



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Plan de mejora de mantenimiento para incrementar la disponibilidad
en equipos críticos de unidad minera

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Industrial

AUTOR:

Rosales Cachay, Deyvi Junior Felipe (orcid.org/0000-0002-5935-8002)

ASESORES:

Dr. Aranda Gonzales, Jorge Roger (orcid.org/0000-0002-0307-5900)

Mg. Linares Lujan, Guillermo Alberto (orcid.org/0000-0003-3889-4831)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

TRUJILLO – PERÚ

2022

Dedicatoria

Dedico este trabajo primero a Dios, por brindarme la vida, para poder llegar hasta este momento, el cual es el más importante de mi vida, para mejora de mi desarrollo profesional.

La mejor compañía que me pudo brindar la vida, mi esposa que estuvo siempre apoyándome como un colega, brindándome su experiencia y sabiduría que influyeron en mí, para obtener la lograr todos los objetivos en la vida, es para ti esta tesis en agradecimiento por todo tu amor.

Gracias amada esposa

Gracias a todas las personas, amigos de trabajo que siempre estuvieron listos y dispuestos para brindarme toda su ayuda, ahora con este Nuevo logro de la meta trazada en mi vida, les regresare con la misma calidad el mismo apoyo brindado. Con todo mi cariño y respeto esta tesis se las dedico a ustedes:

Compañeros de trabajo.

Agradecimiento

El objetivo de la presente tesis fue identificar la influencia de la implementación de un plan de mejora del mantenimiento predictivo basado en confiabilidad sobre la disponibilidad de los equipos críticos en el área de molienda en el proceso de la Unidad Minera, el cual se pudo conseguir basado en la investigación con diseño experimental, el análisis de la muestra está conformada todos los equipos del área de molienda (5 equipos), aplicando un muestreo por conveniencia (censal), obteniendo datos de tiempo medio hasta haber reparado la avería MTTR

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	9
3.1. Tipo y diseño de investigación	9
3.2. Variables y operacionalización	9
3.3. Población, muestra y muestreo	10
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	11
3.5. Procedimientos.....	11
3.6. Método de análisis de datos:	12
3.7. Aspectos éticos:	12
IV. RESULTADOS.....	14
V. DISCUSIÓN.....	26
VI. CONCLUSIONES.....	30
VII. RECOMENDACIONES	31
REFERENCIAS	32
ANEXOS.....	40

Índice de tablas

Tabla 1: Instrumentos de recolección de datos.	11
Tabla 2: Cálculo de disponibilidad – pre test.	14
Tabla 3: Entrevista.	17
Tabla 4: Planes de acción.	18
Tabla 5: Calculo de disponibilidad – post test.....	24

Índice de figuras

Figura 1: Indicador de Pre test.	14
Figura 2: Top 5 de equipos.	15
Figura 3: Base de datos de detenciones.	16
Figura 4: Diagrama de Pareto – modos de falla.	17
Figura 5: Análisis de causas – Isikawa.....	18
Figura 6: Planes de mantenimiento cargados en SAP.	19
Figura 7: Detalle de mantenimiento SAP.....	19
Figura 8: Ejecución de pruebas - vibrotechnology.....	20
Figura 9: Analisis ODS.....	20
Figura 10: Capacitación interna.....	21
Figura 11: Software observe ron line SKF.....	21
Figura 12: Solicitud de visita a fabricantes.....	22
Figura 13: Herramientas nuevas.....	23
Figura 14: Orden y administración en almacén.	23
Figura 15: Indicador post test.....	24
Figura 16: Comparativo de pre test y post test.	25
Figura 17: Resultado de ANEVA para disponibilidad.....	25

Resumen

El objetivo de la presente tesis fue identificar la influencia de la implementación de un plan de mejora del mantenimiento predictivo basado en confiabilidad sobre la disponibilidad de los equipos críticos en el área de molienda en el proceso de la Unidad Minera, el cual se pudo conseguir basado en la investigación con diseño experimental, el análisis de la muestra está conformada todos los equipos del área de molienda (5 equipos), aplicando un muestreo por conveniencia (censal), obteniendo datos de tiempo medio hasta haber reparado la avería MTTR, también los tiempos medios entre fallos MTBF y disponibilidad, sirviendo como referencia para evaluar como pre-test; para ello esta información es recolectada y llevada para ser analizados y exportados en las guías documentales y así poder clasificar la información para realizar el análisis correspondiente a cada equipo con los datos recolectados. De la información se concluyó que el plan de mantenimiento basado en la confiabilidad es de gran influencia para la empresa y ayuda a incrementar significativamente la disponibilidad en los equipos críticos y área, demostrando un incremento de 4.7% en la disponibilidad (tabla 5 y Fig 15); al respecto del incremento se debe considerar que un plan de mejora del mantenimiento predictivo basado en la confiabilidad, se tiene que considerar el cumplimiento de los planes de acción en base a la evaluación de los modos de falla y causas raíz, para poder cumplir el objetivo en disminuir los tiempos de reparación y aumentar los tiempos entre falla, para poder conseguir el incremento en la disponibilidad y confiabilidad en los equipos y área.

Palabras clave: Disponibilidad, confiabilidad y mantenimiento predictivo.

Abstract

The objective of this thesis was to identify the influence of the implementation of a predictive maintenance improvement plan based on reliability on the availability of critical equipment in the grinding area in the process of the Mining Unit, which could be achieved based on In the investigation with an experimental design, the analysis of the sample is made up of all the equipment in the grinding area (5 equipment), applying a sampling for convenience (census), obtaining data on the average time until the MTTR fault has been repaired, as well as the times means between MTBF failures and availability, serving as a reference to evaluate as a pre-test; For this, this information is collected and taken to be analyzed and exported in the documentary guides and thus be able to classify the information to carry out the analysis corresponding to each team with the data collected. From the information it was concluded that the maintenance plan based on reliability is of great influence for the company and helps to significantly increase the availability of critical equipment and area, demonstrating an increase of 4.7% in availability (table 5 and Fig 15); Regarding the increase, it should be considered that a predictive maintenance improvement plan based on reliability must consider compliance with the action plans based on the evaluation of failure modes and root causes, in order to meet the objective. in reducing repair times and increasing times between failures, in order to achieve increased availability and reliability in equipment and area.

Keywords: Availability, reliability and predictive maintenance.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial uno de los factores principales que afecta a las empresas industriales son las paradas inesperadas de producción. El mantenimiento en las empresas está evolucionando en el tiempo con nuevas herramientas y estrategias, dejando atrás las gestiones pasadas. En la actualidad, los directivos de varias empresas relacionadas con mantenimiento tienen que pensar que es un negocio, para invertir en mantenimiento de activos y así no considerar al mantenimiento como un gasto. La evolución que está pasando en el mundo del mantenimiento, está generando la necesidad de una mejora fundamental y constante, beneficiando a los resultados operacionales y financieros de las empresas, mediante la implementación de teorías o sistemas de organización viables para su mejor desempeño (Díaz y otros, 2016).

Tenemos numerosos precedentes de estudios realizados a la mejora continua de la producción minera, debido a que mantenimiento se respalda en el amplio conocimiento de la parte técnica, por su gran cantidad de personal en la estructura de formación del área en la empresa, donde se tienen un mayor conocimiento táctico para los trabajos. Por su gran importancia en las funciones, que directamente afectan la fiabilidad de los sistemas en los procesos, la eliminación de las detenciones no deseadas ante procesos críticos, se observa la necesidad de mejora en la gestión y tratamientos de la información recolectada, el cual tiene un gran valor estratégico para la empresa (Cárcel Carrasco y otros 2013).

El mantenimiento predictivo basado en la confiabilidad ha conseguido una gran evolución en el tiempo. La modernidad de las tecnologías en la actualidad, permiten a las empresas poder establecer controles, mediante técnicas de mantenimiento, las cuales permiten anticiparse a los problemas y falla, logrando procesos eficientes y mayor rendimiento en la producción. El desarrollo de la industria 4.0, relacionados a los avances en las tecnologías comunicadas al internet, llevan a los procesos y controles automatizados, la importancia del análisis en los sistemas son elementos esenciales en esta nueva era (Luna y Vásquez, 2019).

Cabe mencionar también, que las metodologías utilizadas para evitar paradas inesperadas son aplicando el mantenimiento predictivo. Por tal motivo en el

presente artículo mencionamos lo importante que es direccionar la ejecución del mantenimiento. Por ejemplo, en los equipos considerados con una ponderación de criticidad alta, se deben priorizar las actividades del monitoreo de condición por encima de cualquier actividad relacionada a la búsqueda de fallas prematura. Otra opción de mantenimiento programado son las actividades de monitoreo preventivo. La utilización del mantenimiento correctivo nunca se excluirá y queda como alternativa para los equipos críticos cuando fallen (Torres, 2012).

El mantenimiento predictivo sirve para crear cultura de confiabilidad en la gran mayoría de procesos de las empresas con el objeto de mejorar los programas y minimizar los costos de mantenimiento y operación, convirtiendo así en una organización competitiva, el siguiente autor indica, que para llegar a conseguir que las empresas lleguen a ser sus procesos operacionales confiables, se debe alcanzar la combinación de varios elementos integrantes y no limitarse a las actividades de mantenimiento (Díaz, 2018). Así mismo La confiabilidad es una medida que resume cuantitativamente el perfil de funcionalidad de un elemento y ayuda en el momento de seleccionar un equipo entre varias alternativas (Toro y Céspedes, 2021).

Las empresas deberían considerar la implementación del área de mantenimiento predictivo, considerando que su existencia podría afectarse gravemente cuando, se empiece a desarrollar y almacenar los datos adquiridos, que podrían parecer sencillos, el volumen que se va ingresando en la base de datos, es tan exorbitante que se vuelve des controlable, esto lleva a que no se puedan aprovechar y gestionar (Sánchez, 2021).

En este contexto podríamos plantear el problema de estudio ¿Cómo influye el Plan de mejora del mantenimiento predictivo basado en confiabilidad para aumentar la disponibilidad de los equipos críticos del área de molienda en el proceso de la Unidad Minera?

En el estudio se justifica y sustenta la implementación del plan de mejora del mantenimiento predictivo basado en confiabilidad sobre la disponibilidad de los equipos críticos en el proceso de la Unidad Minera Marcobre S.A.C como se ha mencionado anteriormente se basa en la detección temprana de falla en lo equipos,

evitando así las paradas inesperadas para tener procesos disponibles y confiables, la eficiencia del plan de mejora del mantenimiento predictivo está compuesto de las personas especializadas y la tecnología aplicada, siendo la mejor combinación para el análisis de datos de las condiciones en los equipos críticos, con respaldo de la investigación mediante los instrumentos que permitirán validar el análisis referente a las variables, las cuales ayudaran a identificar de manera confiable los análisis del problema para mejorar los procesos.

El objetivo general es identificar la influencia de la implementación de un plan de mejora del mantenimiento predictivo basado en confiabilidad sobre la disponibilidad de los equipos críticos en el área de molienda en el proceso de la Unidad Minera.

Teniendo como objetivos específicos:

Calcular la disponibilidad de los equipos críticos de molienda de la Unidad Minera según los tiempos entre fallos (MTBF) y los tiempos técnicos de reparación (MTTR).
Diseñar e implementar un "Plan de mejora de la gestión del mantenimiento predictivo, en base al diagnóstico del funcionamiento del equipo crítico de molienda de la Unidad Minera, según el nivel de las vibraciones, de contaminantes en el aceite y de la energía irradiada.

Identificar la influencia de la implementación de un Plan de mejora de la gestión de mantenimiento predictivo en los costos operativos de los equipos críticos en el área de molienda de la Unidad Minera.

Calcular la disponibilidad de los equipos críticos en el área de molienda de la unidad Minera, posterior a la implementación de las mejoras.

La hipótesis general planteada tiene un plan de mejora, que considera mostrar la importancia que tienen los equipos para garantizar la disponibilidad en sus procesos, incrementándolos y volviéndolos rentables, para con ello llegar a posicionarse entre las mejores empresas mineras. Así mismo la investigación tiene como hipótesis específica la aplicación y análisis de los reportes de análisis de datos y documental que al desarrollarse me permitirán formular estrategias que llevarán a incrementar disponibilidad del equipo crítico de molienda en la unidad minera.

II. MARCO TEÓRICO

Es importante la aplicación de un plan de mejora para el mantenimiento predictivo basado en la confiabilidad para incrementar la disponibilidad de los equipos y evitar fallas inesperadas en la producción.

Por ello, para dar mayor alcance al proyecto de investigación se tomó distintas investigaciones científicas a nivel nacional e internacional en las que su tema se centró en el mismo tema central de nuestra investigación. Se encontraron las siguientes investigaciones a nivel internacional:

Un nuevo concepto de confiabilidad operacional es la cual permite su interpretación numérica. Las nuevas definiciones confirman que la confiabilidad operacional se puede representar mediante valores numéricos, indicador de mucha importancia porque es necesario para el correcto funcionamiento de la gestión de mantenimiento, para así contar con indicadores que permitan evaluar e identificar el estado de la confiabilidad operacional en las empresas para así ayudar a realizar la toma de decisiones con la mejor información de calidad (Díaz C. y otros 2021).

En la tesis esta autora presenta las principales técnicas de mantenimiento predictivo, así como métodos de implementación y ejecución en las organizaciones, tiende a enfocarse en la implementación de mantenimiento dentro de la organización, metodología e implementación debido a que las técnicas de mantenimiento están determinadas por parámetros relacionados con la operación de los equipos en base a la información de cada tecnología se crea una metodología para que pueda ser aplicada a cualquier organización y se diferencia únicamente por el proceso de aplicación específica de la tecnología (Sánchez A., 2017).

Es importante mencionar que la falla de los componentes puede provocar un tiempo de inactividad importante y provocar pérdidas físicas y financiera para la industria. Por lo tanto, la aplicación de tecnologías PDM se vuelve esencial para prevenir fallas inesperadas en los componentes y planificar reparaciones críticas. La adopción de PDM significa muchas mejoras en los métodos de mantenimiento y producción, lo que reduce los procesos innecesarios de mantenimiento y producción, lo que reduce los procesos innecesarios que aumentan la mano de obra, el tiempo y los costos generales. Las estrategias de mantenimiento preventivo

reducido ayudan a prevenir fallas devastadoras, mejorar la calidad del producto, aumentar la calidad general de la producción y entregar productos de calidad nominal a tiempo (Kumar y otros, 2022).

