

**Universidad Nacional de Ingeniería**

**Facultad de Ingeniería Mecánica**



TESIS

**Modelo de criticidad basado en método semicuantitativo para  
mejorar los indicadores de mantenimiento en plantas  
concentradoras polimetálicas**

Para obtener el Título Profesional de Ingeniera Mecánica Electricista

Elaborado por

Iris Delia Chumbipuma Bustinza

 [0009-0003-3748-1821](https://orcid.org/0009-0003-3748-1821)

Asesor

Mag. César Elías Mendoza Suarez

 [0000-0002-1013-3187](https://orcid.org/0000-0002-1013-3187)

LIMA – PERÚ

2025

|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Citar/How to cite              | (Chumbipuma, 2025)                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Referencia/Reference           | Chumbipuma, I. (2025). <i>Modelo de criticidad basado en método semicuantitativo para mejorar los indicadores de mantenimiento en plantas concentradoras polimetálicas</i> . [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI. |
| Estilo/Style:<br>APA (7ma ed.) |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

### ***Dedicatoria***

*Dedico este trabajo de investigación a mis padres Judith y Pedro, a mis hermanos mayores Iván, Paul y Joe, y a todos los profesionales que quieren iniciar su tesis, pero aún no dan el primer paso, los animo a superar sus límites.*

## **Agradecimientos**

Agradezco a Dios, a mis padres, hermanos y a todas las personas que estuvieron a mi lado en este trayecto profesional, ya que, con su presencia y ánimos de seguir adelante, me motivaron a no rendirme y culminar con mi trabajo de investigación.

## Resumen

El presente estudio propone el desarrollo e implementación de un modelo semicuantitativo de criticidad para optimizar los indicadores de mantenimiento en la planta concentradora polimetálica de la Unidad Minera María Teresa. Mediante un enfoque de investigación aplicada, se adapta la teoría del análisis de criticidad para diseñar estrategias de mantenimiento en los equipos críticos del área de chancado.

El diseño es experimental: primero se obtienen los datos de disponibilidad, confiabilidad (tiempo medio entre fallas, MTBF) y costos; luego se aplica la matriz de criticidad; finalmente, se recolectan nuevamente los indicadores para evaluar el impacto del estudio. El trabajo adopta un enfoque cuantitativo y explicativo, pues cuantifica las variaciones en los indicadores y esclarece la relación de causa efecto entre la aplicación del modelo y el desempeño de los equipos. Las fuentes de información incluyen registros ERP, bitácoras de horómetros y reportes de actividades. La población abarca los equipos de chancado, y la muestra seleccionada por criterio experto agrupa aquellos de mayor criticidad.

Los resultados evidencian que la disponibilidad de las chancadoras críticas aumentó entre 1 % y 4 % en el primer trimestre evaluado; el MTBF mejoró entre un 2 % y 10 %; y los costos asociados a la no disponibilidad de la chancadora cuaternaria se redujeron en aproximadamente USD 390 000. Estos hallazgos confirman que el estudio realizado gestiona eficientemente los recursos de mantenimiento.

En conclusión, el modelo semicuantitativo de criticidad demostró ser una herramienta eficaz y replicable para optimizar los indicadores de mantenimiento en plantas concentradoras polimetálicas.

Palabras clave: mantenimiento, criticidad, disponibilidad, confiabilidad, costos, planta concentradora.

## **Abstract**

This study presents the development and implementation of a semi-quantitative criticality model aimed at optimizing maintenance performance indicators in the polymetallic concentrator plant of the María Teresa Mining Unit. Through an applied research methodology, criticality analysis theory is adapted to design targeted maintenance strategies for critical equipment within the crushing area.

The research follows an experimental design: initially, baseline data on equipment availability, reliability (mean time between failures, MTBF), and maintenance-related costs are collected. Subsequently, a criticality matrix is applied, and post-implementation indicators are gathered to assess the model's impact. The study employs a quantitative and explanatory approach, as it quantifies variations in key indicators and elucidates the cause-effect relationship between the implementation of the criticality model and equipment performance outcomes. Data sources include ERP system records, hour meter logs, and maintenance activity reports. The population comprises all crushing equipment, with a purposive sample—based on expert judgment—focusing on the most critical assets.

Results indicate that the availability of critical crushers increased by 1% to 4% during the first quarter following implementation; MTBF improved by 2% to 10%; and costs associated with the unavailability of the quaternary crusher were reduced by approximately USD 390,000. These outcomes demonstrate that the proposed model enables more efficient maintenance resource management.

In conclusion, the semi-quantitative criticality model proved to be an effective, scalable, and replicable tool for enhancing maintenance indicators in polymetallic concentrator operations.

**Keywords:** maintenance, criticality analysis, equipment availability, reliability, operational costs, concentrator plant.

## Tabla de Contenido

Pág.

|                                                                      |      |
|----------------------------------------------------------------------|------|
| Resumen.....                                                         | v    |
| Abstract.....                                                        | vi   |
| Introducción.....                                                    | xiii |
| Capítulo I. Generalidades.....                                       | 1    |
| 1.1 Antecedentes de la investigación .....                           | 1    |
| 1.2 Identificación y Descripción del problema de investigación ..... | 5    |
| 1.3 Formulación del Problema.....                                    | 7    |
| 1.3.1 Problema Principal.....                                        | 7    |
| 1.3.2 Problema Específicos .....                                     | 7    |
| 1.4 Justificación e Importancia .....                                | 7    |
| 1.5 Objetivos .....                                                  | 8    |
| 1.5.1 Objetivo General.....                                          | 8    |
| 1.5.2 Objetivos Específicos.....                                     | 8    |
| 1.6 Hipótesis .....                                                  | 8    |
| 1.6.1 Hipótesis General .....                                        | 8    |
| 1.6.2 Hipótesis Específicas .....                                    | 9    |
| 1.7 Variables Operacionalización de variables .....                  | 9    |
| 1.7.1 Operacionalización de variables.....                           | 9    |
| 1.8 Metodología de la Investigación .....                            | 11   |
| 1.8.1 Unidades de Análisis .....                                     | 11   |
| 1.8.2 Tipo, Enfoque y Nivel de Investigación.....                    | 12   |

|                                                             |                                                                    |    |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----|
| 1.8.3                                                       | Diseño de la Investigación .....                                   | 13 |
| 1.8.4                                                       | Fuentes de Información .....                                       | 13 |
| 1.8.5                                                       | Población y muestra .....                                          | 14 |
| 1.8.6                                                       | Técnicas e instrumentos de Recolección de datos .....              | 14 |
| 1.8.7                                                       | Análisis y procesamiento de Datos .....                            | 14 |
| Capítulo II. Marcos teórico y conceptual .....              |                                                                    | 15 |
| 2.1                                                         | Bases teóricas .....                                               | 15 |
| 2.1.1.                                                      | Mantenimiento .....                                                | 15 |
| 2.1.2.                                                      | Evolución del Mantenimiento .....                                  | 15 |
| 2.1.3.                                                      | Tipos de Mantenimiento .....                                       | 18 |
| 2.1.4.                                                      | Indicadores de mantenimiento .....                                 | 19 |
| 2.1.5.                                                      | Estrategias de Mantenimiento .....                                 | 21 |
| 2.1.6.                                                      | Planes de mantenimiento .....                                      | 22 |
| 2.1.7.                                                      | Criticidad de equipos .....                                        | 22 |
| 2.1.8.                                                      | Costos de mantenimiento .....                                      | 31 |
| 2.2                                                         | Marco conceptual .....                                             | 32 |
| capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación ..... |                                                                    | 34 |
| 3.1.                                                        | Análisis de criticidad de equipos .....                            | 34 |
| 3.1.1.                                                      | Identificación y taxonomía de equipos en el área de Chancado ..... | 34 |
| 3.1.2.                                                      | Selección de tipo de análisis de criticidad .....                  | 37 |

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1.3. Análisis de criticidad Semicuantitativo “CTR” .....                      | 38 |
| 3.2. Estrategias de mantenimiento .....                                         | 40 |
| 3.2.1. Ordenes de trabajo.....                                                  | 41 |
| 3.2.2. Lubricación de equipos.....                                              | 45 |
| 3.2.3. Cartillas de mantenimiento .....                                         | 47 |
| 3.2.4. Indicadores de mantenimiento.....                                        | 48 |
| Capítulo IV. Resultados, Contratación de Hipótesis y Discusión de Resultados... | 49 |
| 4.1. Resultados .....                                                           | 49 |
| 4.2. Contrastación de hipótesis .....                                           | 57 |
| 4.2.1. Contrastación de hipótesis general.....                                  | 57 |
| 4.2.2. Contrastación de hipótesis específico 1 .....                            | 57 |
| 4.2.3. Contrastación de hipótesis específico 2.....                             | 58 |
| 4.2.4. Contrastación de hipótesis específico 3.....                             | 58 |
| 4.3. Discusión de Resultados .....                                              | 59 |
| Conclusiones.....                                                               | 61 |
| Recomendaciones.....                                                            | 63 |
| Referencias bibliográficas .....                                                | 64 |
| Anexos.....                                                                     | 68 |

## Lista de Tablas

|                                                                                        | Pág. |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>Tabla 1</b> Operacionalización de variables.....                                    | 10   |
| <b>Tabla 2</b> Factor de Frecuencia de fallos .....                                    | 25   |
| <b>Tabla 3</b> Ponderación en Impacto Operacional .....                                | 25   |
| <b>Tabla 4</b> Ponderación en Impacto por Flexibilidad Operacional.....                | 26   |
| <b>Tabla 5</b> Ponderación en Impacto en Costos de Mantenimiento .....                 | 26   |
| <b>Tabla 6</b> Ponderación en Impacto en Seguridad, Higiene y Ambiente .....           | 27   |
| <b>Tabla 7</b> Ponderación en Factor de Frecuencia de Fallos .....                     | 28   |
| <b>Tabla 8</b> Ponderación en Impacto en Seguridad y Medio Ambiente .....              | 29   |
| <b>Tabla 9</b> Ponderación en Impacto en Producción.....                               | 29   |
| <b>Tabla 10</b> Ponderación en Impacto por baja Mantenibilidad .....                   | 30   |
| <b>Tabla 11</b> Ponderación en Impacto en Costos de Mantenimiento.....                 | 30   |
| <b>Tabla 12</b> Equipos del area de chancado .....                                     | 35   |
| <b>Tabla 13</b> Taxonomia del area de chancado .....                                   | 36   |
| <b>Tabla 14</b> Características de las chancadoras del area de chancado.....           | 36   |
| <b>Tabla 15</b> Características de las fajas transportadoras del area de chancado..... | 37   |
| <b>Tabla 16</b> Matriz de criticidad de equipos del area de chancado .....             | 39   |
| <b>Tabla 17</b> Equipos críticos del area de chancado.....                             | 40   |
| <b>Tabla 18</b> Actividades rutinarias del area de chancado .....                      | 41   |
| <b>Tabla 19</b> Códigos actualizados en rutinas de mantenimiento.....                  | 43   |
| <b>Tabla 20</b> Datos de ordenes de trabajo .....                                      | 47   |
| <b>Tabla 21</b> Cartillas para equipos de chancado .....                               | 48   |
| <b>Tabla 22</b> Disponibilidad semanal de chancadora secundaria en 2024 y 2025.....    | 49   |
| <b>Tabla 23</b> MTBF trimestral de chancadora secundaria en 2024 y 2025.....           | 51   |
| <b>Tabla 24</b> Disponibilidad semanal de chancadora terciaria en 2024 y 2025 .....    | 52   |
| <b>Tabla 25</b> MTBF trimestral de chancadora terciaria en 2024 y 2025 .....           | 53   |
| <b>Tabla 26</b> Disponibilidad semanal de chancadora cuaternaria en 2024 y 2025 .....  | 54   |

**Tabla 27** *Disponibilidad trimestral de chancadora cuaternaria en 2024 y 2025 ....56*

## Lista de Figuras

|                                                                                         | Pág. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>Figura 1</b> <i>Área de Chancado de minerales</i> .....                              | 12   |
| <b>Figura 2</b> <i>Evolución del mantenimiento</i> .....                                | 16   |
| <b>Figura 3</b> <i>Modelo de flujograma de criticidad</i> .....                         | 23   |
| <b>Figura 4</b> <i>Matriz de Criticidad de modelo CTR</i> .....                         | 27   |
| <b>Figura 5</b> <i>Matriz de Criticidad de modelo MCR</i> .....                         | 31   |
| <b>Figura 6</b> <i>Capacitación al personal mecánico</i> .....                          | 42   |
| <b>Figura 7</b> <i>Resultados de Análisis de Aceite</i> .....                           | 46   |
| <b>Figura 8</b> Disponibilidad semanal de chancadora secundaria en 2024 y 2025 .....    | 50   |
| <b>Figura 9</b> Disponibilidad trimestral de chancadora secundaria en 2024 y 2025....   | 50   |
| <b>Figura 10</b> MTBF trimestral de chancadora secundaria del 2024 y 2025 .....         | 51   |
| <b>Figura 11</b> Disponibilidad semanal de chancadora terciaria en 2024 y 2025.....     | 52   |
| <b>Figura 12</b> Disponibilidad trimestral de chancadora terciaria en 2024 y 2025.....  | 53   |
| <b>Figura 13</b> MTBF trimestral de chancadora terciaria del 2024 y 2025 .....          | 54   |
| <b>Figura 14</b> Disponibilidad semanal de chancadora cuaternaria en 2024 y 2025...     | 55   |
| <b>Figura 15</b> Disponibilidad trimestral de chancadora cuaternaria del 2024 y 2025... | 55   |
| <b>Figura 16</b> MTBF trimestral de chancadora cuaternaria del 2024 y 2025.....         | 56   |

## **Introducción**

En la presente tesis se plantea el desarrollo e implementación de un modelo semicuantitativo de criticidad para optimizar los indicadores de mantenimiento en la planta concentradora polimetálica de la Unidad Minera María Teresa, ubicada en Huaral, Lima, Perú. El foco de este estudio es el área de chancado, etapa esencial para la reducción de tamaño de minerales, donde la disponibilidad y confiabilidad de los equipos tienen un impacto directo en la productividad y en los costos de operación.

Mediante una investigación aplicada con enfoque cuantitativo, se adapta la teoría del análisis de criticidad para diseñar una matriz que clasifica los equipos según criterios de seguridad, repercusiones económicas y frecuencia de fallas. La fase de implementación incluye talleres de capacitación al personal de mantenimiento y la aplicación sistemática de la matriz para priorizar intervenciones. Se recopilan datos antes y después de la intervención para cuantificar variaciones en la disponibilidad, el tiempo medio entre fallas (MTBF) y los costos asociados a paradas no programadas.

La tesis se estructura en cuatro capítulos: el primero aborda el planteamiento del problema, antecedentes, justificación, objetivos y formulación de hipótesis; el segundo presenta el marco teórico y conceptual sobre criticidad y gestión de mantenimiento; el tercero detalla la metodología, diseño experimental, unidades de análisis, población, muestra, técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos; por último, el cuarto expone los resultados, contrastación de hipótesis, conclusiones y recomendaciones. Esta organización asegura una exposición coherente y rigurosa, demostrando cómo la priorización basada en criticidad maximiza la eficiencia del mantenimiento en plantas concentradora.

# Capítulo I. Generalidades

## 1.1 Antecedentes de la investigación

Millan (2024), realizó la investigación, “Análisis de criticidad de los componentes del Jumbo Raptor 44-2R, mediante la metodología de Jack Knife en la compañía minera Chungar”, tuvo como objetivo analizar la criticidad de los componentes del Jumbo Raptor, la investigación fue sistémica, ya que analizó el sistema en su conjunto, luego los subsistemas, como resultado de la aplicación de Jack Knife en el análisis de criticidad y con la cantidad de fallas, utilizando la no disponibilidad y el MTTR, se consideró normal al sistema automotriz, boom y la perforadora; como crónico las vigas, sistemas hidráulico y las mangueras hidráulicas, por último, agudo y crónico el sistema eléctrico. Concluyo que el subsistema eléctrico, donde se tenía la mayor cantidad de fallas, tuvo mayor tiempo de reparación, con una no disponibilidad del 7.31% en el raptor. El área critica presento un MTTR de 10.99 horas/mes e incidió en la disponibilidad del jumbo.

Nieto et al. (2023), desarrollo la investigación, “Clasificación de equipos de planta de tratamientos de aguas grasas (PTAR) mediante el uso de técnicas de análisis de criticidad”, el objetivo fue la aplicación de la metodología de análisis de criticidad modelo STAFF TECNICO ABB para la caracterización crítica de los equipos de la PTAR del centro comercial San Roque, esta estructura analítica permitió optimizar la toma de decisiones, como resultado, el electrocoagulador C3 fue el más crítico, por la mayor cantidad de fallos, con una cantidad de 33, parada de 279 horas y sin respaldo, con resultados en el análisis de Pareto del 92% del total del sistema con críticos tipo A, se concluyó que los equipos menos critico son de tipo c y para disminuir la tasa de criticidad se podría tener un respaldo de las bombas, por el menor costo.

Quispe (2023), realizó la investigación titulada “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo basado en la criticidad para la maquinaria de la empresa COSAPI SA en el proyecto Parque Eólico Punta Lomitas en Ica, para optimizar su proceso productivo”, el

objetivo fue diseñar un plan de mantenimiento preventivo fundamentado en el análisis de criticidad, aplicando una metodología de investigación de un enfoque cuantitativo. Se evaluaron los equipos de línea amarilla mediante la recolección de datos operativos. Los resultados mostraron que el equipo más crítico fue la tractor oruga con el código:43018008, La implementación del plan diseñado permitió mejorar la disponibilidad mecánica de este equipo y optimizar el proceso productivo, estableciendo una rutina efectiva de seguimiento y control. La conclusión fue que la ejecución del plan represento una inversión de 2,796.83 dólares, inversión que servirá para implementar el plan para mejorar la operación.

Huayhua (2023), en su trabajo de investigación, “Análisis de Criticidad como instrumento, para mejorar la confiabilidad de los equipos de la planta ampliación producción zona seca en una unidad minera”, tuvo como objetivo mejorar en base a un análisis de criticidad, la disponibilidad de los equipos de la planta ampliación producción Zona seca de la compañía minera Shougang Hierro Perú, la metodología de investigación tuvo un propósito descriptivo y una profundidad explicativa, los resultados que se obtuvieron aplicando los siete criterios de criticidad fueron como equipos críticos la chancadora primaria, fajas transportadoras (chancado primario y secundario) y apilador de mina, por lo cual se designó personal para el seguimiento. Por último, las conclusiones fueron que por falta de conocimiento de los equipos críticos el personal de mantenimiento en el manejo de técnicas cualitativas y cuantitativas ocasionaba pérdidas económicas en la producción ya que demoraba su atención a las fallas eléctricas.

Buendía (2022), en su tesis “Análisis de Criticidad de alimentadores de distribución eléctrica utilizando un algoritmo basado en confiabilidad para mejorar la gestión de mantenimiento y calidad de suministro eléctrico”, el objetivo fue analizar la criticidad de alimentadores de distribución eléctrica para optimizar la gestión de mantenimiento y calidad de suministro eléctrico, la metodología del estudio fue correlacional, enfoque cuantitativo y diseño no experimental, los resultado del análisis de criticidad demostró que el alimentador

CN02 fue el más crítico y el plan de mantenimiento para seccionadores unipolares de media tensión se debió realizar cada 1354 horas de operación utilizando la metodología Weibull, para una confiabilidad de 85.90%. Para conductores aéreos de media tensión se debió realizar cada 634 de operación y así obtener 86.7% de confiabilidad. La conclusión obtenida fue que los índices reales de calidad de suministro eléctrico del alimentador difieren en 5% en promedio de los índices iniciales.

Cuadrado (2022), realizó la investigación, “Plan de mantenimiento del sistema electrónico mediante el análisis de criticidad para incrementar la disponibilidad mecánica del equipo Alpha 20”, el objetivo fue llevar a cabo un plan de mantenimiento utilizando el análisis de criticidad del sistema electrónico para mejorar la disponibilidad mecánica de los equipos Alpha 20 en la mina Chungar, la metodología de investigación fue aplicada, los resultados obtenidos fueron el aumento de la disponibilidad mecánica en 6.25% que impactó a la productividad, los costos de mantenimiento y la calidad de del servicio. La conclusión fue que, utilizando la criticidad en los sistemas, considerando los factores ambientales del contexto operativo, la frecuencia de los mantenimientos era 12 horas del emisor, receptor electrónico y a 125 los periféricos del sistema electrónico del equipo Alpha 20, mejoró la disponibilidad mecánica, utilizo eficientemente los recursos e impactó a la rentabilidad de la empresa.

Valenzuela (2021), menciona en su tesis, “Metodología de análisis de criticidad de activos aplicado en planta de procesos para optimizar la productividad en minera Paicaví”, tuvo como objetivo realizar el análisis de criticidad de equipos en Chancado y Molienda para mejorar la productividad en minera Paicaví, tuvo un enfoque cuantitativo donde se utilizó la matriz de criticidad basada en el riesgo, como resultado se obtuvo que los equipos que presentan mayor criticidad fueron las correas transportadoras ya que tenían mayor cantidad de fallas y tenían un mayor impacto en la continuidad operacional. La conclusión fue que se realizó correctamente el análisis de criticidad, levantamiento de información de

los diferentes equipos, al haber tomado datos de las fallas y actividades ejecutadas entre febrero 2020 y marzo 2021, los recursos humanos, económicos y tecnológicos fueron direccionados a los equipos según criticidad.

Jiménez et al. (2020), en su informe de investigación, “Análisis de criticidad y disponibilidad de equipos para planta filtros nueva Shougang Hierro Perú tomando como referencia las normas SAE JA1011 y JA1012”, tuvo como objetivo analizar la criticidad y disponibilidad de las máquinas para el mantenimiento mecánico de planta filtros de la Planta Beneficio Nueva Shougang Hierro Perú considerando las normas internacionales SAE JA1011 y SAE JA1012, tuvo un enfoque cuantitativo, fue de diseño no experimental y alcance descriptivo. Los resultados del análisis de criticidad fueron, como equipos muy críticos, los espesadores, bombas overflow, compresores, tanques de aire y fajas transportadoras. La conclusión fue que la disponibilidad inherente de la planta tuvo dos enfoques, primero en los sistemas en serie, paralelo y redundantes de la planta fue 99.85% en febrero y 96% en julio del 2019, la segunda fue 96.83% en enero y 71.32% en mayo el 2019.

Ramírez (2020), en la tesis, “Diseño de un plan de mantenimiento basado en la criticidad basado en la criticidad para aumentar la disponibilidad de los equipos de geosintéticos de la empresa El Aliso SS. GG. S.R.L.”, tuvo como objetivo incrementar la disponibilidad con el análisis de criticidad, los indicadores evaluados fueron la disponibilidad y confiabilidad, tuvo un enfoque cualitativo con un diseño no experimental y un tipo de investigación aplicada para este trabajo. Los resultados obtenidos fueron que 34 equipos fueron críticos, 14 equipos con criticidad media y 17 equipos con baja criticidad, las termofusoras fueron de alta criticidad, como conclusión se tuvo que el plan de mantenimiento programado para los equipos, basado en los catálogos de fabricantes, manuales y experiencias pueden disminuir los mantenimientos correctivos y paradas no programadas.

Blanco et al. (2020), en su trabajo de grado, “Análisis de criticidad y optimización del plan de mantenimiento preventivo de la línea de montado de la empresa Mussi Zapatos S.A.S.”, tuvieron como objetivo analizar la criticidad y optimizar el plan de mantenimiento preventivo de la línea de montado de la empresa Mussi S.A.S., la investigación fue descriptiva. Los resultados fueron que el 32% de los equipos eran críticos, 15% semicríticos y 53% no críticos, según la norma COVENIN 2500-93 se evaluó 12 ítems de mantenimiento, donde el 46% se encontraba en una situación mejorable, la conclusión fue que mediante la codificación y tabulación de cada máquina se pudo obtener un óptimo plan, el costo de parada fue 4,680 millones de dólares en pérdidas, al examinar la situación de la empresa se obtuvo una posible solución, lo cual haría que la pérdida se distribuyera en 48 semanas aumentando la producción.

## **1.2 Identificación y Descripción del problema de investigación**

En las décadas del sesenta y setenta el mantenimiento era un tema inquietante en distintos sectores como la minería, manufactura y transporte. Las consecuencias de las paradas de los equipos fueron empeorando por la tendencia mundial hacia sistemas 'just in time', donde los inventarios aminorados de material en proceso provocan que una falla mínima en un equipo pueda para una planta en su totalidad. En el presente el incremento en la mecanización y la automatización tienen como factores clave la confiabilidad y la disponibilidad en diversos sectores (Moubray, 2004).

En el sector minero se tiene diversos equipos y máquinas que operan en las distintas etapas del proceso extractivo y productivo de la operación, así se tiene por ejemplo los equipos de perforación, extracción, acarreo y transporte, ubicados en la misma mina. En tanto, la planta concentradora trabaja con molinos, chancadores, espesadores, etc. Estos equipos son fundamentales y están sometidos a condiciones extremas, por ese motivo su mantenimiento es esencial en caso contrario, la eficiencia operativa, la seguridad del entorno laboral y la productividad se verán afectadas negativamente. Estas actividades

de mantenimiento son críticas en la gestión operativa en la industria minera, deben ejecutarse continua y eficientemente para evitar altos costos por tiempos de parada (Cruz, 2024).

