



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Plan de mantenimiento preventivo y disponibilidad de generadores  
eléctricos en una empresa minera.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**AUTOR:**

Saucedo Abanto, Efren Ricardo ([ORCID: 0000-0003-0449-1049](https://orcid.org/0000-0003-0449-1049))

**ASESORES:**

Dr. Jorge Eduardo Luján López ([ORCID: 0000-0003-1208-1242](https://orcid.org/0000-0003-1208-1242))

Mg. Walter Miguel Castro Anticona ([ORCID: 0000-0002-8127-4040](https://orcid.org/0000-0002-8127-4040))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Sistemas y planes de mantenimiento

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO – PERÚ

2022

## **Dedicatoria**

Dedico de todo corazón a Dios por darme esa perseverancia, inteligencia e insistencia y así poder lograr un objetivo más en la trayectoria de mi existencia, también a mi madre, a mi hija y mi hermano que día a día me motivaron e inculcaron en seguir adelante, no rendirme por más obstáculos que traiga la vida, por sus sabias palabras que, gracias a ellos, me esforcé y dedique en lograr vencer algunas adversidades, así mismo a mi recordado padre que hace mucho partió de entre nosotros.

## **Agradecimiento**

Agradezco a la prestigiosa institución universidad Cesar Vallejo, a los docentes que compartieron y nos nutrieron con sus cátedras, ya que eso es el eje principal y fundamental del desarrollo para un buen profesional, también a nuestros guías y asesores de este proyecto para así no solamente poder lograr mejorar en este trabajo, sino también mejorar en nuestro círculo laboral profesional, agradezco también a mi madre, hija y hermano por su incondicional apoyo moral.

## Índice de contenidos

Carátula .....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras .....	vi
Resumen .....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA.....	12
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	12
3.2. Variables y operacionalización .....	12
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	13
3.5. Procedimientos .....	14
3.6. Método de análisis de datos .....	14
3.7. Aspectos éticos.....	15
IV. RESULTADOS .....	16
V. DISCUSIÓN .....	34
VI. CONCLUSIONES.....	36
VII. RECOMENDACIONES .....	37
REFERENCIAS .....	38
ANEXOS .....	45

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Consumo energético de la unidad minera.....	16
<b>Tabla 2.</b> Análisis de 5 porqué al bajo nivel de funcionamiento de los generadores ..	17
<b>Tabla 3.</b> Identificación de generadores de la empresa .....	18
<b>Tabla 4.</b> Análisis de fallos en los generadores de la empresa y su incidencia.....	18
<b>Tabla 5.</b> Registro de fallos de los generadores con que cuenta la empresa.....	20
<b>Tabla 6.</b> Cálculo de la disponibilidad Enero-Diciembre 2021 .....	22
<b>Tabla 7.</b> AMEF de las disponibilidades de los generadores.....	23
<b>Tabla 8.</b> Actividades del supervisor y los técnicos de mantenimiento.....	24
<b>Tabla 9.</b> Cronograma de charlas interactivas de mantenimiento (Plan 2023).....	25
<b>Tabla 10.</b> Actividades para el mantenimiento preventivo del Generador CAT .....	26
<b>Tabla 11.</b> Ficha de mantenimiento preventivo del generador Modasa.....	27
<b>Tabla 12.</b> Ficha de mantenimiento preventivo del generador Cummins .....	28
<b>Tabla 13.</b> Modelo de registro de mantenimiento para los generadores .....	29
<b>Tabla 14.</b> Programación de mantenimientos al año 2023.....	30
<b>Tabla 15.</b> Disponibilidad de los generadores .....	30
<b>Tabla 16.</b> Disponibilidad actual y esperada de los generadores.....	31
<b>Tabla 17.</b> Comparativa entre disponibilidades actual y esperada .....	32
<b>Tabla 18.</b> Costos en fallos de generadores.....	33
<b>Tabla 19.</b> Costos de propuesta de mantenimiento preventivo .....	33

## Índice de gráficos y figuras

<b>Figura 1.</b> Grupo Electrógeno .....	11
<b>Figura 2.</b> Organigrama de la unidad minera .....	19
<b>Figura 3.</b> Disponibilidad actual y futura.....	32