En la gran cantidad de actividades referentes a mantenimiento en las empresas, no se tiene en cuenta la gestión de información para la realización de la planificación correcta, causando errores y retrasos, normalmente se consideran los descargos y comentarios de los mantenedores y operadores. Observando también, que las actividades tienen prioridad previa a su evaluación de riesgo, por lo que se considera importante para los procesos industriales, en su gran mayoría no se tienen planes para la identificación temprana de fallas en los equipos, tampoco se cuenta con una frecuencia de inspecciones periódicas para conocer los estado y tiempo de vida de los equipos. Como recomendaciones a las empresas, se deben ejecutar procedimientos con descripciones detalladas de cada proceso, incluyendo instructivos y formatos, también adquirir software de gestión que faciliten la planificación y mejorar el cumplimiento de los mantenimientos, realizando inspecciones periódicas en los equipos predictivos, los cuales permiten diagnosticar la predicción de falla prematuras, para así brindar el soporte a las actividades de mantenimientos preventivos (Gazca y otros, 2021).

El mantenimiento es una forma muy práctica, debido a que siempre se busca realizar las actividades de mantenimiento programadas de manera eficiente e los tiempos programados correctamente, y así no presenten fallas prematuras e incrementen la vida útil de los equipos. Entendiendo que los equipos y procesos fueron construidos bajo un mismo estándar y para cada trabajo determinado, es notorio que las actividades de mantenimiento de cualquier tipo, implica cuidado, mediante inspecciones y evaluación de programas, para que puedan cuidarse y cumplir con los ciclos de la gestión de mantenimiento, priorizando minimizar las fallas que causen detenciones inesperadas (María J., 2018).

La aplicación de la confiabilidad en la fase de diseño de un proyecto requiere compartir la experiencia y las habilidades multidisciplinarias de diferentes expertos. Para maximizar el valor, se debe aplicar al activo una combinación de gestión, financiamiento, ingeniería, construcción y otras actividades en busca de gestión,

financiamiento, ingeniería, construcción y otras actividades en busca de los costos económicos del ciclo de vida. Este concepto está directamente relacionado con la confiabilidad del diseño y la mantenibilidad de los activos. La aplicación de la confiabilidad permite una mejor utilización de los activos o maximizar el valor del dinero invertido en los servicios públicos hasta la finalización del proyecto (Amendola L., 2018).

En la investigación para evaluar la productividad y los indicadores financieros de 31 empresas de la región minero-energética colombiana, se utilizó una técnica de análisis discriminante multivariado, a través del software modelo SPSS Statistics 20. El modelo puede evaluar el comportamiento de los estadísticos y crear funciones discriminatorias relacionadas con las variables en estudio. La aplicación de esta técnica es consistente con el conocimiento de la extensión y diversidad de varios indicadores financieros y de productividad predeterminados, así como la identificación de diferencias significativas entre grupos durante un año específico 2010 y 2013 (Benites y otros, 2021).

En el artículo se menciona una estrategia de mantenimiento basado en confiabilidad que considera mantenimientos correctivos imperfectos y choques los cuales permiten desarrollar herramientas, a través de análisis de mantenimiento para cada sistema, teniendo en cuenta los resultados de las métricas y la evaluación del tiempo de mantenimiento correctivo y fallas introducidas en el proceso (Shuyuan y otros, 2021).

Es importante mencionar la confiabilidad y la capacidad de mantenimiento de los activos de ingeniería críticos son de gran preocupación para una industria moderna para garantizar un funcionamiento adecuado y evitar situaciones no deseadas. Sin embargo, muchos sistemas de fabricación sufren un desgaste creciente con el uso y la edad, y este proceso de deterioro provoca una baja fiabilidad y enormes pérdidas. Los altos costos de mantenimiento de los equipos críticos hacen necesario mejorar los sistemas de apoyo al mantenimiento. La gestión del mantenimiento se ha convertido en una parte importante de los sistemas de producción y se ha utilizado ampliamente para que las maquinas funcionen sin problemas (Zeming y otros, 2019).

A nivel nacional se encontraron las siguientes investigaciones:

La implementación de un programa a entrenar ayudara a seleccionar el mejor modelo predictivo, ya sea por familia de equipos o de manera global. La selección de la mejor estrategia predictiva se realizará cuando se concluya y se evalúen de acuerdo con los indicadores globales e independientes, dentro de los diversos algoritmos seleccionados previamente, la estrategia predictiva con mejor grado de asertividad en los fallos de un rodamiento por sus características propias de funcionamiento en los equipos. Según Random Forest, con un porcentaje de predicción de un 80% en fallos graves, 97% de fallos leves, 82% de fallos moderados y un 100% de sanos. Se complementando con las predicciones globales por modelo. Random Forest tiene el porcentaje más alto de predicción con un 88%. Por esto se debe realizar la selección correcta como mejor estrategia predictiva para el mantenimiento predictivo en motores (Contreras, 2020).

Desarrollaron un diseño de un sistema de gestión de mantenimiento predictivo y la relación con la disponibilidad mecánica en una empresa minera, donde resalto que la confiabilidad es el proceso sinérgico de equipos, recursos humanos y procesos tecnológicos para asegurar que un sistema de ingeniería complejo cumpla con las funciones requeridas en un contexto operativo y de tiempo determinado (Jara y otros, 2018).

El mantenimiento industrial está pasando por un gran cambio en los últimos años y se vienen presentando un incremento en el desarrollo tecnológico de los equipos e instrumentos utilizados y aplicados en actividades de mantenimiento, generando el nuevas oportunidades de mejora importantes en las industrias, generando así mayor eficiencia en los procesos de las empresa, aumentado la producción y evitando detenciones inesperadas en los equipos, brindando mayor disponibilidad, acompañado del consumo correcto de energía, cuidando que las instalaciones que no cuenten con una buena planificación de mantenimiento predictivo, basado en reducir las actividades de mantenimiento correctivos no programados con detenciones inesperadas, van a generar pérdidas de disponibilidad y económicas en los cumplimientos de producción (Contreras, 2020).

Durante las actividades de mantenimiento es factible diferenciar los siguientes tipos

de mantenimiento:

El mantenimiento correctivo, es un tipo de mantenimiento definido por el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de estos. Del otro lado, se tiene al Mantenimiento preventivo, en este tipo de mantenimiento se tiene por misión mantener un nivel de servicio óptimo y de calidad en los equipos, programando las correcciones de sus puntos vulnerables en el momento correcto. El Mantenimiento predictivo debe entenderse como aquella metodología que se basa en las intervenciones de la máquina o procesos sobre los que se aplican, para la evolución de una determinada variable (Gonzales, 2015).

De las definiciones antes citadas es factible sintetizar para el contexto de la presente investigación; así se entiende que el mantenimiento predictivo se basa en las diferentes técnicas enfocadas para identificar patrones de fallas prematuras y en desarrollo, reflejadas en los grupos de equipos, donde se recolectan gran cantidad de datos, basados en las distintas técnicas predictivas como el análisis de vibraciones, inspecciones por termografía, ultrasonido, ensayos no destructivos y análisis de aceite.

El mantenimiento enfocado en la condición de los equipos se hace eficiente y flexible para que los diferentes tipos de mantenimiento se puedan ejecutar, cuando se identifiquen las fallas en los equipos y así se puedan programar para ser ejecutados en una parada con el tiempo y programación correspondiente. Por otro lado, la reducción de las cantidades de repuestos y horas hombre innecesarias durante las actividades de mantenimientos; se deben realizar en las actividades que no generen mucho impacto económico a la empresa, mientras que, si el impacto de las fallas es catastrófico, se tendrá que volver a evaluar las condiciones y criticidad de los equipos implementando nuevas estrategias que lleven a los equipos y procesos ser más confiables y con mayor disponibilidad.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

En esta investigación se contará con un enfoque cuantitativo, debido a que la metodología central se considera con la medición e interpretación de los conceptos que precisan las filosofías del proceso para conocimiento. Así mismo la investigación es aplicada, debido a que la característica básica de la investigación es el énfasis en resolver problemas y definir las decisiones más importantes en corto y largo plazo (Mohammand, 2000).

Diseño de investigación

La selección fue Pre - experimental

En este diseño, consistirá en el desarrollo de cómo realizar el tratamiento correcto en la modalidad de la investigación de pre y post test con grupo único. El diseño tiene la siguiente estructura.

3.2. Variables y operacionalización

La variable es una característica de un agente que se puede ser cuantificable, esto es que se puede contar y medir. Usualmente representa una cualidad importante en el hecho o el problema que se está investigando (Hernández F.,2002).

Las variables en este proyecto de investigación son 2:

Variable Independiente: Plan de mejora

Integra la decisión estratégica sobre cuáles son los cambios que deben incorporarse a los diferentes procesos de la empresa, mediante la evaluación de técnicas predictivas y análisis de datos, donde puedan ser interpretados por especialistas, los cuales mostraran con mayor claridad las actividades realizadas de mantenimiento predictivo.

Variable Dependiente: Disponibilidad

La disponibilidad de los equipos es un indicador que evalúa el desempeño de los

elementos que realizan una determinada función, en un momento dado durante un determinado periodo de tiempo, con base en los parámetros de confiabilidad, capacidad de servicio y soporte de mantenimiento para la mejora de los equipos críticos en la producción, identificados y clasificados mediante el AMEF.

3.3. Población, muestra y muestreo

(Serrano R., 2009) los estadísticos diferencian entre un parámetro referido a una población ($n > 30$) y un parámetro referido a unas cuantas observaciones extraídas de una población (muestra). La información que debemos deducir acerca de la población estaría compuesta por estimaciones del valor medio, de la dispersión y la distribución de los valores fundamentalmente.

Población:

Para este proyecto de investigación, se ha considerado el tamaño de la población en base a la cantidad de máquinas críticas en el área molienda que son 5 máquinas, estas pertenecientes a dicha área de la empresa minera.

- **Criterios de inclusión:**

Se incluyen los 5 equipos críticos con más detenciones que afectan directamente al área de molienda de la unidad minera.

- **Criterios de exclusión:**

Aquellos equipos que presentan baja criticidad en el proceso y no se tiene gran impacto en los procesos de la unidad minera.

Muestra:

La muestra está conformada todos los equipos del área de molienda (5 equipos), aplicando un muestreo por conveniencia (censal).

Unidad de análisis:

Está conformada con respecto a la selección del área e identificación de un top 5 de equipos críticos, los cuales impactarían considerablemente al proceso, es la muestra debido a que las máquinas poseen datos que serán utilizados para el análisis correspondiente.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La investigación realizada contara con técnicas e instrumentos para la recolección de datos por cada una de las variables como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1: Instrumentos de recolección de datos.

VARIABLE	TÉCNICA	INSTRUMENTOS
Plan de mejora	Análisis Documental	Lista de criticidad de equipos
Disponibilidad	Análisis Documental Análisis de datos	Registro de eventos Registro de AMFE

Fuente: Propia

Durante el proceso de recolección de datos, se realizará mediante análisis documentarios, los cuales servirán para revisar las actividades programadas y ejecutadas durante, las actividades de monitoreo de condición, tomando como principales muestras los análisis y recomendaciones emitidas por los analistas predictivos.

Esta información es recolectada y llevada para ser analizados y exportados en las guías documentales y así poder clasificar la información para realizar el análisis correspondiente a cada equipo con los datos recolectados.

Los instrumentos utilizados para la investigación se encuentran ubicados en el anexo N°2, acompañado de la validez que fueron validadas por tres expertos profesionales en la especialidad, ubicados en el Anexo N°3, pudiendo así realizar la recolección correcta de datos necesarios de la empresa y futuras investigaciones necesarias.

3.5. Procedimientos

Se realizará la investigación con apoyo de los instrumentos presentados con ayuda y respaldo de los objetivos específicos y poder complementar con el objetivo general es Identificar la influencia de la implementación de un plan de mejora del mantenimiento predictivo basado en confiabilidad sobre la disponibilidad del equipo crítico de molienda en el proceso de la Unidad Minera.

Respecto al primer objetivo específico, consiste en calcular la disponibilidad del equipo crítico de molienda en la Unidad Minera, según los tiempos entre fallos (MTBF) y los tiempos técnicos de reparación (MTTR). Para esto se elabora un formato donde se tiene que registrar todos los eventos de parada de los equipos críticos y así poder clasificar por prioridad las atenciones en los equipos críticos.

En el segundo objetivo específico, es para diseñar e implementar un "Plan de mejora de la gestión del mantenimiento predictivo, en base al diagnóstico del funcionamiento del equipo crítico de la Unidad Minera, según el nivel de las vibraciones, de contaminantes en el aceite y de la energía irradiada en las máquinas para así conocer los síntomas de las condiciones en el equipo crítico de molienda en la unidad minera.

El tercer objetivo específico, es identificar la influencia de la implementación de un Plan de mejora de la gestión de mantenimiento predictivo en los costos operativos del equipo crítico de molienda en la Unidad Minera, para así poder evitar paradas inesperadas y tener las intervenciones requeridas por los equipos de manera planificada.

Por último, al calcular la disponibilidad del equipo crítico de molienda en la unidad Minera, posterior a la implementación de las mejoras, utilizando las bases de datos para la elaboración de cuadros estadísticos que representen la condición actual y eventos por detenciones y fallas del equipo crítico en el área de molienda.

3.6. Método de análisis de datos:

Se aplicará análisis estadístico inferencial, aplicando una prueba de comparación de medias utilizando un estadístico para los datos del pre y post test, este análisis ayudará a aceptar la hipótesis nula o la hipótesis alternativa.

3.7. Aspectos éticos:

La presente investigación se destaca la consideración y respeto por los autores de las investigaciones expuestas referenciándose correctamente, así mismo se está utilizando el mecanismo de revisión turniting para evitar altos porcentajes de similitud.

Con respecto a la beneficencia, los datos obtenidos no darán lugar a ser expuestos ya que se busca respetar la confidencialidad de los datos de la organización. También se hace justicia basándome en la confidencialidad y correcto manejo de la información brindada sin alterarla y sin usarla para algún interés en particular.

IV. RESULTADOS

Se presentan de acuerdo al orden de los objetivos específicos la disponibilidad desde enero como se tenía la disponibilidad pre-test y se puede observar la comparación con post-test, acompañado del plan de acción, considerando los modos de falla registrados en el diagrama de Pareto para poder analizar y realizar los planes de acción para así poder mejorar la disponibilidad en los futuros meses.

