	Normal .(R)
032201.2.2_1	Pad master	1	A	2	7	4	5	140	Normal .(R)
032201.2.2_1	Pad master	1	A	1	7	4	5	140	Normal .(R)
032201.1.3_3	Pernos de sujeción	2	A	3	5	6	6	140	Normal .(R)
032201.1.3_3	Pernos de sujeción	1	A	5	6	6	4	140	Normal .(R)
032201.1.3_3	Pernos de sujeción	1	A	4	5	6	6	140	Normal .(R)
032201.1.3_3	Sello recto interno de caucho	3	A	1	5	7	4	140	Normal .(R)
032201.1.3_3	Sello recto interno de caucho	2	A	1	5	7	4	140	Normal .(R)

032201.1.3_3	Sello recto interno de caucho	1	A	1	5	7	4	140	Normal .(R)
032201.1.3_1	Sello cónico cerámico	2	A	2	5	7	4	140	Normal .(R)
032201.1.3_1	Sello cónico cerámico	1	A	1	5	7	4	140	Normal .(R)
032201.1.2_3	Liners cerámicos	1	A	4	7	6	5	210	Inaceptable (I)
032201.1.2_3	Liners cerámicos	1	A	3	7	6	5	210	Inaceptable (I)
032201.1.2_3	Liners cerámicos	1	A	1	6	6	6	216	Inaceptable (I)
032201.1.2_1	Chute	2	A	4	4	6	6	140	Normal .(R)
032201.1.2_1	Chute	2	A	2	6	6	6	216	Inaceptable (I)
032201.1.2_1	Chute	1	B	2	4	6	6	140	Normal .(R)
032201.1.1_3	Manguerote	2	A	2	5	7	5	140	Normal .(R)
032201.1.1_3	Manguerote	2	A	1	7	7	3	140	Normal .(R)
032201.1.1_3	Manguerote	1	B	3	5	7	5	140	Normal .(R)
032201.1.1_3	Manguerote	1	B	2	7	7	3	140	Normal .(R)
032201.1.1_3	Manguerote	1	A	3	7	7	3	140	Normal .(R)
032201.1.1_2	Dona	3	A	2	5	7	4	140	Normal .(R)
032201.1.1_2	Dona	2	A	2	5	7	4	140	Normal .(R)
032201.1.1_2	Dona	1	A	2	5	7	4	140	Normal .(R)
032201.1.1_1	Inserto de housing	3	A	2	5	7	4	140	Normal .(R)

Fuente: elaboración propia

Consideraciones para el cálculo de criticidad :

$NPR > 200$ Inaceptable (I),

$200 \geq NPR > 125$ Normal (R),

$125 \geq NPR$ Aceptable (A).

Fuente: elaboración propia

Paso 3

Desarrollo de la hora Hoja de Decisión de RCM

La Hoja de Decisión de RCM está dividida en dieciséis columnas, (Figura 15) Las columnas tituladas F, FF y MF identifican el modo de falla que se analiza en esa línea. Se utilizan para correlacionar las referencias entre las Hojas de Información y las Hojas de Decisión.

HOJA DE DECISIÓN RCM	SISTEMA/ACTIVO				SISTEMA N°			FACILITADOR	Fecha	Hoja								
	SUB-SISTEMA/COMPONENTE				SUB-SISTEMA N°					De								
Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				Tareas "a falta de"			Tareas Propuestas	Frecuencia Inicial	A realizar por						
F	FF	MF	H	S	E	O	H1	H2	H3				S1	S2	S3	O1	O2	O3

Figura 15. Estructura de la Hoja de Decisión de RCM. Tomado de «RCM» por Moubray, 1997.

Diagrama de Decisión

El Diagrama de Decisión de RCM, integra todos los procesos de decisión en un marco de trabajo estratégico y estructurado; y da respuesta a las preguntas formuladas en el:

- Que mantenimiento de rutina (si lo hay) será realizado, con qué frecuencia será realizado y quién lo hará.
- Que fallas son lo suficientemente serias como para justificar el rediseño.
- Casos en los que se toma una decisión deliberada de dejar que ocurran las fallas.

Los siguientes ítems describen paso a paso cómo realizar la evaluación de las consecuencias de las fallas, la factibilidad técnica de asignársele tareas y que debe hacerse si no se encuentra una tarea apropiada.

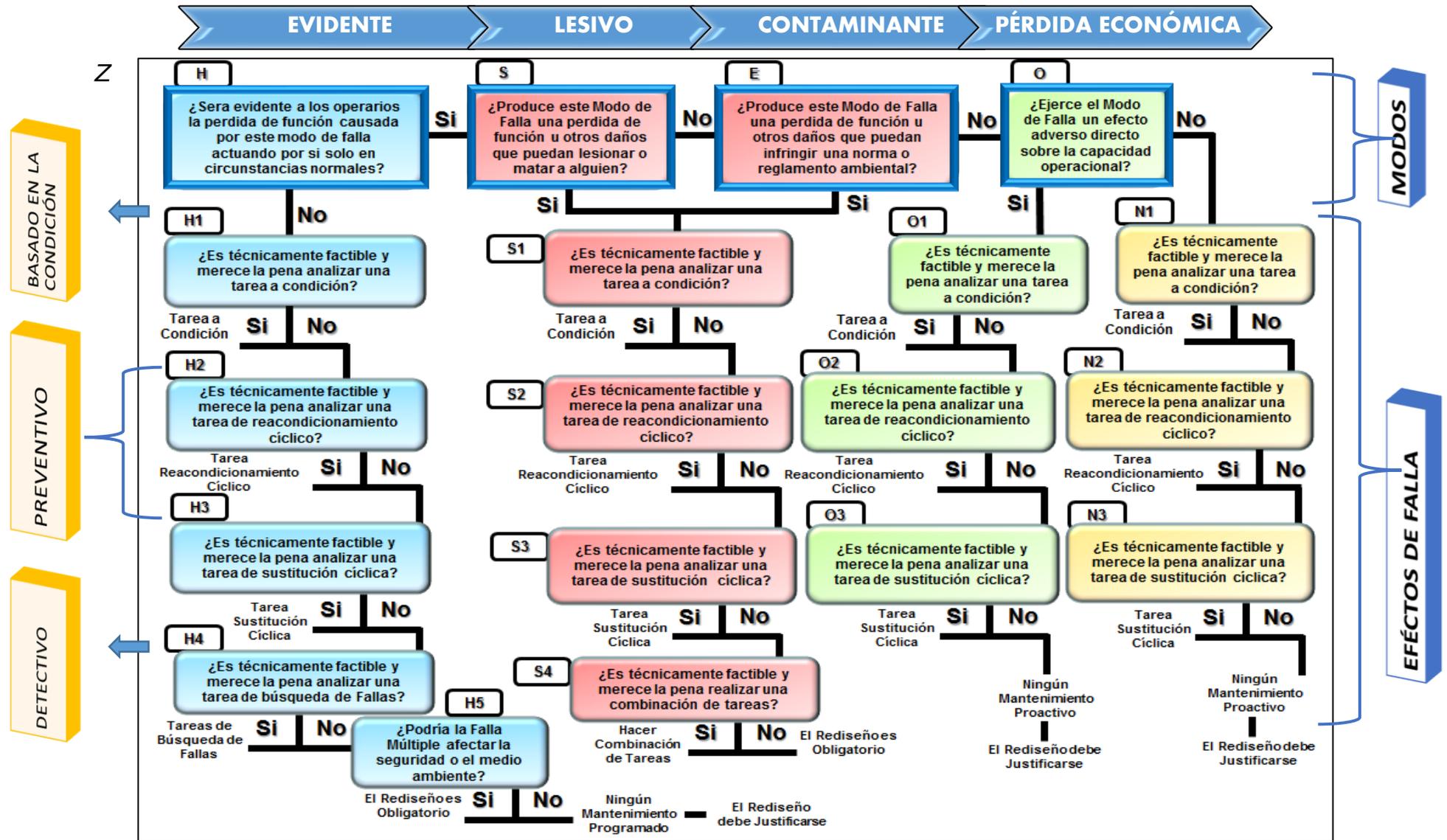


Figura 16. Diagrama de decisión, Elaboración propia.

Evaluación de las consecuencias de la falla

La figura 17. clasifica todas las fallas basándose en sus consecuencias. Al hacerlo así, separa las fallas ocultas de las fallas evidentes, y luego ordena las consecuencias de las fallas evidentes en un orden de importancia decreciente. Las columnas tituladas H, S, E, O y N; que son detalladas en la fig. 5.6; son utilizadas para registrar las respuestas a las preguntas concernientes a las consecuencias de cada modo de falla.

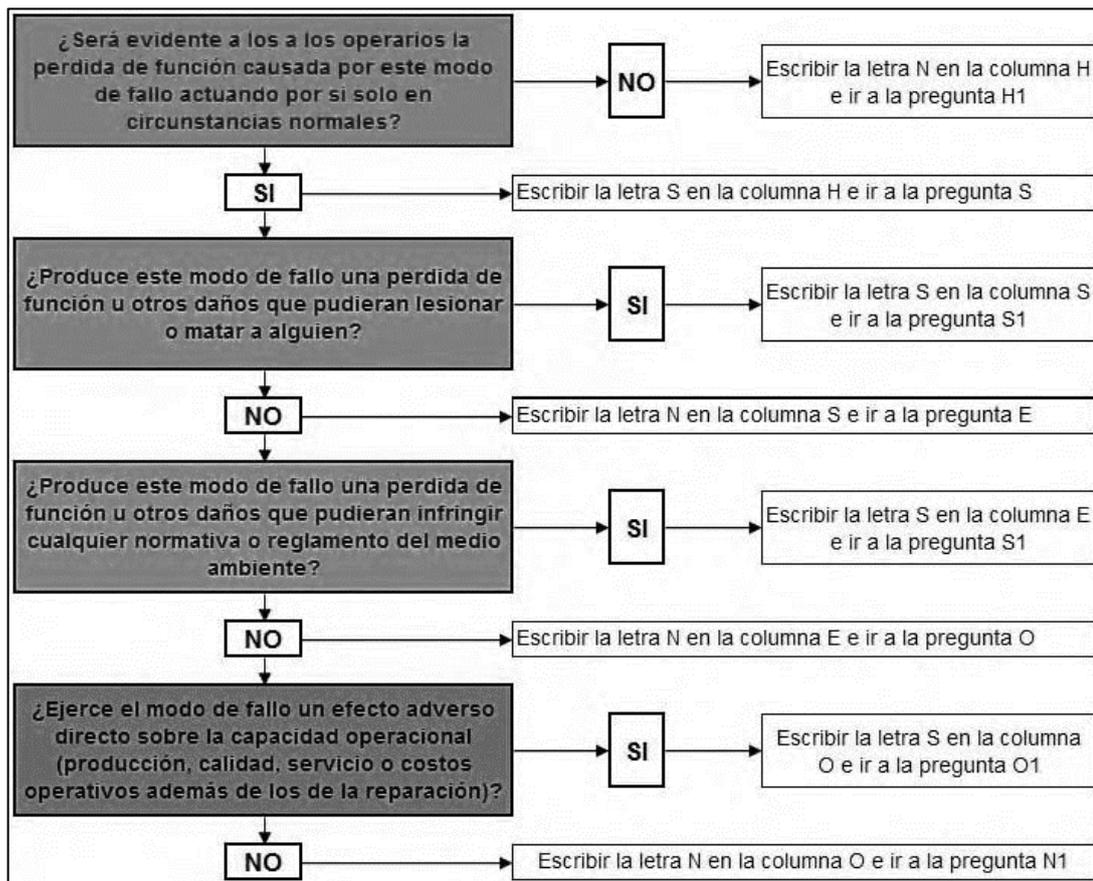


Figura 17. Como se registran las consecuencias de falla en la hoja de decisión. Tomado de Análisis de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad (CMD) del sistema de reinyección de agua de formación, por (Chávez, Jiménez & Cucuri, 2020)

La figura 18. muestra cómo se registran las respuestas a estas preguntas en la hoja de decisión. Cada modo de falla es ubicado en una sola categoría de

consecuencias. Entonces si es clasificado como que tiene consecuencias ambientales, no se evalúan sus consecuencias operacionales

Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				
F	FF	MF	H	S	E	O	
3	A	1	N				→ Una falla oculta: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea proactiva (predictiva o preventiva) debe reducir a un nivel tolerable el riesgo de una falla múltiple.
5	B	2	S	S			→ Consecuencias para la seguridad: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea proactiva debe reducir a un nivel tolerable el riesgo de esta falla por sí sola.
2	C	4	S	N	S		→ Consecuencias para el medio ambiente: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea proactiva debe reducir el riesgo a un nivel tolerable de esta falla por sí sola.
1	A	5	S	N	N	S	→ Consecuencias operacionales: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea proactiva debe costar menos que el costo total de las consecuencias operacionales más el costo de la reparación que pretende prevenir a través de un período de tiempo.
1	B	3	S	N	N	N	→ Consecuencias no operacionales: Para que merezca la pena realizarla, cualquier tarea proactiva debe costar menos que el costo de reparación que pretende prevenir a través de un período de tiempo.

Figura 18. Resumen de las consecuencias de falla. Tomado de «RCM» por Moubray, 1997.

Factibilidad técnica de tareas proactivas

De la octava a la décima columna de la Hoja de Decisión, son utilizadas para registrar si ha sido seleccionada una tarea proactiva, de la siguiente manera:

- ✓ La columna titulada H1/S1/O1/N1 es utilizada para registrar si se pudo encontrar una tarea a condición apropiada para anticipar el modo de falla a tiempo como para evitar las consecuencias.
- ✓ La columna titulada H2/S2/O2/N2 es utilizada para registrar si se pudo encontrar una tarea de reacondicionamiento cíclico apropiada para prevenir las fallas.
- ✓ La columna titulada H3/S3/O3/N3 es utilizada para registrar si se pudo encontrar una tarea de sustitución cíclica para prevenir las fallas.

En cada caso, una tarea sólo es apropiada si merece la pena realizarla y si es técnicamente factible.

Para que una tarea sea técnicamente factible y merezca la pena realizarla, debe ser posible dar una respuesta positiva a todas las preguntas que muestra la Figura 19, que se aplican a esta categoría de tareas, y la tarea debe responder al criterio de “merece la pena ser realizada” también de la f 22 Si la respuesta a cualquiera de estas preguntas es negativa o se desconoce, entonces se rechaza la tarea totalmente.

H1	H2	H3	
S1	S2	S3	
O1	O2	O3	
N1	N2	N3	
S			<p>¿Es técnicamente factible realizar una tarea a condición para reducir la consecuencia de la falla? ¿Hay alguna condición de falla potencial? ¿Cuál es? ¿Cuál es el intervalo P-F? ¿Es suficientemente largo como para ser de utilidad? ¿Es razonablemente consistente? ¿Es posible realizar la tarea a intervalos menores al intervalo P-F?</p>
N	S		<p>¿Es técnicamente factible una tarea de reacondicionamiento cíclico para reducir la frecuencia de la falla? ¿Hay una edad en la que aumenta rápidamente la probabilidad condicional de falla? ¿Cuál es? ¿Ocurren la mayoría de las fallas después de esta edad? ¿Restituirá la tarea la resistencia original a la falla?</p>
N	N	S	<p>¿Es técnicamente factible una tarea de sustitución cíclica para reducir la frecuencia de la falla? ¿Hay una edad en la que aumenta rápidamente la probabilidad condicional de falla? ¿Cuál es? ¿Ocurren la mayoría de las fallas después de ésta edad?</p>

Figura 19. Criterios de factibilidad técnica. Tomado de «RCM» por Moubray, 1997.

Si se selecciona una tarea, se registra una descripción de la tarea; con el suficiente detalle y precisión para que quede lo suficientemente claro a la persona que realizará la tarea y la frecuencia con la que debe ser realizada.

Las preguntas “a falta de las columnas tituladas H4, H5 y S4 en la hoja de Decisión son utilizadas para registrar las respuestas a las tres preguntas “a falta de”. La Figura 20 muestra cómo se responden a éstas tres preguntas. Nótese que estas preguntas sólo se harán si las respuestas a las tres preguntas previas de factibilidad técnica de las tareas proactivas fueron todas negativas.

Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"		
F	FF	MF	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4
							O1	O2	O3			
							N1	N2	N3			
3	A	1	N				N	N	N	S		
<p>¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una tarea de búsqueda de falla?</p> <p>Registrar "Si" si es posible realizar la tarea y resulta práctico hacerlo con la frecuencia requerida y reduce el riesgo de la falla múltiple a un nivel tolerable</p>												
4	B	4	N				N	N	N	N	S	
4	C	2	N				N	N	N	N	N	
<p>¿Podría la falla múltiple afectar la seguridad o el medio ambiente?</p> <p>Sólo se hace esta pregunta si la respuesta a la pregunta H4 es "No". Si la respuesta a esta pregunta es "Si", el rediseño es obligatorio. Si la respuesta es "No", la acción "a falta de" es no realizar mantenimiento preventivo, pero el rediseño puede ser deseable.</p>												
5	B	2	S	S			N	N	N		S	
2	A	5	S	S			N	N	N		N	
<p>¿Es técnicamente factible y merece la pena realizar una combinación de tareas?</p> <p>Responder "Si", si una combinación de dos o más tareas proactivas cualquiera reduce el riesgo de falla a un nivel tolerable (esto rara vez sucede). Si la respuesta es "No", el rediseño es obligatorio.</p>												
1	A	5	S	N	N	S	N	N	N			
1	B	3	S	N	N	N	N	N	N			
<p>En estos dos casos, las consecuencias de la falla son puramente económicas y no se pudo encontrar una tarea proactiva apropiada</p> <p>Como resultado, la decisión "a falta de" inicial es no realizar mantenimiento programado, pero el rediseño puede ser deseable.</p>												

Figura 20. Las preguntas "A Falta de". Tomado de «RCM» por Moubray, 1997.

Si se hace necesario responder cualquiera de las preguntas "a falta de", las columnas encabezadas con H4, H5 o S4 son las que permiten registrar esas respuestas.

Las últimas tres columnas registran la tarea que ha sido seleccionada (si la hay), la frecuencia con la que debe hacerse y quién ha sido seleccionado para realizarla. La columna de "Tareas Propuestas" también se utilizan para registrar los casos en los que se requiere rediseño o si se ha decidido que el modo de falla no necesita mantenimiento programad

Una vez seleccionado los modos de falla de criticidad alta y media criticidad; se procedió con la aplicación del árbol de decisiones a los modos de falla, teniendo como resultado la lista de actividades recomendadas, como plan de mantenimiento estratégico resultado del RCM, el cual se adicionará al plan de mantenimiento existente, para asegurar la continuidad de las operaciones y minimizar las fallas por los modos de falla críticos según lo estudiado. En el Anexo 12 se puede visualizar el desarrollo de todos los modos de falla críticos.

Tabla 7. Resumen extracto de hoja de decisiones de algunos modos de falla críticos.

COMPONENTE	AMEF			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				ARBOL LÓGICO						TAREA PROPUESTA	FRECUENCIA INICIAL	A REALIZARSE POR			
	F	F	F	H	S	E	O	H	H	H	POR DEFECTO								
								1	2	3	S	S	S				H	H	S
								1	2	3	O	O	O						
								1	2	3	1	2	3						
N	N	N	1	2	3														
032201.3.1_1	1	A	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Inspeccionar con ultrasonido los liners del trunnion de alimentación y predecir el cambio de estos de acuerdo al grosor mínimo aceptable por el usuario.	3 meses.	Predictivo.			
032201.3.1_2	1	A	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Escanear los liners de las tapas del molino y anticipar el cambio de estos de acuerdo con el grosor mínimo aceptable por el usuario.	3 meses.	Predictivo.			
	1	A	3	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	Se debe realizar un estudio causa raíz del problema y determinar si el diseño de los liners de las tapas del molino (material) es el correcto así como las condiciones de operación y proceder de acuerdo con análisis.	Cada que ocurra la falla	Supervisores			
	2	A	3	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	Se debe realizar un estudio causa raíz del problema y determinar si el diseño de los liners de las tapas del molino (material) es el correcto así como las condiciones de operación y proceder de acuerdo con análisis.	Cada que ocurra la falla	Supervisores			
	3	A	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Escanear los liners de las tapas del molino y anticipar el cambio de estos de acuerdo con el grosor mínimo aceptable por el usuario.	3 meses.	Predictivo.			
032201.3.1_4	1	A	1	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Renovar los liners del filler ring del molino de manera regular.	12 meses.	Mecánicos.			

	1	A	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Escanear los liners del filler ring y predecir el cambio de estos de acuerdo con el espesor mínimo aceptable por el usuario.	3 meses.	Predictivo.
032201.3.1_6	1	A	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Escanear los liners del shell del molino y anticipar el cambio de estos de acuerdo con el grosor mínimo aceptable por el usuario.	3 meses.	Predictivo.
	1	A	3	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	Se debe realizar un estudio causa raíz del problema y determinar si el diseño de los liners de las tapas del molino (material) es el correcto así como las condiciones de operación y proceder de acuerdo con análisis.	Cada que ocurra la falla	Supervisores
	2	A	1	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Renovar los liners del shell del molino de manera regular.	14 meses.	Mecánicos.
	2	B	1	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Renovar los liners del shell del molino de manera regular.	14 meses.	Mecánicos.
032201.3.1_9	1	A	1	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Arreglar el backing rubber cada vez que se renueve los liners del shell del molino.	14 meses.	Mecánicos.
032201.5.1_1	1	A	1	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	Validar protocolo e informe técnico de instalación de los sellos Y&V y corroborar parámetros de instalación.	Cada que ocurra la falla	Supervisores.
	1	A	2	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Renovar los sellos Y de manera regular.	12 meses.	Mecánicos.
032201.5.1_2	1	A	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Validar protocolo e informe técnico de instalación de los sellos Y&V y comprobar parámetros de instalación.	Cada que ocurra la falla	Supervisores.
	1	A	2	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Renovar los sellos V de manera regular.	12 meses.	Mecánicos.

Fuente: Elaboración propia.

Algunas actividades realizadas resultados del plan de mantenimiento RCM.

<p>Reajuste y cambio de pernos de forros de cilindro</p> 	<p>Inspección- lubricación de molino</p>  	
<p>Cambio de aceite de reductor 15 galones SAE 151</p> 	<p>Reparación de spout feeder</p> 	<p>Reajuste de pernos de forros trunion carga</p> 
<p>Reparación de chute de carga</p> 	<p>Cambio de forros cilindro, tapa carga y tapa descarga</p> 	<p>Cambio de forros del cilindro y dos tapas completo horómetro 1550</p> 

Fuente: Elaboración Propia

V RESULTADOS

5.1. Resultados descriptivos

Del análisis de criticidad de equipos en la línea se seleccionó el molino de bolas como uno de los 2 equipos más críticos, El molino contaba con 8 Sistemas y 23 Sub sistemas y 144 componentes.

Del resultado de análisis de criticidad de componentes se redujo a 7 sistemas y 13 sub sistemas críticos y 36 componentes de criticidades medio y alto.

Luego de aplicar el FMECA a los 22 componentes se encontró 185 modos de falla, evaluado criticidad por NPR se decidió atacar a 93 modos de falla por estar en categoría de alta y media criticidad.

- ❖ **Inaceptable: 28**
- ❖ **Normal: 65**
- ❖ **Aceptable: 162**

Resultado del sometimiento de los modos de falla categorizados como normales e inaceptables en el árbol de decisiones y la hoja de decisiones se tiene como resultado un número de actividades a considerar como plan de mantenimiento.

Tabla 7.1. Resumen extracto cantidad y tipo de actividades

MANTENIMIENTO	CANTIDAD DE EVENTOS
Basado en la condición	38
correctivo	5
detectivo	13
Preventivo	53

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7.2. Resumen extracto de Plan de mantenimiento

g	COMPONENTE	REF DE FALLAS			TAREA PROPUESTA	Actividad resultante Usando el árbol lógico	TIPO DE MANTENIMIENTO	A REALIZARSE POR	FRECUENCIA DE ACTUACIÓN													
		F	F	F					M	En Fallas	Correctivo	2 DÍ A	7 DÍ A	2 M ES	3 M ES	4 M ES	6 M ES	12 M ES	14 M ES	18 M ES	28 M ES	36 M ES
Sistema de lubricación	Divisores de flujo de 6 vías	2	1	2	Cambiar las válvulas divisoras de 6 vías frecuentemente.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.											X			
Sistema de lubricación	Divisores de flujo de 6 vías	2	1	2	Revisar el porcentaje de salida de las válvulas divisoras de 6 vías de manera frecuente y predecir un cambio según el flujo de salida.	Tarea a condición	Basado en la condición	Supervisores			X											
Sistema de lubricación	Divisores de flujo de 6 vías	1	2	1	Cambiar las válvulas divisoras de 6 vías frecuentemente.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.											X			
Sistema de lubricación	Divisores de flujo de 6 vías	1	2	1	Revisar el porcentaje de salida de las válvulas divisoras de 6 vías de manera frecuente y predecir un cambio según el flujo de salida.	Tarea a condición	Basado en la condición	Supervisores			X											
Sistema de lubricación	Divisores de flujo de 2 vías	2	1	2	Cambiar las válvulas divisoras de 2 vías frecuentemente.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.								X						
Sistema de lubricación	Divisores de flujo de 2 vías	2	1	2	Revisar el porcentaje de salida de las válvulas divisoras de 2 vías de manera frecuente y predecir un cambio según el flujo de salida.	Tarea a condición	Basado en la condición	Supervisores			X											
Sistema de lubricación	Divisores de flujo de 2 vías	1	2	1	Cambiar las válvulas divisoras de 2 vías frecuentemente.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.								X						

Fuente: Elaboración propia

Comparación de disponibilidad del molino Pre y Post RCM:

La tabla 8 muestra el número de fallas, los tiempos entre fallas, los tiempos de reparación y los KPI MTBF y MTTR, en los 10 meses del periodo de Post Test y como resultado la disponibilidad mecánica mensual

Tabla 8. Disponibilidad Post Test RCM

MES	NUMERO DE FALLAS	TTF	TTR	MTBF	MTTR	D.MEC
ENE	0	543.0	4.58	543	-	100.0%
FEB	2	530.0	6.0	265	28,00	90.4%
MAR	1	686.1	11.0	686	11,00	98.4%
ABR	1	573.7	1.0	574	6,00	99.0%
MAY	0	687.9	4.6	688	-	100.0%
JUN	2	647.1	2.7	324	1,35	99.6%
JUL	1	507.1	4.8	507	8,00	98.4%
AGO	2	640.5	1.0	262	0,41	99.8%
SET	1	658.8	7.2	456	11,00	97.6%
OCT	0	704.9	9.2	705	-	100.0%

Nota: Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 9, se muestra el comparativo mensual después de implementar el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad al molino de bolas, en los periodos enero octubre de los años 2019(Pre Test) Y 2021 (Post Test).

Tabla 9. Comparación de resultados resultados Pre y Post Test

	OBJETIVO PRINCIPAL		OBJETIVO SECUNDARIO 1		OBJETIVO SECUNDARIO 2	
	2019	2021	2019	2021	2019	2021
MES	D.mec	D.mec	MTBF	MTBF	MTTR	MTTR
ENE	99.2%	100.0%	624	543	5	-
FEB	93.1%	90.4%	432	265	32	28.00
MAR	60.0%	98.4%	150	686	100	11.00
ABR	97.7%	99.0%	652	574	15	6.00
MAY	90.5%	100.0%	270	688	29	-
JUN	93.4%	99.6%	373	324	26	1.35
JUL	89.6%	98.4%	300	507	35	8.00
AGO	93.2%	99.8%	252	262	18	0.41
SET	99.4%	97.6%	674	456	4	11.00
OCT	97.0%	100.0%	654	705	20	-

Fuente: Elaboración propia

Del análisis del comparativo mensual de la variable Disponibilidad, Disp. Mecánica, figura 21; tiempo medio entre fallas, MTBF, Figura 22; tiempo medio de reparación, MTTR, Figura 23, se puede observar un mejor comportamiento de los indicadores en los meses de Post Test 2021.

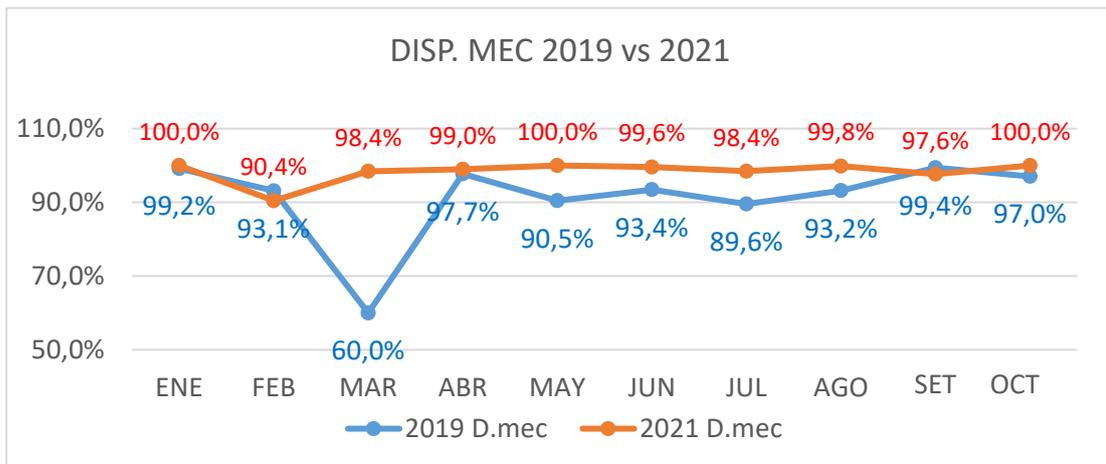


Figura 21. Análisis comparativo mensual de la disponibilidad **Disp. Mec.** Fuente: Elaboración propia, con información recopilada del ERP y files.

