



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

Propuesta de mantenimiento basado en la confiabilidad para la gestión de parada mayor de un molino vertical de rodillos de una planta de cal a 3800 msnm.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista**

AUTORES:

Calsin Quispe, Jhon Augusto (orcid.org/0000-0002-8449-6466)

Ponce Carbajal, Denis Ediel (orcid.org/0000-0002-8257-087X)

ASESORA:

Mg. Sovero Lazo, Nelly Roxana (orcid.org/0000-0001-5688-2258)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas y Planes de Mantenimiento

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo Económico, Empleo y Emprendimiento

TRUJILLO - PERÚ

2022

DEDICATORIA

A Dios por darme la fortaleza, sabiduría e
iluminar mi camino para cumplir esta
meta.

A mis padres, por todos los sacrificios que
tuvieron que hacer a lo largo de mi vida,
por el apoyo incondicional en cada uno de
mis logros y por los consejos que me
llevaron a ser la persona que ahora soy.

AGRADECIMIENTO

A la universidad Cesar Vallejo, por darme la oportunidad de iniciar y culminar esta etapa profesional.

A todos los ingenieros que tuve en cada Etapa de mi formación, por sus enseñanzas y en especial a mi asesor de tesis, por sus recomendaciones para lograr mejorar este trabajo.

Índice de contenidos

| | |
|--|-----|
| Dedicatoria..... | ii |
| Agradecimiento..... | iii |
| Índice de contenidos..... | iv |
| Índice de tablas..... | vi |
| Índice de figuras y gráficos..... | vii |
| Resumen..... | ix |
| Abstract..... | x |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO..... | 4 |
| Antecedentes | 4 |
| Fundamentos teóricos | 7 |
| - Aspectos generales de mantenimiento..... | 7 |
| - Importancia del mantenimiento..... | 7 |
| - Evolución del mantenimiento | 8 |
| - Paradas de Planta | 8 |
| - Gestión de las paradas de planta..... | 9 |
| - Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) | 10 |
| - Ventajas y beneficios del RCM..... | 11 |
| - Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF)..... | 11 |
| - Modos de Fallas..... | 12 |
| - Efecto de Fallas. | 12 |
| - Número de Prioridad de Riesgo (NPR) | 12 |
| - Determinación de los indicadores | 12 |
| - Molinos verticales | 13 |
| III. METODOLOGÍA | 16 |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación..... | 16 |
| 3.2. Variables y operacionalización | 16 |
| 3.3. Población, muestra y muestreo | 16 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 17 |
| 3.5. Procedimientos | 18 |
| 3.6. Método de análisis de datos..... | 18 |
| 3.7. Aspectos éticos | 22 |
| IV. RESULTADOS..... | 23 |

| | |
|---|----|
| 4.1. Análisis de la información de los molinos..... | 23 |
| 4.2. Diagrama de Pareto de principales fallas..... | 23 |
| 4.3. Análisis de modos y efectos de fallas..... | 24 |
| 4.4. Análisis de criticidad de repuestos..... | 28 |
| 4.5. Determinación de los indicadores KPIs..... | 31 |
| 4.6. Plan de mantenimiento propuesto para la aplicación en parada mayor..... | 35 |
| 4.7. Ejecución de mantenimiento de parada mayor aplicando la propuesta del mantenimiento basado en la confiabilidad..... | 36 |
| 4.8. Determinación de proyección para los indicadores de mantenimiento aplicando la metodología RCM..... | 41 |
| V. DISCUSIÓN..... | 50 |
| VI. CONCLUSIONES..... | 52 |
| VII. RECOMENDACIONES..... | 54 |
| REFERENCIAS..... | 55 |
| ANEXOS | |

Índice de tablas

| | | |
|----------|---|----|
| Tabla 1 | Indicadores de mantenimiento de molino de rodillos de un periodo de 12 meses..... | 19 |
| Tabla 2 | Indicador 1 MTBF indicadores de mantenimiento de molino..... | 20 |
| Tabla 3 | MTTR indicadores de mantenimiento de molino. | 20 |
| Tabla 4 | Disponibilidad molino..... | 21 |
| Tabla 5 | Grado de severidad de cada efecto | 24 |
| Tabla 6 | Grado de ocurrencia de cada modo de falla..... | 25 |
| Tabla 7 | Grado de detección de cada modo de falla | 25 |
| Tabla 8 | Resumen de (AMEF) | 26 |
| Tabla 9 | Repuestos críticos de rodillos de molienda. | 29 |
| Tabla 10 | Repuestos críticos de mesa de molienda..... | 29 |
| Tabla 12 | Repuestos críticos de clasificador | 31 |
| Tabla 13 | Disponibilidad de molino vertical de rodillos antes de aplicar RCM. | 31 |
| Tabla 14 | Plan de mantenimiento propuesta para aplicar RCM..... | 35 |
| Tabla 15 | Datos de MTBF para el pronóstico | 41 |
| Tabla 16 | Datos de MTTR para el pronóstico anterior..... | 42 |
| Tabla 17 | Datos de DISPONIBILIDAD para el pronóstico anterior..... | 42 |
| Tabla 18 | Datos de CONFIABILIDAD para el pronóstico anterior..... | 43 |
| Tabla 19 | Disponibilidad REAL de molino vertical de rodillos después de aplicar RCM. | 44 |
| Tabla 20 | Disponibilidad del año 2021, la disponibilidad propuesta y la disponibilidad real del año 2022..... | 47 |
| Tabla 21 | Confiabilidad del año 2021, la confiabilidad propuesta y la confiabilidad real del año 2022..... | 48 |

Índice de figuras y gráficos

| | | |
|------------|--|----|
| Figura 1 | Evolución del mantenimiento..... | 8 |
| Figura 2 | Estrategias de mantenimiento..... | 10 |
| Figura 3 | Partes principales de un molino vertical de rodillos | 14 |
| Figura 4 | Flushit sistema de molienda de combustible sólido | 17 |
| Figura 5 | Péndulo del molino..... | 29 |
| Figura 6 | Repuestos críticos de mesa de molienda..... | 30 |
| Figura 7 | Repuestos identificados roker arm..... | 30 |
| Figura 8 | mantenimiento de válvula rotativa de alimentación de coque | 36 |
| Figura 9 | Mantenimiento de clasificador dinámico | 37 |
| Figura 10 | Mantenimiento de brazos soporte de roker arm | 37 |
| Figura 11 | Mantenimiento de rodamientos de roker arm..... | 38 |
| Figura 12 | Mantenimiento rodillo de molino cambio de rodillo..... | 38 |
| Figura 13 | Mantenimiento rodillo de molino cambio de rodamientos..... | 39 |
| Figura 14 | Mantenimiento mesa de molino cambio de placas de molienda | 39 |
| Figura 15 | Mantenimiento sistema de accionamiento de molino inspección interna con cámara boroscópica | 40 |
| Figura 16 | Mantenimiento sistema de accionamiento motor eléctrico..... | 40 |
| | | |
| Gráfico 1 | Diagrama de Pareto de principales fallas..... | 23 |
| Gráfico 2 | MTBF de molino vertical antes de la propuesta de RCM | 32 |
| Gráfico 3 | MTTR de molino vertical antes de la propuesta de RCM..... | 32 |
| Gráfico 4 | Disponibilidad del molino de rodillos antes del RCM. | 33 |
| Gráfico 5 | Confiabilidad del molino de rodillos antes del RCM. | 35 |
| Gráfico 6 | Pronostico de MTBF del molino de rodillos después del RCM..... | 41 |
| Gráfico 7 | Pronostico de MTTR del molino de rodillos después del RCM..... | 42 |
| Gráfico 8 | Pronóstico de DISPONIBILIDAD del molino de rodillos después del RCM..... | 43 |
| Gráfico 9 | Pronostico de DISPONIBILIDAD del molino de rodillos después del RCM..... | 44 |
| Gráfico 10 | MTBF de molino vertical después de la propuesta de RCM..... | 45 |
| Gráfico 11 | MTTR de molino vertical antes de la propuesta de RCM..... | 45 |
| Gráfico 12 | Disponibilidad del molino de rodillos después de la propuesta RCM. | 46 |
| Gráfico 13 | Confiabilidad del molino de rodillos después de la propuesta RCM..... | 46 |
| Gráfico 14 | Comparación de disponibilidad del año 2021, la disponibilidad propuesta y la disponibilidad real del año 2022..... | 48 |

| | | |
|------------|--|----|
| Gráfico 15 | Comparación de confiabilidad del año 2021, la confiabilidad propuesta y la confiabilidad real del año 2022. | 49 |
|------------|--|----|

RESUMEN

Esta investigación busca proponer la aplicación del mantenimiento basado en la confiabilidad para un molino vertical de rodillos, el cual opera en una planta para el proceso de cal. La finalidad es reducir las paradas de planta no programadas, identificar fallas en los componentes críticos del molino. Para lograr esto se clasificará los repuestos críticos de forma oportuna y planificada, reconocer los modos y efectos de falla la cual se estableció en base al análisis (AMEF). Utilizando el historial de fallas comprendida en los años 2021-2022, analizando la situación del equipo, con lo que se establecieron las tareas del mantenimiento, determinando los indicadores de mantenimiento.

Manejando en conjunto planes de alcances tanto como crítico, prioritarios gestión de tiempo, costos, recursos humanos, comunicaciones, riesgos, para ejecutar la parada mayor. como resultado se espera incrementar la disponibilidad del molino vertical de rodillos.

Palabras clave: Mantenimiento basado en la confiabilidad, Disponibilidad, Modos de fallas, Repuestos críticos.”

ABSTRACT

This research seeks to propose the application of reliability-based maintenance for a vertical roller mill, which operates in a lime processing plant. The purpose is to reduce unscheduled plant shutdowns, identify failures in critical components of the mill. To achieve this, the critical spare parts will be classified in a timely and planned manner, recognizing the modes and effects of failure, which will be established based on the analysis (FMEA). Using the failure history included in the years 2021-2022, analyzing the situation of the equipment, with which the maintenance tasks are accompanied, determining the maintenance indicators.

Managing scope plans together as well as critical, priority management of time, costs, human resources, communications, risks, to execute the major shutdown. As a result, the availability of the vertical roller mill is expected to increase.

Keywords: Reliability-based maintenance, availability, failure modes, critical spare parts.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel internacional el mantenimiento basado en la confiabilidad es una metodología mundialmente reconocida de mucho uso para desarrollar la planificación de mantenimiento con tipos de estrategias de mantenimiento (preventivo, predictivo y búsqueda de fallas). En la actualidad el mantenimiento centrado en la confiabilidad se utiliza también para analizar el riesgo de equipos.

A nivel internacional las paradas mayores son un suceso especial de mantenimiento sistemático que generalmente se realizan en instalaciones por motivos de seguridad o de producción los cuales funcionan de manera viable en periodos de tiempo prolongados. En plantas industriales, petroquímicas y centrales eléctricas son sometidas en forma periódica a las paradas mayores donde se requiere un nivel organizado muy importante donde los equipos se abren, se desmontan posteriormente son revisados y nuevamente montados para volver a ponerlos en marcha, buscando fundamentalmente optimizar estas revisiones importantes.

En el entorno nacional el contexto de las explotaciones mineras una de las partes más importantes es el proceso de molienda donde se debe de garantizar a los equipos su disponibilidad y confiabilidad para que la producción no tenga pérdidas por retrasos por fallas.

A nivel local se ha evidenciado la aplicación de la metodología basado en confiabilidad tanto en el sector eléctrico y minero aplicando métodos estadísticos que les permite hacer programaciones de mantenimiento a los elementos críticos y sistemas eléctricos teniendo la finalidad de aumentar la confiabilidad y disponibilidad del sistema. Según la realidad planteada se ha visto conveniente desarrollar la investigación proponer en mantenimiento centrado en confiabilidad para la gestión de parada mayor de un molino de rodillos de una planta de cal a 3800 msnm.

Actualmente la situación de la gestión para mantenimiento de parada mayor para el molino vertical de rodillos no se tiene determinado un método definido para el mantenimiento de parada mayor tampoco cuenta con la identificación de

repuestos críticos ni la estructuración de un plan de mantenimiento contemplando históricos de falla (MTBF y MTTR).

Para comenzar la formulación del problema será, ¿Qué efecto tendría la Propuesta de mantenimiento basado en la confiabilidad para la gestión de parada mayor de un molino vertical de rodillos de una planta de cal a 3800 msnm?

La propuesta del RCM en la gestión de parada mayor para un molino de rodillos de una planta de cal a 3800 msnm. Nos permite ir más allá de los fallos, también desarrollar una herramienta significativa para un programa de mejora del mantenimiento de parada mayor.

El objetivo general es proponer el mantenimiento basado en la confiabilidad para la gestión de parada mayor de un molino vertical de rodillos de una planta de cal a 3800 msnm., donde los objetivos específicos son Clasificar repuestos críticos para la propuesta de mantenimiento basado en la confiabilidad para la gestión de parada mayor de un molino vertical de rodillos de una planta de cal a 3800 msnm., identificar los modos de falla y efectos de falla con la propuesta de mantenimiento basado en la confiabilidad para la gestión de parada mayor de un molino vertical de rodillos de una planta de cal a 3800 msnm. y finalmente Aumentar confiabilidad operacional con la Propuesta de mantenimiento basado en la confiabilidad para la gestión de parada mayor de un molino vertical de rodillos de una planta de cal a 3800 msnm.

Dado que nos lleva plantear las siguientes hipótesis general Es factible la propuesta de mantenimiento centrado en la confiabilidad tiene efecto significativamente en para la gestión de parada mayor de un molino vertical de rodillos de una planta de cal a 3800 msnm.

Como hipótesis específicas la clasificación de repuestos críticos favorece a la propuesta de mantenimiento basado en la confiabilidad para la gestión de parada mayor de un molino vertical de rodillos de una planta de cal a 3800 msnm.

Como también la identificación de las fallas servirá para la propuesta de mantenimiento basado en la confiabilidad para la gestión de parada mayor de un molino vertical de rodillos de una planta de cal a 3800 msnm.

El mejoramiento en aumentar la confiabilidad operacional con la propuesta de mantenimiento basado en la confiabilidad para la gestión de parada mayor de un molino vertical de rodillos de una planta de cal a 3800 msnm.

II. MARCO TEÓRICO

Antecedentes

En la investigación de Torres (2017) su investigación que tiene como título “Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad de la chancadora 60”X113” de Minera Chinalco” esta investigación tuvo como objetivo primordial implementar RCM para aumentar la disponibilidad de la trituradora de cono 60x113 de Chinalco Perú Mining Company; En él se recopiló información de la minera registrando un nivel de disponibilidad mecánica de 88.91% medido entre 07/2015 y 06/2016, ya que se implementó el plan de RCM durante el entre 07/2016a 06/2017, identificándose sus funciones, fallas operacionales, sus modos de falla, mediante de análisis (AMEF), luego se realiza todos los componentes un análisis de criticidad, mediante los criterios dados por la mina, identificando así la falla con una alta de prioridad de riesgo (NPR), prepare una tabla de decisiones. Por lo tanto, se apoyó en el programa estadístico SPSS, que servirá para hacer un análisis estándar de los datos con una prueba de Shapiro-wilk y confirmar la hipótesis mediante el estadístico T-student para las muestras correspondientes, indicando que los resultados obtenidos son de gran cambio en la disponibilidad, elevando la disponibilidad hasta el 92,08 % de la chancadora cónico 60"x113".

Chunga, Hidalgo & Pacherez (2020) como objetivo de esta investigación es el diseño de un plan de mantenimiento para aumentar la disponibilidad de la chancadora giratoria Superior™ MKIII 60-89; donde, los datos recabados provienen de campo, se encontró una disponibilidad de 88.57% entre 07/2019 y 06/2020, mediante análisis de modos y efecto de fallas (AMEF), determinando fallas y sus análisis. Realizado en todas las partes de la chancadora, usando bases dadas por la mina, identificando así la falla con un alta de prioridad de riesgo (NPR), se estableció un RCM y disponibilidad promedio que se determinó para el periodo de 07/2020 a 06/2021. También, este análisis es compatible con Excel para validar y consolidar datos. Finalmente, los resultados dieron una elevación en la disponibilidad, alcanzando un valor final del 92,47 % para el chancadora giratoria Superior™ MKIII 60-89.

Como un antecedente nacional tenemos el trabajo de investigación de La Cruz (2017) nos indica que aplica el RCM al equipo más crítico en el área de molienda en la planta de Atocongo – Lima. Nos dice que el proceso de molienda en la Línea 4 de la planta Atocongo se ha detenido en producción por fallas mecánicas ocasionadas por los equipos de molienda, tales como: prensa de rodillo, separadores, fajas, etc. Estos accidentes de reacción superan el programa, con más de 10-30 toneladas/hora de producción en molienda. Entre los daños mecánicos más importantes se encuentra la falla de los rodillos, los reductores se sobrecalientan. Por lo tanto, en esta investigación, definimos los modos de falla y sus efectos sobre el equipo más importante de molienda. A través de la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC). El estado de este trabajo de investigación es de métodos deductivos e inductivos, de nivel descriptivo y tipo básico. Entonces, el objetivo y el resultado fue desarrollar un programa de RCM de los equipos más críticos en el área de molienda de la línea 4. Como este estudio presenta un diseño de estudio simple y descriptivo, nos enfocaremos en las técnicas de documentación tales como: documentación técnica y horarios de paradas. Además de técnicas empíricas como: entrevistas a operarios y mecánicos encargados del área.

Quispe (2016) su trabajo de investigación título “Mantenimiento Basado en la Confiabilidad Aplicado a la Trituradora SANDVIK CH440 de la Planta Concentradora de Estaño de la Unidad Minera San Rafael de Minsur S.A.” El uso de la metodología de (RCM) implica estudio del comportamiento y análisis de la trituradora, sus componentes y su relación con el entorno operativo. En esta investigación se identificarán los problemas que limitan la optimización de la funcionalidad de los dispositivos, utilizando el método AMEF, el cual es análisis de modos y efectos de fallas, identificando subsistemas importantes, AMEF de la trituradora y su impacto en los objetivos de seguridad, medio ambiente, salud ocupacional, mantenimiento y producción a través del RCM se han identificado formas para prevenir, eliminar problemas potenciales y paradas no planificadas, los más importante son: Re ingeniería en el plan de mantenimiento preventivo, Optimización del cronograma para el cambio de componentes de acuerdo a la frecuencia de fallas, La inspección es realizada por el operador de la planta, Identificar mejoras para las instalaciones de

mantenimiento en ingenierías e Identificar los subsistemas y repuestos críticos. Con este enfoque aplicado, el objetivo es elevar la funcionalidad del equipo, aumentar la vida útil de cada componente, disminuir o suprimir los errores operativos y las consecuencias, y aumentar los valores de los indicadores clave de rendimiento (KPI's) a un precio reducido de mantenimiento.

En el trabajo de Díaz (2010) para optar el título de Ingeniero Mecánico “Mantenimiento mayor en un turbogenerador dual de 120 MW - ciclo simple con inyección de agua.”

El objetivo de este informe es ubicar ciertos equipos críticos en los turbogeneradores para controlar el tiempo de entrega y tener un stock actualizado de repuestos para la compensación de fallas repentinas y tener disponibilidad. Los capítulos están diseñados para proporcionar al lector un análisis de secuencia lógica para una mejor visión general de mantenimiento mayor. En el Capítulo 1, de manera introductoria, se comentan brevemente los antecedentes, objetivos, alcances, justificación y evolución del actual sistema de generación en la Central Térmica Santa Rosa. En el capítulo 2, se da una descripción general de los sistemas importantes para la operación del turbogenerador en gráficos y textualmente. En el capítulo 3 se describen los principales trabajos de mantenimiento mayor del turbogenerador. En el capítulo 4, el análisis de costos de disponibilidad de generación de la planta, indica la pérdida que se produce por indisponibilidad y variación en el costo marginal de suministro de energía para cada barra. Finalmente, se llega a las conclusiones y en el anexo se proporciona las calibraciones y el plan P&ID nos da la esencia del funcionamiento del turbogenerador.

Sandoval & Rojas (2017) indica que las paradas de planta son muy importantes para las empresas con operaciones en curso y son una responsabilidad importante para la dirección por los tiempos prologados y costos elevados que llegan a alcanzar de acuerdo a la planificación, mediante esto la tesis se propone resolver los inconvenientes de una gestión de parada de planta por mantenimiento, mediante la adecuada planificación, seguimiento y control basado en un sistema que tiene cuatro fases, los resultados entran en los indicadores de gestión que son propias del mantenimiento. Este proyecto

contiene 5 capítulos que explicaremos brevemente a continuación: En el primer capítulo se analizan los aspectos generales de la empresa que nos permitirán entender las necesidades de esta empresa. En el segundo capítulo se presentó el protocolo de estudio en el cual planteamos el problema que nos impulsó a desarrollarlo, nos llevó a definir nuestro objetivo y alcance, para luego presentar nuestras hipótesis que brindara una solución adecuada al problema. En el tercer capítulo se presenta un marco teórico que permite una clara comprensión de la investigación, dadas las definiciones e indicaciones del lenguaje utilizado en la gestión de mantenimiento y parada de plantas. En el cuarto capítulo, se presentarán los lineamientos de nuestro proyecto, definiendo su nivel y estudio, luego se sugerirá nuestra solución y cómo implementarla, y se enmarcará en las siguientes etapas: inicio, planificación, ejecución, seguimiento y cierre; Estas son pautas para desarrollar una parada de planta exitosa. En el quinto capítulo, aquí es donde tomamos los datos reales y aplicamos el sistema de planificación propuesto para la verificación de resultados. En el sexto capítulo se presentan los resultados y su confrontar con la hipótesis propuesta. Finalmente se discutirán las conclusiones y se realizarán las recomendaciones pertinentes.

Fundamentos teóricos

- Aspectos generales de mantenimiento

Sidor (2004) define que en una empresa el mantenimiento que se hace a los equipos debe entenderse como un negocio que está alineado en forma global con la empresa. Por consiguiente, el funcionamiento del servicio debe evitar las fallas, solucionar los inconvenientes de prestación de los equipos con el mínimo costo con condiciones de calidad y seguridad.