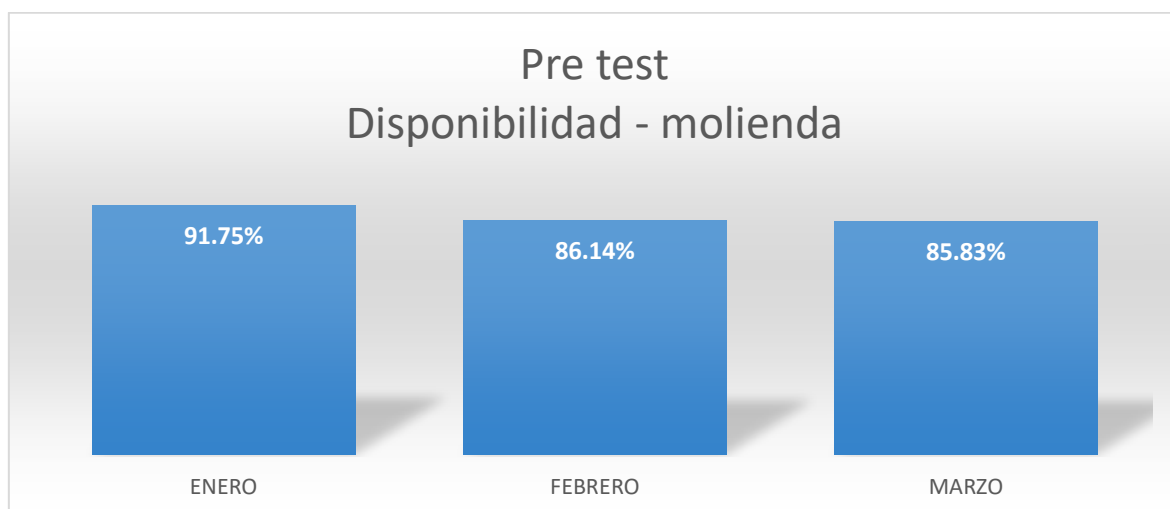
Se observa disponibilidad mostrando el desarrollo en el tiempo dentro del periodo para análisis de pre-test, enero-marzo.

En el siguiente cuadro, se muestra la disponibilidad inicial medida y usada como pre-test para su Analisis en disponibilidad de los equipos críticos, respecto al primer trimestre.

Tabla 2: Cálculo de disponibilidad – pre test.

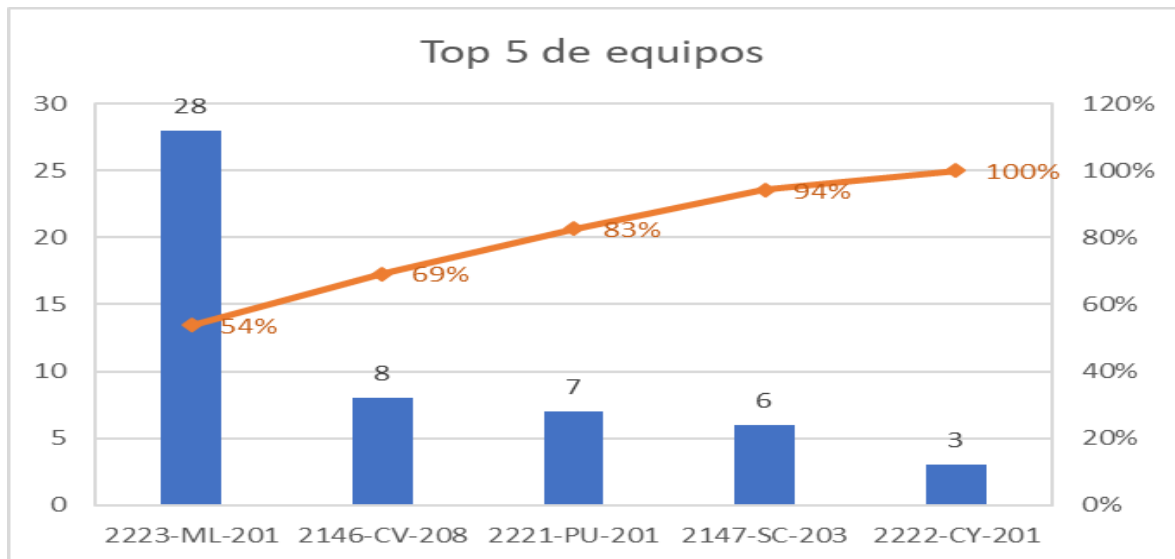
EQUIPOS	MTBF			MTTR			DISPONIBILIDAD		
	ENE	FEB	MAR	ENE	FEB	MAR	ENE	FEB	MAR
ML-201	113.77	578.88	638.54	1.21	2.35	0.44	92.60%	86.50%	85.83%
PU-201	744	744	720	0.00	0.00	0.00	100.00%	100.00%	100.00%
SC-203	744	744	744	0.00	0.00	0.00	99.14%	100.00%	100.00%
CV-208	744	744	744	0.00	0.00	0.00	100.00%	100.00%	100.00%
CY-201	744	744	720	0.00	0.00	0.00	100.00%	100.00%	100.00%

Figura 1: Indicador de Pre test.



Se realiza el análisis del diagrama de Pareto por criticidad para la selección de top 5 para selección de los equipos que registran mayores detenciones y estén considerados en el impacto de la disponibilidad.

Figura 2: Top 5 de equipos.



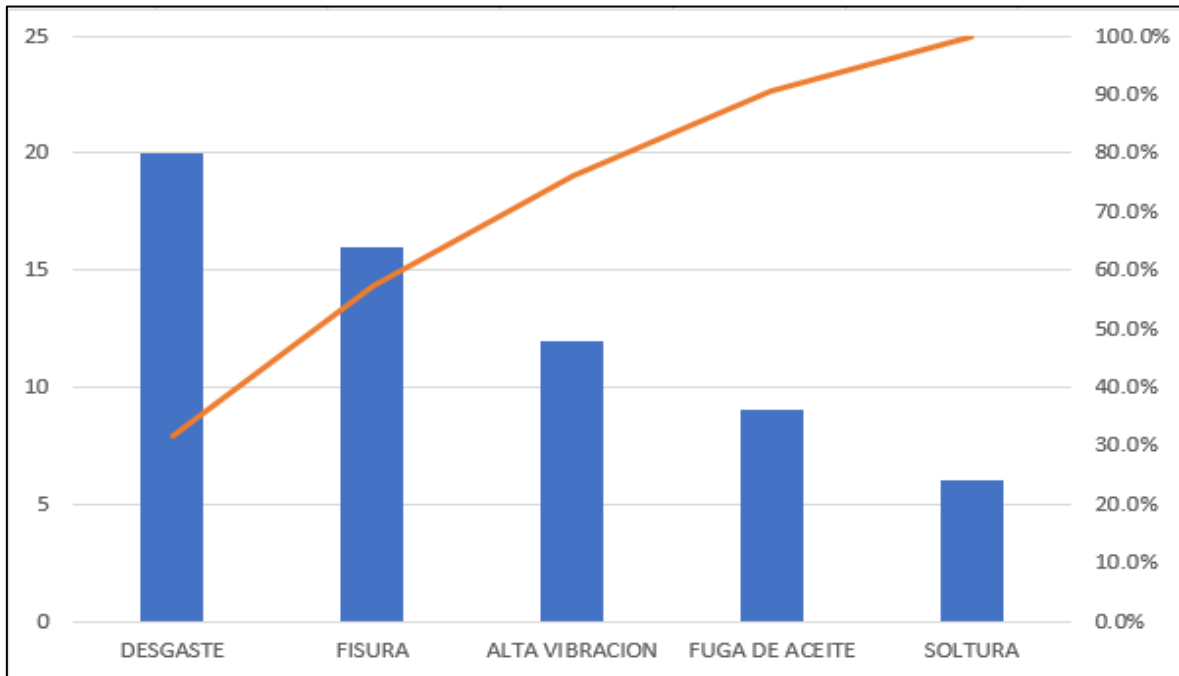
Se analizaron las principales fallas de los equipos, las cuales se encuentran registradas en base de datos de detenciones en formatos de la empresa, con esta base se puede calcular cualquier indicador de confiabilidad, para que se pueda entender los principales modos de falla, ayudando a tomar las mejores soluciones y poder así elaborar las entrevistas y planes de acción presentados a continuación:

Figura 3: Base de datos de detenciones.

FECHA	PLANTA	NOMBRE AREA	N° EQUIPO	FECHA Y HORA DE INICIO DE PARADA	FECHA Y HORA DE FIN DE PARADA	TIEMPO DE PARADA EN HORAS	ESTADO	TIPO DE ESTADO	ESTADO 3	ORDEN DE MANTENIMIENTO	COMPONENTE	PARTE	MODOS DE FALLA	ESPECIFICACION	COMENTARIO CONFIPETROL
2/0/2022	PLANTA SULFUROS	MOLIENDA, FLOTACION, REMOLIENDA Y ESPESADOR	2147-SC-203	02/0/2022 17:25:01	02/0/2022 17:58:37	0.56	MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO NO PROGRAMADO	CORRECTIVO NO PROGRAMADO	SISTEMA DE TRANSMISION	EXCITADOR	PERNO	FRACTURA	Mec	Parada de Zaranda Terciaria SC-203 por reposición de Pernos en base de Excitadores de la Zaranda. No afecta la disponibilidad del Área de Molienda, Flotación y Espesador.
3/0/2022	PLANTA SULFUROS	MOLIENDA, FLOTACION, REMOLIENDA Y ESPESADOR	2147-SC-203	03/0/2022 17:09:36	03/0/2022 18:00:37	0.85	MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO PROGRAMADO	CORRECTIVO PROGRAMADO	SISTEMA ESTRUCTURAL	SIDE PLATE/ESTRUCTURA	SIDE PLATE	FISURA	Mec	Parada de Zaranda Terciaria SC-203 por inspección estructural. No afecta la disponibilidad del Área de Molienda, Flotación y Espesador.
3/0/2022	PLANTA SULFUROS	MOLIENDA, FLOTACION, REMOLIENDA Y ESPESADOR	2282-PU-255	04/0/2022 00:02:00	04/0/2022 00:26:00	0.40	OPERACIONAL	OPERACIONAL	OPERACIONAL					Ope	Parada de Bomba Dosificadora de Colector primario 2282-PU-255 por falla alarma general. Operación no tiene pase para arranque, Manto. Elé se acerca a la sala, realiza el reseteo y se da
5/0/2022	PLANTA SULFUROS	MOLIENDA, FLOTACION, REMOLIENDA Y ESPESADOR	2261-TH-202	05/0/2022 13:10:54	05/0/2022 13:44:29	0.56	OPERACIONAL	OPERACIONAL	OPERACIONAL					Ope	Parada de Espesador de Concentrado por Falla del sistema Hidráulico principal, alarma general. No afecta la disponibilidad del Área de Molienda - Flotación - Espesador.
5/0/2022	PLANTA SULFUROS	MOLIENDA, FLOTACION, REMOLIENDA Y ESPESADOR	2261-TH-202	05/0/2022 14:23:30	05/0/2022 14:27:19	0.06	OPERACIONAL	OPERACIONAL	OPERACIONAL					Ope	Parada de Espesador de Concentrado por Falla del sistema Hidráulico principal, alarma general. No afecta la disponibilidad del Área de Molienda - Flotación - Espesador.
5/0/2022	PLANTA SULFUROS	MOLIENDA, FLOTACION, REMOLIENDA Y ESPESADOR	2261-TH-202	05/0/2022 14:46:09	05/0/2022 14:49:13	0.05	OPERACIONAL	OPERACIONAL	OPERACIONAL					Ope	Parada de Espesador de Concentrado por Falla del sistema Hidráulico principal, alarma general. No afecta la disponibilidad del Área de Molienda - Flotación - Espesador.
5/0/2022	PLANTA SULFUROS	MOLIENDA, FLOTACION, REMOLIENDA Y ESPESADOR	2261-TH-202	05/0/2022 15:08:21	05/0/2022 15:16:09	0.13	OPERACIONAL	OPERACIONAL	OPERACIONAL					Ope	Parada de Espesador de Concentrado por Falla del sistema Hidráulico principal, alarma general. No afecta la disponibilidad del Área de Molienda - Flotación - Espesador. Se procede a detener
5/0/2022	PLANTA SULFUROS	MOLIENDA, FLOTACION, REMOLIENDA Y ESPESADOR	2261-TH-202	05/0/2022 15:37:36	05/0/2022 15:48:27	0.18	OPERACIONAL	OPERACIONAL	OPERACIONAL					Ope	Parada de Espesador de Concentrado por Falla del sistema Hidráulico principal, alarma general. No afecta la disponibilidad del Área de Molienda - Flotación - Espesador.
5/0/2022	PLANTA SULFUROS	MOLIENDA, FLOTACION, REMOLIENDA Y ESPESADOR	2261-TH-202	05/0/2022 16:12:28	05/0/2022 16:14:20	0.03	OPERACIONAL	OPERACIONAL	OPERACIONAL					Ope	Parada de Espesador de Concentrado por Falla del sistema Hidráulico principal, alarma general. No afecta la disponibilidad del Área de Molienda - Flotación - Espesador.
6/0/2022	PLANTA SULFUROS	MOLIENDA, FLOTACION, REMOLIENDA Y ESPESADOR	2146-CV-208	06/0/2022 15:40:00	06/0/2022 16:17:09	0.62	OPERACIONAL	OPERACIONAL	OPERACIONAL					Ope	Causa Externa: Parada de Faja CV-208 por activación de sensor de Rotura ZS 2121. Operaciones realiza maniobras de liberar la alarma, procede arranque en vacío a 16:00 hr.
6/0/2022	PLANTA SULFUROS	MOLIENDA, FLOTACION, REMOLIENDA Y ESPESADOR	2146-CV-208	06/0/2022 16:58:15	06/0/2022 17:11:44	0.22	MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO NO PROGRAMADO	CORRECTIVO NO PROGRAMADO	TRANSPORTE DE MINERAL	FAJA	FAJA	CORTE	Mec	Parada de Faja CV-208 para realizar el corte de Parache suelto presente en el centro de Faja que ocasiona la activación del sensor de Rotura ZS 2121
9/0/2022	PLANTA SULFUROS	MOLIENDA, FLOTACION, REMOLIENDA Y ESPESADOR	2147-SC-203	9/0/2022 14:21:05	9/0/2022 15:28:31	1.12	MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO OPORTUNIDAD	OPORTUNIDAD	SISTEMA DE TRANSMISION	EXCITADOR	EXCITADOR	CONTAMINACION	Mec	Trabajo en Oportunidad: Se realiza cambio de aceite de excitador libre de SC 203,
9/0/2022	PLANTA SULFUROS	MOLIENDA, FLOTACION, REMOLIENDA Y ESPESADOR	2147-SC-203	9/0/2022 14:21:05	9/0/2022 15:28:31	1.12	MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO OPORTUNIDAD	OPORTUNIDAD	ELEMENTOS DE DESGASTE	SIDE PLATE LINER	SIDE PLATE LINER	FISURA	Mec	Inspección de fisura en side plate de SC 203 y medición de frecuencia natural de la zaranda
9/0/2022	PLANTA SULFUROS	MOLIENDA, FLOTACION, REMOLIENDA Y ESPESADOR	2148-CV-209	9/0/2022 14:21:05	9/0/2022 15:28:31	1.12	MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO OPORTUNIDAD	OPORTUNIDAD	TRANSPORTE DE MINERAL	POLIM	POLIN	DESGASTE	Mec	Trabajo en Oportunidad: regulación de Pasador Faja CV-209 cambio de ambos polines Buzidor #24 y Polin derecho Buzidor #16
14/0/2022	PLANTA SULFUROS	MOLIENDA, FLOTACION, REMOLIENDA Y ESPESADOR	2147-SC-203	14/0/2022 14:01:34	14/0/2022 19:18:09	5.28	MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO PROGRAMADO	CORRECTIVO PROGRAMADO	SISTEMA ESTRUCTURAL	PLATE/ESTRUCTURA	SIDE PLATE	FISURA	Mec	(DA) Parada de Área de Molienda, Flotación, Remolienda y Espesador por intervención en la zaranda terciaria SC-203, por inspección NDT de Side Plate.
18/0/2022	PLANTA SULFUROS	MOLIENDA, FLOTACION, REMOLIENDA Y ESPESADOR	2148-CV-209	18/0/2022 19:44:43	18/0/2022 20:00:35	0.26	OPERACIONAL	OPERACIONAL	OPERACIONAL					Ope	Se detiene la faja CV-209 por alta vibración a consecuencia del material húmedo pasante.
19/0/2022	PLANTA SULFUROS	MOLIENDA, FLOTACION, REMOLIENDA Y ESPESADOR	2223-ML-201	19/0/2022 22:17:29	19/0/2022 23:02:51	0.76	MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO NO PROGRAMADO	CORRECTIVO NO PROGRAMADO	SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO	SENSOR	SENSOR DE TEMPERATURA	FALSA SEÑAL	Eñi	Se detiene el Molino de Bolas ML-201 por activación del sensor de temperatura (Nivel Alto-Alto) del motor ML-201-M2. Se debe a una falsa señal del sensor de temperatura (TE-21609)
22/0/2022	PLANTA SULFUROS	MOLIENDA, FLOTACION, REMOLIENDA Y ESPESADOR	2147-CH-225	22/0/2022 11:43:29	22/0/2022 12:22:29	0.65	MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO NO PROGRAMADO	CORRECTIVO NO PROGRAMADO	SISTEMA DE CONTENCION	FALDERA	FALDERA	DESGASTE	Mec	Se detiene la zaranda terciaria SC-203 por reposición de falderas del chute de descarga (overste). También se realizó la reposición y cambio de pernos de la pared lateral de la zaranda
22/0/2022	PLANTA SULFUROS	MOLIENDA, FLOTACION, REMOLIENDA Y ESPESADOR	2146-CV-208	22/0/2022 15:25:50	22/0/2022 16:06:44	0.68	OPERACIONAL	OPERACIONAL	OPERACIONAL					Proo	Se detiene la alimentación de carga por problemas en el enfriamiento del Sistema Hidráulico, ya que no se tenía confirmación de apertura de la válvula (Y16).
22/0/2022	PLANTA SULFUROS	MOLIENDA, FLOTACION, REMOLIENDA Y ESPESADOR	2223-ML-201	22/0/2022 17:36:41	22/0/2022 17:44:37	0.13	MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO NO PROGRAMADO	CORRECTIVO NO PROGRAMADO	SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO	SENSOR	SENSOR DE TEMPERATURA	FALSA SEÑAL	Eñi	Se detiene el Molino de Bolas ML-201 por señal de temperatura (nivel alto alto) del motor N° 02 del Molino, por una falsa señal de temperatura en la caja de bornas.
23/0/2022	PLANTA SULFUROS	MOLIENDA, FLOTACION, REMOLIENDA Y ESPESADOR	2147-SC-203	23/0/2022 10:15:25	23/0/2022 11:11:10	0.93	MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO NO PROGRAMADO	CORRECTIVO NO PROGRAMADO	ELEMENTOS DE DESGASTE	SIDE PLATE LINER	SIDE PLATE LINER	FISURA	Conf	Se detiene la zaranda terciaria SC-203 a solicitud de Contabilidad para la realización de líquidos penetrantes en fisuras de la estructura del Side Plate de la zaranda.
23/0/2022	PLANTA SULFUROS	MOLIENDA, FLOTACION, REMOLIENDA Y ESPESADOR	2146-CV-208	23/0/2022 18:52:53	23/0/2022 19:00:00	0.12	OPERACIONAL	OPERACIONAL	OPERACIONAL					Proo	Se detiene la faja CV-208 (se corta la alimentación de carga) por el problema en el control automático del HPGR.
23/0/2022	PLANTA SULFUROS	MOLIENDA, FLOTACION, REMOLIENDA Y ESPESADOR	2146-CV-208	23/0/2022 18:00:00	23/0/2022 19:25:38	0.43	OPERACIONAL	OPERACIONAL	OPERACIONAL					Proo	Se detiene la faja CV-208 (se corta la alimentación de carga) por el problema en el control automático del HPGR.
26/0/2022	PLANTA SULFUROS	MOLIENDA, FLOTACION, REMOLIENDA Y ESPESADOR	2223-ML-201	27/0/2022 08:03:19	27/0/2022 07:00:00	0.94	OPERACIONAL	OPERACIONAL	CORRECTIVO NO PROGRAMADO					Ope	Trabajo de limpieza del área para entrega a la parada de planta por manto
27/0/2022	PLANTA SULFUROS	MOLIENDA, FLOTACION, REMOLIENDA Y ESPESADOR	2223-ML-201	27/0/2022 07:00:00	29/0/2022 13:07:02	54.12	MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO PROGRAMADO	MANTENIMIENTO PROGRAMADO					Mec	Parada de planta.
29/0/2022	PLANTA SULFUROS	MOLIENDA, FLOTACION, REMOLIENDA Y ESPESADOR	2223-ML-201	29/0/2022 16:59:15	29/0/2022 17:04:49	0.09	MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO NO PROGRAMADO	CORRECTIVO NO PROGRAMADO	SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO	SENSOR	SENSOR DE TEMPERATURA	FALSA SEÑAL	Mec	Alarma de diferencial de temperatura a 10°C piñon corona lado #1. Electricistas procedieron a realizar trabajos de mantenimiento correctivo y configuración de sensor.