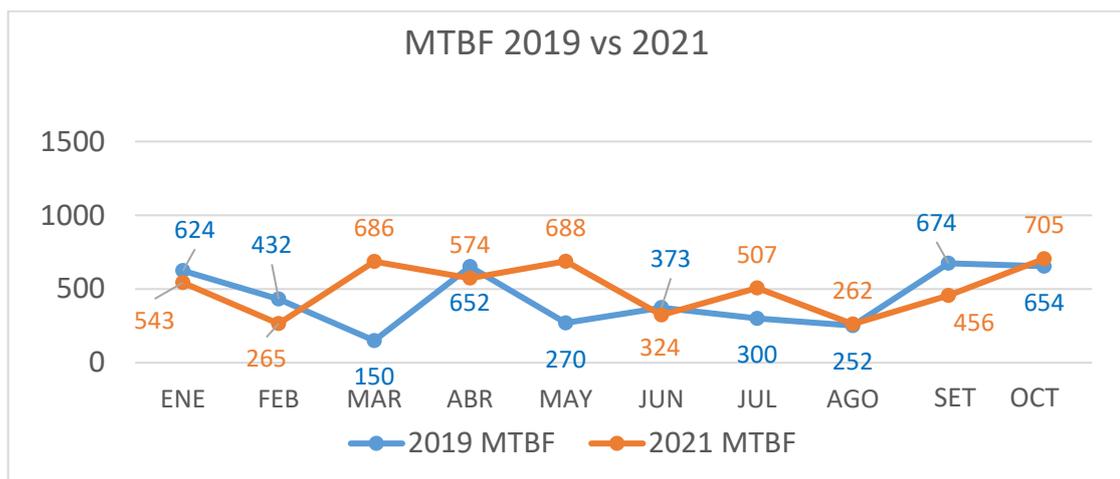


Figura 22. Análisis comparativo mensual de la disponibilidad **MTBF**. Fuente: Elaboración propia, con información recopilada del ERP y files

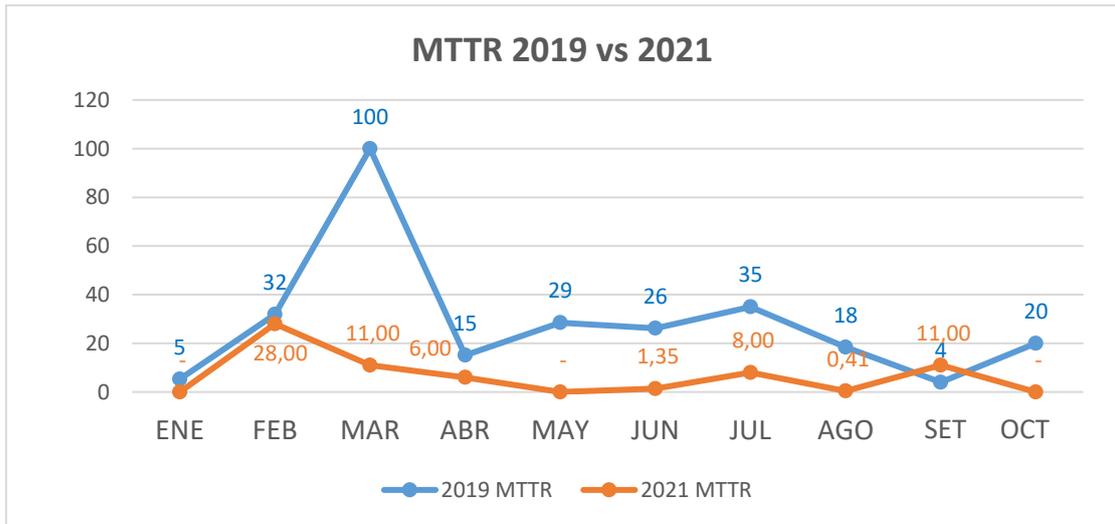


Figura 23. Análisis comparativo mensual de la disponibilidad **MTTR**.

Fuente: Elaboración propia, con información recopilada del ERP y files

5.1.1 Análisis Descriptivo mediante el SPSS. Versión 25

Procesamiento de datos de la variable: Disponibilidad Mecánica.

En esta sección se muestra el número de datos procesados y el porcentaje de la evaluación de la variable Disponibilidad Mecánica (Tabla 10)

Tabla 10. Resumen del procesamiento de datos de la Disponibilidad Mecánica

Resumen de procesamiento de casos

	Casos Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Disponibilidad Mec 2019	10	100,0%	0	0,0%	10	100,0%
Disponibilidad Mec 2021	10	100,0%	0	0,0%	10	100,0%

Fuente: Reporte de SPSS 25

Los Histogramas por frecuencias reflejan su comportamiento en forma gráfica, sus medidas de tendencias central, de dispersión y comportamiento.

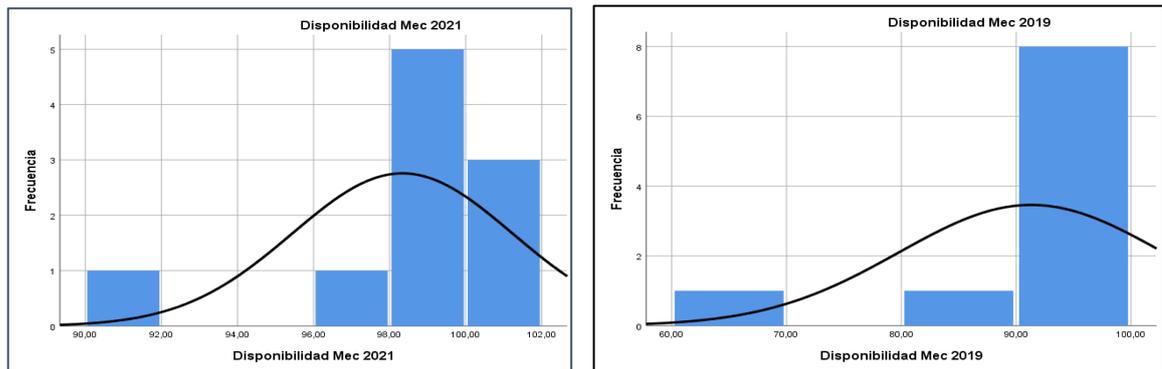


Figura 24. Histograma del antes y después de la disponibilidad Mecánica. Fuente: Reporte de SPSS 25

En la Figura 24 se puede observar:

- La media de la Disponibilidad Mecánica el 2019 fue 91,30% y luego de la implementación del proyecto RCM, el 2021, es 98,33%.
- La Mediana de la Disponibilidad Mecánica el 2019 fue 93,31% y luego de la implementación del proyecto RCM, el 2021, es 98,33%.
- El valor mínimo y máximo el 2019 fue de 90,44 y 100,00 y luego de la implementación del proyecto RCM, el 2021, es de 87,30 y 99,00 respectivamente.

Procesamiento de datos de la variable: Tiempo Medio entre Fallas (MTBF)

En esta sección se muestra el número de datos procesados y el porcentaje de la evaluación de la variable Tiempo Medio entre Fallas (Tabla 11)

Tabla 11. Resumen del procesamiento de datos del Tiempo Medio entre Fallas

Resumen de procesamiento de casos

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Tiemp. Medio entre Fallas 2019	10	100,0%	0	0,0%	10	100,0%
Tiemp. Medio entre Fallas 2021	10	100,0%	0	0,0%	10	100,0%

Fuente: Reporte de SPSS 25

Los Histogramas por frecuencias reflejan su comportamiento en forma gráfica, sus medidas de tendencias central, de dispersión y comportamiento.

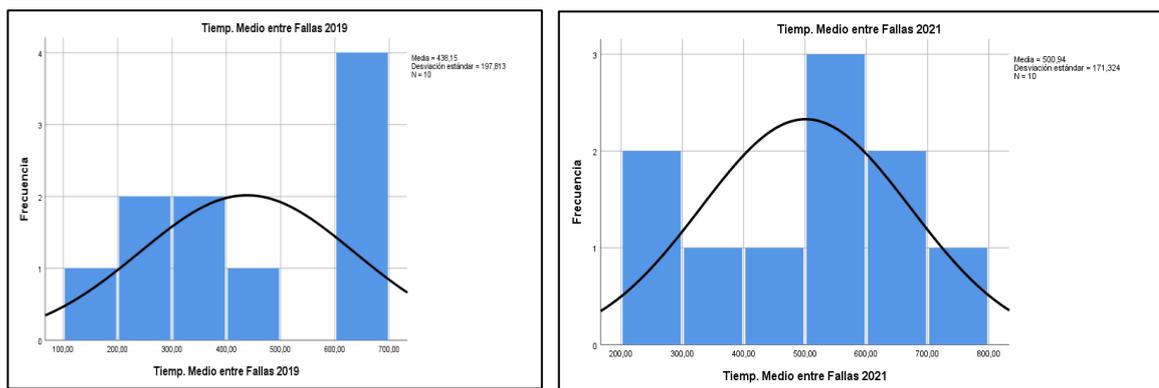


Figura 25. Histograma del antes y después del Tiempo Medio entre Fallas. Fuente: Reporte de SPSS 25

En la figura 25 se puede observar:

- La media del Tiempo Medio entre Fallas el 2019 fue 438,15 y luego de la implementación del proyecto RCM, el 2021, es 500,94.
- La Mediana del Tiempo Medio entre Fallas el 2019 fue 402,65 y luego de la implementación del proyecto RCM, el 2021, es 525,05.
- El valor mínimo y máximo del Tiempo Medio entre Fallas el 2019 fue de 150,00 y 674.20 y luego de la implementación del proyecto RCM, el 2021, es de 262,02 y 704,9 respectivamente.

Procesamiento de datos de la variable: Tiempo medio para la reparación (MTTR)

En esta sección se muestra el número de datos procesados y el porcentaje de la evaluación de la variable Tiempo medio para la reparación

Tabla 12. *Resumen del procesamiento de datos del Tiempo medio para reparación*

Resumen de procesamiento de casos

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Tiemp. Medio para Reparar 2019	10	100,0%	0	0,0%	10	100,0%
Tiemp. Medio para Reparar 2021	10	100,0%	0	0,0%	10	100,0%

Fuente: Reporte de SPSS 25

Los Histogramas por frecuencias reflejan su comportamiento en forma gráfica, sus medidas de tendencias central, de dispersión y comportamiento.

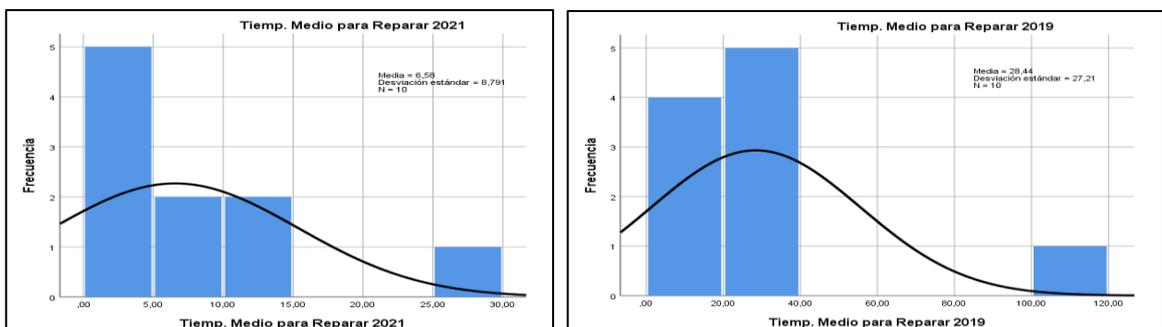


Figura 26. Histograma del antes y después del Tiempo Medio entre Falla Fuente: Reporte de SPSS 25

En la figura 26 se observa:

- La medida del Tiempo medio para la reparación el 2019 fue 28.4410 horas y luego de la implementación del proyecto RCM, el 2021, es 6.576 horas.
- La Mediana del Tiempo Medio para la reparación el 2019 fue 23.10 horas y luego de la implementación del proyecto RCM, el 2021, es 3.675 horas.
- El valor mínimo y máximo del Tiempo medio para la reparación el 2019 fue de 100 y 4; luego de la implementación del proyecto RCM, el 2021, es de 28.00 y 0.00 respectivamente.

5.2. Resultados inferenciales.

Análisis de hipótesis General (Disp. Mecánica)

Hipótesis Alternativa (Ha): La implementación del RCM mejora significativamente la Disponibilidad Mecánica del Molino de Bolas.

Dato:

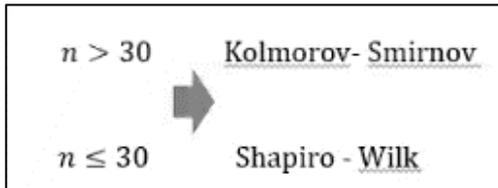


Figura 27. Estadígrafo de Shapiro-Wilk. Fuente: Elaboración propia

Prs	PRE	POST	CONCLUSIÓN	
SIG>0.05	SI	SI	PARAMÉTRICO	→ T STUDENT
SIG>0.05	SI	NO	NO PARAMÉTRICO	→ WILCOXON
SIG>0.05	NO	SI	NO PARAMÉTRICO	
SIG>0.05	NO	NO	NO PARAMÉTRICO	

Figura 28. Regla de decisión. Fuente: Elaboración propia

Regla de Decisión

Si $Sig > 0.05$, los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico

Si $Sig \leq 0.05$, los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico

Tabla 13. Prueba de normalidad de la Disponibilidad Mecánica

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Disponibilidad Mec 2019	,339	10	,002	,647	10	0,0002015
Disponibilidad Mec 2021	,312	10	,007	,612	10	0,0000775

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Reporte de SPSS Versión 25

De la Tabla 13, observado el nivel de significancia de la disponibilidad mecánica de Pre (2019) es 0,0002015 y de Post (2021) es de 0,0000775, ambos menores que 0.05; con lo que se determina que el análisis de contrastación de hipótesis

el estadígrafo es **no paramétrico**, para el cual corresponde usar la prueba de **Wilcoxon**.

Contrastación de la hipótesis general

Hipótesis Nula (H_0): La implementación de la metodología RCM, NO mejora significativamente la disponibilidad mecánica del molino de bolas.

Hipótesis Alternativa (H_a): La implementación de la metodología RCM mejora significativamente la disponibilidad mecánica del molino de bolas.

Regla de Decisión

$$H_0: \mu_{antes} \geq \mu_{después}$$

$$H_a: \mu_{antes} < \mu_{después}$$

Donde:

μ_{antes} : Es la media de la disponibilidad mecánica antes

$\mu_{después}$: Es la media de la disponibilidad mecánica después

Tabla 14 Comparación de medias de la Disponibilidad Mecánica de **Wilcoxon**

Rangos				
		N	Rango promedio	Suma de rangos
Disponibilidad Mec 2019 - Disponibilidad Mec 2021	Rangos negativos	8 ^a	6,00	48,00
	Rangos positivos	2 ^b	3,50	7,00
	Empates	0 ^c		
	Total	10		
a. Disponibilidad Mec 2019 < Disponibilidad Mec 2021				
b. Disponibilidad Mec 2019 > Disponibilidad Mec 2021				
c. Disponibilidad Mec 2019 = Disponibilidad Mec 2021				

Fuente: Reporte de SPSS Versión 25

De la Tabla 14 se evidencia que, en 8 de los 10 casos, se tuvo éxito en la implementación del RCM, ya que, en esos 8 casos, las disponibilidades mecánicas son mayores a, por lo cual se verifica que la implementación de la metodología RCM, mejora las disponibilidades mecánicas del molino de bolas.

Con la finalidad de aseverar esta hipótesis, se procede a realizar un análisis más detallado para su autenticidad, presentando el estadístico de prueba de Wilcoxon para ambas disponibilidades mecánicas, tomando en cuenta:

Regla de decisión

Si $\rho \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula

Si $\rho > 0.05$, se acepta la hipótesis nula

Tabla 15. *Estadístico de prueba Wilcoxon para Disponibilidad mecánica*

Estadísticos de prueba	
	Disponibilidad Mec 2019 - Disponibilidad Mec 2021
Z	-2,090 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	,037
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon	
b. Se basa en rangos positivos.	

Fuente: Reporte de SPSS Versión 25

De la tabla 15. se puede corroborar que la significancia de la prueba Wilcoxon, aplicado al indicador **disponibilidad mecánica** después y antes, muestra un valor de 0.037, por consiguiente y de acuerdo a la regla de decisión descrita, se rechaza la hipótesis nula, y se acepta que la implementación de la metodología RCM mejora significativamente la Disponibilidad Mecánica del molino de bolas.

Contrastación de la hipótesis específica (MTTR)

Hipótesis Alternativa (Ha): La implementación del RCM mejora significativamente el tiempo promedio para la reparación MTTR del Molino de Bolas.

Regla de Decisión

Si $Sig > 0.05$, los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico

Si $Sig \leq 0.05$, los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico

Tabla 16. Prueba de normalidad del tiempo medio para reparar

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo. Medio para Reparar 2019	,305	10	,009	,734	10	,002
Tiempo. Medio para Reparar 2021	,227	10	,154	,771	10	,006

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Reporte de SPSS Versión 25

Observado el nivel de significancia del MTTR de Pre (2019) es 0.002 y de Post (2021) es de 0.006, ambos menores que 0,05; con lo que se determina que el análisis de contrastación de hipótesis del estadígrafo se determina que el análisis de contrastación de hipótesis del estadígrafo es **no paramétrico**, para el cual corresponde usar la prueba de **Wilcoxon**

Contrastación de la segunda hipótesis específica

Hipótesis Nula (Ho): La implementación de la metodología RCM NO mejora significativamente el tiempo promedio para la reparación (MTTR).

Hipótesis Alternativa (Ha): La implementación de la metodología RCM mejora significativamente el tiempo promedio para la reparación (MTTR)

Regla de Decisión

$$H_0: \mu_{antes} \geq \mu_{después}$$

$$H_a: \mu_{antes} < \mu_{después}$$

Donde

μ_{antes} : Es la media del MTTR antes

$\mu_{después}$: Es la media del MTTR después

Tabla 17. Comparación de medias del MTTR de Wilcoxon

Rangos				
		N	Rango promedio	Suma de rangos
Tiempo. Medio para Reparar 2021 - Tiempo. Medio para Reparar 2019	Rangos negativos	9 ^a	5,78	52,00
	Rangos positivos	1 ^b	3,00	3,00
	Empates	0 ^c		
	Total	10		
a. Tiempo. Medio para Reparar 2021 < Tiempo. Medio para Reparar 2019				
b. Tiempo. Medio para Reparar 2021 > Tiempo. Medio para Reparar 2019				
c. Tiempo. Medio para Reparar 2021 = Tiempo. Medio para Reparar 2019				

Fuente: Reporte de SPSS Versión 25

De la Tabla 17, se evidencia que, en 9 de los 10 casos, se tuvo éxito en la implementación del RCM, ya que, en esos 9 casos, los tiempos promedio para la reparación son mayores, por lo cual se verifica que la implementación de la metodología RCM, mejora el tiempo promedio para la reparación (MTTR) del molino de bolas.

Con la finalidad de aseverar esta hipótesis, se procede a realizar un análisis más detallado para su autenticidad, se expone el estadístico de prueba de Wilcoxon los MTTR del Pre test y Post Test, tomando en cuenta:

Regla de decisión

Si $\rho \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula

Si $\rho > 0.05$, se acepta la hipótesis nula

Tabla 18. Estadístico de prueba Wilcoxon para el MTTR

Estadísticos de prueba^a	
	Tiemp. Medio para Reparar 2021 - Tiemp. Medio para Reparar 2019
Z	-2,497 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	,013
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon	
b. Se basa en rangos positivos.	

Fuente: Reporte de SPSS Versión 25

De la tabla 18 se puede corroborar que la significancia de la prueba Wilcoxon, aplicado al indicador **MTTR** después y antes, muestra un valor de 0.013, por consiguiente y de acuerdo a la regla de decisión descrita, se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la alterna, que la implementación de la metodología RCM mejora significativamente la dimensión tiempo promedio para la reparación (MTTR) del molino de bolas.

Contrastación de la hipótesis específica (MTBF)

Hipótesis Alternativa (Ha): La implementación del RCM mejora significativamente el tiempo medio entre fallas (**MTBF**) del Molino de Bolas.

Regla de Decisión

Si $Sig > 0.05$, los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico

Si $Sig \leq 0.05$, los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico

Tabla 19. Prueba de normalidad del tiempo medio para reparar

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tiemp. Medio entre Fallas 2019	,227	10	,156	,882	10	,136
Tiemp. Medio entre Fallas 2021	,160	10	,200*	,897	10	,203
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Fuente: Reporte de SPSS Versión 25

De la tabla 19 Observado el nivel de significancia del **MTBF** de Pre (2019) es 0,136 y de Post (2021) es de 0,203, ambos Mayores que 0,05; con lo que se determina que el análisis de contrastación de hipótesis del estadígrafo **es paramétrico**, para el cual corresponde usar la prueba de **T Student**.

Contrastación de la segunda hipótesis específica

Hipótesis Nula (Ho): La implementación de la metodología RCM NO mejora significativamente el tiempo medio entre fallas.

Hipótesis Alternativa (Ha): La implementación de la metodología RCM mejora significativamente el tiempo medio entre fallas.

Regla de Decisión

$$H_0: \mu_{antes} \geq \mu_{despues}$$

$$H_a: \mu_{antes} < \mu_{despues}$$

Donde

μ_{antes} : Es la media del MTBF antes

$\mu_{después}$: Es la media del MTBF después

Tabla 20. Comparación de medias del MTBF de T- Student

Estadísticas de muestras emparejadas					
		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Tiemp. Medio entre Fallas 2021	500,9360	10	171,32430	54,17750
	Tiemp. Medio entre Fallas 2019	438,1490	10	197,81342	62,55410

Fuente: Reporte de SPSS Versión 25

De la Tabla 20 se evidencia que la media del MTBF, de pre test (2019) fue de 438.1490 y es menor que la media del post test (2021) que es 500.9360 por lo cual, no se cumple a hipótesis nula $H_0: \mu_{antes} \geq \mu_{después}$, la cual es rechazada, y se acepta la hipótesis alterna $H_a: \mu_{antes} < \mu_{después}$, por lo cual queda demostrado que la implementación del RCM mejora significativamente el tiempo medio entre fallas (**MTBF**).

Con la finalidad de aseverar esta hipótesis, se procede a realizar un análisis más detallado para su autenticidad, presentando el **estadístico de prueba** de T-Student para ambos MTBF:

Regla de decisión

Si $Sig \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula

Si $Sig > 0.05$, se acepta la hipótesis nula

Tabla 21. Estadístico de prueba T-Student para el MTBF

Prueba de muestras emparejadas										
		Diferencias emparejadas						T	gl	Sig. (bilatera l)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia					
					Inferior	Superior				
Par 1	Tiemp. Medio entre Fallas 2021 - Tiemp. Medio entre Fallas 2019	62,78 700	249,1824 6	78,79841	- 115,46740	241,0414 0	,797	9	,0499	

Fuente: Reporte de SPSS Versión 25

De la Tabla 21 se puede observar que la significancia de la prueba de muestras emparejadas de T-Student, aplicado a la dimensión MTBF, antes y después, muestra un valor de 0.0499, de acuerdo con la regla de decisión descrita, se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la alterna, que la implementación de la metodología RCM mejora significativamente la dimensión tiempo promedio para la reparación (MTBF) del molino de bolas.

5.3. Otros resultados

Reducción de cotos por indisponibilidad de equipo:

Todo sistema tiene un indicador de disponibilidad condicionado por la confiabilidad (MTBF) y la mantenibilidad (MTTR) del mismo. Por otra parte, la indisponibilidad de los sistemas (o equipos) genera costos de ineficiencia por no producción o por falta de servicio.

Un aumento de la confiabilidad se puede obtener por una inversión a nivel de:

El costo de ineficiencia está dado por el costo asociado a la indisponibilidad de la instalación durante el período de evaluación. Por lo tanto, los costos de ineficiencia se pueden representar de la siguiente manera (Arata,2013)

$$C. \text{ ineficiencia} = \sum_{k=1}^n \frac{1}{(1+i)^k} \cdot H \cdot Ci \cdot (1 - A_{\text{sistema}})$$

En donde:

Ci: Costos de ineficiencia por horario definido (\$/h; US/día; etc.).

*Ci = (Costo no facturado – costos variables)

H: Periodo de evaluación dentro del horizonte del proyecto.

A sistema: Disponibilidad esperada del sistema.

i: Tasa de costo de capital de la empresa.

n: Años de operación.

k: Índice para el periodo de evaluación

El sumatorio representa la actualización de los flujos de dinero, producto de los costos de ineficiencia por cada período H de análisis.

a). Proyecto: Por un aumento del nivel de redundancia, sobredimensionamiento de la instalación o por mejoras de diseño.

B). Operación: Por mejores estrategias de mantenimiento (Para el caso uso de RCM)

Costo Global=Costo Capital Fijo Costo Operacional Costo De Ineficiencia

LLC= OPEX + CAPEX + C. ineficiencia

Aplicado al caso de la línea de producción en estudio:

Costo por indisponibilidad aplicado a la línea 1 de 032-201, comparado con la variación de la media de disponibilidades en Pre y Post Test:10 meses.

F _{facturado}	23,120.00	USD/hora
C.V. (OPEX)	1,648.91	USD/hora
C _{.inef.}	21,471.09	USD/hora
Carga procesada	115,60	TM/hora
Precio	200,00	(USD)/TM
Horas por mes	720,00	Horas

Tabla 22. comparativa de pérdidas por indisponibilidad

PRE TEST (2019)				POST TEST (2021)		
MES	Disp. ANTES	Parada (hrs)	Perdida por ineficiencia USD	Disp. DESPUÉS	Parada (hrs)	Perdida por ineficiencia USD
ENE	99.20%	5.76	123,673	100.00%	0.00	0
FEB	93.10%	49.68	1,066,684	90.40%	69.12	1,484,082
MAR	60.00%	288.00	6,183,674	98.40%	11.52	247,347
ABR	97.70%	16.56	355,561	99.00%	7.20	154,592
MAY	90.50%	68.40	1,468,623	100.00%	0.00	0
JUN	93.40%	47.52	1,020,306	99.60%	2.88	61,837
JUL	89.60%	74.88	1,607,755	98.40%	11.52	247,347
AGO	93.20%	48.96	1,051,225	99.80%	1.44	30,918
SET	99.40%	4.32	92,755	97.60%	17.28	371,020
OCT	97.00%	21.60	463,776	100.00%	0.00	0
Promedio	91.31%			98.32%		
Acumulado			13,434,032			2,597,143

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 22 se expone:

*mejora de media de disponibilidad en 10 meses del pre y post test **7.01%**

*La diferencia de costos por ineficiencia entre los periodos: **\$ 10,836,889.00**

VI DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contratación y demostración de la hipótesis con los resultados.

Luego del análisis de resultados se verificó inferencial mente, mediante estadísticos de prueba por significancia, que se logró mejorar la disponibilidad mecánica respecto al Pre test puesto que la media de la disponibilidad antes fue 91,2% y después de la implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM es de 98.3%; con lo que se mejoró la disponibilidad del molino de bolas en un 7.1%. El resultado se logró mediante el cumplimiento y seguimiento exhaustivo en cada etapa del proyecto.

Se observó averías repetitivas en el sistema de lubricación (sólo como falla potencial) las cual fue monitoreada con equipos predictivos vibratoriales, y amagadas como tareas adicionales en los preventivos programados.

Definir los perfiles y puestos requeridos de participantes del proyecto es un pilar principal, puesto, cumplir los objetivos dependerá del buen desempeño de cada actividad y proceso del plan según cronograma.

Contar con técnicos capacitados es un pilar importante, para el buen cumplimiento en las actividades.

La dimensión MTBF fue verificada inferencial mente, con un margen al límite, con valor de 0.0499 muy cerca del 0.05. Ante el cual para validar o dar una mayor confianza a la escena, se expuso la teoría publicada en un paper, donde nos enseñan que la indisponibilidad por parada o falla, es presto a ser adoptado como un costo en el área de contabilidad, puesto que se refleja en el análisis global de los costos.

6.2 Contrastación de resultados con otros estudios similares

Como resultado del presente proyecto ejecutado, contrastado estadísticamente, se logró mejorar la **disponibilidad** mecánica del molino de bolas, las dimensiones tiempo medio para reparar **MTTR** y tiempo medio entre fallas, **MTBF**. En la investigación Medrano, (2019) en referencia a la hipótesis general concluye que La implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad mejora la disponibilidad de Scooptram LH307 en una minera subterránea Huaraz, mejoró en 12.22% disponibilidad; mejoró su **MTBF** en 78.35h y mejoró el **MTTR** EN 5.36 h.

Coincidimos en que un pilar importante para el éxito de la tesis fue porque en su proceso de desarrollo del RCM tomó como referencia las normas internacional ISO 14224-2016, la que brinda, facilita una mayor información sobre modos de falla de un grupo de equipos, logrando así atacar a una mayor cantidad de modos de falla y asegurar una mejor disponibilidad de equipo.

Concuerdo con Tasilla, (2016) en su tesis “Plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para mejorar la disponibilidad de la maquinaria pesada de la empresa Tecnohelder”, el diseño de la investigación se desarrolló definiendo parámetros iniciales de equipos, documentos de la empresa, procedimientos, manuales de los equipos, revisiones de planos, formatos y métodos “ mayor comunicación desde la dirección del proyecto hacia el ejecutor”, logrando el incremento la disponibilidad de los equipos en un **12%**.

En contraste al problema del desorden en la ejecución de los mantenimientos, ante los cuales existen filosofías como TPM o 5S y al caso de estudio Nuñez (2016) “RCM para optimizar la disponibilidad de los tractores D8T en la empresa ARUNTANI SAC – UNIDAD TUKARI”, consiguió mejorar su **disponibilidad** mecánica en sus tractores Caterpillar D8T en un **10.5%**; también hace énfasis en la disminución significativa de su tiempo promedio de reparación **MTTR** de **9.59hr** disminuyendo hasta 4.23h. los desperdicios como reprocesos y desorden en las áreas de actividades, afectaron interrumpieron el desarrollo normal en las

ejecuciones de los mantenimientos, recomendados del plan emitido en el RCM, afectando ligera pero significativamente el tiempo promedio de reparaciones. Se puede identificar residuos en tres tipos principales: residuos no evidentes, residuos menos evidentes y residuos evidentes [28]. por Treville y Antonakis [29] identificó ejemplos obvios de desperdicio, como inventario innecesario, procesos innecesarios, tiempos de configuración excesivos (Sherif Mostafa*, 2015)

CONCLUSIONES

Referencia a la hipótesis general se concluye que La implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad mejoró la **disponibilidad** del molino, en una empresa minera, mejoró la disponibilidad del molino de bolas en un 7.1%.

- La media de la Disponibilidad Mecánica el 2019 fue 91,30% y luego de la implementación del proyecto RCM, el 2021, es 98,33%.
- La Mediana de la Disponibilidad Mecánica el 2019 fue 93,31% y luego de la implementación del proyecto RCM, el 2021, es 98,33%.
- El valor mínimo y máximo el 2019 fue de 90,44 y 100,00 y luego de la implementación del proyecto RCM, el 2021, es de 87,30 y 99,00 respectivamente.

Referencia a la primera hipótesis específica, se concluye que La implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, mejoró el tiempo medio para la reparación del molino, mejoró el Tiempo promedio para la reparación **MTTR** el 2019 fue 28.4410 horas y luego de la implementación del proyecto RCM, el 2021, es 6.576 horas.

Referencia a la segunda hipótesis específica, se concluye que La implementación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, mejoró el tiempo medio entre fallas **MTBF** del molino, mejoró la media del Tiempo Medio entre Fallas el 2019 fue 438,15 y luego de la implementación del proyecto RCM, el 2021, es 500,94.

RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar el mantenimiento centrado en la confiabilidad, para los demás equipos de la línea y demás líneas de producción, organizando por flota o niveles. Buscando estandarizar la mejora en la gestión del mantenimiento, la cual podría ser tema e investigaciones futuras.