- Importancia del mantenimiento

Duffuaa (2004) Explica que el mantenimiento es un conjunto de actividades que se realizan mediante el cual un equipo se mantiene o se devuelven a un estado mediante el cual se pueden realizar las actividades programadas. La calidad de los productos es un factor determinante que también se puede utilizar como estrategia para el éxito competitivo. Las inconsistencias en la operación del equipo de producción conducen a una variación excesiva del producto y por

consiguiente defectos de fabricación. Para tener una producción con un elevado nivel calidad, el equipo de producción de trabajar de acuerdo a las especificaciones, lo cual se puede lograr mediante intervenciones oportunas en el mantenimiento.

Newbrough (1999) El servicio de mantenimiento en equipos e instalaciones tienen como objetivo disminuir lo mínimo posible la suspensión de trabajo, y así aumentar la eficiencia en el uso de dichos elementos y de los recursos humanos, para lograr resultados con el mejor precio posible.

- **Evolución del mantenimiento**

Sidor (2004) A través del desarrollo de técnicas para el mantenimiento nace la necesidad de adaptarse a las nuevas demandas, lo que ha provocado el nacimiento de diversas alternativas a la hora de realizar el mantenimiento en las empresas industriales.

Figura 1 Evolución del mantenimiento



Fuente: Sidor (2004)

- **Paradas de Planta**

Amendola (2005) la define como un planteamiento para las actividades, mantenimientos que no se pueden realizar durante el funcionamiento normal de la planta de producción. Principalmente están dirigidos al cambio de partes o componentes por caducidad de su vida útil, inspeccionar equipos, corregir fallas, modificar e incorporar mejoras.

Una parada de planta brinda un tiempo oportuno para intervenir los equipos que generalmente no se pueden intervenir en el proceso normal de operación de la planta o que no pueden ser intervenidos en un breve periodo de tiempo. El óptimo funcionamiento y la capacidad de perdida se puede recuperar en una parada de planta.

Todas las actividades definidas para una parada de planta empiezan identificando las actividades de la lista de trabajo "WORKLIST" que incluye planificar, programar, efectuar la dirección de la parada de planta.

- **Gestión de las paradas de planta**

Según Amendola (S/F) para gestionar correctamente una parada de planta se consideran varios aspectos:

a) Identificación del alcance de la parada de planta:

Debe abarcar en su totalidad la planificación del trabajo, para manejar correctamente la parada de planta. Todas las actividades definidas para una parada de planta empiezan identificando la lista de trabajo, basándonos en el "WORKLIST", es sumamente crítico su desarrollo ya que en este se identifican las actividades de mantenimiento para realizar la parada de planta.

Para definir el alcance de una parada de planta se realiza reuniones con todo el personal con doce a catorce meses de anticipación a la parada de planta.

b) Objetivos y metas:

Seguir el procedimiento de dirección para la parada de planta, planificando y ejecutando con un presupuesto para facilitar las actividades, las operaciones confiables en un lapso de forma segura. Se proponen metas objetivos que se desarrollan con seguridad, tiempo determinado, reducir costos y riesgos mejorando la fiabilidad de varios puntos del alcance, estableciendo una lista de control para la planificación y lograr estas metas.

Las metas determinan y miden el objetivo y sus resultados, los cuales tienen que ser consistentes con las metas de la empresa y tienen que ser medibles, realistas y alcanzables. El grupo que realizara las actividades de la parada de

planta deben especificar los objetivos de actuación, dando importancia a la seguridad e impacto del medio ambiente, priorizar riesgos, plazos, trabajo extraordinario y costos.

c) Estrategia de ejecución:

En el proceso de parada de planta, las actividades que se ejecutan y manejo del cronograma, conocer el procedimiento, en qué estado se encuentran los equipos críticos, etc., el cual facilitara a los participantes de la planificación a preparar las estrategias y las pautas para la correcta ejecución de las actividades.

Figura 2 Estrategias de mantenimiento



Fuente: Amendola (2005)

- Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

“Proceso que se emplea para decidir lo que se tiene que hacer para garantizar que un componente continúe ejerciendo la función deseada en su entorno operacional presente. El RCM procura decidir las estrategias más adecuadas al entorno operación, exigiendo que no únicamente sean técnicamente viable, también económicamente factible trabajando de manera funcional, organizada, lógica y documentada.

El RCM (por sus siglas en inglés) tiene énfasis en las consecuencias de las fallas como en sus características técnicas de estas, mediante: Integración de una inspección de las fallas operacionales con la evaluación de aspecto de amenazas al medio ambiente y seguridad, esto hace que el medio ambiente y la seguridad sean tomados en cuenta a la hora de tomar decisiones en el mantenimiento, Manteniendo mucha atención en las actividades del Mantenimiento que más incidencia tienen en el funcionamiento y desempeño de las instalaciones, garantizando que la inversión en mantenimiento se utiliza donde más beneficio va a reportar.” (Salazar Pérez, 2009)

- **Ventajas y beneficios del RCM**

Según (Soto Baltazar, 2016) “El RCM ha sido usado por una amplia variedad de industrias durante los últimos diez años. Cuando es aplicado correctamente produce los beneficios siguientes”:

- “Mayor seguridad y protección del entorno”.
- “Mejores rendimientos operativos”.
- “Mayor Control de los costos del mantenimiento”.
- “Mayor aprovechamiento de la vida útil de los equipos”.
- “Una amplia base de datos de mantenimiento”.

- **Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF)**

“El Análisis de los modos y efectos de Fallas (AMEF), en una herramienta primordial del RCM, en la optimización de la gestión de mantenimiento en una determinada organización. El AMEF es básicamente un método que permite definir los problemas antes de que ocurran y afecten o impacten en los procesos y productos en un área determinada, bajo un concepto operacional. Tener presente que la generación del AMEF, constituye el momento más importante del proceso de aplicación del RCM, ya que a partir del análisis obtenido por los integrantes de trabajo RCM, a los diferentes activos en su contexto operacional, se generará la información requerida para poder prevenir las consecuencias o efectos de las posibles fallas, a partir de la planificación adecuada de

actividades de mantenimiento, las cuales actúan sobre cada modo de falla y sus posibles repercusiones. El AMEF llega a responder las 5 primeras preguntas básicas del RCM, definiendo así para cada activo sus funciones, sus fallas funcionales, los modos de falla y su efecto de fallas.” (Salazar Pérez, 2009)

- **Modos de Fallas.**

“Son las situaciones que dan origen a las fallas funcionales, es decir, lo que genera que la planta, sistema o activo no realice su función base. Cada falla funcional puede ser generada por más de un modo de falla y cada modo de falla está asociado a determinados efectos, estos básicamente las consecuencias de que ocurra esta falla.” (Salazar Pérez, 2009)

- **Efecto de Fallas.**

“Cuando se establece cada modo de falla, los efectos de las fallas también tienen que registrarse (en otras palabras, lo que pasaría si esto ocurriera). Este camino permite decidir la relevancia de cada falla, y por tanto el nivel de mantenimiento (si lo hubiera) sería necesario.” (Salazar Pérez, 2009)

- **Número de Prioridad de Riesgo (NPR)**

El autor (Da Costa Burga, 2010), define que “Dentro del proceso del AMEF se determina el NPR (Número de prioridad de riesgo), este se da por la multiplicación por tres índices de probabilidad, los cuales son la severidad o gravedad, la facilidad de Detección y por el nivel de Ocurrencia.

- **Determinación de los indicadores**

MTBF (tiempo promedio entre fallas)

Este es el tiempo promedio de operación del equipo hasta que ocurre la avería, es decir el promedio de los intervalos de tiempo durante los cuales se dan las averías. Para realizar los cálculos, necesitamos establecer los siguientes parámetros:

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ de Horas totales del periodo de tiempo analizado}}{N^{\circ} \text{ de averías}}$$

MTTR (tiempo medio de reparación)

Es el tiempo promedio que se necesita para reparar una avería, Para hacer estos cálculos necesitamos establecer los siguientes parámetros:

$$MTTR = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de paro por avería}}{N^{\circ} \text{ de averías}}$$

Disponibilidad.

Es la capacidad de un ítem de estar en condiciones de efectuar una función en un momento dado o en un periodo de tiempo determinado, tomando en cuenta los aspectos combinados de confiabilidad, mantenibilidad y soporte de mantenimiento.

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$$

Confiabilidad.

Puede ser descrita como la confianza que se tiene en un equipo, componente o sistema desempeñe su función base durante un tiempo determinado establecido, en condiciones normales de operación, estos indicadores están relacionados con la eficiencia de una máquina. (Granjales Mesa , Sanchez Ortiz, & Pinzon, 2006)

$$C_t = \left(e^{\frac{-\lambda * TTP}{100}} \right) * 100$$

C (t): Confiabilidad %

TTP: Tiempo total de estudio (horas)

λ : Tasa de fallas (número de fallas con relación con relación al tiempo promedio entre fallas del equipo) fallas / horas

$$\lambda = \frac{1}{MTBF}$$

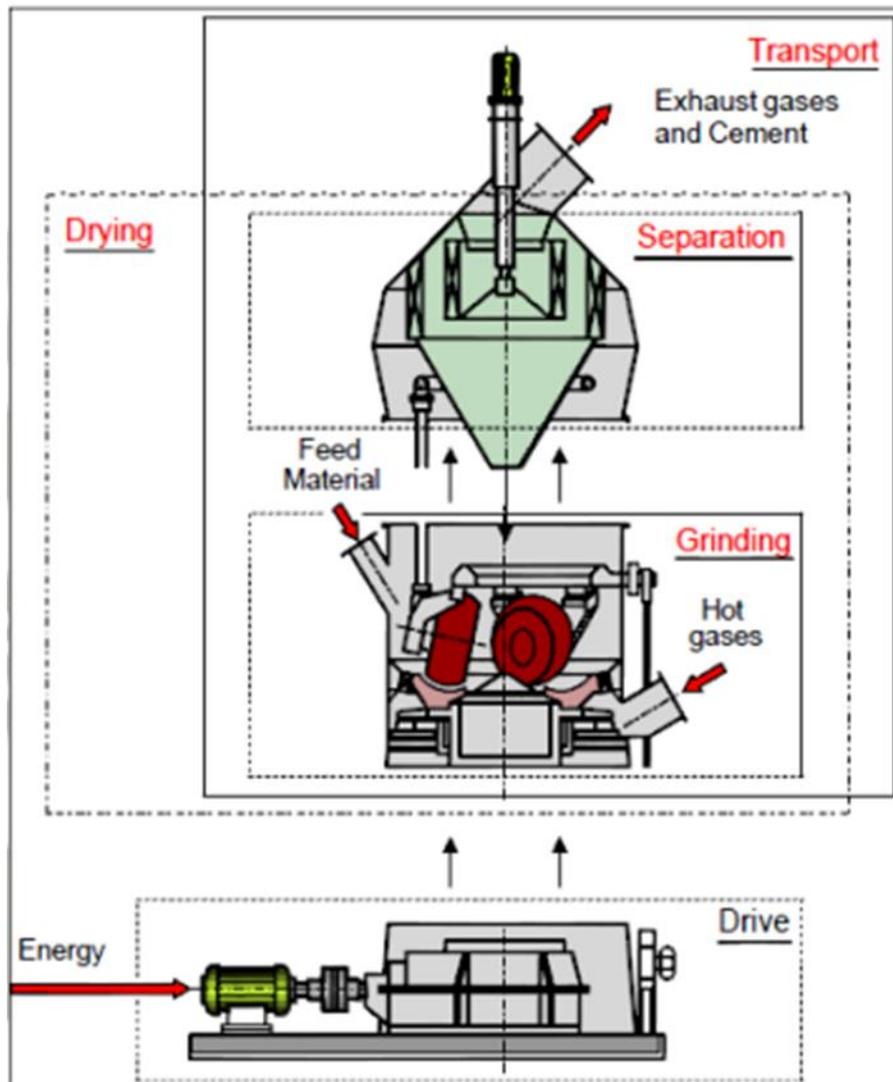
- Molinos verticales

Mischorr, Delgado (2009), define que un molino vertical es una combinación de 4 partes:

El accionamiento, la mesa de molienda y los rodillos, el clasificador y el ventilador principal. El accionamiento básicamente constituido por el motor y reductor tiene la función de transmitir la potencia hacia la mesa de molienda y absorber las fuerzas de molienda. La mesa de molienda tiene la función de recibir el material, mientras que los rodillos funcionan como cuerpos moledores triturando el material contra la mesa.

La función del clasificador es separar las partículas gruesas de las finas. El ventilador de tiro tiene como función generar un flujo de aire con la finalidad de transportar y secar el material desde el interior del molino hasta el filtro de mangas. El mantenimiento del molino debe ser realizado periódicamente a todos los elementos que conforman para evitar las fallas imprevistas y seguimiento a los elementos de desgaste, sistemas hidráulicos, lubricación y el ajuste de piezas.

Figura 3 Partes principales de un molino vertical de rodillos



Fuente: Mischorr, Delgado; 2009

El mantenimiento, son las distintas actividades a ejecutar que sirven para mantener las funcionalidades e incrementar la vida útil que tienen los equipos (Caceres & León, 2017).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo: Básica

Enfoque: cuantitativo

Diseño: no experimental

Alcance: descriptivo por lo que se busca la recopilación de datos o descripción de los hechos en la planta de cal.

3.2. Variables y operacionalización

Para la presente investigación se determinaron las siguientes variables.

Variable Independiente: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.

Variable Dependiente: Disponibilidad del molino vertical.

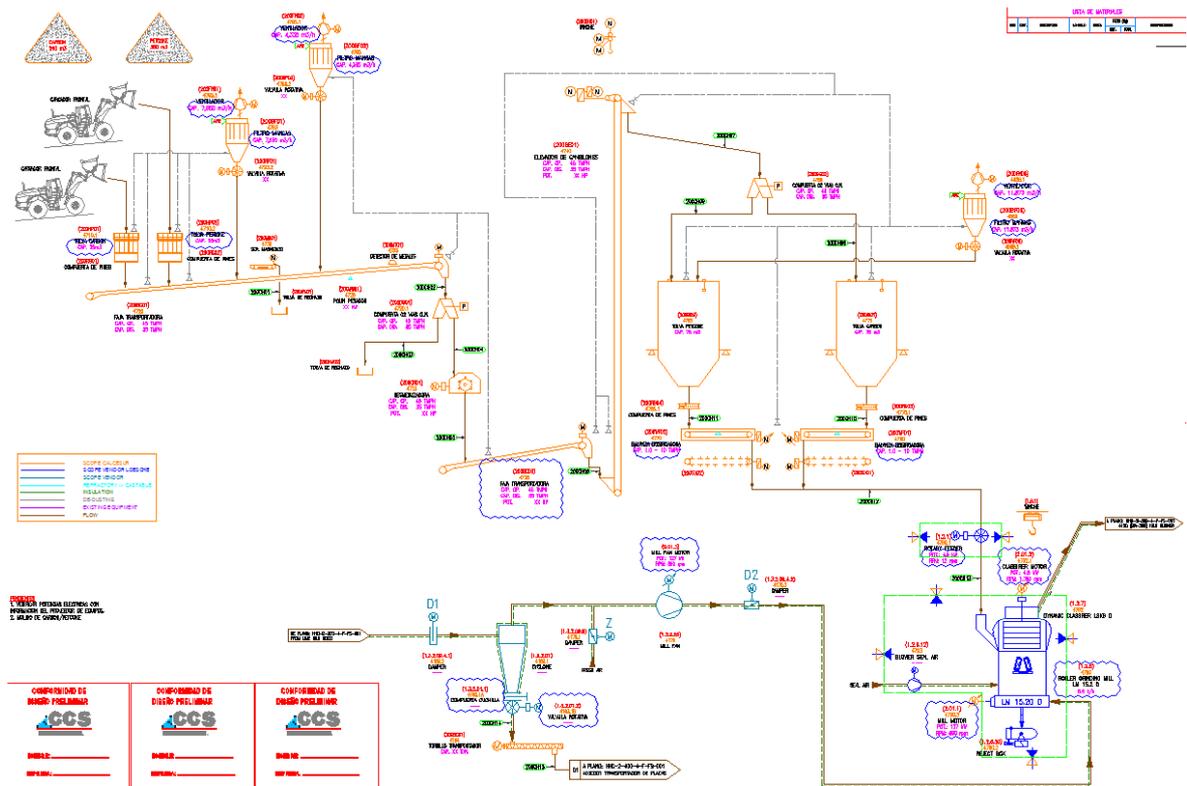
La matriz de operacionalización se ubica en el Anexo 01.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población: el proceso de molienda de combustible sólido está compuesto por equipos:

- Fajas transportadoras.
- Desmenuzadora de combustible.
- Elevador de cangilones.
- Filtros de despolvorización.
- Balanzas dosificadoras.
- Molino vertical loesche
- Ventilador.

Figura 4 Flushit sistema de molienda de combustible sólido



Fuente: planos de equipo

- Criterios de inclusión: Los criterios de inclusión para que se tomen en cuenta los datos son que este en el rango de 1 año.
- Criterios de exclusión: Si los datos están fuera de los 2 años no están completos en los espacios mencionados no se tomarán en cuenta.

Muestra: molino vertical de rodillos loesche

Periodo: 1 año

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En las distintas etapas desarrolladas del proyecto de investigación, los procedimientos a seguir deben ser continuos y consistentes con el uso de las técnicas y métodos anteriormente descritas.

En la recopilación de información se utilizó el Análisis documental, para la recopilación y análisis de la información del historial de fallas del molino, para finalmente generar una base de datos utilizando hojas de cálculo Excel.

Mediante el análisis de los datos recolectados, se procedió al cálculo de la Disponibilidad, utilizando los indicadores MTBF y MTTR. Para luego establecer los repuestos críticos, se utilizaron manuales del equipo, con la finalidad de analizar el (AMEF). La tabla resumida de Técnicas e Instrumentos de recolección de datos, se observan en el Anexo 03.

- Técnicas documentales.
- Reporte diario de operador
- Manual de partes de equipo

3.5. Procedimientos

Los procedimientos concretos que se utilizó para lograr la información es solicitar mediante un correo al área de procesos el reporte de paradas ocurridos durante los turnos. (anexo 5)

3.6. Método de análisis de datos

Con la finalidad de determinar el efecto del Mantenimiento Basado en la Confiabilidad en la disponibilidad del molino vertical el tratamiento y análisis de datos se utilizará el programa Excel para calcular los valores del MTBF y MTTR por equipo, estos cálculos son primordiales, para obtener

la Disponibilidad del molino, el cual nos ayuda como base para desarrollar la investigación.

Un instrumento de recolección de datos es confiable cuando los resultados de su aplicación al mismo objeto de investigación son similares en dos tiempos diferentes. Esto quiere decir que el instrumento debe ser llenado 2 veces, pero en tiempos distintos, para q los resultados sean los mismos.

test-retest

Método por el cual se determina si los datos de una muestra son similares al recolectarse en dos periodos distintos, es decir que ambas medidas deben tener resultados parecidos y en definitiva se correlacionan entre sí.

Para evaluar en el SPSS la prueba test -retes se hace uso del coeficiente de correlación Pearson o coeficiente de correlación spearman.

Indicador 1

MTTR = tiempo total de reparaciones / n° de reparaciones.

MTBF = tiempo disponible x tiempo parado/ n° de fallas.

Tabla 1 Indicadores de mantenimiento de molino de rodillos de un periodo de 12 meses.

| Intervalo | Mtbf | Mttr | Disponibilidad |
|-----------|------|------|----------------|
| 1 | 115 | 5 | 95% |
| 2 | 79 | 4 | 94% |
| 3 | 63 | 3 | 94% |
| 4 | 33 | 2 | 93% |
| 5 | 63 | 4 | 93% |
| 6 | 48 | 5 | 89% |
| 7 | 53 | 3 | 93% |
| 8 | 27 | 2 | 91% |
| 9 | 21 | 1 | 92% |
| 10 | 20 | 2 | 87% |
| 11 | 39 | 2 | 93% |
| 12 | 86 | 6 | 93% |

Fuente: elaboración propia

Prueba de normalidad.

Mediante esta prueba determinamos los datos de mi investigación, si tienen distribución normal o no normal y mediante este resultado determinare el uso del coeficiente de espearman o coeficiente de correlación Pearson.

Para que nuestra muestra se considere con distribución normal requiere cumplir el siguiente criterio:

Variable cuantitativa: dato numérico, entero o decimal.

Simétrica: la curva de media, mediana y moda deben ser iguales

Para determinar la normalidad de los datos utilizaremos programa estadístico con la ayuda de Shapiro-Wilk Kolmogórov-Smirnov

de Shapiro-Wilk

se aplica para muestras menor a 50.

Ahora utilizaremos el programa estadístico SPSS sin antes plantear nuestras hipótesis.

Hipótesis estadísticas:

Ho: La muestra cuenta con una distribución normal

Ha: La muestra cuenta con una distribución no normal

Donde/criterio/regla de decisión.

Nivel de confianza: 95%

$P < 0.05$; se rechaza la hipótesis nula, aceptando que la muestra cuenta con distribución no normal.

$P \geq 0.05$; se acepta la hipótesis nula, aceptando que la muestra cuenta con distribución normal.

Tabla 2 Indicador 1 MTBF indicadores de mantenimiento de molino.

| Pruebas de normalidad | | | | | | |
|------------------------------|---------------------------------|----|-------------------|--------------|----|------|
| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| MTBF | ,127 | 12 | ,200 [*] | ,938 | 12 | ,476 |

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: SPSS elaboración propia.

La tabla indica que la siguiente prueba es 0,476 en este valor es mayor a 0.05 aceptando la hipótesis nula afirmando que los datos cuentan distribución normal.

Tabla 3 MTTR indicadores de mantenimiento de molino.

Pruebas de normalidad

| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| MTTR | ,207 | 12 | ,163 | ,930 | 12 | ,381 |

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: SPSS elaboración propia.

La tabla indica que la siguiente prueba es 0,381 en este valor es mayor a 0.05 aceptando la hipótesis nula afirmando que los datos cuentan distribución normal.

Donde/criterio/regla de decisión.

Nivel de confianza: 95%

$P < 0.05$; se rechaza la hipótesis nula, aceptando que la muestra tiene una distribución no normal.

$P > = 0.05$; se acepta la hipótesis nula, aceptando que la muestra tiene una distribución normal.

Tabla 4 Disponibilidad molino.