Se muestra el diagrama de Pareto como ayuda complementaria para mejora del análisis mostrando los principales modos de fallas con mayor repetitividad en un top 5.

Figura 4: Diagrama de Pareto – modos de falla.



Se realizó una entrevista con los supervisores de mantenimiento de las distintas áreas involucradas, para poder obtener a base de entrevista valores que se asocian mucho a la realidad con su criterio técnico, presentándose como herramienta donde consiste en marcar del 1 al 10, donde 1 es NO tan crítico y 10 muy crítico, según los modos de falla indicados.

Tabla 3: Entrevista.

MODOS DE FALLA	SP1	SP2	SP3	TOTAL
DESGASTE	8	7	5	20
FISURA	7	5	4	16
ALTA VIBRACION	4	4	4	12
FUGA DE ACEITE	4	3	2	9
SOLTURA	2	2	2	6

En el análisis de causas (Ishikawa), como se observa en la fig. 5, se puede identificar las principales causas principales y llegar a la raíz consiguiendo

analizar y mejorar la toma de decisiones en las causas y sub causas identificados.

Figura 5: Análisis de causas – Isikawa.



También se elaboró un cuadro resumen listando los planes de acción, articulados para cada causa raíz identificado, pudiendo facilitar la priorización y ejecución de cada plan de acción mencionado, adjuntando evidencian como registros, fotografías, solicitudes vía correo y software de control.

Tabla 4: Planes de acción.

CAUSAS	ACCIÓN CORRECTIVA
deficiente plan de mantenimiento	Cargar planes de mantenimiento de inspección y cambio de componentes en SAP
diseño y selección de equipos inadecuada	Contratar servicio de empresas especializadas, para mejorar los diseños de equipos
mal montaje	Capacitación a personal mecánico y instalación de sensores online
Baja calidad de repuestos	Invitar a proveedores para realizar propuestas de mejora
Falta de herramientas	Compra de herramientas adecuadas y mejorar la distribución en almacén

IMPLEMENTACIÓN:

Acción 1: Se viene trabajando en la carga de planes de mantenimiento en software SAP como se muestra en la fig. 6, donde se empezaría a generar

ordenes de trabajo para los equipos con frecuencias definidas para sus mantenimientos.

Figura 6: Planes de mantenimiento cargados en SAP.

Equipo	Denominación de objeto técnico	Plan mant.prev.	Pos.mantenim.	Descripción posición de mantenimiento	Grupo hojas ruta	CGH
10016614	BOMBA CENTRIFUGA METSO MDM650 THC C5HC	10811	17539	INSP MEC BOMB ALIMENT CICLONES PRIMA...	MBOM099	M1
10016614	BOMBA CENTRIFUGA METSO MDM650 THC C5HC	10812	17540	INSP ELE BOMB ALIMENT CICLONES PRIMA...	MBOM099	E1
10016614	BOMBA CENTRIFUGA METSO MDM650 THC C5HC	10813	17541	INSP INS BOMB ALIMENT CICLONES PRIMAR...	MBOM099	I1
10016614	BOMBA CENTRIFUGA METSO MDM650 THC C5HC	10814	17542	PREV MEC BOMB ALIMENT CICLONES PRIMA...	MBOM099	M2
10016614	BOMBA CENTRIFUGA METSO MDM650 THC C5HC	10815	17543	PREV ELE BOMB ALIMENT CICLONES PRIMA...	MBOM099	E2
10016614	BOMBA CENTRIFUGA METSO MDM650 THC C5HC	10816	17544	PREV INS BOMB ALIMENT CICLONES PRIMA...	MBOM099	I2
10016614	BOMBA CENTRIFUGA METSO MDM650 THC C5HC	10817	17545	LUBR MEC BOMB ALIMENT CICLONES PRIMA...	MBOM099	M3
10016614	BOMBA CENTRIFUGA METSO MDM650 THC C5HC	10818	17546	LUBR ELE BOMB ALIMENT CICLONES PRIMA...	MBOM099	E3
10016614	BOMBA CENTRIFUGA METSO MDM650 THC C5HC	10819	17547	PRED BOMB ALIMENT CICLONES PRIMARIOS	MBOM099	P1
10016614	BOMBA CENTRIFUGA METSO MDM650 THC C5HC	13499	20302	INSP ELE BOMB ALIMENT CICLONES PRIMA...	MBOM099	E1
10016614	BOMBA CENTRIFUGA METSO MDM650 THC C5HC	13500	20303	INSP INS BOMB ALIMENT CICLONES PRIMAR...	MBOM099	I1
10016614	BOMBA CENTRIFUGA METSO MDM650 THC C5HC	15945	22860	PREV MEC BMB 2221-PU-201	MBOM099	M4
10016614	BOMBA CENTRIFUGA METSO MDM650 THC C5HC	17400	24510	PU-201 Insp Mec Bomba	MBOM099	M5
10016614	BOMBA CENTRIFUGA METSO MDM650 THC C5HC	17563	24717	PM INSTRUMENTACION PU-201	422	I2
10016614	BOMBA CENTRIFUGA METSO MDM650 THC C5HC	17725	24905	[PU-201] INSP MEC RUTINARIO	MPU201	M3
10016614	BOMBA CENTRIFUGA METSO MDM650 THC C5HC	17727	24907	[PU-201] PREV MEC PREVENTIVO	MPU201	M4

A continuación, se detalla cada plan cargado con las actividades por códigos en el detalle de la fig.7, para que puedan facilitar y administrar las ejecuciones por tipo de actividad, pudiendo así analizar los KPI mensuales por cada área.

Figura 7: Detalle de mantenimiento SAP.

N...	FechaPrev.	Fecha de ...	Fecha de ...	Paquet.ven...	Cl.programación/Status	Des...	Unidad
2	03.12.2022	02.12.2022		S1	Programado,Espera		
3	10.12.2022	09.12.2022		S1 S4	Programado,Espera		
4	17.12.2022	16.12.2022		S1	Programado,Espera		
5	24.12.2022	23.12.2022		S1	Programado,Espera		
6	31.12.2022	30.12.2022		S1	Programado,Espera		
7	07.01.2023	06.01.2023		S1 S4 SA	Programado,Espera		
8	14.01.2023	13.01.2023		S1	Programado,Espera		
9	21.01.2023	20.01.2023		S1	Programado,Espera		
10	28.01.2023	27.01.2023		S1	Programado,Espera		
11	04.02.2023	03.02.2023		S1 S4	Programado,Espera		
12	11.02.2023	10.02.2023		S1	Programado,Espera		
13	18.02.2023	17.02.2023		S1	Programado,Espera		
14	25.02.2023	24.02.2023		S1	Programado,Espera		
15	04.03.2023	03.03.2023		S1 S4	Programado,Espera		

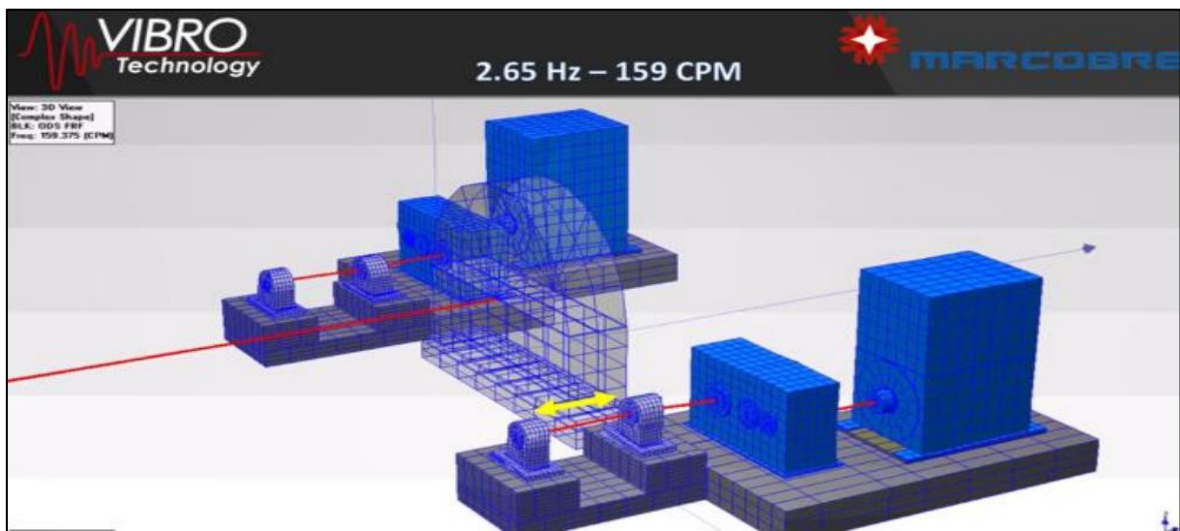
Acción 2: Se lanzó licitación para el servicio de análisis avanzado en fisuras con empresas especializadas en técnicas predictivas, donde la ganadora empezó a realizar las pruebas en los equipos críticos seleccionado con la tecnología avanzada, para Analisis y propuestas de mejora.