Para futuros proyectos, se recomienda conformar grupos de desarrollo del análisis causas raíz, para estudiar y evitar que fallas desconocidas se repitan desarrollar; formar líderes facilitadores, en Análisis causa raíz.

Para proyecto futuro se recomienda la integración de un ERP más confiable, caso sea SAP, Oracle, otros reconocidas en el mercado, para de esa forma recopilar en tiempo real los indicadores el RCM.

Contar con técnicos capacitados es un pilar importante, para el correcto cumplimiento en las actividades. Por ello se recomienda a la empresa Definir los perfiles y puestos requeridos de participantes de acuerdo a su especialización.

Contrastación de resultados con otros estudios similares

Se recomienda a la organización adoptar como guía en el proceso de identificación de modos de falla, la norma ISO 14224-2016, para reforzar, la estrategia en la clasificación de modos de falla, puesto que para algunos componentes la los tiene definidos.

Algunos desperdicios han afectado el desarrollo normal de la aplicación del RCM, en un siguiente proyecto se recomienda la adopción de las 5 S como pilar más en las dimensiones del RCM, como las 5S que es uno de los pilares de la filosofía Lean.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARATA ADOLFO Y ALESSIO ARATA (2013) Ingeniería de la confiabilidad: teoría y aplicación en proyectos de capital y en la operación de instalaciones industriales a través del enfoque R-MES. **Ediciones RIL**. ISBN-13: 978-9562849678. Pg.87. Consultado el 5 de noviembre del 2021 en <https://es.scribd.com/document/389458812/Ingenieria-de-La-Confiabilidad-Arata-Arata>
- ANDRADE-SOLÓRZANO, C. L., & HERRERA-SUÁREZ, M. (2021). Análisis de la situación actual del mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, 4(8), 2–18. <https://doi.org/10.46296/ig.v4i8.0021>
- BALLANTYNE, G., & POWELL, M. (2014). Benchmarking comminution energy consumption for the processing of copper and gold ores. *Minerals Engineering*, 65, 109–114. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2014.05.017>
- BARCELÓ RICO-AVELLÓ, G. (1973). Tratamientos térmicos de hormigones. *Materiales de Construcción*, 23(149), 91–114. <https://doi.org/10.3989/mc.1973.v23.i149.1403>
- BOTERO, C. (1997). Manual de mantenimiento. Parte IX: Reparaciones mayores. Almacén de mantenimiento. *Informador Técnico*, 55, 24. <https://doi.org/10.23850/22565035.1130>
- CHÁVEZ-CADENA, M. I., JIMÉNEZ-CARGUA, J. W., & CUCURI-PUSHUG, M. I. (2020). Análisis de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad (CMD) del sistema de reinyección de agua de formación. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 5(9), 249. <https://doi.org/10.35381/r.k.v5i9.647>
- DUQUE, M., & MARÍA RIVERA, C. (1992). Control de alimentación para un molino de bolas. *Revista de Ingeniería*, 3, 21–24. <https://doi.org/10.16924/revinge.3.4>
- HIDALGO DE CISNEROS ALONSO, J. M. (1977). Los molinos verticales en la industria del cemento. *Materiales de Construcción*, 27(166–167), 189–210. <https://doi.org/10.3989/mc.1977.v27.i166-167.1178>

- Carlos Alberto Parra Márquez, Adolfo Crespo Márquez (2008) Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada en la gestión de activos. INGEMAN, Asociación para el Desarrollo de la ingeniería de Mantenimiento, Escuela Superior de Ingenieros Industriales, Universidad de Sevilla, España, Pag 25 ISBN: 978-84-95499-67-7. Consultado el 10 de noviembre del 2021 en https://www.academia.edu/42320409/INGEMAN_Asociaci%C3%B3n_Espa%C3%B1ola_para_el_Developmento_de_la_Ingenier%C3%ADa_de_Mantenimiento_Asociaci%C3%B3n_para_el_Developmento_de_la_Ingenier%C3%ADa_de_Mantenimiento
- JONES, R. (1995). Risk - Based Management: A Realibility -Centered Approach. Houston, Texas : Pág:1. Consultado el 15 de noviembre del 2021 en [https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=ZxCUAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR3&dq=JONES,+R.+\(+1995\)/Based+Management&ots=5nBTDLXqDs&sig=akiM91rmX8vZXR-7KwwortNeU#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=ZxCUAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR3&dq=JONES,+R.+(+1995)/Based+Management&ots=5nBTDLXqDs&sig=akiM91rmX8vZXR-7KwwortNeU#v=onepage&q&f=false)
- LINTON, E. M. (2011). Coast Guard Reliability-Centered Maintenance. *Naval Engineers Journal*, 123(1), 25–30. <https://doi.org/10.1111/j.1559-3584.2010.00294>.
- LOPEZ, M. (2 de junio de 2021). CÁMARA MINERA DE PERÚ. Obtenido de HYPERLINK <https://camiper.com/tiempominero-noticias-en-mineria-para-el-peru-y-el-mundo/precio-del-mineral-de-hierro-vuelve-a-superar-los-us-200-la-tonelada/>
- MOUBRAY J. (2004). Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM II, p, 07) Consultado el 18 de noviembre del 2021 en https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/35711506/MANTENIMIENTO_CENTRADO_EN-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1638132076&Signature=Nub6PIYloLxvVul7A5v~IFq8ehbiT7Dotbe1QlnIF-MOENbdpP8q-fARD6tmGr22QRdLcvGd2cb1mXpdc0CsG7haPkkxAY8htEBmyn34ivXo2KI1Cav551HvrOHmptPprP3S26tUPkFZ3zWlqgQ6HQB05XsvKxb81mgqtu1Ondj2qE-St3OS-EekR9xHdE15xkXRDO~ecl1Bau

[qKkUEtksvmlMllnjeMi6nLAmEOLr-Pa9AkO-uifCAtYXp5fsfoA
eHsXq1M8h4C8eXGL84ykmz2G8NBPz1C0iqEtCYbMAi28WVtFdLy-
UtX~pLvz0JeEId=APKAJLOHF5G GSLRBV4ZA](https://doi.org/10.2307/2787600)

- MOUBRAY, J. M. (1997). Rcm Traducido a español. *Man*, 13, 209. <https://doi.org/10.2307/2787600>
- PABLO VIVEROS, R. S. (2013). Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 125-138 . <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052013000100011>
- PAPADAKIS, M. (1960). Medida de la molturabilidad de los materiales y el control de los molinos industriales. *Materiales de Construcción*, 10(098), 11–18. <https://doi.org/10.3989/mc.1960.v10.i098.1919>
- PARRA, C. (2008). Reliability Centered Maintenance (Rcm). Mantenimiento Centrado En Confiabilidad (Mcc) (Pág. 25). Sevilla, España: Asociación Para El Desarrollo De La Ingeniería De Mantenimiento.
- RIVERA, I., QUINTERO, F., BUSTAMANTE, O., & LOAIZA, G. (2014). Aplicación de un modelo de balance poblacional a un molino de bolas en la industria del cemento. *Ingeniería y Ciencia*, 10(19), 163–177. <https://doi.org/10.17230/ingciencia.10.19.8>
- SHERIF MOSTAFAA*, J. D. (2015). Lean maintenance roadmap. *Science Direct*, 434 – 444.
- SHEVCHUK, S. O., & BARSUKOV, S. V. (2020). Increasing efficiency of navigation main tanance of aerial geophysics. *Interexpo GEO-Siberia*, 1(2), 140–149 . <https://doi.org/10.33764/2618-981x-2020-1-2-140-149>
- SILVA, Pedro. (2013) RCM. En *Introducción a la ingeniería de confiabilidad* (04 Oct -12 Nov, Bogotá, Colombia). Memorias. Bogotá: Aciem, p 11.
- OTZEN, Tamara y MANTEROLA, Carlos. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *Int. J. Morphol.* [online]. 2017, vol.35, n.1 [citado 2021-11-29], pp.227-232. Disponible en:

<http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022017000100037&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0717-9502.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>.

- URIBE, S. C. (2020). Aplicación de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de la máquina remalladora de una empresa textil. *Ingeniería Industrial*, 038, 15–31.
<https://doi.org/10.26439/ing.ind2020.n038.4812>
- VILLEGAS, H., & PEÑA, A. (2021). Sistema de gestión de mantenimiento para la empresa PDV Comunal S.A. en el estado Falcón. *Ingenium et Potentia*, 3(5), 59.
<https://doi.org/10.35381/i.p.v3i5.1369>
- VIVEROS PABLO, STEGMAIER RAÚL, KRISTJAN POLLER FREDY, BARBERA LUIS y CRESPO ADOLFO, (2013) *Ingeniare*. Revista chilena de ingeniería, vol. 21 N° 1, pp. 125-138. Pag.130.
- VIVANCO, Manuel. *Muestreo estadístico. Diseño y aplicaciones*. Editorial universitaria, 2005.
https://books.google.es/books?id=-_gr5i3LbpIC&lpg=PA7&ots=C2cWcs2Jbs&dq=muestreo%20no%20probabilisticos%20definiciones%20%20libro&lr&hl=es&pg=PA7#v=onepage&q&f=false
- WASMUTH, H. D. (1970). La determinación de la aptitud a la molienda y del consumo específico de energía según el ensayo de Bond para la molienda de minerales y rocas. *Materiales de Construcción*, 20(140), 19–31.
<https://doi.org/10.3989/mc.1970.v20.i140.1524>

ANEXOS

ANEXO 1. Matriz de Consistencia

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN	PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	DEFINICIÓN DE DIMENSIÓN	INDICADORES	DEFINICIÓN DE CADA INDICADOR	Metodología/ TÉCNICA
"IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD MECÁNICA DE UN MOLINO DE BOLAS 14' X41' EN UNA UNIDAD MINERA"	¿En qué medida la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), mejora la disponibilidad mecánica del molino de bolas 14' X41'?	Evaluar en qué medida la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), mejora la disponibilidad mecánica del molino de bolas 14' X41'.	La implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), mejora significativamente la disponibilidad mecánica del molino de bolas 14' X41'.	Variable Independiente: MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM)	"RCM- Es un proceso utilizado para determinar que se debe realizar en cualquier activo físico para asegurar que continúe ejerciendo la actividad que sus usuarios quieren que haga, en su entorno operacional actual". (Moubray, 2004)	RCM: Está conformado por el una selección por Criticidad, análisis por modos efectos de falla y evaluación de criticidad por riesgos , y el plan de mantenimiento estratégico a ejecutar. En el analisis de la disponibilidad, Tiempo promedio entre fallas, tiempo para la reparación y la operatividad; a través del la recolección de datos en campo	SELECCIÓN DE EQUIPOS/ COMPONENTES CRÍTICOS FMECA (Modos efectos de falla y análisis de criticidad por riesgo) PLAN DE MANTENIMIENTO	Jerarquización de equipos: Una vez que se han definido los objetivos, las responsabilidades y se ha diseñado una estrategia de mantenimiento, resulta de vital importancia discretizar los activos físicos de la organización en base a su criticidad, es decir, su mayor o menor impacto en el sistema productivo global y/o seguridad del sistema (objetivos del negocio). ((Vivero et al., 2013) El FMECA es un método sistemático que permite identificar los problemas antes que estos ocurran y puedan afectar o impactar a los procesos y productos en un área determinada, bajo un contexto operacional dado. (INGEMAN, 2008) Luego de seleccionar el tipo de actividad de mantenimiento a partir del árbol lógico de decisión, se tiene que especificar la acción de mantenimiento a ejecutar asociada al tipo de actividad de mantenimiento seleccionada ingeniería de Mantenimiento, (INGEMAN, 2008)	# = FRECUENCIA*CONSECUCIA NPR: Número de Prioridad de NPR = D*S*O N Riesgo. D: S: Severidad O: Ocurrencia Cumplimiento de OC	Indice que mide el valor numérico alcanzado y ubica en una sección donde se emite unas recomendaciones NPR: Es el número de riesgo ponero de los modos de fallas de sub sistemas de un equipo, evaluando gravedad, frecuencia y detectabilidad Cumplimiento de recomendaciones, según desfase de cumplimiento medido en horas.	Tipo de investigación: Aplicada. Enfoque: Cuantitativa. Nivel: Explicativa Diseño de la investigación : Cuasi Experimental, Lonigitudinal (pre test, implementación y post test)
	¿En qué medida la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) mejora el tiempo medio de reparación (MTTR) del molino de bolas 14' X41'?	Evaluar en qué medida la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), mejora el tiempo medio de reparación (MTTR) del molino de bolas 14' X41'.	La implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), mejora significativamente el tiempo medio de reparación (MTTR) del molino de bolas 14' X41'.	Variable Dependiente: DISPONIBILIDAD	"Se define la disponibilidad como la probabilidad de que un artículo este en un estado para realizar una función requerida bajo condiciones dadas en un instante de tiempo dado, asumiendo que se proporcionen recursos externos" (ISO 14224:2016, p, 210).	La Disponibilidad, se calcula a partir de los MTBF y MTTR definidos probabilísticamente a través de las funciones de probabilidad correspondientes. En este caso se estima que un ciclo de mantenimiento está constituido por MTBF de tiempo disponible sobre un tiempo base de MTBF más MTTR, para el equipo o subsistema analizado. A. (Arata, 2013)	TIEMPO MEDIO PARA LA REPARACIÓN TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS	La mantenibilidad de los equipos: Se relaciona con la aptitud de equipo de ser llevado a la condición de correcto funcionamiento. El índice que lo representa es el MTTR. (Arata, 2013) Tiempo medio entre fallas: Se refiere a la aptitud del equipo de funcionar correctamente en las condiciones operativas durante todo su ciclo de vida. El índice que lo caracteriza es el MTBF.(Arata, 2013)	MTTR MTBF	El tiempo promedio para reparar (MTTR : Mean time to repair), es un indicador técnico que mide el promedio del equipo fuera de servicio por cada reparación (Silva, 2013) El tiempo promedio operativo hasta el fallo (MTBF : Mean time between failures), es un indicador técnico de confiabilidad el cual mide el tiempo promedio que opera un equipo hasta la falla, (Silva, 2013)	Método: Ipotético deductivo Población : Reporte del área de mantenimiento durante 10 Meses. Técnica yRecolección de datos: Análisis documentar y observación de datos.Análisis de datos SPS. Ver.25.
	¿En qué medida la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) mejora el tiempo medio entre fallas (MTBF) del molino de bolas 14' X41'?	Evaluar en qué medida la implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), mejora el tiempo medio entre fallas (MTBF) del molino de bolas 14' X41'.	La implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), mejora significativamente el tiempo medio entre fallas (MTBF) del molino de bolas 14' X41'.								

Orden de trabajo del sistema de la Empresa

Datos Generales			
Empresa:	01	SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A	
Número:	2021044396	Tipo:	PROYECTOS Y SERVICIOS
Fecha:	17/11/2021	Estado:	ABIERTA
Fecha de Inicio Requerido:	17/11/2021	Fecha Final Requerida:	17/11/2021
Equipo:	032201	MOLINO DE BOLAS 14 FT X 41 FT	
Trabajo requerido\ Descripción:	ENJEBADO DE ARO INTERNO Y EXTERNO		
Datos Adicionales			
Horometro Equipo:	.00	Fecha de Averia:	00/00/0000
Criticidad:	ALTA	Prioridad:	NORMAL
Observaciones:			
Datos del Solicitante			
Area:	SAN NICOLAS	Zona:	ZONA ANTIGUA
C.Costo:	967322	MANT. SEPAR. MAGN. C.G.	Ficha: 036149
Análisis Causa Raíz			
Modo de Falla:		Metodo de Detección:	
Mecanismo de Falla:		Causa Raiz:	

Anexo 5: Validez de instrumento



**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE:
MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM)**

N°	DIMENSIONES/ items	Pertinencia		Relevancia		Claridad		Sugerencia
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	
2	DIMENSIÓN 1: CRITICIDAD DE EQUIPOS/ COMOPONENTES	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
1	#=FRECUENCIAxCONSECUENCIA							
2	DIMENSIÓN 2: ANÁLISIS DE MODOS DE FALLO, EFECTOS Y CRITICIDAD	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
	NPR = (DxSxO)							
3	DIMENSIÓN 3: ANÁLISIS DE MODOS DE FALLO, EFECTOS Y CRITICIDAD	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
	PLAN DE MANTENIMIENTO (Resultado de Hoja de desiciones)							

Observaciones (presisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad Aplicable ()

Aplicable después de corregir ()

No aplicable ()

Apellidos y Nombres del juez validador. Dr./ Mg:

Fecha:

Especialidad del Validador:

Pertenencia: El item corresponde al concepto teórico formulado.

Relevancia: El itmes apropiado para representar al componente o dimensión espesifica del suscrito

Claridad: Se entiende sin dificultad, el enunciad del item es consiso, exacto y dircto.

Firma del Experto

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los item planteados son suficientes par medir la dimensión

ANf7kEXO 7. Cuadro Para Evaluar Criticidad (Categorizaciones)

IMPACTO EN SEGURIDAD		
N°	CRITERIO	PUNTAJE
0	No origina lesiones ni heridas.	0.0
1	Puede ocasionar lesiones con incapacidad de 1-7 días	2.0
2	Puede ocasionar lesiones graves con incapacidad de 8-20 días	4.0
3	Puede ocasionar lesiones / incapacidad superior a 21 días	6.0
4	Puede ocasionar incapacidad permanente	8.0
5	Muerte	10
IMPACTO EN EL MEDIO AMBIENTE		
N°	CRITERIO	PUNTAJE
1	No origina impacto ambiental	0.0
2	Contaminación del medio ambiente bajo, impacto dentro de la planta, ocurrencia accidental	1.0
3	Contaminación ambiental media, impacto fuera de límites de la planta , ocurrencia periodica	2.0
4	Alta contaminación ambiental, fuera de los límites de la planta, con ocurrencia continua	3.0
5	Contaminación ambiental muy alta, fuera de los límites de planta, ocurrencia continua, con incumplimiento legal.	4.0
IMPACTO EN PRODUCCIÓN		
N°	CRITERIO	PUNTAJE
1	No afecta a la producción	0.0
2	Perdidas en la producción (1% - 25%)	1.0
3	Perdidas en la producción (26% - 50%)	2.0
4	Perdidas en la producción (51% - 75%)	3.0
5	Perdidas en la producción (76% - 100%)	4.0
TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (TMPR o MTTR)		
N°	CRITERIO	PUNTAJE
0	Menor a 20 minutos	1.0
1	Entre 20 minutos y 1 hora	2.0
2	Entre 1 hora y 3 horas	3.0
3	Entre 3 horas y 8 horas	4.0
4	Entre 8 horas y 16 horas	5.0
5	Entre 16 horas a mas	6.0
FRECUENCIA DE FALLA		
N°	CRITERIO	PUNTAJE
0	Menores 2 fallas/año	1.0
1	Entre 2-4 fallas/año	2.0
2	Entre 4-10 fallas/año	3.0
3	Entre 10-30 fallas/año	4.0
4	Entre 30-50 fallas/año	5.0
5	Mayores a 50 fallas/año	6.0
COSTOS DE REPARACIÓN		
N°	CRITERIO	PUNTAJE
1	Menos de USD. 2000	1.0
2	Entre USD. 2000.00 y 4000.00	2.0
3	Entre USD. 4000.00 y 8000.00	3.0
4	Entre USD 8000.00 y 16000.00	4.0

**ANEXO 8. Cuadro Para Evaluar Criticidad DE EQUIPOS DE Línea
(Frecuencia * Consecuencia)**

CÓDIGO	EQUIPO	FRECUENCIA A, M, B	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD (REPARABLE)	COSTO DE MANTTO	IMPACTO SHA	CONSECUENCIA	JERARQUIZACIÓN	
030001	SILO DE CONCRETO 4600 TON.	1	B	9	1	1	11	11	NO CRÍTICO
030011	ALIMENTADOR VIBRATORIO ELECTROMAGNETICO	1	B	8	2	1	22	22	NO CRÍTICO
030012	ALIMENTADOR VIBRATORIO ELECTROMAGNETICO	1	B	8	1	5	14	14	NO CRÍTICO
031087	FAJA TRANSPORTADORA 24"	1	B	9	1	1	16	16	NO CRÍTICO
031061	FAJA DE ALIMENTACION 24"	1	B	9	1	1	16	16	NO CRÍTICO
032081	MOLINO DE BARRAS 10'-8" X 16'	3	M	10	4	2	50	150	CRÍTICO
032201	MOLINO DE BOLAS 14' X 41'	3	M	10	4	2	50	150	CRÍTICO
0213121	BOMBA CENTRIFUGA 10" x 8"	1	A	7	1	2	15	15	NO CRÍTICO
0213671	BOMBA CENTRIFUGA 10" x 8"	1	A	7	1	2	15	15	NO CRÍTICO
0213122	BOMBA CENTRIFUGA 10" x 8"	1	A	7	1	2	15	15	NO CRÍTICO
0213211	BOMBA CENTRIFUGA 10" x 8"	1	A	7	1	2	15	15	NO CRÍTICO
0213231	BOMBA CENTRIFUGA 10" x 8"	1	A	7	1	2	15	15	NO CRÍTICO
0213800	BOMBA CENTRIFUGA 10" x 8"	1	A	7	1	2	15	15	NO CRÍTICO
0213801	BOMBA CENTRIFUGA 10" x 8"	1	A	7	1	2	15	15	NO CRÍTICO
0213442	BOMBA VERTICAL 4" x 72"	1	A	8	3	2	32	32	NO CRÍTICO
0210097	SEPARADOR MAGNETICO COBBER	3	M	6	2	1	15	45	SEMI CRÍTICO
0210098	SEPARADOR MAGNETICO COBBER	3	M	6	2	1	15	45	SEMI CRÍTICO
0210278	SEPARADOR MAGNETICO FINISHER	3	M	6	2	1	15	45	SEMI CRÍTICO
0210279	SEPARADOR MAGNETICO FINISHER	3	M	6	2	1	15	45	SEMI CRÍTICO
0210280	SEPARADOR MAGNETICO FINISHER	3	M	6	2	1	15	45	SEMI CRÍTICO
0210281	SEPARADOR MAGNETICO FINISHER	3	M	6	2	1	15	45	SEMI CRÍTICO
0210282	SEPARADOR MAGNETICO FINISHER	3	M	6	2	1	15	45	SEMI CRÍTICO
0210283	SEPARADOR MAGNETICO FINISHER	3	M	6	2	1	15	45	SEMI CRÍTICO
0212161	CICLON 15KREBBS	1	B	6	3	1	25	25	NO CRÍTICO
0212162	CICLON 15KREBBS	1	B	6	3	1	25	25	NO CRÍTICO
0212163	CICLON 15KREBBS	1	B	6	3	1	25	25	NO CRÍTICO
0212164	CICLON 15KREBBS	1	B	6	3	1	25	25	NO CRÍTICO
039139	CAJON SEPAR. DISTRIBUIDOR	1	B	5	1	1	6	6	NO CRÍTICO
039240	CAJON CELDAS DISTRIBUIDOR	1	B	5	1	1	6	6	NO CRÍTICO

Anexo 9. Análisis De Criticidad De Componentes (Frecuencia de Fallas* Impacto En Operaciones* Reparabilidad).

COMPONENTE		FRECUENCIA DE FALLAS	IMPACTO EN OPERACIONES	FLEXIBILIDAD (REPARABLE)	CONSECUENCIA	NIVEL DE CRITICIDAD	
032201.1.1_1	Inserto de housing	2	6	4	24	48	Alto
032201.1.1_2	Dona	2	6	4	24	48	Alto
032201.1.1_3	Manguerote	2	4	4	16	32	Alto
032201.1.1_4	Brida del manguerote	1	4	2	8	8	Bajo
032201.1.1_5	Pernos del manguerote	1	2	2	4	4	Bajo
032201.1.2_1	Chute	1	6	4	24	24	Medio
032201.1.2_2	Caucho de protección	1	2	2	4	4	Bajo
032201.1.2_3	Liners cerámicos	1	4	6	24	24	Medio
032201.1.2_4	Ruedas del chute	1	1	2	2	2	Bajo
032201.1.2_5	Estructura de soporte del chute	1	4	4	16	16	Bajo
032201.1.3_1	Sello cónico cerámico	2	4	4	16	32	Alto
032201.1.3_2	Sello cónico externo de caucho	1	4	4	16	16	Bajo
032201.1.3_3	Sello recto interno de caucho	2	4	4	16	32	Alto
032201.1.3_4	Pernos de sujeción	2	4	4	16	33	Alto
032201.2.1_1	Pista de rodadura apoyo fijo	1	6	4	24	24	Medio
032201.2.1_2	Pista de rodadura apoyo flotante	1	6	4	24	24	Medio
032201.2.2_1	Pad master	1	6	4	24	24	Medio
032201.2.2_2	Pad esclavo	1	6	4	24	24	Medio
032201.2.2_3	Pernos de sujeción	1	4	6	24	24	Medio
032201.2.2_4	Carcasa de Pad's	1	2	4	8	8	Bajo
032201.2.2_5	Manómetro digital	1	2	1	2	2	Bajo
032201.2.2_6	Válvula relief	1	6	2	12	12	Bajo
032201.2.2_7	Termómetro digital	1	2	1	2	2	Bajo
032201.2.3_1	Rodillos de guía axial	1	6	4	24	24	Medio
032201.2.3_2	Compuerta de montaje	1	4	2	8	8	Bajo
032201.2.3_3	Compuerta de inspección	1	4	2	8	8	Bajo
032201.2.3_4	Termómetro digital	1	2	1	2	2	Bajo
032201.2.4_1	Alimentación Pad's (alta presión)	1	2	1	2	2	Bajo
032201.2.4_2	Retorno de Pad's (alta presión)	1	2	1	2	2	Bajo
032201.2.4_3	Alimentación guía axial (baja presión)	1	2	1	2	2	Bajo
032201.2.4_4	Retorno de la guía axial (baja presión)	1	2	1	2	2	Bajo
032201.2.4_5	Válvulas antiretorno	1	2	1	2	2	Bajo
032201.3.1_1	Liners trunnion de alimentación	1	4	6	24	24	Medio
032201.3.1_2	Liners tapas del molino	1	6	4	24	24	Medio
032201.3.1_3	Pernos de liners de las tapas del molino	1	4	6	24	24	Medio
032201.3.1_4	Filler ring	1	6	4	24	24	Medio
032201.3.1_5	Pernos de liners del filler ring	1	4	6	24	24	Medio
032201.3.1_6	Liners de shell	1	6	4	24	24	Medio
032201.3.1_7	Pernos de liners del shell	1	4	2	8	8	Bajo
032201.3.1_8	Trunnion de caucho de descarga	1	4	4	16	16	Bajo
032201.3.1_9	Bucking rubber	1	4	6	24	24	Medio
032201.4.1_1	MCR (Motor Carrier Ring - brida)	1	6	4	24	24	Medio
032201.4.1_2	Pernos de unión MCR a Rotor.	1	4	2	8	8	Bajo
032201.4.1_3	Pernos de unión MCR a shell.	1	4	2	8	8	Bajo
032201.5.1_1	Sellos Y	1	6	4	24	24	Medio
032201.5.1_2	Sellos V	1	6	4	24	24	Medio
032201.5.1_3	Resortes de los sellos	1	4	2	8	8	Bajo
032201.5.1_4	Dispositivos de apriete	1	4	6	24	24	Medio
032201.6.1_1	Parrilla de descarga (spider)	3	4	4	16	48	Alto
032201.6.1_2	Portaparrilla de descarga (portaspider)	1	4	4	16	16	Bajo

032201.6.1_3	Pernos de unión de parrilla a portaparrilla de descarga	1	2	2	4	4	Bajo
032201.6.1_4	Paragolpe de descarga	1	4	4	16	16	Bajo
032201.6.1_5	Pernos de unión de paragolpe a molino	1	2	2	4	4	Bajo
032201.6.1_6	Sello de paragolpe de descarga	1	4	2	8	8	Bajo
032201.6.1_7	Zaranda estática	3	4	2	8	24	Medio
032201.6.1_8	Vigas pipetops	1	4	2	8	8	Bajo
032201.6.2_1	Carrete de trommel magnético	1	4	4	16	16	Bajo
032201.6.2_2	Lifters de levante magnético	1	4	6	24	24	Medio
032201.6.2_3	Canaleta colectora de chips	1	4	6	24	25	Medio
032201.6.2_4	Línea de agua de lavado de chips	1	4	2	8	8	Bajo
032201.6.2_5	Válvulas compuertas para drenaje de chips	1	2	1	2	2	Bajo
032201.6.3_1	Caucho de cono bucket	1	2	4	8	8	Bajo
032201.6.3_2	Manguerote de descarga 1	1	2	4	8	8	Bajo
032201.6.3_3	Tubería de HDPE	1	2	4	8	8	Bajo
032201.6.3_4	Manguerote de descarga 2	1	2	4	8	8	Bajo
032201.6.3_5	Manguerote de descarga 3	1	2	4	8	8	Bajo
032201.6.4_1	Canaleta de descarga de fino	1	4	4	16	16	Bajo
032201.6.4_2	Válvula Fisher	2	4	1	4	8	Bajo
032201.6.4_3	Válvula mariposa stand by de control de flujo	2	2	1	2	4	Bajo
032201.6.4_4	Liners cerámicos de canaleta	1	2	2	4	4	Bajo
032201.7.1_1	Intercambiador de calor	3	4	4	16	48	Alto
032201.7.1_2	Tanque de aceite	1	4	6	24	24	Medio
032201.7.1_3	Aceite del sistema de lubricación	1	4	6	24	24	Medio
032201.7.1_4	Radiador	1	2	2	4	4	Bajo
032201.7.1_5	Indicador de nivel	1	2	1	2	2	Bajo
032201.7.1_6	Termómetro digital	1	2	1	2	2	Bajo
032201.7.1_7	Filtro de llenado y aireación	1	4	6	24	24	Medio
032201.7.1_8	Filtros dúplex de aceite	2	4	6	24	24	Medio
032201.7.2_1	Bombas hidráulicas de alta presión	1	6	1	6	6	Bajo
032201.7.2_2	Motor de alta presión	1	6	1	6	6	Bajo
032201.7.2_3	Compuerta de cierre (cuchilla) de flujo	1	2	2	4	4	Bajo
032201.7.2_4	Unión de manguera	1	2	4	8	8	Bajo
032201.7.2_5	Válvulas antiretorno	1	2	1	2	2	Bajo
032201.7.2_6	Válvula de control de flujo	1	2	1	2	2	Bajo
032201.7.2_7	Válvula relief	1	6	2	12	12	Bajo
032201.7.2_8	Manómetros analógicos	1	2	1	2	2	Bajo
032201.7.2_9	Manómetro digital	1	2	1	2	2	Bajo
032201.7.2_10	Mangueras hidráulicas	1	2	1	2	2	Bajo
032201.7.3_1	Bombas hidráulicas de baja presión	1	6	1	6	6	Bajo
032201.7.3_2	Motor de baja presión	1	6	1	6	6	Bajo
032201.7.3_3	Compuerta de cierre (cuchilla) de flujo	1	2	2	4	4	Bajo
032201.7.3_4	Válvula de control de flujo	1	2	1	2	2	Bajo
032201.7.3_5	Válvula relief	1	6	2	12	12	Bajo
032201.7.3_6	Manómetros analógicos	1	2	1	2	2	Bajo
032201.7.3_7	Manómetro digital	1	2	1	2	2	Bajo
032201.7.3_8	Mangueras hidráulicas	1	2	1	2	2	Bajo
032201.7.4_1	Bombas hidráulicas de baja presión	1	6	1	6	6	Bajo
032201.7.4_2	Motor de baja presión	1	6	1	6	6	Bajo
032201.7.4_3	Compuerta de cierre (cuchilla) de flujo	1	2	2	4	4	Bajo
032201.7.4_4	Válvula de control de flujo	1	2	1	2	2	Bajo
032201.7.4_5	Válvula relief	1	6	2	12	12	Bajo
032201.7.4_6	Manómetros analógicos	1	2	1	2	2	Bajo
032201.7.4_7	Manómetro digital	1	2	1	2	2	Bajo
032201.7.4_8	Mangueras hidráulicas	1	2	1	2	2	Bajo
032201.7.5_1	Bombas hidráulicas de alta presión	1	6	1	6	6	Bajo
032201.7.5_2	Motor de alta presión	1	6	1	6	6	Bajo
032201.7.5_3	Válvula relief	1	6	2	12	12	Bajo
032201.7.5_4	Manómetros analógicos	1	2	1	2	2	Bajo
032201.7.5_5	Manómetro digital	1	2	1	2	2	Bajo