Pruebas de normalidad

| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|----------------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| DISPONIBILIDAD | ,297 | 12 | ,005 | ,848 | 12 | ,034 |

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: SPSS elaboración propia.

La tabla indica que la siguiente prueba es 0,034 en este valor es mayor a 0.05 aceptando la hipótesis nula afirmando que los datos cuentan distribución normal.

Donde/criterio/regla de decisión.

Nivel de confianza: 95%

$P < 0.05$; se rechaza la hipótesis nula, aceptando que la muestra cuenta con distribución no normal.

$P > = 0.05$; se acepta la hipótesis nula, aceptando que la muestra cuenta con distribución normal.

3.7. Aspectos éticos

Seguridad y medio ambiente.

Aplicar el método de mantenimiento basado en la confiabilidad ofrecer condiciones óptimas a los colaboradores previniendo incidentes/accidentes que se puedan presentar en el proceso.

Mejorar la disponibilidad del molino vertical de rodillos en beneficio de la empresa utilizando datos estadísticos autorizados de acuerdo con la confidencialidad de información proveída por la empresa.

No dañar bienes de la empresa

Mostrar los resultados con información veraz sin manipulación de datos al término del proyecto de investigación.

IV. RESULTADOS

4.1. Análisis de la información de los molinos

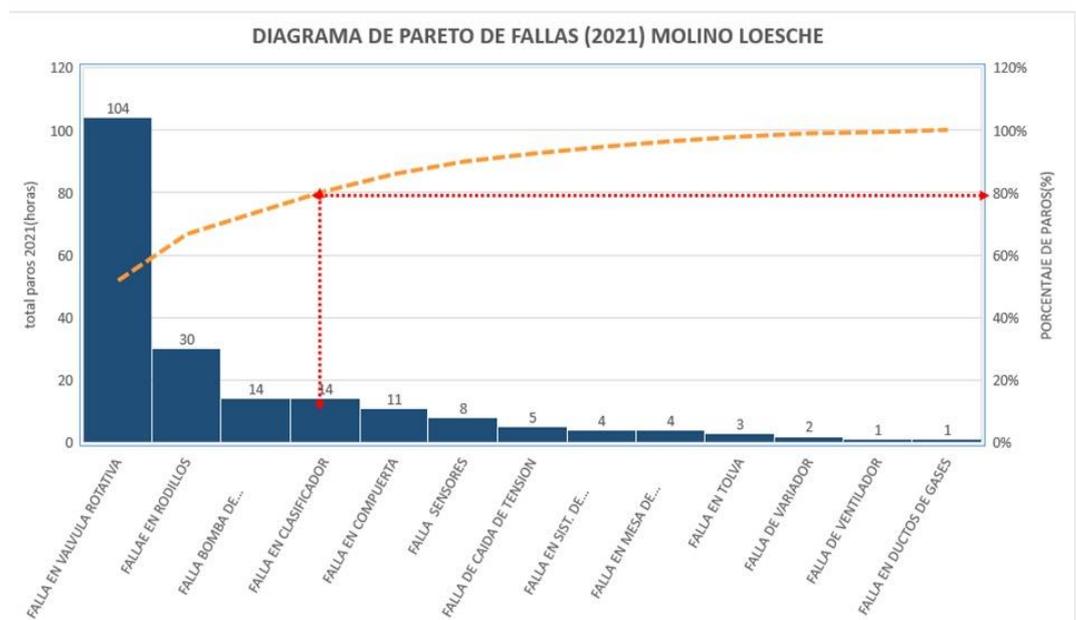
El registro de los molinos se encuentra en la base de datos del área de mantenimiento, cada molino está identificado por código, el análisis de criticidad está enfocado a los molinos que participan directamente. Los equipos que están dentro del estudio fueron escogidos bajo la supervisión de ingenieros del área de planeamiento. En el cual se determinó el equipo más crítico en el proceso, esta investigación esta desarrollada para mejorar en mantenimiento.

Lista de molinos de rodillos

| | |
|---------------------|------|
| MOLINO PETKOKE 3740 | 3740 |
| MOLINO LOESCHE 4790 | 4790 |
| MOLINO CAL 745 | 745 |

4.2. Diagrama de Pareto de principales fallas

Gráfico 1 Diagrama de Pareto de principales fallas



Fuente: Elaboración propia

4.3. Análisis de modos y efectos de fallas

Ya ejecutado el análisis de criticidad determinamos los componentes de la máquina para determinar las fallas que se producen.

Procediendo a realizar un AMEF, en el cual están registrados todas las formas o modos de fallas dentro de este proceso, los efectos que ocasiona al ocurrir la fallas y las consecuencias de los fallos.

El AMEF se desarrolló para el equipo crítico, para esto se procedió examinar el equipo mediante sus componentes primordiales.

Para estimar el grado de severidad, se debe de tomar en cuenta el efecto de la falla en el cliente. Se utiliza una escala del 1 al 10: el '1' indica una consecuencia sin efecto. El 10 indica una consecuencia grave.

Tabla 5 Grado de severidad de cada efecto

| Severidad | | |
|------------------------------------|--|---|
| ASQ (American Society for Quality) | | |
| Clasificación | Efecto | Criterio: Severidad de Efecto Definido (proceso) |
| 10 | Crítico Peligroso: Sin Aviso | Puede poner en peligro al operador. Modo de fallas afectan la operación segura y/o involucra la no conformidad con regulaciones gubernamentales. La falla ocurrirá SIN AVISO. |
| 9 | Crítico Peligroso: Con Aviso | Puede poner en peligro al operador. Modo de fallas afecta la operación segura y/o involucra la no conformidad con regulaciones gubernamentales. La falla ocurrirá CON AVISO. |
| 8 | Muy Alto | Interrupción mayor a la línea de producción. 100% del producto probablemente sea desechado. Ítem inoperable, pérdida de su función primaria. Cliente muy insatisfecho. |
| 7 | Alto | Interrupción menor a la línea de producción. Producto probablemente deba ser clasificada y una porción (menor al 100%) desechada. Ítem operable, pero a un nivel reducido de rendimiento. Cliente insatisfecho. |
| 6 | Moderado | Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) probablemente deba ser desechada (no clasificada). Ítem operable, pero algunos ítems de confort/ conveniencia inoperables. Clientes experimentan incomodidad. |
| 5 | Bajo | Interrupción menor a la línea de producción. 100% del producto probablemente sea retrabajado. Ítem operable, pero algunos ítems de confort/ conveniencia operables a un nivel reducido de rendimiento. Cliente experimenta alguna insatisfacción. |
| 4 | Muy Bajo | Interrupción menor a la línea de producción. El producto probablemente deba ser clasificado y una porción (menor al 100%) retrabajada. Defecto percibido por la mayoría de los clientes. |
| 3 | Pequeño | Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) del producto probablemente deba ser retrabajada en línea pero fuera de la estación de trabajo. Defecto es percibido por el cliente promedio. |
| 2 | Muy Pequeño | Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) del producto probablemente deba ser retrabajada en la línea y en la estación de trabajo. Defecto es percibido solo por clientes expertos. |
| 1 | Ninguno | Ningún efecto. |

Fuente: Tabla alineada con ASQ (American Society for Quality)

grado de ocurrencia de cada modo de falla Ocurrencia à la probabilidad de que la falla ocurra.

Tabla 6 Grado de ocurrencia de cada modo de falla

| Ocurrencia (Probabilidad de que pase) | | | | |
|---------------------------------------|------------|---|------------------|--------------------------------|
| ASQ (American Society for Quality) | | | | |
| Clasificación | Ocurrencia | Descripción | Frecuencia | Cpk (índice de capacidad real) |
| 10 | Muy Alta | La falla del proceso es casi inevitable | 1 en 2 | 0.33 |
| 9 | | | 1 en 3 | 0.51 |
| 8 | Alta | Procesos similares han presentado fallas | 1 en 8 | 0.67 |
| 7 | | | 1 en 20 | |
| 6 | Moderada | Muy pocas fallas ocasionales asociadas a procesos similares | 1 en 80 | 0.83 |
| 5 | | | 1 en 400 | 1.00 |
| 4 | | | 1 en 2,000 | 1.17 |
| 3 | Baja | Pocas fallas asociadas con procesos similares | 1 en 15,000 | 1.33 |
| 2 | | | 1 en 150,000 | 1.5 |
| 1 | Remota | Falla es improbable. Fallas nunca asociadas con procesos casi idénticos | < 1 en 1,500,000 | > 1.67 |

Fuente: Tabla alineada con ASQ (American Society for Quality)

Asignar el grado de detección de cada modo de falla Detección es la probabilidad de que la falla sea detectada antes de que llegue al cliente.

Tabla 7 Grado de detección de cada modo de falla

| Detección | | | |
|------------------------------------|---------------------------|--|---|
| ASQ (American Society for Quality) | | | |
| Clasificación | Probabilidad de detección | Oportunidad de detección | Criterio: Probabilidad de detección por control de procesos |
| 10 | Casi Imposible | Sin oportunidad de detección | no hay controles en el proceso capaz de detectar o prevenir la causa potencial de falla |
| 9 | Muy Remota | Es probable que no se detecte en ninguna etapa del proceso | Hay una probabilidad muy remota de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla |
| 8 | Remota | Detección de problemas después del proceso | Hay una probabilidad remota de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla |
| 7 | Muy Baja | Detección de problemas en la fuente | Hay una probabilidad muy Baja de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla |
| 6 | Baja | Detección de problemas después del proceso | Hay una probabilidad Baja de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla |
| 5 | Moderada | Detección de problemas en la fuente | Hay probabilidad moderada de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla |
| 4 | Altamente Moderada | Detección de problemas después del proceso | Hay una probabilidad muy moderada de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla |
| 3 | Moderada | Detección de problemas en la fuente | Hay una probabilidad moderada de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla |
| 2 | Muy Alta | Detección de errores y/o prevención de problemas | Hay muy alta probabilidad de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla |
| 1 | Casi Seguro | Proceso a prueba de errores | Es casi seguro que el control de proceso es capaz de detectar o de prevenir la causa potencial del modo de falla |

Fuente: Tabla alineada con ASQ (American Society for Quality)

Tabla 8 Resumen de (AMEF)



ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS

NOMBRE DE MAQUINA: MOLINO DE RODILLOS COMB LM 15.2 D 4790

| ENSAMBLE | MECANISMO DE TRANSFORMACION | FUNCION | PARTES Y COMPONENTES | MODO DE FALLA | EFECTO POTENCIALES DE FALLO | Severidad | CAUSAS REALES O POTENCIALES | Ocurrencia | CONDICION ACTUAL | Detección | N P R | ACCIONES A REALIZAR | Nueva Sev | Nueva Ocu | Nueva Det | Nuevo NPR | | |
|------------------|-----------------------------|--|---|--|---|--|---|--------------------------------|-----------------------|--------------|-------------|--|--|--|-----------|-----------|-----|-----|
| TRANSMISION | MOTOR | Generar una potencia suficiente | CARCASA DE MOTOR | corrosión y acumulación de partículas | componente ya no sirva | 6 | Golpe de un agente externo | 2 | Inspeccion visual | 6 | 72 | A | mantenimiento prev. | 6 | 2 | 6 | 72 | |
| | | | ESTATOR DE MOTOR | Corto circuito | componente ya no sirva | 8 | Exceso de voltaje | 2 | Sin plan | 6 | 96 | A | megado de motor | 6 | 1 | 2 | 12 | |
| | | | ROTOR | Corto circuito | componente ya no sirva | 6 | Mala conexión entre fases | 1 | Sin plan | 6 | 36 | A | megado de motor | 5 | 1 | 3 | 15 | |
| | | Entregar velocidad | CABLES DE CONEXIÓN | Rotura | perdida de potencia | 5 | apricionamiento / estiramiento | 3 | Sin plan | 4 | 60 | A | Cambio de cables de conexión | 8 | 2 | 3 | 48 | |
| | RODAMIENTO | | Rotura y destrucción | perdida de potencia /sobre calentamiento | 10 | exceso de carga un mal alineamiento | 10 | Sin plan | 6 | 600 | I | Utilice el lubricante correcto, Mejorar el método de montaje | 6 | 5 | 3 | 90 | | |
| | VENTILADOR | | materiales extraños y corrosión | calentamiento | 6 | golpe agente externo | 2 | Insp. Visual y ajuste | 3 | 36 | A | mantto prev. De ajuste de pemos | 5 | 2 | 2 | 20 | | |
| | ACOPLE | transmitir la potencia mecánica de un eje a otro. | ACOPLAMIENTO | desgaste, deformación, corrosión y fractura o separación | rotura de eje | 8 | sohura. Desajuste de pemos | 6 | Inspeccion y ajuste | 2 | 96 | A | mantto prev. De ajuste de pemos | 6 | 1 | 3 | 18 | |
| | REDUCTOR | Reducir la velocidad de salida para ganar el torque necesario | ENGRANES | Fractura, atas camiento | perdida de potencia/ quemado de motor | 8 | Por fatiga o impacto | 3 | Inspeccion visual | 4 | 96 | A | Análisis de espectro de vibración, analisis de aceite | 6 | 2 | 5 | 60 | |
| | | | RODAMIENTOS | Perturbaciones | Daño a otros componentes | 5 | Exeso de revolucion | 2 | Inspeccion visual | 1 | 10 | A | Análisis de espectro de vibración | 4 | 1 | 2 | 8 | |
| | | | EJE | Fractura por fatiga | Perdida de potencia/desgaste de | 4 | Sobrecarga, fatiga por torque. | 3 | Inspeccion visual | 1 | 12 | A | Inspeccion visual | 4 | 3 | 1 | 12 | |
| CUERPO DE MOLINO | VALVULA ROTATIVA | Las válvulas rotativas son usadas para controla el flujo de granel sólido en la descarga de los silos, tolvas, o de un transportador de tomo | ENGRANAJES | Fractura, atas camiento | perdida de potencia/ quemado de motor | 4 | Por fatiga o impacto | 1 | Sin plan | 4 | 16 | A | Seguimiento de desgaste de dientes | 4 | 4 | 4 | 64 | |
| | | | RODAMIENTOS | Perturbaciones | Daño a otros componentes | 6 | Contaminacion, montaje inadecuado | 6 | Sin plan | 6 | 216 | I | Cambio de rodaje de acuerdo a vida util | 6 | 2 | 4 | 48 | |
| | | | PRENSAESTOPA | Desgaste | Fuga de material | 8 | desgaste de empaquetaduras | 10 | sin plan | 7 | 560 | I | Cambio de empaquetadura mantto prev. | 4 | 6 | 4 | 96 | |
| | | | ROTOR | Fractura, atas camiento | Daño a otros componentes | 4 | Ingreso de material extraño | 4 | sin plan | 4 | 64 | A | Inspeccione la estructura de la válvula | 4 | 4 | 4 | 64 | |
| | MESA DE MOLENDA | La función principal de la mesa es soportar la cama de molenda y transferir las fuerzas causadas por los rodillos | SEGMENTOS DE MESA | Desgaste, deformación, ruptura | daño componentes internos | 10 | Ingreso de material extraño | 7 | Insp. Visual y ajuste | 8 | 560 | I | Cambio de mesa de molenda, stock. Seg. | 6 | 6 | 5 | 180 | |
| | | | ANILLO BUNDAJE | Perforación | Alto consumo energetico, vibración | 2 | Desgaste prematuro | 3 | Insp. Visual y ajuste | 8 | 48 | A | Inspeccion periodica de desgaste | 2 | 2 | 6 | 24 | |
| | RODILLOS | producir la fuerza de molenda presionando los rodillos sobre la mesa bajo una carga uniforme | EJE | Fractura por fatiga | Daño componentes internos | 4 | Sobrecarga, fatiga por torque. | 2 | Insp. Visual y ajuste | 3 | 24 | A | Aplicación de ultrasonido | 4 | 1 | 4 | 16 | |
| | | | RODAMIENTO | Rotura y destrucción | Atas camiento de rodillo | 10 | Contaminacion, montaje inadecuado | 8 | Sin plan | 8 | 640 | I | Cambio de rodamientos, calibracion juegos internos | 8 | 8 | 8 | 512 | |
| | | | RODILLO | Fractura, desgaste | Alta vibración | 10 | Ingreso de metales a camara de molenda | 8 | Insp. Visual y ajuste | 10 | 800 | I | Realizar ajuste mediante el relleno de soldadura, stock de seguridad | 10 | 8 | 8 | 640 | |
| | BRAZOS DE RODILLOS | Absorbe las fuerzas radiales y axiales del proceso de molenda. | CLINDROS HIDRAULICOS | fuga de liquido | Perdida de presión en rodillos | 8 | Fricción excesiva que provoca rayones en el vástago, daño en sellos | 5 | Insp. Visual | 8 | 320 | R | Cambio de sellos | 6 | 5 | 6 | 180 | |
| | | | RODAMIENTOS | Deterioro de pistas y elementos rodantes | Daño a otros componentes | 8 | Mala lubricacion, mal montaje | 6 | Sin plan | 5 | 240 | R | Inspeccion periodica de lubricante | 6 | 6 | 4 | 144 | |
| | SEPARACION | CLASIFICADOR | Dispositivo que separa el material grueso del material fino | ROTOR | Fractura, desgaste | El rotor no gira | 6 | Desbalance, desgaste | 6 | Insp. Visual | 8 | 288 | R | Insp. Prev. De rotor | 6 | 5 | 6 | 180 |
| | | | | EJE | Fractura por fatiga | Perdida de potencia/desgaste de componente | 2 | Sobrecarga, fatiga por torque. | 2 | Sin plan | 2 | 8 | A | Aplicación de ultrasonido, ensayos no destructivos | 2 | 1 | 1 | 2 |
| RODAMIENTOS | | | | Rotura y destrucción | Atas camiento de rotor de clasificación | 6 | Mala lubricacion, mal montaje | 6 | Sin plan | 8 | 288 | R | Cambio de rodamientos, calibracion juegos internos | 6 | 6 | 6 | 216 | |

Fuente: elaboración propia

4.4. Análisis de criticidad de repuestos

Al poseer la lista de equipo realizamos análisis de criticidad a cada molino, haciendo un análisis por componente y por la frecuencia de falla como la consecuencia.

(Contreras, 2018). La gestión de stocks de materiales usados es uno de los aspectos menos gestionados, pero también uno de los más importantes, ya que requiere de grandes inversiones económicas para atender en todo momento los requerimientos generales de repuestos y materiales y así evitar paradas en los procesos productivos.

La jerarquización en las tres categorías de criticidad, se evalúan según la

figura 4 Matriz de Criticidad

| | | | | |
|-------------------------|--------------------------|-----------|--------------------|-----------|
| INDISPONIBILIDAD | PARALIZA LA PRODUCCIÓN | MEDIA (2) | ALTA (3) | ALTA (3) |
| | LA AFECTA PARCIALMENTE | BAJA (1) | MEDIA (2) | ALTA (3) |
| | NO AFECTA LA PRODUCCIÓN | BAJA (1) | BAJA (1) | MEDIA (2) |
| | | < 10 DÍAS | ENTRE 10 Y 30 DÍAS | > 30 DÍAS |
| | TIEMPO DE ENTREGA | | | |

Fuente: Gestión y Optimización de Inventarios, José Contreras. 2018.

En la tabla 8 se puede visualizar la descripción acerca de los repuestos del molino vertical, Además se asignó una codificación de criticidad en tres rangos.

- 1 = no crítico
- 2= semi crítico
- 3 = crítico

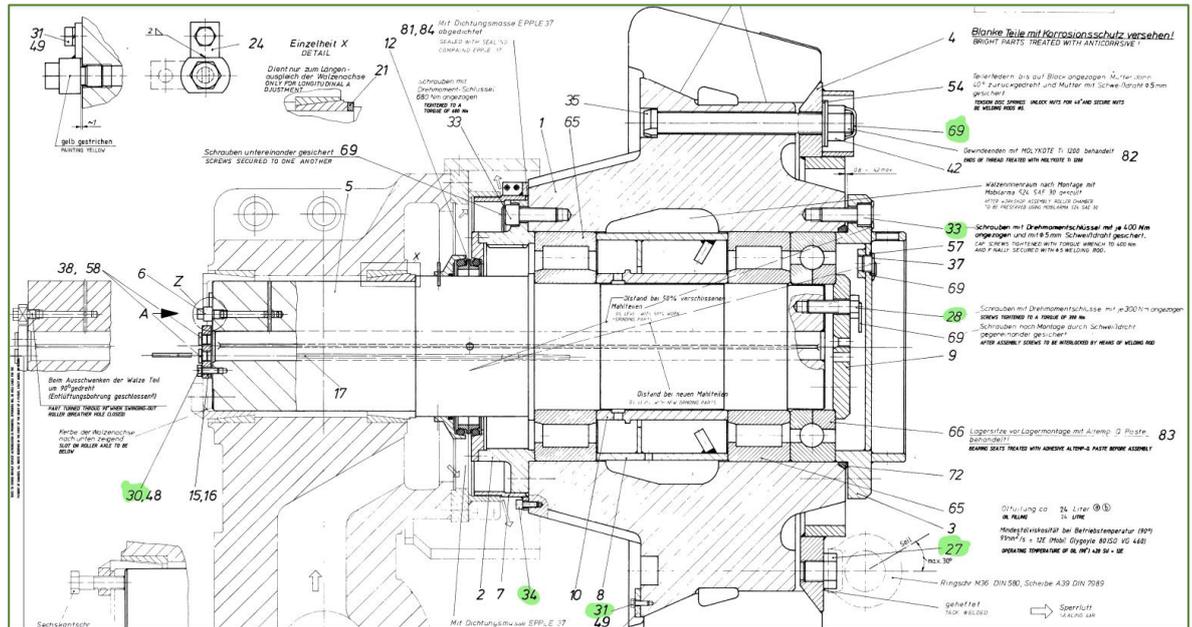
En el anex0 7 se puede observar la obtención de criticidad de repuestos

Tabla 9 Repuestos críticos de rodillos de molienda.

| COD SAP | DESCRIPCION DE REPUESTO | PART NUMBER | UMB | CANT | CRITICIDAD |
|---------|--|-------------|-----|------|------------|
| 5784490 | CYLINDER ROLLER BEARING LM 15.20 D | 10266786 | UND | 2 | 3 |
| 5784489 | BEARING-ROLLER LM 15.20 D 4POINT CONT | 10193992 | UND | 1 | 3 |
| 5784492 | O-RING (ROLLER (M)) 395 x12 VITON | 10195440 | UND | 2 | 3 |
| 5844072 | RODILLO PARA MOLINO VERTICAL LOESCHE (Fund. Central) | | UND | 2 | 3 |

Fuente: elaboración propia de manual de partes del molino.