Figura 8: Ejecución de pruebas - vibrotechnology



El análisis ODS, consiste en simular el equipo analizar para en modo real evaluar su condición.

Figura 9: Analisis ODS



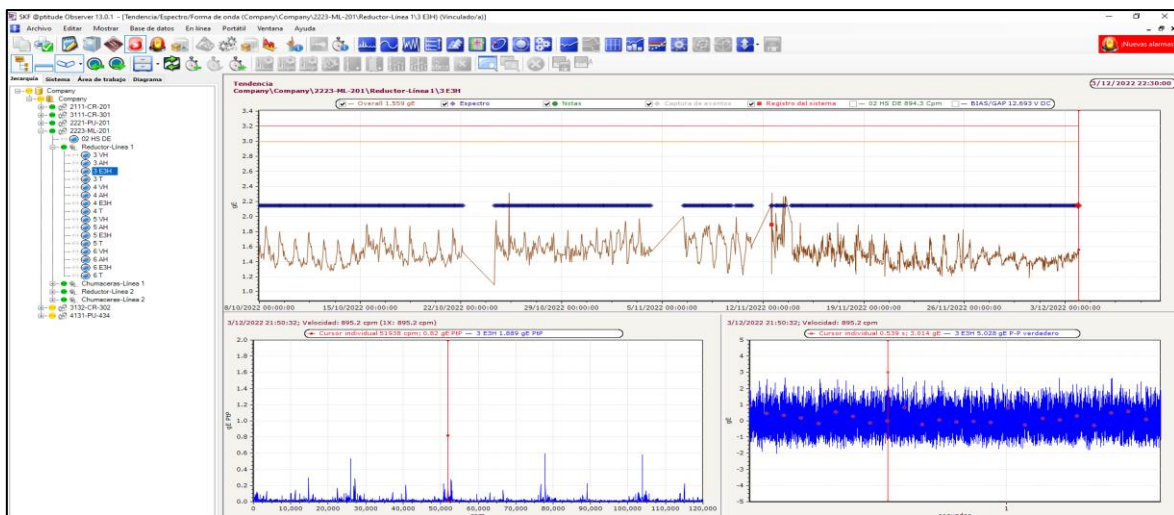
Acción 3: Se estableció un programa de capacitaciones internas para evaluar al personal que pueda acceder al beneficio de curso con certificación, adicional se propuso la instalación de sensores on line, para poder tener mapeado las 24 horas del día, los 365 días del año, mediante la revisión de software Observer de SKF, esta instalación y proyecto se ha empezado con 01 equipo como prueba.

Figura 10: Capacitación interna.



El presente software es quien control y emite el diagnostico de los equipos críticos con sensores permanentes on line instalados.

Figura 11: Software observe ron line SKF



Acción 4: Se solicitó comunicación por vía correo electrónico, como se evidencia en la fig. 12 dirigido a los fabricantes dando a conocer los modos de falla que se están dando en los componentes y equipos, para que pueda realizar visitas técnicas y empezar a programar en un plan de visitas técnicas.

Figura 12: Solicitud de visita a fabricantes

Fallas recurrentes en reguladora de presión R18-C00-RNXG

WF Wiles Fredi Chavez Diaz
Para reynaldo.suarez@imi-precision.com
CC Pedro Edgar Gonzales Seabra; Ruben Pablo Mamani Moreno; Supervisión Mantenimiento Planta Sulfuros; Planeamiento Mant

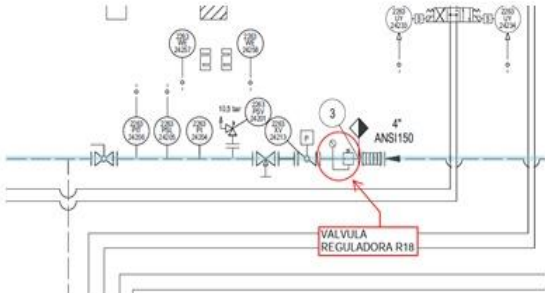
Manometro_03.jpg 96 KB Valv piloto_01.jpg 141 KB Valv piloto_02.jpg 76 KB Valv piloto_03.jpg 130 KB

Reynaldo, buenas noches.
Primero agradecerte por tu tiempo y explicarnos algunas dudas que tenemos con respecto a la válvula reguladora de presión de nuestro equipo Filtro Prensa.

De acuerdo a lo conversado favor enviarme lo siguiente:


- Despiece de la válvula reguladora de presión R18 y válvula piloto SPI/50413
- Un plano de corte donde indique todos los accesorios internos de la válvula R18
- Un video de como funciona la válvula reguladora de presión R18
- Los número de parte, de como solicitar el kit de reparación de la válvula piloto SPI/50413

Estaremos a la espera de tus comentarios y si coordinamos una cesión para capacitar a mis técnicos.





Adjunto fotos de estas válvulas que tenemos instaladas.

Reguladora de presión
Marca: IMI NORGREN
Modelo: R18-C00-RNXG



INLET	450	PSI
ANGE	10-250	P
TEMP	0.7-17	BA
	175	°F
	80	°C

Made in Mexico

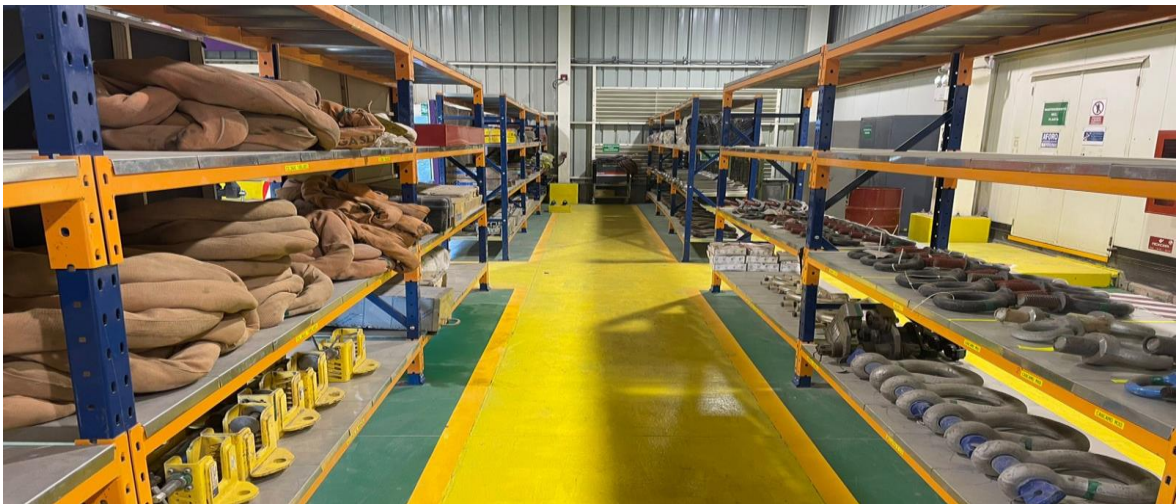


Acción 5: Se realizó la gestión de compra de herramientas por prioridades como se observa en la fig. 13, consideradas en prioridad por el retraso e incumplimiento a causa de la falta de herramientas y actualmente se tiene un kit de herramientas para cada mantenimiento por cada tipo de máquina, para así poder agilizar y ser más efectivos en las reparaciones y mantenimiento de las maquinas, también observando en la fig. 14, que se mejoró el orden y distribución, acompañado principalmente de la limpieza en el almacén

Figura 13: Herramientas nuevas



Figura 14: Orden y administración en almacén.



Cálculo de los indicadores de la matriz de operacionalización.

- Indicador de planificar – hacer:

$$\text{Planificar – hacer} = \frac{\text{Acciones ejecutadas}}{\text{Acciones planificadas}} * 100$$

$$\text{Planificar – hacer} = \frac{5}{5} * 100$$

$$\text{Planificar – hacer} = 100\%$$

- Acciones con impacto /Acciones ejecutadas

$$\text{Verificar – actuar} = \frac{\text{Acciones con impacto}}{\text{Acciones ejecutadas}} * 100$$

$$\text{Verificar} - \text{actuar} = \frac{4}{5} * 80$$

$$\text{Verificar} - \text{actuar} = 80\%$$

- Cantidad de equipos en condición crítica / cantidad de equipos diagnosticados

$$\text{Críticidad} = \frac{\text{Equipos en condición crítica}}{\text{Equipos diagnosticados}} * 100$$

$$\text{Críticidad} = \frac{10}{5} * 100$$

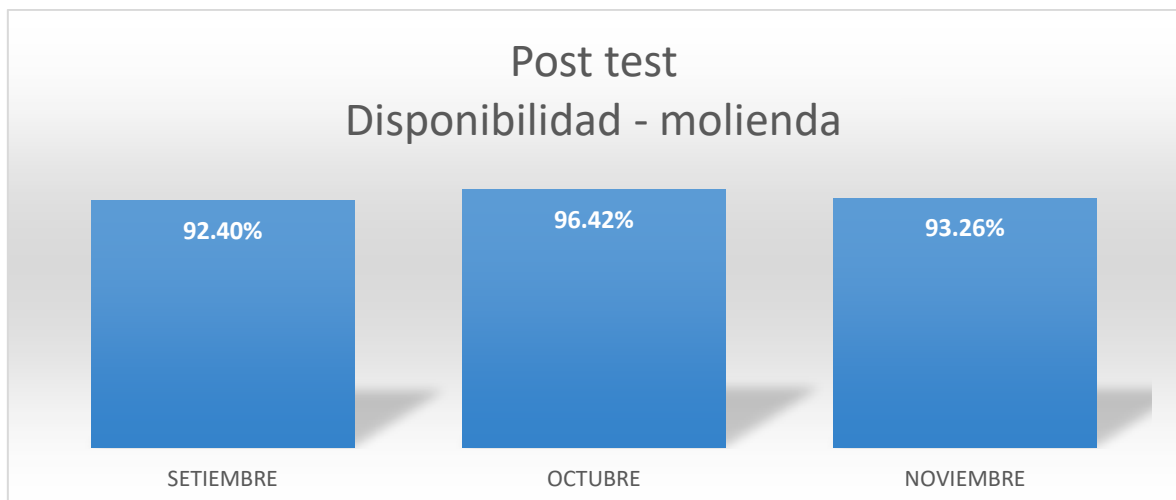
$$\text{críticidad} = 50\%$$

Como parte del diseño post-experimental, se muestra una mejora en los indicadores de disponibilidad, los cuales en el tiempo pueden llegar a ser estables y confiables con el proceso.

Tabla 5: Calculo de disponibilidad – post test.

EQUIPOS	MTBF			MTTR			DISPONIBILIDAD		
	SET	OCT	NOV	SET	OCT	NOV	SET	OCT	NOV
ML-201	137.50	347.12	138.77	0.91	0.37	0.74	92.40%	96.42%	93.26%
PU-201	744.00	744.00	743.92	0.32	0.00	0.08	99.87%	100.00%	99.99%
SC-203	744.00	360.00	744.00	0.00	0.00	0.46	100.00%	100.00%	99.72%
CV-208	744.00	143.62	743.30	0.00	0.38	0.70	100.00%	99.74%	99.91%
CY-201	744.00	744.00	744.00	0.32	0.00	0.08	100.00%	100.00%	100.00%

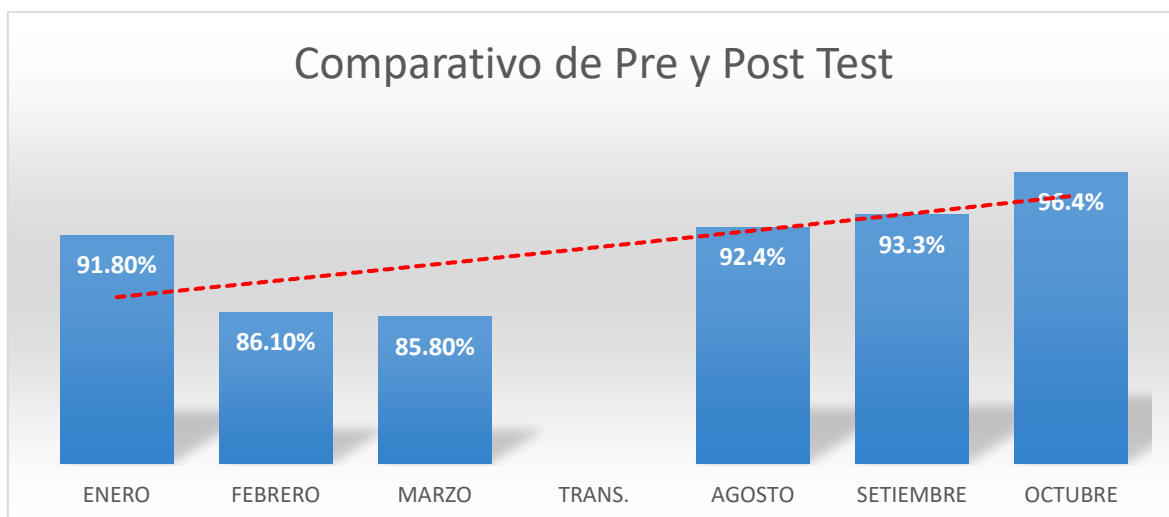
Figura 15: Indicador post test



Como se observa en la fig. 15. El comparativo de la disponibilidad tomada es del equipo con mejor porcentaje de disponibilidad del área, el cual es el molino

de bolas ML-201, mostrando como pre-test en los meses de enero, febrero y marzo, teniendo un periodo de transición, donde se implementaron los planes de acción de mejora, para incrementaron la disponibilidad en el área de molienda, mostrando una tendencia lineal positiva como se

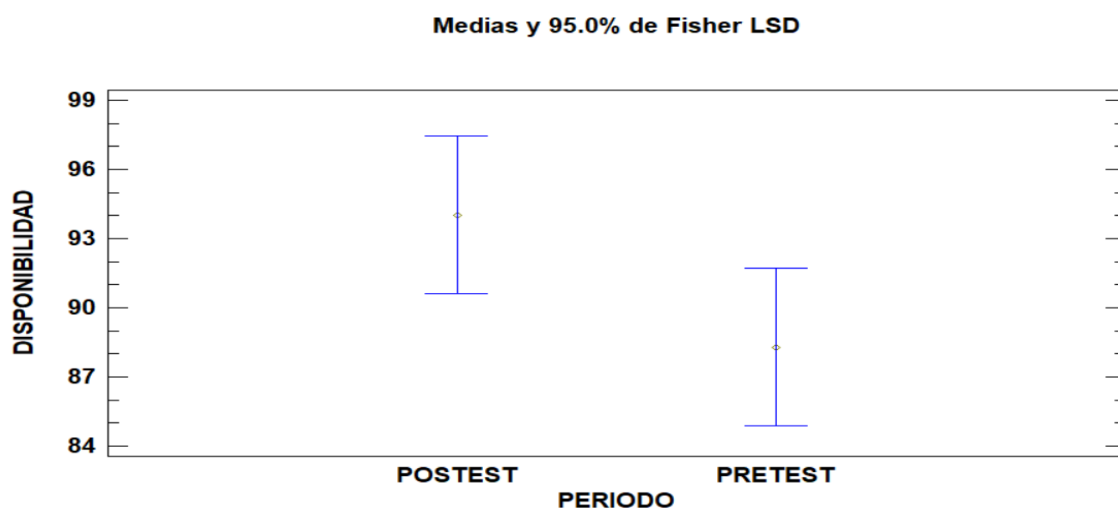
Figura 16: Comparativo de pre test y post test.