Las empresas mineras, a lo largo del tiempo, tienen más consideración que la continuidad de sus operaciones y de la producción no solo dependen de obtener los recursos mineros; sino que sus equipos operen de manera adecuada para disminuir los costos y optimizar la producción. Los activos que no reciben un correcto mantenimiento hacen que la producción no sea estable y no disminuyen el tiempo de inactividad no planificada, se debe entender que las paradas no programadas provoca un efecto de bola de nieve que tiene como consecuencia un incremento en los costos inesperados asociados (horas extra, reparaciones, repuestos, etc.), retrasos en los envíos, pérdida de ingresos o fallas completas de los equipos, llevando a una menor rentabilidad a las empresas y sin garantizar el éxito a largo plazo en la operación minera (Meneses, 2023).

En el área de mantenimiento se encuentran distintos indicadores que se pueden utilizar en la gestión del mantenimiento, estos indicadores se usan medir la gestión de mantenimiento en la operación, estos nos ayudan a cumplir con las metas trazadas en un plan de trabajo comúnmente anual. Para ello, se deben llevar historial de datos que permitan calcular los indicadores. Esto quiere decir que si no se tiene un control o alguna medida de cómo se está realizando una correcta gestión de mantenimiento, esto puede llevar a paradas no programadas de equipos críticos, por ende, tener pérdidas de gran envergadura en la producción, teniendo en cuenta que en una planta concentradora los activos trabajan las 24 horas (Jiménez y Milano, 2006).

Según lo mencionado anteriormente, para todas las actividades de mantenimiento es necesario definir una serie de indicadores que permitan evaluar la gestión de mantenimiento en el proceso de producción; de esta manera se podrá cuantificar y mejorar gradualmente la situación en la gestión.

### **1.3 Formulación del Problema**

#### **1.3.1 Problema Principal**

¿Como la aplicación de un modelo de criticidad basado en el método semicuantitativo puede contribuir a la mejora de los indicadores de mantenimiento en el área de chancado de la planta concentradora polimetálica de la Unidad Minera María Teresa?

#### **1.3.2 Problema Específicos**

¿Cómo influye el modelo de criticidad basado semicuantitativo en el indicador de disponibilidad de los equipos críticos del área de chancado?

¿Cómo contribuye el modelo de criticidad semicuantitativo a mejorar la confiabilidad operativa de los equipos críticos de la planta concentradora?

¿En qué medida la aplicación del modelo de criticidad permite reducir costos asociados al mantenimiento correctivo y la no disponibilidad?

### **1.4 Justificación e Importancia**

La presente investigación se justifica desde un enfoque teórico y práctico.

En lo teórico, se busca profundizar en el análisis de criticidad como una herramienta clave dentro de la ingeniería de mantenimiento, evaluando su impacto directo sobre los indicadores de disponibilidad, confiabilidad y costos. Este modelo permite establecer prioridades entre los equipos de planta, optimizando la asignación de recursos y mejorando el desempeño operativo. Valderrama (2015), se refiere como justificación teórica a la preocupación que surge en el investigador por averiguar más sobre distintos enfoques teóricos del problema.

Desde el punto de vista práctico, la investigación aborda una necesidad concreta en la Unidad Minera María Teresa, donde se identifican dificultades en la gestión del mantenimiento de equipos críticos del área de chancado, tales como tiempos de parada no planificados, baja confiabilidad de los sistemas y altos costos operativos. Según

Valderrama (2015), menciona que la justificación práctica se expresa en el interés del investigador por aportar a la solución de problemas concretos que influyen a empresas, públicas o privadas.

La aplicación de un modelo de criticidad semicuantitativo permitirá estructurar un plan de acción eficiente con base en riesgos, lo que contribuirá a la mejora continua de la gestión de mantenimiento. Esta investigación representa un aporte relevante para empresas mineras medianas que requieran soluciones técnicas adaptables, objetivos y económicamente viables.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 *Objetivo General***

Aplicar un modelo de criticidad basado en el método semicuantitativo para mejorar los indicadores de mantenimiento en los equipos críticos del área de chancado de la planta concentradora de la Unidad Minera María Teresa.

### **1.5.2 *Objetivos Específicos***

Evaluar el impacto del modelo de criticidad semicuantitativo en el incremento de la disponibilidad de los equipos críticos.

Analizar la mejora del indicador de confiabilidad (MTBF) tras la implementación del modelo.

Medir la reducción de los costos del mantenimiento derivados de la priorización de los recursos basadas en criticidad.

## **1.6 Hipótesis**

### **1.6.1 *Hipótesis General***

El modelo de criticidad semicuantitativo mejorará los indicadores clave de mantenimiento (disponibilidad, confiabilidad y costos) de los equipos críticos de chancado en la planta concentradoras María Teresa.

### **1.6.2 Hipótesis Específicas**

La aplicación del modelo de criticidad semicuantitativo mejorará el indicador de disponibilidad de los equipos críticos de chancado.

La implementación del modelo de criticidad semicuantitativo mejorará el indicador de confiabilidad (MTBF) de los equipos críticos.

El modelo de criticidad semicuantitativo mejorará el costo asociado a las actividades de mantenimiento y pérdidas de parada no programadas.

## **1.7 Variables Operacionalización de variables**

### **1.7.1 Operacionalización de variables**

#### **Variables**

Variable independiente: Modelo de criticidad basado en método semicuantitativo.

Variable dependiente: Indicadores de Mantenimiento (disponibilidad, confiabilidad y costos).

La matriz de operacionalización se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1***Operacionalización de variables*

| Variable                                               | Definición Conceptual                                                                                                                                          | Definición Operacional                                                               | Dimensiones                                     | Indicadores                |
|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------|
| Modelo de Criticidad basado en método semicuantitativo | Herramienta que identifica y jerarquiza según su importancia los activos de una empresa donde se debe dirigir los recursos. (Parra, Crespo, 2020 p. 2)         | Priorización en la ejecución de actividades en los equipos.                          | Taxonomía de equipos                            | Cantidad de equipo         |
|                                                        |                                                                                                                                                                |                                                                                      | Método de Criticidad                            | Índice de criticidad       |
|                                                        |                                                                                                                                                                |                                                                                      | Estrategias de Mantenimiento                    | Planes de mantenimiento    |
|                                                        |                                                                                                                                                                |                                                                                      |                                                 | Índice de criticidad       |
| Indicadores de Mantenimiento                           | Expresión cuantitativa del comportamiento de varias variables o de los atributos de un producto o servicio en proceso de una organización. (Mora, 2009 p. 290) | Tiempo en que el equipo este operativo dividido en el tiempo programado de operación | $D = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})$ | % de disponibilidad        |
|                                                        |                                                                                                                                                                | Tiempo en que el equipo este operativo dividido con el número de fallas              | $\text{MTBF} = \text{NHT} / \text{NA}$          | Hora Promedio entre fallas |
|                                                        |                                                                                                                                                                | Gastos realizados al ejecutar las actividades de mantenimiento.                      | Económica                                       | Costo (USD)                |

*Nota:* Elaboración Propia

## **1.8 Metodología de la Investigación**

La metodología de este estudio se fundamenta en un enfoque aplicado y cuantitativo, orientado a explicar la influencia del modelo semicuantitativo de criticidad sobre los indicadores de mantenimiento de los equipos críticos del área de chancado.

### ***1.8.1 Unidades de Análisis***

La unidad de análisis del presente trabajo de investigación será los equipos del área de Chancado de la Unidad Minera María Teresa de la compañía minera Colquisiri, esta es una compañía modelo de convivencia agro – minería, está ubicada al Norte de la ciudad de Lima a 8 km al Oeste de la ciudad de Huaral, en el distrito y provincia de Huaral, departamento de Lima, en el país de Perú, desarrolla sus operaciones cumpliendo la normativa internacional, teniendo en cuenta la seguridad de sus trabajadores y el medio ambiente.

La compañía minera tiene como misión atender con excelencia y calidad los requerimientos de sus clientes, creen que el talento, la seguridad y la competitividad de sus colaboradores son la fortaleza más importante de su organización. La visión de Colquisiri es el desarrollo de una minería responsable, utilizando tecnología de primera para beneficiar a sus inversionistas, trabajadores y todo el entorno de sus actividades mineras; tomando en cuenta el medio ambiente y la salud de sus empleados; colaborando con el desarrollo de las empresas locales, comunidades y mejorar los niveles de vida en el área de influencia.

La minera cuenta con una planta concentradora que procesa minerales de dos minas diferentes, Mina I y Mina II donde se obtienen tres tipos de concentrados como son de Zinc, Cobre, Plomo respectivamente, los cuales se envían a Lima para su comercialización, en la planta concentradora se tiene como distintos procesos para obtener concentrado: chancado (Figura 1), molienda, flotación, espesamiento y filtrado. El relave

final del proceso de la planta concentradora se envía a un depósito de relaves mediante un sistema de bombeo.

Esta unidad, referente en convivencia agro-minería, integra los procesos de chancado primario (chancadora de quijada) y chancado secundario, terciario y cuaternario (chancadoras cónicas con granulometría  $<7\text{ mm}$ ). Se selecciona por su criticidad operacional y su aporte directo al rendimiento de planta y a los requerimientos de mantenimiento.

**Figura 1**

*Área de Chancado de minerales*



*Nota: Elaboración propia*

### **1.8.2 Tipo, Enfoque y Nivel de Investigación**

La presente investigación es del tipo aplicada ya que se considera la teoría del análisis de criticidad para plantear las estrategias de mantenimiento que se ejecutaran en los equipos del área de chancado de la U.M. María Teresa. Esta investigación busca lo que se puede hacer, actuar, construir y modificar sobre una realidad concreta, por esa razón brinda soluciones concretas, reales, factibles y necesarias a los problemas (Valderrama, 2015).

El presente trabajo de investigación tiene un enfoque cuantitativo debido a que se corrobora la hipótesis mencionada líneas arriba, el cual se logrará a partir de la medición de los indicadores de mantenimiento, realizando un análisis de los indicadores obtenidos luego de la aplicación de las estrategias basados en la criticidad de equipos. El enfoque cuantitativo se emplea la recolección y análisis de los datos encontrados que buscan plantear los problemas de investigación utilizando distintos métodos estadísticos para verificar las hipótesis planteadas (Valderrama 2015).

La investigación es de nivel explicativa ya que se centra en explicar la causalidad de un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o de qué manera se relacionan dos o más variables (Yin, 2018). Según lo expuesto el alcance de esta investigación será explicativo ya que con el apoyo del análisis de criticidad de los equipos se planteará las estrategias de mantenimiento adecuadas según los resultados de dicho análisis, con esto se logrará mejorar los indicadores de mantenimiento.

### ***1.8.3 Diseño de la Investigación***

Se adopta un diseño de investigación experimental, donde se introduce deliberadamente el modelo semicuantitativo de criticidad como variable independiente y se observan sus efectos en las variables dependientes. La manipulación del método se realiza mediante talleres de capacitación y aplicación práctica de la matriz de criticidad, mientras que la recolección de datos se efectúa en periodos definidos antes y después de la intervención. En una investigación experimental se manejan una o más variables independientes de una forma deliberada para que se pueda examinar los efectos en las variables dependientes (Valderrama, 2015).

### ***1.8.4 Fuentes de Información***

- Primarias: Registros de mantenimiento (bitácoras, horómetros) y reportes del sistema ERP de la empresa.

- Secundarias: Documentos técnicos (manuales de operación), tesis relacionadas y literatura académica en gestión de mantenimiento y criticidad.

#### **1.8.5 Población y muestra**

La población está constituida por los 36 equipos que componen el circuito de chancado de la planta concentradora. Para el análisis, se selecciona una muestra de 18 equipos críticos, identificados mediante la aplicación preliminar de la matriz de criticidad y criterios de juicio de expertos.

#### **1.8.6 Técnicas e instrumentos de Recolección de datos**

- Técnica de observación: Revisión sistemática de registros y bitácoras.
- Instrumentos: Formatos de recolección diseñados según Anexo N°2, módulos del ERP para extracción de datos históricos y entrevistas semiestructuradas con supervisores de mantenimiento.

#### **1.8.7 Análisis y procesamiento de Datos**

La información recopilada se procesa en las siguientes etapas:

- Depuración: Eliminación de registros incompletos o inconsistentes.
- Aplicación de la matriz: Asignación de puntajes de criticidad según criterios definidos.
- Cálculo de indicadores: Determinación de disponibilidad, MTBF y costos mediante fórmulas estandarizadas.
- Comparación temporal: Contraste de indicadores en periodos previos y posteriores a la aplicación del modelo.
- Interpretación cualitativa: Validación de resultados y comparación con hallazgos de la literatura.

Este procedimiento garantiza la rigurosidad técnica y científica necesaria para evaluar el impacto del modelo semicuantitativo de criticidad sobre los indicadores de mantenimiento.

## **Capítulo II. Marcos teórico y conceptual**

### **2.1 Bases teóricas**

#### **2.1.1. *Mantenimiento***

Según García (2003) el concepto de mantenimiento se define como un conjunto de técnicas que permiten preservar los equipos y estructuras en servicio por un largo periodo posible, con el objetivo de tener la mayor disponibilidad y eficiencia operativa.

El mantenimiento tiene como función principal de asegurar que el equipo cumpla su tarea a lo largo del tiempo en el proceso deseado, según las necesidades del cliente, como las empresas o dependencias de procesos o servicios que usan activos físicos para la producción de bienes reales o intangibles (Mora, 2009).

Según Pérez (2021) el mantenimiento es una serie de actividades que deben ejecutar las personas encargadas de una área o departamento, con el propósito de que sus maquinarias, equipos, piezas e instalaciones dentro de un proceso operen según las condiciones solicitadas para lo cual fue diseñado, instalado y puesto en marcha.

#### **2.1.2. *Evolución del Mantenimiento***

El mantenimiento comenzó en el siglo XX en Estados Unidos y se origina por las paradas imprevistas de los equipos, por lo que, en un comienzo era un mantenimiento correctivo. A lo largo del tiempo se desarrollará el mantenimiento como área de estudio teniendo distintas evoluciones, que se relacionaran con distintos objetivos presentes en muchos rubros (Mora, 2009).

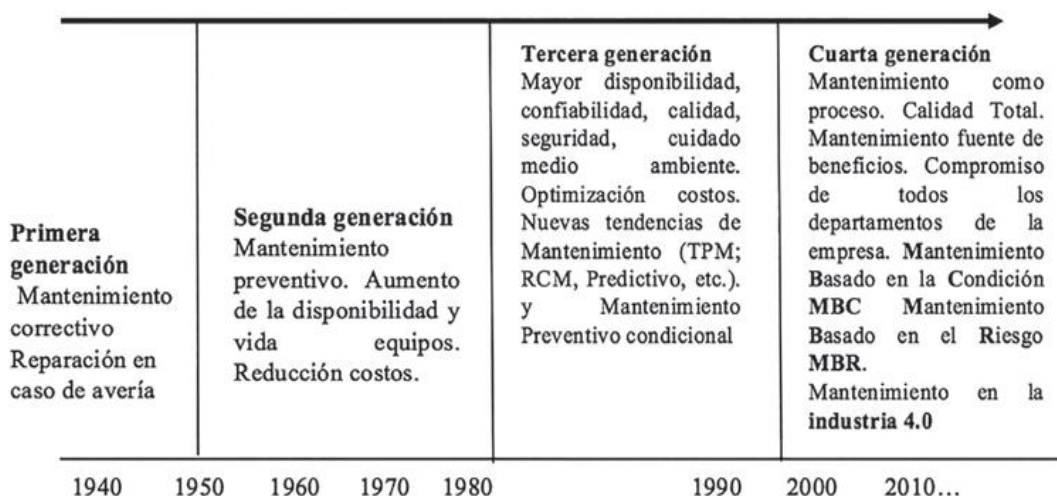
Según Moubray (2004) el mantenimiento ha pasado por tres generaciones a lo largo del tiempo, la primera, segunda y tercera generación, pero actualmente se tiene una cuarta generación según la Figura 2.

### a) Primera Generación

La generación inicial tiene una cobertura hasta la segunda guerra mundial, en aquel entonces la industria no estaba altamente mecanizada, por lo que, para la gerencia, las paradas de los equipos no eran de tanta relevancia, esto significaba que los equipos no tenían como prioridad la prevención de fallas (Moubray, 2004).

**Figura 2**

*Evolución del mantenimiento*



Nota: Adaptado de Mantenimiento Industrial y su Administración (p.55), por C. Montilla, 2019, Universidad Tecnológica de Pereira.

### b) Segunda Generación

El mantenimiento tuvo un cambio drástico en la segunda guerra mundial, la demanda de cualquier bien tuvo un aumento durante, la cantidad de trabajadores industriales tuvo una caída considerable. Este suceso incentivo el aumento por la mecanización, en los años 50, la maquinaria aumento y se volvieron más complejas ya que la industria empezaba a depender de ellas. En este punto, el tiempo de paradas de los equipos tenía empezó a ganar más importancia, apareciendo el termino de mantenimiento preventivo, reparaciones de duraciones considerables.

La planificación y control de mantenimiento tuvo un desarrollo positivo debido a que el costo de mantenimiento incrementó a comparación de otros costos operacionales (Moubray, 2004).

### **c) Tercera Generación**

En las décadas de sesenta y setenta, la industria atravesó por un proceso de cambio, donde los activos físicos sufrían una reducción en la producción por las paradas de los equipos y esto ocasionaba costos operacionales altos que afectaban el servicio al cliente, donde una pequeña falla de una maquina a falta de un material hacia parar toda la planta. El concepto de disponibilidad y confiabilidad tomaron un papel muy importante en distintos sectores como mineros, manufactureros y de transporte, la seguridad y el cuidado del medio ambiente eran parte de las consecuencias de las fallas por lo cual las organizaciones tenían que adecuarse a dichas expectativas. A lo largo del tiempo la dependencia a los activos físicos se va incrementando, esto quiere decir que el costo de hacer que el equipo siga operando por más tiempo ira creciendo, con el fin de recuperar la inversión en ese activo.

### **d) Cuarta Generación**

La cuarta generación del mantenimiento trata sobre ingeniería y gerencia de mantenimiento, debido a que su aplicación traería beneficios a distintas industrias a comparación de la primera generación donde se tomaba el mantenimiento como gasto. En el año 2010 junto a la industria 4.0, el mantenimiento ha tenido que ajustarse a las nuevas tecnologías y paradigmas, los nuevos conceptos utilizados fueron mantenimiento de clase mundial, proactivo, centrado en el riesgo, basado en condición, dispositivos remotos y E-mantenimiento, análisis de ciclo de vida útil, optimización de costos, etc. (Montilla, 2019).

### **2.1.3. Tipos de Mantenimiento**

#### **a) Mantenimiento Correctivo**

Para Pérez (2021), el mantenimiento correctivo, también llamado mantenimiento reactivo, es el más utilizado en Latinoamérica y muchos países sudamericanos, este mantenimiento se aplica cuando el equipo ya no logra cumplir su función por la aparición de una falla, por lo que el objetivo de este mantenimiento es restaurarlo para que siga su operación normal sin afectar la productividad significativamente. Comúnmente el equipo con falla se repara o se sustituye con algún componente de este, realizando esta actividad con una duración mínima.

Según García (2003), el mantenimiento correctivo es una serie de actividades que permiten reparar las imperfecciones que se tengan en distintas máquinas y que deben ser comunicadas por los usuarios de los equipos al departamento de mantenimiento.

#### **b) Mantenimiento Preventivo**

El mantenimiento preventivo es una serie de tareas que se realizan dentro de un lapso establecido con el objetivo de asegurar que los activos realicen sus funciones sin interrupciones según el contexto operativo respectivo, para evitar las fallas o averías en componentes de los equipos (Pérez, 2021).

García comenta que el objetivo del mantenimiento preventivo es conservar un nivel de servicio determinado en los equipos, realizando actividades correctivas programadas en el momento oportuno en los puntos más propensos a fallar (García, 2003).

#### **c) Mantenimiento Predictivo**

García (2003) menciona que el mantenimiento predictivo es el que busca información respecto a la condición de los equipos mediante conocimientos de determinadas variables que las representaran, estas variables pueden ser físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.). Este mantenimiento es el más

avanzado en tecnología debido a sus técnicas avanzadas y conocimientos matemáticos, físicos y técnicos.

El mantenimiento predictivo es una técnica que puede visualizar una futura falla o avería de un componente, con el objetivo de que este pueda cambiarse antes de que ocurra la falla, dando un menor tiempo muerto al intervenir el equipo (Pérez, 2021)

#### **2.1.4. Indicadores de mantenimiento**

Para Mora (2009) los indicadores son expresiones cuantitativas del comportamiento de varias variables o de los atributos de un producto o servicio en proceso de una organización.

Los indicadores de gestión logran identificar las oportunidades de mejora y las desviaciones que se puedan encontrar en las metas establecidas a través del análisis del resultado, se tomara en cuenta tanto lo positivo y negativo para encaminar correctamente la meta (Pérez, 2021).

##### **a) Disponibilidad**

Según Mora (2009) la disponibilidad es la probabilidad de que un equipo opere correctamente en el tiempo solicitado después de iniciar sus funciones según sus condiciones operacionales normales. La disponibilidad es un indicador importante para la toma de decisiones respecto a la elección de un equipo entre otros, ya que la disponibilidad muestra un panorama en lo que respecta la funcionabilidad del equipo.

Para García (2003) la disponibilidad es uno de los indicadores más relevantes en una planta, es la división entre el número de horas en el que el equipo ha estado operando y número de horas totales de un tiempo determinado para operar.

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad \dots (1)$$

Donde:

D= Disponibilidad

MTBF = tiempo medio para fallar

MTTR = tiempo medio para reparar

### **b) Confiabilidad**

La confiabilidad es la probabilidad de que un equipo opere óptimamente las funciones requeridas en un periodo de tiempo específico en condiciones normales de operación, ambientales y del entorno. (Mora, 2004)

Según Pérez (2021) la confiabilidad tiene el objetivo de medir el tiempo donde no se encontró fallas por un tiempo determinado, indica el grado de calidad del mantenimiento utilizado o el tiempo de operación óptimas según las funciones determinadas para los equipos o procesos de la industria.

Para Moubray (2004) la confiabilidad es usualmente medido como tiempo medio entre fallas (MTBF).

### **c) Tiempo medio para fallar (MTBF)**

Es un indicador usado para establecer la frecuencia de tareas de búsqueda de fallas, para la toma de decisiones para realizar los mantenimientos programados y establecer la disponibilidad deseada de un dispositivo. Este indicador también se usa para la definición de las políticas de mantenimiento (Moubray, 2004).

Para García (2003), el MTBF permite entender la frecuencia en las que aparecen las fallas de los equipos.

$$MTBF = \frac{NHT}{NA} \quad \dots (2)$$

Donde:

NHT: N° de horas totales del periodo de tiempo analizado

NA: N° de averías

#### **d) Tiempo medio para reparar (MTTR)**

Para Mora (2004) el indicador MTTR tiene que ver con los tiempos medios de respuesta ante las fallas y el tiempo total de parada por mantenimiento.

El MTTR permite comprender la relevancia de las fallas que surgen en un equipo teniendo en cuenta el tiempo medio hasta su reparación (García, 2003).

$$MTTR = \frac{NHP}{NA} \quad \dots (3)$$

Donde:

NHP: N° de horas de paro por averías

NA: N° de averías

#### **2.1.5. Estrategias de Mantenimiento**

La palabra estrategia viene del griego estrategos, que significa “ lo que hace el general”, en el libro “La mente del estratega” nos comenta que la claridad y la creatividad son características de la mentalidad del líder, esto se complementa con flexibilidad, ya que se debe dirigir al logro de resultados sin dejar de lado los factores críticos del problema, teniendo en cuenta el entorno, los agentes que podrían afectar el objetivo propuesto, situaciones futuras que afecten los planes o los recursos y considerando aspectos relevantes más allá de lo evidente y lo inmediato (Beltrán, 2013).

### **2.1.6. Planes de mantenimiento**

Según García (2003), el diseño del plan de mantenimiento debe considerar dos factores relevantes de algunos equipos en específico, el primer factor es que algunos equipos están sometidos a la normativa legal, los cuales regulan su mantenimiento, el segundo factor es respecto a las actividades de mantenimiento se debe tener en cuenta que para realizar dicho mantenimiento se requiere los conocimientos que solo tiene el fabricante del equipo

### **2.1.7. Criticidad de equipos**

La criticidad puede tener distintas interpretaciones, esto depende del objetivo que se va a jerarquizar, el objetivo del análisis de criticidad es establecer una metodología que tenga utilidad para la determinación de la clasificación de sistemas y equipos de los distintos procesos complejos en las industrias, con lo que se logra subdividir los elementos en grupos manejables de forma controlada y auditable. Existen distintos criterios para evaluar la criticidad de un activo, esto varía según las oportunidades y las necesidades de la organización (Parra et al., 2020), algunos ejemplos como:

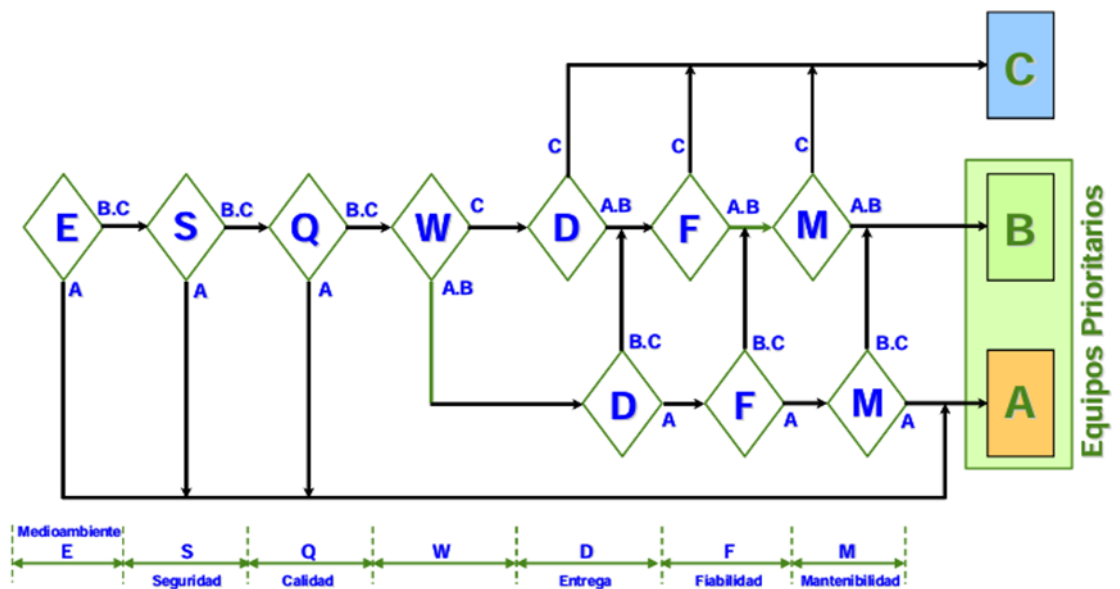
- Flexibilidad operacional
- Efecto en la continuidad
- Efecto en la calidad del producto
- Efecto en la seguridad
- Costos de parada y mantenimiento
- Frecuencia de fallas
- Condiciones de operación

**a) Método del flujograma de análisis de criticidad (Cualitativo)**

En este método existen tres categorías para clasificar los equipos, estas categorías son: A, B y C como se muestra en la Figura 3, el tipo A son los equipos con alta prioridad, para llegar a obtener estas categorías se realiza una serie de preguntas de forma secuencial respecto al equipo a evaluar, con esta secuencia se resalta la importancia del equipo a los atributos a analizar al momento de la jerarquización (Parra et al., 2020).