Figura 5 Péndulo del molino



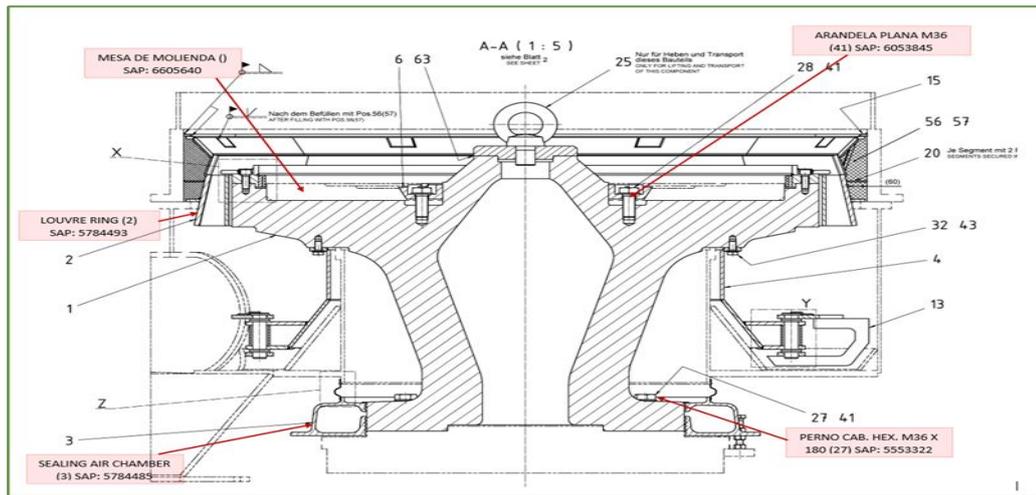
Fuente: elaboración propia de manual de partes del molino.

Tabla 10 Repuestos críticos de mesa de molienda.

| COD SAP | DESCRIPCION DE REPUESTO | PART NUMBER | UMB | CANT | CRITICIDAD |
|---------|--|-------------|-----|------|------------|
| 5784479 | PLACA DE MOLIENDA LM 15.20 (original) | | UND | 0 | 3 |
| 6605640 | MESA DE MOLIENDA MOLINO LM 15.2 D (fundicion C.) | | JGO | 1 | 3 |
| 5784493 | LOUVRE RING CPL. LM 15.20 D | 10307300 | UND | 1 | 3 |
| 5784485 | SEALING AIR CHAMBER (TABLE) LM 15.20 D | 10160539 | UND | 1 | 3 |
| 5866526 | GUARDA 10183545 | 10183545 | UND | 0 | 2 |
| 5784494 | DAM RING LM 15.20 D | 10307301 | UND | 1 | 3 |
| 5793093 | ARMADURA SEGMENTO ANILLO-DWG#20201074518 | 10307310 | UND | 0 | 3 |
| 5793094 | ARMADURA SEGMENTO ANILLO-DWG#20201074545 | 10307332 | UND | 7 | 3 |

Fuente: elaboración propia de manual de partes del molino.

Figura 6 Repuestos críticos de mesa de molienda



Fuente: elaboración propia de manual de partes del molino.

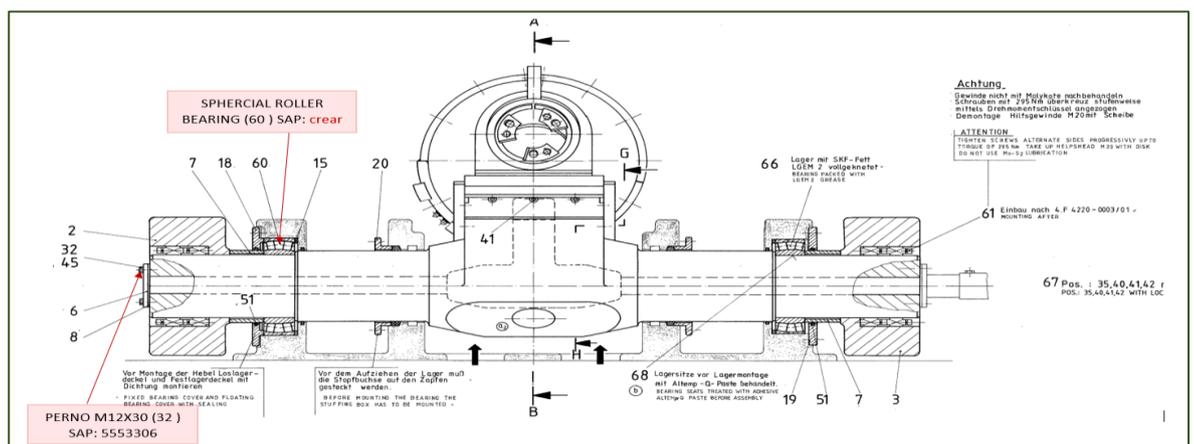
Repuestos críticos de roker arm de molino.

Tabla 11 Repuestos críticos de roker arm (brazo de rodillos)

| COD SAP | DESCRIPCION DE REPUESTO | PART NUMBER | UMB | CANT | CRITICIDAD |
|---------|---|-------------|-----|------|------------|
| 5784491 | CONICAL SLEEVE (ROCKER ARM) LM 15.20 D | 10183653 | UND | 2 | 3 |
| 5784498 | CLAMPING SLEEVE (ROCKER ARM) LM 15.20 D | 10183654 | UND | 1 | 3 |
| | ROLLER BEARING GREASE | 10195610 | UND | 0 | 3 |

Fuente: elaboración propia de manual de partes del molino.

Figura 7 Repuestos identificados roker arm.



Fuente: elaboración propia de manual de partes del molino.

Repuestos críticos de clasificador dinámico

Tabla 12 Repuestos críticos de clasificador

| COD SAP | DESCRIPCION DE REPUESTO | PART NUMBER | UMB | CANT | CRITICIDAD |
|---------|--|-------------|-----|------|------------|
| 5784407 | SELLO EJE ROTATIVO CLASSIFIER LSXS 20 D | LOESCHE | UND | 2 | 3 |
| 5784408 | THRUST SPHERICA ROLLER BEARING LSXS 20 D | LOESCHE | UND | 1 | 3 |
| 5784409 | RODAJE DE ROD. CLASS LSXS 20 D | LOESCHE | UND | 1 | 3 |
| 5784410 | RODAJE CARTRIDGE COMPLETE LSXS 20 D | LOESCHE | UND | 1 | 3 |
| 5784471 | SET OF BLADES CLASSIFIER LSXS 20 D | LOESCHE | UND | 1 | 3 |
| 5784472 | SET OF FLAPS CLASSIFIER LSXS 20 D | LOESCHE | UND | 1 | 3 |

Fuente: elaboración propia de manual de partes del molino.

4.5. Determinación de los indicadores KPIs

De acuerdo con las fórmulas planteadas, se procedió a calcular los indicadores de molino vertical de rodillos, en el periodo 01/2021 al 12/2021

Tabla 13 Disponibilidad de molino vertical de rodillos antes de aplicar RCM.

| MES | MTBF | MTTR | Disponibilidad | Horas de operación | Horas de operación meta | Confiabilidad |
|------------|--------|------|----------------|--------------------|-------------------------|---------------|
| ENERO | 115:06 | 5:31 | 95,43% | 690:40 | 744:00 | 93,74% |
| FEBRERO | 79:06 | 4:19 | 94,83% | 632:50 | 696:00 | 91,58% |
| MARZO | 63:49 | 3:48 | 94,38% | 702:08 | 744:00 | 89,00% |
| ABRIL | 33:33 | 2:26 | 93,24% | 671:00 | 720:00 | 80,69% |
| MAYO | 63:26 | 4:11 | 93,81% | 697:55 | 744:00 | 88,93% |
| JUNIO | 48:58 | 5:48 | 89,41% | 636:42 | 720:00 | 86,33% |
| JULIO | 53:29 | 3:44 | 93,48% | 695:24 | 744:00 | 87,01% |
| AGOSTO | 27:11 | 2:34 | 91,37% | 679:50 | 744:00 | 76,06% |
| SEPTIEMBRE | 21:31 | 1:37 | 93,01% | 667:15 | 720:00 | 71,56% |
| OCTUBRE | 20:20 | 2:54 | 87,52% | 650:41 | 744:00 | 69,36% |
| NOVIEMBRE | 39:24 | 2:56 | 93,07% | 669:56 | 720:00 | 83,30% |
| DICIEMBRE | 86:52 | 6:07 | 93,42% | 695:01 | 744:00 | 91,79% |

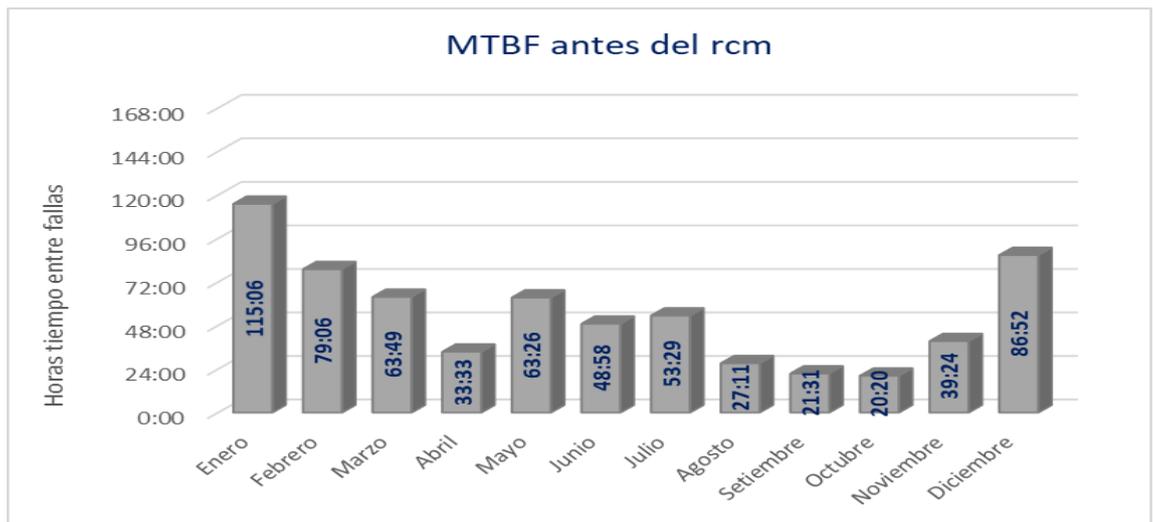
Fuente: Elaboración propia

Cálculo de MTBF (tiempo promedio entre fallas)

Este es el tiempo promedio de operación del equipo hasta que ocurre la falla, es decir el promedio de los intervalos de tiempo durante los cuales ocurren las fallas. Para realizar los cálculos, necesitamos establecer los siguientes parámetros:

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ de Horas totales del periodo de tiempo analizado}}{N^{\circ} \text{ de averías}}$$

Gráfico 2 MTBF de molino vertical antes de la propuesta de RCM



Fuente: Elaboración propia

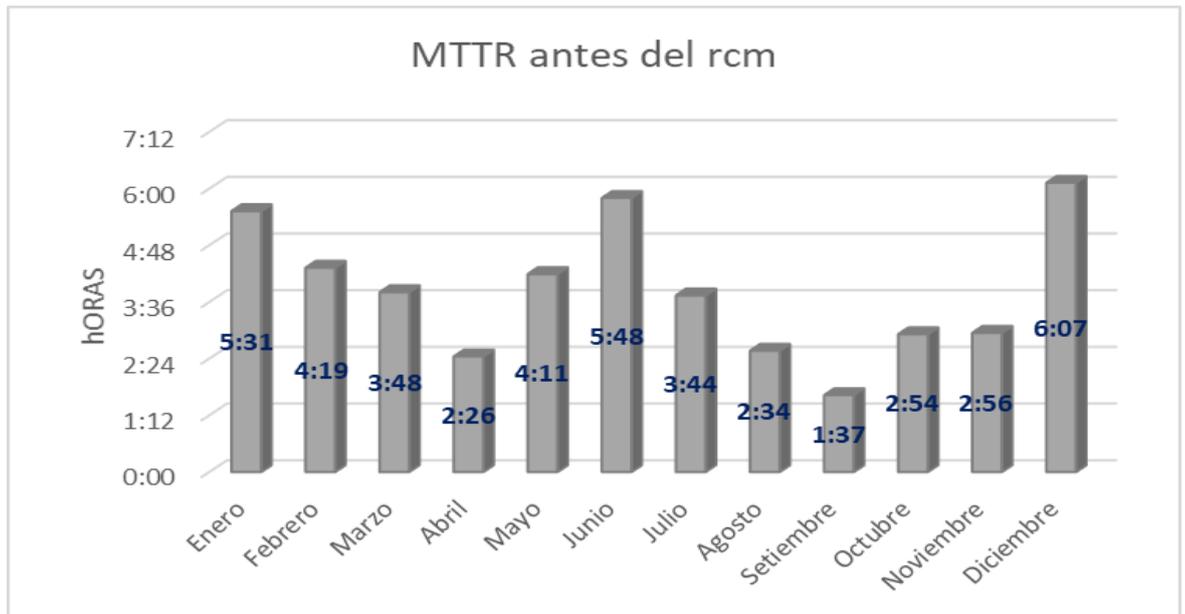
En el gráfico 3, se observa el comportamiento del MTBF en cada mes del periodo 2021; teniendo como máximo MTBF 115:06 horas/falla (enero) y como mínimo 20:20 horas/falla (octubre).

Cálculo de MTTR (tiempo medio de reparación)

Es el tiempo promedio que se utiliza para reparar una falla, Para realizar estos cálculos necesitamos establecer los siguientes parámetros:

$$MTTR = \frac{N^{\circ} \text{ de horas de paro por avería}}{N^{\circ} \text{ de averías}}$$

Gráfico 3 MTTR de molino vertical antes de la propuesta de RCM.



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 4, se observa el comportamiento del MTTR en cada mes del periodo 2021; teniendo como máximo MTTR 06:07 horas/falla (diciembre) y como mínimo 1:37 horas/falla (septiembre).

Cálculo de disponibilidad.

Con base en la base de datos establecida, continuamos determinando los valores necesarios para calcular la disponibilidad, en este caso un proceso de molienda de combustible sólido, ya que puede tener un impacto ambiental y de productividad. Si uno de los componentes de fabricación falla, se establece un objetivo de disponibilidad mínima del 97%. Para calcular, necesitamos establecer los siguientes parámetros:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$$

Gráfico 4 Disponibilidad del molino de rodillos antes del RCM.



Fuente: Elaboración propia

Claramente se observa los meses que han tenido mayor número en horas de tiempos perdidos en diferentes meses y por diferentes causas. Las paradas no programadas se han producido en todos los meses del año y por diferentes tipos de fallas teniendo una disponibilidad por debajo de los 97%. Se observa el comportamiento de la disponibilidad en cada mes del periodo 2021; teniendo como máxima disponibilidad un 95.42% (enero) y como mínimo 87.42% (octubre).

Cálculo de confiabilidad.

Puede ser descrita como la confianza que se tiene en un equipo, componente o sistema desempeñe su función base durante un tiempo determinado establecido, en condiciones normales de operación, estos indicadores están relacionados con la eficiencia de una máquina. (Granjales Mesa, Sanchez Ortiz, & Pinzon, 2006)

$$C_t = \left(e^{\frac{-\lambda \cdot TTP}{100}} \right) * 100$$

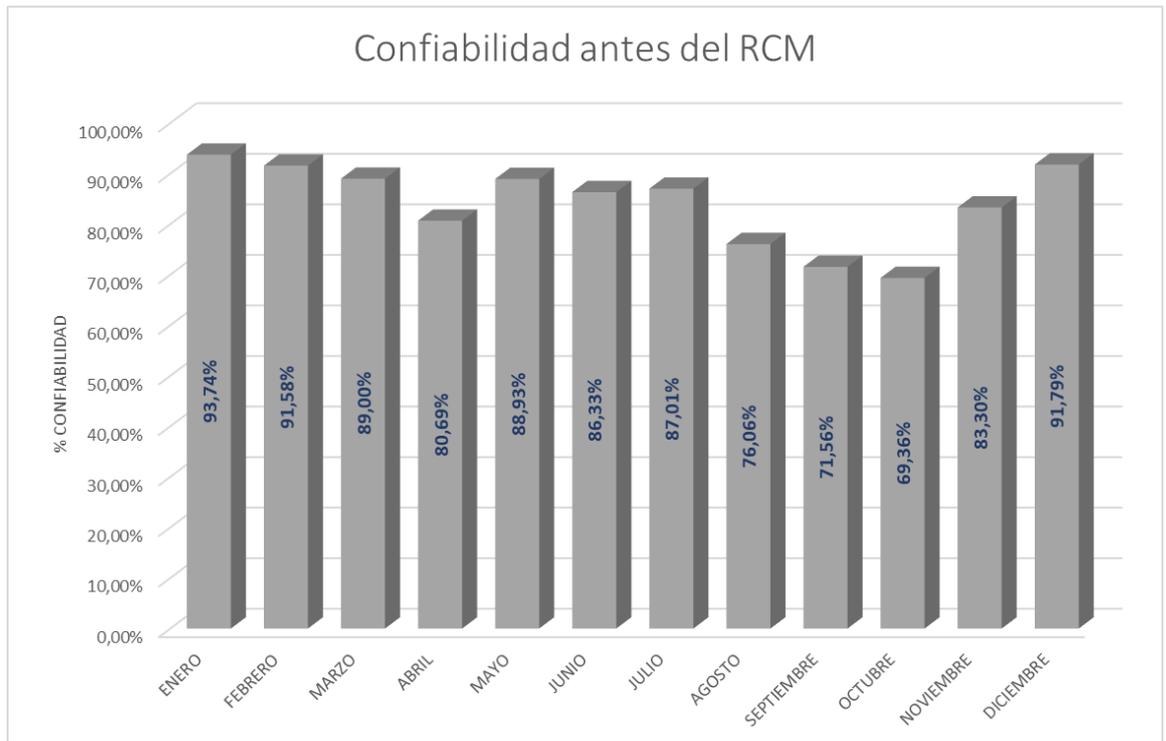
C (t): Confiabilidad %

TTP: Tiempo total de estudio (horas)

λ : Tasa de fallas (número de fallas con relación con relación al tiempo promedio entre fallas del equipo) fallas / horas

$$\lambda = \frac{1}{MTBF}$$

Gráfico 5 Confiabilidad del molino de rodillos antes del RCM.



Fuente: Elaboración propia

Se observa el comportamiento de la confiabilidad en cada mes del periodo 2021; teniendo como máxima confiabilidad un 93.74% (enero) y como mínimo 69.36% (octubre).

4.6. Plan de mantenimiento propuesto para la aplicación en parada mayor.

Para todos los equipos del molino vertical se crea a modo de propuesta un plan de mantenimiento para aplicar en la parada mayor, basado en todas las prácticas que divulga la modalidad RCM del mantenimiento, que propone en este trabajo.

Tabla 14 Plan de mantenimiento propuesta para aplicar RCM

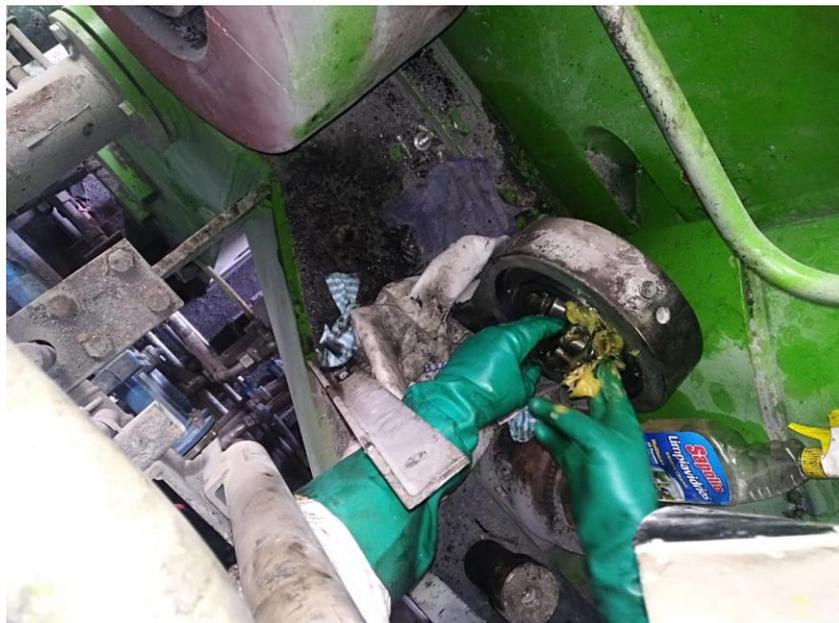
Fuente: Elaboración propia

Figura 9 Mantenimiento de clasificador dinámico



Fuente: Elaboración propia

Figura 10 Mantenimiento de brazos soporte de roker arm



Fuente: Elaboración propia

Figura 11 Mantenimiento de rodamientos de roker arm



Fuente: Elaboración propia

Figura 12 Mantenimiento rodillo de molino cambio de rodillo



Fuente: Elaboración propia

Figura 13 Mantenimiento rodillo de molino cambio de rodamientos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 14 Mantenimiento mesa de molino cambio de placas de molienda



Fuente: Elaboración propia

Figura 15 Mantenimiento sistema de accionamiento de molino inspección interna con cámara boroscopica



Fuente: Elaboración propia

Figura 16 Mantenimiento sistema de accionamiento motor eléctrico



Fuente: Elaboración propia

4.8. Determinación de proyección para los indicadores de mantenimiento aplicando la metodología RCM.

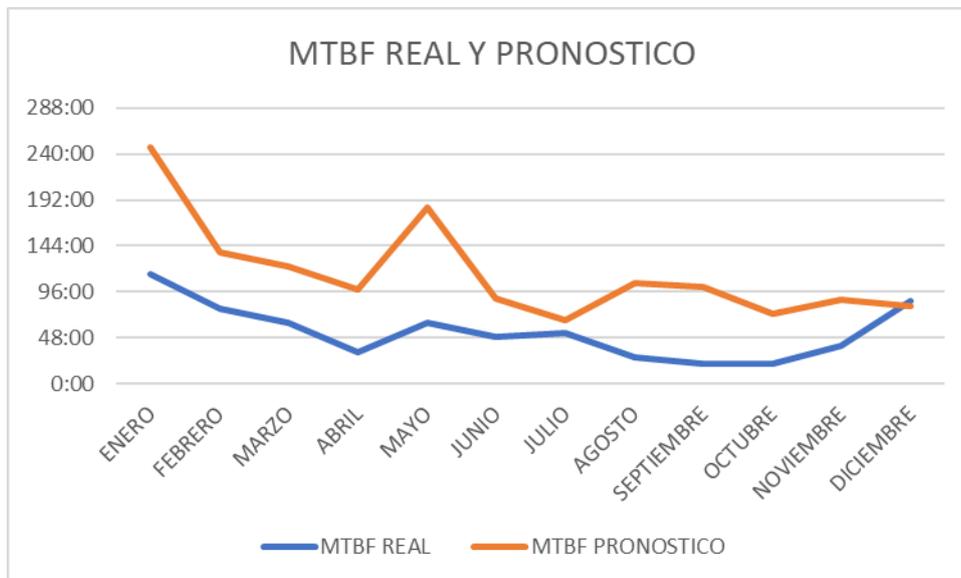
Para la determinación de los indicadores KPIs la proyección aplicando AMEF en los datos obtenidos en el 01/2021 al 12/2021 obtenemos las siguientes proyecciones para los indicadores KPIs.