032201.7.5_6	Acumulador de nitrógeno	1	4	1	4	4	Bajo
032201.7.5_7	Válvula relief	1	6	2	12	12	Bajo
032201.7.5_8	Válvula reguladora de presión	1	4	1	4	4	Bajo
032201.7.5_9	Válvula de control de flujo	1	4	1	4	4	Bajo
032201.7.5_10	Válvula reductora de presión	1	4	1	4	4	Bajo
032201.7.5_11	Mangueras hidráulicas	1	2	1	2	2	Bajo
032201.7.6_1	Divisores de flujo de 2 vías	1	6	4	24	24	Medio
032201.7.6_2	Divisores de flujo de 6 vías	1	6	4	24	24	Medio
032201.7.6_3	Manómetros analógicos	1	2	1	2	2	Bajo
032201.7.6_4	Manómetro digital	1	2	1	2	2	Bajo
032201.8.1_1	Disco de freno	1	4	4	16	16	Bajo
032201.8.1_2	Pernos de unión disco de freno al molino	1	2	2	4	4	Bajo
032201.8.2_1	Pastillas de freno	1	4	4	16	16	Bajo
032201.8.2_2	Pistón	1	4	4	16	16	Bajo
032201.8.2_3	Tuberías hidráulicas del freno	1	2	2	4	4	Bajo
032201.8.2_4	Puertos de drenaje	1	2	2	4	4	Bajo
032201.8.2_5	Pernos de sujeción del caliper	1	2	2	4	4	Bajo
032201.8.2_6	Eje de soporte	1	4	4	16	16	Bajo
032201.8.2_7	Paquete de muelles	1	2	2	4	4	Bajo
032201.8.2_8	Pernos y espaciadores del freno	1	2	2	4	4	Bajo
032201.8.2_9	Puertos de presión/aireación	1	2	1	2	2	Bajo
032201.8.3_1	Bombas hidráulicas de pistón axial	1	4	4	16	16	Bajo
032201.8.3_2	Aceite de la unidad hidráulica	1	4	2	8	8	Bajo
032201.8.3_3	Motor eléctrico	1	4	4	16	16	Bajo
032201.8.3_4	Acumulador de nitrógeno	1	4	1	4	4	Bajo
032201.8.3_5	Radiador	1	2	2	4	4	Bajo
032201.8.3_6	Tanque de aceite	1	2	4	8	8	Bajo
032201.8.3_7	Filtros de aceite	2	4	2	8	16	Bajo
032201.8.3_8	Filtro de llenado y aireación	1	4	2	8	8	Bajo
032201.8.3_9	Válvula relief	1	4	2	8	8	Bajo
032201.8.3_10	Válvulas antiretorno	1	2	1	2	2	Bajo
032201.8.3_11	Mangueras hidráulicas del freno	1	2	1	2	2	Bajo
032201.8.3_12	Pernos de anclaje unidad hidráulica	1	2	1	2	2	Bajo

Anexo 10. Análisis De Modos y Efectos de Falla. (AMEF)

COMPONENTE		FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTOS DE FALLA	
032201.8.1_1	Disco de freno	Detener el molino cuando las pastillas de freno entren en contacto con el.	A Disco no detiene el molino cuando las pastillas entran en contacto.	1 Deficiencia de presión en las pastillas de freno.	El molino no se detendrá durante el tiempo requerido, no se puede dejar en la posición requerida y la falla no es evidente en condiciones normales. Las pastillas de freno deben ajustarse de acuerdo con la condición de desgaste.	Tiempo de parada 6 horas.
032201.8.1_1	Disco de freno	Detener el molino cuando las pastillas de freno entren en contacto con el.	A Disco no detiene el molino cuando las pastillas entran en contacto.	2		
032201.8.1_1	Disco de freno	Detener el molino cuando las pastillas de freno entren en contacto con el.	B Disco detiene el molino cuando las pastillas no entran en contacto.	1 Pastillas de freno mal reguladas.	El molino se detendrá cuando no se necesite tiempo de producción y la falla no es evidente en condiciones normales. Las pastillas de freno deben colocarse correctamente y el procedimiento estandarizado en una sola operación.	Tiempo de parada 4 horas.
032201.8.1_1	Disco de freno	Detener el molino cuando las pastillas de freno entren en contacto con el.	B Disco detiene el molino cuando las pastillas no entran en contacto.	2		
032201.7.6_2	Divisores de flujo de 6 vías	Recibir un caudal de 95 l/min y enviar 6 flujos de 15.8 l/min a los Pad's del molino.	A Divisores no dividen el caudal en 6 flujos de 15.8 l/min.	1 Divisor de flujo de 6 vías mal seleccionado.	El caudal requerido no llegará a los pad's del molino, sonará una alarma en la sala de control cuando el flujo sea bajo y el molino se detendrá. La falla no es notoria de manera habitual. La válvula divisora de 6 vías debe reemplazarse por una válvula de diseño adecuado y uniformizar el proceso de compra.	Tiempo de parada 8 horas.
032201.7.6_2	Divisores de flujo de 6 vías	Recibir un caudal de 95 l/min y enviar 6 flujos de 15.8 l/min a los Pad's del molino.	A Divisores no dividen el caudal en 6 flujos de 15.8 l/min.	2		
032201.7.6_2	Divisores de flujo de 6 vías	Recibir un caudal de 95 l/min y enviar 6 flujos de 15.8 l/min a los Pad's del molino.	B Divisores envían flujo por debajo de 15.8 l/min.	1 Engranajes de los divisores de flujo de 6 vías desgastados.	Las almohadillas del molino se alimentarán con un flujo inadecuado y sonará una alarma en la sala de control debido a un flujo o una presión bajos y el molino se detendrá, y la falla no es obvia en el	Tiempo de parada 8 horas.

032201.7.6_2	Divisores de flujo de 6 vías	1	Recibir un caudal de 95 l/min y enviar 6 flujos de 15.8 l/min a los Pad's del molino.	B	Divisores envían flujo por debajo de 15.8 l/min.	2		caso. Evento normal. La válvula de 6 vías debe cambiar según el estado de la enfermedad.	
032201.7.6_2	Divisores de flujo de 6 vías	1	Recibir un caudal de 95 l/min y enviar 6 flujos de 15.8 l/min a los Pad's del molino.	C	Divisores no envían aceite a los Pad's.	1	Fuga en las tuberías de alimentación de los divisores de 6 vías a los Pad's del molino.	Flujo insuficiente en la alimentación de la junta del interruptor, dependiendo de la condición de fuga, la alarma se activará en la sala de control debido a un flujo bajo o baja presión, puede causar daño ambiental (contaminación del suelo), la falla no es evidente en condiciones normales. Las fugas deben repararse o reemplazarse las mangueras según su estado.	Tiempo de parada según acción a ejecutar entre 2 y 4 horas.
032201.7.6_2	Divisores de flujo de 6 vías	1	Recibir un caudal de 95 l/min y enviar 6 flujos de 15.8 l/min a los Pad's del molino.	C	Divisores no envían aceite a los Pad's.	2			
032201.7.6_2	Divisores de flujo de 6 vías	1	Recibir un caudal de 95 l/min y enviar 6 flujos de 15.8 l/min a los Pad's del molino.	D	Divisores no bombean aceite.	1	El divisor de flujo de 6 vías no se ha llenado lo suficiente con medio de bombeo.	La salida del divisor de 6 vías no será suficiente, la alarma sonará en la sala de control y el molino se detendrá, y la falla no es obvia en condiciones normales. La válvula dividida de 6 vías, la bomba y el motor deben revisarse en busca de fugas, repararse o reemplazarse según corresponda.	Tiempo de parada según acción a efectuar entre 4 y 8 horas.
032201.7.6_2	Divisores de flujo de 6 vías	1	Recibir un caudal de 95 l/min y enviar 6 flujos de 15.8 l/min a los Pad's del molino.	D	Divisores no bombean aceite.	2			
032201.7.6_2	Divisores de flujo de 6 vías	1	Recibir un caudal de 95 l/min y enviar 6 flujos de 15.8 l/min a los Pad's del molino.	D	Divisores no bombean aceite.	3	Caída de presión excesiva en el conducto de succión	El caudal de la válvula dividida de 6 vías no será suficiente, el molino no arrancará, la alarma sonará en la sala de control y la falla es obvia en condiciones normales. La línea de descarga de la válvula diferencial de dos vías debe revisarse para detectar fugas o desgaste en partes del sistema de alta presión.	Tiempo de parada 5 horas.
032201.7.6_2	Divisores de flujo de 6 vías	1	Recibir un caudal de 95 l/min y enviar 6 flujos de 15.8 l/min a los Pad's del molino.	D	Divisores no bombean aceite.	4			
032201.7.6_2	Divisores de flujo de 6 vías	2	Dividir el aceite a presión entre 40 y 60 bar hacia los Pad's del molino.	A	Divisores envían aceite a los Pad's con una presión menor a 40 bar.	1	Divisor de flujo de 6 vías mal seleccionado.	El flujo requerido no llegará a los pad's del molino, sonará una alarma en la sala de control debido al bajo flujo y el molino se detendrá, la falla no es detectable fácilmente. La válvula de 6 vías debe reemplazarse por una válvula de diseño adecuado y una compra estándar.	Tiempo de parada 8 horas.
032201.7.6_2	Divisores de flujo de 6 vías	2	Dividir el aceite a presión entre 40 y 60 bar hacia los Pad's del molino.	A	Divisores envían aceite a los Pad's con una presión menor a 40 bar.	2			

032201.7.6_2	Divisores de flujo de 6 vías	2	Dividir el aceite a presión entre 40 y 60 bar hacia los Pad's del molino.	B	Divisores envían aceite a los Pad's con una presión mayor a 60°C.	1	Divisor de flujo de 6 vías mal seleccionado.	El flujo requerido no llegará a los pad's del molino, sonará una alarma en la sala de control debido al bajo flujo y el molino se detendrá, la falla no es detectable fácilmente. La válvula de 6 vías debe reemplazarse por una válvula de diseño adecuado y una compra estándar.	Tiempo de parada 8 horas.
032201.7.6_1	Divisores de flujo de 2 vías de 6 vías.	1	Recibir un caudal de 190 l/min y enviar 2 flujos de 95 l/min a los divisores de 6 vías.	A	Divisores no dividen el caudal en 2 flujos de 95 l/min.	1			
032201.7.6_1	Divisores de flujo de 2 vías de 6 vías.	1	Recibir un caudal de 190 l/min y enviar 2 flujos de 95 l/min a los divisores de 6 vías.	A	Divisores no dividen el caudal en 2 flujos de 95 l/min.	2	Orificio del divisor de flujo de 2 vías obstruido.	La válvula divisora de 2 vías no proporcionará el flujo correcto a la válvula dividida de 6 vías, sonará la advertencia de la sala de control de flujo bajo y el molino se detendrá, la falla no es obvia en condiciones normales. La válvula divisora de dos vías debe limpiarse o reemplazarse según sea el caso.	Tiempo de parada 6 horas.
032201.7.6_1	Divisores de flujo de 2 vías de 6 vías.	1	Recibir un caudal de 190 l/min y enviar 2 flujos de 95 l/min a los divisores de 6 vías.	B	Divisores envían flujo por debajo de 95 l/min.	1			
032201.7.6_1	Divisores de flujo de 2 vías de 6 vías.	1	Recibir un caudal de 190 l/min y enviar 2 flujos de 95 l/min a los divisores de 6 vías.	B	Divisores envían flujo por debajo de 95 l/min.	2	Divisor de flujo de 2 vías mal seleccionado.	El flujo requerido no llegará a la válvula divisora de 6 vías, por flujo bajo la alarma sonará en la sala de control y el molino se detendrá, y la falla no es evidente en condiciones normales. La válvula divisoria de dos vías debe reemplazarse con una válvula de diseño adecuado y uniformizar el proceso de compra.	Tiempo de parada 6 horas.
032201.7.6_1	Divisores de flujo de 2 vías de 6 vías.	1	Recibir un caudal de 190 l/min y enviar 2 flujos de 95 l/min a los divisores de 6 vías.	C	Divisores no envían aceite a los divisores de 6 vías.	1			
032201.7.6_1	Divisores de flujo de 2 vías de 6 vías.	1	Recibir un caudal de 190 l/min y enviar 2 flujos de 95 l/min a los divisores de 6 vías.	C	Divisores no envían aceite a los divisores de 6 vías.	2	Tuberías de alimentación a los divisores de flujo de 6 vías están mal instaladas.	Puede causar fugas debido a la combinación de estas con válvulas, dependiendo de la condición, la señal es dañina para el medio ambiente (contaminación del suelo), la falla no es obvia en condiciones normales, si hay una fuga excesiva y activará una alarma en el nivel de la sala de control bajo en el tanque de lubricación. Esta medida debe tenerse en cuenta y aplicarse durante la instalación y las juntas deben revisarse periódicamente; Ajuste el tubo según sea necesario.	Tiempo de parada según condición entre 2 y 5 horas.
032201.7.6_1	Divisores de flujo de 2 vías	1	Recibir un caudal de 190 l/min y enviar 2 flujos de 95 l/min a los divisores de 6 vías.	D	Divisores no bombean aceite.	1			

032201.7.032201.7.6_1	Divisores de flujo de 2 vías	1	Recibir un caudal de 190 l/min y enviar 2 flujos de 95 l/min a los divisores de 6 vías.	D	Divisores no bombean aceite.	2	Falta de estanqueidad del conducto de succión / juntas.	El molino no iniciará debido a la falta de presión en el sistema de alimentación a válvulas divisoras, la alarma se activa en la sala de control, la falla no es obvio en condiciones normales. Las juntas de la bomba deben inspeccionarse y reemplazarse si es necesario y / o la válvula divisora de dos vías debe repararse o reemplazarse.	Tiempo de parada 4 horas.
032201.7.6_1	Divisores de flujo de 2 vías	1	Recibir un caudal de 190 l/min y enviar 2 flujos de 95 l/min a los divisores de 6 vías.	D	Divisores no bombean aceite.	3			
032201.7.6_1	Divisores de flujo de 2 vías	1	Recibir un caudal de 190 l/min y enviar 2 flujos de 95 l/min a los divisores de 6 vías.	D	Divisores no bombean aceite.	4			
032201.7.6_1	Divisores de flujo de 2 vías	2	Dividir el aceite a presión entre 70 y 100 bar hacia los divisores de 6 vías.	A	Divisores envían aceite a los divisores de 6 vías con una presión menor a 70 bar.	1	Inclusiones de aire o burbujas de gas en el medio de bombeo.	Presión no suficiente en la válvula separadora de dos vías, la alarma sonará en la sala de control y detendrá el molino, y la falla no es obvia en condiciones normales. El sistema debe purgarse (eliminando el aire de la línea de presión).	Tiempo de parada 3 horas.
032201.7.6_1	Divisores de flujo de 2 vías	2	Dividir el aceite a presión entre 70 y 100 bar hacia los divisores de 6 vías.	A	Divisores envían aceite a los divisores de 6 vías con una presión menor a 70 bar.	2			
032201.7.6_1	Divisores de flujo de 2 vías	2	Dividir el aceite a presión entre 70 y 100 bar hacia los divisores de 6 vías.	A	Divisores envían aceite a los divisores de 6 vías con una presión mayor a 100 bar.	1	Engranajes de los divisores de flujo de 2 vías desgastados.	Se activarán las válvulas de 6 vías con flujo errado, se disparará una alarma en la sala de control por el flujo bajo y el molino se detendrá, la falla no es notoria normalmente. La válvula divisora de dos vías debe cambiarse según la situación.	Tiempo de parada 6 horas.
032201.7.1_1	Intercambiador de calor	1	Enfriar el aceite de retorno de los PAD's del molino de 55°C a 45.9°C con un caudal de 577 l/min.	A	Intercambiador no enfría el aceite.	1			
032201.7.1_1	Intercambiador de calor	1	Enfriar el aceite de retorno de los PAD's del molino de 55°C a 45.9°C con un caudal de 577 l/min.	A	Intercambiador no enfría el aceite.	2	Elevada temperatura en el ingreso de agua al intercambiador de calor.	El aceite no se enfriará de manera óptima cuando ingrese al tanque de lubricación, lo que resultará en una baja presión de aceite y una baja eficiencia de la bomba de alta presión que, dependiendo de la situación, puede activar una alarma en la sala de control y detener el interruptor, la falla es evidente por sí mismo. Bajo condiciones normales. El sistema de enfriamiento de agua debe revisarse y los componentes defectuosos deben reemplazarse o repararse	Tiempo de parada según acción a ejecutar entre 5 y 12 horas.

032201.7.1_1	Intercambiador de calor	1	Enfriar el aceite de retorno de los PAD's del molino de 55°C a 45.9°C con un caudal de 577 l/min.	A	Intercambiador no enfría el aceite.	3	Mala instalación del intercambiador de calor.	La temperatura del aceite aumentará y la presión del sistema disminuirá, pueden ocurrir fugas, dependiendo de la cantidad que cause daño ambiental, la falla no es evidente en condiciones normales, dependiendo de la situación, puede sonar una alarma y detenerse Molino. El intercambiador debe reinstalarse.	Tiempo de parada 6 horas.
032201.7.1_1	Intercambiador de calor	1	Enfriar el aceite de retorno de los PAD's del molino de 55°C a 45.9°C con un caudal de 577 l/min.	A	Intercambiador no enfría el aceite.	4			
032201.7.1_1	Intercambiador de calor	1	Enfriar el aceite de retorno de los PAD's del molino de 55°C a 45.9°C con un caudal de 577 l/min.	B	Intercambiador enfría el aceite a una temperatura menor de 45.9°C.	1	Baja temperatura de agua al ingreso del intercambiador de calor.	El intercambiador de calor no enfriará eficazmente el aceite que regresa al tanque, lo que hará que la presión del sistema aumente y la temperatura sea baja, la alarma se activará en la sala de control y el molino se detendrá, falla se detecta fácilmente. El sistema debe revisarse, aflojarse, cambiarse y repararse los componentes defectuosos.	Tiempo de parada según acción a ejecutar entre 5 y 12 horas.
032201.7.1_1	Intercambiador de calor	1	Enfriar el aceite de retorno de los PAD's del molinode 55°C a 45.9°C con un caudal de 577 l/min.	B	Intercambiador enfría el aceite a una temperatura menor de 45.9°C.	2			
032201.7.1_1	Intercambiador de calor	1	Enfriar el aceite de retorno de los PAD's del molino de 55°C a 45.9°C con un caudal de 577 l/min.	C	Intercambiador no enfría el aceite hasta 45.9°C teniendo un caudal de hasta 577 l/min.	1	Baja eficiencia del intercambiador de calor.	El intercambiador de calor no enfriará efectivamente el aceite que regresa al tanque, causando que el sistema tenga una presión baja / excesiva y una temperatura alta / baja, la alarma sonará en la sala de control y el molino se detendrá., una falla evidente en condiciones normales, también debería ser un cambio de deber o cambio.	Tiempo de parada 6 horas.
032201.7.1_1	Intercambiador de calor	1	Enfriar el aceite de retorno de los PAD's del molino de 55°C a 45.9°C con un caudal de 577 l/min.	C	Intercambiador no enfría el aceite hasta 45.9°C teniendo un caudal de hasta 577 l/min.	2			
032201.7.1_1	Intercambiador de calor	1	Enfriar el aceite de retorno de los PAD's del molino de 55°C a 45.9°C con un caudal de 577 l/min.	C	Intercambiador no enfría el aceite hasta 45.9°C teniendo un caudal de hasta 577 l/min.	3	Baja temperatura de agua al ingreso del intercambiador de calor.	El intercambiador de calor no enfriará eficazmente el aceite que regresa al tanque, lo que hará que la presión del sistema aumente y la temperatura sea baja, la alarma se activará en la sala de control y el molino se detendrá, falla es evidente. El sistema	Tiempo de parada según acción a ejecutar entre 5 y 12 horas.

032201.7.1_1	Intercambiador de calor	1	Enfriar el aceite de retorno de los PAD's del molino de 55°C a 45.9°C con un caudal de 577 l/min.	C	Intercambiador no enfría el aceite hasta 45.9°C teniendo un caudal de hasta 577 l/min.	4		debe revisarse, aflojarse, cambiarse y repararse los componentes defectuosos.	
032201.7.1_1	Intercambiador de calor	2	Calentar el agua desde 30°C a 38°C con un consumo de 16 m3/h.	A	Intercambiador no calienta el agua.	1	Baja temperatura en el ingreso de aceite al intercambiador de calor.	El intercambiador de calor no enfriará eficientemente el aceite de retorno en el tanque, causando sobrepresión del sistema y baja temperatura, la alarma se activará en la sala de control y el molino se detendrá, falla es evidente, los sistemas gearles generalmente deben probarse con temperatura sensores para descartar errores.	Tiempo de parada según acción a ejecutar entre 3 y 8 horas.
032201.7.1_1	Intercambiador de calor	2	Calentar el agua desde 30°C a 38°C con un consumo de 16 m3/h.	A	Intercambiador no calienta el agua.	2			
032201.7.1_1	Intercambiador de calor	2	Calentar el agua desde 30°C a 38°C con un consumo de 16 m3/h.	A	Intercambiador no calienta el agua.	3	Mala instalación del intercambiador de calor.	La temperatura del aceite aumentará y la presión del sistema disminuirá, puede tener fugas, dependiendo de la cantidad, causar daños ambientales y la falla no es evidente en condiciones normales, dependiendo de las condiciones, puede sonar una alarma y el molino puede detenerse. El intercambiador debe reinstalarse.	Tiempo de parada 6 horas.
032201.7.1_1	Intercambiador de calor	2	Calentar el agua desde 30°C a 38°C con un consumo de 16 m3/h.	A	Intercambiador no calienta el agua.	4			
032201.7.1_1	Intercambiador de calor	2	Calentar el agua desde 30°C a 38°C con un consumo de 16 m3/h.	B	Intercambiador calienta el agua a una temperatura menor de 38°C.	1	Elevada temperatura de aceite al ingreso del intercambiador de calor.	El aceite no se enfriará de manera óptima cuando ingrese al tanque de lubricación, lo que resultará en una baja presión de aceite y una baja eficiencia de la bomba de alta presión que, dependiendo de la situación, puede activar una alarma en la sala de control y detener el interruptor, falla es evidente en condiciones normales. El sistema de enfriamiento de agua debe revisarse y los componentes defectuosos deben reemplazarse o repararse.	Tiempo de parada según acción a ejecutar entre 5 y 12 horas.
032201.7.1_1	Intercambiador de calor	2	Calentar el agua desde 30°C a 38°C con un consumo de 16 m3/h.	B	Intercambiador calienta el agua a una temperatura menor de 38°C.	2			
032201.7.1_1	Intercambiador de calor	2	Calentar el agua desde 30°C a 38°C con un consumo de 16 m3/h.	C	Intercambiador no calienta el agua hasta 38°C teniendo un consumo de hasta 16 m3/h.	1	Baja eficiencia del intercambiador de calor.	El intercambiador de calor no enfriará efectivamente el aceite que regresa al tanque, causando que el sistema tenga una presión baja / excesiva y una temperatura alta / baja, la alarma sonará en la sala de control y el molino se	Tiempo de parada 6 horas.

032201.7.1_1	Intercambiador de calor	2	Calentar el agua desde 30°C a 38°C con un consumo de 16 m3/h.	C	Intercambiador no calienta el agua hasta 38°C teniendo un consumo de hasta 16 m3/h.	2		detendrá, la falla es evidente en condiciones normales, también se debe cambiar intercambiador de calor.	
032201.7.1_1	Intercambiador de calor	2	Calentar el agua desde 30°C a 38°C con un consumo de 16 m3/h.	C	Intercambiador no calienta el agua hasta 38°C teniendo un consumo de hasta 16 m3/h.	3	Baja temperatura en el ingreso de aceite al intercambiador de calor.	El intercambiador de calor no enfriará efectivamente el aceite de retorno en el tanque, causando sobrepresión del sistema y baja temperatura, la alarma se activará en la sala de control y el molino se detendrá, falla obvia en condiciones normales, los sistemas gearless y sensores de temperatura deben revisarse para descartar una falla.	Tiempo de parada según acción a ejecutar entre 3 y 8 horas.
032201.7.1_1	Intercambiador de calor	2	Calentar el agua desde 30°C a 38°C con un consumo de 16 m3/h.	C	Intercambiador no calienta el agua hasta 38°C teniendo un consumo de hasta 16 m3/h.	4			
032201.6.4_1	Canaleta de descarga de fino	1	Transportar la descarga del molino hacia el cajón de bombas de ciclones a razón mínima de 2000 ton/h.	A	Canaleta descarga la pulpa hacia el cajón a una razón menor de 2000 ton/h.	1	Fugas de pulpa en la canaleta de descarga del molino.	Pérdida de material, contaminación potencial del medio ambiente (suelo) dependiendo del grado de la falla, la falla no es evidente en condiciones normales a menos que sea significativo y se activa una advertencia de nivel bajo en el cajón de la bomba de ciclones y se apaga el molino. La fuga debe repararse reemplazando el revestimiento de porcelana y soldando una plancha nueva.	Tiempo de parada 12 horas.
032201.6.4_1	Canaleta de descarga de fino	1	Transportar la descarga del molino hacia el cajón de bombas de ciclones a razón mínima de 2000 ton/h.	B	Canaleta no descarga pulpa hacia el cajón de las bombas.	1			
032201.6.2_2	Lifters de levante magnético	1	Otorgar magnetismo al trommel para levantar los chips y trasladarlos hacia la canaleta de descarga de chips a razón de 24 chips por minuto.	A	Lifters no otorgan magnetismo suficiente para trasladar los chips a razón de 24 por minuto.	1	Lifters de levante magnético mal seleccionados.	Carrete transferirá los chips de manera ineficiente y puede hacer que los chips se junten durante la descarga del molino y provoquen una pérdida, la falla no detectada normalmente. Cambiar los lifters por los adecuados.	Tiempo de parada 36 horas.
032201.6.2_2	Lifters de levante magnético	1	Otorgar magnetismo al trommel para levantar los chips y trasladarlos hacia la canaleta de descarga de chips a razón de 24 chips por minuto.	A	Lifters no otorgan magnetismo suficiente para trasladar los chips a razón de 24 por minuto.	2			

032201.6.2_2	Lifters de levante magnético	1	Otorgar magnetismo al trommel para levantar los chips y trasladarlos hacia la canaleta de descarga de chips a razón de 24 chips por minuto.	A	Lifters no otorgan magnetismo suficiente para trasladar los chips a razón de 24 por minuto.	3	Lifters de levante magnético desgastados.	Carrete transferirá los chips de manera ineficiente y puede hacer que las virutas se acumulen durante la descarga del molino y provoquen una pérdida de eficiencia, lo que no es una falla obvia en condiciones normales. Los ascensores deben cambiarse y revisarse periódicamente.	Tiempo de parada 36 horas.
032201.6.1_1	Parrilla de descarga (snider)	1	Evitar que los chips con diámetro mayor a 3 mm pasen hacia la parrilla estática.	A	Chips con diámetro mayor a 3 mm pasan a la parrilla estática.	1	Parrilla de descarga desgastada.	Los chips de tamaño superior a 3 mm pasarán hacia el conducto de descarga, causando daños en el impulsor de la bomba de ciclones, la falla no se detecta normalmente. La parrilla de descarga se debe reemplazar por una nueva	Tiempo de parada 8 horas.
032201.6.1_1	Parrilla de descarga (snider)	1	Evitar que los chips con diámetro mayor a 3 mm pasen hacia la parrilla estática.	A	Chips con diámetro mayor a 3 mm pasan a la parrilla estática.	2			
032201.6.1_1	Parrilla de descarga (snider)	2	Soportar el impacto de los chips de descarga del molino de bolas.	A	Parrilla no soporta el impacto generado por la pulpa y chips.	1	Parrilla de descarga con material de diseño erróneo.	Parrilla fallará antes cumplir su ciclo de vida, lo que provocará que chips más grandes entren en el tubo de descarga y luego dañen el impulsor de la bomba de ciclones, falla no se detecta de manera obvia. La parrilla se debe cambiar por una con el material correcto de diseño.	Tiempo de parada 8 horas.
032201.6.1_1	Parrilla de descarga (snider)	2	Soportar el impacto de los chips de descarga del molino de bolas.	A	Parrilla no soporta el impacto generado por la pulpa y chips.	2			
032201.6.1_1	Parrilla de descarga (snider)	3	Soportar la abrasión generada por la pulpa y chips en la descarga a razón de 1500 ton/h.	A	Parrilla no soporta la abrasión generada por la pulpa y chips.	1	Parrilla de descarga con material de diseño erróneo.	Parrilla fallará antes cumplir su ciclo de vida, lo que provocará que chips más grandes entren en el tubo de descarga y luego dañen el impulsor de la bomba de ciclones, falla no se detecta de manera obvia. La parrilla se debe cambiar por una con el material correcto de diseño.	Tiempo de parada 8 horas.
032201.6.1_1	Parrilla de descarga (snider)	3	Soportar la abrasión generada por la pulpa y chips en la descarga a razón de 1500 ton/h.	A	Parrilla no soporta la abrasión generada por la pulpa y chips.	2			
032201.5.1_2	Sellos V	1	Evitar la fuga de aceite de la pista de rodadura del lado oeste y este del apoyo fijo y flotante.	A	Fuga de aceite por los sellos.	1	Sellos V desgastados.	Escape de aceite y posible contaminación de la pista de rodadura, la falla no es detectable normalmente, según fallo, puede haber un riesgo	Tiempo de parada 24 horas.
032201.5.1_2	Sellos V	1	Evitar la fuga de aceite de la pista de rodadura del lado oeste y este del apoyo fijo y flotante.	A	Fuga de aceite por los sellos.	2			

032201.5.1_2	Sellos V	1	Evitar la fuga de aceite de la pista de rodadura del lado oeste y este del apoyo fijo y flotante.	A	Fuga de aceite por los sellos.	3		para el medio ambiente (contaminar el suelo). Se debe sustituir los sellos en toda su longitud.	
032201.5.1_1	Sellos Y	1	Proteger el aceite de las pistas de rodadura del polvo del lado oeste y este del apoyo fijo y flotante.	A	Sellos no protegen el aceite del polvo.	1	Sellos Y mal instalados.	Contaminación de la pista de rodadura y filtración de este por los sellos, la falla no se detecta fácilmente, según fallo, puede ser un riesgo para el medio ambiente (contaminar el suelo). Se debe reemplazar los sellos según su criterio de fallo.	Tiempo de parada según condición entre 12 y 24 horas.
032201.5.1_1	Sellos Y	1	Proteger el aceite de las pistas de rodadura del polvo del lado oeste y este del apoyo fijo y flotante.	A	Sellos no protegen el aceite del polvo.	2			
032201.5.1_1	Sellos Y	1	Proteger el aceite de las pistas de rodadura del polvo del lado oeste y este del apoyo fijo y flotante.	A	Sellos no protegen el aceite del polvo.	3	Falla en los resortes del sello Y.	Habrá una fuga de aceite a través de los sellos, la falla no se detecta fácilmente y puede causar peligros ambientales (contaminación del suelo) dependiendo de la cantidad de fuga. Los sellos deben cambiarse en toda su longitud.	Tiempo de parada 24 horas.
032201.3.1.9	Bucking rubber	1	Formar una capa impermeable al agua entre los liners y el shell.	A	Bucking no impermeabiliza el agua.	1			
032201.3.1.9	Bucking rubber	1	Formar una capa impermeable al agua entre los liners y el shell.	A	Bucking no impermeabiliza el agua.	2	Bucking se desprende cuando fallan los liners del shell.	La pulpa se puede filtrar entre el bucking y el shell del molino, erosionando el shell y luego agrietando, provocando fugas de la pulpa, lo que puede representar un riesgo en la seguridad y medio ambiente, dependiendo de la condición de falla, tiene un alto costo de mantenimiento; la falla no es detectada de manera normal. El bucking debe ser reemplazado inmediatamente.	Tiempo de parada 72 horas.
032201.3.1_9	Bucking rubber	2	Proteger el shell del molino en caso que los liners de protección se caigan y/o se rompan.	A	Bucking no protege el shell en caso fallen los liners.	1			
032201.3.1_9	Bucking rubber	2	Proteger el shell del molino en caso que los liners de protección se caigan y/o se rompan.	A	Bucking no protege el shell en caso fallen los liners.	2	Bucking se desprende cuando fallan los liners del shell.	La pulpa se puede filtrar entre el bucking y el shell del molino, erosionando el shell y luego agrietando, provocando fugas de la pulpa, lo que puede representar un riesgo en la seguridad y	Tiempo de parada 72 horas.