## Resumen

El informe desarrollado propuso como objetivo general: evaluar el impacto de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la disponibilidad de los generadores de la empresa minera. Se realizó una investigación de tipo aplicada, con un enfoque de investigación cuantitativo, un nivel descriptivo y con un diseño no experimental, En los resultados se tuvo que, se cuenta con 40 generadores y se dividen en tres marcas Modasa, Cummins y CAT. Se realizó un análisis de los fallos en los generadores haciendo un recuento de 45 fallos identificados y una disponibilidad promedio el año 2021 de 78%. Al revisar el AMEF y NPR de los fallos detectados se revisaron que existen, en su mayoría, niveles de prioridad de riesgo de entre moderado a crítico. Luego al desarrollar el plan de mantenimiento se evaluaron las funciones para los encargados del mantenimiento de los generadores, las capacitaciones al personal y se detallaron cada una de las actividades a realizar en los mantenimientos según cada marca de generador con que cuenta la empresa minera; así como un modelo de registro para el mantenimiento de los generadores. Luego de ello se estima la disponibilidad luego de la aplicación de la mejora propuesta siendo de 87%; lo cual demuestra una evidente mejora del 9% en la disponibilidad. Finalmente, en la evaluación económica se tiene un total de S/ 51 950.00 de recuperación anualmente con una inversión de S/ 54 700.00.

**Palabras Clave:** Mantenimiento preventivo, disponibilidad, AMEF, NPR.

## **Abstract**

The general objective of the report developed was to evaluate the impact of the implementation of a preventive maintenance plan on the availability of the mining company's generators. Applied research was carried out, with a quantitative research approach, a descriptive level and a non-experimental design. The results showed that there are 40 generators and they are divided into three brands: Modasa, Cummins and CAT. An analysis of the failures in the generators was carried out, counting 45 identified failures and an average availability in 2021 of 79%. When reviewing the AMEF and NPR of the failures detected, it was found that most of them have a risk priority level between moderate and critical. Then, when developing the maintenance plan, the functions for those in charge of generator maintenance, personnel training and each of the activities to be performed in maintenance were evaluated according to each brand of generator that the mining company has, as well as a registration model for the maintenance of the generators. After that, the availability after the application of the proposed improvement is estimated to be 87%, which shows a clear improvement of 10% in availability. Finally, the economic evaluation shows a total annual recovery of S/ 51,950.00 with an investment of S/ 54,700.00.

**Keywords:** Preventive maintenance, availability, AMEF, NPR.



## I. INTRODUCCIÓN

Es frecuente considerar la importancia que tiene la creación y puesta en marcha de nuevos proyectos que puedan apoyar el crecimiento económico de un país, proyectos donde se invierte en crear la capacidad requerida para llevar a cabo dicha inversión y también se le da relevancia al seguir invirtiendo en ampliar dicha capacidad para satisfacer las necesidades de las personas y también mejorar la competitividad (Banco Interamericano de Desarrollo., 2019). No obstante, se debe tomar en cuenta que, dicha infraestructura, equipos, materiales y demás deben tener un mantenimiento constante pues de no ser así se termina perdiendo lo invertido ya que todo bien por más nuevo que sea al comprarlo se deteriora con el tiempo. La misión del mantenimiento es proteger un activo que ha sufrido daños o depreciación por el uso constante en una actividad desarrollada y este pueda seguir funcionando sin fallas ni interrupciones (o una mínima) (Zeng, Shao, & Hao, 2021).

El mantenimiento debería considerarse un componente crítico de la estrategia de gestión de activos de una nación. Lamentablemente, a pesar de su importancia, la industria tiene un sesgo hacia el mantenimiento, que tiene poco sentido económico y es que descuidar el mantenimiento es un desperdicio de recursos para cualquier empresa. Pero es fundamental recordar que las empresas de todas las industrias deberían estar más enfocadas en desarrollar una propuesta de mejora continua de sus programas de mantenimiento de maquinaria y equipos. El Perú es el segundo destino minero de América Latina, y el Instituto Peruano de Investigación Económica (IPE) estima que por cada empleo directo que se crea en la minería, se generan 6,25 empleos adicionales en otros sectores de la economía, representando uno el efecto indirecto, 3,25 el efecto inducido en el consumo y 2 el efecto inducido en la inversión (Ministerio de Energía y Minas, Octubre, 2021). En la actualidad, las operaciones de mantenimiento se centran en la realización de estudios sobre los equipos y procesos propensos a fallar, utilizando técnicas estadísticas, metodologías de medición, gestión de procedimientos rentables e integración interfuncional, entre otros, para planificar las tareas y los recursos adecuados con el fin de evitar fallos o

paradas (INTEGRA MARKETS, 2017).