### Figura 3

### Modelo de flujograma de criticidad



Nota: Adaptado de Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos (p.59), por C. Parra et al, 2020, INGEMAN.

En el modelo del flujograma de criticidad, de cada pregunta se tienen 3 opciones A, B, C que nos ayudaran a categorizar el equipo. La E refiere a una pregunta de medio ambiente, la S a cuestiones de seguridad, la letra Q a la calidad, la W refiere al tiempo de trabajo de un activo, la D a la entrega que tiene que ver con el impacto operacional de una falla del activo, la F son preguntas respecto a fiabilidad y la frecuencia de falla, por último, la letra M respecto a preguntas de mantenibilidad, es el último criterio que refiere a la aptitud del activo para ser mantenido (Parra et al., 2020).

#### **b) Modelo de Criticidad semicuantitativo CTR (Criticidad Total por riesgo)**

Este método es un proceso de análisis semi cuantitativo muy práctico, basado en el concepto de riesgo, que se obtiene de una multiplicación de la consecuencia y la frecuencia de fallo, es un método utilizado por muchas consultoras y empresas internacionales (Parra et al., 2020), la fórmula utilizada para la jerarquización es:

$$CTR = FF \times C \quad \dots (4)$$

Donde:

CTR: Criticidad Total por riesgo

FF: Frecuencia de falla (Tabla 2)

C: Consecuencias de los eventos de fallos

El valor de la Consecuencias (C), tiene la siguiente formula

$$C = (IO \times FO) + CM + HA \quad \dots (5)$$

Donde:

IO: Factor de impacto en la producción (Tabla 3)

FO: Factor de flexibilidad operacional (Tabla 4)

CM: Factor de costes de Mantenimiento (Tabla 5)

SHA: Factor de impacto en seguridad, higiene y ambiente (Tabla 6)

**Tabla 2***Factor de Frecuencia de fallos*

| FACTOR DE FRECUENCIA DE FALLOS (FF) |                                        |
|-------------------------------------|----------------------------------------|
| 4                                   | Frecuente: mayor a 2 eventos al año    |
| 3                                   | Promedio: 1 y 2 eventos al año         |
| 2                                   | Bueno: entre 0,5 y un 1 evento al año  |
| 1                                   | Excelente: menos de 0,5 eventos al año |

*Nota: Adaptado de Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos (p.62), por C. Parra et al, 2020, INGEMAN.*

**Tabla 3***Ponderación en Impacto Operacional*

| IMPACTO OPERACIONAL (IO) |                                              |
|--------------------------|----------------------------------------------|
| 10                       | Pérdidas de producción superiores al 75%     |
| 7                        | Pérdidas de producción entre el 50% y el 74% |
| 5                        | Pérdidas de producción entre el 25% y el 49% |
| 3                        | Pérdidas de producción entre el 10% y el 24% |
| 1                        | Pérdidas de producción menor al 10%          |

*Nota: Adaptado de Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos (p.62), por C. Parra et al, 2020, INGEMAN.*

**Tabla 4*****Ponderación en Impacto por Flexibilidad Operacional***

| IMPACTO POR FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (FO) |                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4                                         | No se cuenta con unidades de reserva para cubrir la producción, tiempos de reparación y logística muy grandes                                |
| 2                                         | Se cuenta con unidades de reserva que logran cubrir de forma parcial el impacto de producción, tiempos de reparación y logística intermedios |
| 1                                         | Se cuenta con unidades de reserva en línea, tiempos de reparación y logística pequeños                                                       |

*Nota:*

*Adaptado de Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos (p.62), por C. Parra et al, 2020, INGEMAN.*

**Tabla 5*****Ponderación en Impacto en Costos de Mantenimiento***

| IMPACTO EN COSTOS DE MANTENIMIENTO (CM) |                                                                             |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 2                                       | Costes de reparación, materiales y mano de obra superiores a 20.000 dólares |
| 1                                       | Costes de reparación, materiales y mano de obra inferiores a 20.000 dólares |

*Nota: Adaptado de Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos (p.62), por C. Parra et al, 2020, INGEMAN.*

**Tabla 6**

*Ponderación en Impacto en Seguridad, Higiene y Ambiente*

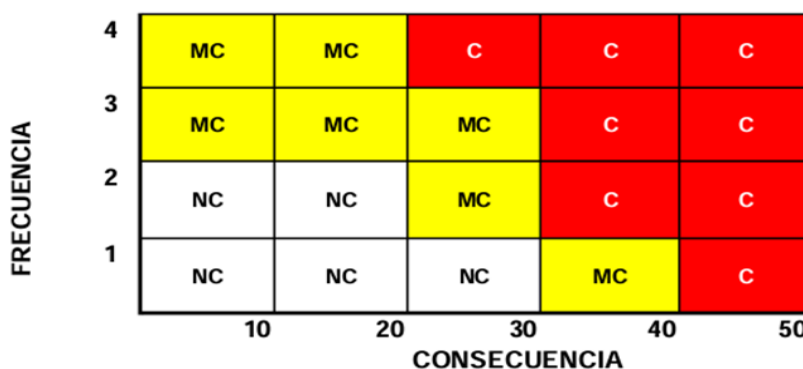
| IMPACTO EN SEGURIDAD, HIGIENE Y AMBIENTE (SHA) |                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8                                              | Riesgo alto de pérdida de vida, daños graves a la salud del personal y/o incidente ambiental mayor (catastrófico) que exceden los límites permitidos                                 |
| 6                                              | Riesgo medio de pérdida de vida, daños importantes a la salud, y/o incidente ambiental de difícil restauración                                                                       |
| 3                                              | Riesgo mínimo de pérdida de vida y afección a la salud (recuperable en el corto plazo) y/o incidente ambiental menor (controlable), derrames fáciles de contener y fugas repetitivas |
| 1                                              | No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud, ni daños ambientales                                                                                             |

*Nota: Adaptado de Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos (p.62), por C. Parra et al, 2020, INGEMAN.*

La ponderación de los factores es el resultado de las reuniones del equipo de trabajo pertinente al contexto operacional del activo (operaciones, mantenimiento, seguridad y medio ambiente). La frecuencia de fallas se encuentra en el eje vertical y el de las consecuencias en el eje horizontal, esta matriz de criticidad, como se puede ver en la Figura 4, jerarquiza en tres áreas, área de sistemas no críticos, media criticidad y críticos.

**Figura 4**

*Matriz de Criticidad de modelo CTR*



*Nota: Adaptado de Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos (p.62), por C. Parra et al, 2020, INGEMAN.*

**c) Modelo de Criticidad semicuantitativo MCR (Matriz de criticidad por riesgo)**

El análisis de criticidad para este modelo esta referido por el método MCR para activos de producción Off-shore del área de Magallanes, este tiene la siguiente formula:

$$Riesgo = FF \times C \quad \dots (6)$$

Donde:

FF: Frecuencia de fallas (Tabla 7)

C: Consecuencias de las fallas a la seguridad, ambiente, calidad, producción

$$C = (SHA + IC + IP + BM + CM) \times 0.2 \quad \dots (7)$$

SHA: Impacto en Seguridad y Medio Ambiente (Tabla 8)

IC: Impacto en Calidad

IP: Impacto Producción (Tabla 9)

BM: Impacto por baja Mantenibilidad (Tabla 10)

CM: Costos de Mantenimiento (Tabla 11)

**Tabla 7**

*Ponderación en Factor de Frecuencia de Fallos*

| FACTOR DE FRECUENCIA DE FALLOS (FF) |                                                   |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 1                                   | Sumamente improbable: menos de 1 evento en 5 años |
| 2                                   | Improbable: 1 evento en 5 años                    |
| 3                                   | Posible: 1 evento en 3 años                       |
| 4                                   | Probable: entre 1 y 3 eventos al año              |
| 5                                   | Frecuente: más de 3 eventos por año               |

*Nota: Adaptado de Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos (p.62), por C. Parra et al, 2020, INGEMAN.*

**Tabla 8*****Ponderación en Impacto en Seguridad y Medio Ambiente***

| IMPACTO SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE (SHA) |                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5                                        | Alto riesgo de vida del personal, daños graves a la salud del personal y/o incidente ambiental mayor (catastrófico), derrames y fugas que exceden los límites permitidos |
| 3                                        | Riesgo de vida del personal o daños menores a la salud del personal y/o incidente ambiental menor, derrames fáciles de contener y fugas repetitivas                      |
| 1                                        | No existe ningún riesgo de salud ni de daños ambientales                                                                                                                 |

*Nota: Adaptado de Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos (p.62), por C. Parra et al, 2020, INGEMAN.*

**Tabla 9*****Ponderación en Impacto en Producción***

| IMPACTO EN PRODUCCION (IP) |                                                                            |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 5                          | Pérdidas de producción superiores al 75% (no hay unidades de reserva)      |
| 4                          | Pérdidas de producción entre el 50% y el 74% (unidades de reserva parcial) |
| 3                          | Pérdidas de producción entre el 25% y el 49%                               |
| 2                          | Pérdidas de producción entre el 10% y el 24%                               |
| 1                          | Pérdidas de producción menor al 10%                                        |

*Nota: Adaptado de Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos (p.62), por C. Parra et al, 2020, INGEMAN.*

**Tabla 10*****Ponderación en Impacto por baja Mantenibilidad***

| IMPACTO POR BAJA MANTENIBILIDAD (BM) |                                                                                                                                              |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5                                    | No se cuenta con unidades de reserva para cubrir la producción, tiempos de reparación y logística muy grandes                                |
| 3                                    | Se cuenta con unidades de reserva que logran cubrir de forma parcial el impacto de producción, tiempos de reparación y logística intermedios |
| 1                                    | Se cuenta con unidades de reserva en línea, tiempos de reparación y logística pequeños                                                       |

*Nota: Adaptado de Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos (p.62), por C. Parra et al, 2020, INGEMAN.*

**Tabla 11*****Ponderación en Impacto en Costos de Mantenimiento***

| IMPACTO EN COSTOS DE MANTENIMIENTO (CM) |                                                                                                                      |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5                                       | Daños irreversibles al sistema, costos de reparación incluyendo materiales y HH supera en un 75% el valor del equipo |
| 4                                       | Costos de reposición incluyendo materiales y HH se ubican entre un 50% y el 74% del valor del equipo                 |
| 3                                       | Costos de reparación incluyendo materiales y HH, se ubican entre un 25% y el 49% del valor del equipo                |
| 2                                       | Costos de reparación incluyendo materiales y HH, se ubican entre un 10% y el 24% del valor del equipo                |
| 1                                       | Costos de reparación incluyendo materiales y HH, se ubican por debajo del 10% del valor del equipo                   |

*Nota: Adaptado de Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos (p.62), por C. Parra et al, 2020, INGEMAN.*

Los cálculos obtenidos y ubicados en la matriz de criticidad, como se observa en la Figura 5, el eje vertical está formado por cinco niveles de frecuencia de fallas y el eje horizontal los 5 niveles de las consecuencias.

Zona de criticidad

B: Baja criticidad

M: Media criticidad

A: Alta criticidad

MA: Muy altamente critico

**Figura 5**

*Matriz de Criticidad de modelo MCR*

| Frecuencia    | 5 | A | MA | MA | MA | MA |
|---------------|---|---|----|----|----|----|
|               | 4 | A | A  | A  | A  | MA |
|               | 3 | M | M  | M  | A  | MA |
|               | 2 | B | B  | B  | M  | M  |
|               | 1 | B | B  | B  | M  | M  |
|               |   | 1 | 2  | 3  | 4  | 5  |
| Consecuencias |   |   |    |    |    |    |

Nota: Adaptado de Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad Aplicada en la Gestión de Activos (p.65), por C. Parra et al, 2020, INGEMAN.

#### **2.1.8. Costos de mantenimiento**

Los costos de mantenimiento son los gastos requeridos para que un equipo siga funcionando en las condiciones solicitadas por operaciones.

##### **a) Costos Fijos**

Los costos fijos son todas las actividades planificadas en el mantenimiento y estos implican valores que se pagan por usar los recursos correspondientes al trabajo proactivo

##### **b) Costos Variables**

Los costos variables son los gastos que se realiza cuando ocurren las fallas o paradas de equipo no planificadas, ya sea mano de obra, repuestos materiales, instrumentos etc.

c) Costos Financieros

Los costos financieros son la inversión que se realizan en repuestos, insumos, materiales de mantenimiento en el almacén, la duplicidad de maquinaria para elevar la confiabilidad.

d) Costos de la no disponibilidad por fallas

Es el valor que contempla el no poder utilizar el equipo, debido a reparaciones o modificaciones que son provocadas por fallas imprevistas.

## 2.2 Marco conceptual

**Criticidad:** Es un indicador proporcional al riesgo que busca establecer la jerarquía o prioridades en equipos, procesos, etc. facilitando la toma de decisiones efectivas, y direcciona los recursos y esfuerzos a las áreas más importantes que permiten mejorar la confiabilidad y administrar el riesgo.

**Planta concentradora:** Es una Unidad Metalúrgica formada por una serie de equipos instalados según un Lay Out o diagrama de flujo, donde la mena (mineral de interés) es alimentada y procesada hasta obtener el metal de interés denominado concentrado y un producto no valioso denominado relave. Los minerales no sufren ningún cambio químico.

**Área de chancado:** es un proceso fundamental en la industria minera, que consiste en la reducción del tamaño de grandes bloques de minerales provenientes de la extracción en minas. Este proceso se realiza mediante equipos especializados, como trituradoras y molinos, que aplican fuerzas mecánicas para fragmentar el material en partículas más pequeñas y manejables.

**Taxonomía:** Es una clasificación sistemática de elementos en grupos genéricos basados en características posiblemente comunes a varios ítems (ubicación, uso, división, subdivisión de equipos, etc). Una clasificación de datos relevantes a recolectar de conformidad con el estándar internacional ISO 14224.

**Fajas transportadoras:** son bandas largas de caucho reforzado extendida alrededor de dos o más poleas, que trabajan a una velocidad definida cargando un material específico, otro de los componentes son los polines (impacto, carga y guidores), bastidores y raspadores.

**Chancadora cónica:** es una trituradora de cono, donde el material de procesamiento se tritura entre dos superficies rígidas, el cóncavo, el manto, el conjunto de la excéntrica y la posición del punto pivote determinan la geometría de la cámara de la trituradora de cono.

**Chancadora de quijada:** es una trituradora de mandíbula, el material de procesamiento se tritura en dos superficies rígidas, la trituración se logra por el desplazamiento de la mandíbula móvil, con la mandíbula fija y las placas laterales, forma la cámara de trituración.

**Colector de polvo:** Según Fernández (2008), un colector de polvos de mangas, también conocido como colector de polvo tipo manga o filtro de mangas, es un dispositivo utilizado en diversas industrias para la captura y filtración de partículas sólidas suspendidas en el aire, conocidas como polvo. Este equipo se emplea principalmente en entornos donde se generan grandes cantidades de polvo durante procesos industriales como la trituración, molienda, manejo de materiales a granel, y en operaciones de fundición y fabricación.

## **Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación**

En este capítulo se desarrolla los objetivos propuestos en la presente tesis, para la mejora de indicadores de mantenimiento de los equipos del área de chancado de la UM María Teresa.

### **3.1. Análisis de criticidad de equipos**

Para el análisis de criticidad de equipos se debe tener en cuenta los puntos siguientes

#### ***3.1.1. Identificación y taxonomía de equipos en el área de Chancado***

Para el desarrollo de esta investigación se tiene como primer paso el de identificar todos los equipos del área de chancado de la U. M. María Teresa, se debe considerar que los tipos de equipos que se tiene en el área son los apron feeder, zarandas, chancadoras, electroimanes, detectores de metales, imanes y fajas transportadoras, los equipos se presentan en la Tabla 12.

Los equipos identificados en el área de chancado son 36, teniendo en cuenta la subestación eléctrica, cada uno de ellos tienen sus códigos de ERP Colquisiri, correspondiente para la generación de ordenes de trabajo (actividades referentes a la parte mecánica de los equipos) según sea necesario, esto permitirá facilitar los análisis futuros respecto a los equipos.

**Tabla 12***Equipos del area de chancado*

| N° | CODIGO | DESCRIPCION                                                        | AREA     |
|----|--------|--------------------------------------------------------------------|----------|
| 1  | SE-18  | Subestación 1000 kva                                               | Chancado |
| 2  | APF-01 | Apron feeder                                                       | Chancado |
| 3  | ZAV-01 | Zaranda grizzly                                                    | Chancado |
| 4  | CHQ-06 | Chancadora de quijada 36x24 cj409                                  | Chancado |
| 5  | FAT-01 | Faja transportadora                                                | Chancado |
| 6  | FAT-02 | Faja transportadora                                                | Chancado |
| 7  | ELI-01 | Electroimán                                                        | Chancado |
| 8  | IMP-01 | Imán permanente                                                    | Chancado |
| 9  | DTM-01 | Detector de metales                                                | Chancado |
| 10 | FAT-03 | Faja transportadora                                                | Chancado |
| 11 | ZAV-07 | Zaranda secundaria Sandvik 4'x8'                                   | Chancado |
| 12 | CHC-03 | Chancadora cónica hp200                                            | Chancado |
| 13 | FAT-04 | Faja transportadora                                                | Chancado |
| 14 | FAT-05 | Faja transportadora                                                | Chancado |
| 15 | FAT-06 | Faja transportadora                                                | Chancado |
| 16 | ZAV-03 | Zaranda terciaria 3mx1.2m                                          | Chancado |
| 17 | CHC-04 | Chancadora cónica terciaria ch420                                  | Chancado |
| 18 | FAT-07 | Faja transportadora                                                | Chancado |
| 19 | ZAV-04 | Zaranda cuaternaria ch420 5m 1.5 m                                 | Chancado |
| 20 | FAT-08 | Faja transportadora                                                | Chancado |
| 21 | IMP-02 | Imán permanente                                                    | Chancado |
| 22 | CHC-05 | Chancadora conica cuaternaria ch420                                | Chancado |
| 23 | FAT-09 | Faja transportadora                                                | Chancado |
| 24 | FAT-10 | Faja transportadora                                                | Chancado |
| 25 | FAT-11 | Faja transportadora                                                | Chancado |
| 26 | FAT-12 | Faja transportadora                                                | Chancado |
| 27 | FAT-13 | Faja transportadora                                                | Chancado |
| 28 | MUC-06 | Muestreador neumático                                              | Chancado |
| 29 | FAT-14 | Faja transportadora                                                | Chancado |
| 30 | COP-01 | Colector de polvo 81mbt12                                          | Chancado |
| 31 | FAT-21 | Faja transportadora                                                | Chancado |
| 32 | POL-02 | Polipasto eléctrico yale 3 tn - chancadora primaria                | Chancado |
| 33 | POL-03 | Polipasto eléctrico yale 3 tn - chancadora secundaria              | Chancado |
| 34 | POL-04 | Polipasto eléctrico yale 3 tn - chancadora terciaria y cuaternaria | Chancado |
| 35 | POL-05 | Polipasto eléctrico coffin 0.5 tn - zaranda terciaria              | Chancado |
| 36 | POL-06 | Polipasto eléctrico coffin 0.5 tn - zaranda cuaternaria            | Chancado |

*Nota: Elaboración propia*

Se realizó la taxonomía (hasta el nivel 6) en el área de chancado como se presenta en la tabla

**Tabla 13**

*Taxonomía del área de chancado*

| Nivel taxonómico | Jerarquía de Taxonomía      | Descripción                                                                         |
|------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                | Industria                   | Minería                                                                             |
| 2                | Categoría del negocio       | Mediana minería                                                                     |
| 3                | Categoría de instalación    | Minería subterránea                                                                 |
| 4                | Categoría de Planta/ Unidad | Planta Concentradora polimetálicos                                                  |
| 5                | Sección/Sistema             | Proceso de Chancado<br>Chancadoras<br>Fajas transportadoras<br>zarandas vibratorias |
| 6                | Clases de equipos           | Subestación eléctrica<br>Apron feeder<br>Imanes<br>Colector de polvo                |

*Nota: Elaboración propia*

Se tienen las características de los equipos de chancado como chancadoras según Tabla 14 y las fajas transportadoras según Tabla 15.

**Tabla 14**

*Características de las chancadoras del área de chancado*

| TAG    | TIPO    | MARCA   | SERIE        |
|--------|---------|---------|--------------|
| CHQ-06 | QUIJADA | SANDVIK | 0090P23147   |
| CHC-03 | CONICA  | METSO   | HP200S0R0164 |
| CHC-04 | CONICA  | SANDVIK | 0990J19043   |
| CHC-05 | CONICA  | SANDVIK | 09920J19087  |

*Nota: Elaboración propia*

**Tabla 15***Características de las fajas transportadoras del area de chancado*

| TAG    | ANCHO DE FAJA (plg) | TIPO DE FAJA       | DISTANCIA C/C (m) |
|--------|---------------------|--------------------|-------------------|
| FAT-01 | 24                  | 24"EP/500/3 (6+2)" | 9.52              |
| FAT-02 | 24                  | 24"EP/500/3 (6+2)" | 28.12             |
| FAT-03 | 24                  | 24"EP/500/3 (6+2)" | 12.8              |
| FAT-04 | 24                  | 24"EP/500/3 (6+2)" | 15.68             |
| FAT-05 | 24                  | 24"EP/500/3 (6+2)" | 17.34             |
| FAT-06 | 24                  | 24"EP/500/3 (6+2)" | 14.38             |
| FAT-07 | 24                  | 24"EP/500/3 (6+2)" | 28.32             |
| FAT-08 | 24                  | 24"EP/500/3 (6+2)" | 22.18             |
| FAT-09 | 24                  | 24"EP/500/3 (6+2)" | 14.1              |
| FAT-10 | 24                  | 24"EP/500/3 (6+2)" | 48.54             |
| FAT-11 | 24                  | 24"EP/500/3 (6+2)" | 7.19              |
| FAT-12 | 24                  | 24"EP/500/3 (6+2)" | 7.19              |
| FAT-13 | 24                  | 24"EP/500/3 (6+2)" | 49.92             |
| FAT-14 | 24                  | 24"EP/500/3 (6+2)" | 15.7              |
| FAT-21 | 18                  | 18"EP/500/3 (6+2)" | 25.78             |

*Nota: Elaboración propia*

### **3.1.2. Selección de tipo de análisis de criticidad**

Para la selección del tipo de análisis de criticidad de equipos se consideró el modelo de criticidad semicuantitativo “CTR” (Criticidad Total por Riesgo), ya que es un proceso sencillo y practico, en el concepto de riesgo, ya que toma en cuenta la consecuencia de multiplicar la frecuencia de un fallo por la severidad de este.

Se considera este tipo de análisis ya que los datos obtenidos en nuestra base de datos son genéricos y aun no se tiene culminado los sistemas y subsistemas de nuestros equipos en planta.

### **3.1.3. Análisis de criticidad Semicuantitativo “CTR”**

Para la selección del tipo de análisis de criticidad de equipos se tomó en cuenta el modelo de criticidad semicuantitativo “CTR” (Criticidad Total por Riesgo), ya que es un proceso sencillo y práctico, en el concepto de riesgo, ya que toma en cuenta la consecuencia de multiplicar la frecuencia de un fallo por la severidad de este.

Los factores considerados en este análisis son los de impacto en la producción, la flexibilidad operacional, costos de mantenimiento, impacto de seguridad, higiene y ambiente. Los factores fueron determinados en coordinación con la jefatura y el planificador del área de mantenimiento mecánico planta teniendo en cuenta los antecedentes de los equipos de los años anteriores, como se puede observar en la Tabla 16.

Teniendo como resultado del análisis de criticidad los siguientes equipos críticos como se observa en la Tabla 17, se tienen 18 equipos críticos en el área de chancado, para el análisis se tomará en cuenta los trabajos que se realizan por el personal técnico de mantenimiento mecánico planta por lo que se considera solo chancadoras, apron feeder, zarandas vibratorias y fajas transportadoras.