Análisis estadístico

En el análisis realizado de ANOVA, muestra como resultado un ligero incremento entre el pre y post test, con un 4% llevando alcanzar un 95% en promedio, este ligero incremento para las empresas es muy significativo en un año de análisis, como se muestra en la figura 16, es evidente y se consideraría con una DISPOBILIDAD de confianza.

Figura 17: Resultado de ANEVA para disponibilidad.



V. DISCUSIÓN

En el presente apartado compete someter a contraste los resultados de la relación causa efecto demostrada entre la Gestión del mantenimiento predictivo y la disponibilidad de los equipos críticos con las bases teóricas y referenciales; contraste que con llevará en corroborar la teoría existente.

En primera instancia como observación se tiene el resultado de la disponibilidad; así se identificó que la disponibilidad de los equipos Molino de bola, faja transportadora, bomba de ciclones, zaranda vibratoria y cajón, poseen disponibilidades variables y resaltando el equipo con mayor impacto es el Molino de bolas como se indica en el diagrama de Pareto, alcanzando una disponibilidad en el primer trimestre de 87.9%. con respecto de los resultados antes presentados en pre-test, es factible citar a (Contreras, 2020). Que la implementación de un programa a entrenar ayudara a seleccionar el mejor modelo predictivo, ya sea por familia de equipos o de manera global. La selección de la mejor estrategia predictiva se realizará cuando se concluya y se evalúen de acuerdo con los indicadores globales e independientes, dentro de los diversos algoritmos seleccionados previamente, la estrategia predictiva con mejor grado de asertividad en los fallos de un rodamiento por sus características propias de funcionamiento en los equipos. Según Random Forest, con un porcentaje de predicción de un 80% en fallos graves, 97% de fallos leves, 82% de fallos moderados y un 100% de sanos. Se complementando con las predicciones globales por modelo. Random Forest tiene el porcentaje más alto de predicción con un 88%. Por esto se debe realizar la selección correcta como mejor estrategia predictiva para el mantenimiento predictivo en motores (Contreras, 2020).

Al respecto del resultado anterior, es de precisar que la disponibilidad se logró aumentar, cuando se identificaron cuáles fueron las principales fallas y se cuantificaron según su repetitividad en los equipos y por ende se propuso las medidas preventivas con planes de acción y responsables de hacer cumplir para disminuir y/o eliminar las fallas; aspecto que se logra con la implementación plan de mantenimiento predictivo basado en la confiabilidad, apoyado y soportados de técnicas eficientes con manejo de equipos tecnológicos para su análisis, tales como el análisis de aceite, Analisis de vibraciones, ensayos NDT y el análisis

termográfico; la implementación de Mantenimiento predictivo basado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad en los equipos críticos, es validada en la presente Proyecto de tesis para demostrar el impacto significativo durante el proceso de implementación, respecto a los indicadores de disponibilidad del área en el post-test mostrando un incremento del casi 3% como se observa en la imagen 5. Se conoce que mejorando la disponibilidad mejora la producción y los costos operativos y de mantenimiento

Entre las condiciones a tener en cuenta, a fin de que se cumpla la premisa de efecto significativo de la implementación de plan de Mantenimiento predictivo basado en la confiabilidad para mejorar la disponibilidad en los equipos críticos, es de citar a (Kumar y otros, 2022). Ya que es importante mencionar que la falla de los componentes puede provocar un tiempo de inactividad importante y provocar pérdidas físicas y financiera para la industria. Por lo tanto, la aplicación de tecnologías PDM se vuelve esencial para prevenir fallas inesperadas en los componentes y planificar reparaciones críticas. La adopción de PDM significa muchas mejoras en los métodos de mantenimiento y producción, lo que reduce los procesos innecesarios de mantenimiento y producción, lo que reduce los procesos innecesarios que aumentan la mano de obra, el tiempo y los costos generales. Las estrategias de mantenimiento preventivo reducido ayudan a prevenir fallas devastadoras, mejorar la calidad del producto, aumentar la calidad general de la producción y entregar productos de calidad nominal a tiempo. Que es el objetivo principal de unidad minera

Como aspectos importantes a tener en cuenta a fin de tomar la mejor decisión al momento de querer mejorar la disponibilidad en los equipos críticos en base al mantenimiento predictivo y en concordancia con (María J., 2018). Donde menciona que el mantenimiento es una forma muy práctica, debido a que siempre se busca realizar las actividades de mantenimiento programadas de manera eficiente de los tiempos programados correctamente, y así no presenten fallas prematuras e incrementen la vida útil de los equipos. Entendiendo que los equipos y procesos fueron construidos bajo un mismo estándar y para cada trabajo determinado, es notorio que las actividades de mantenimiento de cualquier tipo, implica cuidado, mediante inspecciones y evaluación de programas, para que puedan cuidarse y

cumplir con los ciclos de la gestión de mantenimiento, priorizando minimizar las fallas que causen detenciones inesperadas.

Un pilar importante en considerar el la buena administración, selección y análisis de información que las empresas manejan y esto se debe. por la gran cantidad de actividades referentes a mantenimiento en las empresas, no se tiene en cuenta la gestión de información para la realización de la planificación correcta, causando errores y retrasos, normalmente se consideran los descargos y comentarios de los mantenedores y operadores. Observando también, que las actividades tienen prioridad previa a su evaluación de riesgo, por lo que se considera importante para los procesos industriales, en su gran mayoría no se tienen planes para la identificación temprana de fallas en los equipos, tampoco se cuenta con una frecuencia de inspecciones periódicas para conocer los estado y tiempo de vida de los equipos. Como recomendaciones a las empresas, se deben ejecutar procedimientos con descripciones detalladas de cada proceso, incluyendo instructivos y formatos, también adquirir software de gestión que faciliten la planificación y mejorar el cumplimiento de los mantenimientos, realizando inspecciones periódicas en los equipos predictivos, los cuales permiten diagnosticar la predicción de falla prematuras, para así brindar el soporte a las actividades de mantenimientos preventivos (Gazca y otros, 2021).

El llegar a conseguir que una empresa este alineada y forme parte de su cultura operacional y de mantenimiento llegar a un nivel que su planta y proceso sean confiables, demanda de realizar muchas mejoras en el tiempo, las cuales implican capacitaciones, implementaciones, servicios externos, los cuales refuerzan y mejora el desarrollo operacional y mantenibilidad de las maquinas que existe en el área, sobretodo buscando el enfoque en las maquinas criticas las cuales son de mayor impacto y solamente una parada inesperada, perjudica de manera significaba para empresa llegando a perder dinero y dificultad en otros procesos y equipos que se ven perjudicados por la detención de equipos críticos aleatorios.

La ingeniería de mantenimiento se está enfocando principalmente a dar una forma nueva sobre la gestión de mantenimiento basado y respaldado de la disponibilidad y confiabilidad, independientemente por cada equipo y al nivel macro como área y hasta por cada planta, e involucrando a todas las áreas, esta metodología se basa

como, la aplicación de la confiabilidad en la fase de diseño de un proyecto requiere compartir la experiencia y las habilidades multidisciplinarias de diferentes expertos. Para maximizar el valor, se debe aplicar al activo una combinación de gestión, financiamiento, ingeniería, construcción y otras actividades en busca de gestión, financiamiento, ingeniería, construcción y otras actividades en busca de los costos económicos del ciclo de vida. Este concepto está directamente relacionado con la confiabilidad del diseño y la mantenibilidad de los activos. La aplicación de la confiabilidad permite una mejor utilización de los activos o maximizara el valor del dinero invertido en los servicios públicos hasta la finalización del proyecto (Amendola L., 2018).

Finalmente, en el siglo XX un gran porcentaje de empresas en el Perú y el mundo están empezando en adquirir diversas culturas de mantenimiento y muy respaldado y soportado por los indicadores de confiabilidad evaluando todos los detalles como MTBF, MTTR, e indicadores propios que dashboard y software brinda con gran facilidad y pueda ser medible para representar las condiciones actuales de las empresas respecto a su mantenibilidad y operatividad.

VI. CONCLUSIONES

- De acuerdo a la investigación realizada con los datos de los equipos críticos del área de molienda tales como; Molino de bola, faja transportadora, bomba de ciclones, zaranda vibratoria y cajón, se incrementó la disponibilidad en 4.7%, debido al cumplimiento y ejecución de los planes de acción propuestos, enfocados en los modos de falla y causas raíz.
- El plan de mejora del mantenimiento predictivo basado en la confiabilidad, analizado en base a la condición actual y diagnósticos del funcionamiento de los equipos críticos en la unidad minera, haciendo uso de información de detenciones, análisis de criticidad, AMEF y acompañado de técnicas predictivas como, análisis de vibraciones, análisis termo gráfico ensayos NDT y análisis de aceite, son las herramientas para completar la elaboración la elaboración de los planes de acción.
- Los planes de acción propuestos fueron enfocados en los modos de falla y causa raíz, los cuales ayudaron a lograr incrementar los indicadores de disponibilidad y MTBF.
- Es para tener en cuenta que, en los casos de algunas otras unidades minera, deben evaluar dicho aspecto del Mantenimiento predictivo basado en confiabilidad o analizarlo como propuesta para incluirlo en las empresas, para mejorar las condiciones y proceso en sus equipos y plantas.
- La implementación debe considerar los aspectos principales que se mencionan y revisión de toda la información e historial de fallas para conocer la condición actual para definir los planes de acción de los desvíos en cada equipo.

VII. RECOMENDACIONES

- Implementar tecnología de información, análisis de datos y machine learning, monitoreo en línea, donde se puedan obtener las tasas de desgaste para el cambio óptimo de componentes, en base a datos históricos. (analítica predictiva).
- Se sugiere a las unidades mineras implementar el modelo de gestión de mantenimiento predictivo, tal cual se ha simulado en la presente tesis, ello le permitirá reducir significativamente sus costes operativos.
- Como pre requisito a la implementación de un plan de mantenimiento predictivo basado en la confiabilidad, se debe poner en práctica las buenas prácticas de los diversos tipos de mantenimiento, lo cual involucra aspectos desde la forma adecuada en los métodos de realizar los trabajos, para mejorar la confiabilidad y disponibilidad en los equipos, por ser el principal causante de los fallos.
- Siempre que se requiera implementar o utilizar las técnicas de mantenimiento predictivo basado en la confiabilidad, se debe evaluar que tan significativa será la inversión de monitorización y mejora de la disponibilidad en los equipos críticos, no solo debe estar orientado a un factor netamente económico, sino que se debe evaluar sobre todo la seguridad de los trabajadores que se podría garantizar y si del factor económico se trata de ocurrir algún accidente definitivamente el coste que se ahorraría será sumamente significativo, considerando las indemnizaciones producto de los aspectos legales implicados.

REFERENCIAS

- Ana María Sánchez Gómez. Técnicas de mantenimiento predictivo Metodología de aplicación en las organizaciones 2017. Universidad Católica de Colombia. [online]. (2017) [citado 2022-05-04]. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15585/1/TÉCNICAS%20DE%20MANTENIMIENTO%20PREDICTIVO.%20METODOLOGIA%20DE%20APLICACIÓN%20EN%20LAS%20ORGANIZACIONES.pdf>
- A. Mancuso, M. Compare, A. Salo y E. Zio. Optimal Prognostics and Health Management-driven inspection and maintenance strategies for industrial systems. Reliability Engineering & System Safety. [online]. (2021) vol. 210 [citado 2022-05-03]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0951832021000946> ISSN 09518320 DOI 10.1016/j.ress.2021.107536.
- Artículos y productos de bajo coste para mantenimiento. Mantenimiento Preventivo. [online]. (2020) [citado 2022-05-03]. Disponible en: <http://www.mantenimientoplanificado.com/j%20guadalupe%20articulos/MANTENIMIENTO%20PREVENTIVO%20parte%201.pdf>
- Carlos Sierra Fernández y Emilio Andrea Calvo. Técnicas de mantenimiento en instalaciones mineras. [online]. (2017) [citado 2022-05-04]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/384613251/Mantenimiento1>
- Benítez-Montalvo, Reinaldo Ihosvanny, Díaz-Concepción, Armando, Cabrera-Gómez, Jesús, García-Palencia, Oliverio, y Maura-Echenique, Alexander. Evaluación de componentes de confiabilidad operativa en cámaras frigoríficas. Ingeniería Mecánica [online]. (2016), vol.19, n.2 [citado 2022-05-03], pp.78-84. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59442016000200002&lng=es&tlng=en. ISSN 1815-5944
- Deepak Kumar Sharma, Shikha Brahmachari, Kartik Singhal y Deepak Gupta. Data driven predictive maintenance applications for industrial systems with temporal convolutional networks. Computers & Industrial Engineering [online]. 2022, vol.169, [citado 2022-05-03]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360835222002832>.