El problema principal de la industria minera es generar las circunstancias esenciales dentro de un entorno socialmente legítimo para la ejecución efectiva de una cartera diversa de operaciones mineras. Un perfil de cartera minera requiere lo siguiente: El 90% de los 48 proyectos de 57.000 millones de dólares son desarrollos nuevos, mientras que aproximadamente el 60% son minas a tajo abierto. Para facilitar los descubrimientos, hacer viables los proyectos de la cartera y mantener el desarrollo comercial actual, hay que aumentar y reforzar la sostenibilidad medioambiental y el efecto socioeconómico. Esto se debe a que, en un momento en que la situación mundial se ha deteriorado como consecuencia de la pandemia, la inversión minera también se enfrenta a una falta de aceptación y legitimidad por parte de la sociedad, como se ha visto en las acciones y manifestaciones directas contra los proyectos mineros en ciertos lugares (Ministerio de Energía y Minas, Octubre, 2021). A todo ello se suma el problema de disponibilidad energética y es que por lo general el proceso de extracción de minerales preciosos usualmente se encuentra en zonas muy remotas del territorio peruano; en esas ubicaciones no hay flujo eléctrico y de haberlo es bastante precario. Pero las actividades mineras suelen realizarse durante el día y la noche o bajo tierra; por lo cual es necesario recurrir a generadores eléctricos para obtener iluminación (Icochea, 2019).

En la empresa minera se cuenta con generadores instalados de los cuales sale la alimentación a unos tableros de control y estos tableros se encuentran conectados y alimentan el sistema de bombeo de agua de una poza a otra. Se debe tomar en cuenta que un generador puede alimentar hasta dos equipos de bombeo de la unidad minera. Y otros generadores apoyan a la bomba de la que obtienen energía para los lugares de viviendas de los trabajadores. Mediante una bomba tipo lapicero obtienen el agua de una poza para utilizarlo en las actividades de relave, riegos de las vías, lixiviaciones. Asimismo, se cuenta con 53 pozos y se debe alimentar a todos ellos con los generadores, pero existen problemas de disponibilidad en dichos generadores que se muestran en el diagrama de Ishikawa (Anexo N°03).

La investigación se formuló en base al problema principal siguiente: ¿Cómo influye el plan mantenimiento preventivo en la disponibilidad de los generadores eléctricos de la empresa minera? Asimismo, se formuló los siguientes problemas específicos detallados a continuación: ¿Será posible determinar la disponibilidad de los generadores de la empresa?, ¿Será posible elaborar el análisis de modos y efectos de fallas (AMEF) y el número de prioridad de riesgos (NPR) de los generadores?, ¿se podrá realizar un plan de mantenimiento preventivo para los generadores de la empresa?, ¿Se podrá estimar la disponibilidad de los generadores con la implementación del plan de mantenimiento? y por último ¿será factible la aplicación del plan de mantenimiento preventivo para los generadores de la empresa?