**Tabla 16***Matriz de criticidad de equipos del area de chancado*

| N° | CODIGO | DESCRIPCION                                                           | AREA     | IO | FO | CM | SHA | C  | FF | R   |
|----|--------|-----------------------------------------------------------------------|----------|----|----|----|-----|----|----|-----|
| 1  | SE-18  | Subestación 1000 kva                                                  | Chancado | 10 | 4  | 1  | 6   | 47 | 2  | 94  |
| 2  | APF-01 | Apron feeder                                                          | Chancado | 7  | 4  | 1  | 3   | 32 | 2  | 64  |
| 3  | ZAV-01 | Zaranda grizzly                                                       | Chancado | 7  | 4  | 1  | 3   | 32 | 2  | 64  |
| 4  | CHQ-06 | Chancadora de quijada 36x24<br>cj409                                  | Chancado | 10 | 4  | 2  | 6   | 48 | 3  | 144 |
| 5  | FAT-01 | Faja transportadora                                                   | Chancado | 10 | 4  | 1  | 3   | 44 | 3  | 132 |
| 6  | FAT-02 | Faja transportadora                                                   | Chancado | 10 | 4  | 1  | 3   | 44 | 3  | 132 |
| 7  | ELI-01 | Electroimán                                                           | Chancado | 1  | 2  | 1  | 3   | 6  | 2  | 12  |
| 8  | IMP-01 | Imán permanente                                                       | Chancado | 1  | 2  | 1  | 3   | 6  | 2  | 12  |
| 9  | DTM-01 | Detector de metales                                                   | Chancado | 3  | 2  | 1  | 3   | 10 | 3  | 30  |
| 10 | FAT-03 | Faja transportadora                                                   | Chancado | 5  | 4  | 1  | 3   | 24 | 2  | 48  |
| 11 | ZAV-07 | Zaranda secundaria Sandvik 4'x8'                                      | Chancado | 7  | 4  | 1  | 3   | 32 | 1  | 32  |
| 12 | CHC-03 | Chancadora cónica hp200                                               | Chancado | 5  | 4  | 2  | 8   | 30 | 3  | 90  |
| 13 | FAT-04 | Faja transportadora                                                   | Chancado | 5  | 4  | 1  | 3   | 24 | 2  | 48  |
| 14 | FAT-05 | Faja transportadora                                                   | Chancado | 10 | 4  | 1  | 3   | 44 | 2  | 88  |
| 15 | FAT-06 | Faja transportadora                                                   | Chancado | 10 | 4  | 1  | 3   | 44 | 2  | 88  |
| 16 | ZAV-03 | Zaranda terciaria 3mx1.2m                                             | Chancado | 10 | 4  | 1  | 3   | 44 | 2  | 88  |
| 17 | CHC-04 | Chancadora cónica terciaria<br>ch420                                  | Chancado | 10 | 4  | 2  | 3   | 45 | 3  | 135 |
| 18 | FAT-07 | Faja transportadora                                                   | Chancado | 10 | 4  | 1  | 3   | 44 | 2  | 88  |
| 19 | ZAV-04 | Zaranda cuaternaria ch420 5m 1.5<br>m                                 | Chancado | 10 | 4  | 1  | 3   | 44 | 2  | 88  |
| 20 | FAT-08 | Faja transportadora                                                   | Chancado | 10 | 4  | 1  | 3   | 44 | 2  | 88  |
| 21 | IMP-02 | Imán permanente                                                       | Chancado | 1  | 2  | 1  | 3   | 6  | 3  | 18  |
| 22 | CHC-05 | Chancadora cónica cuaternaria<br>ch420                                | Chancado | 10 | 4  | 2  | 3   | 45 | 3  | 135 |
| 23 | FAT-09 | Faja transportadora                                                   | Chancado | 10 | 4  | 1  | 3   | 44 | 2  | 88  |
| 24 | FAT-10 | Faja transportadora                                                   | Chancado | 10 | 4  | 1  | 6   | 47 | 2  | 94  |
| 25 | FAT-11 | Faja transportadora                                                   | Chancado | 7  | 4  | 1  | 3   | 32 | 1  | 32  |
| 26 | FAT-12 | Faja transportadora                                                   | Chancado | 7  | 4  | 1  | 3   | 32 | 1  | 32  |
| 27 | FAT-13 | Faja transportadora                                                   | Chancado | 10 | 4  | 1  | 3   | 44 | 1  | 44  |
| 28 | MUC-06 | Muestreador neumático                                                 | Chancado | 1  | 1  | 1  | 1   | 3  | 1  | 3   |
| 29 | FAT-14 | Faja transportadora                                                   | Chancado | 10 | 4  | 1  | 3   | 44 | 1  | 44  |
| 30 | COP-01 | Colector de polvo 81mbt12                                             | Chancado | 1  | 4  | 1  | 8   | 13 | 3  | 39  |
| 31 | FAT-21 | Faja transportadora                                                   | Chancado | 5  | 4  | 1  | 3   | 24 | 2  | 48  |
| 32 | POL-02 | Polipasto eléctrico yale 3 tn -<br>chancadora primaria                | Chancado | 1  | 2  | 1  | 6   | 9  | 2  | 18  |
| 33 | POL-03 | Polipasto eléctrico yale 3 tn -<br>chancadora secundaria              | Chancado | 1  | 2  | 1  | 6   | 9  | 2  | 18  |
| 34 | POL-04 | Polipasto eléctrico yale 3 tn -<br>chancadora terciaria y cuaternaria | Chancado | 1  | 2  | 1  | 6   | 9  | 2  | 18  |
| 35 | POL-05 | Polipasto eléctrico coffin 0.5 tn -<br>zaranda terciaria              | Chancado | 1  | 2  | 1  | 6   | 9  | 2  | 18  |
| 36 | POL-06 | Polipasto eléctrico coffin 0.5 tn -<br>zaranda cuaternaria            | Chancado | 1  | 2  | 1  | 6   | 9  | 2  | 18  |

*Nota: Elaboración propia*

**Tabla 17***Equipos críticos del area de chancado*

| N° | CODIGO | DESCRIPCION                         | RESULTADO |
|----|--------|-------------------------------------|-----------|
| 1  | SE-18  | Subestación chancada 1000 kva       | Critico   |
| 2  | APF-01 | Apron feeder                        | Critico   |
| 3  | ZAV-01 | Zaranda grizzly                     | Critico   |
| 4  | CHQ-06 | Chancadora de quijada 36x24 cj409   | Critico   |
| 5  | FAT-01 | Faja transportadora                 | Critico   |
| 6  | FAT-02 | Faja transportadora                 | Critico   |
| 7  | FAT-05 | Faja transportadora                 | Critico   |
| 8  | FAT-06 | Faja transportadora                 | Critico   |
| 9  | ZAV-03 | Zaranda terciaria 3mx1.2m           | Critico   |
| 10 | CHC-04 | Chancadora cónica terciaria ch420   | Critico   |
| 11 | FAT-07 | Faja transportadora                 | Critico   |
| 12 | ZAV-04 | Zaranda cuaternaria ch420 5m 1.5 m  | Critico   |
| 13 | FAT-08 | Faja transportadora                 | Critico   |
| 14 | CHC-05 | Chancadora cónica cuaternaria ch420 | Critico   |
| 15 | FAT-09 | Faja transportadora                 | Critico   |
| 16 | FAT-10 | Faja transportadora                 | Critico   |
| 17 | FAT-13 | Faja transportadora                 | Critico   |
| 18 | FAT-14 | Faja transportadora                 | Critico   |

*Nota: Elaboración propia*

**3.2. Estrategias de mantenimiento**

Actualmente las estrategias de mantenimiento están basadas en mantenimiento correctivo y parte de mantenimiento preventivo. En el área de chancado los equipos como lo son chancadoras, zarandas, fajas transportadoras y apron feeder tienen las siguientes intervenciones según se observa en la Tabla 18.

**Tabla 18***Actividades rutinarias del area de chancado*

| N° | Equipo                | Actividades de mantenimiento  | Tipo de estrategia de mantenimiento |
|----|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| 1  | Chancadoras           | Inspección rutinaria          | Preventivo                          |
|    |                       | Cambio de forros              | Preventivo                          |
|    |                       | Cambio de aceite              | Correctivo programado               |
|    |                       | Mantenimiento general         | Preventivo                          |
| 2  | Zarandas vibratorias  | Cambio de mallas              | Preventivo                          |
|    |                       | Cambio de aceite de mecanismo | Correctivo Programado               |
|    |                       | Cambio de resortes            | Correctivo Programado               |
|    |                       | Cambio de faja transportadora | Correctivo Programado               |
| 3  | Fajas Transportadoras | Cambio de polines             | Correctivo Programado               |
|    |                       | Cambio de aceite de reductor  | Correctivo Programado               |
| 4  | Apron feeder          | Lubricación de equipo         | Preventivo                          |
|    |                       | Mantenimiento general         | Preventivo                          |

*Nota: Elaboración propia*

### 3.2.1. Ordenes de trabajo

En Colquisiri se tiene un ERP propio de la empresa, en el cual los mecánicos proceden a llenar los datos de la orden trabajo una vez concluido esta. En la revisión de estos trabajos se encuentra deficiencias como la descripción de los trabajos con datos relevantes, el personal mecánico está dividido en 3 guardias de 4 técnicos en cada uno de ellos, por lo cual se procedió a dar charlas a todo el personal mecánico, como se observa en la Figura 6, para el mejor ingreso de datos en el ERP, donde se intercambié diferentes puntos de vista referente al tema mencionado.

**Figura 6**

*Capacitación al personal mecánico*



*Nota: Elaboración propia*

Otro aspecto relevante para la creación de las ordenes de trabajo era el adjuntar los códigos de los materiales para los trabajos rutinarios, ya que como el ERP es manejado por distintas personas como supervisor, jefatura y planificador se tenían inconvenientes al momento de encontrar el código correspondiente de los equipos, ya que estos variaban según las características de estos. Por esta razón se procedió a ingresar y actualizar todos los códigos de los equipos principales en las Rutinas de mantenimiento de Datos Maestros, para que cuando se ingrese el TAG del equipo en la orden de trabajo, aparezca automáticamente los repuestos necesarios para realizar los trabajos correspondientes.

Los equipos de chancado donde se realizó la actualización de las rutinas de mantenimiento fueron a las zarandas vibratorias, chancadoras cónicas y de quijada, fajas transportadoras y apron feeder como se observa en la Tabla 19.

**Tabla 19**

*Códigos actualizados en rutinas de mantenimiento*

| TAG    | EQUIPO                                                        | ACTIVIDAD                                           | CODIGO ERP | DESCRIPCION                                                                             |
|--------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| CHC-04 | CHANCADORA<br>CÓNICA CH420<br>REBORN SANDVIK<br>(TERCIARIA)   | CAMBIO<br>FORROS<br>STANDBY                         | 45479      | MANTO HC NP: 442.9761-01<br>CHANCADORA CH420                                            |
|        |                                                               |                                                     | 43096      | CONCAVE M-EC2 M1 NP: 442.9586-01<br>/442.9586-02 CHANCADORA CH420                       |
|        |                                                               |                                                     | 28701      | ANILLO NP:442.6217-01 CHANCADORA<br>CH 420                                              |
|        |                                                               |                                                     | 28187      | RESINA KORROBOND 65 - EPOXY<br>CRUSHER BACKING                                          |
|        |                                                               |                                                     | 43369      | TRAPO INDUSTRIAL TELA SUELTA<br>(COLOR BLANCO)                                          |
|        |                                                               |                                                     | 34870      | RETENEDOR N. 442693101                                                                  |
|        |                                                               |                                                     | 28729      | SEPARADOR (NP 442693201)<br>(CHANCADORA SECUNDARIA CONICA<br>SANDVIK)                   |
|        |                                                               | CAMBIO DE<br>ACEITE DE<br>CIRCULACION E<br>HYDROSET | 24954      | SIKA BOOM X 500 ML                                                                      |
|        |                                                               |                                                     | 28708      | CARTUCHO FILTRANTE (NP 912012600)<br>(CHANCADORA SECUNDARIA CONICA<br>SANDVIK)          |
|        |                                                               |                                                     | 28730      | CARTUCHO FILTRANTE HIDROSET (NP<br>912012900) (CHANCADORA SECUNDARIA<br>CONICA SANDVIK) |
|        |                                                               |                                                     | 43369      | TRAPO INDUSTRIAL TELA SUELTA<br>(COLOR BLANCO)                                          |
|        |                                                               |                                                     | 42146      | CHEVRON MEROPA 220 (CIL 400 LB)                                                         |
|        |                                                               |                                                     | 43370      | CHEVRON MEROPA 68 (CIL X 400 LB)                                                        |
| CHC-05 | CHANCADORA<br>CÓNICA CH420<br>REBORN SANDVIK<br>(CUATERNARIA) | CAMBIO<br>FORROS<br>STANDBY                         | 43315      | MANTLE B M2 NP: 442.6197-02<br>CHANCADORA CH420                                         |
|        |                                                               |                                                     | 28698      | CUBIERTA EXTERIOR MF NP:442.9585-01<br>CHANCADORA CH 420                                |
|        |                                                               |                                                     | 28701      | ANILLO NP:442.6217-01 CHANCADORA<br>CH 420                                              |
|        |                                                               |                                                     | 34870      | RETENEDOR N. 442693101                                                                  |
|        |                                                               |                                                     | 28729      | SEPARADOR (NP 442693201)<br>(CHANCADORA SECUNDARIA CONICA<br>SANDVIK)                   |
|        |                                                               |                                                     | 28187      | RESINA KORROBOND 65 - EPOXY<br>CRUSHER BACKING                                          |
|        |                                                               |                                                     | 24954      | SIKA BOOM X 500 ML                                                                      |
|        |                                                               |                                                     | 43369      | TRAPO INDUSTRIAL TELA SUELTA<br>(COLOR BLANCO)                                          |

| TAG    | EQUIPO                                                          | ACTIVIDAD                                  | CODIGO ERP | DESCRIPCION                                                                       |
|--------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| CHC-03 | CHANCADORA CONICA HP 200                                        | CAMBIO DE ACEITE DE CIRCULACION E HYDROSET | 28708      | CARTUCHO FILTRANTE (NP 912012600) (CHANCADORA SECUNDARIA CONICA SANDVIK)          |
|        |                                                                 |                                            | 28730      | CARTUCHO FILTRANTE HIDROSET (NP 912012900) (CHANCADORA SECUNDARIA CONICA SANDVIK) |
|        |                                                                 |                                            | 42589      | CHEVRON MEROPA 150 (CIL 400LB)                                                    |
|        |                                                                 |                                            | 43369      | TRAPO INDUSTRIAL TELA SUELTA (COLOR BLANCO)                                       |
|        |                                                                 |                                            | 43370      | CHEVRON MEROPA 68 (CIL X 400 LB)                                                  |
|        |                                                                 | CAMBIO FORROS STANDBY                      | 42625      | FORRO TAZON NP: N55208138 CHANCADORA HP200                                        |
|        |                                                                 |                                            | 42626      | MANTOLINER NP: N55308011 CHANCADORA HP200                                         |
|        |                                                                 |                                            | 42627      | ANILLO ANTORCHA NP: 1063914005 CHANCADORA HP200                                   |
|        |                                                                 |                                            | 24954      | SIKA BOOM X 500 ML                                                                |
|        |                                                                 |                                            | 28187      | RESINA KORROBOND 65 - EPOXY CRUSHER BACKING                                       |
| CHQ-06 | CHANCADORA DE QUIJADAS CJ 409 CAP 80-350 TPH SANDVIK (PRIMARIA) | CAMBIO DE MUELAS                           | 43369      | TRAPO INDUSTRIAL TELA SUELTA (COLOR BLANCO)                                       |
|        |                                                                 |                                            | 42620      | ELEMENTO FILTRANTE NP: 7002445751 CHANCADORA HP200                                |
|        |                                                                 |                                            | 42621      | ELEMENTO FILTRANTE NP: MM0232736 CHANCADORA HP200                                 |
|        |                                                                 |                                            | 43369      | TRAPO INDUSTRIAL TELA SUELTA (COLOR BLANCO)                                       |
|        |                                                                 |                                            | 42831      | CHEVRON RANDO HD 46 (CIL X 55 GAL)                                                |
|        |                                                                 |                                            | 42146      | CHEVRON MEROPA 220 (CIL 400 LB)                                                   |
|        |                                                                 |                                            | 28845      | PLACA DE MORDAZA, MORDAZA ESTACIONARIA NP: 400.0483-001 CHANCADORA CJ 409         |
|        |                                                                 |                                            | 43369      | TRAPO INDUSTRIAL TELA SUELTA (COLOR BLANCO)                                       |

Nota: Elaboración propia.

### **3.2.2. Lubricación de equipos**

Se tiene un personal específicamente para la lubricación de equipos, la empresa cuenta con un tercero donde se realiza el análisis de aceite de los equipos de chancado, principalmente las chancadoras, zarandas vibratorias y fajas transportadoras, con apoyo del personal de la empresa tercerizada se obtiene los antecedentes de los resultados de los últimos cambios de aceite realizados en dichos equipos

Para las actividades de cambio de aceite de los equipos, no se tenía un seguimiento puntual y a veces se tendía a realizar el cambio de aceite en fechas que no coincidían con las debidas frecuencias. Por esa razón junto al personal de la empresa tercera, el lubricador y responsables de mantenimiento se trabajó en un programa de lubricación, cambios de aceite de reductor, aceite de mecanismo, aceite de circulación e hydroset con frecuencias determinadas por los resultados de anteriores análisis de aceite, ver Figura 7, donde se observa el grado de contaminación, salud y desgaste, el contenido de distintos elementos como el hierro (Fe), el plomo (Pb), Aluminio (Al), el cobre (Cu), el silicio (Si), el níquel (Ni), etc., así como las condiciones de viscosidad según el aceite usado.

En cada programa semanal del área de Mantenimiento Mecánico Planta, se realiza el seguimiento de las frecuencias del cambio de aceite para generar su orden de trabajo y realizar la actividad en la frecuencia indicada, como se ve en la Tabla 20, con una consideración de siete días antes o después de la fecha programada, con el objetivo de tener una secuencia con limites inferiores y superiores para su respectivo análisis.

Figura 7

Resultados de Análisis de Aceite



**Tabla 20***Datos de ordenes de trabajo*

| Fecha      | NroOT      | CodEquipo<br>Interno | DescrEquipo                                              | TipoMtto                 | Actividad                                                      |
|------------|------------|----------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 2024-10-27 | 2024-19645 | CHC-04               | CHANCADORA CÓNICA<br>CH420 REBORN SANDVIK<br>(TERCIARIA) | Mantenimiento preventivo | Cambio de aceite de circulación e hidroset                     |
| 2024-07-19 | 2024-13724 | CHC-04               | CHANCADORA CÓNICA<br>CH420 REBORN SANDVIK<br>(TERCIARIA) | Mantenimiento programado | Cambio de aceite de circulación e hidráulico                   |
| 2024-04-26 | 2024-07914 | CHC-04               | CHANCADORA CÓNICA<br>CH420 REBORN SANDVIK<br>(TERCIARIA) | Mantenimiento preventivo | Cambio de aceite y filtro de sistema de circulación e hidroset |
| 2024-01-09 | 2024-00460 | CHC-04               | CHANCADORA CÓNICA<br>CH420 REBORN SANDVIK<br>(TERCIARIA) | Mantenimiento preventivo | Cambio de aceite y filtro de circulación e hydroset            |

*Nota: Elaboración propia.*

### 3.2.3. Cartillas de mantenimiento

Según lo mencionado se tiene inspecciones rutinarias de equipos como las chancadoras, donde se realizan se manera diaria (chancadora primaria) y las otras chancadoras de manera interdiaria. Por esta razón se procedió a generar las cartillas tanto de inspección como de los mantenimientos preventivos de los equipos críticos, cambio de forros y de aceite de circulación e hydroset en las chancadoras, cambio de muela en la chancadora primario, inspección quincenal en las fajas transportadoras, inspección mensual de apron feeder, inspección quincenal y cambio de mallas de zarandas vibratorias, según la tabla 21.

**Tabla 21***Cartillas para equipos de chancado*

| N° | Equipo                | Cartillas            |
|----|-----------------------|----------------------|
| 1  | Chancadoras           | Cambio de forros     |
|    |                       | Cambio de aceite     |
|    |                       | Cambio de muela      |
| 2  | Zarandas vibratorias  | Inspección quincenal |
|    |                       | Cambio de mallas     |
| 3  | Fajas Transportadoras | Inspección quincenal |
| 4  | Apron feeder          | Inspección mensual   |

*Nota: Elaboración propia*

**3.2.4. Indicadores de mantenimiento**

Los equipos que se toma en consideración para los indicadores de mantenimiento son las chancadoras (primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria) y las zarandas (grizzli, secundaria, terciaria y cuaternaria), el reporte de mantenimiento donde se visualizan los indicadores como el MTBF y la disponibilidad se realizan semanalmente, se debe tener en cuenta que el MTBF se realiza de manera mensual.

Se realizó el levantamiento de datos según el formato correspondiente para estas 12 semanas del año 2025 para las chancadoras y zarandas, teniendo cuenta los horómetros de estas, los equipos de mantenimiento mecánico planta trabajan 24 horas.

## Capítulo IV. Resultados, Contratación de Hipótesis y

### Discusión de Resultados

En este capítulo se observará los resultados, contrastación de hipótesis y discusión de resultados del presente trabajo de investigación con los datos obtenidos durante 12 semanas (primer trimestre del año) en las chancadoras cónicas.

#### 4.1. Resultados

Los resultados descritos luego de la aplicación de todo lo comentado en el capítulo de desarrollo, se denotaron con los indicadores de disponibilidad, realizados semanalmente, y la confiabilidad la analizaremos con el MTBF que se realizó de manera trimestral y los costos de mantenimiento (costos de la no disponibilidad por fallas).

##### 4.1.1. Indicadores

##### Chancadora secundaria

##### a) Disponibilidad

Se analiza los datos de disponibilidad semanal de la chancadora secundaria, ver Tabla 22.

**Tabla 22**

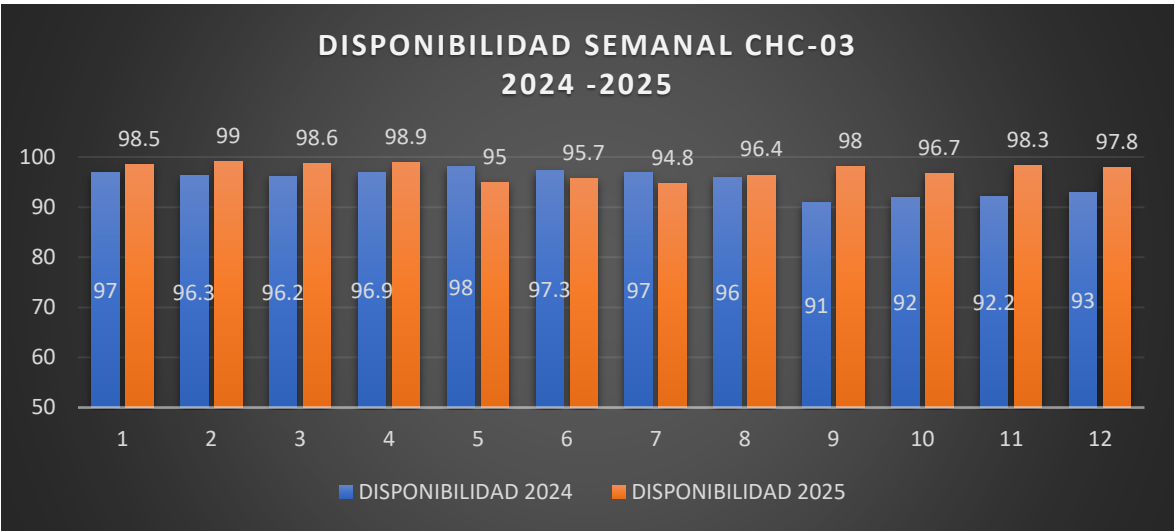
*Disponibilidad semanal de chancadora secundaria en 2024 y 2025*

| Nº SEMANA | DISPONIBILIDAD<br>2024 | DISPONIBILIDAD<br>2025 |
|-----------|------------------------|------------------------|
| 1         | 97                     | 98.5                   |
| 2         | 96.3                   | 99                     |
| 3         | 96.2                   | 98.6                   |
| 4         | 96.9                   | 98.9                   |
| 5         | 98                     | 95                     |
| 6         | 97.3                   | 95.7                   |
| 7         | 97                     | 94.8                   |
| 8         | 96                     | 96.4                   |
| 9         | 91                     | 98                     |
| 10        | 92                     | 96.7                   |
| 11        | 92.2                   | 98.3                   |
| 12        | 93                     | 97.8                   |

*Nota: Elaboración propia*

**Figura 8**

Disponibilidad semanal de chancadora secundaria en 2024 y 2025

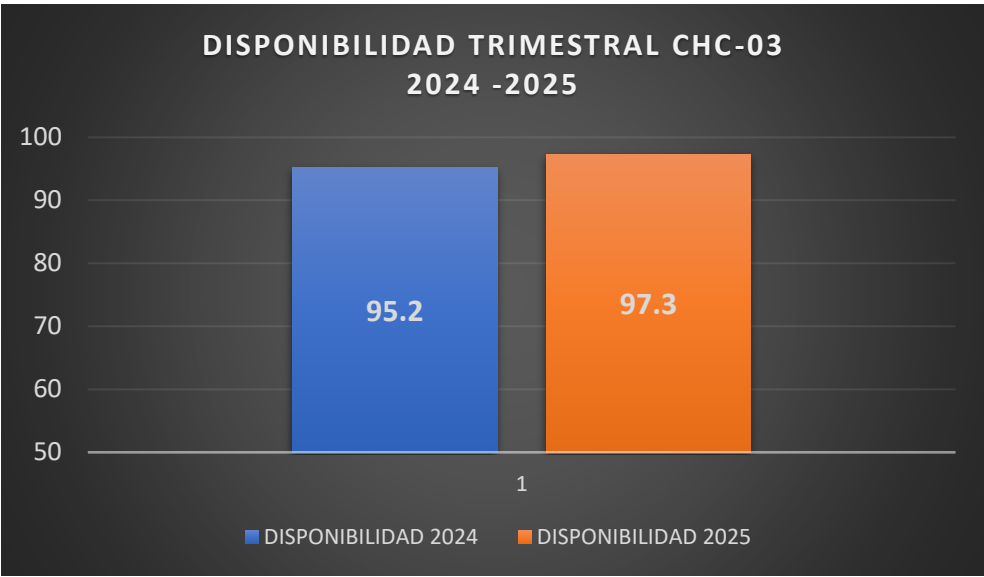


*Nota: Elaboración propia*

En la chancadora secundaria según la Figura 8 se observa que en el año 2025 se tuvo un incremento mayor a 4% en comparación con el año 2024.