Tabla 15 Datos de MTBF para el pronóstico

| ITEM | MES | MTBF REAL | MTBF PRONOSTICO |
|------|------------|-----------|-----------------|
| 1 | ENERO | 115:06 | 247:10 |
| 2 | FEBRERO | 79:06 | 137:33 |
| 3 | MARZO | 63:49 | 122:42 |
| 4 | ABRIL | 33:33 | 98:45 |
| 5 | MAYO | 63:26 | 184:09 |
| 6 | JUNIO | 48:58 | 89:01 |
| 7 | JULIO | 53:29 | 66:48 |
| 8 | AGOSTO | 27:11 | 105:04 |
| 9 | SEPTIEMBRE | 21:31 | 100:39 |
| 10 | OCTUBRE | 20:20 | 73:17 |
| 11 | NOVIEMBRE | 39:24 | 87:42 |
| 12 | DICIEMBRE | 86:52 | 81:25 |

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6 Pronostico de MTBF del molino de rodillos después del RCM.



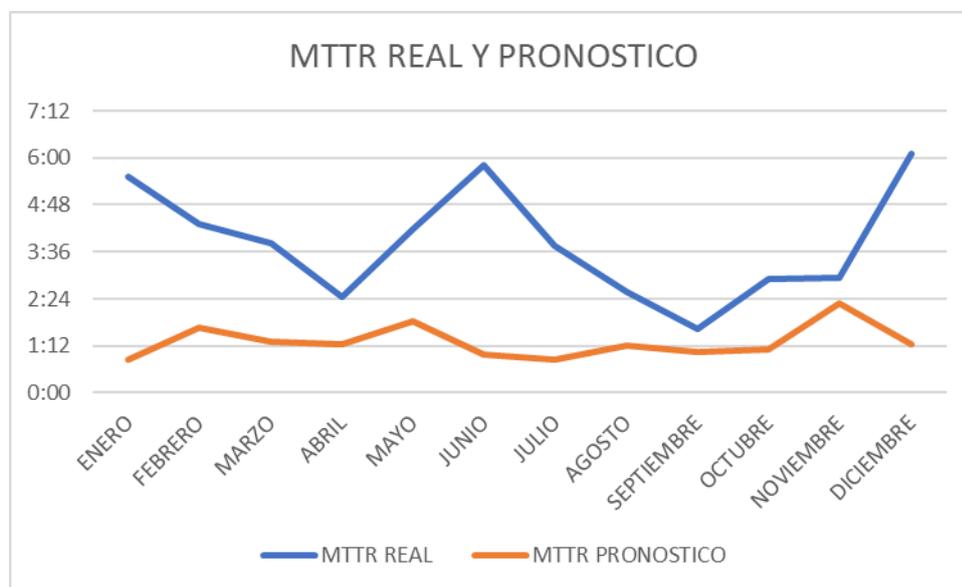
Fuente: Elaboración propia

Tabla 16 Datos de MTTR para el pronóstico anterior

| ITEM | MES | MTTR REAL | MTTR PRONOSTICO |
|------|------------|-----------|-----------------|
| 1 | ENERO | 5:31 | 0:50 |
| 2 | FEBRERO | 4:19 | 1:39 |
| 3 | MARZO | 3:48 | 1:17 |
| 4 | ABRIL | 2:26 | 1:14 |
| 5 | MAYO | 4:11 | 1:50 |
| 6 | JUNIO | 5:48 | 0:58 |
| 7 | JULIO | 3:44 | 0:50 |
| 8 | AGOSTO | 2:34 | 1:12 |
| 9 | SEPTIEMBRE | 1:37 | 1:03 |
| 10 | OCTUBRE | 2:54 | 1:06 |
| 11 | NOVIEMBRE | 2:56 | 2:17 |
| 12 | DICIEMBRE | 6:07 | 1:14 |

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 7 Pronostico de MTTR del molino de rodillos después del RCM.



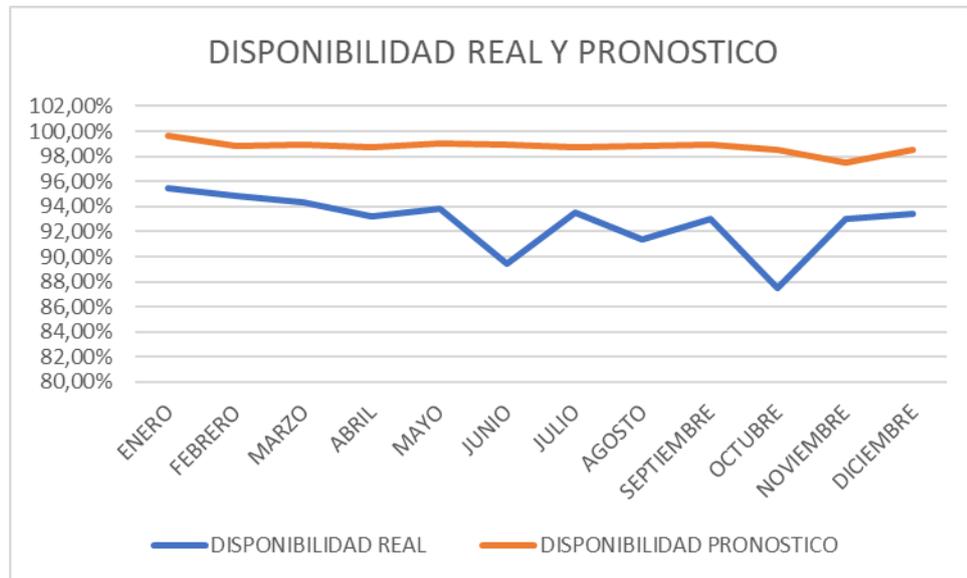
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17 Datos de DISPONIBILIDAD para el pronóstico anterior

| ITEM | MES | DISPONIBILIDAD REAL | DISPONIBILIDAD PRONOSTICO |
|------|------------|---------------------|---------------------------|
| 1 | ENERO | 95,42% | 99,66% |
| 2 | FEBRERO | 94,82% | 98,81% |
| 3 | MARZO | 94,37% | 98,96% |
| 4 | ABRIL | 93,21% | 98,76% |
| 5 | MAYO | 93,81% | 99,01% |
| 6 | JUNIO | 89,41% | 98,92% |
| 7 | JULIO | 93,47% | 98,76% |
| 8 | AGOSTO | 91,38% | 98,87% |
| 9 | SEPTIEMBRE | 92,97% | 98,96% |
| 10 | OCTUBRE | 87,46% | 98,51% |
| 11 | NOVIEMBRE | 93,05% | 97,46% |
| 12 | DICIEMBRE | 93,42% | 98,50% |
| | | 92,73% | 98,77% |

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 8 Pronóstico de DISPONIBILIDAD del molino de rodillos después del RCM.



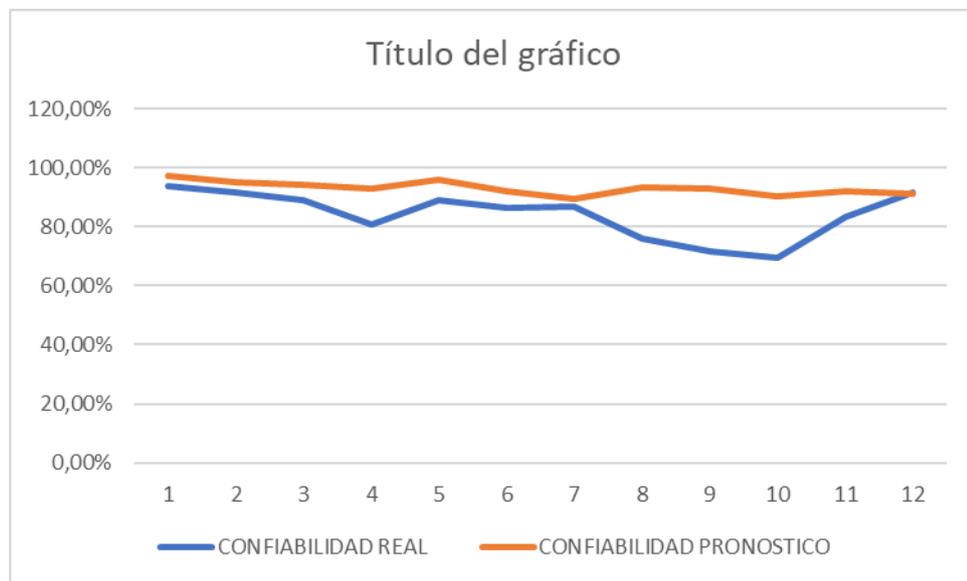
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18 Datos de CONFIABILIDAD para el pronóstico anterior

| ITEM | MES | CONFIABILIDAD REAL | CONFIABILIDAD PRONOSTICO |
|------|------------|--------------------|--------------------------|
| 1 | ENERO | 93,74% | 97,03% |
| 2 | FEBRERO | 91,58% | 95,07% |
| 3 | MARZO | 89,00% | 94,12% |
| 4 | ABRIL | 80,69% | 92,97% |
| 5 | MAYO | 88,94% | 96,04% |
| 6 | JUNIO | 86,33% | 92,23% |
| 7 | JULIO | 87,02% | 89,46% |
| 8 | AGOSTO | 76,06% | 93,16% |
| 9 | SEPTIEMBRE | 71,57% | 93,10% |
| 10 | OCTUBRE | 69,36% | 90,35% |
| 11 | NOVIEMBRE | 83,30% | 92,12% |
| 12 | DICIEMBRE | 91,79% | 91,27% |
| | | 84,11% | 93,08% |

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 9 Pronostico de DISPONIBILIDAD del molino de rodillos después del RCM.



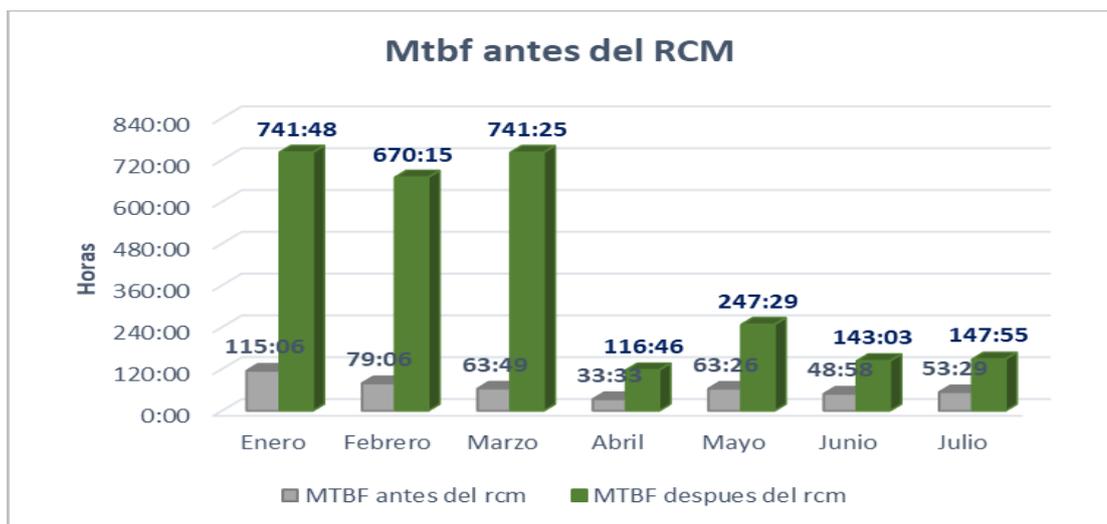
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19 Disponibilidad REAL de molino vertical de rodillos después de aplicar RCM.

| MES | MTBF | MTTR | Disponibilidad | Horas de operación | Horas de operación meta | Confiabilidad |
|---------|--------|------|----------------|--------------------|-------------------------|---------------|
| ENERO | 741:48 | 0:13 | 99,97% | 741:48 | 744:00 | 99,00% |
| FEBRERO | 670:15 | 0:11 | 99,97% | 670:15 | 696:00 | 98,97% |
| MARZO | 741:25 | 0:25 | 99,94% | 741:25 | 744:00 | 99,00% |
| ABRIL | 116:46 | 1:29 | 98,75% | 700:40 | 720:00 | 94,02% |
| MAYO | 247:29 | 0:13 | 99,91% | 742:28 | 744:00 | 97,04% |
| JUNIO | 143:03 | 0:25 | 99,71% | 715:18 | 720:00 | 95,09% |
| JULIO | 147:55 | 0:14 | 99,84% | 739:39 | 744:00 | 95,09% |

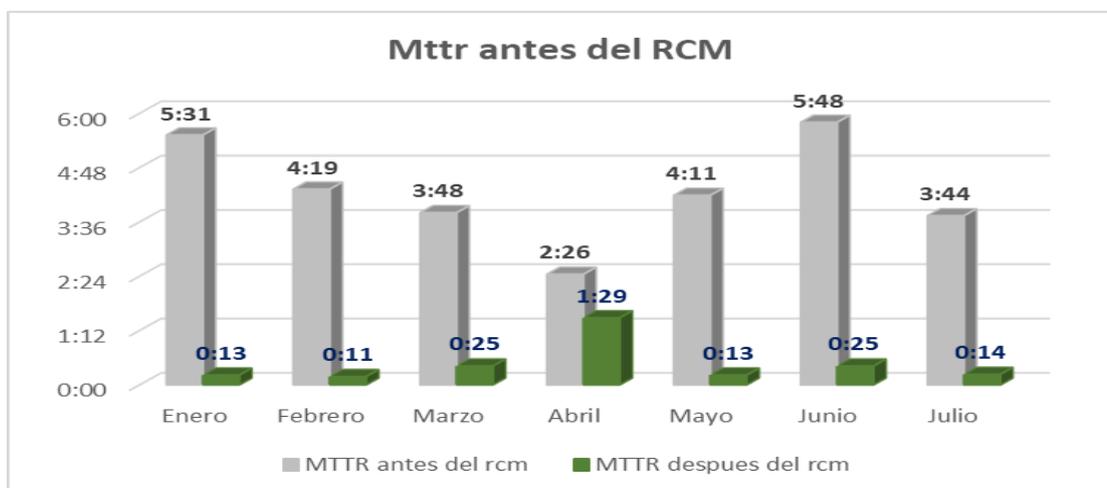
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 10 MTBF de molino vertical después de la propuesta de RCM.



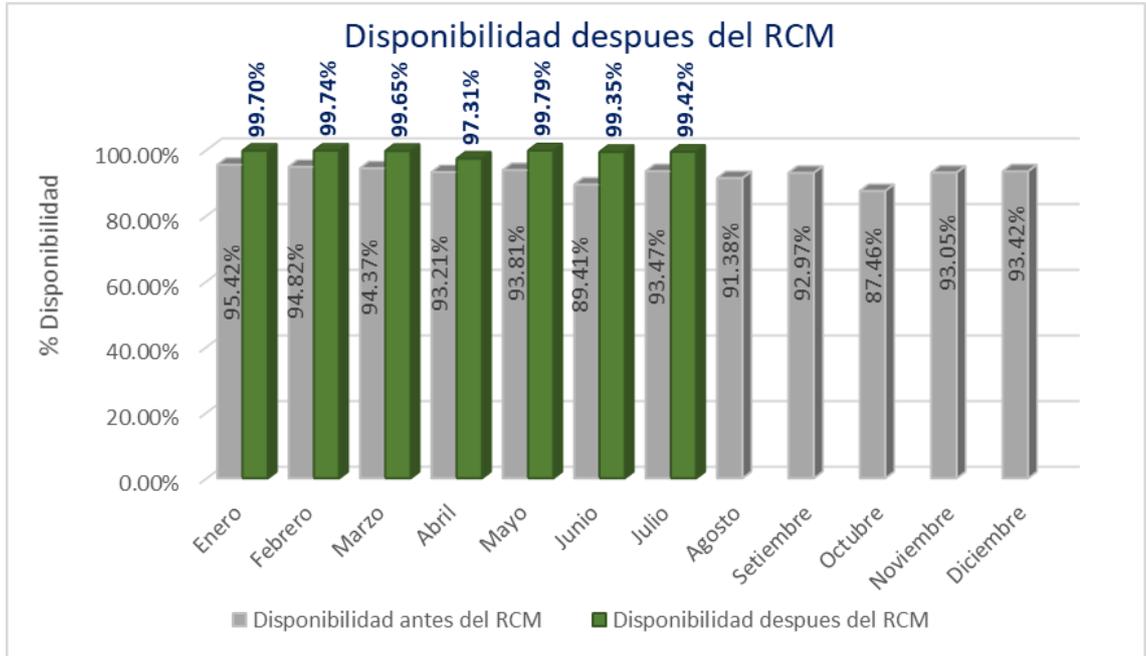
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 11 MTTR de molino vertical antes de la propuesta de RCM.



Fuente: Elaboración propia

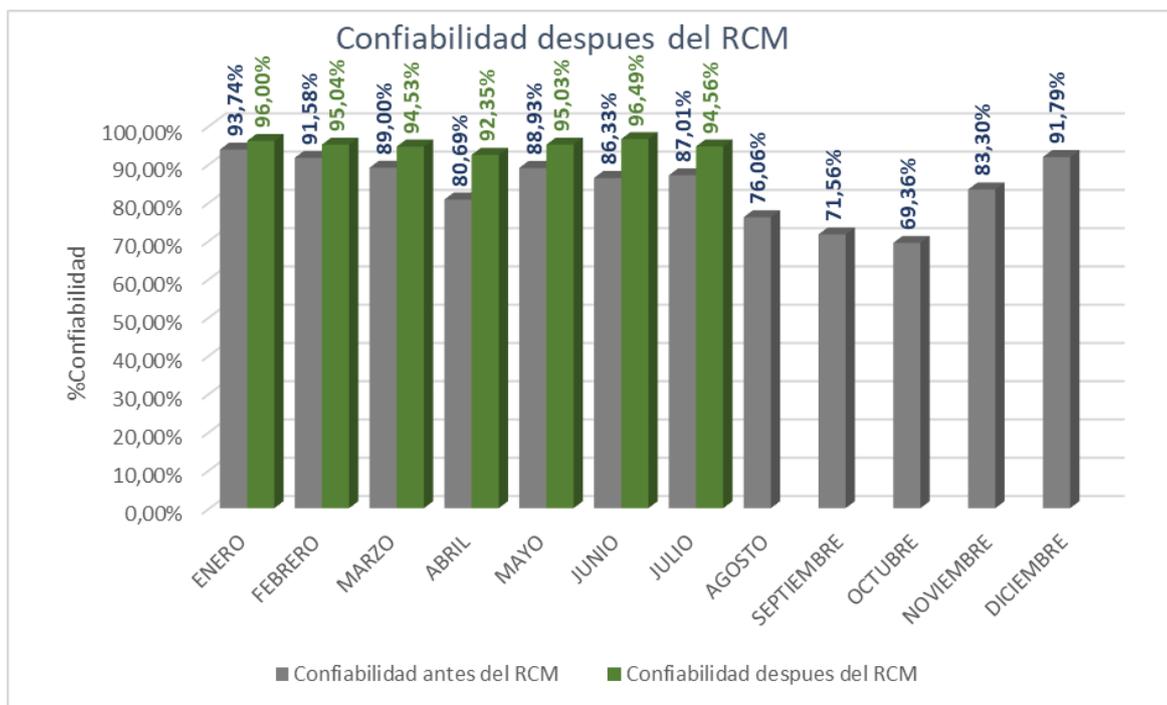
Gráfico 12 Disponibilidad del molino de rodillos después de la propuesta RCM.



Fuente: Elaboración propia

La disponibilidad del molino para su producción se ve en el siguiente gráfico 8 siendo la meta planificada por la empresa de 97%, de disponibilidad, pero lo que realmente se pudo cumplir en lo que fue del año 2022 des pues de aplicar RCM, es un de UN RANGO DEL 99% de disponibilidad.

Gráfico 13 Confiabilidad del molino de rodillos después de la propuesta RCM.