ISSN 03608352. DOI 10.1016/j.cie.2022.108213

Díaz Concepción, Armando, Benítez Montalvo, Reynaldo, Castillo Serpa, Alfredo del, Cabrera Gómez, Jesús, Villar Ledo, Lesis, y Rodríguez Piñeiro, Alberto Julio. Formulación de un nuevo concepto de confiabilidad operacional. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*. [online]. (2021) vol. 29, n.1, pp. 87-93. [citado 2022-05-15]. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052021000100087&lng=es&nrm=iso ISSN 07183305 DOI10.4067/S0718-33052021000100087

Díaz-Concepción, Armando, Villar-Ledo, Lesis, Rodríguez-Piñeiro, Alberto J., del-Castillo-Serpa, Alfredo, y Cabrera-Gómez, Jesús. Análisis bibliográfico de la confiabilidad operacional en sistemas técnicos complejos. *Ingeniería Mecánica*. [online]. (2018), vol. 21, n. 2 [citado 2022-05-03], pp. 77-81. Disponible en : http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59442018000200077&lng=es&tlng=es. ISSN 18155944 DOI 10.1016/j.cie.2022.108213

Díaz-Concepción, Armando, Villar-Ledo, Lesis, Rodríguez-Piñeiro, Alberto J., del-Castillo-Serpa, Alfredo, y Cabrera-Gómez, Jesús. Implementación del Mantenimiento Centrado en la confiabilidad en empresas de transmisión eléctrica. *Ingeniería Mecánica*. [online]. (2016), vol. 19, n. 3 [citado 2022-05-03], pp. 77-81. Disponible en : http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59442016000300003&lng=es&tlng=es ISSN 18155944

Elnaz Golmohammadi y Mostafa Abouei Ardakan. Reliability optimization problem with the mixed strategy, degrading components, and a periodic inspection and maintenance policy. *Reliability Engineering & System Safety*. [online]. (2016), vol. 223 [citado 2022-05-03]. Disponible en : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0951832022001612> ISSN 09518320 DOI 10.1016/j.ress.2022.108500

Fatemeh Moinian y Mohammad Taghi Ameli. A reliability based approach for integrated generation and transmission maintenance coordination in restructured power systems. *Electric Power Systems Research*. [online]. (2022), vol. 206, [citado 2022-05-03]. Disponible en :

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037877962> ISSN
03787796 DOI 10.1016/j.epsr.2021.107737

Gasca, Maira C. Camargo y Luis L. Medina, Byron. Gestión del mantenimiento para la confiabilidad operacional. Revista ESPACIOS. [online]. (2020) [citado 2022-05-04]. Disponible en:<https://www.revistaespacios.com/a20v41n47/20414718.html> ISSN 0798 1015

Gutiérrez-Verde, Endry, Rodríguez-Ramos, Pedro A., y Lavado-Ruiz, Carlos. Mejoras para elevar la disponibilidad de las unidades acuáticas livianas. Ingeniería Mecánica. [online]. (2020), vol. 23, n. 1, [citado 2022-05-03]. Disponible en : http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S18155944202000010002&lng=es&tlng=es ISSN 18155944

Guang Zou, Michael Havbro Faber, Arturo González y Kian Banisoleiman. Fatigue inspection and maintenance optimization: A comparison of information value, life cycle cost and reliability based approaches. Ocean Engineering. [online]. (2021), vol. 220, n. 1, [citado 2022-05-03]. Disponible en:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002980182031204X> ISSN 00298018 DOI 10.1016/j.oceaneng.2020.108286.

Jara, E. M., y Condori, Y. Diseño de un sistema de gestión de mantenimiento predictivo y su relación con la disponibilidad mecánica de las excavadoras Hitachi 2500 en una empresa minera, 2018. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. [online]. (2017) [citado 2022-05-04]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11537/22254>

Joerg Leukel, Julian González y Martin Riekert. Adoption of machine learning technology for failure prediction in industrial maintenance: A systematic review. Journal of Manufacturing Systems. [online]. (2021), vol. 61, pp.87-96. [citado 2022-05-03]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278612521001849> ISSN 02786125 DOI 10.1016/j.jmsy.2021.08.012.

Jose Luis Contreras Alvarez. Diseño de un modelo para Mantenimiento Predictivo en motores de inducción utilizando técnicas de la industria 4.0. [online]. (2020) [citado 2022-05-04]. Disponible en:

- https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/4275/Jose_Cocontreras_Tesis_Titulo%20Profesional_2020.pdf?sequence=5
- Krishna Kumar, R.P. Saini. A review on operation and maintenance of hydropower plants. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. [online]. (2022) vol. 49 [citado 2022-05-03]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213138821007189> ISSN 22131388 DOI 10.1016/j.seta.2021.101704
- Komal. Novel approach to analyse vague reliability of repairable industrial systems. *Computers & Industrial Engineering*. [online]. (2022) vol. 169 [citado 2022-05-03]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360835222002698> ISSN 03608352 DOI10.1016/j.cie.2022.108199.
- Juan Carlos Toro Osorio Y Pedro Alejandro Céspedes Gutiérrez. Metodología para medir confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad en mantenimiento. [online]. (2015) [citado 2022-05-04]. Disponible en: <https://docplayer.es/1487715-Metodologia-para-medir-confiabilidad-mantenibilidad-y-disponibilidad-en-mantenimiento.html>
- Liang Zeming, Gao Jianmin y Jiang Hongquan. A maintenance support framework based on dynamic reliability and remaining useful life. *Measurement*. [online]. (2019), vol. 147 [citado 2022-05-03]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026322411930692X> ISSN 02632241 DOI 10.1016/j.measurement.2019.07.063.
- Liwei Chen, Chunchun Cheng, Hongyan Dui y Liudong Xing. Maintenance cost-based importance analysis under different maintenance strategies. *Reliability Engineering & System Safety*. [online]. (2022), vol. 222 [citado 2022-05-03]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0951832022001016> ISSN 09518320 DOI 10.1016/j.ress.2022.108435
- Luis Amendola. La Confiabilidad Desde el Diseño Proyectos de Mantenimiento. Universidad Politécnica de Valencia. [online]. (2018) [citado 2022-05-04]. Disponible en: <http://www.mantenimientomundial.com/notas/Implantacion.pdf>
- Luca Silvestri, Antonio Forcina, Vito Introna, Annalisa Santolamazza y Vittorio

- Cesarotti. Transformación del mantenimiento a través de las tecnologías de la Industria 4.0: una revisión sistemática de la literatura, *Computers in Industry*. [online]. (2020), vol. 123 [citado 2022-05-03]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361520305698>
ISSN 01663615 DOI 10.1016/j.compind.2020.103335
- Luna Perez, Miguel Angel y Vasquez Alvarez, Graciela. Metodología del Mantenimiento Predictivo 4.0 para Asegurar Procesos de Producción. *Cibernetica Informatica*. [online]. (2019), vol. 2, pp, 1-6, [citado 2022-05-03]. Disponible en: <https://southfloridapublishing.com/ojs/index.php/jdev/article/view/197/197>
ISSN 26755459 DOI10.46932/sfjdv2n1-074
- Mario G. Piattini Velthuis. Mantenimiento y Evolución de Sistemas de información. Grupo Editorial RA-MA. [online]. (2021) [citado 2022-05-04]. Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=sI6fDwAAQBAJ&lpg=PA1&dq=inauthor%3A%22Mario%20G.%20Piattini%20Velthuis%22&hl=es&pg=PA1&output=embed" width=500 height=500></iframe](https://books.google.com.pe/books?id=sI6fDwAAQBAJ&lpg=PA1&dq=inauthor%3A%22Mario%20G.%20Piattini%20Velthuis%22&hl=es&pg=PA1&output=embed)
- Marko Orošnjak, Mitar Jocanović, Maja Čavić, Velibor Karanović y Marko Penčić. Industrial maintenance 4(.0) Horizon Europe: Consequences of the Iron Curtain and Energy-Based Maintenance. *Journal of Cleaner Production*. [online]. (2021), vol. 314, [citado 2022-05-03]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652621022526>
ISSN 095906526, DOI10.1016/j.jclepro.2021.128034
- Ministerio de Defensa, Secretaria General Técnica. Mantenimiento predictivo y monitorización estructural en plataformas militares. [online]. (2016) [citado 2022-05-04]. Disponible en <https://publicaciones.defensa.gob.es>
https://publicaciones.defensa.gob.es/media/downloadable/files/links/m/o/mo_nografia_sopt_16.pdf
- Millai Molina y David Aarón. Diseño de un plan de mantenimiento predictivo utilizando el análisis de vibraciones para máquinas rotativas en planta Cracking de Enap refineries Aconcagua 2017. [online]. (2018) [citado 2022-05-04]. Disponible en: <https://repositorio.usm.cl/handle/11673/48723>
- M. Faccio, A. Persona, F. Sgarbossa y G. Zanin. Industrial maintenance policy development: A quantitative framework. *International Journal of Production*

- Economics. [online]. (2014), vol 147, pp. 85-93 [citado 2022-05-03].
 Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527312003660>
 ISSN 09255273 DOI10.1016/j.ijpe.2012.08.018
- Paul-Arthur Dreyfus, Antoine Pélissier, Foivos Psarommatis y Dimitris Kiritsis. Data based model maintenance in the era of industry 4.0: A methodology. Journal of Manufacturing Systems. [online]. (2022), vol 63, pp. 304-316 [citado 2022-05-03].
 Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278612522000504>
 ISSN 02786125 DOI10.1016/j.jmsy.2022.03.015
- Pasquale Manco, Marta Rinaldi, Mario Caterino, Marcello Fera y Roberto Macchiaroli. Maintenance management for geographically distributed assets: a criticality based approach.
 Reliability Engineering & System Safety. . [online]. (2022), vol 218 [citado 2022-05-03].
 Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0951832021006360>
 ISSN 09518320 DOI 10.1016/j.ress.2021.108148
- Pablo Martínez-Galán Fernández, Antonio J. Guillén López, Adolfo Crespo Márquez, Juan Fco. Gomez Fernández y Jose Antonio Marcos. Dynamic Risk Assessment for CBM-based adaptation of maintenance planning. Reliability Engineering & System Safety. [online]. (2022), vol 223 [citado 2022-05-03].
 Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0951832022000382>
 ISSN 09518320 DOI10.1016/j.ress.2022.108359
- Roberto Bottini. Mantenimiento y Confiabilidad. Modelos de Optimización. [online]. (2015) [citado 2022-05-04].
 Disponible en:
<https://fddocuments.es/document/confiabilidad-de-mantenimiento.html?page=1>
- Roldan Porta Carlos, Carcel Carrasco y Francisco Javier. Principios básicos de la gestión de Conocimiento y su aplicación a la empresa industrial en sus actividades tácticas de mantenimiento y explotación operativa: Un estudio cualitativo. Intangible Capital. [online]. (2013) vol. 9, n.1 [citado 2022-05-03].
 Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54926344013> ISSN

20143214

- Sanchez Robles, J, y otros. 2021. Mantenimiento predictivo para el uso eficiente de agitadores industriales en destiladores y reactores. Ingeniería e Industria. [online]. (2021) pp. 17-21 [citado 2022-05-03]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7714383> ISSN 00127361
- Seyed Mostafa Hallaji, Yihai Fang y Brandon K. Winfrey. Predictive maintenance of pumps in civil infrastructure: State-of-the-art, challenges and future directions. Automation in Construction. [online]. (2022) vol. 134, [citado 2022-05-03]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580521005008> ISSN 09265805 DOI10.1016/j.autcon.2021.104049
- Shuyuan Gan, Zhifang Song y Lei Zhang. A maintenance strategy based on system reliability considering imperfect corrective maintenance and shocks. Computers & Industrial Engineering. [online]. (2022) vol. 164 [citado 2022-05-03]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360835221007907> ISSN 03608352 DOI10.1016/j.cie.2021.107886.
- Torres-Valle, Antonio. Rol del fallo mecánico en la optimización del mantenimiento en una central nuclear. Ingeniería Mecánica. [online]. (2022) vol. 15, pp. 105-114 [citado 2022-05-03]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59442012000200003&lng=es&tlng=es ISSN 18155944
- Thomas Gamer, Mario Hoernicke, Benjamin Kloepper, Reinhard Bauery Alf J. Isaksson. The autonomous industrial plant – future of process engineering, operations and maintenance. Journal of Process Control. [online]. (2020) vol. 88 [citado 2022-05-03]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959152419305992> ISSN 09591524 DOI 10.1016/j.jprocont.2020.01.012
- T. Roosefert Mohan, J. Preetha Roselyn, R. Annie Uthra, D. Devaraj y K. Umachandran. Intelligent machine learning based total productive maintenance approach for achieving zero downtime in industrial machinery. Computers & Industrial Engineering. [online]. (2021) vol. 157, pp. 105-114 [citado 2022-05-03]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360835221001716>
ISSN 03608352 DOI10.1016/j.cie.2021.107267

Unai Izagirre, Imanol Andonegui, Itziar Landa-Torres y Urko Zurutuza. A practical and synchronized data acquisition network architecture for industrial robot predictive maintenance in manufacturing assembly lines. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*. [online]. (2022) vol. 74 [citado 2022-05-03]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0736584521001678>
ISSN 07365845 DOI10.1016/j.rcim.2021.102287.

Xiaoyan Zhu, Zhiqiang Chen y Emanuele Borgonovo. Remaining-useful-lifetime and system-remaining-profit based importance measures for decisions on preventive maintenance. *Reliability Engineering & System Safety*. [online]. (2021) vol. 216 [citado 2022-05-03]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0951832021004646>
ISSN 09518320 DOI10.1016/j.ress.2021.107951.