**Figura 9**

Disponibilidad trimestral de chancadora secundaria en 2024 y 2025



*Nota: Elaboración propia.*

En la disponibilidad del primer trimestre, según la Figura 9, se observa que se tuvo un aumento de 2.1% en el año 2025 en comparación del 2024.

b) Confiabilidad

Se analiza los datos de confiabilidad trimestral de la chancadora secundaria según Tabla 23.

**Tabla 23**

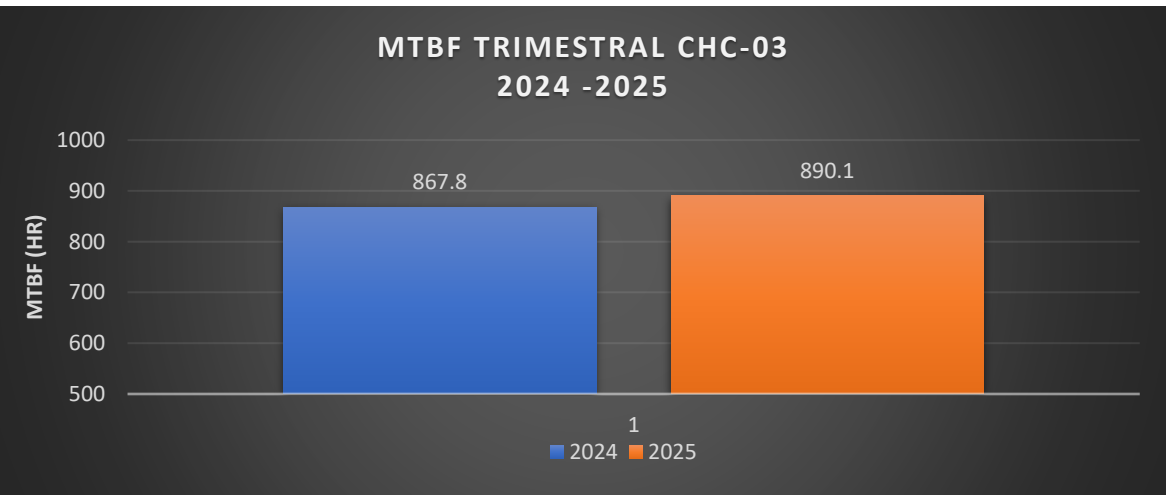
*MTBF trimestral de chancadora secundaria en 2024 y 2025*

| N°<br>TRIMESTRE | MTBF 2024<br>(HRS) | MTBF 2025<br>(HRS) |
|-----------------|--------------------|--------------------|
| 1               | 867.8              | 890.1              |

*Nota: Elaboración propia*

**Figura 10**

MTBF trimestral de chancadora secundaria del 2024 y 2025



*Nota: Elaboración propia.*

Según la Figura 10, se tuvo un aumento del 2% del MTBF trimestral en el año 2025 en la chancadora secundaria.

**Chancadora terciaria**

a) Disponibilidad

Se analiza los datos de disponibilidad semanal de la chancadora terciaria ver Tabla 24.

**Tabla 24**

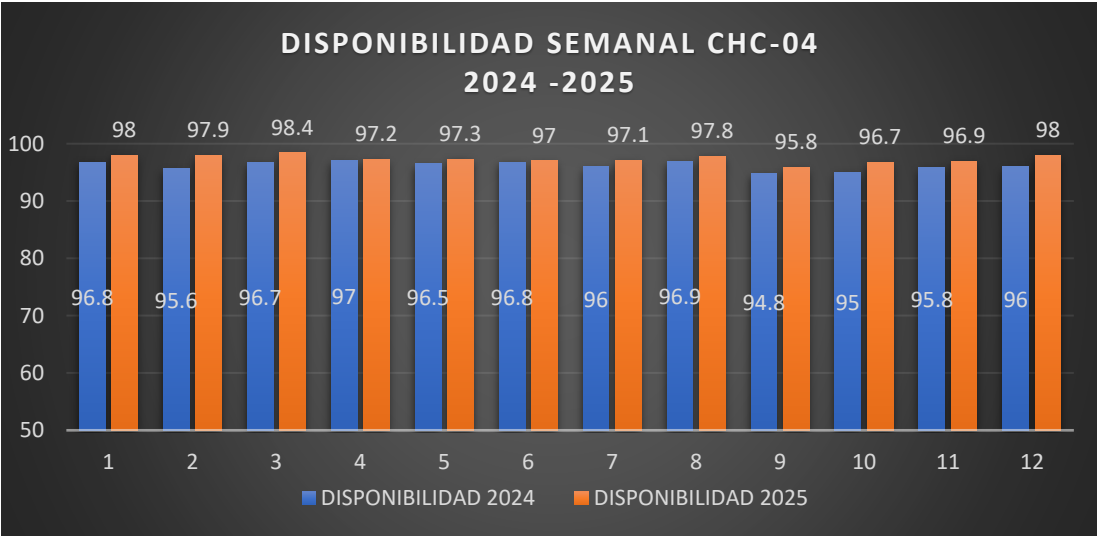
*Disponibilidad semanal de chancadora terciaria en 2024 y 2025*

| Nº SEMANA | DISPONIBILIDAD 2024 | DISPONIBILIDAD 2025 |
|-----------|---------------------|---------------------|
| 1         | 96.8                | 98                  |
| 2         | 95.6                | 97.9                |
| 3         | 96.7                | 98.4                |
| 4         | 97                  | 97.2                |
| 5         | 96.5                | 97.3                |
| 6         | 96.8                | 97                  |
| 7         | 96                  | 97.1                |
| 8         | 96.9                | 97.8                |
| 9         | 94.8                | 95.8                |
| 10        | 95                  | 96.7                |
| 11        | 95.8                | 96.9                |
| 12        | 96                  | 98                  |

*Nota: Elaboración propia.*

**Figura 11**

Disponibilidad semanal de chancadora terciaria en 2024 y 2025

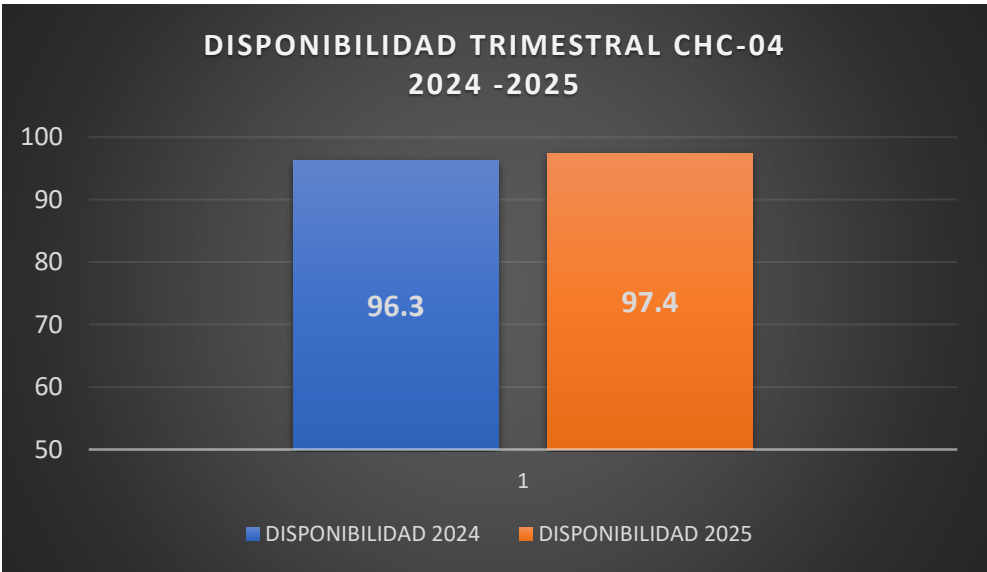


*Nota: Elaboración propia.*

En la chancadora terciaria se nota un incremento promedio mayor a 1% en el 2025 comparado con el año 2024, según Figura 11.

**Figura 12**

Disponibilidad trimestral de chancadora terciaria en 2024 y 2025



*Nota: Elaboración propia.*

En el año 2025 la chancadora terciaria tuvo un incremento de 1% en el primer trimestre en comparación del año 2024, según Figura 12.

b) Confiabilidad

Se analiza los datos de confiabilidad trimestral de la chancadora terciaria según Tabla 25.

**Tabla 25**

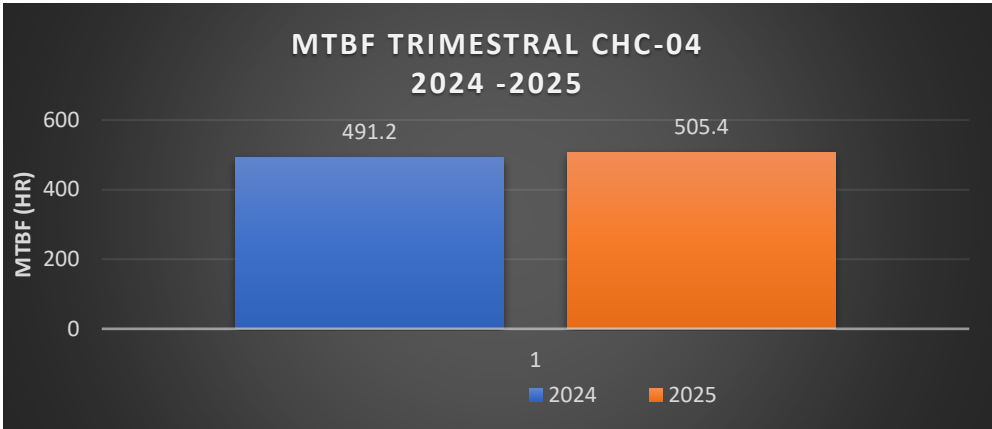
*MTBF trimestral de chancadora terciaria en 2024 y 2025*

| Nº TRIMESTRE | MTBF 2024 (HRS) | MTBF 2025 (HRS) |
|--------------|-----------------|-----------------|
| 1            | 491.2           | 505.4           |

*Nota: Elaboración propia*

Figura 13

MTBF trimestral de chancadora terciaria del 2024 y 2025



Nota: Elaboración propia.

Según la Figura 13, en el año 2025 se tuvo un incremento del 2% del MTBF en comparación del año 2024.

Chancadora Cuaternaria

a) Disponibilidad

Se analiza los datos de disponibilidad semanal de la chancadora cuaternaria ver Tabla 26.

Tabla 26

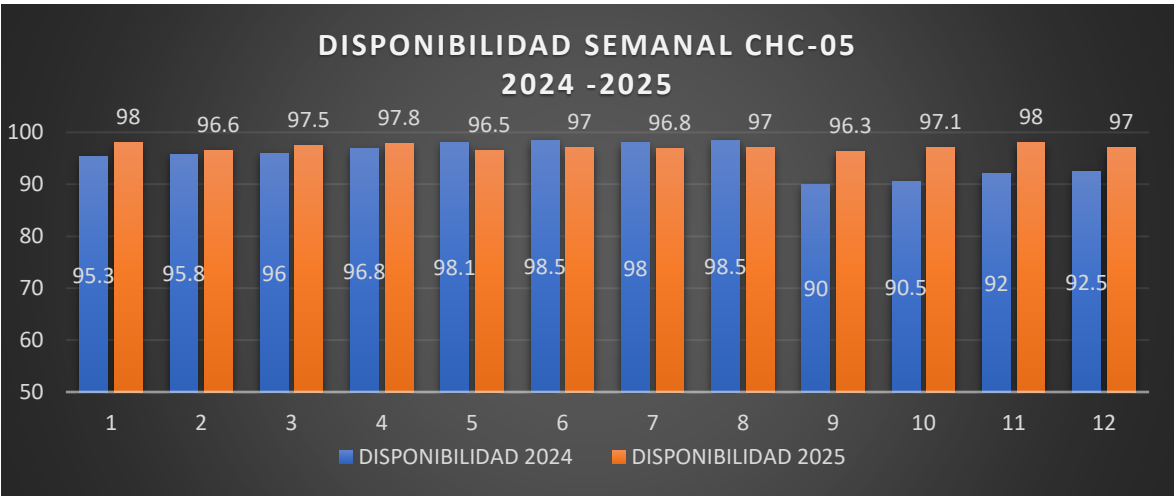
Disponibilidad semanal de chancadora cuaternaria en 2024 y 2025

| N° SEMANA | DISPONIBILIDAD 2024 | DISPONIBILIDAD 2025 |
|-----------|---------------------|---------------------|
| 1         | 95.3                | 98                  |
| 2         | 95.8                | 96.6                |
| 3         | 96                  | 97.5                |
| 4         | 96.8                | 97.8                |
| 5         | 98.1                | 96.5                |
| 6         | 98.5                | 97                  |
| 7         | 98                  | 96.8                |
| 8         | 98.5                | 97                  |
| 9         | 90                  | 96.3                |
| 10        | 90.5                | 97.1                |
| 11        | 92                  | 98                  |
| 12        | 92.5                | 97                  |

Nota: Elaboración propia.

**Figura 14**

Disponibilidad semanal de chancadora cuaternaria en 2024 y 2025

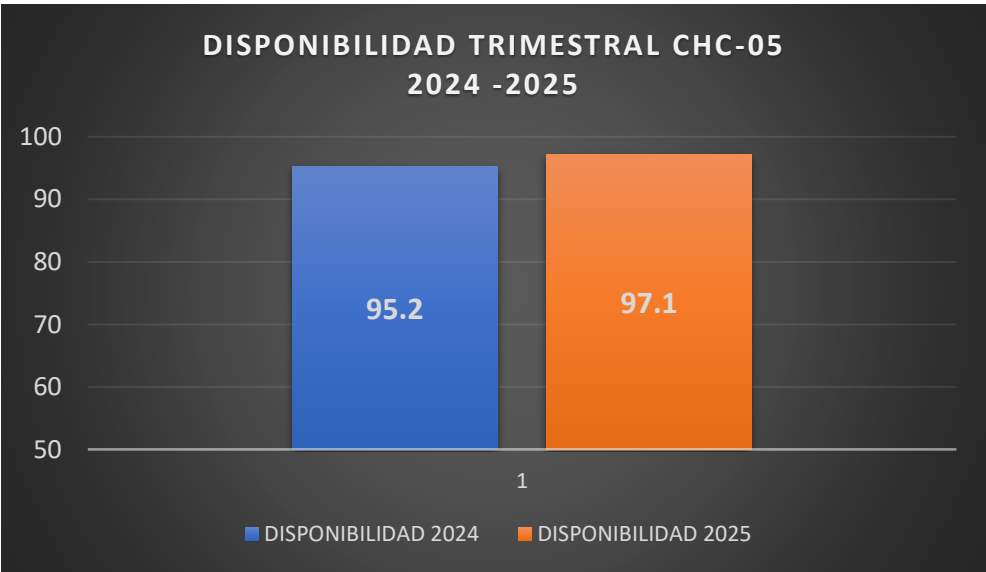


*Nota: Elaboración propia.*

En las últimas semanas se puede observar un incremento mayor al 5% en el año 2025 comparado con el año 2024, según la Figura 14.

**Figura 15**

Disponibilidad trimestral de chancadora cuaternaria del 2024 y 2025



*Nota: Elaboración propia.*

La Figura 15 nos muestra que se tuvo un incremento del 2% de la disponibilidad trimestral en el año 2025 en comparación del año 2024.

b) Confiabilidad

Se analiza los datos de confiabilidad trimestral de la chancadora cuaternaria según Tabla 27.

**Tabla 27**

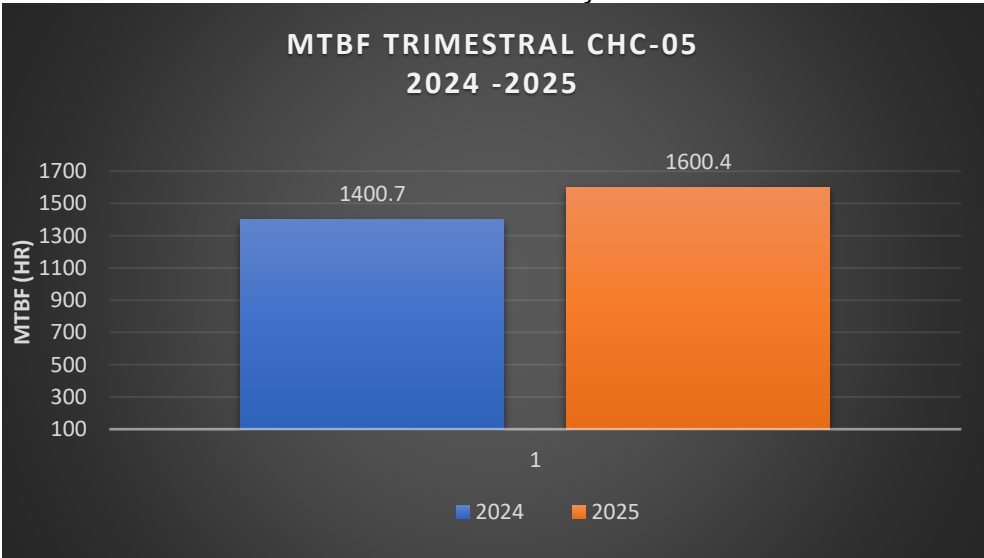
*Disponibilidad trimestral de chancadora cuaternaria en 2024 y 2025*

| N°<br>TRIMESTRE | MTBF 2024<br>(HRS) | MTBF 2025<br>(HRS) |
|-----------------|--------------------|--------------------|
| 1               | 1400.7             | 1600.4             |

*Nota: Elaboración propia.*

**Figura 16**

MTBF trimestral de chancadora cuaternaria del 2024 y 2025



*Nota: Elaboración propia.*

La Figura 16 nos presenta que se tuvo un aumento del 10% del MTBF en el año 2025 en comparación con el año 2024.

#### **4.1.2. Costos de mantenimiento**

Respecto a los costos de mantenimiento, el área de operaciones brindo el tonelaje brindado por el tiempo de operación de las chancadoras donde se puede obtener el valor del costo que se tiene por tonelaje por hora, en el caso de la chancadora cuaternaria es de 72 ton/hora, teniendo en cuenta que el costo de tonelada es \$220/ton. Analizando el tiempo de operación en el que aumento el equipo al realizar todas las actividades en el trabajo de investigación, se tiene 1ue tuvo un aumento trimestral de 25 horas, esto quiere decir que al aumentar la disponibilidad del equipo este deja de perder aproximadamente \$396000 a comparación del año 2024.

#### **4.2. Contrastación de hipótesis**

##### **4.2.1. Contrastación de hipótesis general**

Para la contrastación de la hipótesis se crea la hipótesis nula ( $H_0$ ) que establece:

$H_0$ : El modelo de criticidad basado en el método semicuantitativo NO mejorará los indicadores de mantenimiento en plantas concentradoras polimetálicas.

$H_i$ : El modelo de criticidad basado en el método semicuantitativo mejorará los indicadores de mantenimiento en plantas concentradoras polimetálicas.

Según los resultados mostrados anteriormente en las chancadoras conicas, se rechaza la hipótesis nula ya que el modelo de criticidad basado en el método semicuantitativo, específicamente el de las chancadoras (secundaria, terciaria y cuaternaria) obtuvo un incremento de la disponibilidad y confiabilidad en el año 2025 comparado con el año 2024. Por lo tanto, se acepta la  $H_i$ , que dice: El modelo de criticidad basado en el método semicuantitativo mejorará los indicadores de mantenimiento en plantas concentradoras polimetálicas.

##### **4.2.2. Contrastación de hipótesis específico 1**

Para la contrastación de la hipótesis se crea la hipótesis nula ( $H_0$ ) que establece:

$H_0$ : El modelo de criticidad basado en el método semicuantitativo NO mejorará el indicador de disponibilidad en plantas concentradoras polimetálicas.

Hi: El modelo de criticidad basado en el método semicuantitativo mejorará el indicador de disponibilidad en plantas concentradoras polimetálicas.

Según los resultados mostrados anteriormente en la Figura 17, Figura 14 y figura 11, se rechaza la hipótesis nula ya que el modelo de criticidad basado en el método semicuantitativo, específicamente el de las chancadoras (primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria) obtuvo un incremento de la disponibilidad en el año 2025 comparado con el año 2024. Por lo tanto, se acepta la Hi, que dice: El modelo de criticidad basado en el método semicuantitativo

#### **4.2.3. Contrastación de hipótesis específico 2**

Para la contrastación de la hipótesis 2 se crea la hipótesis nula (Ho) que establece:

Ho: El modelo de criticidad basado en el método semicuantitativo NO mejorará el indicador de confiabilidad en plantas concentradoras polimetálicas.

Hi: El modelo de criticidad basado en el método semicuantitativo mejorará el indicador de confiabilidad en plantas concentradoras polimetálicas.

Según los resultados mostrados anteriormente en la Figura 18, Figura 15 y figura 12, se rechaza la hipótesis nula ya que el modelo de criticidad basado en el método semicuantitativo, específicamente el de las chancadoras (secundaria, terciaria y cuaternaria) obtuvo un incremento de la confiabilidad en el año 2025 comparado con el año 2024. Por lo tanto, se acepta la Hi, que dice: El modelo de criticidad basado en el método semicuantitativo mejorará el indicador de confiabilidad en plantas concentradoras polimetálicas

#### **4.2.4. Contrastación de hipótesis específico 3**

Para la contrastación de la hipótesis 3 se crea la hipótesis nula (Ho) que establece:

Ho: El modelo de criticidad basado en el método semicuantitativo NO mejorará el costo de mantenimiento en plantas concentradoras polimetálicas.

Hi: El modelo de criticidad basado en el método semicuantitativo mejorará el costo de mantenimiento en plantas concentradoras polimetálicas.

Según el resultado mostrado anteriormente, se rechaza la hipótesis nula ya que el modelo de criticidad basado en el método semicuantitativo, específicamente el de la chancadora cuaternaria, mejora los costos de mantenimiento en el año 2025 comparado con el año 2024. Por lo tanto, se acepta la  $H_1$ , que dice: El modelo de criticidad basado en el método semicuantitativo mejorará el costo de mantenimiento en plantas concentradoras polimetálicas

#### **4.3. Discusión de Resultados**

Los resultados alcanzados por este trabajo al identificar la criticidad de los equipos mejoraron los indicadores de mantenimiento, y con ello los costos por lucro cesante disminuyeron. Comportamiento que es consecuente con los estudios ejecutados de Banco et al (2020) quien en su análisis de criticidad de los equipos de geosintéticos logra demostrar ahorros monetarios.

En la investigación de este trabajo tuvo como resultado un enfoque de recursos en los equipos críticos, tal y como se tuvo en el trabajo de investigación de Valenzuela (2020), donde obtuvieron como críticos a las fajas transportadoras con ello lograron direccionar los recursos tanto humanos como económicos a los equipos críticos.

Los resultados obtenidos en la presente tesis muestran el incremento en los indicadores, como la disponibilidad, confiabilidad y también los costos de mantenimiento, esto se asemeja a los resultados que obtuvo Cuadrado (2020), ya que permitió mejorar la disponibilidad mecánica y aprovechar los recursos de forma eficiente impactando a la rentabilidad a la empresa, en el trabajo de investigación presentado se demuestra que se disminuye el lucro cesante por los equipos detenidos.

Los óptimos resultados en los indicadores de mantenimiento luego de realizar el análisis de criticidad en el presente trabajo, permite corroborar el análisis de criticidad y disponibilidad de equipos para planta filtros nueva de Jiménez et al (2020), ya que obtuvo como resultados indicadores de disponibilidad alto para sus equipos críticos.

Estos resultados también afectan en parte a la seguridad y medio ambiente, esto quiere decir, que al tener un incremento de actividades programadas y controladas el personal mecánico no se expondrá a trabajos no programados y no generara algún otro tipo de residuo no contemplado en la actividad, en cambio, si el trabajo no es planificado y se genera una parada del equipo, el personal mecánico, debido a la prisa de concluir la actividad y dejar operativo el equipo, pueden ocasionar accidentes, a su vez puede existir mayor generación de residuos sólidos que pueden contaminar el medio ambiente.

En la investigación de la presente tesis al realizar el análisis de criticidad en los equipos de chancado se tuvo como resultados el incremento de la disponibilidad y la confiabilidad como en el trabajo de investigación de Buendía (2022) ya que tuvo como resultados después de realizar el Análisis de Criticidad de alimentadores de distribución eléctrica, que los alimentadores tuvieron un incremento de 5% luego de aplicar el análisis mencionado.