Fuente: Elaboración propia

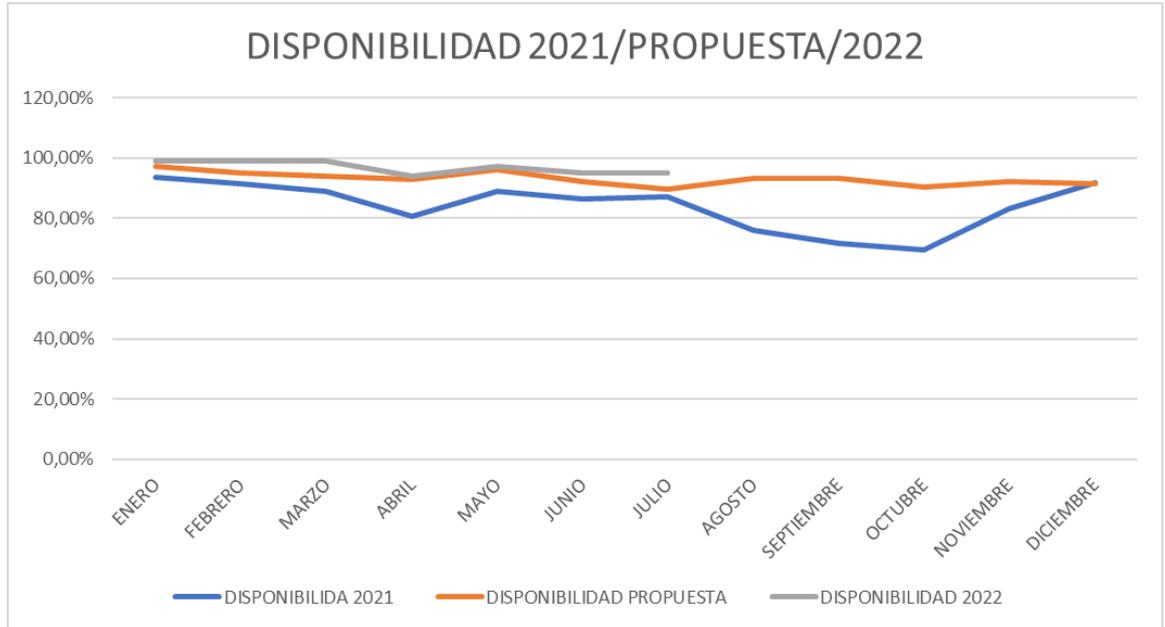
En el gráfico 9 se puede visualizar la confiabilidad del molino entre el año 2021 y 2022 donde se ve una clara diferencia, en el 2022 se alcanzó una confiabilidad máxima de 96.49% y una mínima de 92.35% a diferencia del 2021 donde se alcanzó un máximo de 93.74% pero donde se ve la diferencia es en la confiabilidad mínima que es en octubre dando un 69.36%.

Tabla 20 Disponibilidad del año 2021, la disponibilidad propuesta y la disponibilidad real del año 2022.

| ITEM | MES | DISPONIBILIDA 2021 | DISPONIBILIDAD PROPUESTA | DISPONIBILIDAD 2022 |
|------|------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------|
| 1 | ENERO | 93,74% | 97,03% | 99,00% |
| 2 | FEBRERO | 91,58% | 95,07% | 98,97% |
| 3 | MARZO | 89,00% | 94,12% | 99,00% |
| 4 | ABRIL | 80,69% | 92,97% | 94,02% |
| 5 | MAYO | 88,94% | 96,04% | 97,04% |
| 6 | JUNIO | 86,33% | 92,23% | 95,09% |
| 7 | JULIO | 87,02% | 89,46% | 95,09% |
| 8 | AGOSTO | 76,06% | 93,16% | |
| 9 | SEPTIEMBRE | 71,57% | 93,10% | |
| 10 | OCTUBRE | 69,36% | 90,35% | |
| 11 | NOVIEMBRE | 83,30% | 92,12% | |
| 12 | DICIEMBRE | 91,79% | 91,27% | |
| | | 84,11% | 93,08% | 96,89% |

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 14 Comparación de disponibilidad del año 2021, la disponibilidad propuesta y la disponibilidad real del año 2022.



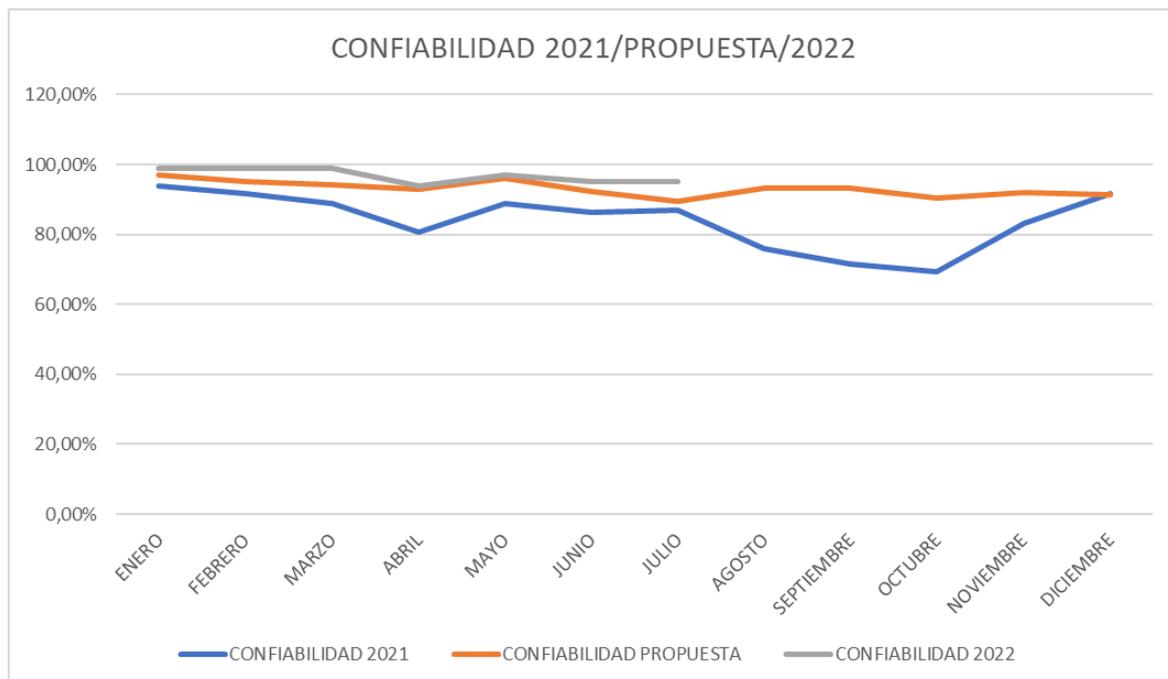
Fuente: Elaboración propia

Tabla 21 Confiabilidad del año 2021, la confiabilidad propuesta y la confiabilidad real del año 2022.

| ITEM | MES | CONFIABILIDAD 2021 | CONFIABILIDAD PROPUESTA | CONFIABILIDAD 2022 |
|------|------------|--------------------|-------------------------|--------------------|
| 1 | ENERO | 93,74% | 97,03% | 99,00% |
| 2 | FEBRERO | 91,58% | 95,07% | 98,97% |
| 3 | MARZO | 89,00% | 94,12% | 99,00% |
| 4 | ABRIL | 80,69% | 92,97% | 94,02% |
| 5 | MAYO | 88,94% | 96,04% | 97,04% |
| 6 | JUNIO | 86,33% | 92,23% | 95,09% |
| 7 | JULIO | 87,02% | 89,46% | 95,09% |
| 8 | AGOSTO | 76,06% | 93,16% | |
| 9 | SEPTIEMBRE | 71,57% | 93,10% | |
| 10 | OCTUBRE | 69,36% | 90,35% | |
| 11 | NOVIEMBRE | 83,30% | 92,12% | |
| 12 | DICIEMBRE | 91,79% | 91,27% | |
| | | 84,11% | 93,08% | 96,89% |

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 15 Comparación de confiabilidad del año 2021, la confiabilidad propuesta y la confiabilidad real del año 2022.



Fuente: Elaboración propia

V. DISCUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos aceptamos la hipótesis alternativa general que nos indica que es factible la propuesta de mantenimiento centrado en la confiabilidad tiene efecto significativamente para la gestión de parada mayor de un molino vertical de rodillos de una planta de cal.

Estos resultados tienen relación con lo que mencionan De La Cruz (2017) y Quispe (2016), el primero nos indica que aplica el RCM al equipo más crítico en el área de molienda que detiene la producción por fallas mecánicas dando como resultado que la aplicación del rcm tiene un efecto positivo en el equipo más crítico del área de molienda y la segunda investigación aplica RCM a la trituradora SANDVIK CH440 S.A. nos indica que su objetivo es elevar la funcionalidad del equipo, aumentar la vida útil de cada componente, dando como resultado que la aplicación del RCM en su investigación tiene resultados favorables en la trituradora SANDVIK CH440 S.A. ello es acorde con lo en esta investigación se encuentra.

En lo que respecta a los repuestos críticos y su importancia favoreciendo a la propuesta de mantenimiento basado en la confiabilidad tenemos relación con Torres (2017) que nos dice que el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad a la chancadora 60"X113", realizó un análisis de criticidad a todos los componentes mediante los criterios dados por la mina identificando así las fallas de alta prioridad. También teniendo relación con Díaz (2010) mantenimiento mayor en un turbogenerador dual de 120MW, como objetivo ubicar equipos críticos y tener un stock actualizado de repuestos para la comprensión de fallas repentinas. En esta investigación se encuentra.

En la identificación de las fallas servirá para la propuesta de mantenimiento basado en la confiabilidad para la gestión de parada mayor de un molino vertical de rodillos de una planta de cal tenemos relación con Chunga, Hidalgo & Pacherez (2020) en el cual nos indica identifica las fallas mediante análisis de modos y efectos de falla (AMEF), determinando sus fallas y análisis. También tiene relación el trabajo de investigación de De La Cruz (2017) en la cual nos indica que define los modos y efectos de falla sobre el equipo más importante

de molienda. A través de la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad. Esas investigaciones tienen relación con la nuestra.

Según el autor del proyecto de investigación de Torres (2017) en la cual esta investigación tuvo como objetivo primordial implementar RCM para aumentar la disponibilidad del triturador cono 60x113 de Chinalco Perú Mining Company; luego a aplicar el RCM para esta trituradora, indicando que los resultados obtenidos son de gran cambio en la disponibilidad, elevando la disponibilidad hasta el 92,08% de esta. También tiene relación la tesis de Chunga, Hidalgo & Pacherez (2020) como objetivo aumentar la disponibilidad de la chancadora giratoria Superior™ MKIII 60-89, donde según los datos recabados que provienen de campo se tiene una disponibilidad de 88.57% establece un RCM para un año, finalmente los resultados dieron una elevación en la disponibilidad, alcanzando un valor de 92,47% para la chancadora giratoria Superior. Esas investigaciones demuestran que nuestro objetivo está conforme con los resultados.

VI. CONCLUSIONES

En esta tesis se propuso el mantenimiento basado en la confiabilidad para la gestión de parada mayor de un molino vertical de rodillos generando efectos positivos en el equipo crítico de esta área facilitando su mantenimiento y reduciendo costos.

En esta tesis se clasificó repuestos críticos para la propuesta de mantenimiento basado en la confiabilidad para la gestión de parada mayor de un molino vertical de rodillos, se logró clasificar 20 repuestos críticos de los distintos componentes del molino los cuales pueden ser controlados bajo el parámetro de punto de pedido o stock de seguridad.

En esta tesis se identificó los modos de falla y efectos de falla con la propuesta de mantenimiento basado en la confiabilidad para la gestión de parada mayor de un molino vertical de rodillos concluyendo que es de suma importancia la implementación de un análisis de efecto y modo de falla (AMEF) en los procesos productivos que donde se llevan a cabo la producción de cal mediante la utilización de maquinas por lo que la identificación del AMEF comprende el área de molienda de combustible sólido (molido vertical) donde se observan 24 modos de fallas de los cuales 5 de ellos mantienen un NPR altos: Rotura y destrucción de rodamiento de motor con 600 NPR, desgaste en empaquetadura 560NPR, ingreso de material extraño mesa de molienda (metal) 560 NPR, atascamiento de rodillo 640 NPR, fractura y desgaste por alta vibración en rodillo 800 NPR. Resultados presentes con métodos de detección actuales. Puesto que después de implementar las acciones recomendadas generadas por el equipo multidisciplinario basado en los rangos y criterios de severidad, ocurrencia detección, se obtuvieron NRP muy bajos observando una disminución por debajo del 50% de los NPR iniciales a los NPR finales es decir que tenemos solo 2 modos y efectos de falla con alto NPR. Dicho lo anterior, se resalta la importancia de la investigación realizada, ya que, demostró la presencia de fallas, sus principales causas y el nivel de severidad, ocurrencia y detectabilidad con las que se presentan dentro del proceso de molienda.

En esta tesis para el diagnóstico de la confiabilidad y disponibilidad para incrementar se usó la técnica de recolección de datos en un periodo de 12 meses 2021 esto permitió conocer indicadores MTBF y MTTR para poder calcular la confiabilidad y disponibilidad del molino vertical. Donde concluimos que, al proponer el mantenimiento basado en la confiabilidad para la gestión de parada mayor de un molino vertical de rodillos, se logró mejorar la confiabilidad y disponibilidad del molino, es decir que se encontró con una confiabilidad de 84.11% y una disponibilidad de 93.73% realizando un proyecto de acuerdo con el AMEF se obtiene una confiabilidad de 93.08% y una disponibilidad de 98.77%.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda a la empresa de cal utilizar el mantenimiento basado en la confiabilidad en más equipos de la planta para poder mejorar en mantenimiento.

Se recomienda en las futuras investigaciones el uso de modos y efectos de fallas, facilita mucho en la detección de la falla y sus efectos en el equipo y también la posibilidad de llevar esta metodología a empresas del mismo rubro o diferente con el fin de conocer otros riesgos existentes y así aportar mejoras en cada proceso.

Se recomienda para futuras investigaciones que tengan interés en el proyecto para una proyección de indicadores como la confiabilidad la utilización de un software de simulación con el objetivo de que haya una mejora continua del mismo.

REFERENCIAS

- Sandoval Chávez, H. J., & Rojas Romero, S. F. (2017). Diseño e implementación de un sistema para la planificación, seguimiento y control de una parada de planta concentradora de 1200 TON/D por mantenimiento en una unidad minera.
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_0918f413ac80a7437209ef1cbe94c844
- Chunga More, D., Hidalgo Delgado, G., & Pacherez Vines, K. (2020). Diseño de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para aumentar la disponibilidad de la chancadora giratoria.
<https://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2420>
- Esteban De La Cruz, E. G. (2017). Mantenimiento centrado en confiabilidad para el equipo más crítico del área de molienda de Clinker en Planta Atocongo–Lima. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/3667>
- Díaz Merino, S. (2010). Mantenimiento mayor en un turbogenerador dual de 120 MW-ciclo simple con inyección de agua.
https://www.lareferencia.info/vufind/Record/PE_b3e1a486db330ecbcef4592744de650f
- Quispe Coronel, A. (2016). Mantenimiento Basado en la Confiabilidad aplicado a la Trituradora SANDVIK CH440 de la Planta Concentradora de Estaño de la unidad minera San Rafael de MINSUR SA.
<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2895245>
- Carrillo, R., & Luzed, M. (2009). Plan de proyecto de una parada de planta en Tenaris Tavsa. Puerto Ordaz: Universidad Católica Andrés Bello.
<http://catalogo-gy.ucab.edu.ve/documentos/tesis/aab1681.pdf>
- Fernández Corrales, F. (2014) Aplicación de la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad para reducir los costos de mantenimiento a un sistema de molienda vertical de cemento Im 56 2+ 2.
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCSM_314e9c3ee10e52c966aa4777df9b52e5

- Salazar, C. M. (2009). Diseño de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC) para sistemas de aire en plantas de extracción de líquidos del gas natural. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/225389>
- Angulo Garcia, F. J. (2005). Molino pendular de 8000 Kg/h. <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/2730>
- Muñoz Zulueta, J. J. F. (2019). Propuesta de mejora del proceso de pilado de arroz de la empresa Molino Chiclayo SAC para incrementar su productividad. <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/2722>
- Cáceres Marchena, R. L., & León Yataco, A. L. (2017). Aplicación de la gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad a la flota de camiones de acarreo caterpillar 793f de una compañía minera para el mejoramiento de la confiabilidad operacional. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2803>
- Erribari Tamariz, D. G., & Salazar Mares, C. D. (2019) Business Intelligence para mantenimiento correctivo de Avitel Servicios Generales para una empresa de rubro telecomunicaciones. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/626720>
- Campos-López, O., Tolentino-Eslava, G., Toledo-Velázquez, M., & Tolentino-Eslava, R. (2019). Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos. *Científica*, 23(1), 51-59. <https://www.redalyc.org/journal/614/61458265006/61458265006.pdf>
- Montalvo, A., Aldana, R., López, A., Álvarez, E. J., Aldana, F., & Rivera, Y. (2018). Mantenimiento centrado en confiabilidad en motocompresores. *REVISTA AMBIENTAL AGUA, AIRE Y SUELO*, 9(1), 1-7. <https://ojs.unipamplona.edu.co/ojsviceinves/index.php/aaas/article/view/414>
- Portillo, M. P., Pérez, V. H. C., & de la Riva Rodríguez, J. (2022). Metodología de administración para el mantenimiento preventivo como base de la confiabilidad de las máquinas. *RIDE Revista Iberoamericana para la*

Investigación y el Desarrollo Educativo, 12(24).
<http://mail.ride.org.mx/index.php/RIDE/article/view/1218>

Montenegro Leyva, G. W. (2018). Sistema de gestión de mantenimiento basado en el riesgo para incrementar la confiabilidad de la maquinaria pesada de la empresa Chancadora del Norte SAC.
<https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/11091>

Ramírez-Márquez, M. M., Viscaino-Valencia, P. R., & Mera-Mosquera, A. R. (2018). Evaluación de un sistema de gestión de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM). Polo del Conocimiento, 3(3), 148-156.
<https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/635>

Fuchs, M. V., Rodríguez-Cáceres, A., Altamirano-Flores, E., Lastra, G. E. M., & Merino, J. C. Á. (2020). Propuesta de mejora del plan de gestión de mantenimiento basado en RCM y Lean Office en el proceso de inyección de polímeros. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação, (E37), 41-51.
<https://www.proquest.com/openview/4bf5aa02d2b33bad45779505ea2b4feb/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1006393>

Marrero-Hernández, R. A., Vilalta-Alonso, J. A., & Martínez-Delgado, E. (2019). Modelo de diagnóstico-planificación y control del mantenimiento. Ingeniería Industrial, 40(2), 148-160. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59362019000200148&script=sci_arttext&tlng=en

Salazar, L. C., Mosquera, D. L., Melo, D. M., Molina, L. M., & López, J. O. (2020). KPIS EN LA GESTIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS: impact of kpis on processes productive industry. Revista Teinnova, 5, 100-109.

Soto Durán, D. E., Giraldo Mejía, J. C., Vargas Agudelo, F. A., Jiménez Builes, J., & Jaramillo, A. J. V. (2020). Monitoreo de indicadores de valor a través de minería de datos, gestión de procesos de negocio y mejoramiento continuo con gestión del riesgo. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 19(37), 93-118. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242020000200093

- Urbina, I. S., Pineda, M. R., Rozo, R. A., & Monsalve, P. G. (2020). DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS TALLERES DEL CENTRO CIES SENA REGIONAL NORTE DE SANTANDER UTILIZANDO METODOLOGÍA AMEF. REVISTA COLOMBIANA DE TECNOLOGIAS DE AVANZADA (RCTA), 3(Especial). <https://ojs.unipamplona.edu.co/ojsviceinves/index.php/rcta/article/view/880>
- de Popayán, F. U. IMPORTANCIA DE LA HERRAMIENTA AMEF EN LOS PROCESOS INDUSTRIALES. <http://unividafup.edu.co/repositorio/files/original/e2bd47f3126ca374533113cb14e51f5b.pdf>
- 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. ISSN: 2737-6249., 4(8), 2-18. <http://journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/view/31>
- Velásquez-Moreira, P. R., & Llosas-Albuerne, Y. E. (2021). Propuesta de un plan de gestión del mantenimiento del sistema de respaldo de energía eléctrica del Hospital de Especialidades Portoviejo. Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación. ISSN: 2737-6249., 4(8 Ed. esp.), 117-131. <http://journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/view/76>
- Onofre, I. E., Cruz, M. D. L. L., Tzitzihua, L. V., & Hernández, M. (2018). Identificación de las áreas críticas que generan accidentes en una empresa ferrocarrilera del Estado de Veracruz. Revista Ciencia Administrativa, 2018(2), 45-51. <https://www.uv.mx/iiesca/files/2019/02/06CA201802.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1 OPERACIONALIDAD DE VARIABLES

| VARIABLE | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIÓN | INDICADOR | NIVEL DE MEDICIÓN |
|--|--|---|--------------------|--|--|
| Variable independiente: Mantenimiento basado en la confiabilidad | Moubray, 2001 “Es un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual” | Moubray, 2004. A cada función se le asocian una o varias fallas funcionales. Éstas se definen como la incapacidad del activo de cumplir con una función según los parámetros de funcionamiento aceptable para el usuario. | Fallas funcionales | MTTR = tiempo total de reparaciones / n° de reparaciones. MTBF = tiempo disponible x tiempo parado/ n° de fallas. | Medición en horas Medición en horas |
| Variable Dependiente: Disponibilidad del molino vertical | Montilla, 2016, p. 131 Es el porcentaje de tiempo total que se puede esperar para que un equipo esté disponible y pueda cumplir la función principal para la cual fue destinado. (cita) | Se aplicó la fórmula de Muñoz, 2019. La productividad no es una medida de la producción ni de la cantidad que se ha fabricado, sino de la eficiencia con que se han combinado y utilizado los recursos. | Productividad | $D = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)}$ | Porcentaje (%) |

ANEXO 2 MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA: Propuesta de mantenimiento basado en la confiabilidad para la gestión de parada mayor de un molino vertical de rodillos de una planta de cal a 3800 msnm.