032201.3.1_6	Liners de shell	1	Proteger el shell del desgaste ocasionado por el impacto de las billas entre ellas y con la pulpa.	A	Liners no protegen el shell.	1		medio ambiente, dependiendo de la condición de falla, tiene un alto costo de mantenimiento; la falla no es detectada de manera normal. El bucking reemplazado inmediatamente.	
032201.3.1_6	Liners de shell	1	Proteger el shell del desgaste ocasionado por el impacto de las billas entre ellas y con la pulpa.	A	Liners no protegen el shell.	2	Liners del shell mal instalados.	Los liners pueden aflojarse y no proteger el shell del molino, la falla no es obvia en condiciones normales, lo que afecta directamente la producción y eleva los costos de mantenimiento. Se debe reparar y aplicar el protocolo de cambio de liners y reemplazarlos otra vez según su estado.	Tiempo de parada 56 horas.
032201.3.1_6	Liners de shell	1	Proteger el shell del desgaste ocasionado por el impacto de las billas entre ellas y con la pulpa.	A	Liners no protegen el shell.	3			
032201.3.1_6	Liners de shell	1	Proteger el Shell del desgaste ocasionado por el impacto de las billas entre ellas y con la pulpa.	A	Liners no protegen el shell.	4			
032201.3.1_6	Liners de shell	2	Levantar la pulpa y las billas de manera que genere una caída tipo cascada y catarata.	A	Liners no generan el movimiento de cascada en la pulpa y billas.	1			
032201.3.1_6	Liners de shell	2	Levantar la pulpa y las billas de manera que genere una caída tipo cascada y catarata.	A	Liners no generan el movimiento de cascada en la pulpa y billas.	2	Mal diseño en los liners del shell.	El molino perderá su eficiencia y la bomba de ciclones puede dañarse debido al tamaño de partícula emitido por el molino, y el daño no es obvio en condiciones normales. El diseño correcto debe probarse unos días antes de la parada, uniformizar del proceso de compras y cambiar los liners por uno nuevos.	Tiempo de parada 48 horas.
032201.3.1_6	Liners de shell	2	Levantar la pulpa y las billas de manera que genere una caída tipo cascada y catarata.	A	Liners no generan el movimiento de cascada en la pulpa y billas.	3			
032201.3.1_6	Liners de shell	2	Levantar la pulpa y las billas de manera que genere una caída tipo cascada y catarata.	B	Liners no generan el movimiento de catarata en la pulpa y billas.	1	Liners del shell desgastados.	Los liners pueden soltarse y no proteger el shell del molino, la falla no es obvia en condiciones normales y perjudica directamente la producción y el costo de mantenimiento es alto. Los liners	Tiempo de parada 48 horas.

032201.3.1_6	Liners de shell	2	Levantarse la pulpa y las billas de manera que genere una caída tipo cascada y catarata.	B	Liners no generan el movimiento de catarata en la pulpa y billas.	2		deben revisarse periódicamente con técnicas preventivas y cambiarlos su condición.	
032201.3.1_6	Liners de shell	2	Levantarse la pulpa y las billas de manera que genere una caída tipo cascada y catarata.	B	Liners no generan el movimiento de catarata en la pulpa y billas.	3	Molino sobre pasa la velocidad crítica establecida.	El molino perderá su eficiencia y la bomba de ciclones puede dañarse debido al tamaño de las partículas descargadas del molino, la falla es obvia en condiciones normales, sonarán alarmas en la sala de control y el molino se detendrá. Se debe bajar la velocidad y hacer que funcione correctamente.	Tiempo de parada 1 hora.
032201.3.1_4	Filler ring	1	Proteger el shell del molino de bolas, en la conexión entre la tapa y el shell.	A	Liners no protegen el shell ni las tapas.	1			
032201.3.1_4	Filler ring	1	Proteger el shell del molino de bolas, en la conexión entre la tapa y el shell.	A	Liners no protegen el shell ni las tapas.	2	Liners del filler ring mal instalados.	Los liners pueden aflojarse y no proteger la conexión del shell con la tapa del molino, la falla no es obvia en condiciones normales, lo que afecta directamente la producción y eleva los costos de mantenimiento. Se debe reparar y aplicar el protocolo de cambio de liners y reemplazarlos otra vez según su estado.	Tiempo de parada 48 horas.
032201.3.1_4	Filler ring	1	Proteger el shell del molino de bolas, en la conexión entre la tapa y el shell.	A	Liners no protegen el shell ni las tapas.	3			
032201.3.1_4	Filler ring	1	Proteger el shell del molino de bolas, en la conexión entre la tapa y el shell.	A	Liners no protegen el shell ni las tapas.	4	Liners del filler ring caídos.	Los liners no protegerán la tapa del molino, lo que provocará que el recubrimiento se erosione o agriete y gotee la pulpa, la falla no se detecta normalmente, lo que afecta la producción y aumenta los costos de mantenimiento. Los liners deben reemplazarse inmediatamente y revisarse periódicamente.	Tiempo de parada 56 horas.
032201.3.1_2	Liners tapas del molino	1	Proteger la tapa de alimentación y descarga del desgaste ocasionado por el impacto de las billas entre ellas y con la pulpa.	A	Liners de las tapas no protegen la tapa de alimentación.	1			
032201.3.1_2	Liners tapas del molino	1	Proteger la tapa de alimentación y descarga del desgaste ocasionado por el impacto de las billas entre ellas y con la pulpa.	A	Liners de las tapas no protegen la tapa de alimentación.	2	Liners de la tapa de alimentación mal instalados.	Los liners tienen la posibilidad de soltarse y no proteger la tapa del molino, la falla no se detecta normalmente, perjudica de forma directa a la producción y tiene un elevado precio de mantenimiento. Se tiene que reparar y aplicar el	Tiempo de parada 30 horas.

032201.3.1_2	Liners tapas del molino	1	Proteger la tapa de alimentación y descarga del desgaste ocasionado por el impacto de las billas entre ellas y con la pulpa.	A	Liners de las tapas no protegen la tapa de alimentación.	3		protocolo de cambio de liners e instalarlos otra vez según la condición.	
032201.3.1_2	Liners tapas del molino	1	Proteger la tapa de alimentación y descarga del desgaste ocasionado por el impacto de las billas entre ellas y con la pulpa.	A	Liners de las tapas no protegen la tapa de alimentación.	4	Liners de la tapa de alimentación caídos.	Los liners no protegerán la parte superior del molino, causando se corroa o agriete y tenga fugas, la falla no se detecta normalmente, afectando la producción y daños que pueden afectar el medio ambiente y seguridad. Tiene altos costos de mantenimiento. Los liners deben reemplazarse inmediatamente y revisarse periódicamente.	Tiempo de parada 48 horas.
032201.3.1_2	Liners tapas del molino	2	Proteger la tapa de alimentación y descarga del desgaste ocasionado por el impacto de las billas entre ellas y con la pulpa.	A	Liners de las tapas no protegen la tapa de descarga.	1			
032201.3.1_2	Liners tapas del molino	2	Proteger la tapa de alimentación y descarga del desgaste ocasionado por el impacto de las billas entre ellas y con la pulpa.	A	Liners de las tapas no protegen la tapa de descarga.	2	Liners de la tapa de descarga mal instalados.	Los liners tienen la posibilidad de soltarse y no proteger la tapa del molino, la falla no se detecta normalmente, perjudica de forma directa a la producción y tiene un elevado precio de mantenimiento. Se tienen que examinar y aplicar el protocolo de cambio de liners y reemplazarlos otra vez según su condición.	Tiempo de parada 30 horas.
032201.3.1_2	Liners tapas del molino	2	Proteger la tapa de alimentación y descarga del desgaste ocasionado por el impacto de las billas entre ellas y con la pulpa.	A	Liners de las tapas no protegen la tapa de descarga.	3			
032201.3.1_2	Liners tapas del molino	2	Proteger la tapa de alimentación y descarga del desgaste ocasionado por el impacto de las billas entre ellas y con la pulpa.	A	Liners de las tapas no protegen la tapa de descarga.	4	Liners de la tapa de descarga caídos.	Los liners no protegerán la parte superior del molino, causando se corroa o agriete y tenga fugas de pulpa, la falla no se detecta normalmente, afectando la producción y daños que pueden afectar el medio ambiente y seguridad. Tiene altos costos de mantenimiento.	Tiempo de parada 48 horas.

032201.3.1.2	Liners de tapas del molino	3	Dar movimiento a la pulpa y billas de manera que impacten entre sí.	A	Liners de las tapas no otorgan el movimiento adecuado a la pulpa y billas.	1		Los liners deben reemplazarse inmediatamente y revisarse periódicamente.	
032201.3.1.2	Liners de tapas del molino	3	Dar movimiento a la pulpa y billas de manera que impacten entre sí.	A	Liners de las tapas no otorgan el movimiento adecuado a la pulpa y billas.	2	Mal diseño en los liners de las tapas del molino	El molino perderá su eficiencia y la bomba de ciclones puede dañarse debido al tamaño de las partículas descargadas del molino, falla no se detecta normalmente. El diseño correcto debe probarse unos días antes de la parada, estandarización de la compra, sustitución de liners por otros adecuados.	Tiempo de parada 36 horas.
032201.3.1.2	Liners de tapas del molino	3	Dar movimiento a la pulpa y billas de manera que impacten entre sí.	A	Liners de las tapas no otorgan el movimiento adecuado a la pulpa y billas.	3			
032201.3.1.1	Liners de trunnion de alimentación	1	Proteger el trunnion de alimentación de un desgaste excesivo.	A	Liners no protegen el trunnion de alimentación.	1	Liners del trunnion de alimentación desgastados.	Los liners tienen la posibilidad de soltarse y no proteger el trunnion de alimentación, la falla no se detecta normalmente, perjudica de forma directa a la producción y tiene un elevado precio de mantenimiento. Se tienen que examinar los liners de manera periódica y modificar según su condición.	Tiempo de parada 12 horas.
032201.3.1.1	Liners de trunnion de alimentación	1	Proteger el trunnion de alimentación de un desgaste excesivo.	A	Liners no protegen el trunnion de alimentación.	2			
032201.3.1.1	Liners de trunnion de alimentación	1	Proteger el trunnion de alimentación de un desgaste excesivo.	A	Liners no protegen el trunnion de alimentación.	3	Liners del trunnion de alimentación partidos.	Los liners no protegerán el trunnion de alimentación, causando un desgaste o grieta, la falla no se detecta normalmente, perjudica de forma directa a la producción y tiene un elevado precio de mantenimiento. Se tienen que examinar los liners de manera periódica y modificarlos.	Tiempo de parada 15 horas.
032201.3.1.1	Liners de trunnion de alimentación	1	Proteger el trunnion de alimentación de un desgaste excesivo.	A	Liners no protegen el trunnion de alimentación.	4			
032201.2.3.1	Rodillos de guía axial	1	Evitar que el molino de bolas se desplace axialmente (sentido de la carga).	A	Los rodillos no evitan que el molino se desplace axialmente.	1	Rodillos de la guía axial mal instalados.	Molino se detendrá por alta temperatura o presión en los rodillos de la guía axial por inadecuada instalación, la falla no se detecta normalmente, perjudica de manera directa a la producción. Se debería verificar el protocolo de instalación, revisar en campo el elemento instalado e instalarlo nuevamente si se necesita.	Tiempo de parada según condición entre 8 y 12 horas.
032201.2.3.1	Rodillos de guía axial	1	Evitar que el molino de bolas se desplace axialmente (sentido de la carga).	A	Los rodillos no evitan que el molino se desplace axialmente.	2			
032201.2.3.1	Rodillos de guía axial	1	Evitar que el molino de bolas se desplace axialmente (sentido de la carga).	B	Película de aceite formada tiene una temperatura mayor a 75°C.	1	Radiador del tanque de aceite mal regulado.	Molino se desplazará axialmente, sonarán los sensores de postura en sala de control parando el molino de forma instantánea, la falla no se nota normalmente. Se debería de verificar el protocolo	Tiempo de parada según condición

032201.2.3_1	Rodillos de guía axial	1	Evitar que el molino de bolas se desplace axialmente (sentido de la carga).	B	Película de aceite formada tiene una temperatura mayor a 75°C.	2		de calibración y comprobar condición en campo, según sea la situación recalibrar o modificar los rodillos de la guía axial.	entre 2 y 15 horas.
032201.2.2_2	Pad esclavo	1	Generar una película de aceite de lubricación a una presión mayor a 30 bar y menor a 40 bar.	A	Película de aceite formada tiene una presión menor a 30 bar.	1	Válvula divisora de 6 vías no funciona.	No llegará aceite a los pad's, el molino parará debido al mínimo flujo, sonará una alarma en el cuadro de control, la falla es obvia en condiciones normales, afecta directamente la producción. Es preciso cambiar la válvula divisora.	Tiempo de parada 6 horas.
032201.2.2_2	Pad esclavo	1	Generar una película de aceite de lubricación a una presión mayor a 30 bar y menor a 40 bar.	A	Película de aceite formada tiene una presión menor a 30 bar.	2			
032201.2.2_2	Pad esclavo	1	Generar una película de aceite de lubricación a una presión mayor a 30 bar y menor a 40 bar.	A	Película de aceite formada tiene una presión menor a 30 bar.	3	Bomba de engranajes de alta presión no funciona.	El molino se detendrá debido a un flujo mínimo en el sistema de alta presión, sonará una advertencia en el panel de control, la falla es obvia en condiciones normales, no afecta la producción porque su bomba está en el nivel de espera. Es necesario verificar el estado y poner la bomba en espera y reemplazar la bomba defectuosa inmediatamente.	Tiempo de parada 8 horas.
032201.2.2_2	Pad esclavo	1	Generar una película de aceite de lubricación a una presión mayor a 30 bar y menor a 40 bar.	A	Película de aceite formada tiene una presión menor a 30 bar.	4			
032201.2.2_2	Pad esclavo	1	Generar una película de aceite de lubricación a una presión mayor a 30 bar y menor a 40 bar.	A	Película de aceite formada tiene una presión menor a 30 bar.	5	Válvula limitadora de presión dañada o sucia.	El flujo de aceite no se irá de manera directa al tanque una vez que la presión del aceite sea superior a la de trabajo, la falla no es notable en condiciones clásicos, perjudica de manera directa a la producción, Se debería comprobar condición y modificar la válvula relief.	Tiempo de parada 3 horas.
032201.2.2_2	Pad esclavo	1	Generar una película de aceite de lubricación a una presión mayor a 30 bar y menor a 40 bar.	A	Película de aceite formada tiene una presión menor a 30 bar.	6			
032201.2.2_2	Pad esclavo	1	Generar una película de aceite de lubricación a una presión mayor a 30 bar y menor a 40 bar.	B	Película de aceite formada tiene una presión mayor a 40 bar.	1	Válvula limitadora de presión dañada o sucia.	El flujo de aceite no se irá de manera directa al tanque una vez que la presión del aceite sea superior a la de trabajo, la falla no es notable normalmente, perjudica de manera directa a la producción, Se debería comprobar condición y modificar la válvula relief.	Tiempo de parada 3 horas.
032201.2.2_2	Pad esclavo	1	Generar una película de aceite de lubricación a una presión mayor a 30 bar y menor a 40 bar.	B	Película de aceite formada tiene una presión mayor a 40 bar.	2			

032201.2.2.2	Pad esclavo	1	Generar una película de aceite de lubricación a una presión mayor a 30 bar y menor a 40 bar.	B	Película de aceite formada tiene una presión mayor a 40 bar.	3	Viscosidad del medio de bombeo demasiado elevada.	Aceite no alcanzará la presión de trabajo en el sistema, la falla no se nota normalmente. Se debería hacer un estudio de aceite y revisar si el aceite es el correcto o está sucio, según condición se debería sustituir el aceite en el tanque del sistema.	Tiempo de parada 8 horas.
032201.2.2.2	Pad esclavo	2	Generar una película de aceite de lubricación a una temperatura no mayor a 60°C.	A	Película de aceite formada tiene una temperatura mayor a 60°C.	1			
032201.2.2.2	Pad esclavo	2	Generar una película de aceite de lubricación a una temperatura no mayor a 60°C.	A	Película de aceite formada tiene una temperatura mayor a 60°C.	2	Baja presión en la alimentación de aceite.	Sonará una alarma en sala de control por baja presión o alta temperatura en los Pad's, la falla no se detecta de manera visible y puede detener el molino según rango de presión y/o temperatura. Se debería revisar estado de bomba, motor y válvulas del sistema de alta presión y modificar según condición.	Tiempo de parada según acción a tomar entre 6 y 12 horas.
032201.2.2.1	Pad master	1	Sostener uniformemente al molino de bolas mediante aceite a presión.	A	Pad's no sostiene al molino de manera uniforme.	1			
032201.2.2.1	Pad master	1	Sostener uniformemente al molino de bolas mediante aceite a presión.	A	Pad's no sostiene al molino de manera uniforme.	2	Pad's mal alineados.	El molino se detendrá debido a la alta temperatura o presión en los pad's debido a la deflexión, la falla no es visible en condiciones normales, afecta directamente la producción. Es necesario revisar el protocolo de instalación, verificando el componente en campo y ajustarlo otra vez.	Tiempo de parada 12 horas.
032201.2.2.1	Pad master	2	Generar una película de aceite de lubricación a una presión mayor a 30 bar y menor a 40 bar.	A	Película de aceite formada tiene una presión menor a 30 bar.	1			
032201.2.2.1	Pad master	2	Generar una película de aceite de lubricación a una presión mayor a 30 bar y menor a 40 bar.	A	Película de aceite formada tiene una presión menor a 30 bar.	2	Bomba de engranajes de alta presión con dientes desgastados.	El sensor de flujo emitirá una señal de alarma en la sala de control indicando que el flujo no es suficiente, si el desgaste es grande, puede detener el molino, la falla no es obvia en condiciones normales, afectando directamente la producción. Es necesario reemplazar la válvula divisora.	Tiempo de parada 6 horas.
032201.2.2.1	Pad master	2	Generar una película de aceite de lubricación a una presión mayor a 30 bar y menor a 40 bar.	A	Película de aceite formada tiene una presión menor a 30 bar.	3			
032201.2.2.1	Pad master	2	Generar una película de aceite de lubricación a una presión mayor a 30 bar y menor a 40 bar.	A	Película de aceite formada tiene una presión menor a 30 bar.	4	Motor eléctrico de bomba de alta presión con baja eficiencia.	El molino se detendrá debido a un flujo mínimo en el sistema de alta presión, sonará una advertencia en el panel de control, la falla es obvia en condiciones normales, no afecta la producción	Tiempo de parada 8 horas.

032201.2.2.1	Pad master	2	Generar una película de aceite de lubricación a una presión mayor a 30 bar y menor a 40 bar.	A	Película de aceite formada tiene una presión menor a 30 bar.	5		porque su bomba está en el nivel de espera. Es necesario verificar el estado y poner la bomba en espera y reemplazar la bomba defectuosa inmediatamente.	
032201.2.2.1	Pad master	2	Generar una película de aceite de lubricación a una presión mayor a 30 bar y menor a 40 bar.	A	Película de aceite formada tiene una presión menor a 30 bar.	6	Viscosidad del medio de bombeo demasiado baja.	Aceite no alcanzará la presión de trabajo en el sistema, la falla no es notable en condiciones clásicos. Se debería hacer un estudio de aceite y revisar si el aceite es el correcto o está sucio, según condición se debería sustituir el aceite en el tanque del sistema.	Tiempo de parada 8 horas.
032201.2.2.1	Pad master	2	Generar una película de aceite de lubricación a una presión mayor a 30 bar y menor a 40 bar.	B	Película de aceite formada tiene una presión mayor a 40 bar.	1			
032201.2.2.1	Pad master	2	Generar una película de aceite de lubricación a una presión mayor a 30 bar y menor a 40 bar.	B	Película de aceite formada tiene una presión mayor a 40 bar.	2	Se ha superado el número máximo de revoluciones admisible del motor.	Aumenta la temperatura y reduce la presión del aceite, sonará una alarma en sala de control y puede parar el molino según rangos de presión y temperatura, la falla no es notable en condiciones normales, perjudica de manera directa a la producción. Se debería regular el motor eléctrico para crear las RPM necesarias.	Tiempo de parada 5 horas.
032201.2.2.1	Pad master	2	Generar una película de aceite de lubricación a una presión mayor a 30 bar y menor a 40 bar.	B	Película de aceite formada tiene una presión mayor a 40 bar.	3			
032201.2.2.1	Pad master	3	Generar una película de aceite de lubricación a una temperatura no mayor a 60°C.	A	Película de aceite formada tiene una temperatura mayor a 60°C.	1	Radiador del tanque de aceite mal regulado.	Sonará una alarma en sala de control por alta temperatura de aceite, la falla no es notable en condiciones clásicos, puede parar el molino según rango de temperatura, perjudica de manera directa la producción. Se debería regular radiador o reemplazarlo por uno nuevo.	Tiempo de parada 6 horas.
032201.2.2.1	Pad master	3	Generar una película de aceite de lubricación a una temperatura no mayor a 60°C.	A	Película de aceite formada tiene una temperatura mayor a 60°C.	2			
032201.2.2.1	Pad master	4	Evitar que el molino se desplace lateralmente y/o radialmente.	A	Pad's no evitan que el molino se desplace lateralmente y/o radialmente.	1	Pad's mal instalados.	Molino se detendrá por alta temperatura o presión en los Pad's por errónea instalación, la falla no va a ser evidente en condiciones típicos, perjudica de manera directa a la producción. Se debería comprobar el protocolo de instalación, revisar en campo el elemento instalado e instalarlo nuevamente si se necesita.	Tiempo de parada según condición entre 8 y 12 horas.
032201.2.2.1	Pad master	4	Evitar que el molino se desplace lateralmente y/o radialmente.	A	Pad's no evitan que el molino se desplace lateralmente y/o radialmente.	2			

032201.2. 1_1	Pista de rodadura apoyo fijo	1	Transfiere el movimiento mecánico al molino en el apoyo fijo.	A	Pista no transporta movimiento al molino de bolas por el lado fijo.	1	Falta de aceite en los Pad's del lado fijo.	En la sala de control, habrá una alarma, el molino se detendrá al instante, la pista de rodadura puede rozar directamente con los pad's y aumentar la temperatura, afectando directamente la producción, altos costos de reparación; La falla sería obvia en condiciones normales. Es necesario comprobar y revisar el estado del sistema de lubricación del lado fijo.	Tiempo de parada 48 horas.
032201.2. 1_1	Pista de rodadura apoyo fijo	1	Transfiere el movimiento mecánico al molino en el apoyo fijo.	A	Pista no transporta movimiento al molino de bolas por el lado fijo.	2			
032201 .1.3_3	Sello recto interno de	1	Soportar el sello cónico cerámico.	A	Sello recto interno no soporta el sello cerámico.	1	Sello recto interno desgastado.	Disminución de rendimiento debido a fuga de pulpa, no se observa a simple vista pero detectable mediante inspección de rutina. El molino debe detenerse y cambiarse el sello recto interno de caucho o esperar a la parada que viene, dependiendo del nivel de fuga.	Tiempo de parada 10 horas.
032201 .1.3_3	Sello recto interno de	1	Soportar el sello cónico cerámico.	A	Sello recto interno no soporta el sello cerámico.	2			
032201.1.3_3	Sello recto interno de caucho	2	Evitar que el sello cónico cerámico se doble.	A	Sello recto interno no evita que sello cerámico se doble hacia adentro del molino.	1	Sello recto interno desgastado.	Disminución de producción debido a fuga de pulpa, no se observa a simple vista pero detectable mediante inspección de rutina. El molino debe detenerse y cambiarse el sello recto interno de caucho o esperar a la parada que viene, dependiendo del nivel de fuga.	Tiempo de parada 10 horas.
032201.1.3_3	Sello recto interno de caucho	2	Evitar que el sello cónico cerámico se doble.	A	Sello recto interno no evita que sello cerámico se doble hacia adentro del molino.	2			
032201.1.3_3	Sello recto interno de caucho	3	Evitar la fuga de pulpa en caso fallen los sellos cónicos.	A	Fuga de pulpa por la alimentación al molino cuando el sello cónico externo de caucho y cerámico fallan.	1	Sello recto interno desgastado.	Disminución de producción debido a fuga de pulpa, no es visible a los ojos pero detectable mediante inspección de rutina. El molino debe detenerse y cambiarse el sello recto interno de caucho o esperar a la parada que viene, dependiendo del nivel de fuga.	Tiempo de parada 10 horas.
032201.1.3_3	Sello recto interno de caucho	3	Evitar la fuga de pulpa en caso fallen los sellos cónicos.	A	Fuga de pulpa por la alimentación al molino cuando el sello cónico externo de caucho y cerámico fallan.	2			

032201.1.032201.1.3_1	Sello cónico cerámico	1	Evitar la fuga de pulpa desde la parte interna hacia la externa del molino.	A	Fuga de pulpa por la alimentación al molino.	1	Sello cónico cerámico desgastado.	Disminución de producción debido a una fuga de pulpa que no es visible al ojo pero que puede detectarse mediante un examen de rutina. El molino debe apagarse y de acuerdo al estado de la fuga debe cambiar el sello cónico cerámico o esperar a la parada siguiente.	Tiempo de parada 10 horas.
032201.1.3_1	Sello cónico cerámico	1	Evitar la fuga de pulpa desde la parte interna hacia la externa del molino.	A	Fuga de pulpa por la alimentación al molino.	2			
032201.1.3_1	Sello cónico cerámico	1	Evitar la fuga de pulpa desde la parte interna hacia la externa del molino.	A	Fuga de pulpa por la alimentación al molino.	3	Sello cónico externo e interno de caucho desgastados.	Habrá una fuga en el alimentador del molino de bolas, no se evidencia a simple vista, pero si detectable durante un examen de rutina. El molino debe apagarse y el sello cónico exterior e interior de caucho deben reemplazarse o esperar la siguiente parada dependiendo del alcance de la fuga.	Tiempo de parada 15 horas.
032201.1.3_1	Sello cónico cerámico	2	Soportar la abrasión de la pulpa de ingreso al molino por un flujo de 1500 ton/h.	A	Sello cónico cerámico no soporta la abrasión de la pulpa de ingreso a razón de 1500 ton/hr.	1			
032201.1.3_1	Sello cónico cerámico	2	Soportar la abrasión de la pulpa de ingreso al molino por un flujo de 1500 ton/h.	A	Sello cónico cerámico no soporta la abrasión de la pulpa de ingreso a razón de 1500 ton/hr.	2	Sello cónico cerámico desgastado.	Pérdida de rendimiento debido a fuga de pulpa, no se observa a simple vista pero detectable mediante inspección de rutina. El molino debe detenerse y cambiarse el sello cónico cerámico o esperar a la parada que viene, dependiendo del nivel de fuga.	Tiempo de parada 10 horas.
032201.1.2_1	Chute	1	Alimentar al molino de bolas de manera constante pulpa a una razón máxima de 1500 ton/h.	A	Chute no alimenta al molino de bolas.	1			
032201.1.2_1	Chute	1	Alimentar al molino de bolas de manera constante pulpa a una razón máxima de 1500 ton/h.	A	Chute no alimenta al molino de bolas.	2	Chute de alimentación desacoplado al molino.	No se aprovisionara al molino, se observa que puede afectar a la seguridad si cae pulpa y billas si el personal transita por el lugar; pérdida de producción. Se tiene que ajustar el chute.	Tiempo de parada 4 horas.
032201.1.2_1	Chute	1	Alimentar al molino de bolas de manera constante pulpa a una razón máxima de 1500 ton/h.	B	Chute alimenta al molino a una razón menor de 1500 ton/h.	1			

032201.1.2_1	Chute	1	Alimentar al molino de bolas de manera constante pulpa a una razón máxima de 1500 ton/h.	B	Chute alimenta al molino a una razón menor de 1500 ton/h.	2	Sello sandwich desgastado.	Disminución de producción debido a una fuga de pulpa que no es visible al ojo pero que puede detectarse mediante un examen de rutina. Dependiendo de la condición de la fuga, es posible que deba cambiar el sello o esperar a la parada siguiente.	Tiempo de parada 10 horas.
032201.1.2_1	Chute	2	Evitar fugas de pulpa en la transmisión.	A	Fuga de pulpa por el chute de alimentación.	1			
032201.1.2_1	Chute	2	Evitar fugas de pulpa en la transmisión.	A	Fuga de pulpa por el chute de alimentación.	2	Caucho de protección desgastado.	El caucho protector puede caerse y perforar el chute alimentador y filtrar la pulpa, no hay evidencia de este modo de falla ya que el caucho está dentro del chute, puede afectar la seguridad si este tipo de falla crea un agujero significativo en el chute y la fuga causa daños al personal. Se debe colocar un revestimiento magnético o se debe cambiar el chute según corresponda.	Tiempo de parada según acción a ejecutar entre 1 y 6 horas.
032201.1.2_1	Chute	2	Evitar fugas de pulpa en la transmisión.	A	Fuga de pulpa por el chute de alimentación.	3			
032201.1.2_1	Chute	2	Evitar fugas de pulpa en la transmisión.	A	Fuga de pulpa por el chute de alimentación.	4		Disminución de producción debido a una fuga de pulpa que no es visible al ojo pero que puede detectarse mediante un examen de rutina. Dependiendo del grado de la fuga, es posible que deba cambiar el sello o esperar a la parada siguiente.	Tiempo de parada 10 horas.
032201.1.1_3	Manguerote	1	Soportar una vibración máxima de 100 mm/s ² ocasionado por la caída del material por el inserto del housing hacia el chute de alimentación.	A	Manguerote no soporta ninguna vibración ocasionada por la caída de pulpa y billas.	1	Sello sandwich desgastado.		
032201.1.1_3	Manguerote	1	Soportar una vibración máxima de 100 mm/s ² ocasionado por la caída del material por el inserto del housing hacia el chute de alimentación.	A	Manguerote no soporta ninguna vibración ocasionada por la caída de pulpa y billas.	2	Mala instalación del manguerote.	El Manguerote fallará mucho antes de lo previsto; Afecta directamente el costo directo de producción de materiales. El molino debe estar apagado y reinstalarse correctamente el manguerote.	Tiempo de parada 15 horas.