## Conclusiones

La hipótesis general ha sido verificada al demostrar que los indicadores de mantenimiento mejoraron en la planta concentradora polimetálica, las hipótesis específicas sí mejoraron la disponibilidad, la confiabilidad y los costos de mantenimiento al ejecutar el modelo de criticidad con el método semicuantitativo, con la identificación y taxonomía de equipos, la matriz de criticidad y las actividades de mantenimiento direccionadas a los equipos críticos.

Los objetivos propuestos fueron cumplidos, ya que al desarrollar un modelo de criticidad basado en el método semicuantitativo se incrementó los indicadores de mantenimiento en plantas concentradoras polimetálicas, como el cumplimiento de los objetivos específicos, la mejora en la disponibilidad, la confiabilidad y mejora en el costo de mantenimiento.

La correcta identificación de equipos y taxonomía son actividades esenciales en una gestión de mantenimiento ya que lo facilita y logra clasificar los equipos de una manera organizada, mejora la gestión de activos de la empresa, identificando posteriores fallas de estos, priorizando las tareas de mantenimiento, esto permite una mejor toma de decisiones en el área.

El análisis de criticidad en el área de chancado permitió direccionar correctamente la gestión de mantenimiento mecánico planta para tener un mayor control de recursos en las actividades con los equipos críticos, el tipo de análisis semicuantitativo ejecutado logro obtener una matriz de criticidad con parámetros correctamente evaluados por el área, teniendo en cuenta la información útil sobre los equipos para su desarrollo.

Las estrategias planteadas, tanto en el ERP de Colquisiri, las capacitaciones brindadas al personal mecánico, la mejora en la introducción de los códigos de repuestos de las actividades rutinarias en las ordenes de trabajo, la lubricación de los equipos de chancado según un programa evaluado por los resultados de análisis de aceite y las

cartillas de mantenimiento de los equipos críticos permiten que la gestión de mantenimiento haya mejorado.

El indicador de mantenimiento, la disponibilidad, como se observó en los resultados da como resultado general un incremento en las chancadoras cónicas en el año 2025 de 1 al 4% en las primeras 12 semanas del año 2025 en comparación al año 2024, esto es debido a todas las acciones tomadas luego del análisis de criticidad de equipos.

## **Recomendaciones**

El presente trabajo de investigación abarcó el área de chancado, por esa razón, se recomienda realizar el análisis de criticidad para las otras áreas como la de molienda, flotación y filtrado, posterior a ello desarrollar los sistemas y subsistemas de los equipos críticos, junto al análisis de fallas o análisis de causa raíz de estos.

Es recomendable realizar el seguimiento y análisis de los indicadores de mantenimiento continuamente, para observar cualquier índice inadecuado en los equipos críticos y tomar acción inmediatamente para no tener mayores dificultades con el tiempo, considerando que los costos de mantenimiento (opex y capex) no sobrepasen según lo presupuestado del respectivo año.

Plantear un nuevo modelo de criticidad para los equipos en una planta concentradora y realizar una comparación con el modelo planteado en la presente tesis, con datos e historiales considerables y adecuados para obtener resultados óptimos en la gestión de mantenimiento.

## Referencias bibliográficas

Arias, Fidias (2012). El proyecto de investigación. Sexta edición. Caracas, Venezuela: Editorial EPISTEME, C.A.

Banco, J. y Gómez, D. (2020). Análisis de criticidad y optimización del plan de mantenimiento preventivo de la línea de montado de la empresa Mussi Zapatos S.A.S. [Tesis de pregrado, Universidad Francisco de Paula Santander Colombia]. Red de Repositorio Latinoamericanos - Universidad Francisco de Paula Santander Colombia.

Beltrán, Jesús (2000). Indicadores de Gestión, Herramientas para lograr la competitividad. Segunda edición. 3R Editores.

Buendía, M. (2022). Análisis de criticidad de alimentadores de distribución eléctrica utilizando un algoritmo basado en confiabilidad para mejorar la gestión de mantenimiento y calidad de suministro eléctrico. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional - Universidad Nacional de Ingeniería.

Cruz Eva (agosto 2024). Mantenimiento de maquinaria minera: Mercado de repuestos, accesorios y servicios. *Revista Rumbo Minero*, (165), 72-73.

Cuadrado, L. (2022). Plan de mantenimiento del sistema electrónico mediante el análisis de criticidad para incrementar la disponibilidad mecánica del equipo Alpha 20. [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio institucional - Universidad Nacional del Centro del Perú.

- García, Santiago. (2003). Organización y Gestión Integral de Mantenimiento. 1era edición. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos S.A.
- Huayhua, J. (2023). Análisis de criticidad como instrumento para mejorar la confiabilidad de los equipos de la planta ampliación producción zona seca en una unidad minera. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional - Universidad Nacional de Ingeniería.
- Jiménez, R., Gamarra, L. y Mendoza, M. (2020). Análisis de criticidad y disponibilidad de equipos para planta filtros nueva Shougang Hierro Perú tomando como referencia las normas SAE JA1011 y JA1012. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Piura]. Repositorio institucional - Universidad Nacional de Piura.
- Meneses Elizabeth (abril 2023). Mantenimiento y gestión de equipos en mina. *Revista Rumbo Minero*, (153), 210.
- Millan, J. (2024). Análisis de criticidad de los componentes del Jumbo Raptor 44-2R, mediante la metodología de Jack Knife en la compañía minera Chungar. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio institucional - Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Montilla, C. (2019). Mantenimiento Industrial y su Administración. 1era Edición. Pereira, Colombia: Editorial Universidad Tecnológica de Pereira.
- Mora, Luis. (2009). Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. 1era edición. México: ALFAOMEGA Grupo Editor S. A.
- Moubray, John. (2004). Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Edición en español. 6 Deerfield Rd. Asheville, North Carolina, 28803, USA: Aladon LLC.

- Nieto, C. y Pedraza, B. (2023). Clasificación de equipos de planta de tratamientos de aguas grasas (PTAR) mediante el uso de técnicas de análisis de criticidad. [Tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio institucional - Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Parra, C. y Crespo A. (2015). Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada a la Gestión de Activos. Editado por INGEMAN, Segunda Edición, Escuela Superior de Ingenieros de la Universidad de Sevilla, Sevilla, España.
- Pérez, Félix. (2021). Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial. 1era edición. Bucaramanga, Colombia: Ediciones USTA.
- Quispe, B. (2023). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo basado en la criticidad para la maquinaria de la empresa COSAPI SA en el proyecto parque eólico Punta Lomitas en Ica, para optimizar su proceso productivo. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional - Universidad Nacional de Ingeniería.
- Ramírez, J. (2020). Diseño de un plan de mantenimiento basado en la criticidad para aumentar la disponibilidad de los equipos de geosintéticos de la empresa El Aliso SS.GG S.R.L. [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio institucional - Universidad Cesar Vallejo.
- Valderrama, Santiago. (2015). Pasos para elaborar proyectos de investigación científica: Cuantitativa, cualitativa y mixta. 2da edición. Lima, Perú: Editorial San Marcos E.I.R.L. 495 pp. ISBN: 978-612 302-878-7.
- Valenzuela, T. (2021). Metodología de análisis de criticidad de activos aplicado en planta de procesos para optimizar la productividad en minera Paicaví. [Tesis de

pregrado, Universidad de Talca Chile]. Red de Repositorio Latinoamericanos -  
Universidad de Talca Chile.

Yin, Robert (2018). Case Study Research and Applications: Design and Methods (6th  
ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.

## **Anexos**

|                                                                           | Pág.      |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Anexo 1: Matriz de consistencia .....</b>                              | <b>69</b> |
| <b>Anexo 2: Formato de recolección de datos.....</b>                      | <b>71</b> |
| <b>Anexo 3: Programa de Lubricación Anual de equipos de Chancado.....</b> | <b>73</b> |
| <b>Anexo 4: Cartillas de mantenimiento.....</b>                           | <b>75</b> |
| <b>Anexo 5: Base de datos de los horómetros de enero 2025.....</b>        | <b>81</b> |

## **Anexo 1: Matriz de consistencia**

| Modelo de criticidad basado en método semicuantitativo para mejorar los indicadores de mantenimiento en plantas concentradoras polimetálicas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PROBLEMAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | OBJETIVOS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | HIPOTESIS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | VARIABLES                                                       | METODOLOGIA                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Problema General</b><br>¿Como la aplicación de un modelo de criticidad basado en el método semicuantitativo puede contribuir a la mejora de los indicadores de mantenimiento en el área de chancado de la planta concentradora polimetálica de la Unidad Minera María Teresa?                                                                                                                                                                                                           | <b>Objetivo General</b><br>Aplicar un modelo de criticidad basado en el método semicuantitativo para mejorar los indicadores de mantenimiento en los equipos críticos del área de chancado de la planta concentradora de la Unidad Minera María Teresa.                                                                                                                                       | <b>Hipótesis General</b><br>El modelo de criticidad semicuantitativo mejorará los indicadores clave de mantenimiento (disponibilidad, confiabilidad y costos) de los equipos críticos de chancado en la planta concentradoras María Teresa.                                                                                                                                                                                                                        | <b>Variable Independiente</b><br><br>Modelo de Criticidad       | <b>Tipo de investigación</b><br>Aplicada<br><b>Nivel de investigación</b><br>Explicativo<br><b>Método</b><br>Cuantitativo<br><b>Diseño</b><br>Experimental                                                                     |
| <b>Problemas Específicos</b><br>a) ¿Cómo influye el modelo de criticidad basado semicuantitativo en el indicador de disponibilidad de los equipos críticos del área de chancado?<br>b) ¿Cómo contribuye el modelo de criticidad semicuantitativo a mejorar la confiabilidad operativa de los equipos críticos de la planta concentradora?<br>c) ¿En qué medida la aplicación del modelo de criticidad permite reducir costos asociados al mantenimiento correctivo y la no disponibilidad? | <b>Objetivos Específicos</b><br>a) Evaluar el impacto del modelo de criticidad semicuantitativo en el incremento de la disponibilidad de los equipos críticos.<br>b) Analizar la mejora del indicador de confiabilidad (MTBF) tras la implementación del modelo.<br>c) Medir la reducción de los costos del mantenimiento derivados de la priorización de los recursos basadas en criticidad. | <b>Hipótesis Específicos</b><br>a) La aplicación del modelo de criticidad semicuantitativo mejorará el indicador de disponibilidad de los equipos críticos de chancado.<br>b) La implementación del modelo de criticidad semicuantitativo mejorará el indicador de confiabilidad (MTBF) de los equipos críticos.<br>c) El modelo de criticidad semicuantitativo mejorará el costo asociado a las actividades de mantenimiento y pérdidas de parada no programadas. | <b>Variable Dependiente</b><br><br>Indicadores de Mantenimiento | <b>Población y muestra</b><br>Equipos de Chancado<br><b>Instrumentos de recolección de datos</b><br>Base de datos del ERP Colquisiri, referencias bibliográficas.<br><b>Instrumentos de análisis</b><br>Análisis de Criticidad |

## **Anexo 2: Formato de recolección de datos**

| EQUIPO       |            |          |                        |                        |
|--------------|------------|----------|------------------------|------------------------|
| N°<br>SEMANA | H. INICIAL | H. FINAL | HORAS M.<br>PREVENTIVO | HORAS M.<br>CORRECTIVO |
| 1            |            |          |                        |                        |
| 2            |            |          |                        |                        |
| 3            |            |          |                        |                        |
| 4            |            |          |                        |                        |
| 5            |            |          |                        |                        |
| 6            |            |          |                        |                        |
| 7            |            |          |                        |                        |
| 8            |            |          |                        |                        |
| 9            |            |          |                        |                        |
| 10           |            |          |                        |                        |
| 11           |            |          |                        |                        |
| 12           |            |          |                        |                        |
| 13           |            |          |                        |                        |
| 14           |            |          |                        |                        |

**Anexo 3: Programa de Lubricación Anual de equipos de  
Chancado**

|    | PROGRAMA                                       |                                            |             |                                                                                       |     |               |     |                                                                                       |     |     |     | U.E.A<br>MARIA TERESA |     |     |     |  |  |   |   |   |  |  |   |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|---------------|-----|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----------------------|-----|-----|-----|--|--|---|---|---|--|--|---|--|
|                                                                                     | PROGRAMA DE GESTIÓN INTEGRADA DE MANTENIMIENTO |                                            |             |                                                                                       |     |               |     |                                                                                       |     |     |     |                       |     |     |     |  |  |   |   |   |  |  |   |  |
|                                                                                     | Código:                                        | MC-MMM-PGM-001                             |             |                                                                                       |     |               | 002 |                                                                                       |     |     |     |                       |     |     |     |  |  |   |   |   |  |  |   |  |
| Fecha de Aprobación:                                                                | 18/08/2017                                     |                                            |             |                                                                                       |     | Página 1 de 1 |     |                                                                                       |     |     |     |                       |     |     |     |  |  |   |   |   |  |  |   |  |
| EQUIPOS CHANCADO                                                                    |                                                |                                            |             |                                                                                       |     |               |     |                                                                                       |     |     |     |                       |     |     |     |  |  |   |   |   |  |  |   |  |
|                                                                                     |                                                |                                            |             |                                                                                       |     |               |     |                                                                                       |     |     |     |                       |     |     |     |  |  |   |   |   |  |  |   |  |
| COD. OPERATIVO                                                                      | EQUIPO                                         | ACTIVIDAD                                  | RESPONSABLE | 2025                                                                                  |     |               |     |                                                                                       |     |     |     |                       |     |     |     |  |  |   |   |   |  |  |   |  |
|                                                                                     |                                                |                                            |             | ENE                                                                                   | FEB | MAR           | ABR | MAY                                                                                   | JUN | JUL | AGO | SET                   | OCT | NOV | DIC |  |  |   |   |   |  |  |   |  |
| FAT-01                                                                              | FAJA TRANSPORTADORA 01                         | CAMBIO DE ACEITE DE REDUCTOR               | MANOLO L.   |                                                                                       | X   |               |     |                                                                                       |     |     | X   |                       |     |     |     |  |  |   |   |   |  |  | X |  |
| FAT-02                                                                              | FAJA TRANSPORTADORA 02                         | CAMBIO DE ACEITE DE REDUCTOR               | MANOLO L.   |                                                                                       | X   |               |     |                                                                                       |     |     | X   |                       |     |     |     |  |  |   |   |   |  |  | X |  |
| FAT-03                                                                              | FAJA TRANSPORTADORA 03                         | CAMBIO DE ACEITE DE REDUCTOR               | MANOLO L.   |                                                                                       | X   |               |     |                                                                                       |     |     | X   |                       |     |     |     |  |  |   |   |   |  |  | X |  |
| FAT-04                                                                              | FAJA TRANSPORTADORA 04                         | CAMBIO DE ACEITE DE REDUCTOR               | MANOLO L.   |                                                                                       | X   |               |     |                                                                                       |     |     | X   |                       |     |     |     |  |  |   |   |   |  |  | X |  |
| FAT-05                                                                              | FAJA TRANSPORTADORA 05                         | CAMBIO DE ACEITE DE REDUCTOR               | MANOLO L.   |                                                                                       | X   |               |     |                                                                                       |     |     | X   |                       |     |     |     |  |  |   |   |   |  |  | X |  |
| FAT-06                                                                              | FAJA TRANSPORTADORA 06                         | CAMBIO DE ACEITE DE REDUCTOR               | MANOLO L.   |                                                                                       | X   |               |     |                                                                                       |     |     | X   |                       |     |     |     |  |  |   |   |   |  |  | X |  |
| FAT-07                                                                              | FAJA TRANSPORTADORA 07                         | CAMBIO DE ACEITE DE REDUCTOR               | MANOLO L.   |                                                                                       |     |               | X   |                                                                                       |     |     |     |                       |     | X   |     |  |  |   |   |   |  |  |   |  |
| FAT-08                                                                              | FAJA TRANSPORTADORA 08                         | CAMBIO DE ACEITE DE REDUCTOR               | MANOLO L.   |                                                                                       |     |               | X   |                                                                                       |     |     |     |                       |     | X   |     |  |  |   |   |   |  |  |   |  |
| FAT-09                                                                              | FAJA TRANSPORTADORA 09                         | CAMBIO DE ACEITE DE REDUCTOR               | MANOLO L.   |                                                                                       |     |               | X   |                                                                                       |     |     |     |                       |     | X   |     |  |  |   |   |   |  |  |   |  |
| FAT-10                                                                              | FAJA TRANSPORTADORA 08                         | CAMBIO DE ACEITE DE REDUCTOR               | MANOLO L.   |                                                                                       |     |               | X   |                                                                                       |     |     |     |                       |     | X   |     |  |  |   |   |   |  |  |   |  |
| FAT-11                                                                              | FAJA TRANSPORTADORA 11                         | CAMBIO DE ACEITE DE REDUCTOR               | MANOLO L.   |                                                                                       |     |               | X   |                                                                                       |     |     |     |                       |     | X   |     |  |  |   |   |   |  |  |   |  |
| FAT-12                                                                              | FAJA TRANSPORTADORA 12                         | CAMBIO DE ACEITE DE REDUCTOR               | MANOLO L.   |                                                                                       |     |               | X   |                                                                                       |     |     |     |                       |     | X   |     |  |  |   |   |   |  |  |   |  |
| FAT-13                                                                              | FAJA TRANSPORTADORA 13                         | CAMBIO DE ACEITE DE REDUCTOR               | MANOLO L.   |                                                                                       |     |               | X   |                                                                                       |     |     |     |                       |     | X   |     |  |  |   |   |   |  |  |   |  |
| FAT-14                                                                              | FAJA TRANSPORTADORA 14                         | CAMBIO DE ACEITE DE REDUCTOR               | MANOLO L.   |                                                                                       |     |               | X   |                                                                                       |     |     |     |                       |     | X   |     |  |  |   |   |   |  |  |   |  |
| FAT-15                                                                              | FAJA TRANSPORTADORA 15                         | CAMBIO DE ACEITE DE REDUCTOR               | MANOLO L.   | X                                                                                     |     |               |     |                                                                                       | X   |     |     |                       |     |     |     |  |  |   |   | X |  |  |   |  |
| FAT-16                                                                              | FAJA TRANSPORTADORA 16                         | CAMBIO DE ACEITE DE REDUCTOR               | MANOLO L.   |                                                                                       |     |               |     |                                                                                       | X   |     |     |                       |     |     |     |  |  |   |   | X |  |  |   |  |
| FAT-17                                                                              | FAJA TRANSPORTADORA 17                         | CAMBIO DE ACEITE DE REDUCTOR               | MANOLO L.   |                                                                                       |     |               |     |                                                                                       | X   |     |     |                       |     |     |     |  |  |   |   | X |  |  |   |  |
| FAT-18                                                                              | FAJA TRANSPORTADORA 18                         | CAMBIO DE ACEITE DE REDUCTOR               | MANOLO L.   |                                                                                       |     |               |     |                                                                                       | X   |     |     |                       |     |     |     |  |  |   |   | X |  |  |   |  |
| FAT-19                                                                              | FAJA TRANSPORTADORA 19                         | CAMBIO DE ACEITE DE REDUCTOR               | MANOLO L.   |                                                                                       |     |               |     |                                                                                       | X   |     |     |                       |     |     |     |  |  |   |   | X |  |  |   |  |
| FAT-20                                                                              | FAJA TRANSPORTADORA 20                         | CAMBIO DE ACEITE DE REDUCTOR               | MANOLO L.   |                                                                                       |     |               |     |                                                                                       | X   |     |     |                       |     |     |     |  |  |   |   | X |  |  |   |  |
| FAT-21                                                                              | FAJA TRANSPORTADORA 21                         | CAMBIO DE ACEITE DE REDUCTOR               | MANOLO L.   |                                                                                       |     |               |     |                                                                                       | X   |     |     |                       |     |     |     |  |  |   |   | X |  |  |   |  |
| FAT-22                                                                              | FAJA TRANSPORTADORA 22                         | CAMBIO DE ACEITE DE REDUCTOR               | MANOLO L.   |                                                                                       | X   |               |     |                                                                                       |     |     |     |                       | X   |     |     |  |  |   |   |   |  |  |   |  |
| FAT-23                                                                              | FAJA TRANSPORTADORA 23                         | CAMBIO DE ACEITE DE REDUCTOR               | MANOLO L.   |                                                                                       | X   |               |     |                                                                                       |     |     |     |                       | X   |     |     |  |  |   |   |   |  |  |   |  |
| FAT-24                                                                              | FAJA TRANSPORTADORA 24                         | CAMBIO DE ACEITE DE REDUCTOR               | MANOLO L.   |                                                                                       | X   |               |     |                                                                                       |     |     |     |                       | X   |     |     |  |  |   |   |   |  |  |   |  |
| FAT-25                                                                              | FAJA TRANSPORTADORA 25                         | CAMBIO DE ACEITE DE REDUCTOR               | MANOLO L.   |                                                                                       | X   |               |     |                                                                                       |     |     |     |                       | X   |     |     |  |  |   |   |   |  |  |   |  |
| CHC-03                                                                              | CHANCADORAS                                    | CAMBIO DE ACEITE DE HYDROSET Y CIRCULACION | MANOLO L.   |                                                                                       | X   |               |     |                                                                                       |     | X   |     |                       |     |     |     |  |  | X |   |   |  |  |   |  |
| CHC-04                                                                              | CHANCADORAS                                    | CAMBIO DE ACEITE DE HYDROSET Y CIRCULACION | MANOLO L.   |                                                                                       |     | X             |     |                                                                                       |     | X   |     |                       |     |     |     |  |  | X |   |   |  |  |   |  |
| CHC-05                                                                              | CHANCADORAS                                    | CAMBIO DE ACEITE DE HYDROSET Y CIRCULACION | MANOLO L.   |                                                                                       | X   |               |     |                                                                                       |     | X   |     |                       |     |     |     |  |  | X |   |   |  |  |   |  |
| ZAV-01                                                                              | ZARANDAS                                       | CAMBIO DE ACEITE DE MECANISMO              | MANOLO L.   | X                                                                                     |     |               | X   |                                                                                       |     |     | X   |                       |     |     | X   |  |  |   | X |   |  |  |   |  |
| ZAV-03                                                                              | ZARANDAS                                       | CAMBIO DE ACEITE DE MECANISMO              | MANOLO L.   | X                                                                                     |     |               | X   |                                                                                       |     |     | X   |                       |     |     | X   |  |  |   | X |   |  |  |   |  |
| ZAV-04                                                                              | ZARANDAS                                       | CAMBIO DE ACEITE DE MECANISMO              | MANOLO L.   | X                                                                                     |     |               | X   |                                                                                       |     |     | X   |                       |     |     | X   |  |  |   | X |   |  |  |   |  |
|  |                                                |                                            |             |  |     |               |     |  |     |     |     |                       |     |     |     |  |  |   |   |   |  |  |   |  |
| V°B° PLANEAMIENTO MANTTO                                                            |                                                |                                            |             | V°B° JEFE MANTENIMIENTO PLANTA                                                        |     |               |     | V°B° SUPERINTENDENTE MANTENIMIENTO GENERAL                                            |     |     |     |                       |     |     |     |  |  |   |   |   |  |  |   |  |

## **Anexo 4: Cartillas de mantenimiento**

|                                                                                   |                           |                |          |               |                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------|----------|---------------|------------------------|
|  | FORMULARIO DE GESTION     |                |          |               | U.E.A.<br>MARIA TERESA |
|                                                                                   | CARTILLA DE MANTENIMIENTO |                |          |               |                        |
|                                                                                   | Código:                   | MC-MMM-FOR-056 | Versión: | 001           |                        |
|                                                                                   | Fecha de Aprobación:      | 15/01/2020     | Página:  | Página 1 de 1 |                        |

**HOJA DE RUTA - INSPECCION QUINCENAL ZARANDA VIBRATORIA**

Código : ..... Fecha : \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_  
 Descripción : .....



| Vº Bº              | TRABAJO A REALIZAR                                    | CONDICIONES NORMALES | OBSERVACIONES |
|--------------------|-------------------------------------------------------|----------------------|---------------|
| SEGURIDAD          |                                                       |                      |               |
| ( )                | Bloqueo de equipo.                                    |                      |               |
| ( )                | Revisar guardas                                       |                      |               |
| ZARANDA VIBRATORIA |                                                       |                      |               |
| ( )                | Revisar nivel de aceite de mecanismo.                 |                      |               |
| ( )                | Inspeccionar que no exista fugas y derrame de aceite. |                      |               |
| ( )                | Inspeccionar desgaste de mallas.                      |                      |               |
| ( )                | Inspeccionar estado de labios de descarga.            |                      |               |
| ( )                | Inspeccionar estado de chutes de carga y descarga.    |                      |               |
| ( )                | Inspeccionar estado de sujetadores laterales.         |                      |               |
| ( )                | Inspeccionar estado de resortes.                      |                      |               |
| ( )                | Inspeccionar estado de las fajas de transmisión.      |                      |               |
| ( )                | Inspeccionar estado de las fajas de poleas.           |                      |               |
| ( )                | Engrasar todos los puntos                             |                      |               |
| OBSERVACIONES      |                                                       |                      |               |
|                    |                                                       |                      |               |
|                    |                                                       |                      |               |
|                    |                                                       |                      |               |
|                    |                                                       |                      |               |
|                    |                                                       |                      |               |
|                    |                                                       |                      |               |