| Problemática | Problemas | Objetivos | Hipótesis | Variables | Diseño Metodológico |
|---|---|---|---|---|--|
| <p>Esta investigación busca proponer la aplicación del mantenimiento basado en la confiabilidad para la gestión de parada mayor para un molino vertical de rodillos de carbón, el cual opera en una planta para el proceso de cal. De los cuales se pretende lograr identificar estas señales tempranas de fallos en componentes críticos del molino, y clasificar los repuestos críticos, de forma oportuna y planificada. El proyecto también contempló reconocer los modos y efectos de falla la cual se estableció en base al análisis (AMEF), y finalmente caracterizar el plan de mantenimiento de parada mayor del molino manejando en conjunto planes de alcances tanto como crítico, prioritarios gestión de tiempo, costos, recursos humanos, comunicaciones, riesgos, donde se podrá ejecutar parada mayor del molino de una manera exitosa.</p> | <p>Problema General:</p> <p>¿Qué efecto tendría la Propuesta de mantenimiento basado en la confiabilidad para la gestión de parada mayor de un molino vertical de rodillos de una planta de cal a 3800 msnm?</p> <p>Problemas Específicos:</p> <p>PE1: ¿De qué manera favorece la clasificación de repuestos críticos con la Propuesta de mantenimiento basado en la confiabilidad para la gestión de parada mayor de un molino vertical de rodillos de una planta de cal a 3800 msnm?</p> <p>PE2: ¿de qué manera se identificará los modos de falla y efectos de falla con la Propuesta de mantenimiento basado en la confiabilidad para la gestión de parada mayor de un molino vertical de rodillos de una planta de cal a 3800 msnm?</p> <p>PE3: ¿de qué manera podemos aumentar disponibilidad con la Propuesta de mantenimiento basado en la confiabilidad para la gestión de parada mayor de un molino vertical de rodillos de una planta de cal a 3800 msnm?</p> | <p>Objetivo General:</p> <p>Proponer el mantenimiento basado en la confiabilidad para la gestión de parada mayor de un molino vertical de rodillos de una planta de cal a 3800 msnm.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <p>OE1: Clasificar repuestos críticos para la propuesta de mantenimiento basado en la confiabilidad para la gestión de parada mayor de un molino vertical de rodillos de una planta de cal a 3800 msnm.</p> <p>OE1: Identificar modos y efectos de falla con la propuesta de mantenimiento basado en la confiabilidad para la gestión de parada mayor de un molino vertical de rodillos de una planta de cal a 3800 msnm.</p> <p>OE3: aumentar la disponibilidad con la Propuesta de mantenimiento basado en la confiabilidad para la gestión de parada mayor de un molino vertical de rodillos de una planta de cal a 3800 msnm.</p> | <p>Hipótesis General:</p> <p>Es factible la propuesta de mantenimiento centrado en la confiabilidad tiene efecto significativamente en para la gestión de parada mayor de un molino vertical de rodillos de una planta de cal a 3800 msnm.</p> <p>Hipótesis Específicas:</p> <p>HE1: la clasificación de repuestos críticos favorece a la propuesta de mantenimiento basado en la confiabilidad para la gestión de parada mayor de un molino vertical de rodillos de una planta de cal a 3800 msnm.</p> <p>HE2: la identificación de las fallas servirá para la propuesta de mantenimiento basado en la confiabilidad para la gestión de parada mayor de un molino vertical de rodillos de una planta de cal a 3800 msnm.</p> | <p>Variables Independientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento basado en la confiabilidad <p>Variables Dependientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> Disponibilidad del molino vertical <p>Variables Intervinientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> molino vertical de rodillos de una planta de cal a 3800 msnm. | <p>Tipo y nivel de investigación:</p> <p>Enfoque: cuantitativo Tipo: Básica según Espinoza Montes (2014) La investigación básica tiene como propósito ampliar el conocimiento científico a partir de la observación del funcionamiento de los fenómenos de la realidad. En esta investigación tiene como propósito aplicar el RCM al molino vertical de rodillos para mejorar la disponibilidad mecánica</p> <p>Nivel: descriptivo tiene como propósito describir los objetos de investigación tal como están funcionando u ocurriendo. En la presente investigación se recolecto información requerida relacionada con el mantenimiento del equipo en estudio. Por lo tanto, se describirá al molino de rodillos a través de indicadores para la aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad como influye en la disponibilidad mecánica. Diseño: no experimental Esquema correlacional</p> |

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | | | <p>HE3: El incremento de la disponibilidad con la propuesta de mantenimiento basado en la confiabilidad para la gestión de parada mayor de un molino vertical de rodillos de una planta de cal a 3800 msnm.</p> <ul style="list-style-type: none">•• | | <p>Técnica e instrumentos de colecta de datos:</p> <p>Para la recolección, procesamiento y análisis de información se utilizará deporte de paradas de operaciones, manual de partes y mantenimiento de equipo</p> |
|--|--|--|--|--|--|

ANEXO 3. REPORTE DE PARADAS



LINEA 4

RESUMEN DE PARADAS - MOLINO LOESCHE DE CARBÓN (2022)



| FECHA | HORAS DE OPERACIÓN | | Parada Molino Loesche L04 | | | AVISO DE AVERÍA | CAUSA | Area Responsable | COMENTARIO / MOTIVO |
|-----------|--------------------|-------------|---------------------------|--------|-------|-----------------|---|------------------|--|
| | TOTAL | TOTAL (Hrs) | TOTAL (Min) | INICIO | FINAL | | | | |
| 14-Ene-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 15-Ene-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 16-Ene-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 17-Ene-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 18-Ene-22 | 23.43 | 0.57 | 34.00 | 08:09 | 08:43 | EXT. 2 | MANTENIMIENTO MECANICO | 16 | Causas Externas al Equipo Para por falla compuerta 4133-1 |
| 19-Ene-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 20-Ene-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 21-Ene-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 22-Ene-22 | 23.95 | 0.05 | 3.00 | 09:58 | 10:01 | EXT. 1 | PRODUCCIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo Presión positiva en firing hode |
| 23-Ene-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 24-Ene-22 | 23.92 | 0.08 | 5.00 | 07:09 | 07:14 | EXT. 1 | PRODUCCIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo Presión positiva en el firing hode. |
| 25-Ene-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 26-Ene-22 | 23.77 | 0.23 | 8.00 | 14:21 | 14:29 | EXT. 1 | PRODUCCIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo Presión positiva en el firing hode. |
| 27-Ene-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 28-Ene-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 29-Ene-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 30-Ene-22 | 23.90 | 0.10 | 6.00 | 12:27 | 12:33 | EXT. 3 | MANTENIMIENTO ELECTRICO - ELECTRONICO - INSTRUMENTACIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo Caída de tensión |
| 31-Ene-22 | 22.95 | 1.05 | 60.00 | 10:52 | 11:52 | EXT. 1 | PRODUCCIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo Liberación de costra en chute de transferencia. |
| 1-Feb-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 2-Feb-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 3-Feb-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 4-Feb-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 5-Feb-22 | 23.90 | 0.10 | 6.00 | 12:27 | 12:33 | EXT. 3 | MANTENIMIENTO ELECTRICO - ELECTRONICO - INSTRUMENTACIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo Caída de tensión |
| 6-Feb-22 | 22.95 | 1.05 | 60.00 | 10:52 | 11:52 | EXT. 1 | PRODUCCIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo Liberación de costra en chute de transferencia. |
| 7-Feb-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 8-Feb-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 9-Feb-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 10-Feb-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 11-Feb-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 12-Feb-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 13-Feb-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 14-Feb-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 15-Feb-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 16-Feb-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 17-Feb-22 | 23.90 | 0.10 | 6.00 | 12:27 | 12:33 | EXT. 3 | MANTENIMIENTO ELECTRICO - ELECTRONICO - INSTRUMENTACIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo Caída de tensión |
| 18-Feb-22 | 22.95 | 1.05 | 60.00 | 10:52 | 11:52 | EXT. 1 | PRODUCCIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo Liberación de costra en chute de transferencia. |
| 19-Feb-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 20-Feb-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 21-Feb-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 22-Feb-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 23-Feb-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 24-Feb-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 25-Feb-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 26-Feb-22 | 23.95 | 0.05 | 3.00 | 11:30 | 11:33 | EXT. 1 | PRODUCCIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo Caída de tensión |
| 27-Feb-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 28-Feb-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 29-Feb-22 | 23.93 | 0.07 | 4.00 | 07:39 | 07:43 | EXT. 1 | PRODUCCIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo Caída de tensión |
| 13-Feb-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 14-Feb-22 | 23.92 | 0.08 | 5.00 | 10:19 | 10:24 | EXT. 3 | MANTENIMIENTO ELECTRICO - ELECTRONICO - INSTRUMENTACIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo Caída de tensión |
| 15-Feb-22 | 23.87 | 0.13 | 4.00 | 14:29 | 14:33 | EXT. 3 | MANTENIMIENTO ELECTRICO - ELECTRONICO - INSTRUMENTACIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo Parada del horno |
| 16-Feb-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 17-Feb-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 18-Feb-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 19-Feb-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 20-Feb-22 | 23.83 | 0.17 | 10.00 | 19:54 | 20:04 | EXT. 3 | MANTENIMIENTO ELECTRICO - ELECTRONICO - INSTRUMENTACIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo Caída de tensión. |
| 21-Feb-22 | 23.95 | 0.05 | 3.00 | 14:22 | 14:25 | EXT. 3 | MANTENIMIENTO ELECTRICO - ELECTRONICO - INSTRUMENTACIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo Caída de tensión. |
| 22-Feb-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 23-Feb-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 24-Feb-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 25-Feb-22 | 23.83 | 0.17 | 10.00 | 19:54 | 20:04 | EXT. 3 | MANTENIMIENTO ELECTRICO - ELECTRONICO - INSTRUMENTACIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo Perdida de señal de mill fan |
| 26-Feb-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 27-Feb-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 28-Feb-22 | 23.95 | 0.05 | 3.00 | 07:53 | 07:56 | EXT. 3 | MANTENIMIENTO ELECTRICO - ELECTRONICO - INSTRUMENTACIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo Caída de tensión. |
| 29-Feb-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 30-Feb-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 1-Mar-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 2-Mar-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 3-Mar-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 4-Mar-22 | 23.48 | 0.52 | 31.00 | 11:23 | 11:54 | EXT. 3 | MANTENIMIENTO ELECTRICO - ELECTRONICO - INSTRUMENTACIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo actualización de scada alarma del termistor de motor principal |
| 5-Mar-22 | 23.78 | 0.22 | 13.00 | 08:32 | 08:45 | EXT. 1 | PRODUCCIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo Inspección de chute de transferencia en horno |
| 6-Mar-22 | 22.87 | 1.13 | 68.00 | 08:46 | 09:54 | EXT. 3 | MANTENIMIENTO ELECTRICO - ELECTRONICO - INSTRUMENTACIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo Caída de tensión. |
| 7-Mar-22 | 23.95 | 0.05 | 3.00 | 15:06 | 15:09 | EXT. 3 | MANTENIMIENTO ELECTRICO - ELECTRONICO - INSTRUMENTACIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo Caída de tensión |
| 8-Mar-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 9-Mar-22 | 23.95 | 0.05 | 3.00 | 15:15 | 15:18 | EXT. 3 | MANTENIMIENTO ELECTRICO - ELECTRONICO - INSTRUMENTACIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo caída de tensión |
| 10-Mar-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 11-Mar-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 12-Mar-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 13-Mar-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 14-Mar-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 15-Mar-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 16-Mar-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 17-Mar-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 18-Mar-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 19-Mar-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 20-Mar-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 21-Mar-22 | 23.38 | 0.62 | 37.00 | 15:50 | 16:27 | EXT. 3 | MANTENIMIENTO ELECTRICO - ELECTRONICO - INSTRUMENTACIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo Falla de sensor 4170-TI-06 |
| 22-Mar-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 23-Mar-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 24-Mar-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 25-Mar-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 26-Mar-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 27-Mar-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 28-Mar-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 29-Mar-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 30-Mar-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 31-Mar-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 1-Abr-22 | 20.33 | 3.67 | 26.00 | 09:06 | 09:32 | EXT. 2 | MANTENIMIENTO MECANICO | 16 | Causas Externas al Equipo Perdida de señal de area 200 y 300 |
| 2-Abr-22 | 21.52 | 2.48 | 149.00 | 03:24 | 05:53 | EXT. 3 | MANTENIMIENTO ELECTRICO - ELECTRONICO - INSTRUMENTACIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo Perdida de señal de area 200 y 300 |
| 3-Abr-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 4-Abr-22 | 23.82 | 0.18 | 3.00 | 12:21 | 12:29 | EXT. 4 | MANTENIMIENTO EQUIPO MOVIL | 16 | Causas Externas al Equipo por cambio de aceite hidraulico 4115.1 |
| 5-Abr-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 6-Abr-22 | 23.82 | 0.18 | 3.00 | 12:30 | 12:33 | EXT. 4 | MANTENIMIENTO EQUIPO MOVIL | 16 | Causas Externas al Equipo por cambio de aceite hidraulico 4115.1 |
| 7-Abr-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 8-Abr-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 9-Abr-22 | 19.30 | 4.70 | 282.00 | 07:09 | 11:51 | EXT. 2 | MANTENIMIENTO MECANICO | 14 | Motivos Estratégicos Inspeccion de pan comeyor |
| 10-Abr-22 | 23.52 | 0.48 | 29.00 | 14:26 | 14:55 | EXT. 1 | PRODUCCIÓN | 14 | Motivos Estratégicos Atoro en transportador 4530 |
| 11-Abr-22 | 23.95 | 0.05 | 3.00 | 14:39 | 14:42 | EXT. 2 | MANTENIMIENTO MECANICO | 14 | Motivos Estratégicos cambio de bomba Bender a 4115.7 A2 a 4115.7 A1. |
| 12-Abr-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 13-Abr-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 14-Abr-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 15-Abr-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 16-Abr-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 17-Abr-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 18-Abr-22 | 16.65 | 7.35 | 441.00 | 14:31 | 21:52 | EXT. 2 | MANTENIMIENTO MECANICO | 14 | Motivos Estratégicos Por mantenimiento del fan conveyer (4510_01) |
| 19-Abr-22 | 23.58 | 0.42 | 15.00 | 05:10 | 05:25 | EXT. 2 | MANTENIMIENTO MECANICO | 16 | Causas Externas al Equipo por vibración alta molino, ingreso de material grueso con piedras |
| 20-Abr-22 | 23.73 | 0.27 | 16.00 | 15:20 | 15:36 | EXT. 1 | PRODUCCIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo atoro con costra en compuerta 4505 |
| 21-Abr-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 22-Abr-22 | 19.67 | 4.33 | 260.00 | 11:31 | 15:51 | EXT. 2 | MANTENIMIENTO MECANICO | 16 | Causas Externas al Equipo atoro con costra en compuerta 4505 |
| 23-Abr-22 | 21.47 | 2.53 | 152.00 | 08:12 | 10:44 | EXT. 2 | MANTENIMIENTO MECANICO | 17 | Causas Externas al Equipo Mantenimiento de chanc. William e Inspección del elevador 4530 |
| 24-Abr-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 25-Abr-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 26-Abr-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 27-Abr-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 28-Abr-22 | 23.68 | 0.32 | 4.00 | 15:33 | 15:37 | EXT. 1 | PRODUCCIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo reseteo de nivel de enfriador 4133 |
| 29-Abr-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 30-Abr-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 31-Abr-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 1-May-22 | 19.30 | 4.70 | 282.00 | 19:18 | 00:00 | EXT. 2 | MANTENIMIENTO MECANICO | 16 | Causas Externas al Equipo mantenimiento mecanico del elevador 4535 |
| 2-May-22 | 15.82 | 10.18 | 611.00 | 08:00 | 18:11 | EXT. 2 | MANTENIMIENTO MECANICO | 16 | Causas Externas al Equipo mantenimiento programado mecanico produccion |
| 3-May-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 4-May-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 5-May-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 6-May-22 | 23.93 | 0.07 | 4.00 | 22:02 | 22:06 | EXT. 2 | MANTENIMIENTO MECANICO | 16 | Causas Externas al Equipo mantenimiento programado mecanico produccion |
| 7-May-22 | 23.27 | 0.73 | 12.00 | 01:13 | 01:25 | EXT. 1 | PRODUCCIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo falla de la valvula rotativa 4790.1 por amperaje elevado. |
| 8-May-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 9-May-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 10-May-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 11-May-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 12-May-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 13-May-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 14-May-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 15-May-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 16-May-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 17-May-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 18-May-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |
| 19-May-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------|------|--------|-------|-------|--|------|---|---|----|---------------------------|--|
| 10-jun-22 | 23.97 | 0.03 | 2.00 | 20:21 | 20:23 | | EXT. | 1 | PRODUCCIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo | Falla de la compuerta 4170 |
| 11-jun-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | |
| 12-jun-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | |
| 13-jun-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | |
| 14-jun-22 | 21.55 | 2.45 | 147.00 | 19:44 | 22:11 | | EXT. | 3 | MANTENIMIENTO ELECTRICO - ELECTRONICO - INSTRUMENTACIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo | Perdida señal completa de PLC y parada repentina de toda línea 4 |
| 15-jun-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | |
| 16-jun-22 | 23.33 | 0.67 | 25.00 | 11:08 | 11:33 | | EXT. | 1 | PRODUCCIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo | Falla del ups de sala electrica 420 |
| | | | 11.00 | 15:46 | 15:57 | | EXT. | 1 | PRODUCCIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo | Mediciones en el horno |
| | | | 4.00 | 16:08 | 16:12 | | EXT. | 1 | PRODUCCIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo | Mediciones en el horno |
| 17-jun-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | |
| 18-jun-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | |
| 19-jun-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | |
| 20-jun-22 | 23.95 | 0.05 | 3.00 | 16:11 | 16:14 | | EXT. | 2 | MANTENIMIENTO MECANICO | 16 | Causas Externas al Equipo | presión baja bomba flender 4115.78M1 / Mantenimiento mecani |
| 21-jun-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | EXT. | 2 | MANTENIMIENTO MECANICO | 16 | Causas Externas al Equipo | presión baja bomba flender 4115.78M1 / Mantenimiento mecani |
| 22-jun-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | EXT. | 2 | MANTENIMIENTO MECANICO | 16 | Causas Externas al Equipo | presión baja bomba flender 4115.78M1 / Mantenimiento mecani |
| 23-jun-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | EXT. | | | | | |
| 24-jun-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | EXT. | | | | | |
| 25-jun-22 | 23.15 | 0.85 | 51.00 | 09:30 | 10:21 | | EXT. | 2 | MANTENIMIENTO MECANICO | 16 | Causas Externas al Equipo | inspeccion de chumacera del cooler fan 4145 |
| 26-jun-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | |
| 27-jun-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | EXT. | | | | | |
| 28-jun-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | EXT. | | | | | |
| 29-jun-22 | 23.95 | 0.05 | 3.00 | 19:05 | 19:08 | | EXT. | 2 | MANTENIMIENTO MECANICO | 16 | Causas Externas al Equipo | Vibracion alta en molino 4790 por ingreso de material extraño. |
| 30-jun-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | EXT. | | | | | |
| 1-jul-22 | 23.67 | 0.33 | 15.00 | 14:38 | 14:53 | | EXT. | 1 | PRODUCCIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo | atoro en descargador nivel alto |
| 2-jul-22 | 23.83 | 0.17 | 10.00 | 17:17 | 17:22 | | EXT. | 1 | PRODUCCIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo | caída de tension |
| 3-jul-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | 19:20 | 19:30 | | EXT. | 3 | MANTENIMIENTO ELECTRICO - ELECTRONICO - INSTRUMENTACIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo | cambio a energia estabilizada |
| 4-jul-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | EXT. | | | | | |
| 5-jul-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | EXT. | | | | | |
| 6-jul-22 | 23.42 | 0.58 | 15.00 | 04:03 | 04:18 | | EXT. | 1 | PRODUCCIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo | Molino loesche paro por falla de sensor 4790.3T |
| | | | 20.00 | 14:13 | 14:33 | | EXT. | 1 | PRODUCCIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo | Molino loesche por parada de horno |
| 12-jul-22 | 22.48 | 1.52 | 66.00 | 17:17 | 18:23 | | EXT. | 1 | PRODUCCIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo | amperaje alto de molino 4790 por atoro en la mesa. |
| | | | 25.00 | 22:27 | 22:52 | | EXT. | 1 | PRODUCCIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo | vibracion alta de molino 4790 por material extraño. |
| | | | 6.00 | 02:04 | 02:10 | | EXT. | 1 | PRODUCCIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo | por vibracion alta se encontro piedras y metales. |
| 13-jul-22 | 23.53 | 0.47 | 14.00 | 02:27 | 02:41 | | EXT. | 1 | PRODUCCIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo | por vibracion alta se encontro piedras y metales. |
| | | | 8.00 | 09:04 | 09:12 | | EXT. | 1 | PRODUCCIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo | por vibracion alta se encontro piedras y metales. |
| 14-jul-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | |
| 15-jul-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | |
| 16-jul-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | |
| 17-jul-22 | 23.72 | 0.28 | 17.00 | 19:31 | 19:48 | | EXT. | 1 | PRODUCCIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo | Inspección transfer chute por presión elevada en filtro |
| 18-jul-22 | 23.95 | 0.05 | 3.00 | 20:12 | 20:15 | | EXT. | 1 | PRODUCCIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo | falla repentina de master 4115.aparente caída de tension. |
| 19-jul-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | EXT. | 1 | PRODUCCIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo | falla repentina de master 4115.aparente caída de tension. |
| 20-jul-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | |
| 21-jul-22 | 23.55 | 0.45 | 27.00 | 10:04 | 10:31 | | EXT. | 1 | PRODUCCIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo | Inspeccion de transfer y carga de modulo |
| 22-jul-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | |
| 23-jul-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | |
| 24-jul-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | |
| 25-jul-22 | 23.93 | 0.07 | 4.00 | 01:39 | 01:43 | | EXT. | 1 | PRODUCCIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo | POR PICO DE TEMPERATURA 4115.6D.T101 |
| 26-jul-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | |
| 27-jul-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | |
| 28-jul-22 | 24.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | |
| 29-jul-22 | 23.88 | 0.12 | 7.00 | 13:52 | 13:59 | | EXT. | 1 | PRODUCCIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo | vibracion elevada del molino |
| 30-jul-22 | 23.73 | 0.27 | 16.00 | 20:09 | 20:25 | | EXT. | 2 | MANTENIMIENTO MECANICO | 14 | Motivos Estratégicos | intervencion mecanica de la junta flexible del molino loche |
| 31-jul-22 | 23.95 | 0.05 | 3.00 | 14:39 | 14:42 | | EXT. | 1 | PRODUCCIÓN | 16 | Causas Externas al Equipo | Por falla de balanza |