032201.1.1_3	Manguerote	1	Soportar una vibración máxima de 100 mm/s ² ocasionado por la caída del material por el inserto del housing hacia el chute de alimentación.	A	Manguerote no soporta ninguna vibración ocasionada por la caída de pulpa y billas.	3			
032201.1.1_3	Manguerote	1	Soportar una vibración máxima de 100 mm/s ² ocasionado por la caída del material por el inserto del housing hacia el chute de alimentación.	B	Manguerote no soporta la vibración máxima de 100 mm/s ² ocasionada por la caída de pulpa y billas.	1	Mala instalación del manguerote.	El Manguerote fallará mucho antes de lo previsto; Afecta directamente el costo directo de producción de materiales. El molino debe estar apagado y reinstalarse correctamente el manguerote.	Tiempo de parada 15 horas.
032201.1.1_3	Manguerote	1	Soportar una vibración máxima de 100 mm/s ² ocasionado por la caída del material por el inserto del housing hacia el chute de alimentación.	B	Manguerote no soporta la vibración máxima de 100 mm/s ² ocasionada por la caída de pulpa y billas.	2			
032201.1.1_3	Manguerote	1	Soportar una vibración máxima de 100 mm/s ² ocasionado por la caída del material por el inserto del housing hacia el chute de alimentación.	B	Manguerote no soporta la vibración máxima de 100 mm/s ² ocasionada por la caída de pulpa y billas.	3	Desgaste del manguerote.	El Manguerote puede filtrarse parcial o completamente a su alrededor y existir el riesgo de que las billas caigan sobre las personas que caminan por ahí, es preciso cambiar el componente, lo que afectara la producción y costo de material.	Tiempo de parada 15 horas.
032201.1.1_3	Manguerote	2	Evitar fuga de pulpa que se transporta a una razón de 1500 ton/h.	A	Fuga de pulpa cuando se alimenta al chute a razón de 1500 ton/h.	1			
032201.1.1_3	Manguerote	2	Evitar fuga de pulpa que se transporta a una razón de 1500 ton/h.	A	Fuga de pulpa cuando se alimenta al chute a razón de 1500 ton/h.	2	Desgaste del manguerote.	El Manguerote puede filtrarse parcial o completamente a su alrededor y existir el riesgo de que las billas caigan sobre las personas que caminan por ahí, es preciso cambiar el componente, lo que afectara la producción y costo de material.	Tiempo de parada 15 horas.
032201.1.1_3	Manguerote	2	Evitar fuga de pulpa que se transporta a una razón de 1500 ton/h.	A	Fuga de pulpa cuando se alimenta al chute a razón de 1500 ton/h.	3			

032201.1.1.032201.1.1_2	Dona	1	Soportar el impacto de las billas de ingreso al inserto del housing a una razón de 15 ton/h.	A	Dona no soporta el impacto ocasionado por las billas que caen a razón de 15 ton/hr.	1	Dona con diferentes medidas de diseño.	La Dona no entrara en el inserto del housing, los mecánicos informaran la condición y obtendrá una nueva Dona, lo que afectará la producción. La Dona deben reemplazarse por uno con las medidas correctas del diseñador.	Tiempo de parada 15 horas.
032201.1.1.032201.1.1_2	Dona	1	Soportar el impacto de las billas de ingreso al inserto del housing a una razón de 15 ton/h.	A	Dona no soporta el impacto ocasionado por las billas que caen a razón de 15 ton/hr.	2			
032201.1.1.032201.1.1_2	Dona	2	Soportar la abrasión del material de ingreso al inserto del housing a una razón de 1500 ton/h.	A	Dona no soporta la abrasión ocasionada por la pulpa que cae a razón de 1500 ton/hr.	1	Dona con diferentes medidas de diseño.	La Dona no entrara en el inserto del housing, los mecánicos informaran la condición y obtendrá una nueva Dona, lo que afectará la producción. La Dona deben reemplazarse por uno con las medidas correctas del diseñador.	Tiempo de parada 15 horas.
032201.1.1.032201.1.1_2	Dona	2	Soportar la abrasión del material de ingreso al inserto del housing a una razón de 1500 ton/h.	A	Dona no soporta la abrasión ocasionada por la pulpa que cae a razón de 1500 ton/hr.	2			
032201.1.1.1_2	Dona	3	Proteger el inserto de housing del desgaste ocasionado por la abrasión e impacto de los 1500 ton/h de pulpa y 15 ton/h de billas.	A	Dona no protege al inserto cuando cae pulpa a razón de 1500 ton/h y billas a razón de 15 ton/h.	1	Dona mal posicionada (mala instalación).	Dona se desgastará más rápido o puede no proteger el inserto, lo que afectará los costos directos de reparación y detendrá la producción si la pieza falla. La Dona deben colocarse adecuadamente.	Tiempo de parada 6 horas.
032201.1.1.1_2	Dona	3	Proteger el inserto de housing del desgaste ocasionado por la abrasión e impacto de los 1500 ton/h de pulpa y 15 ton/h de billas.	A	Dona no protege al inserto cuando cae pulpa a razón de 1500 ton/h y billas a razón de 15 ton/h.	2			
032201.1.1.1_2	Dona	3	Proteger el inserto de housing del desgaste ocasionado por la abrasión e impacto de los 1500 ton/h de pulpa y 15 ton/h de billas.	A	Dona no protege al inserto cuando cae pulpa a razón de 1500 ton/h y billas a razón de 15 ton/h.	3	Dona con diferentes medidas de diseño.	La Dona no entrara en el inserto del housing, los mecánicos informaran la condición y obtendrá una nueva Dona, lo que afectará la producción. La Dona deben reemplazarse por uno con las medidas correctas del diseñador.	Tiempo de parada 15 horas.

032201.1.1_1	Inserto de housing	1	Transportar la pulpa (agua y mineral) a una razón de 1500 ton/h hacia el chute de alimentación del molino.	A	Inserto transporta pulpa a una razón menor de 1500 ton/hr.	1			
	Inserto de housing	1	Transportar la pulpa (agua y mineral) a una razón de 1500 ton/h hacia el chute de alimentación del molino.	B	Inserto no transporta pulpa.	1	Inserto con agujero en cualquier parte de su estructura.	La pulpa comienza a caer en los molinos causando ruido y salpicaduras, puede caer sobre alguien y causar lesiones, lo que afecta directamente la producción ya que se destina menos producción al molino de bolas. Hay que cambiar el inserto.	Tiempo de parada 10 horas.
032201.1.1_1	Inserto de housing	2	Transportar las billas a razón de 15 ton/h hacia el chute de alimentación del molino.	A	Inserto transporta las billas a una razón menor de 15 ton/hr.	1			
032201.1.1_1	Inserto de housing	2	Transportar las billas a razón de 15 ton/h hacia el chute de alimentación del molino.	B	Inserto no transporta billas.	1	Inserto con agujero en cualquier parte de su estructura.	La pulpa empieza a caer en los molinos provocando ruido y salpicaduras, puede caer sobre alguien y causar lesiones, lo que afecta directamente la producción ya que el flujo es menor hacia el molino de bolas. Hay que cambiar el inserto	Tiempo de parada 10 horas.
032201.1.1_1	Inserto de housing	3	Soportar la abrasión ocasionada por la pulpa al ser transportada hacia el chute de alimentación a una razón de 1500 ton/h de pulpa.	A	Inserto no soporta la abrasión de la pulpa a una razón de 1500 ton/hr.	1			
032201.1.1_1	Inserto de housing	3	Soportar la abrasión ocasionada por la pulpa al ser transportada hacia el chute de alimentación a una razón de 1500 ton/h de pulpa.	A	Inserto no soporta la abrasión de la pulpa a una razón de 1500 ton/hr.	2	Desgaste del inserto del housing.	La falla no sería evidente para el operador en condiciones normales, hay riesgo de perforación del inserto y liberación de material esto afecta la producción ya que el molino tuvo que dejar de girar o cambiar el inserto.	Tiempo de parada 12 horas.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 11. Análisis de Criticidad de los Modos de Falla

Análisis NPR.

COMPONENTE	FUNCIÓN	FALA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	GRAVEDAD	FRECUENCIA	DETECTABILIDAD	Número de ponderación de riesgo (NPR)	
032201.1.1_1	1	A	1	5	6	2	60	Acceptable
032201.1.1_1	1	B	1	7	2	2	28	Acceptable
032201.1.1_1	2	A	1	5	6	2	60	Acceptable
032201.1.1_1	2	B	1	7	2	2	28	Acceptable
032201.1.1_1	3	A	1	4	1	5	20	Acceptable
032201.1.1_1	3	A	2	5	7	4	140	Normal .(R)
032201.1.1_2	1	A	1	4	3	7	84	Acceptable
032201.1.1_2	1	A	2	5	7	4	140	Normal .(R)
032201.1.1_2	2	A	1	4	3	7	84	Acceptable
032201.1.1_2	2	A	2	5	7	4	140	Normal .(R)
032201.1.1_2	3	A	1	4	5	4	80	Acceptable
032201.1.1_2	3	A	2	5	7	4	140	Normal .(R)
032201.1.1_2	3	A	3	4	3	7	84	Acceptable
032201.1.1_3	1	A	1	6	1	4	24	Acceptable
032201.1.1_3	1	A	2	4	5	4	80	Acceptable
032201.1.1_3	1	A	3	7	7	3	140	Normal .(R)
032201.1.1_3	1	B	1	4	5	4	80	Acceptable
032201.1.1_3	1	B	2	7	7	3	140	Normal .(R)
032201.1.1_3	1	B	3	5	7	5	140	Normal .(R)
032201.1.1_3	2	A	1	7	7	3	140	Normal .(R)
032201.1.1_3	2	A	2	5	7	5	140	Normal .(R)
032201.1.1_3	2	A	3	4	5	4	80	Acceptable
032201.1.2_1	1	A	1	6	6	2	72	Acceptable
032201.1.2_1	1	A	2	7	6	1	42	Acceptable
032201.1.2_1	1	B	1	6	6	2	72	Acceptable
032201.1.2_1	1	B	2	4	6	6	140	Normal .(R)
032201.1.2_1	2	A	1	6	6	3	108	Acceptable
032201.1.2_1	2	A	2	6	6	6	216	Inacceptable (I)
032201.1.2_1	2	A	3	6	4	5	120	Acceptable
032201.1.2_1	2	A	4	4	6	6	140	Normal .(R)

032201.1.2_3	1	A	1	6	6	6	216	Inacceptable (I)
032201.1.2_3	1	A	2	5	5	4	100	Acceptable
032201.1.2_3	1	A	3	7	6	5	210	Inacceptable (I)
032201.1.2_3	1	A	4	7	6	5	210	Inacceptable (I)
032201.1.3_1	1	A	1	5	7	4	140	Normal .(R)
032201.1.3_1	1	A	2	7	4	4	112	Acceptable
032201.1.3_1	1	A	3	6	6	3	108	Acceptable
032201.1.3_1	2	A	1	7	1	4	28	Acceptable
032201.1.3_1	2	A	2	5	7	4	140	Normal .(R)
032201.1.3_3	1	A	1	5	7	4	140	Normal .(R)
032201.1.3_3	1	A	2	7	4	4	112	Acceptable
032201.1.3_3	2	A	1	5	7	4	140	Normal .(R)
032201.1.3_3	2	A	2	7	4	4	112	Acceptable
032201.1.3_3	3	A	1	5	7	4	140	Normal .(R)
032201.1.3_3	3	A	2	7	4	4	112	Acceptable
032201.1.3_3	1	A	1	6	2	3	36	Acceptable
032201.1.3_3	1	A	2	5	6	2	60	Acceptable
032201.1.3_3	1	A	3	5	6	2	60	Acceptable
032201.1.3_3	1	A	4	5	6	6	140	Normal .(R)
032201.1.3_3	1	A	5	6	6	4	140	Normal .(R)
032201.1.3_3	2	A	1	6	2	3	36	Acceptable
032201.1.3_3	2	A	2	5	6	2	60	Acceptable
032201.1.3_3	2	A	3	5	6	6	140	Normal .(R)
032201.2.1_1	1	A	1	10	1	2	20	Acceptable
032201.2.1_1	1	A	2	9	2	2	36	Acceptable
032201.2.1_2	1	A	1	10	1	2	20	Acceptable
032201.2.1_2	1	A	2	9	2	2	36	Acceptable
032201.2.2_1	1	A	1	7	4	5	140	Normal .(R)
032201.2.2_1	1	A	2	7	4	5	140	Normal .(R)
032201.2.2_1	2	A	1	8	6	3	140	Normal .(R)
032201.2.2_1	2	A	2	7	6	6	252	Inacceptable (I)
032201.2.2_1	2	A	3	7	6	6	252	Inacceptable (I)
032201.2.2_1	2	A	4	7	6	6	252	Inacceptable (I)
032201.2.2_1	2	A	5	10	2	4	80	Acceptable
032201.2.2_1	2	A	6	7	4	6	140	Normal .(R)
032201.2.2_1	2	B	1	10	2	4	80	Acceptable
032201.2.2_1	2	A	2	6	3	4	72	Acceptable
032201.2.2_1	2	A	3	7	4	6	140	Normal .(R)
032201.2.2_1	3	A	1	6	4	6	140	Normal .(R)
032201.2.2_1	3	A	2	7	5	4	140	Normal .(R)
032201.2.2_1	4	A	1	7	4	5	140	Normal .(R)

032201.2.2_1	4	A	2	7	4	5	140	Normal .(R)
032201.2.2_2	1	A	1	8	6	3	140	Normal .(R)
032201.2.2_2	1	A	2	7	6	6	252	Inacceptable (I)
032201.2.2_2	1	A	3	7	6	6	252	Inacceptable (I)
032201.2.2_2	1	A	4	7	6	6	252	Inacceptable (I)
032201.2.2_2	1	A	5	10	2	4	80	Acceptable
032201.2.2_2	1	A	6	7	4	6	140	Normal .(R)
032201.2.2_2	1	B	1	10	2	4	80	Acceptable
032201.2.2_2	1	B	2	6	3	4	72	Acceptable
032201.2.2_2	1	B	3	7	4	6	140	Normal .(R)
032201.2.2_2	2	A	1	6	4	6	140	Normal .(R)
032201.2.2_2	2	A	2	7	5	4	140	Normal .(R)
032201.2.2_3	1	A	1	8	2	3	48	Acceptable
032201.2.2_3	1	A	2	8	7	2	112	Acceptable
032201.2.2_3	1	A	3	8	7	2	112	Acceptable
032201.2.2_3	1	A	4	8	5	4	140	Normal .(R)
032201.2.2_3	1	A	5	8	5	3	120	Acceptable
032201.2.2_3	2	A	1	8	2	3	48	Acceptable
032201.2.2_3	2	A	2	8	7	2	112	Acceptable
032201.2.2_3	2	A	3	8	5	4	140	Normal .(R)
032201.2.3_1	1	A	1	7	4	5	140	Normal .(R)
032201.2.3_1	1	A	2	7	5	5	140	Normal .(R)
032201.2.3_1	1	B	1	6	4	6	140	Normal .(R)
032201.2.3_1	1	B	2	7	5	4	140	Normal .(R)
032201.3.1_1	1	A	1	7	6	4	140	Normal .(R)
032201.3.1_1	1	A	2	8	6	3	140	Normal .(R)
032201.3.1_1	1	A	3	9	4	3	108	Acceptable
032201.3.1_1	1	A	4	9	4	3	108	Acceptable
032201.3.1_2	1	A	1	9	6	5	270	Inacceptable (I)
032201.3.1_2	1	A	2	9	6	5	270	Inacceptable (I)
032201.3.1_2	1	A	3	9	2	2	36	Acceptable
032201.3.1_2	1	A	4	9	2	2	36	Acceptable
032201.3.1_2	2	A	1	9	6	5	270	Inacceptable (I)
032201.3.1_2	2	A	2	9	2	2	36	Acceptable
032201.3.1_2	2	A	3	9	6	5	270	Inacceptable (I)
032201.3.1_2	2	A	4	9	2	2	36	Acceptable
032201.3.1_2	3	A	1	9	6	5	270	Inacceptable (I)
032201.3.1_2	3	A	2	8	1	7	56	Acceptable
032201.3.1_2	3	A	3	10	2	4	80	Acceptable
032201.3.1_3	1	A	1	6	2	3	36	Acceptable
032201.3.1_3	1	A	2	7	7	2	98	Acceptable

032201.3.1_3	1	A	3	7	7	2	98	Acceptable
032201.3.1_3	1	A	4	8	5	4	140	Normal .(R)
032201.3.1_3	1	A	5	8	5	4	140	Normal .(R)
032201.3.1_3	2	A	1	6	2	3	36	Acceptable
032201.3.1_3	2	A	2	7	7	2	98	Acceptable
032201.3.1_3	2	A	3	8	5	4	140	Normal .(R)
032201.3.1_3	2	B	1	8	5	3	120	Acceptable
032201.3.1_3	2	B	2	8	5	4	140	Normal .(R)
032201.3.1_4	1	A	1	9	5	5	225	Inacceptable (I)
032201.3.1_4	1	A	2	9	2	2	36	Acceptable
032201.3.1_4	1	A	3	9	3	5	140	Normal .(R)
032201.3.1_4	1	A	4	6	4	2	48	Acceptable
032201.3.1_5	1	A	1	6	2	3	36	Acceptable
032201.3.1_5	1	A	2	7	7	2	98	Acceptable
032201.3.1_5	1	A	3	7	7	2	98	Acceptable
032201.3.1_5	1	A	4	8	5	4	140	Normal .(R)
032201.3.1_5	1	A	5	8	5	3	120	Acceptable
032201.3.1_5	2	A	1	6	2	3	36	Acceptable
032201.3.1_5	2	A	2	7	7	2	98	Acceptable
032201.3.1_5	2	A	3	8	5	4	140	Normal .(R)
032201.3.1_6	1	A	1	9	6	5	270	Inacceptable (I)
032201.3.1_6	1	A	2	9	2	2	36	Acceptable
032201.3.1_6	1	A	3	9	6	5	270	Inacceptable (I)
032201.3.1_6	1	A	4	9	2	2	36	Acceptable
032201.3.1_6	2	A	1	9	6	5	270	Inacceptable (I)
032201.3.1_6	2	A	2	9	2	2	36	Acceptable
032201.3.1_6	2	A	3	10	2	4	80	Acceptable
032201.3.1_6	2	B	1	9	6	5	270	Inacceptable (I)
032201.3.1_6	2	B	2	9	2	2	36	Acceptable
032201.3.1_6	2	B	3	10	2	4	80	Acceptable
032201.3.1_9	1	A	1	9	2	6	108	Acceptable
032201.3.1_9	1	A	2	10	1	9	90	Acceptable
032201.3.1_9	2	A	1	9	2	8	140	Normal .(R)
032201.3.1_9	2	A	2	10	1	9	90	Acceptable
032201.4.1_1	1	A	1	10	1	8	80	Acceptable
032201.4.1_1	1	A	2	10	1	6	60	Acceptable
032201.4.1_1	1	B	1	10	1	6	60	Acceptable
032201.4.1_1	1	B	2	7	2	4	56	Acceptable
032201.4.1_1	1	C	1	10	1	8	80	Acceptable
032201.4.1_1	1	C	2	10	1	6	60	Acceptable
032201.4.1_1	1	C	3	10	7	5	350	Inacceptable (I)

032201.4.1_1	1	D	1	10	1	6	60	Acceptable
032201.4.1_1	1	D	2	7	2	4	56	Acceptable
032201.5.1_1	1	A	1	8	5	4	140	Normal .(R)
032201.5.1_1	1	A	2	8	6	4	140	Normal .(R)
032201.5.1_1	1	A	3	7	4	4	112	Acceptable
032201.5.1_2	1	A	1	8	5	4	140	Normal .(R)
032201.5.1_2	1	A	2	8	6	4	140	Normal .(R)
032201.5.1_2	1	A	3	7	4	4	112	Acceptable
032201.5.1_4	1	A	1	8	2	3	48	Acceptable
032201.5.1_4	1	A	2	7	5	2	70	Acceptable
032201.5.1_4	1	A	3	7	5	2	70	Acceptable
032201.5.1_4	1	A	4	7	5	4	140	Normal .(R)
032201.5.1_4	1	A	5	7	5	4	140	Normal .(R)
032201.5.1_4	2	A	1	8	2	3	48	Acceptable
032201.5.1_4	2	A	2	7	5	2	70	Acceptable
032201.5.1_4	2	A	3	7	5	4	140	Normal .(R)
032201.6.1_1	1	A	1	7	3	4	84	Acceptable
032201.6.1_1	1	A	2	5	6	5	140	Normal .(R)
032201.6.1_1	2	A	1	7	3	4	84	Acceptable
032201.6.1_1	2	A	2	7	2	4	56	Acceptable
032201.6.1_1	3	A	1	7	3	4	84	Acceptable
032201.6.1_1	3	A	2	7	2	4	56	Acceptable
032201.6.1_7	1	A	1	5	2	4	40	Acceptable
032201.6.1_7	1	A	2	5	8	2	80	Acceptable
032201.6.2_2	1	A	1	8	2	5	80	Acceptable
032201.6.2_2	1	A	2	7	4	5	140	Normal .(R)
032201.6.2_2	1	A	3	7	4	5	140	Normal .(R)
032201.6.2_2	1	A	1	9	1	4	36	Acceptable
032201.6.2_2	1	A	2	9	2	5	90	Acceptable
032201.7.1_1	1	A	1	6	5	3	90	Acceptable
032201.7.1_1	1	A	2	6	4	4	96	Acceptable
032201.7.1_1	1	A	3	7	3	3	63	Acceptable
032201.7.1_1	1	A	4	3	6	2	36	Acceptable
032201.7.1_1	1	B	1	6	5	2	60	Acceptable
032201.7.1_1	1	B	2	6	4	3	72	Acceptable
032201.7.1_1	1	C	1	7	4	5	140	Normal .(R)
032201.7.1_1	1	C	2	7	1	7	49	Acceptable
032201.7.1_1	1	C	3	6	5	2	60	Acceptable
032201.7.1_1	1	C	4	3	6	2	36	Acceptable
032201.7.1_1	2	A	1	5	5	3	75	Acceptable
032201.7.1_1	2	A	2	6	4	4	96	Acceptable

032201.7.1_1	2	A	3	7	3	3	63	Acceptable
032201.7.1_1	2	A	4	3	6	2	36	Acceptable
032201.7.1_1	2	B	1	6	5	3	90	Acceptable
032201.7.1_1	2	B	2	6	4	3	72	Acceptable
032201.7.1_1	2	C	1	7	4	5	140	Normal .(R)
032201.7.1_1	2	C	2	7	1	7	49	Acceptable
032201.7.1_1	2	C	3	5	5	3	75	Acceptable
032201.7.1_1	2	C	4	3	6	2	36	Acceptable
032201.7.1_2	1	A	1	8	5	2	80	Acceptable
032201.7.1_2	1	B	1	4	7	5	140	Normal .(R)
032201.7.1_2	1	B	2	8	5	2	80	Acceptable
032201.7.1_2	1	B	3	8	1	4	32	Acceptable
032201.7.1_2	2	A	1	6	4	3	72	Acceptable
032201.7.1_2	2	A	2	6	4	3	72	Acceptable
032201.7.1_2	2	A	3	3	3	3	27	Acceptable
032201.7.1_2	2	B	1	5	4	4	80	Acceptable
032201.7.1_2	2	B	2	7	6	4	140	Normal .(R)
032201.7.1_3	1	A	1	9	1	7	63	Acceptable
032201.7.1_3	1	A	2	7	6	5	210	Inacceptable (I)
032201.7.1_3	2	A	1	9	1	7	63	Acceptable
032201.7.1_3	2	A	2	7	6	5	210	Inacceptable (I)
032201.7.1_3	3	A	1	9	1	7	63	Acceptable
032201.7.1_3	3	A	2	7	6	5	210	Inacceptable (I)
032201.7.1_7	1	A	1	5	5	3	75	Acceptable
032201.7.1_7	1	A	2	3	5	4	60	Acceptable
032201.7.1_7	1	B	1	6	4	3	72	Acceptable
032201.7.1_7	1	B	2	5	1	4	20	Acceptable
032201.7.1_7	2	A	1	5	5	3	75	Acceptable
032201.7.1_7	2	A	2	5	1	4	20	Acceptable
032201.7.1_7	3	A	1	5	5	3	75	Acceptable
032201.7.1_7	3	A	2	3	5	4	60	Acceptable
032201.7.1_7	3	A	3	5	5	3	75	Acceptable
032201.7.1_7	1	A	1	7	6	4	140	Normal .(R)
032201.7.1_8	1	A	2	6	4	3	72	Acceptable
032201.7.1_8	1	A	3	7	1	5	35	Acceptable
032201.7.1_8	2	A	1	6	5	4	120	Acceptable
032201.7.1_8	2	A	2	7	1	5	35	Acceptable
032201.7.1_8	2	B	1	7	6	4	140	Normal .(R)
032201.7.1_8	2	B	2	7	1	5	35	Acceptable
032201.7.6_1	1	A	1	9	1	3	27	Acceptable
032201.7.6_1	1	A	2	3	6	4	72	Acceptable

032201.7.6_1	1	B	1	8	7	4	224	Inacceptable (I)
032201.7.6_1	1	B	2	9	1	3	27	Acceptable
032201.7.6_1	1	C	1	7	4	3	84	Acceptable
032201.7.6_1	1	C	2	8	3	3	72	Acceptable
032201.7.6_1	1	D	1	7	3	3	63	Acceptable
032201.7.6_1	1	D	2	7	4	3	84	Acceptable
032201.7.6_1	1	D	3	7	4	3	84	Acceptable
032201.7.6_1	1	D	4	7	3	4	84	Acceptable
032201.7.6_1	2	A	1	9	1	3	27	Acceptable
032201.7.6_1	2	A	2	8	7	4	224	Inacceptable (I)
032201.7.6_2	1	A	1	9	1	3	27	Acceptable
032201.7.6_2	1	A	2	3	6	4	72	Acceptable
032201.7.6_2	1	B	1	8	7	4	224	Inacceptable (I)
032201.7.6_2	1	B	2	9	1	3	27	Acceptable
032201.7.6_2	1	C	1	7	4	3	84	Acceptable
032201.7.6_2	1	C	2	8	3	3	72	Acceptable
032201.7.6_2	1	D	1	7	3	3	63	Acceptable
032201.7.6_2	1	D	2	7	4	3	84	Acceptable
032201.7.6_2	1	D	3	7	4	3	84	Acceptable
032201.7.6_2	1	D	4	7	3	4	84	Acceptable
032201.7.6_2	2	A	1	9	1	3	27	Acceptable
032201.7.6_2	2	A	2	8	7	4	224	Inacceptable (I)
032201.7.6_2	2	B	1	9	1	3	27	Acceptable

ANEXO 12. HOJA DE DECISIONES-RCM (TAREAS Y RECURSOS RECOMENDADOS)

Compo nente	REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS							TAREAS "A FALTA DE"			TAREA PROPUESTA	Actividad resultante Usando el árbol lógico	TIPO DE MANTENIMIENTO	A REALIZARSE POR
	F	FF	FM	H	S	E	O	H1	H2	H3	H	H	S				
								S1	S2	S3	4	5	4				
								O1	O2	O3							
								N1	N2	N3							
032201.7.6_2	2	1	2	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Renovar la válvula divisoras de 6 vías con regularidad.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.
032201.7.6_2	2	1	2	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Validar el porcentaje de salida de las válvulas divisoras de 6 vías de manera continua y anticipar alteraciones de acuerdo con el flujo de salida.	Tarea a condición	Basado en la condición	Supervisores
032201.7.6_2	1	2	1	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Renovar la válvula divisoras de 6 vías con regularidad.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.
032201.7.6_2	1	2	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Validar el porcentaje de salida de las válvulas divisoras de 6 vías de manera continua y anticipar alteraciones de acuerdo con el flujo de salida.	Tarea a condición	Basado en la condición	Supervisores
032201.7.6_1	2	1	2	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Renovar la válvula divisoras de 2 vías con regularidad.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.
032201.7.6_1	2	1	2	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Validar el porcentaje de salida de las válvulas divisoras de 2 vías periódicamente y anticipar un cambio de acuerdo con el flujo de salida.	Tarea a condición	Basado en la condición	Supervisores
032201.7.6_1	1	2	1	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Renovar la válvula divisoras de 2 vías con regularidad.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.
032201.7.6_1	1	2	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Validar el porcentaje de salida de las válvulas divisoras de 2 vías periódicamente y anticipar un cambio de acuerdo con el flujo de salida.	Tarea a condición	Basado en la condición	Supervisores

032201.7.1_8	2	2	1	S	N	N	N	N	N	S	-	-	-	Cambiar los filtros duplex de manera frecuente.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánico s.
032201.7.1_8	2	2	1	S	N	N	N	S	-	-	-	-	-	Revisar la presión antes y después del filtro duplex y programar un cambio según su condición.	Tarea a condición	Basado en la condición	Mecánico s.
032201.7.1_7	1	1	1	S	N	N	N	N	N	S	-	-	-	Cambiar los filtros duplex de manera frecuente.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánico s.
032201.7.1_7	1	1	1	S	N	N	N	S	-	-	-	-	-	Revisar la presión antes y después del filtro duplex y programar un cambio según su condición.	Tarea a condición	Basado en la condición	Mecánico s.
032201.7.1_3	2	2	2	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Cambiar las bombas de baja presión del subsistema de recirculación de manera frecuente.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánico s.
032201.7.1_3	1	2	1	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Limpiar el tanque de lubricación y desprender las partículas asentadas de manera frecuente.	Sustitución cíclica	Preventivo	preventivo
032201.7.1_3	1	2	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Hacer un análisis de aceite del tanque de lubricación y renovarlo de acuerdo con su estado.	Tarea a condición	Basado en la condición	Predictivo .
032201.7.1_2	2	2	2	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Cambiar las bombas de baja presión del subsistema de recirculación de manera frecuente.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánico s.
032201.7.1_2	1	2	1	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Limpiar el tanque de lubricación y desprender las partículas asentadas de manera frecuente.	Sustitución cíclica	Preventivo	Lubricación.
032201.7.1_2	1	2	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Hacer un análisis de aceite del tanque de lubricación y renovarlo de acuerdo con su estado.	Tarea a condición	Basado en la condición	Predictivo .
032201.7.1_1	1	3	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Vigilar regularmente las temperaturas de ingreso y salida tanto del aceite como del agua en el intercambiador de calor.	Tarea a condición	Basado en la condición	Mecánico s.
032201.7.1_1	1	3	1	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Cambiar el intercambiador de calor de manera frecuente.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánico s.
032201.7.1_1	1	3	1	S	N	N	S	S	-	-	-	-	-	Vigilar regularmente las temperaturas de ingreso y salida tanto del aceite como del agua en el intercambiador de calor.	Tarea a condición	Basado en la condición	Mecánico s.
032201.6.2_2	1	1	3	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Renovar los lifters de levante magnético de manera regular.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánico s.