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| Elaborado por Técnico |        |
| Nombre:               | Firma: |

|                                       |        |
|---------------------------------------|--------|
| Revisado por Planner de Mantenimiento |        |
| Nombre:                               | Firma: |

|                                    |        |
|------------------------------------|--------|
| Aprobado por Jefe de Mantenimiento |        |
| Nombre:                            | Firma: |

|                                                                                   |                           |                |          |               |                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------|----------|---------------|------------------------|
|  | FORMULARIO DE GESTION     |                |          |               | U.E.A.<br>MARIA TERESA |
|                                                                                   | CARTILLA DE MANTENIMIENTO |                |          |               |                        |
|                                                                                   | Código:                   | MC-MMM-FOR-056 | Versión: | 001           |                        |
|                                                                                   | Fecha de Aprobación:      | 15/01/2020     | Página:  | Página 1 de 1 |                        |

### HOJA DE RUTA - INSPECCION QUINCENAL DE FAJA TRANSPORTADORA

|                    |   |       |                  |   |          |                        |   |     |    |
|--------------------|---|-------|------------------|---|----------|------------------------|---|-----|----|
| <b>Código</b>      | : | ..... | <b>Fecha</b>     | : | __/__/__ | <b>Hora de Inicio</b>  | : | __: | __ |
| <b>Descripción</b> | : | ..... | <b>Horómetro</b> | : | .....    | <b>Hora de término</b> | : | __: | __ |
| <b>Marca</b>       | : | ..... |                  |   |          |                        |   |     |    |



| Vª Bª                      | TRABAJOS A REALIZAR                                                        | OBSERVACIONES / NECESIDAD |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| <b>SEGURIDAD</b>           |                                                                            |                           |
| ( )                        | Bloqueo de equipo.                                                         |                           |
| ( )                        | Revisar guardas                                                            |                           |
| <b>POLEAS</b>              |                                                                            |                           |
| ( )                        | Inspeccionar condición pernos de anclaje y templadores polea de cabeza     |                           |
| ( )                        | Inspeccionar rodamientos/chumaceras de polea de cabeza                     |                           |
| ( )                        | Inspeccionar condición estructura de polea de cabeza                       |                           |
| ( )                        | Inspeccionar condición pernos de anclaje y templadores polea de cola       |                           |
| ( )                        | Inspeccionar rodamientos/chumaceras de polea de cola                       |                           |
| ( )                        | Inspeccionar condición estructura de polea de cola                         |                           |
| ( )                        | Inspeccionar condición pernos de anclaje y templadores polea de contrapeso |                           |
| ( )                        | Inspeccionar rodamientos/chumaceras de polea de contrapeso                 |                           |
| ( )                        | Inspeccionar condición estructura de polea de contrapeso                   |                           |
| <b>POLINES</b>             |                                                                            |                           |
| ( )                        | Inspeccionar condición de los bastidores de polines de impacto             |                           |
| ( )                        | Inspeccionar condición de polines de impacto                               |                           |
| ( )                        | Inspeccionar condición de los bastidores de polines de carga               |                           |
| ( )                        | Inspeccionar condición de polines de carga                                 |                           |
| ( )                        | Inspeccionar condición de los bastidores de polines guía                   |                           |
| ( )                        | Inspeccionar condición de polines guía                                     |                           |
| ( )                        | Inspeccionar condición de los bastidores de polines de retorno             |                           |
| ( )                        | Inspeccionar condición de polines de retorno                               |                           |
| <b>TRANSMISION</b>         |                                                                            |                           |
| ( )                        | Inspeccionar condición de polea motriz y conducida                         |                           |
| ( )                        | Inspeccionar condición de fajas de transmision                             |                           |
| ( )                        | Inspeccionar condición de sprockets                                        |                           |
| ( )                        | Inspeccionar condición de cadena de transmision                            |                           |
| <b>FAJA TRANSPORTADORA</b> |                                                                            |                           |
| ( )                        | Inspeccionar condición del empalme - vulcanizado                           |                           |
| ( )                        | Inspeccionar condición de la banda                                         |                           |
| ( )                        | Inspeccionar condición de los portaguarderas                               |                           |
| ( )                        | Inspeccionar condición del jebe guardera derecha                           |                           |
| ( )                        | Inspeccionar condición del jebe guardera izaquierda                        |                           |
| ( )                        | Inspeccionar condición de Los raspadores                                   |                           |
| <b>ENGRASE</b>             |                                                                            |                           |
| ( )                        | Engrasar todos los puntos                                                  |                           |
| ( )                        | Verificar condición de graseras                                            |                           |

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| Elaborado por Técnico |        |
| Nombre:               | Firma: |

|                                       |        |
|---------------------------------------|--------|
| Revisado por Planner de Mantenimiento |        |
| Nombre:                               | Firma: |

|                                    |        |
|------------------------------------|--------|
| Aprobado por Jefe de Mantenimiento |        |
| Nombre:                            | Firma: |

|                                                                                   |                           |                |          |               |                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------|----------|---------------|------------------------|
|  | FORMULARIO DE GESTION     |                |          |               | U.E.A.<br>MARIA TERESA |
|                                                                                   | CARTILLA DE MANTENIMIENTO |                |          |               |                        |
|                                                                                   | Código:                   | MC-MMM-FOR-056 | Versión: | 001           |                        |
|                                                                                   | Fecha de Aprobación:      | 15/01/2020     | Página:  | Página 1 de 1 |                        |

### HOJA DE RUTA DIARIA - CAMBIO DE MUELA CHANCADORA DE QUIJADAS CJ 409 DIARIO

|             |   |       |       |   |          |
|-------------|---|-------|-------|---|----------|
| Código      | : | ..... | Fecha | : | __/__/__ |
| Descripción | : | ..... |       |   |          |



| Vº Bº                    | TRABAJOS A REALIZAR                                                            | CONDICIONES NORMALES | OBSERVACIONES |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------|
| <b>SEGURIDAD</b>         |                                                                                |                      |               |
| ( )                      | Bloqueo de equipo.                                                             |                      |               |
| ( )                      | Revisar guardas                                                                |                      |               |
| <b>CHANCADORA CJ 409</b> |                                                                                |                      |               |
| ( )                      | Retirar codales situados en la mandibula                                       |                      |               |
| ( )                      | Soltar la placa de la mandibula                                                |                      |               |
| ( )                      | Destapar orificio de elevacion                                                 |                      |               |
| ( )                      | Extraer las tiras de espuma de goma o trapos en el orificio de elevacion       |                      |               |
| ( )                      | Retirar placa en camara de trituracion con apoyo de puente grua                |                      |               |
| ( )                      | Colcar placa de forma horizontal                                               |                      |               |
| ( )                      | Limpieza de placa nueva, barra de apoyo y esquinas de la camara de trituracion |                      |               |
| ( )                      | Inspeccionar estado de las fajas de transmisión y poleas.                      |                      |               |
| ( )                      | Colocar placa en camara de trituracion con apoyo de puente grua                |                      |               |
| ( )                      | Ajustar debidamente la posicion de la placa de mandibula                       |                      |               |
| ( )                      | colocar codales entre las mandibulas para fijar las placas                     |                      |               |
| <b>OBSERVACIONES</b>     |                                                                                |                      |               |
|                          |                                                                                |                      |               |
|                          |                                                                                |                      |               |
|                          |                                                                                |                      |               |
|                          |                                                                                |                      |               |
|                          |                                                                                |                      |               |
|                          |                                                                                |                      |               |
|                          |                                                                                |                      |               |
|                          |                                                                                |                      |               |
|                          |                                                                                |                      |               |

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| Elaborado por Técnico |        |
| Nombre:               | Firma: |

|                                       |        |
|---------------------------------------|--------|
| Revisado por Planner de Mantenimiento |        |
| Nombre:                               | Firma: |

|                                    |        |
|------------------------------------|--------|
| Aprobado por Jefe de Mantenimiento |        |
| Nombre:                            | Firma: |

|                                                                                   |                           |                |          |               |                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------|----------|---------------|------------------------|
|  | FORMULARIO DE GESTION     |                |          |               | U.E.A.<br>MARIA TERESA |
|                                                                                   | CARTILLA DE MANTENIMIENTO |                |          |               |                        |
|                                                                                   | Código:                   | MC-MMM-FOR-056 | Versión: | 001           |                        |
|                                                                                   | Fecha de Aprobación:      | 15/01/2020     | Página:  | Página 1 de 1 |                        |

### HOJA DE RUTA - CHANCADORA CONICA CH 420 - 250 HORAS PM1

|             |   |       |       |   |             |
|-------------|---|-------|-------|---|-------------|
| Código      | : | ..... | Fecha | : | ___/___/___ |
| Descripción | : | ..... |       |   |             |

#### MANTENIMIENTO 250 HORAS (CAMBIO DE FORROS)

| Items | Descripción     | N°Parte     | Observación | Cod. ERP | Stock | Consignación | Unidad |
|-------|-----------------|-------------|-------------|----------|-------|--------------|--------|
| 01    | Mantle          | 442.9698-01 | SANDVIK     | 28699    |       |              | PZA    |
| 02    | Concave ring MF | 442.9585-01 | CUATERNARIA | 28698    |       |              | PZA    |
| 03    | Concave ring EC | 442.9569-01 | TERCIARIA   | 39403    |       |              | PZA    |

| Vº Bº | TRABAJOS A REALIZAR                                                  | OBSERVACIONES                    |
|-------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
|       | <b>SEGURIDAD</b>                                                     |                                  |
| ( )   | Bloqueo de equipo.                                                   |                                  |
| ( )   | Revisar guardas                                                      |                                  |
|       | <b>CHANCADORA</b>                                                    |                                  |
| ( )   | Revisar nivel de aceite del deposito de aceite Lubricante.           |                                  |
| ( )   | Revisar nivel de aceite del deposito de Hidroset.                    |                                  |
| ( )   | Inspección de malla del Tanque de Lubricación.                       |                                  |
| ( )   | Revisar desgaste de los Revestimientos (4 puntos).                   |                                  |
| ( )   | Control del desgaste y tensión de las Correas de Transmisión.        |                                  |
| ( )   | Inspección del estado del filtro de sobrepresión de aire (limpieza). |                                  |
| ( )   | Limpieza del panel del enfriador de aceite (refrigerado por aire).   |                                  |
| ( )   | Reajuste general de pernos.                                          |                                  |
| ( )   | Cambio de filtro del sistema de Sobrepresión.                        |                                  |
| ( )   | Inspeccionar el estado del rascador de goma del Eje principal.       |                                  |
| ( )   | Inspeccionar el nivel de aceite del Contraeje (CH420).               |                                  |
| ( )   | Cambiar filtro del respirador del Buje de Araña.                     |                                  |
| ( )   | Medir juego en cojinete superior                                     | Max: 1.6 mm      Medido:      mm |
| ( )   | Verificar el juego y estado de la Bocina Excéntrica.                 |                                  |
| ( )   | Verificar el juego de la Bocina de Carcasa.                          |                                  |
| ( )   | Inspección el Eje principal (Zona de las Bocinas Excéntricas).       |                                  |
| ( )   | Inspección de las Placas de Presión.                                 |                                  |

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| Elaborado por Técnico |        |
| Nombre:               | Firma: |

|                                       |        |
|---------------------------------------|--------|
| Revisado por Planner de Mantenimiento |        |
| Nombre:                               | Firma: |

|                                    |        |
|------------------------------------|--------|
| Aprobado por Jefe de Mantenimiento |        |
| Nombre:                            | Firma: |

|                                                                                   |                           |                |          |               |                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------|----------|---------------|------------------------|
|  | FORMULARIO DE GESTION     |                |          |               | U.E.A.<br>MARIA TERESA |
|                                                                                   | CARTILLA DE MANTENIMIENTO |                |          |               |                        |
|                                                                                   | Código:                   | MC-MMM-FOR-056 | Versión: | 001           |                        |
|                                                                                   | Fecha de Aprobación:      | 15/01/2020     | Página:  | Página 1 de 1 |                        |

## HOJA DE RUTA - CHANCADORA CONICA HP200 - CAMBIO DE ACEITE DE CIRCULACION E HYDROSET

|             |   |       |                  |
|-------------|---|-------|------------------|
| Código      | : | Fecha | : ____/____/____ |
| Descripción | : |       |                  |

### MANTENIMIENTO 250 HORAS (CAMBIO DE ACEITE DE CIRCULACION E HYDROSET)

| Items | Descripción                                        | N°Parte2 | Cod. ERP | Stock | Consignación | Unidad |
|-------|----------------------------------------------------|----------|----------|-------|--------------|--------|
| 01    | ELEMENTO FILTRANTE NP: 7002445751 CHANCADORA HP200 |          | 42620    | 1     |              | PZA    |
| 02    | ELEMENTO FILTRANTE NP: MM0232736 CHANCADORA HP200  |          | 42621    | 1     |              | PZA    |
| 03    | CHEVRON RANDO HD 46 (CIL X 55 GAL)                 |          | 42831    |       |              |        |
| 04    | CHEVRON MEROPA 220 (CIL 400 LB)                    |          | 42146    |       |              | PZA    |

| Vº Bº | TRABAJOS A REALIZAR                                                                           | OBSERVACIONES |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
|       | <b>SEGURIDAD</b>                                                                              |               |
| ( )   | Bloqueo de equipo.                                                                            |               |
| ( )   | Revisar guardas                                                                               |               |
|       | <b>CHANCADORA</b>                                                                             |               |
| ( )   | Habilitación de materiales                                                                    |               |
| ( )   | Aflojar el tapon de protección en la válvula de vaciado                                       |               |
| ( )   | Abrir las válvulas de vaciado y retirar el aceite de circulación e hidráulico                 |               |
| ( )   | Limpiar los depósitos de aceite                                                               |               |
| ( )   | Cerrar las válvulas de vaciado y apretar los tapones de protección de las válvulas de vaciado |               |
| ( )   | Limpiar el tamiz                                                                              |               |
| ( )   | Desenroscar la tapa del filtro, no perder el resorte de posicionamiento                       |               |
| ( )   | Retirar cartucho con su soporte, grupilla de la parte inferior de filtro                      |               |
| ( )   | Desenroscar la tuerca con arandela, retirar el resorte bypass                                 |               |
| ( )   | Cambio de filtro de aceite de circulación                                                     |               |
| ( )   | Colocar el resorte bypass, tuerca muescada, grupilla y resorte de posicionamiento             |               |
| ( )   | Poner bajo tensión                                                                            |               |
| ( )   | Aperturar las válvulas de vaciado manuales                                                    |               |
| ( )   | Retirar panel lateral izquierdo                                                               |               |
| ( )   | Desaflojar el depósito del filtro de presión                                                  |               |
| ( )   | Retiro de filtro de aceite hidráulico                                                         |               |
| ( )   | Limpiar bloque perforado                                                                      |               |
| ( )   | Cambiar filtro de aceite hidráulico                                                           |               |
| ( )   | Cerrar válvulas de vaciado manuales                                                           |               |
| ( )   | Verificar el encendido del diodo verde                                                        |               |
| ( )   | Controla la ausencia de fuga entre el depósito del filtro y el bloque perforado               |               |

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| Elaborado por Técnico |        |
| Nombre:               | Firma: |

|                                       |        |
|---------------------------------------|--------|
| Revisado por Planner de Mantenimiento |        |
| Nombre:                               | Firma: |

|                                    |        |
|------------------------------------|--------|
| Aprobado por Jefe de Mantenimiento |        |
| Nombre:                            | Firma: |

## **Anexo 5: Base de datos de los horómetros de enero 2025**

|                      | Con Carga         | Encendida       | A               | Presión Promedio   | Presión Máxima     | Temperatura Promedio | Temperatura Máxima | Horómetro       | Contador Energía |
|----------------------|-------------------|-----------------|-----------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------|-----------------|------------------|
| timestam<br>p        | CH3_LOAD_V<br>ALO | CH3_ON_VA<br>LO | CH3_A_VA<br>LO  | CH3_P_AVG_V<br>ALO | CH3_P_MAX_V<br>ALO | CH3_T_AVG_V<br>ALO   | CH3_T_MAX_V<br>ALO | CH3_H_VA<br>LO  | CH3_KWH_V<br>ALO |
| 25/01/20<br>25 09:25 | 117.7166672       | 120.866668<br>7 | 91.795272<br>83 | 2.959854603        | 3.607942581        | 49.89471436          | 50.83737183        | 26291.800<br>78 | 1943.758789      |
| 25/01/20<br>25 09:20 | 117.6333313       | 120.783332<br>8 | 92.045532<br>23 | 2.890794992        | 4.303208351        | 49.49713516          | 50.70766449        | 26291.716<br>8  | 1943.753052      |
| 25/01/20<br>25 09:15 | 117.5500031       | 120.699996<br>9 | 92.790199<br>28 | 2.93464613         | 4.303208351        | 49.01499176          | 50.27276611        | 26291.632<br>81 | 1943.747437      |
| 25/01/20<br>25 09:10 | 117.4666672       | 120.616668<br>7 | 92.485008<br>24 | 2.993132353        | 4.303208351        | 48.29959106          | 50.18883896        | 26291.550<br>78 | 1943.742065      |
| 25/01/20<br>25 09:05 | 117.3833313       | 120.533332<br>8 | 91.380210<br>88 | 2.924022675        | 4.303208351        | 47.07714081          | 49.68527222        | 26291.466<br>8  | 1943.736572      |
| 25/01/20<br>25 09:00 | 117.3000031       | 120.449996<br>9 | 92.222541<br>81 | 2.744012594        | 4.303208351        | 45.87068176          | 49.26563263        | 26291.382<br>81 | 1943.731201      |
| 25/01/20<br>25 08:55 | 117.2166672       | 120.366668<br>7 | 92.674224<br>85 | 2.506186724        | 4.303208351        | 44.85198593          | 48.53316879        | 26291.300<br>78 | 1943.725586      |
| 25/01/20<br>25 08:50 | 117.1333313       | 120.283332<br>8 | 94.670181<br>27 | 2.470910788        | 3.862587214        | 44.08683014          | 48.15930939        | 26291.216<br>8  | 1943.720459      |
| 25/01/20<br>25 08:45 | 117.0500031       | 120.199996<br>9 | 92.710845<br>95 | 2.267827749        | 3.862587214        | 43.0807457           | 46.94617081        | 26291.132<br>81 | 1943.714478      |
| 25/01/20<br>25 08:40 | 116.9666672       | 120.116668<br>7 | 92.643707<br>28 | 1.917067289        | 3.65562892         | 41.90226364          | 45.12265015        | 26291.050<br>78 | 1943.708496      |
| 25/01/20<br>25 08:35 | 116.8833313       | 120.033332<br>8 | 90.324249<br>27 | 1.468097925        | 3.65562892         | 41.26763153          | 45.12265015        | 26290.966<br>8  | 1943.703857      |
| 25/01/20<br>25 08:30 |                   |                 |                 |                    |                    |                      |                    |                 |                  |
| 25/01/20<br>25 08:25 |                   |                 |                 |                    |                    |                      |                    |                 |                  |

|                      | Con Carga         | Encendida       | A               | Presión Promedio   | Presión Máxima     | Temperatura Promedio | Temperatura Máxima | Horómetro       | Contador Energía |
|----------------------|-------------------|-----------------|-----------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------|-----------------|------------------|
| timestam<br>p        | CH3_LOAD_V<br>ALO | CH3_ON_VA<br>LO | CH3_A_VA<br>LO  | CH3_P_AVG_V<br>ALO | CH3_P_MAX_V<br>ALO | CH3_T_AVG_V<br>ALO   | CH3_T_MAX_V<br>ALO | CH3_H_VA<br>LO  | CH3_KWH_V<br>ALO |
| 25/01/20<br>25 08:20 |                   |                 |                 |                    |                    |                      |                    |                 |                  |
| 25/01/20<br>25 08:15 |                   |                 |                 |                    |                    |                      |                    |                 |                  |
| 25/01/20<br>25 08:10 |                   |                 |                 |                    |                    |                      |                    |                 |                  |
| 25/01/20<br>25 08:05 |                   |                 |                 |                    |                    |                      |                    |                 |                  |
| 25/01/20<br>25 08:00 |                   |                 |                 |                    |                    |                      |                    |                 |                  |
| 25/01/20<br>25 07:55 | 116.8666687       | 120             | 92.814613<br>34 | 1.27317071         | 2.830656528        | 42.0657196           | 45.03872299        | 26290.933<br>59 | 1943.702881      |
| 25/01/20<br>25 07:50 | 116.8166656       | 119.916664<br>1 | 100.53597<br>26 | 0.183623895        | 0.18693015         | 36.11965179          | 40.1251297         | 26290.849<br>61 | 1943.700317      |
| 25/01/20<br>25 07:45 | 116.8166656       | 119.916664<br>1 | 100.82285<br>31 | 0                  | 0                  | 0                    | 0                  | 26290.849<br>61 | 1943.700317      |
| 25/01/20<br>25 07:40 | 116.8166656       | 119.916664<br>1 | 100.82285<br>31 | 0                  | 0                  | 0                    | 0                  | 26290.849<br>61 | 1943.700317      |
| 25/01/20<br>25 07:35 | 116.8166656       | 119.916664<br>1 | 100.78623<br>2  | 0                  | 0                  | 0                    | 0                  | 26290.849<br>61 | 1943.700317      |
| 25/01/20<br>25 07:30 | 116.8166656       | 119.916664<br>1 | 100.79843<br>9  | 0                  | 0                  | 0                    | 0                  | 26290.849<br>61 | 1943.700317      |
| 25/01/20<br>25 07:25 | 116.8166656       | 119.916664<br>1 | 100.81674<br>96 | 3.416597366        | 4.763857841        | 51.70661926          | 52.13443756        | 26290.849<br>61 | 1943.700317      |
| 25/01/20<br>25 07:20 | 116.8166656       | 119.916664<br>1 | 100.79843<br>9  | 3.416597366        | 4.763857841        | 51.70661926          | 52.13443756        | 26290.849<br>61 | 1943.700317      |

|               | Con Carga         | Encendida       | A              | Presión Promedio   | Presión Máxima     | Temperatura Promedio | Temperatura Máxima | Horómetro      | Contador Energía |
|---------------|-------------------|-----------------|----------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------|------------------|
| timestam<br>p | CH3_LOAD_V<br>ALO | CH3_ON_VA<br>LO | CH3_A_VA<br>LO | CH3_P_AVG_V<br>ALO | CH3_P_MAX_V<br>ALO | CH3_T_AVG_V<br>ALO   | CH3_T_MAX_V<br>ALO | CH3_H_VA<br>LO | CH3_KWH_V<br>ALO |
| 25/01/20      |                   | 119.916664      | 100.81064      |                    |                    |                      |                    | 26290.849      |                  |
| 25 07:15      | 116.8166656       | 1               | 61             | 3.416597366        | 4.763857841        | 51.70661926          | 52.13443756        | 61             | 1943.700317      |
| 25/01/20      |                   | 119.916664      | 100.78623      |                    |                    |                      |                    | 26290.849      |                  |
| 25 07:10      | 116.8166656       | 1               | 2              | 3.416597366        | 4.763857841        | 51.70661926          | 52.13443756        | 61             | 1943.700317      |
| 25/01/20      |                   | 119.916664      | 100.81064      |                    |                    |                      |                    | 26290.849      |                  |
| 25 07:05      | 116.8166656       | 1               | 61             | 3.416597366        | 4.763857841        | 51.70661926          | 52.13443756        | 61             | 1943.700317      |
| 25/01/20      |                   | 119.916664      | 100.78623      |                    |                    |                      |                    | 26290.849      |                  |
| 25 07:00      | 116.8166656       | 1               | 2              | 3.416597366        | 4.763857841        | 51.70661926          | 52.13443756        | 61             | 1943.700317      |
| 25/01/20      |                   | 119.916664      | 100.81064      |                    |                    |                      |                    | 26290.849      |                  |
| 25 06:55      | 116.8166656       | 1               | 61             | 3.416597366        | 4.763857841        | 51.70661926          | 52.13443756        | 61             | 1943.700317      |
| 25/01/20      |                   | 119.916664      | 100.82285      |                    |                    |                      |                    | 26290.849      |                  |
| 25 06:50      | 116.8166656       | 1               | 31             | 3.416597366        | 4.763857841        | 51.70661926          | 52.13443756        | 61             | 1943.700317      |
| 25/01/20      |                   | 119.916664      | 100.81674      |                    |                    |                      |                    | 26290.849      |                  |
| 25 06:45      | 116.8166656       | 1               | 96             | 3.416597366        | 4.763857841        | 51.70661926          | 52.13443756        | 61             | 1943.700317      |
| 25/01/20      |                   | 119.916664      | 100.78012      |                    |                    |                      |                    | 26290.849      |                  |
| 25 06:40      | 116.8166656       | 1               | 85             | 3.416597366        | 4.763857841        | 51.70661926          | 52.13443756        | 61             | 1943.700317      |
| 25/01/20      |                   | 119.916664      | 93.162536      |                    |                    |                      |                    | 26290.849      |                  |
| 25 06:35      | 116.8166656       | 1               | 62             | 3.416597366        | 4.763857841        | 51.70661926          | 52.13443756        | 61             | 1943.700317      |
| 25/01/20      |                   | 119.833335      | 102.78829      |                    |                    |                      |                    | 26290.767      |                  |
| 25 06:30      | 116.7333298       | 9               | 19             | 3.499904394        | 4.617937565        | 51.68799973          | 51.91317368        | 58             | 1943.693604      |
| 25/01/20      |                   |                 | 100.57870      |                    |                    |                      |                    | 26290.683      |                  |
| 25 06:25      | 116.6500015       | 119.75          | 48             | 3.566401482        | 4.617937565        | 51.70360947          | 51.91317368        | 59             | 1943.68689       |
| 25/01/20      |                   | 119.666664      | 98.961181      |                    |                    |                      |                    | 26290.599      |                  |
| 25 06:20      | 116.5666656       | 1               | 64             | 3.580596447        | 4.790562153        | 51.66786194          | 51.91317368        | 61             | 1943.67981       |
| 25/01/20      |                   | 119.583335      | 100.29792      |                    |                    |                      |                    | 26290.517      |                  |
| 25 06:15      | 116.4833298       | 9               | 79             | 3.597360611        | 4.790562153        | 51.62252045          | 51.91317368        | 58             | 1943.672852      |