ANEXO 4 PROSESAMIENTO DE DATOS

| REPORTE DE PARADAS DE LÍNEAS DE PRODUCCIÓN | | | | | | | | | |
|--|-------------------|--------|-------|-------------|---------------------|---------------|----------------------|------------------|--|
| FECHA | LÍNEA | INICIO | FIN | TOTAL (HRS) | ES PARADA CONTINUA? | PARADA | TIPO | RESPONSABLE | MOTIVO DE PARADA |
| 6/01/2022 | molino loesche L4 | 08:09 | 08:43 | 0:34 | No | No programado | Falla mecánica | Mantto Mecánico | Para por falla compuerta 4133-1 |
| 10/01/2022 | molino loesche L4 | 09:58 | 10:01 | 0:03 | No | No programado | Falla producción | Producción | Presión positiva en firing hode. |
| 12/01/2022 | molino loesche L4 | 07:09 | 07:14 | 0:05 | No | No programado | Falla producción | Producción | Presión positiva en el firing hode. |
| 13/01/2022 | molino loesche L4 | 14:21 | 14:29 | 0:08 | No | No programado | Falla producción | Producción | Presión positiva en el firing hode. |
| 13/01/2022 | molino loesche L4 | 23:47 | 23:53 | 0:06 | No | No programado | Falla producción | Producción | Presión positiva en el firing hode. |
| 17/01/2022 | molino loesche L4 | 12:27 | 12:33 | 0:06 | No | No programado | Falla eléctrica | Mantto Eléctrico | Caída de tensión |
| 18/01/2022 | molino loesche L4 | 10:52 | 11:52 | 1:00 | No | No programado | Falla producción | Producción | Liberación de costra en chute de transferencia. |
| 19/01/2022 | molino loesche L4 | 18:31 | 18:34 | 0:03 | No | No programado | Falla eléctrica | Mantto Eléctrico | Caída de tensión |
| 27/01/2022 | molino loesche L4 | 11:30 | 11:33 | 0:03 | No | No programado | Falla eléctrica | Mantto Eléctrico | Caída de tensión |
| 30/01/2022 | molino loesche L4 | 07:39 | 07:43 | 0:04 | No | No programado | Falla eléctrica | Mantto Eléctrico | Caída de tensión |
| 13/02/2022 | molino loesche L4 | 10:19 | 10:24 | 0:05 | No | No programado | Falla eléctrica | Mantto Eléctrico | Caída de tensión |
| 14/02/2022 | molino loesche L4 | 14:29 | 14:33 | 0:04 | No | No programado | Falla eléctrica | Mantto Eléctrico | Parada del horno |
| 14/02/2022 | molino loesche L4 | 22:28 | 22:32 | 0:04 | No | No programado | Falla eléctrica | Mantto Eléctrico | Caída de tensión. |
| 20/02/2022 | molino loesche L4 | 19:54 | 20:04 | 0:10 | No | No programado | Falla eléctrica | Mantto Eléctrico | Caída de tensión. |
| 21/02/2022 | molino loesche L4 | 14:22 | 14:25 | 0:03 | No | No programado | Falla eléctrica | Mantto Eléctrico | Caída de tensión. |
| 25/02/2022 | molino loesche L4 | 19:44 | 19:54 | 0:10 | No | No programado | Falla eléctrica | Mantto Eléctrico | Perdida de señal de mil fan |
| 26/02/2022 | molino loesche L4 | 07:53 | 07:56 | 0:03 | No | No programado | Falla eléctrica | Mantto Eléctrico | Caída de tensión. |
| 26/02/2022 | molino loesche L4 | 08:14 | 09:17 | 1:03 | No | No programado | Falla eléctrica | Mantto Eléctrico | Caída de tensión, falla de variador |
| 28/02/2022 | molino loesche L4 | 09:37 | 09:40 | 0:03 | No | No programado | Falla eléctrica | Mantto Eléctrico | actualizacion de scada alarma del termostor de motor principal |
| 3/03/2022 | molino loesche L4 | 11:23 | 11:54 | 0:31 | No | No programado | Falla eléctrica | Mantto Eléctrico | actualizacion de scada alarma del termostor de motor principal |
| 4/03/2022 | molino loesche L4 | 08:32 | 08:45 | 0:13 | No | No programado | Falla producción | Producción | Inspeccion de chute de transferencia en horno |
| 5/03/2022 | molino loesche L4 | 08:46 | 09:54 | 1:08 | No | No programado | Falla eléctrica | Mantto Eléctrico | Caída de tensión. |
| 24/03/2022 | molino loesche L4 | 15:06 | 15:09 | 0:03 | No | No programado | Falla eléctrica | Mantto Eléctrico | Caída de tensión. |
| 26/03/2022 | molino loesche L4 | 15:15 | 15:18 | 0:03 | No | No programado | Falla eléctrica | Mantto Eléctrico | Caída de tensión. |
| 31/03/2022 | molino loesche L4 | 15:50 | 16:27 | 0:37 | No | No programado | Falla eléctrica | Mantto Eléctrico | Falla de sensor 4170-TI-06 |
| 13/04/2022 | molino loesche L4 | 02:53 | 03:36 | 0:43 | No | No programado | Falla eléctrica | Mantto Eléctrico | Perdida de señal de area 200 y 300 |
| 13/04/2022 | molino loesche L4 | 04:54 | 07:13 | 2:19 | No | No programado | Falla eléctrica | Mantto Eléctrico | Perdida de señal de area 200 y 300 |
| 13/04/2022 | molino loesche L4 | 09:06 | 09:32 | 0:26 | No | No programado | Falla mecánica | Mantto Mecánico | Vibracion alta y perdida señal de sensor swich 4790 YA |
| 13/04/2022 | molino loesche L4 | 18:38 | 18:50 | 0:12 | No | No programado | Falla eléctrica | Mantto Eléctrico | Perdida señal de sensor swich 4790 YA |
| 14/04/2022 | molino loesche L4 | 03:24 | 05:53 | 2:29 | No | No programado | Falla eléctrica | Mantto Eléctrico | Perdida de señal PLC |
| 16/04/2022 | molino loesche L4 | 12:21 | 12:29 | 0:08 | No | No programado | Falla equipo móvil | Mantto EQM | por cambio de aceite hidraulico 4115.1 |
| 16/04/2022 | molino loesche L4 | 12:30 | 12:33 | 0:03 | No | No programado | Falla equipo móvil | Mantto EQM | por cambio de aceite hidraulico 4115.1 |
| 19/04/2022 | molino loesche L4 | 07:09 | 11:51 | 4:42 | No | No programado | Falla mecánica | Mantto Mecánico | Inspeccion de pan conveyer |
| 20/04/2022 | molino loesche L4 | 14:26 | 14:55 | 0:29 | No | No programado | Falla producción | Producción | Atoro en transportador 4530 |
| 21/04/2022 | molino loesche L4 | 14:39 | 14:42 | 0:03 | No | No programado | Falla mecánica | Mantto Mecánico | cambio de bomba flender a 4115.7 A2 a 4115.7 A1. |
| 28/04/2022 | molino loesche L4 | 14:31 | 21:52 | 7:21 | No | No programado | Falla mecánica | Mantto Mecánico | Por mantenimiento del fan conveyer (4510_01) |
| 29/04/2022 | molino loesche L4 | 01:45 | 01:55 | 0:10 | No | No programado | Falla mecánica | Mantto Mecánico | por vibracion alta molino, ingreso de material grueso con piedras. |
| 29/04/2022 | molino loesche L4 | 05:10 | 05:25 | 0:15 | No | No programado | Falla mecánica | Mantto Mecánico | por vibracion alta molino, ingreso de material grueso con piedras. |
| 5/05/2022 | molino loesche L4 | 07:15 | 07:24 | 0:09 | No | No programado | Falla producción | Producción | Presión positiva en el firing hode. |
| 11/05/2022 | molino loesche L4 | 15:20 | 15:36 | 0:16 | No | No programado | Falla producción | Producción | atoro con costra en compuerta 4505 |
| 18/05/2022 | molino loesche L4 | 15:33 | 15:37 | 0:04 | No | No programado | Falla eléctrica | Mantto Eléctrico | reseteo de nivel de enfriador 4133 |
| 18/05/2022 | molino loesche L4 | 21:09 | 21:24 | 0:15 | No | No programado | Falla producción | Producción | limpeza de ductos 4170.3 y sellos 4794 de ingreso a molino. |
| 26/05/2022 | molino loesche L4 | 22:02 | 22:06 | 0:04 | No | No programado | Falla mecánica | Mantto Mecánico | falla de la válvula rotativa 4790.1 por amperaje elevado. |
| 27/05/2022 | molino loesche L4 | 01:13 | 01:25 | 0:12 | No | No programado | Falla mecánica | Mantto Mecánico | Falla válvula rotativa 4790.1 |
| 27/05/2022 | molino loesche L4 | 03:00 | 03:32 | 0:32 | No | No programado | Falla mecánica | Mantto Mecánico | Falla en la compuerta 4170.2 |
| 2/06/2022 | molino loesche L4 | 07:55 | 08:05 | 0:10 | No | No programado | Falla mecánica | Mantto Mecánico | vibracion estatica |
| 2/06/2022 | molino loesche L4 | 14:59 | 15:04 | 0:05 | No | No programado | Falla eléctrica | Mantto Eléctrico | perdida de señal del 4170 TI 02 |
| 3/06/2022 | molino loesche L4 | 11:28 | 11:49 | 0:21 | No | No programado | Falla mecánica | Mantto Mecánico | falla de compuerta 4170.3 |
| 10/06/2022 | molino loesche L4 | 20:21 | 20:23 | 0:02 | No | No programado | Falla producción | Producción | falla de la compuerta 4170 |
| 14/06/2022 | molino loesche L4 | 19:44 | 22:11 | 2:27 | No | No programado | Falla eléctrica | Mantto Eléctrico | Perdida señal completa de PLC y parada repentina de toda linea 4 por falla |
| 17/06/2022 | molino loesche L4 | 11:08 | 11:33 | 0:25 | No | No programado | Falla eléctrica | Mantto Eléctrico | Falla del ups de sala electrica 420 |
| 17/06/2022 | molino loesche L4 | 15:46 | 15:57 | 0:11 | No | No programado | Falla producción | Producción | Mediciones en el horno |
| 17/06/2022 | molino loesche L4 | 16:08 | 16:12 | 0:04 | No | No programado | Falla producción | Producción | Mediciones en el horno |
| 20/06/2022 | molino loesche L4 | 16:11 | 16:14 | 0:03 | No | No programado | Falla mecánica | Mantto Mecánico | presion baja bomba flender 4115.7BM1 / Mantenimientomecanico |
| 25/06/2022 | molino loesche L4 | 09:30 | 10:21 | 0:51 | No | No programado | Falla mecánica | Mantto Mecánico | inspeccion de chumacera del cooler fan 4145 |
| 29/06/2022 | molino loesche L4 | 19:05 | 19:08 | 0:03 | No | No programado | Falla mecánica | Mantto Mecánico | Vibracion alta en molino 4790 por ingreso de material extraño. |
| 1/07/2022 | molino loesche L4 | 14:38 | 14:53 | 0:15 | No | No programado | Falla producción | Producción | atoro en descargador nivel alto |
| 2/07/2022 | molino loesche L4 | 17:17 | 17:22 | 0:05 | No | No programado | Falla eléctrica | Mantto Eléctrico | caida de tension |
| 2/07/2022 | molino loesche L4 | 13:20 | 13:30 | 0:10 | No | No programado | Falla eléctrica | Mantto Eléctrico | cambio a energia estabilizada |
| 6/07/2022 | molino loesche L4 | 04:03 | 04:18 | 0:15 | No | No programado | Falla eléctrica | Mantto Eléctrico | Molino loesche paro por falla de sensor 4790.3 TI |
| 6/07/2022 | molino loesche L4 | 14:13 | 14:33 | 0:20 | No | No programado | Falla producción | Producción | Molino loesche por parada de horno |
| 12/07/2022 | molino loesche L4 | 17:17 | 18:23 | 1:06 | No | No programado | Falla eléctrica | Mantto Eléctrico | amperaje alto de molino 4790 por atoro en la mesa. |
| 12/07/2022 | molino loesche L4 | 22:27 | 22:52 | 0:25 | No | No programado | Falla mecánica | Mantto Mecánico | vibracion alta de molino 4790 por material extraño. |
| 13/07/2022 | molino loesche L4 | 02:04 | 02:10 | 0:06 | No | No programado | Falla mecánica | Mantto Mecánico | por vibracion alta se encontro piedras y metales. |
| 13/07/2022 | molino loesche L4 | 02:27 | 02:41 | 0:14 | No | No programado | Falla mecánica | Mantto Mecánico | por vibracion alta se encontro piedras y metales. |
| 13/07/2022 | molino loesche L4 | 03:04 | 03:12 | 0:08 | No | No programado | Falla mecánica | Mantto Mecánico | por vibracion alta se encontro piedras y metales. |
| 17/07/2022 | molino loesche L4 | 19:31 | 19:48 | 0:17 | No | No programado | Parada de producción | Producción | Inspeccion transfer chute por presión elevada en filtro |
| 18/07/2022 | molino loesche L4 | 20:12 | 20:15 | 0:03 | No | No programado | Falla eléctrica | Mantto Eléctrico | falla repentina de master 4115, aparente caída de tension. |
| 21/07/2022 | molino loesche L4 | 10:04 | 10:31 | 0:27 | No | No programado | Parada de producción | Producción | Inspeccion de transfer y carga de modulo |
| 25/07/2022 | molino loesche L4 | 01:39 | 01:43 | 0:04 | No | No programado | Falla producción | Producción | POR PICO DE TEMPERATURA 4115.6D.TI01 |
| 29/07/2022 | molino loesche L4 | 13:52 | 13:59 | 0:07 | No | No programado | Falla mecánica | Mantto Mecánico | vibracion elevada del molino |
| 30/07/2022 | molino loesche L4 | 20:09 | 20:25 | 0:16 | No | No programado | Parada de producción | Producción | intervencion mecanica de la junta flexible del molino loche |
| 31/07/2022 | molino loesche L4 | 14:39 | 14:42 | 0:03 | No | No programado | Falla eléctrica | Mantto Eléctrico | Por falla de balanza |

ANEXO 5 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCION DE DATOS

RV: PARADAS Linea1 Linea3 Linea4 2020.xlsm



Ponce Carbajal, Denis (Cesur S.A.)
Para Ticona Chura, Walter (Cesur S.A.)

INTERNA



Responder Responder a todos Reenviar

jueves 4/03/2021 11:41

FY

De: Ingenieros Tablero de CTRL3 (Cesur S.A.) <ingtabctr3@cementosur.com.pe>

Enviado el: sábado, 27 de febrero de 2021 13:13

Para: Ponce Carbajal, Denis (Cesur S.A.) <denis.ponce@cementosur.com.pe>; Parizaca Chura, Sadoc (Cesur S.A.) <sparizaca@cementosur.com.pe>

CC: Benavente Valdivia, Juan (Cesur S.A.) <jbenavente@cementosur.com.pe>; Quispe Mamani, Silvino (Cesur S.A.) <squispem@cementosur.com.pe>; Callapani Condori, Julio (Cesur S.A.) <jcallapani@cementosur.com.pe>

Asunto: RE: PARADAS Linea1 Linea3 Linea4 2020.xlsm

Saludos Denis Ponce

Envió las **paradas** de fecha actual líneas 1, línea 3, línea 4.

Atte.

José L. Apaza

Sala de control

De: Ponce Carbajal, Denis (Cesur S.A.) <denis.ponce@cementosur.com.pe>

Enviado el: sábado, 27 de febrero de 2021 12:56

Para: Parizaca Chura, Sadoc (Cesur S.A.) <sparizaca@cementosur.com.pe>

CC: Benavente Valdivia, Juan (Cesur S.A.) <jbenavente@cementosur.com.pe>; Quispe Mamani, Silvino (Cesur S.A.) <squispem@cementosur.com.pe>; Ingenieros Tablero de CTRL3 (Cesur S.A.) <ingtabctr3@cementosur.com.pe>; Callapani Condori, Julio (Cesur S.A.) <jcallapani@cementosur.com.pe>

Asunto: RE: PARADAS Linea1 Linea3 Linea4 2020.xlsm

Estimados ingenieros

Vuestro apoyo en enviarme **reporte de paradas Hasta la fecha actual líneas 1, línea 3, línea 4.**

Saludos Denis Ponce

ANEXO 6 MANTENIMIENTO EJECUTADO MOLINO LOESCHE APLICANDO RCM



ANEXO 7 OBTENCIÓN DE CRITICIDAD DE REPUESTOS

| REPUESTO | INDISPONIBILIDAD | | | TIEMPO DE ENTREGA | | | Frecuencia de falla | CRITICIDAD |
|--|-------------------------|---------------------|------------------------|-------------------|--------------------|-----------------|---------------------|--------------|
| | No afecta la produccion | Afecta parcialmente | Paraliza la produccion | Menor a 10 dias | entre 10 y 30 dias | mayor a 30 dias | | |
| CYLINDER ROLLER BEARING LM 15.20 D | | | 3 | | | 1 | 2 | critico |
| RETEN 105X140X12MM LABIO DOBLE NITRILLO | | 2 | | 1 | | | 1 | no critico |
| SELLO EJE ROTATIVO CLASSIFIER LSKS 20 D | | 2 | | 1 | | | 1 | no critico |
| BEARING-ROLLER LM 15.20 D 4POINT CONT | | | 3 | | | 3 | 1 | critico |
| O-RING (ROLLER (M) 395 x12 VITON | | 2 | | | 2 | | 2 | critico |
| RODILLO PARA MOLINO VERTICAL LOESCHE (Fund. Central) | | | 3 | | | 3 | 3 | critico |
| SEALING AIR CHAMBER (TABLE) LM 15.20 D | | | 3 | | | 3 | 1 | critico |
| GUARDA 10183545 | 1 | | 3 | | 2 | 3 | 1 | semi critico |
| DAM RING LM 15.20 D | | | 3 | | | 3 | 1 | critico |
| ARMADURA SEGMENTO ANILLO-DWG#20201074518 | | 2 | | | | 3 | 1 | critico |
| ARMADURA SEGMENTO ANILLO-DWG#20201074545 | | 2 | | | | 3 | 1 | critico |
| SELLO DE ANILLO A 50X 57 10202945 | 1 | | | 1 | | | 1 | no critico |
| MANGUERA DE ALTA PRESION 10194049 | 1 | | | 1 | | | 1 | no critico |
| MODULO TERMoeLECTRICO MARLOW RC12-6L | 1 | | | 1 | | | 1 | no critico |
| CONICAL SLEEVE (ROCKER ARM) LM 15.20 D | | | 3 | | | 3 | 1 | critico |
| CLAMPING SLEEVE (ROCKER ARM) LM 15.20 D | | | 3 | | | 3 | 1 | critico |
| ROLLER BEARING GREASE | | | 3 | | | 3 | 2 | critico |
| SELLO EJE ROTATIVO CLASSIFIER LSKS 20 D | | 2 | | | | 3 | 3 | critico |
| THRUST SPHERICA ROLLER BEARING LSKS 20 D | | | 3 | | | 3 | 1 | critico |
| RODAJE DE ROD. CLASS LSKS 20 D | | | 3 | | | 3 | 2 | critico |
| RODAJE CARTRIDGE COMPLETE LSKS 20 D | | | 3 | | | 3 | 2 | critico |
| SET OF BLADES CLASSIFIER LSKS 20 D | | | 3 | | | 3 | 1 | critico |
| SET OF FLAPS CLASSIFIER LSKS 20 D | | | 3 | | | 3 | 1 | critico |

Cal y cemento sur S.A

Carretera Juliaca Puno Km. 11, Caracoto, Juliaca - Perú

Ing. Fernando Rojas Benegas

Gerente general Cal Y Cemento Sur S.A. y YURA S.A

Caracoto, 27 de mayo del 2022

Me dirijo a usted respetuosamente con la finalidad de solicitar su autorización para uso de información de la empresa, me encuentro en un proceso de elaboración de mi proyecto de investigación titulada **"Propuesta de mantenimiento basado en la confiabilidad para la gestión de parada mayor de un molino vertical de rodillos de una planta de cal a 3800 msnm."**

Soy parte del equipo de planificación de esta prestigiosa empresa desde hace 2 años y 7 meses en el cargo de planificador de mantenimiento mecánico, y durante ese lapso he cumplido cabalmente con mis responsabilidades.

Por tal motivo solicito ante su dependencia el permiso de uso de información de la empresa tales como:

- Reporte de paradas de molino loesche
- Histórico de fallas de molino loesche

Con esta formación, podre optar el grado de ingeniero mecánico eléctrico que también será beneficioso para la empresa.

Sin más por el momento, me despido agradeciendo de antemano su comprensiva aceptación a esta solicitud.

Atentamente,



Denis Ediel Ponce Carbajal

DNI: 44733481



CONSTANCIA

A QUIEN CORRESPONDA

Por medio del presente documento se autoriza el uso de la información de la empresa al Sr. Denis Ediel Ponce Carbajal, para el desarrollo del proyecto de investigación: **"Propuesta de mantenimiento basado en la confiabilidad para la gestión de parado mayor de un molino vertical de rodillos de una planta de cal a 3800 msnm."** Considerando que el manejo de la información es de manera confidencial que solo deberá ser utilizada para el desarrollo del proyecto de investigación.

Se expide la presente Constancia a solicitud del interesado, para los fines que estime convenientes.

Planta Caracoto, 08 de junio del 2022

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'F. Venegas', is positioned above the printed name.

CAL & CEMENTO SUR S.A.

ING. FERNANDO ROJAS VENEGAS
GERENTE GENERAL



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, NELLY ROXANA SOVERO LAZO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "PROPUESTA DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD PARA LA GESTIÓN DE PARADA MAYOR DE UN MOLINO VERTICAL DE RODILLOS DE UNA PLANTA DE CAL A 3800 msnm.", cuyos autores son CALSIN QUISPE JHON AGUSTO, PONCE CARBAJAL DENIS EDIEL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 21.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 02 de Setiembre del 2022

| Apellidos y Nombres del Asesor: | Firma |
|---|---|
| NELLY ROXANA SOVERO LAZO DNI: 20048561 ORCID: 0000-0001-5688-2258 | Firmado electrónicamente por: NRSOVEROS el 21- 10-2022 14:30:51 |

Código documento Trilce: TRI - 0426143