Xiang Rao, Chenxing Sheng, Zhiwei Guo y Chengqing Yuan. Inspección basada en la confiabilidad y planificación del mantenimiento de un sistema de tuberías de alimentación nuclear. *Mechanical Systems and Signal Processing*. [online]. (2022) vol. 165 [citado 2022-05-03]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S088832702100738X>
ISSN 08883270 DOI10.1016/j.ymssp.2021.108385

Yue Shi, Weihang Zhu, Yisha Xiang y Qianmei Feng. Condition-based maintenance optimization for multi-component systems subject to a system reliability requirement. *Reliability Engineering & System Safety*. [online]. (2020) vol. 202 [citado 2022-05-03]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0951832020305433>
ISSN09518320 DOI10.1016/j.ress.2020.107042

ANEXOS

ANEXO N.º 01: Matriz de Operacionalización de Variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
Plan de mejora	La importancia de la gestión de mantenimiento es una estrategia muy valiosa, la cual se basa en el principio de planificación de todo el ciclo de vida de los equipos.	Planificar – Hacer Verificar actuar Criticidad	Acciones ejecutadas / acciones planificadas Acciones con impacto/ Acciones ejecutadas. Cantidad de equipos en condición crítica / cantidad de equipos diagnosticados	Razon
Disponibilidad	Es la probabilidad que los equipos puedan realizar sus funciones cuando el proceso lo requiera, en el momento y periodo de tiempo necesario, siempre que funciones y se mantenga de acuerdo con los procedimientos establecidos. (José Arques, 2009)	Mecanismos que permiten alargar o disminuir los tiempos entre fallo y reparación, en un determinado tiempo operativo, incrementando el porcentaje de la disponibilidad en los equipos críticos de proceso.	Tiempo Medio Entre Fallas. (MTBF) Tiempo Medio Para Reparar (MTTR) Disponibilidad	Razón

Fuente: Elaboración Propia

GUÍA DE ANÁLISIS DOCUMENTAL: Análisis de criticidad

AREA	PROCESO	DESCRIPCION	TAG	Consecuencias				Resultado	Frecuencia	Valor Criticidad	Criticidad
				Seguridad	Medio Ambiente	Produccion	Costo				
SULFUROS	MOLIENDA	TROMEL DE MOLINO DE BOLAS	2223-TR-201	4	4	3	5	3.95	4	3.16	Alto
SULFUROS	MOLIENDA	SISTEMA DE LUBRICACIÓN DE RODAMIENTO DE DEL MUÑÓN DEL MOLINO DE B	2223-XM-217	5	4	4	5	4.5	4	3.6	Alto
SULFUROS	MOLIENDA	SISTEMA DE LUBRICACIÓN 1 DEL PIÑÓN Y CAJA REDUCTORA DEL MOLINO DE B	2223-XM-218	5	4	4	5	4.5	4	3.6	Alto
SULFUROS	MOLIENDA	SISTEMA DE LUBRICACIÓN DEL MOTOR DEL MOLINO DE BOLAS	2223-XM-219	5	4	4	5	4.5	4	3.6	Alto
SULFUROS	MOLIENDA	SISTEMA DE LUBRICACIÓN 2 DEL PIÑÓN Y CAJA REDUCTORA DEL MOLINO DE B	2223-XM-220	5	4	4	5	4.5	4	3.6	Alto
SULFUROS	MOLIENDA	BOMBA DE ALIMENTACIÓN A CICLONES PRIMARIOS	2221-PU-201	5	4	5	5	4.75	5	4.75	Crítico
SULFUROS	MOLIENDA	PARTE HÚMEDA DE BOMBA DE ALIMENTACIÓN A CICLONES PRIMARIOS	2147-SC-203	5	4	5	5	4.75	5	4.75	Crítico
SULFUROS	MOLIENDA	NIDO DE CICLONES PRIMARIOS	2222-CY-201	4	3	5	5	4.2	5	4.2	Crítico
SULFUROS	MOLIENDA	MOLINO DE BOLAS	2223-ML-201	5	3	5	5	4.5	5	4.5	Crítico
SULFUROS	MOLIENDA	FAJA TRANSPORTADORA	2146-CV-208	5	3	5	5	4.5	5	4.5	Crítico

Fuente: Elaboración empresa

ANOVA Simple - DISPONIBILIDAD por PERIODO

Variable dependiente: DISPONIBILIDAD

Factor: PERIODO

Número de observaciones: 6

Número de niveles: 2

El StatAdvisor

Este procedimiento ejecuta un análisis de varianza de un factor para DISPONIBILIDAD. Construye varias pruebas y gráficas para comparar los valores medios de DISPONIBILIDAD para los 2 diferentes niveles de PERIODO. La prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias. Si las hay, las Pruebas de Rangos Múltiples le dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Si le preocupa la presencia de valores atípicos, puede elegir la Prueba de Kruskal-Wallis la cual compara las medianas en lugar de las medias. Las diferentes gráficas le ayudarán a juzgar la significancia práctica de los resultados, así como le permitirán buscar posibles violaciones de los supuestos subyacentes en el análisis de varianza.

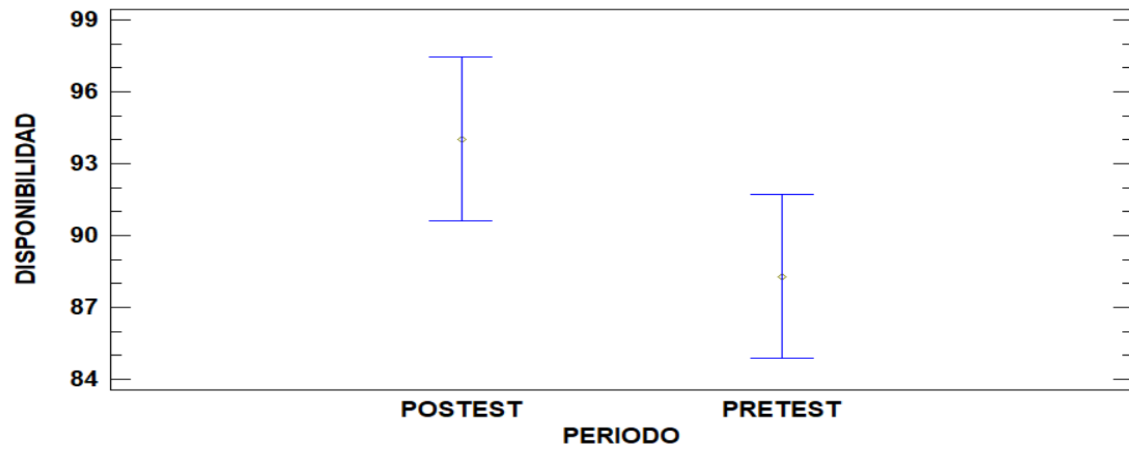
ANOVA para DISPONIBILIDAD por PERIODO

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	49.3067	1	49.3067	5.36	0.0815
Intra grupos	36.7867	4	9.19667		
Total (Corr.)	86.0933	5			

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la varianza de DISPONIBILIDAD en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 5.36136, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de DISPONIBILIDAD entre un nivel de PERIODO y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Medias y 95.0% de Fisher LSD



Autorización de uso de datos

Trujillo, 01 de setiembre de 2022

Señor (a):

**Juan Carlos
Huete Ramírez
Supervisor Senior de Confiabilidad
MARCOBRE S.A.C**

Es grato dirigirme a usted para saludarlo, y a la vez manifestarle que dentro de mi formación académica en la experiencia curricular de investigación del X ciclo, se contempla la realización de una investigación con fines **netamente académicos /de obtención de mi título profesional al finalizar mi carrera.**

En tal sentido, considerando la relevancia de su organización, solicito su colaboración, para que pueda realizar mi investigación en su representada y obtener la información necesaria para poder desarrollar la investigación titulada:

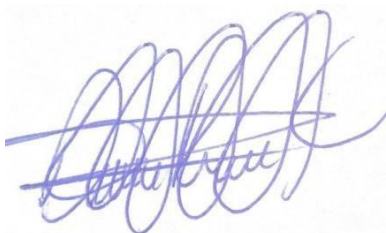
“...Plan de mejora para el mantenimiento basado en la confiabilidad para incrementar la disponibilidad de los críticos de la Unidad Minera Marcobre S.A.C”

En dicha investigación me comprometo a mantener en reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa, salvo que se crea a bien su socialización.

Se adjunta la carta de autorización de uso de información y publicación, en caso que se considere la aceptación de esta solicitud para ser llenada por el representante de la empresa.

Agradeciéndole anticipadamente por vuestro apoyo en favor de mi formación profesional, hago propicia la oportunidad para expresar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



Deyvi Junior Felipe Rosales Cachay
DNI: 10206153



Juan Huete Ramírez
DNI: 45584324



Validaciones

CARTA DE PRESENTACIÓN

SEÑORES:

Presente

ASUNTO: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Nos es muy grato comunicarnos con usted para expresarle nuestros saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que siendo estudiantes del programa para adultos de la carrera Ingeniería Industrial de la UCV, en la sede Trujillo, promoción 2022, requerimos validar los instrumentos con los cuales recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación y con la cual optaremos el grado de Ingeniero Industrial.

El título nombre de nuestro proyecto de investigación es: **“Plan de mejora para el mantenimiento basado en la confiabilidad para incrementar la disponibilidad de los críticos de la Unidad Minera”** y siendo imprescindible contar con la aprobación docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas educativos y/o investigación educativa.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole nuestros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Rosales Cachay Deyvi Junior Felipe

Dni:45584324

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS Y CALIDAD DE SERVICIO



JUICIO DE EXPERTO N° 01

N°	VARIABLE / DIMENSIONES / INDICADORES	Pertinencia 1		Relevancia 2		Claridad 3		Sugerencias
	VARIABLE INDEPENDIENTE: OPTIMIZACION DE LOS PROCESOS	SI		SI		SI		
	DIMENSIÓN 1: PLANIFICAR	X		X		X		
1	Elaboración de planes							
2	Números de acciones planificadas							
	DIMENSIÓN 2: HACER	X		X		X		
3	Cumplimiento de la planificación							
	DIMENSIÓN 3: VERIFICAR	X		X		X		
4	Número de acciones con impacto en la calidad del servicio							
	DIMENSIÓN 4: ACTUAR	X		X		X		
5	Toma de decisiones							
	VARIABLE DEPENDIENTE: CALIDAD DE SERVICIO	SI		SI		SI		
	DIMENSIÓN 1: FIABILIDAD	X		X		X		
6	Eficiencia							
7	Eficacia							
	DIMENSIÓN 2: SENSIBILIDAD	X		X		X		
8	Comunicación							
9	Rapidez							
	DIMENSIÓN 3: SEGURIDAD	X		X		X		

N°	VARIABLE / DIMENSIONES / INDICADORES	Pertinencia 1		Relevancia 2		Claridad 3		Sugerencias
10	Confianza							
11	Cortesía							
	DIMENSIÓN 4: EMPATIA	X		X		X		
12	Atención							
13	Necesidad							
	DIMENSIÓN 5: TANGIBILIDAD	X		X		X		
14	Instalaciones							
15	Personal de trabajo							

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Si hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [SI] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y Nombres del juez validador: MILWARD SOTO RIOS

CIP: 236212 DNI: 42597696

Especialidad del validador: Ingeniero Industrial

29 de junio del 2022

- 1. Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
- 2. Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
- 3. Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



MILWARD DANIEL SOTO RIOS
Ingeniero Industrial
CIP N° 236212

Firma del Experto Informante

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS Y CALIDAD DE SERVICIO



JUICIO DE EXPERTO N° 02

N°	VARIABLE / DIMENSIONES / INDICADORES	Pertinencia 1		Relevancia 2		Claridad 3		Sugerencias
	VARIABLE INDEPENDIENTE: OPTIMIZACION DE LOS PROCESOS	SI		SI		SI		
	DIMENSIÓN 1: PLANIFICAR	X		X		X		
1	Elaboración de planes							
2	Números de acciones planificadas							
	DIMENSIÓN 2: HACER	X		X		X		
3	Cumplimiento de la planificación							
	DIMENSIÓN 3: VERIFICAR	X		X		X		
4	Número de acciones con impacto en la calidad del servicio							
	DIMENSIÓN 4: ACTUAR	X		X		X		
5	Toma de decisiones							
	VARIABLE DEPENDIENTE: CALIDAD DE SERVICIO	SI		SI		SI		
	DIMENSIÓN 1: FIABILIDAD	X		X		X		
6	Eficiencia							
7	Eficacia							
	DIMENSIÓN 2: SENSIBILIDAD	X		X		X		
8	Comunicación							
9	Rapidez							
	DIMENSIÓN 3: SEGURIDAD	X		X		X		

N°	VARIABLE / DIMENSIONES / INDICADORES	Pertinencia 1		Relevancia 2		Claridad 3		Sugerencias
10	Confianza							
11	Cortesía							
	DIMENSIÓN 4: EMPATIA	X		X		X		
12	Atención							
13	Necesidad							
	DIMENSIÓN 5: TANGIBILIDAD	X		X		X		
14	Instalaciones							
15	Personal de trabajo							

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Si hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [SI] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y Nombres del juez validador: JUAN ALVA PRADO CIP: 244929 DNI: 46277944

Especialidad del validador: Ingeniero Mecánico

28 de junio del 2022

4. **Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
5. **Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
6. **Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión


ING. JUAN ALVA PRADO
 NDT LEVEL II N° 044
 VT PT MT UT RT MFL
 REG. CIP N° 244929
Firma del Experto Informante

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS Y CALIDAD DE SERVICIO



JUICIO DE EXPERTO N° 03

N°	VARIABLE / DIMENSIONES / INDICADORES	Pertinencia 1		Relevancia 2		Claridad 3		Sugerencias
	VARIABLE INDEPENDIENTE: OPTIMIZACION DE LOS PROCESOS	SI		SI		SI		
	DIMENSIÓN 1: PLANIFICAR	X		X		X		
1	Elaboración de planes							
2	Números de acciones planificadas							
	DIMENSIÓN 2: HACER	X		X		X		
3	Cumplimiento de la planificación							
	DIMENSIÓN 3: VERIFICAR	X		X		X		
4	Número de acciones con impacto en la calidad del servicio							
	DIMENSIÓN 4: ACTUAR	X		X		X		
5	Toma de decisiones							
	VARIABLE DEPENDIENTE: CALIDAD DE SERVICIO	SI		SI		SI		
	DIMENSIÓN 1: FIABILIDAD	X		X		X		
6	Eficiencia							
7	Eficacia							
	DIMENSIÓN 2: SENSIBILIDAD	X		X		X		
8	Comunicación							
9	Rapidez							
	DIMENSIÓN 3: SEGURIDAD	X		X		X		

N°	VARIABLE / DIMENSIONES / INDICADORES	Pertinencia 1		Relevancia 2		Claridad 3		Sugerencias
10	Confianza							
11	Cortesía							
	DIMENSIÓN 4: EMPATIA	X		X		X		
12	Atención							
13	Necesidad							
	DIMENSIÓN 5: TANGIBILIDAD	X		X		X		
14	Instalaciones							
15	Personal de trabajo							

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Si hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [SI] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y Nombres del juez validador: JHON QUILICHE CANO CIP: 236973 DNI: 70401097

Especialidad del validador: Ingeniero Industrial

29 de junio del 2022

- 1. Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
- 2. Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
- 3. Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



Firma del Experto Informante



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Declaratoria de Autenticidad de los Asesores

Nosotros, ARANDA GONZALEZ JORGE ROGER, LINARES LUJAN GUILLERMO ALBERTO, docentes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesores de Tesis titulada: "Plan de Mejora de mantenimiento para incrementar la disponibilidad en equipos críticos de Unidad Minera", cuyo autor es ROSALES CACHAY DEYVI JUNIOR FELIPE, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 12.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

TRUJILLO, 06 de Diciembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
ARANDA GONZALEZ JORGE ROGER DNI: 18072194 ORCID: 0000-0002-0307-5900	Firmado electrónicamente por: JARANDA el 31-12- 2022 10:53:46
LINARES LUJAN GUILLERMO ALBERTO DNI: 40026086 ORCID: 0000-0003-3889-4831	Firmado electrónicamente por: GLINARESL el 24-12- 2022 10:10:56

Código documento Trilce: TRI - 0476236