032201.6.2_2	1	1	2	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	Validar protocolo e informe técnico de instalación de los lifters de levante magnético y corroborar parámetros de instalación.	Tarea de búsqueda de fallas	detectivo	Superviso res.
032201.6.1_1	1	1	2	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Cambiar la parrilla de descarga del molino de manera frecuente.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánico s.
032201.6.1_1	1	1	2	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Controlar de manera regular la descarga del molino y comprobar que la parrilla de descarga no esté rota o exista excesiva descarga de billas con el diámetro relativamente grande.	Tarea a condición	Basado en la condición	Mecánico s.
032201.5.1_4	1	1	5	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Se debe inspeccionar los dispositivos de apriete de los sellos Y&V de manera frecuente y cambiar aquellos que no sujeten los sellos de manera correcta.	Tarea a condición	Basado en la condición	Mecánico s.
032201.5.1_4	2	1	3	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Se debe cambiar los dispositivos de apriete de los sellos Y&V cada que cambiemos los sellos Y&V del molino, sin exepción.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánico s.
032201.5.1_4	1	1	4	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Se debe cambiar los dispositivos de apriete de los sellos Y&V cada que cambiemos los sellos Y&V del molino, sin exepción.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánico s.
032201.5.1_2	1	1	2	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Renovar los sellos V de manera regular.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánico s.
032201.5.1_2	1	1	2	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Inspeccionar los sellos V de manera frecuente y detectar fugas, según condición programar su cambio.	Tarea a condición	Basado en la condición	Mecánico s.
032201.5.1_2	1	1	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Validar protocolo e informe técnico de instalación de los sellos Y&V y corroborar parámetros de instalación.	Tarea a condición	Basado en la condición	Superviso res.
032201.5.1_1	1	1	2	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Renovar los sellos Y de manera regular.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánico s.
032201.5.1_1	1	1	2	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Inspeccionar los sellos Y de manera frecuente y detectar fugas, según condición programar su cambio.	Tarea a condición	Basado en la condición	Mecánico s.

032201.5.1_1	1	1	1	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	Validar protocolo e informe técnico de instalación de los sellos Y&V y corroborar parámetros de instalación.	Tarea de búsqueda de fallas	detectivo	Supervisores.
032201.4.1_1	1	3	3	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Según la aparición de fisuras, se puede instalar parches en el MCR del molino con el fin de evitar el crecimiento de estas.	Tarea a condición	Basado en la condición	Mecánicos.
032201.4.1_1	1	3	3	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	Realizar un análisis de falla, detectar posibles causas de fisuras en el MCR y actuar según análisis del equipo.	Tarea de búsqueda de fallas	detectivo	Supervisores.
032201.4.1_1	1	3	3	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Inspeccionar el MCR de manera frecuente mediante líquidos penetrantes con el fin de detectar la aparición y crecimiento de fisuras.	Tarea a condición	Basado en la condición	Predictivo.
032201.3.1_9	1	1	1	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Corregir el backing rubber cada vez que se renueve los liners del shell del molino.	Tarea reacondicionamiento cíclico	Preventivo	Mecánicos.
032201.3.1_6	2	2	1	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Renovar los liners del shell del molino de manera regular.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.
032201.3.1_6	2	1	1	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Renovar los liners del shell del molino de manera regular.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.
032201.3.1_6	2	1	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Escanear los liners del shell del molino y anticipar el cambio de estos de acuerdo con el grosor mínimo aceptable por el usuario.	Tarea a condición	Basado en la condición	Predictivo.
032201.3.1_6	1	1	3	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	Se debe realizar un estudio causa raíz del problema y determinar si el diseño de los liners de las tapas del molino (material) es el correcto así como las condiciones de operación y proceder de acuerdo con análisis.	Tarea de búsqueda de fallas	detectivo	Supervisores
032201.3.1_6		1	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Escanear los liners del shell del molino y anticipar el cambio de estos de acuerdo con el grosor mínimo aceptable por el usuario.	Tarea a condición	Basado en la condición	Predictivo.
032201.3.1_6																	

032201.3.1_5	2	1	3	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Se debe cambiar los pernos de los liners del filler ring cada que cambiemos los liners del filler ring del molino, sin exepción.	Sustitución cíclica	Preventivo	detectivo
032201.3.1_5	1	1	4	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Se debe cambiar los pernos de los liners del filler ring cada que cambiemos los liners del filler ring del molino, sin exepción.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.
032201.3.1_4	1	1	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Escanear los liners del filler ring y predecir el cambio de estos de acuerdo con el espesor mínimo aceptable por el usuario.	Tarea a condición	Basado en la condición	Predictivo .
032201.3.1_4	1	1	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Escanear los liners del filler ring y predecir el cambio de estos de acuerdo con el espesor mínimo aceptable por el usuario.	Tarea a condición	Basado en la condición	Predictivo .
032201.3.1_4	1	1	1	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Renovar los liners del filler ring del molino de manera regular.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.
032201.3.1_3	2	2	2	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Se debe inspeccionar los pernos de los liners de las tapas del molino de manera frecuente y cambiar aquellos pernos rotos o desajustados que muestren fuga de pulpa.	Tarea a condición	Basado en la condición	Mecánicos.
032201.3.1_3	2	1	3	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Se debe cambiar los pernos de los liners de las tapas del molino cada que cambiemos los liners de las tapas del molino, sin exepción.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.
032201.3.1_3	1	1	5	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Se debe inspeccionar los pernos de los liners de las tapas del molino de manera frecuente y cambiar aquellos pernos rotos o desajustados que muestren fuga de pulpa.	Tarea a condición	Basado en la condición	Mecánicos.
032201.3.1_3	1	1	4	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Se debe cambiar los pernos de los liners de las tapas del molino cada que cambiemos los liners de las tapas del molino, sin exepción.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.
032201.3.1_2	3	1	1	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Cambiar los liners de las tapas del molino de manera frecuente.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.

032201.3.1_2	3	1	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Escanear los liners de las tapas del molino y anticipar el cambio de estos de acuerdo con el grosor mínimo aceptable por el usuario.	Tarea a condición	Basado en la condición	Predictivo .
032201.3.1_2	2	1	3	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	Se debe realizar un estudio causa raíz del problema y determinar si el diseño de los liners de las tapas del molino (material) es el correcto así como las condiciones de operación y proceder de acuerdo con análisis.	Tarea de búsqueda de fallas	detectivo	Supervisores
032201.3.1_2	2	1	1	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Cambiar los liners de las tapas del molino de manera frecuente.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.
032201.3.1_2	2	1	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Escanear los liners de las tapas del molino y anticipar el cambio de estos de acuerdo con el grosor mínimo aceptable por el usuario.	Tarea a condición	Basado en la condición	Predictivo .
032201.3.1_2	1	1	1	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Cambiar los liners de las tapas del molino de manera frecuente.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.
032201.3.1_2	1	1	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Escanear los liners de las tapas del molino y anticipar el cambio de estos de acuerdo con el grosor mínimo aceptable por el usuario.	Tarea a condición	Basado en la condición	Supervisores
032201.3.1_2	1	1	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Escanear los liners de las tapas del molino y anticipar el cambio de estos de acuerdo con el grosor mínimo aceptable por el usuario.	Tarea a condición	Basado en la condición	Predictivo .
032201.3.1_1	1	1	2	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	Validar protocolo e informe técnico de instalación de los liners del trunnion de alimentación y revisar parámetros de instalación.	Tarea de búsqueda de fallas	detectivo	Supervisores
032201.3.1_1	1	1	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Inspeccionar con ultrasonido los liners del trunnion de alimentación y predecir el cambio de estos de acuerdo al grosor mínimo aceptable por el usuario.	Tarea a condición	Basado en la condición	Predictivo .
032201.2.3_1	1	2	2	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Renovar las bombas de engranajes, los motores eléctricos de alta presión y las válvulas divisoras de 2 y 6 vías periódicamente.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos

032201.2.3_1	1	2	1	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	Validar protocolo e informe técnico de instalación de los rodillos de la guía axial y examinar parámetros de instalación.	Tarea de búsqueda de fallas	detectivo	Supervisores
032201.2.3_1	1	1	2	N	-	-	-	N	N	N	N	N	-	No hay mantenimiento proactivo, se debe renovar el radiador a la falla.	A la falla.	correctivo	Eléctricos.
032201.2.3_1	1	1	1	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	Validar protocolo e informe técnico de instalación de los rodillos de la guía axial y examinar parámetros de instalación.	Tarea de búsqueda de fallas	detectivo	Supervisores
032201.2.2_3	2	1	3	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Cambiar lo pernos cada vez que se cambian los PAD's del molino.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.
032201.2.2_3	1	1	4	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Cambiar lo pernos cada vez que se cambian los PAD's del molino.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.
032201.2.2_2	2	1	2	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Renovar las bombas de engranajes, los motores eléctricos de alta presión y las válvulas divisoras de 2 y 6 vías periódicamente.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.
032201.2.2_2	2	1	1	N	-	-	-	N	N	N	N	N	-	No hay mantenimiento proactivo, se debe renovar el radiador a la falla.	A la falla.	correctivo	Eléctricos.
032201.2.2_2	1	2	3	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Hacer un análisis de aceite del tanque de lubricación y renovarlo de acuerdo con su estado.	Tarea a condición	Basado en la condición	Predictivo.
032201.2.2_2	1	1	6	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Hacer un análisis de aceite del tanque de lubricación y renovarlo de acuerdo con su estado.	Tarea a condición	Basado en la condición	Predictivo.
032201.2.2_2	1	1	4	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Ningún mantenimiento proactivo, Renovar el motor de alta presión cuando este funcione incorrectamente.	Sustitución cíclica	Preventivo	Eléctricos.
032201.2.2_2	1	1	3	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Renovar la bomba de engranajes de alta presión con regularidad.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.
032201.2.2_2	1	1	2	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Renovar la bomba de engranajes de alta presión con regularidad.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.
032201.2.2_2	1	1	1	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Renovar la válvula divisoras de 6 vías con regularidad.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.

032201.2.2_1	4	1	2	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	Validar protocolo e informe técnico de instalación de Pad's y verificar parámetros de instalación.	Tarea de búsqueda de fallas	detectivo	Supervisores
032201.2.2_1	4	1	1	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	Validar protocolo e informe técnico de instalación de Pad's y verificar parámetros de instalación.	Tarea de búsqueda de fallas	detectivo	Supervisores
032201.2.2_1	3	1	2	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Renovar las bombas de engranajes, los motores eléctricos de alta presión y las válvulas divisoras de 2 y 6 vías periódicamente.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.
032201.2.2_1	3	1	1	N	-	-	-	N	N	N	N	N	-	Nada de mantenimiento proactivo, se debe renovar el radiador a la falla.	A la falla.	correctivo	Eléctricos.
032201.2.2_1	2	2	3	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Hacer un análisis de aceite del tanque de lubricación y renovarlo de acuerdo con su estado.	Tarea a condición	Basado en la condición	Predictivo.
032201.2.2_1	2	1	6	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Hacer un análisis de aceite del tanque de lubricación y renovarlo de acuerdo con su estado.	Tarea a condición	Basado en la condición	Predictivo.
032201.2.2_1	2	1	4	N	-	-	-	N	N	N	N	N	-	Ningún mantenimiento proactivo, Renovar el motor de alta presión cuando este funcione incorrectamente.	A la falla.	correctivo	Eléctricos.
032201.2.2_1	2	1	3	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Renovar la bomba de engranajes de alta presión con regularidad.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.
032201.2.2_1	2	1	2	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Renovar la bomba de engranajes de alta presión con regularidad.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.
032201.2.2_1	2	1	1	S	N	N	S	N	N	S	-	-	-	Renovar la válvula divisoras de 6 vías con regularidad.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.
032201.2.2_1	1	1	2	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	Validar protocolo e informe técnico de instalación de Pad's y verificar parámetros de instalación.	Tarea de búsqueda de fallas	detectivo	Supervisores
032201.2.2_1	1	1	1	N	-	-	-	N	N	N	S	-	-	Validar protocolo e informe técnico de instalación de Pad's y verificar parámetros de instalación.	Tarea de búsqueda de fallas	detectivo	Supervisores

032201.1.3_3	2	1	3	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Cambiar los pernos de sujeción junto con el cambio del sello sandwich de manera frecuente.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánico s.
032201.1.3_3	2	1	3	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Cambiar lo pernos cada vez que se cambian los PAD's del molino.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánico s.
032201.1.3_3	1	1	4	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Cambiar lo pernos cada vez que se cambian los PAD's del molino.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánico s.
032201.1.3_3	3	1	1	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Renovar el sello recto interno de caucho regularmente.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánico s.
032201.1.3_3	2	1	1	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Renovar el sello recto interno de caucho regularmente.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánico s.
032201.1.3_3	1	1	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Compruebe con regularidad que no haya fugas en el sellorecto interno de caucho.	Tarea a condición	Basado en la condición	Mecánico s.
032201.1.3_1	2	1	2	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Renovar el sello cónico cerámico regularmente.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánico s.
032201.1.3_1	1	1	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Compruebe periódicamente que no haya filtración en el sello cónico cerámico.	Tarea a condición	Basado en la condición	Mecánico s.
032201.1.2_3	1	1	4	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Inspeccionar los liners cerámicos cada que aperturemos el chute de alimentación y cambiarlos según su condición.	Tarea a condición	Basado en la condición	Mecánico s.
032201.1.2_3	1	1	3	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Cambiar los liners cerámicos del chute de alimentación de manera frecuente.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánico s.
032201.1.2_3	1	1	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Inspeccionar los liners cerámicos cada que aperturemos el chute de alimentación y cambiarlos según su condición.	Tarea a condición	Basado en la condición	Mecánico s.
032201.1.2_1	2	1	4	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Renovar el sello sandwich regularmente.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánico s.
032201.1.2_1	2	1	2	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Revise los liners de caucho cada vez que iniciemos el chute de alimentación y cámbielos de acuerdo con su estado.	Tarea a condición	Basado en la condición	Mecánico s.
032201.1.2_1	1	2	2	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Renovar el sello sandwich regularmente.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánico s.

032201.1.1_3	2	1	2	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Renovar el manguerote con regularidad.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.
032201.1.1_3	2	2	1	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Compruebe los pernos del maguerote con regularidad, ajústelos o cámbielos si es necesario.	Tarea a condición	Basado en la condición	Mecánicos.
032201.1.1_3	1	2	3	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Renovar el manguerote con regularidad.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.
032201.1.1_3	1	2	2	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Compruebe los pernos del maguerote con regularidad, ajústelos o cámbielos si es necesario.	Tarea a condición	Basado en la condición	Mecánicos.
032201.1.1_3	1	2	2	N	-	-	-	S	-	-	-	-	-	Compruebe los pernos del maguerote con regularidad, ajústelos o cámbielos si es necesario.	Tarea a condición	Basado en la condición	Mecánicos.
032201.1.1_2	3	1	2	N	-	-	-	N	N	S	-	-	-	Renovar la dona.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.
032201.1.1_2	2	1	2	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Rotar la dona 180°.	Tarea reacondicionamiento cíclico	Preventivo	Mecánicos.
032201.1.1_2	1	1	2	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Rotar la dona 180°.	Tarea reacondicionamiento cíclico	Preventivo	Mecánicos.
032201.1.1_1	3	1	2	N	-	-	-	N	S	-	-	-	-	Rotar el inserto del housing 180 grados.	Tarea reacondicionamiento cíclico	Preventivo	Mecánicos.

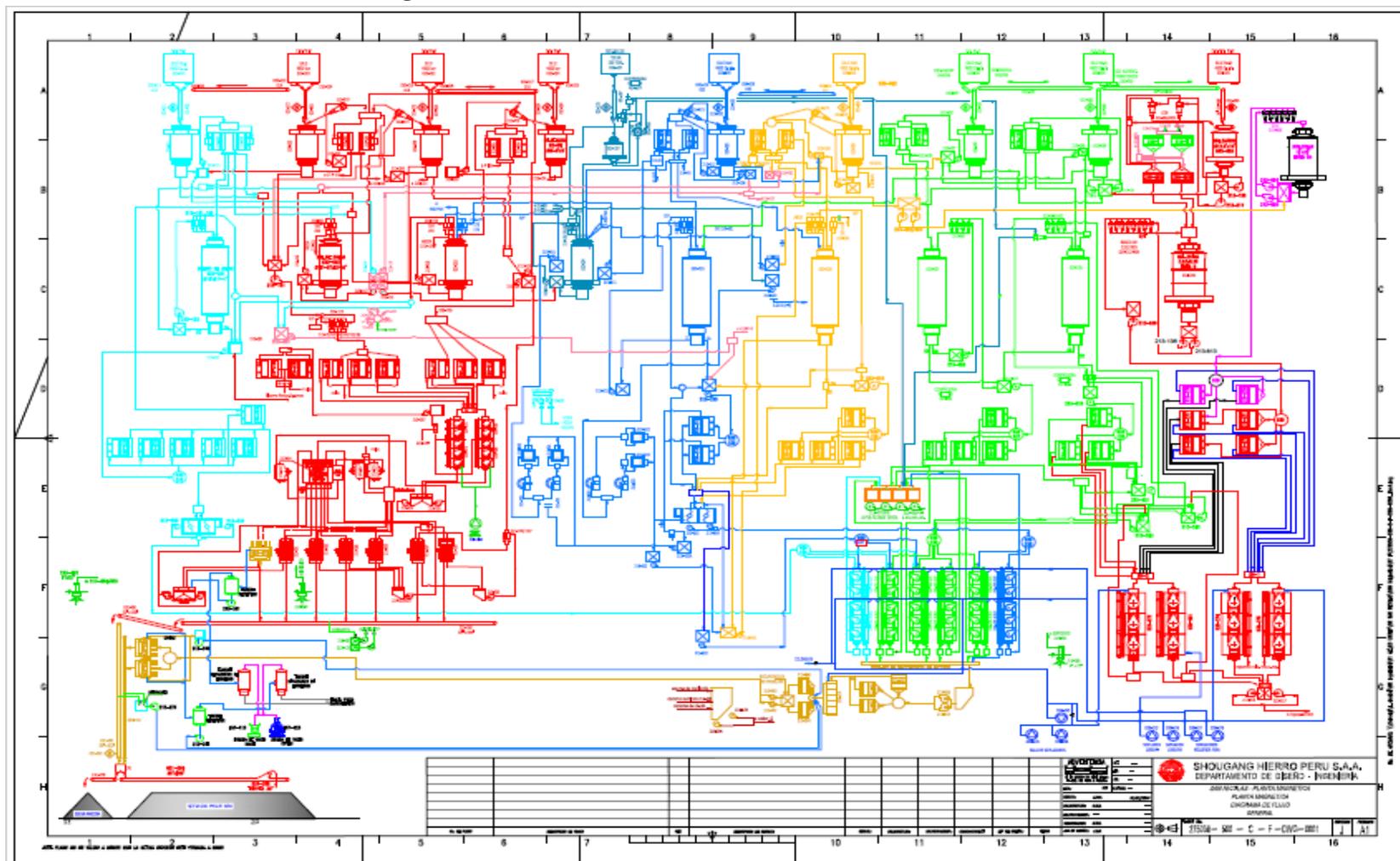
ANEXO 13: PLAN-PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO

Sistema	COMPONENTE	REF DE FALLAS			TAREA PROPUESTA	Actividad resultante Usando el árbol lógico	TIPO DE MANTENIMIENTO	A REALIZARSE POR	FRECUENCIA DE ACTUACIÓN															
		F	F	F					M	En Fallas	Correctivo	2 DÍ A	7 DÍ A	2 ME S	3 ME S	4 ME S	6 ME S	12 ME S	14 ME S	18 ME S	28 ME S	36 ME S	48 ME S	
Sistema de lubricación	Divisores de flujo de 6 vías	2	1	2	Reemplazar las válvulas divisoras de 6 vías frecuentemente.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.												X				
Sistema de lubricación	Divisores de flujo de 6 vías	2	1	2	Validar el porcentaje de salida de las válvulas divisoras de 6 vías de manera continua y anticipar alteraciones de acuerdo con el flujo de salida.	Tarea a condición	Basado en la condición	Supervisores			X													
Sistema de lubricación	Divisores de flujo de 6 vías	1	2	1	Renovar la válvula divisoras de 6 vías con regularidad.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.												X				
Sistema de lubricación	Divisores de flujo de 6 vías	1	2	1	Validar el porcentaje de salida de las válvulas divisoras de 6 vías de manera continua y anticipar alteraciones de acuerdo con el flujo de salida.	Tarea a condición	Basado en la condición	Supervisores			X													
Sistema de lubricación	Divisores de flujo de 2 vías	2	1	2	Renovar la válvula divisoras de 2 vías con regularidad.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.									X							
Sistema de lubricación	Divisores de flujo de 2 vías	2	1	2	Validar el porcentaje de salida de las válvulas divisoras de 2 vías periódicamente y anticipar un	Tarea a condición	Basado en la condición	Supervisores			X													

Sistema de descarga de molinos	Lifters de levante magnético	1	1	2	Validar protocolo e informe técnico de instalación de los lifters de levante magnético y corroborar parámetros de instalación.	Tarea de búsqueda de fallas	detectivo	Supervisores.	X											
Sistema de descarga de molinos	Parrilla de descarga (spider)	1	1	2	Cambiar la parrilla de descarga del molino de manera frecuente.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.							X					
Sistema de descarga de molinos	Parrilla de descarga (spider)	1	1	2	Controlar de manera regular la descarga del molino y comprobar que la parrilla de descarga no esté rota o exista excesiva descarga de billas con el diámetro relativamente grande.	Tarea a condición	Basado en la condición	Mecánicos.				X								
Sistema de obturación de la carcasa	Dispositivos de apriete	1	1	5	Se debe inspeccionar los dispositivos de apriete de los sellos Y&V de manera frecuente y cambiar aquellos que no sujeten los sellos de manera correcta.	Tarea a condición	Basado en la condición	Mecánicos.			X									
Sistema de obturación de la carcasa	Dispositivos de apriete	2	1	3	Se debe cambiar los dispositivos de apriete de los sellos Y&V cada que cambiemos los sellos Y&V del molino, sin excepción.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.									X			
Sistema de obturación de la carcasa	Dispositivos de apriete	1	1	4	Se debe cambiar los dispositivos de apriete de los sellos Y&V cada que cambiemos los sellos Y&V del molino, sin excepción.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.									X			
Sistema de obturación de la carcasa	Sellos V	1	1	2	Renovar los sellos V de manera regular.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.									X			
Sistema de obturación	Sellos V	1	1	2	Inspeccionar los sellos V de manera frecuente y detectar	Tarea a condición	Basado en la	Mecánicos.			X									

de la carcasa				fugas, según condición programar su cambio.		condición														
Sistema de obturación de la carcasa	Sellos Y	1	1	2	Renovar los sellos Y de manera regular.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.												X
Sistema de obturación de la carcasa	Sellos Y	1	1	2	Inspeccionar los sellos Y de manera frecuente y detectar fugas, según condición programar su cambio.	Tarea a condición	Basado en la condición	Mecánicos.			X									
Sistema de obturación de la carcasa	Sellos Y	1	1	1	Validar protocolo e informe técnico de instalación de los sellos Y&V y corroborar parámetros de instalación.	Tarea de búsqueda de fallas	detectivo	Supervisores.	X											
Sistema Gearless	MCR (Motor Carrier Ring - brida)	1	3	3	Realizar un análisis de falla, detectar posibles causas de fisuras en el MCR y actuar según análisis del equipo.	Tarea de búsqueda de fallas	detectivo	Supervisores.	X											
Sistema Gearless	MCR (Motor Carrier Ring - brida)	1	3	3	Inspeccionar el MCR de manera frecuente mediante líquidos penetrantes con el fin de detectar la aparición y crecimiento de fisuras.	Tarea a condición	Basado en la condición	Predictivo.				X								
Sistema de revestimiento interior	Bucking rubber	1	1	1	Arreglar el backing rubber cada vez que se renueve los liners del shell del molino.	Tarea reacondicionamiento cíclico	Preventivo	Mecánicos.												X
Sistema de revestimiento interior	Liners de shell	2	2	1	Renovar los liners del shell del molino de manera regular.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.												X
Sistema de revestimiento interior	Liners de shell	2	1	1	Renovar los liners del shell del molino de manera regular.	Sustitución cíclica	Preventivo	Mecánicos.												X

Anexo 14. FLOUSHED Planta Magnética- Unidad Minera



Anexo 15: Procedimiento de Operación y Mantenimiento

INSTALLATION - OPERATION - MAINTENANCE

INSTRUCTIONS

AND

PARTS LIST

FOR

NORDBERG GRINDING MILLS

AT

MARCONA MINING COMPANY

SAN NICOLAS, PERU, S.A.

THE INSTRUCTIONS HEREIN PERTAIN TO THE FOLLOWING MILLS:

NO. REQ'D.	GRINDING MILL		NORDBERG		MARCONA
	SIZE	TYPE	W.O.	SER.NO.	P.O.
2	41'0" x 41'-0"	Single Compartment Wet Ball Mill	6030-0163	GM 441 GM 442	A-11011

DRIVE:

Trunnion Central at Discharge End

MILL ROTATION:

Counterclockwise (Viewing Feed End)

MOTOR (Furnished by Customer):

4400 HP-514 RFX - Synchronous

TABLE OF CONTENTS (Continued)

LUBRICATION

Trunnion Bearings
Trunnion Bearing Seals
Air Power Hydraulic Lift
Bearing Temperature Indicator
Circulating Oil System with Heater
Flexible Coupling

MAINTENANCE

Initial Operation
Trunnion Bearings
Trunnion Bearing Seals
Mill Shell Internal Parts

PARTS LIST

Instructions for Ordering Repair Parts and Service
Parts List
Assembly Drawings

ACCESSORIES

Manufacturer's Instructions and
Parts Lists for Components not manufactured by Nordberg

NORDBERG MANUFACTURING CO.
MILWAUKEE, WISCONSIN 53201

GRINDING MILL INSTRUCTIONS
TABLE OF CONTENTS - 2.

LUBRICATION

TRUNNION BEARINGS

Reference Drawing: Trunnion Bearing Assembly

Trunnion bearings are equipped with a circulating oil system, a hydraulic lift system, and temperature indicator. The description of operation for each system is covered on individual instruction sheets and drawings.

As a secondary system, oil buckets are bolted to and rotate with the trunnion. These buckets lift oil from the bearing sump and discharge it onto the trunnion. Oil is directed to the rubbing surfaces by an oil pan mounted on the bearing swivel.

The oil used should be of the type described by the oil companies as Mild EP Industrial Gear Lubricant. For normal operation, corresponding to bearing temperatures from 70° to 140° F., the lubricant should have a viscosity of 400 to 500 SSU at 100° F and 63 or higher SSU at 210° F. The oil with its EP additives must be compatible with the metals used in grinding mill bearings (bronze, babbitt, cast iron and steel).

Most major oil companies can supply a standard product meeting the above specification. We do not provide a list of preferred brand names, but will be happy to comment on any specific product selected by the customer.

Consult Nordberg Manufacturing Company for special recommendations, (supply full information and data), when operating under abnormal conditions such as when handling hot materials or when operating in the Arctics or Tropics.

Fill trunnion bearing bases with oil until the level reaches the scribe mark on the gauge glass. For the quantity of oil required for each bearing see Trunnion Bearing Assembly drawing.

• Keep oil level within 1/2" of scribe mark on gauge glass. Add oil as necessary.

Avoid operating on oil that is dirty or gritty or has lost its body. When oil is replaced, sludge should be cleaned from the oil sump. Oil should be drained and replaced at least once a year (oftener if oil becomes contaminated).

NORDBERG MANUFACTURING CO.
MILWAUKEE, WISCONSIN 53201

GRINDING MILL INSTRUCTIONS
Page L-06-07-01, REV. A

LUBRICATION

TRUNNION BEARING SEALS

Ref. Drawing: Trunnion Bearing Assembly

Trunnion bearings are equipped with dual seals. The inner seal retains the oil in the bearing housing and the outer seal protects the inner seal from dirt and foreign material which would cause premature seal wear.

The space between the seals must be kept filled with grease to furnish lubrication for the outer seal and provide a barrier against dirt infiltration. The space should be hand packed with grease whenever seals are installed or replaced and additional grease should be added periodically through four hydraulic fittings on each bearing.

Use a calcium complex or lithium base grease with a NLGI No. 0 or 1 consistency. The grease must be compatible with the bearing lube oil. It should also have a dropping point of at least 300° F and should contain rust oxidation inhibitors. EP greases are not required but can be used if they meet the above requirements.

Exact relubrication periods cannot be stated here--they depend on operating conditions, condition of seals, etc. For initial operation, check seals daily. Inner seals should be inspected through the inspection covers in the bearing cap. Add grease only as necessary to keep the seal surfaces coated, but do not over-grease causing lubricant to flow under the inner seal. A slight outward seepage is desirable to carry dirt away from seal surfaces.