|               | Con Carga         | Encendida       | A              | Presión Promedio   | Presión Máxima     | Temperatura Promedio | Temperatura Máxima | Horómetro      | Contador Energía |
|---------------|-------------------|-----------------|----------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------|------------------|
| timestam<br>p | CH3_LOAD_V<br>ALO | CH3_ON_VA<br>LO | CH3_A_VA<br>LO | CH3_P_AVG_V<br>ALO | CH3_P_MAX_V<br>ALO | CH3_T_AVG_V<br>ALO   | CH3_T_MAX_V<br>ALO | CH3_H_VA<br>LO | CH3_KWH_V<br>ALO |
| 25/01/20      |                   |                 | 99.138191      |                    |                    |                      |                    | 26290.433      |                  |
| 25 06:10      | 116.4000015       | 119.5           | 22             | 3.609214067        | 4.790562153        | 51.5724678           | 51.91317368        | 59             | 1943.665894      |
| 25/01/20      |                   | 119.416664      | 98.710922      |                    |                    |                      |                    | 26290.349      |                  |
| 25 06:05      | 116.3166656       | 1               | 24             | 3.677847624        | 4.790562153        | 51.50643539          | 51.91317368        | 61             | 1943.659302      |
| 25/01/20      |                   | 119.333335      | 101.86661      |                    |                    |                      |                    | 26290.267      |                  |
| 25 06:00      | 116.2333298       | 9               | 53             | 3.701573372        | 4.790562153        | 51.39346695          | 51.78346634        | 58             | 1943.652466      |
| 25/01/20      |                   |                 | 101.67739      |                    |                    |                      |                    | 26290.183      |                  |
| 25 05:55      | 116.1500015       | 119.25          | 11             | 3.697020292        | 4.790562153        | 51.22799301          | 51.69190979        | 59             | 1943.64502       |
| 25/01/20      |                   | 119.166664      | 100.53597      |                    |                    |                      |                    | 26290.099      |                  |
| 25 05:50      | 116.0666656       | 1               | 26             | 3.651920319        | 4.711402893        | 51.01929855          | 51.58509064        | 61             | 1943.637939      |
| 25/01/20      |                   | 119.083335      | 101.14636      |                    |                    |                      |                    | 26290.017      |                  |
| 25 05:45      | 115.9833298       | 9               | 23             | 3.612599134        | 4.711402893        | 50.80377579          | 51.56220245        | 58             | 1943.630859      |
| 25/01/20      |                   |                 | 102.72115      |                    |                    |                      |                    | 26289.933      |                  |
| 25 05:40      | 115.9000015       | 119             | 33             | 3.595732927        | 4.711402893        | 50.52142334          | 51.44775391        | 59             | 1943.623657      |
| 25/01/20      |                   | 118.916664      | 102.73336      |                    |                    |                      |                    | 26289.849      |                  |
| 25 05:35      | 115.8166656       | 1               | 03             | 3.546258211        | 4.711402893        | 50.18239212          | 51.17308044        | 61             | 1943.616211      |
| 25/01/20      |                   | 118.833335      | 104.65606      |                    |                    |                      |                    | 26289.767      |                  |
| 25 05:30      | 115.7333298       | 9               | 69             | 3.524144888        | 4.711402893        | 49.75635147          | 50.94418716        | 58             | 1943.608887      |
| 25/01/20      |                   |                 | 101.94596      |                    |                    |                      |                    | 26289.683      |                  |
| 25 05:25      | 115.6500015       | 118.75          | 1              | 3.471885443        | 4.711402893        | 49.25962448          | 50.49403           | 59             | 1943.601318      |
| 25/01/20      |                   | 118.666664      | 101.96427      |                    |                    |                      |                    | 26289.599      |                  |
| 25 05:20      | 115.5666656       | 1               | 15             | 3.422661781        | 4.249799728        | 48.63664627          | 50.30328369        | 61             | 1943.594482      |
| 25/01/20      |                   | 118.583335      | 103.97243      |                    |                    |                      |                    | 26289.517      |                  |
| 25 05:15      | 115.4833298       | 9               | 5              | 3.116289854        | 4.860183716        | 47.59000778          | 50.19646835        | 58             | 1943.587769      |
| 25/01/20      |                   |                 | 103.85035      |                    |                    |                      |                    | 26289.433      |                  |
| 25 05:10      | 115.4000015       | 118.5           | 71             | 2.721109152        | 5.111013412        | 47.06873322          | 50.41773224        | 59             | 1943.580811      |

|               | Con Carga         | Encendida       | A              | Presión Promedio   | Presión Máxima     | Temperatura Promedio | Temperatura Máxima | Horómetro      | Contador Energía |
|---------------|-------------------|-----------------|----------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------|------------------|
| timestam<br>p | CH3_LOAD_V<br>ALO | CH3_ON_VA<br>LO | CH3_A_VA<br>LO | CH3_P_AVG_V<br>ALO | CH3_P_MAX_V<br>ALO | CH3_T_AVG_V<br>ALO   | CH3_T_MAX_V<br>ALO | CH3_H_VA<br>LO | CH3_KWH_V<br>ALO |
| 25/01/20      |                   | 118.416664      | 102.12297      |                    |                    |                      |                    | 26289.349      |                  |
| 25 05:05      | 115.3166656       | 1               | 06             | 2.660707951        | 5.111013412        | 47.26911545          | 50.58558655        | 61             | 1943.57373       |
| 25/01/20      |                   | 118.333335      | 101.17077      |                    |                    |                      |                    | 26289.267      |                  |
| 25 05:00      | 115.2333298       | 9               | 64             | 2.641177177        | 5.111013412        | 47.57043076          | 50.58558655        | 58             | 1943.566772      |
| 25/01/20      |                   |                 | 100.93882      |                    |                    |                      |                    | 26289.183      |                  |
| 25 04:55      | 115.1500015       | 118.25          | 75             | 2.622128248        | 5.111013412        | 47.94805145          | 50.58558655        | 59             | 1943.559814      |
| 25/01/20      |                   | 118.166664      | 99.504425      |                    |                    |                      |                    | 26289.099      |                  |
| 25 04:50      | 115.0666656       | 1               | 05             | 2.666327953        | 5.111013412        | 48.45793915          | 50.58558655        | 61             | 1943.553589      |
| 25/01/20      |                   | 118.099998      | 96.550163      |                    |                    |                      |                    | 26289.033      |                  |
| 25 04:45      | 115.0166702       | 5               | 27             | 2.89161253         | 5.111013412        | 49.22599792          | 50.58558655        | 2              | 1943.550659      |
| 25/01/20      |                   | 118.083335      | 92.130981      |                    |                    |                      |                    | 26289.017      |                  |
| 25 04:40      | 115.0166702       | 9               | 45             | 2.969367743        | 5.111013412        | 49.30823898          | 50.58558655        | 58             | 1943.550659      |
| 25/01/20      |                   | 118.050003      | 96.867568      |                    |                    |                      |                    | 26288.982      |                  |
| 25 04:35      | 115               | 1               | 97             | 3.124188423        | 4.512073994        | 49.74424362          | 50.58558655        | 42             | 1943.549805      |
| 25/01/20      |                   | 118.050003      | 96.849250      |                    |                    |                      |                    | 26288.982      |                  |
| 25 04:30      | 115               | 1               | 79             | 3.124188423        | 4.512073994        | 49.74424362          | 50.58558655        | 42             | 1943.549805      |
| 25/01/20      |                   | 118.050003      | 96.830940      |                    |                    |                      |                    | 26288.982      |                  |
| 25 04:25      | 115               | 1               | 25             | 3.124188423        | 4.512073994        | 49.74424362          | 50.58558655        | 42             | 1943.549805      |
| 25/01/20      |                   | 118.050003      | 96.861465      |                    |                    |                      |                    | 26288.982      |                  |
| 25 04:20      | 115               | 1               | 45             | 3.124188423        | 4.512073994        | 49.74424362          | 50.58558655        | 42             | 1943.549805      |
| 25/01/20      |                   | 118.050003      | 96.855354      |                    |                    |                      |                    | 26288.982      |                  |
| 25 04:15      | 115               | 1               | 31             | 3.124188423        | 4.512073994        | 49.74424362          | 50.58558655        | 42             | 1943.549805      |
| 25/01/20      |                   | 118.050003      | 96.867568      |                    |                    |                      |                    | 26288.982      |                  |
| 25 04:10      | 115               | 1               | 97             | 3.124188423        | 4.512073994        | 49.74424362          | 50.58558655        | 42             | 1943.549805      |
| 25/01/20      |                   | 118.033332      | 96.855354      |                    |                    |                      |                    | 26288.966      |                  |
| 25 04:05      | 115               | 8               | 31             | 3.262926579        | 4.512073994        | 49.76707458          | 50.58558655        | 8              | 1943.549805      |

|               | Con Carga         | Encendida       | A              | Presión Promedio   | Presión Máxima     | Temperatura Promedio | Temperatura Máxima | Horómetro      | Contador Energía |
|---------------|-------------------|-----------------|----------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------|------------------|
| timestam<br>p | CH3_LOAD_V<br>ALO | CH3_ON_VA<br>LO | CH3_A_VA<br>LO | CH3_P_AVG_V<br>ALO | CH3_P_MAX_V<br>ALO | CH3_T_AVG_V<br>ALO   | CH3_T_MAX_V<br>ALO | CH3_H_VA<br>LO | CH3_KWH_V<br>ALO |
| 25/01/20      |                   | 117.949996      | 100.63363      |                    |                    |                      |                    | 26288.882      |                  |
| 25 04:00      | 114.9166641       | 9               | 65             | 3.41749835         | 4.512073994        | 49.15416718          | 50.58558655        | 81             | 1943.543701      |
| 25/01/20      |                   | 117.866668      | 102.09855      |                    |                    |                      |                    | 26288.800      |                  |
| 25 03:55      | 114.8333359       | 7               | 65             | 3.282862902        | 4.814404964        | 48.42205429          | 50.63899612        | 78             | 1943.537109      |
| 25/01/20      |                   | 117.783332      | 100.74961      |                    |                    |                      |                    | 26288.716      |                  |
| 25 03:50      | 114.75            | 8               | 09             | 3.207940817        | 4.814404964        | 48.48973465          | 50.80685043        | 8              | 1943.53064       |
| 25/01/20      |                   | 117.699996      | 101.44544      |                    |                    |                      |                    | 26288.632      |                  |
| 25 03:45      | 114.6666641       | 9               | 98             | 3.161201239        | 4.814404964        | 48.62637329          | 50.80685043        | 81             | 1943.524048      |
| 25/01/20      |                   | 117.616668      | 103.13620      |                    |                    |                      |                    | 26288.550      |                  |
| 25 03:40      | 114.5833359       | 7               | 76             | 3.096240282        | 4.814404964        | 48.83737564          | 50.80685043        | 78             | 1943.516968      |
| 25/01/20      |                   | 117.533332      | 100.79843      |                    |                    |                      |                    | 26288.466      |                  |
| 25 03:35      | 114.5             | 8               | 9              | 3.024980545        | 4.814404964        | 49.14738464          | 50.80685043        | 8              | 1943.510376      |
| 25/01/20      |                   | 117.449996      | 102.06803      |                    |                    |                      |                    | 26288.382      |                  |
| 25 03:30      | 114.4166641       | 9               | 89             | 3.006353617        | 4.814404964        | 49.69806671          | 50.80685043        | 81             | 1943.50354       |
| 25/01/20      |                   | 117.366668      | 98.680404      |                    |                    |                      |                    | 26288.300      |                  |
| 25 03:25      | 114.3333359       | 7               | 66             | 3.048228979        | 4.224049091        | 50.20349884          | 50.80685043        | 78             | 1943.498047      |
| 25/01/20      |                   | 117.349998      | 100.67025      |                    |                    |                      |                    | 26288.283      |                  |
| 25 03:20      | 114.3333359       | 5               | 76             | 3.124089956        | 4.224049091        | 50.5086174           | 50.80685043        | 2              | 1943.498047      |
| 25/01/20      |                   | 117.349998      | 100.67025      |                    |                    |                      |                    | 26288.283      |                  |
| 25 03:15      | 114.3333359       | 5               | 76             | 3.124089956        | 4.224049091        | 50.5086174           | 50.80685043        | 2              | 1943.498047      |
| 25/01/20      |                   | 117.349998      | 100.64584      |                    |                    |                      |                    | 26288.283      |                  |
| 25 03:10      | 114.3333359       | 5               | 35             | 3.124089956        | 4.224049091        | 50.5086174           | 50.80685043        | 2              | 1943.498047      |
| 25/01/20      |                   | 117.349998      | 100.68246      |                    |                    |                      |                    | 26288.283      |                  |
| 25 03:05      | 114.3333359       | 5               | 46             | 3.124089956        | 4.224049091        | 50.5086174           | 50.80685043        | 2              | 1943.498047      |
| 25/01/20      |                   | 117.349998      | 100.72519      |                    |                    |                      |                    | 26288.283      |                  |
| 25 03:00      | 114.3333359       | 5               | 68             | 3.124089956        | 4.224049091        | 50.5086174           | 50.80685043        | 2              | 1943.498047      |

|               | Con Carga         | Encendida       | A              | Presión Promedio   | Presión Máxima     | Temperatura Promedio | Temperatura Máxima | Horómetro      | Contador Energía |
|---------------|-------------------|-----------------|----------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------|------------------|
| timestam<br>p | CH3_LOAD_V<br>ALO | CH3_ON_VA<br>LO | CH3_A_VA<br>LO | CH3_P_AVG_V<br>ALO | CH3_P_MAX_V<br>ALO | CH3_T_AVG_V<br>ALO   | CH3_T_MAX_V<br>ALO | CH3_H_VA<br>LO | CH3_KWH_V<br>ALO |
| 25/01/20      |                   | 117.349998      | 100.67025      |                    |                    |                      |                    | 26288.283      |                  |
| 25 02:55      | 114.3333359       | 5               | 76             | 3.124089956        | 4.224049091        | 50.5086174           | 50.80685043        | 2              | 1943.498047      |
| 25/01/20      |                   | 117.333335      | 100.64584      |                    |                    |                      |                    | 26288.267      |                  |
| 25 02:50      | 114.3333359       | 9               | 35             | 3.147881031        | 4.224049091        | 50.5075531           | 50.80685043        | 58             | 1943.498047      |
| 25/01/20      |                   |                 | 104.50347      |                    |                    |                      |                    | 26288.183      |                  |
| 25 02:45      | 114.25            | 117.25          | 14             | 3.178740263        | 4.224049091        | 50.38092804          | 50.76870346        | 59             | 1943.492065      |
| 25/01/20      |                   | 117.166664      | 103.60620      |                    |                    |                      |                    | 26288.099      |                  |
| 25 02:40      | 114.1666641       | 1               | 88             | 3.172840595        | 4.224049091        | 50.2216568           | 50.76107407        | 61             | 1943.485718      |
| 25/01/20      |                   | 117.083335      | 102.99581      |                    |                    |                      |                    | 26288.017      |                  |
| 25 02:35      | 114.0833359       | 9               | 91             | 3.170168877        | 4.224049091        | 50.03780365          | 50.75344467        | 58             | 1943.479248      |
| 25/01/20      |                   |                 | 106.24306      |                    |                    |                      |                    | 26287.933      |                  |
| 25 02:30      | 114               | 117             | 49             | 3.242795944        | 4.181131363        | 49.79258347          | 50.75344467        | 59             | 1943.473389      |
| 25/01/20      |                   | 116.916664      | 100.49324      |                    |                    |                      |                    | 26287.849      |                  |
| 25 02:25      | 113.9166641       | 1               | 8              | 3.25496006         | 4.080990314        | 49.45968246          | 50.36432266        | 61             | 1943.466675      |
| 25/01/20      |                   | 116.833335      | 101.79336      |                    |                    |                      |                    | 26287.767      |                  |
| 25 02:20      | 113.8333359       | 9               | 55             | 3.073718548        | 4.080990314        | 48.83488846          | 50.55506897        | 58             | 1943.460449      |
| 25/01/20      |                   |                 | 102.76387      |                    |                    |                      |                    | 26287.683      |                  |
| 25 02:15      | 113.75            | 116.75          | 79             | 3.022940636        | 4.348987103        | 48.95900726          | 50.82974243        | 59             | 1943.454224      |
| 25/01/20      |                   | 116.666664      | 102.53192      |                    |                    |                      |                    | 26287.599      |                  |
| 25 02:10      | 113.6666641       | 1               | 9              | 3.027868271        | 4.348987103        | 49.1259613           | 50.8984108         | 61             | 1943.447876      |
| 25/01/20      |                   | 116.583335      | 102.19622      |                    |                    |                      |                    | 26287.517      |                  |
| 25 02:05      | 113.5833359       | 9               | 04             | 3.008889675        | 4.348987103        | 49.3346138           | 50.8984108         | 58             | 1943.441528      |
| 25/01/20      |                   |                 | 102.22673      |                    |                    |                      |                    | 26287.433      |                  |
| 25 02:00      | 113.5             | 116.5           | 8              | 2.998809099        | 4.348987103        | 49.5892601           | 50.8984108         | 59             | 1943.434937      |
| 25/01/20      |                   | 116.416664      | 103.18504      |                    |                    |                      |                    | 26287.349      |                  |
| 25 01:55      | 113.4166641       | 1               | 33             | 2.966050625        | 4.348987103        | 49.94076538          | 50.8984108         | 61             | 1943.427979      |

|               | Con Carga         | Encendida       | A              | Presión Promedio   | Presión Máxima     | Temperatura Promedio | Temperatura Máxima | Horómetro      | Contador Energía |
|---------------|-------------------|-----------------|----------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------|------------------|
| timestam<br>p | CH3_LOAD_V<br>ALO | CH3_ON_VA<br>LO | CH3_A_VA<br>LO | CH3_P_AVG_V<br>ALO | CH3_P_MAX_V<br>ALO | CH3_T_AVG_V<br>ALO   | CH3_T_MAX_V<br>ALO | CH3_H_VA<br>LO | CH3_KWH_V<br>ALO |
| 25/01/20      |                   | 116.333335      | 101.34778      |                    |                    |                      |                    | 26287.267      |                  |
| 25 01:50      | 113.3333359       | 9               | 59             | 3.062761068        | 4.348987103        | 50.50885773          | 50.8984108         | 58             | 1943.422974      |
| 25/01/20      |                   | 116.333335      | 97.484054      |                    |                    |                      |                    | 26287.267      |                  |
| 25 01:45      | 113.3333359       | 9               | 57             | 3.101957798        | 4.348987103        | 50.71162033          | 50.8984108         | 58             | 1943.422974      |
| 25/01/20      |                   | 116.333335      | 97.496261      |                    |                    |                      |                    | 26287.267      |                  |
| 25 01:40      | 113.3333359       | 9               | 6              | 3.101957798        | 4.348987103        | 50.71162033          | 50.8984108         | 58             | 1943.422974      |
| 25/01/20      |                   | 116.333335      | 97.508468      |                    |                    |                      |                    | 26287.267      |                  |
| 25 01:35      | 113.3333359       | 9               | 63             | 3.101957798        | 4.348987103        | 50.71162033          | 50.8984108         | 58             | 1943.422974      |
| 25/01/20      |                   | 116.333335      | 97.496261      |                    |                    |                      |                    | 26287.267      |                  |
| 25 01:30      | 113.3333359       | 9               | 6              | 3.101957798        | 4.348987103        | 50.71162033          | 50.8984108         | 58             | 1943.422974      |
| 25/01/20      |                   | 116.333335      | 97.477951      |                    |                    |                      |                    | 26287.267      |                  |
| 25 01:25      | 113.3333359       | 9               | 05             | 3.101957798        | 4.348987103        | 50.71162033          | 50.8984108         | 58             | 1943.422974      |
| 25/01/20      |                   | 116.266670      | 99.425071      |                    |                    |                      |                    | 26287.199      |                  |
| 25 01:20      | 113.2666702       | 2               | 72             | 3.198667049        | 4.286994934        | 50.71800232          | 50.8984108         | 22             | 1943.418457      |
| 25/01/20      |                   | 116.183334      | 99.510528      |                    |                    |                      |                    | 26287.117      |                  |
| 25 01:15      | 113.1833344       | 4               | 56             | 3.257255793        | 4.286994934        | 50.65704727          | 50.89077759        | 19             | 1943.412109      |
| 25/01/20      |                   | 116.099998      | 102.19622      |                    |                    |                      |                    | 26287.033      |                  |
| 25 01:10      | 113.0999985       | 5               | 04             | 3.112815857        | 4.286994934        | 50.3623085           | 51.2493782         | 2              | 1943.405762      |
| 25/01/20      |                   | 116.016670      | 101.67739      |                    |                    |                      |                    | 26286.949      |                  |
| 25 01:05      | 113.0166702       | 2               | 11             | 3.081298113        | 4.286994934        | 50.46832657          | 51.50879288        | 22             | 1943.399292      |
| 25/01/20      |                   | 115.933334      | 103.26438      |                    |                    |                      |                    | 26286.867      |                  |
| 25 01:00      | 112.9333344       | 4               | 9              | 3.068125963        | 4.286994934        | 50.56748581          | 51.50879288        | 19             | 1943.3927        |
| 25/01/20      |                   | 115.849998      | 101.68959      |                    |                    |                      |                    | 26286.783      |                  |
| 25 00:55      | 112.8499985       | 5               | 81             | 3.081155062        | 4.245985031        | 50.68110275          | 51.50879288        | 2              | 1943.386841      |
| 25/01/20      |                   | 115.766670      |                |                    |                    |                      |                    | 26286.699      |                  |
| 25 00:50      | 112.7666702       | 2               | 103.10569      | 3.061473608        | 4.245985031        | 50.77230072          | 51.50879288        | 22             | 1943.380737      |

|               | Con Carga         | Encendida       | A              | Presión Promedio   | Presión Máxima     | Temperatura Promedio | Temperatura Máxima | Horómetro      | Contador Energía |
|---------------|-------------------|-----------------|----------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------|------------------|
| timestam<br>p | CH3_LOAD_V<br>ALO | CH3_ON_VA<br>LO | CH3_A_VA<br>LO | CH3_P_AVG_V<br>ALO | CH3_P_MAX_V<br>ALO | CH3_T_AVG_V<br>ALO   | CH3_T_MAX_V<br>ALO | CH3_H_VA<br>LO | CH3_KWH_V<br>ALO |
| 25/01/20      |                   | 115.683334      | 102.92868      |                    |                    |                      |                    | 26286.617      |                  |
| 25 00:45      | 112.6833344       | 4               | 04             | 3.019630194        | 4.348987103        | 50.88320541          | 51.50879288        | 19             | 1943.374146      |
| 25/01/20      |                   | 115.599998      | 101.35999      |                    |                    |                      |                    | 26286.533      |                  |
| 25 00:40      | 112.5999985       | 5               | 3              | 3.112484932        | 4.348987103        | 51.17113113          | 51.50879288        | 2              | 1943.368286      |
| 25/01/20      |                   | 115.516670      | 99.748580      |                    |                    |                      |                    | 26286.449      |                  |
| 25 00:35      | 112.5500031       | 2               | 93             | 3.257729053        | 4.348987103        | 51.18257904          | 51.41723633        | 22             | 1943.364624      |
| 25/01/20      |                   | 115.433334      | 99.528839      |                    |                    |                      |                    | 26286.367      |                  |
| 25 00:30      | 112.4666672       | 4               | 11             | 3.257284403        | 4.348987103        | 51.09832764          | 51.40960693        | 19             | 1943.358643      |
| 25/01/20      |                   | 115.349998      | 99.766891      |                    |                    |                      |                    | 26286.283      |                  |
| 25 00:25      | 112.3833313       | 5               | 48             | 3.271569967        | 4.348987103        | 51.00119019          | 51.40197754        | 2              | 1943.352783      |
| 25/01/20      |                   | 115.266670      | 101.02428      |                    |                    |                      |                    | 26286.199      |                  |
| 25 00:20      | 112.3000031       | 2               | 44             | 3.310716391        | 4.348987103        | 50.86406708          | 51.40197754        | 22             | 1943.346924      |
| 25/01/20      |                   | 115.183334      |                |                    |                    |                      |                    | 26286.117      |                  |
| 25 00:15      | 112.2166672       | 4               | 98.759758      | 3.276832104        | 4.304162025        | 50.69452286          | 51.18834305        | 19             | 1943.341064      |
| 25/01/20      |                   | 115.099998      | 98.399627      |                    |                    |                      |                    | 26286.033      |                  |
| 25 00:10      | 112.1333313       | 5               | 69             | 3.277745247        | 4.304162025        | 50.47189331          | 51.03574753        | 2              | 1943.334961      |
| 25/01/20      |                   | 115.016670      | 99.766891      |                    |                    |                      |                    | 26285.949      |                  |
| 25 00:05      | 112.0500031       | 2               | 48             | 3.314538717        | 4.304162025        | 50.1244278           | 50.97470856        | 22             | 1943.328857      |
| 25/01/20      |                   | 114.933334      | 101.35999      |                    |                    |                      |                    | 26285.867      |                  |
| 25 00:00      | 111.9666672       | 4               | 3              | 3.23860383         | 4.304162025        | 49.49915314          | 50.81447983        | 19             | 1943.322388      |