After mill is in operation a definite relubrication schedule can be established to replace the daily inspection.

Note that the grease is not used to retain oil in the bearing housing and additional grease will not correct oil leakage due to a worn or incorrectly installed inner seal.

The grease chamber should be cleaned and repacked at least once a year, or oftener if grease becomes loaded with excessive dirt. Excessive dirt and foreign matter trapped by the grease will cause wear of the inner seal and the polished seal surfaces on the trunnion.

NORDBERG MANUFACTURING CO.
MILWAUKEE 1, WISCONSIN

GRINDING MILL INSTRUCTIONS
PAGE L-08-03-01 Rev. B

LUBRICATION

AIR POWER HYDRAULIC LIFT ASSEMBLY - DESCRIPTION OF OPERATION

Reference Drawing: GM-8417A

The air power hydraulic lift assembly is designed to force oil into the load area of the trunnion bearings to establish an oil film before mill start-up. Solenoid air valves control the operation of an air-operated lubricant pump on each bearing. The mill start-up sequence should be arranged so this system will operate for at least two minutes before the mill motor is allowed to start. After the mill has started, the high pressure pumps should be shut off--they are not designed for continuous operation.

Pressure switches are provided to indicate normal operation of the system. It is impossible to calculate the break-loose pressure required to pre-lubricate a bearing. This pressure is dependent on the time that the mill has been idle and how much of the residual oil film has been squeezed out of the bearing. The pressure switches are therefore designed to bracket the range of pressures at which the bearing will normally break loose.

The low pressure switch actuates at 150 PSI; the high pressure switch actuates at 3500 PSI. The bearing will normally break loose at some pressure below 3000 PSI; therefore, the high pressure switch is set to indicate an abnormally high pressure caused by a blocked oil line. The low pressure switch will indicate abnormally low pressures caused by an open connection in the oil line, lack of oil at the pump or internal malfunction within the pump.

The wiring schematic shown on the drawing should be followed for a manual start-up program where the operator is trained to observe the correct functioning of each portion of the program.

For a fully automatic starting program, the pressure switches should be energized by the contacts for the solenoid air valve. The low pressure switch, Item 16, should actuate a two minute time delay relay. The mill can be started at the end of this two minute period. The high pressure switch, Item 17, should interrupt and reset the two minute relay and prevent starting of the mill when extreme high pressures are experienced.

If the mill controls include an inching device the same interlocks should be used so that the mill cannot be inched before the hydraulic lift system has operated for at least two minutes.

Timers, Items 14 and 15, are provided to operate hydraulic lift pumps automatically after mill shut down to maintain bearing lubrication while mill shell cools and contracts. Timer operation is controlled by pilot contacts in the mill motor switch gear. Contacts must be closed when mill motor is running and open to start interval timer when mill is shut down. Interval timer will energize cycle timer for approximately 10 hours pre-set on dial. Cycle timer will open solenoid valve for 1 minute every 15 minutes to operate pump. Make electrical connections per Assembly drawing. For wiring diagrams of timers, see Accessories.

CAUTION: The power hydraulic lift system should be locked out or an adequate brake should be provided whenever maintenance work is being performed on the mill because a mill at rest in an unbalanced condition will often roll back when the hydraulic lift operates.

LUBRICATION

BEARING TEMPERATURE INDICATOR - DESCRIPTION OF OPERATION

Reference Drawing: Bearing Temperature Indicator Assembly

Each trunnion bearing is furnished with a Bearing Temperature Indicator Assembly. The probe is mounted in a protective well in the swivel and the thermistor controller is mounted at the mill control panel or other protected location suitable to plant layout within 200 feet of bearings.

The thermistor controller contains a switch actuated by a signal from the thermistor probe when the trunnion bearings reach a temperature pre-set on controller dial.

The customer is to provide high temperature warning device and connections from contacts on the trunnion bearing to controller and from controller to high temperature warning device. When the alarm is actuated the mill operator should start shut-down sequence as soon as possible. Do not continue to operate mill if high temperature warning device has been actuated.

For schematic wiring diagram see Bearing Temperature Indicator Assembly drawing and Fenwal Unit Thermistor Controller Instructions under Accessories.

NORBERG MANUFACTURING CO.
MILWAUKEE, WISCONSIN 53201

GRINDING MILL INSTRUCTIONS
PAGE 1-14-06-01 REV. B

LUBRICATION

Circulating Oil System with Heater - Description of Operation

Reference Drawing: Circulating Oil System with Heater

The circulating oil system furnished with each trunnion bearing includes a heater located in a suction pipe mounted in the bearing base. When the positive displacement gear type pump is running, oil is drawn through the suction pipe over the heater coils. This design provides a positive flow of oil around the heater coils at all times and prevents carbonization of oil. The heaters and pump motors should be wired in an electrical circuit which will prevent the heaters from energizing when the pump is not running. The heater with integral thermostat is set at 100° F.

The heaters are designed to provide warm oil to the pumps, filters and bearing surfaces when starting the mill at reduced oil reservoir temperatures. As soon as the low pressure pump is running, the heaters will energize and operate automatically until the integral thermostat set point is reached. The heaters will not ordinarily operate during continuous running at stabilized temperatures.

The circulating system is designed so that the only pressure developed is the pressure drop across the filter, plus the necessary head to pump the oil to the free discharging oil distributor in the bearing cap. This distributor covers the entire width of the trunnion, thereby depositing an even flow of oil over the bearing surface.

During normal operation the oil flows from the pump through the filter, flow indicator, flow sight to the oil distributor in the cap.

The flow indicator should be wired to customer's alarm. When the flow indicator alarm is activated it indicates that the pump is not delivering the full flow of filtered oil. The operator should go to the indicated bearing and observe the flow sight.

If oil flow through the flow sight can be seen, a dirty filter is indicated. When the pressure across the filter is 20 PSI, a relief valve will permit oil to flow in a by-pass line around the filter. When the relative flow through the flow indicator is one-half of the initial flow, the micro-switch should be set to actuate customer's alarm. The mill may continue to operate and the operator should schedule replacement or cleaning of the felt discs in the filter at the next shut-down.

NORDBERG MANUFACTURING CO.
MILWAUKEE, WISCONSIN 53201

GRINDING MILL INSTRUCTIONS
Page I-14-01-01, REV. A

If no oil flow is indicated in the visual sight, a break or open connection in the line or a pump failure is indicated. Immediately check the bearing through the inspection door in bearing cap to determine that the oil buckets are operating properly. Mill operation may continue only if a continuous oil pool is maintained in the swivel oil pocket on the down-running side of the trunnion.

Operation of the mill with the oil buckets only should be considered an emergency condition and oil delivery must be carefully watched at all times. The mill should be shut down as soon as possible until the circulating oil flow has been re-established.

NORDBERG MANUFACTURING CO.
MILWAUKEE, WISCONSIN 53201

GRINDING MILL INSTRUCTIONS
Page L-14-C1-02, REV. A

LUBRICATION

FLEXIBLE COUPLING:

After initial filling, coupling requires no additional lubrication unless leakage occurs. Then, after correcting cause of leakage, refill to proper level.

Refer to instructions of coupling manufacturer.
(See Accessories).

NORDBERG MANUFACTURING CO.
MILWAUKEE 1, WISCONSIN

GRINDING MILL INSTRUCTIONS
Page L-10-04-01

MAINTENANCE
INITIAL OPERATION

EXAMINATION BEFORE STARTING:

- Examine all bolts and nuts for tightness. Especially shell and head liner bolts.
- Check the lubrication piping.
- Check all electrical connections.
- Check lubrication system for trunnion bearings; Oil gauge to show proper level.
- Inside of oil sump in trunnion bearing must be clean.
- Check lubrication of flexible couplings.
- Check lubrication of speed reducer and drive motor.

- Make sure all moving parts have sufficient clearance from stationary parts, and that no loose objects are lodged in the drive gearing.
- Turn the Mill over by hand or by crane to see that it turns freely. (Always operate hydraulic lift oil pumps before rotating mill). DO NOT do this by inching over with the starting switch.

- Make sure that inside of mill is clear and that manhole covers are securely bolted in place.

- Re-check all seals around trunnion bearings for proper fit and initial lubrication.

OPERATION DURING "BREAK-IN" PERIOD:

- Before starting mill operate hydraulic lift for pre-lubrication of each trunnion bearing.

- To start motor, follow instructions of manufacturers of motor and its controls.

- For either normal mill operation or for inching, the mill must rotate only in the direction shown on the General Assembly drawing.

- Check the rotating speed of mill as shown on the General Assembly drawing.

- Run mill empty for 12 continuous hours to check for running clearance and proper lubrication.

NORDBERG MANUFACTURING CO.
MILWAUKEE, WISCONSIN 53201

GRINDING MILL INSTRUCTIONS
Page M-01-05-01, REV. A

As soon as the mill is running examine the internal trunnion bearing lubricating system to see that it is functioning properly, (visual inspection through inspection port in trunnion bearing cap). Do not allow the mill to run if oil is not delivered to the trunnion.

When the performance of the mill during the test run proves satisfactory, the charge is to be introduced. Run mill with one-half charge, then full charge, for a few hours. Re-tighten all liner bolts thereafter. Do not allow mill shell temperature to exceed 200° F. (180° F for rubber lined mills), or trunnion bearing temperature to exceed 150° F.

A certain length of time is required before new bearings are properly "run-in" and the trunnion bearings should be carefully watched during the "run-in" period to determine if temperature rise is excessive. (See Lubrication Instructions).

The speed reducer has been sealed and factory tested. Follow supplier's instructions during initial run-in period. (See Accessories).

CONTINUOUS OPERATION AND MAINTENANCE:

It is recommended that the mill be examined at regular intervals and necessary adjustments and repairs be made promptly to assure continuous trouble-free operation.

These inspections should cover all the items and conditions described under Initial Operation. In addition, the pages which follow give detailed instructions and suggestions to aid in the inspection and maintenance of specific mill components.

MAINTENANCE

TURNION BEARING SEALS

When excessive seal leakage occurs, it is usually caused by misalignment or wear of the inner seal.

Additional grease added to the seal cavity will not correct leakage. Leaking seals must be completely dismantled and inspected. Worn seals must be replaced.

Reassemble seals, following ALL instructions covered by Installation - Turnion Bearing Seals. Pay special attention to the radial adjustment of the seal adapter ring and the final position of the seal in the adapter ring.

HOBBERG MANUFACTURING CO.
MILWAUKEE 3, WISCONSIN

GRINDING MILL INSTRUCTIONS
PAGE H-03-01-01

MAINTENANCE

MILL SHELL INTERNAL PARTS

Periodic inspection should be made inside the mill to determine the wear on shell liners, head liners, trunnion liners, etc. Replace worn parts as necessary.

Keep liner bolts tight. Retighten after first and second day and week of operation.

Maintenance of proper ball or rod charge for highest grinding efficiency and prevention of motor overloads is to be established by mill operators.

Assembly drawing furnished with this instruction shows the arrangement and assembly instructions for all internal parts.

MAINTENANCE

TRUNNION BEARINGS

Periodically check trunnion bearing lubrication system for proper operation. Oil must be replaced if it becomes contaminated. Check oil filters. If oil is flowing in filter by-pass lines, filter must be disassembled and filter elements cleaned or replaced.

Check trunnion bearing for bronze bushing wear at least every six months. At installation, accurately measure and record for each bearing the distance from the trunnion surface to the lifting lug at top of cap. If bronze bushing wear exceeds 1/16" bushings must be replaced.

To replace a bronze bushing proceed as follows:

Drain the oil from the bearing housings through the drain plug into a clean container for re-use, if suitable. Filter the oil, if necessary.

Disconnect the piping for circulating oil system. Remove the trunnion bearing cap after removing oil seals, seal adapter rings, and seal retainers. Remove the oil buckets. Disconnect all electric, oil and water lines between bearing base and swivel.

Remove the load from the swivel by raising its trunnion (not more than 5/16"), by overhead crane or jacking up that end of the mill from underneath. Securely lock in this position. Make sure that the feed and discharge end connections are loosened sufficiently to permit raising the trunnion.

By inserting suitable eyebolts into the swivel, roll it out of the bearing base and around to the top of its trunnion. Note that the construction of the swivel stop as shown on the Trunnion Bearing Assembly will only permit rolling the swivel in a direction opposite to normal mill rotation. Lift the old swivel off and install the new swivel by reversing above procedure. Refer to Installation - Trunnion Bearing for instructions covering bearing reassembly and alignment. Refer to Installation - Trunnion Bearing Seals when replacing seals.

For accurate mill alignment it is always desirable to replace both swivels at the same time.

INSTRUCTIONS FOR ORDERING REPAIR PARTS AND SERVICE:

To avoid delay and the possibility of incorrect parts being furnished the following information should be given:

1. Serial number of the machine. This will be found stamped on the name plate of the machine, also on the first page of this instruction.
2. Complete identification of each part:
-Use the General Assembly drawing and Parts List to obtain the proper assembly group and the name of part, item number and drawing number of part required.
3. Refer to Accessories Catalogs attached for identification for ordering repair parts required for such accessories.
4. Quantity of each part ordered.
5. Complete shipping instructions. Advise whether shipment is desired by mail, express or freight.

REPLACEMENT PARTS:

In case of a major breakdown where immediate service is required, get in touch with the Nordberg sales office nearest you. The Nordberg engineers at these offices will make available the experience and service facilities of the Nordberg organization to help you put your equipment back into operation most quickly. Experienced Nordberg field servicemen are available for service work.

SPECIAL TOOLS AND WRENCHES:

Special tools and wrenches furnished are listed on the Tools and Wrenches Assembly drawing.

NORDBERG MANUFACTURING CO.
MILWAUKEE 1, WISCONSIN

GRINDING MILL INSTRUCTIONS
Page G-01-03-01

PARTS LIST						SHEET 1 OF 3	S GM 1579 A
ITEM NO.	NAME	NO. REQ.	DRAWING NO.	PART'S CODE NO.	REMARKS OR MATERIAL	FIN WGT LBS EA	
GENERAL ASSEMBLY INSTALLATION AND FOUNDATION DIMENSIONS			GM 1579 A GM 1583 A			347,000	
<u>FEED HEAD ASSEMBLY</u>			<u>GROUP 02</u>			<u>51,000</u>	
1	Mill Head 13'-0" Dia. Feed Non-Drive End	1	GM 2309 A	4285 9857	Cast Steel	46,000	
2	Feed Trunnion Liner	1	GM 5918 A	4879 9165	Meehanite "GC"	4,020	
3	Packing 3/4 X 1 3/4 X 183 1/2	1			Rubber		
4	Retaining Ring Segment W/Lock	2	GM 5921 C	6466 6986	Steel	156	
5	Hex Hd Bolt 1 3/4-8N-3 X 5 3/4 American Std. Regular Semi-finished SAE Grade 5 or equal with nylon pellet	64					
6	Hex Hd Bolt 1 1/2-6N X 5	12		2327 696			
7	Lockwasher 1 1/2	12		3065 964			
8	Retaining Ring Segment	4	GM 5922 C	6466 6987		155	
9	Hand Hole Cover	6	GM 5623 C	2747 1150	Steel	5.5	
10	Excluder Seal	2					
<u>MILL FEEDER ASSEMBLY</u>			<u>GROUP 03</u>			<u>1,510</u>	
25	Curved Feed Spout	1	GM 8876 A	7478 0070	Ni-Hard Type II	1,300	
26	Feed Spout Seal	1	GM 8870 C	3568 9378		3	
27	Seal Retainer Ring	1	GM 8886 D	6343 3525	Steel	37	
28	Seal Carrier	1	GM 8881 B	6343 4270	Steel	168	
29	Soc Hd Bolt 1 1/2-13N X 2 Lg	8		2783 321			
30	Lockwasher 1 1/2	8		3064 476			
31	Hex Hd Bolt 1 1/2-13N X 1 1/2 Lg	8		2775 301			
32	Washer 1/2	8		3060 806			
<u>SHELL ASSEMBLY</u>			<u>GROUP 04</u>			<u>165,300</u>	
41	Shell	1	GM 2449 A	7041 0083	Steel	164,000	
42	Manhole Cover	2	GM 2277 C	2717 9525		445	
43	Manhole Yoke	2	GM 2260 C	8867 7810	Steel	181	
44	Eye Nut 1 1/2-6N	2		3179 091	Steel		
45	Hex Hd Bolt 1 1/2-6N X 3 3/4	2		2327 646			
46	Manhole Gasket	2	GM 2276 C	3568 1960	Neoprene		
47	Drive Screws #6 X 3/8	24		3130 566			
48	Burr #8	24		3164 188			
49	Hex Hd Bolt 1 1/2-6N X 10 1/2	4		2327 826			
50	Hex Nut 1 1/2-6N	4		3001 091			
51	Hex Jam Nut 1 1/2-6N	4		3004 091			
CUSTOMER: MILL APPLICATION:				WORKS ORDER NO. 6030-0163			
				NORDBERG MFG. CO. MILWAUKEE, WIS., U. S. A.			
				DRAWN CHECKED		TGB RFB S 1579 A	

FORM NO. EN-288

PARTS LIST						SHEET 2 OF 3	S GM 1579 A
ITEM NO.	NAME	NO. REQ.	DRAWING NO.	PART'S CODE NO.	REMARKS OR MATERIAL	FIN. WGT LBS EA	
<u>DISCHARGE HEAD ASSEMBLY</u>		<u>GROUP 06</u>				<u>56,600</u>	
61	Mill Head 13'-0" Dia. Discharge Drive End	1	GM 2310 A	4285 9858	Cast Steel	50,300	
62	Packing 3/4 X 1 3/4 X 183 1/2	1			Rubber		
64	Discharge Trunnion Liner	1	GM 5680 A	4879 4782	Steel	3,930	
65	Hex Hd Bolt 1 3/4-8N-3 X 5 3/4 American Std. regular semi-finished SAE Grade 5 or equal with nylon pellet	64					
66	Soc Hd C. Scr 1 3/4-6N X 3 Lg	12		2785 591			
67	Excluder Seal	2					
<u>DISCHARGE TROMMEL ASSEMBLY</u>		<u>GROUP 07</u>					
80	Discharge Trommel	1	GM 8489 A	7608 4600		1,870	
<u>TRUNNION BEARING ASSEMBLY</u>		<u>GROUP 08</u>				<u>16,540</u>	
90	For Trunnion Bearing parts, see Trunnion Bearing Assembly Drawing GM 1589 A						
<u>MILL DRIVE ASSEMBLY</u>		<u>GROUP 10</u>				<u>32,700</u>	
100	Trunnion Extension	1	GM 4246 A	3034 8500	Steel	15,000	
101	Special Bolt	40	GM 4227 D	1938 0400	Steel	10	
102	Hex Nut	40	GM 4228 D	5149 2125		4	
103	Hex Hd Bolt 1"-8N X 3 1/2 Lg	20		2776 601			
104	Hex Hd Bolt 1"-8N X 2 Lg	14		2776 571			
105	Lockwasher 1"	34		3064 500			
106	Hex Nut 1"-8N	34		3001 071			
107	Pipe Plug 1 1/4	1		1558 446			
108	Molykote Type Z - 9 oz.	1		4810 800			
109	Gacote MA-62 Neoprene Coating 1Gal						
110	Mill Drive Coupling Amerigear FSE 115, (Special)	1				17,000	
<u>SOLE PLATE ASSEMBLY</u>		<u>GROUP 11</u>				<u>8,000</u>	
121	Trunnion Bearing Sole Plate	2	GM 7276 A	5550 6761	Steel	3,810	
122	Setscrew	8	GM 929 D	6727 6861	Steel	18	
CUSTOMER:				WORKS ORDER NO.			
MILL APPLICATION:				6030-0163			
				NORDBERG MFG. CO. MILWAUKEE, WIS., U. S. A.			
				DRAWN TUB CHECKED RPB S GM 1579 A			

FORM NO. EN-2888

PARTS LIST					SHEET 3 OF 3		GM 1579 A	
ITEM NO.	NAME	NO. REQ.	DRAWING NO.	PART'S CODE NO.	REMARKS OR MATERIAL	FIN WT LBS EA		
123	Main Box Bolt Nut 3H	8	DNF215-A2	5149 0851		3.2		
124	Square Nut 2-12NF-3	8		5188 5350				
125	Bolt Special Hex Hd 2½ Dia.	4	GM 911 D	1940 1964	Steel	17		
126	Washer	4	GM 7280 D	6390 8965	Steel	18		
<u>SPECIAL ACCESSORIES</u>		<u>GROUP 14</u>						
145	For Air Power Hydraulic Lift Assembly see Dwg. GM 8417 A					90		
150	For Bearing Temperature Indicator Assembly see Dwg. GM 8449 A					30		
155	For Circulating Oil System with Heater Assembly see Dwg. GM 8315 A							
165	For Neoprene Liquid Lining see Dwg. GM 2315 A							
<u>TOOLS AND WRENCHES ASSEMBLY</u>		<u>GROUP 15</u>						
175	For Tools and Wrenches Assembly see Dwg. GM 1329 D					32		
CUSTOMER:				WORKS ORDER NO.				
MILL APPLICATION:				6030-0163				
				NORDBERG MFG. CO. MILWAUKEE, WIS., U. S. A.				
				DRAWN TGB		GM 1579 A		
				CHECKED RPB				

FORM NO. EN-2888

NORDBERG MFG. CO. MILWAUKEE, WIS.				DWG. NO.	GM 1329 D	REV.	15	
FORM		None		TOLERANCES ON FINISHED DIMENSIONS UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.				
FINISH SURFACES ARE TO BE WITH SQUARE DEVIATIONS FROM MEAN OUTWASH.								
FINISH ON ALL FINISHED SURFACES UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.								
DESIGN	RFB	DATE	1-11-50	CHECKED	FL	DATE	1-11-50	
TRACED		DATE		APPROVED	(Signature)	DATE	1-6-52	
SUPERSEDES DWG. NO.				SUPERSEDED BY DWG. NO.				
GROUP NO.				SETS				
				TITLE				
				TOOLS AND WRENCHES ASSEMBLY				
				COMMODITY CLASSIFICATION				
				ASSEMBLY				
				PRODUCT		ASSEMBLY		
				Grinding Mill		Group 01		
SPECIFICATION POST CODE SET	NO. OF PARTS	NAME OF PART	ITEM NO.	PART DWG. NO.	PART CODE NO. OR PART NO.	MATERIAL (MAT. CODE NO.)	REMARKS OR PATTERN NO.	PER. NO.
	1	Tools and Wrenches Assembly		GM1329D	9505 5121			31.4
	1	Socket 2 3/8	(1)				See Note 3	5
	1	Sledge Type Boxsocket 2 3/8	(2)				See Note 4	5.6
	1	Socket Key 1"	(3)		L017 942			1.4
	8	Set Screws 1"-8NC x 11	(4)	GM968D	6727 5962			2.4
	4	JACK BOLT	(5)	GM0871	1984 1442			3.1
1	1 lb can MOLYKOTE Grease	6		1610 790			1.0	

- Items 1 and 2 for 1 1/2" Nuts in Division and Discharge Head Wedge Bars or 1 1/2" Nuts on all Liners.
- Item 3 for 1 1/2 Socket Hd. Capscrew in Transition Liner of Discharge Head Assembly.
- Snap-On #H760 or equal.
- Snap-On #DK176 or equal.
- Item 6 for general use at field erection as specified in Instruction Book.

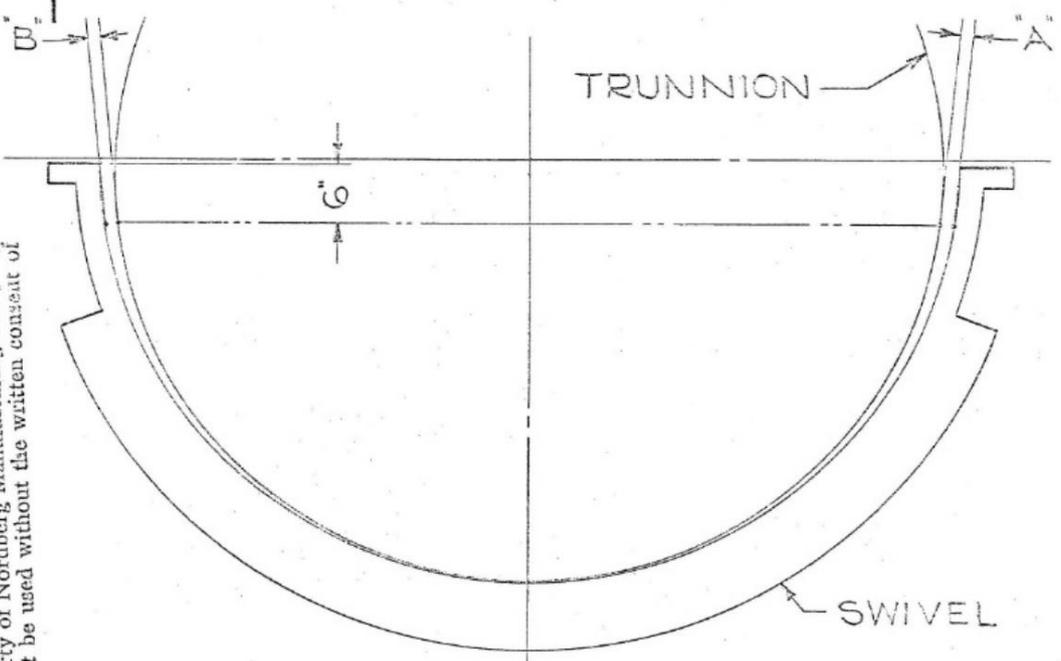
IMPORTANT!

This drawing and the information contained therein is the property of Nordberg Manufacturing Company and may not be used without the written consent of Nordberg.

TOOLS AND WRENCHES ASSEMBLY
GROUP 15

ISSUED	DATE	BY
APPROVED	DATE	BY
ISSUED	DATE	BY
REVISIONS OR CHANGES	DATE	BY

NORDBERG MFG. CO. MILWAUKEE, WIS.				DWG. NO.	SK GM 765 D
SCALE	NTS	TOLERANCE ON FINISHED DIMENSIONS IS $\pm .015"$ UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.			
FINISH SYMBOLS ARE ROOT MEAN SQUARE DEVIATIONS FROM MEAN SURFACE.				I	PART CODE NO.
250 $\sqrt{\quad}$ FINISH ON ALL FINISHED SURFACES EXCEPT AS OTHERWISE SPECIFIED.					
DRAWN	RPB	DATE	5-8-62	CHECKED	JJ
TRACED		DATE		APPROVED	
SUPERSEDES DWG. NO.		SUPERSEDED BY DWG. NO.		TITLE	
				RADIAL CLEARANCE TRUNNION BEARING INSTALLATION	
ORDER NO.		SETS		COMMODITY CLASSIFICATION	
				PRODUCT TRUNNION BEARING ASSEMBLY	
				ASSEMBLY DWG. NO. GROUP 08	



This drawing and the information contained therein is the property of Nordberg Manufacturing Company and may not be used without the written consent of Nordberg.

NOTE:
 ON EACH TRUNNION BEARING, MEASURE CLEARANCES AS SHOWN. FOR NORMAL BEARING PERFORMANCE THE AVERAGE VALUE OF "A" AND "B" SHOULD BE BETWEEN .015" AND .035" FOR A FULLY LOADED MILL.

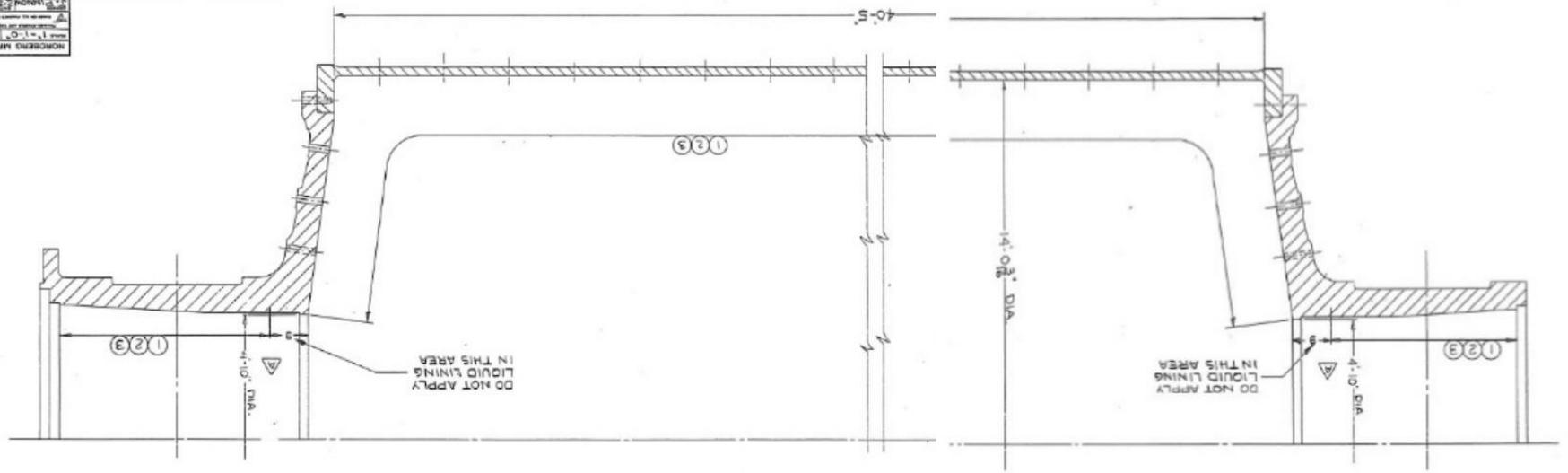
△			
△	ISSUED		
REV.	DESCRIPTION OF CHANGE	BY	CHANGE ORDER NO.
		DATE	

IMPORTANT!
 This drawing and the information contained therein are the property of Pontiac Engineering Company and may not be loaned without the written consent of the Company.

REV.	DATE	DESCRIPTION	BY	CHKD.
1	11-15-54	NEOPRENE LIQUID LINING	JAMES	
2		LIQUID & ACCELERATOR		
3		CHANGE THICKNESS		

NOTES -
 1-MANUFACTURED BY GATES ENGINEERING CO. WILMINGTON 99, DELAWARE
 2-LIQUID NEOPRENE LINING-GACO N-200-1 (BLACK) INCL. ACCELERATOR-GACO N-300-10
 3-30 MIL THICKNESS OF NEOPRENE LIQUID LINING IS TO BE APPLIED TO INSIDE OF MILL SHELL, MILL HEADS, AND PERIMETER OF BOLT HOLES AND MANHOLE OPENINGS, IN AREA INDICATED.

FOR LIQUID LINING APPLICATION INSTRUCTIONS SEE SKGM 1 FC



REV.	DATE	DESCRIPTION	BY	CHKD.
1	11-15-54	NEOPRENE LIQUID LINING	JAMES	
2		LIQUID & ACCELERATOR		
3		CHANGE THICKNESS		

Anexo: Vistas CAD Molino