Esta investigación tuvo como propósito del plan de mantenimiento preventivo para la mejora en la disponibilidad de los generadores de la empresa minera; ya que un sistema de mantenimiento funciona con éxito cuando todos sus procesos y componentes se planifican correctamente, se optimizan y se mejoran continuamente en base a evaluaciones periódicas; en este caso, corresponde al mantenimiento gestionar todas las partes del sistema para conseguir los resultados deseados. Se planteó la obtención de una mejora gradual en el abastecimiento de energía eléctrica de la empresa minera a través de la optimización de los tiempos de funcionamiento de sus generadores. Por este motivo se propuso como objetivo general: evaluar el impacto de la implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la disponibilidad de los generadores de la empresa minera y los siguientes objetivos específicos: Primero, determinar la disponibilidad de los generadores de la empresa. Segundo, elaborar el análisis de modos y efectos de fallas (AMEF) y el número de prioridad de riesgos (NPR) de los generadores. Tercero, elaborar un plan de mantenimiento preventivo para los generadores de la empresa. Cuarto, estimar la disponibilidad de los generadores con la implementación del plan de mantenimiento. Quinto, calcular el costo beneficio de la aplicación del plan de mantenimiento preventivo en la empresa minera. Finalmente, se propuso como hipótesis general: La implementación de un plan de mantenimiento preventivo incrementa la disponibilidad de los generadores de la empresa minera.

## II. MARCO TEÓRICO

Las teorías que servirán como referencia para el tema de investigación; y que están relacionadas a las variables se exponen a continuación.

En la investigación de Aldana (2019), quién tuvo la necesidad de determinar cómo la gestión del mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad en los equipos de transporte minero en la unidad Inmaculada-Ayacucho de la empresa Unión de Concreteras SA. El estudio fue de carácter descriptivo y aplicado, utilizando una metodología no experimental y un enfoque cuantitativo. Los resultados indicaron que el promedio de fallas se redujo en 19.63% y que los gastos de la empresa disminuyeron en 2.29 soles por metro cúbico, lo que equivale a un ahorro anual de 129,920 soles para la empresa. Con todo ello, la instalación de la gestión del mantenimiento preventivo mejora considerablemente la disponibilidad de los equipos de transporte minero, representando una mejora del 4.06 por ciento.

Luego se revisó la investigación de Garavito (2018), quien desarrolló un plan de mantenimiento preventivo para la flota de generadores de una empresa con el objetivo de optimizar la disponibilidad de los equipos, disminuir el tiempo medio entre fallas y acortar los tiempos de mantenimiento preventivo de estos equipos. La investigación realizada fue aplicada. Se descubrió que el plan de mantenimiento se basaba en un historial de averías del que no existe un registro físico completo y bien documentado, sino en la experiencia de las personas que componen el personal de mantenimiento de la empresa. Con esta información en la mano, se llegó a la conclusión de que la implantación de un programa de mantenimiento preventivo tiene un coste que no afecta a los actuales índices de producción de la empresa y proporciona un retorno de la inversión más rápido y regulado al disminuir los gastos de operación en al menos un 20% de su valor actual dentro del primer año de operación.

Asimismo, se analizó la tesis de Huayhua (2018), que consiste en la optimización de los tiempos del mantenimiento preventivo para lograr un aumento en la disponibilidad de la flota de camiones de una compañía minera, tuvo como finalidad de investigación

lograr un incremento de la disponibilidad, a través de la optimización de los tiempos de mantenimiento preventivo de la empresa minera. El estudio fue de carácter aplicado y no experimental. Para ello, se crearon diagramas de Gantt de mantenimiento y se aplicaron a todos los niveles, basándose en una nueva evaluación histórica de los tiempos preventivos planificados. El resultado es un coste total de OPEX de 431'374.00 dólares en recursos (accesorios y lubricantes) a mediano plazo.

También se consideró la investigación de Quiroz y Revilla (2021), que desarrolla un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad mecánica de equipos de una planta de chancado para una empresa minera en la ciudad de Cajamarca y propone un plan de mantenimiento de tipo preventivo para optimizar la disponibilidad de los equipos dicha planta de chancado de la minera. El estudio realizado fue de tipo aplicado, de carácter cuantitativo y no experimental. En todo ello se encontró que, hay 16 equipos clave de la planta de chancado que necesitan mantenimiento preventivo. Asimismo, la propuesta de mantenimiento genera un ahorro anual de S/516 830,98 soles y un ahorro mensual de S/43 069,24 soles, lo que indica que el plan de mantenimiento preventivo recomendado es económicamente viable.

En la investigación de Callomamani (2021), se desarrolla un programa de mantenimiento de tipo preventivo para incrementar la disponibilidad de los equipos en la empresa minera San Rafael, en la cual se buscó implementar el programa de mantenimiento y aumentar la disponibilidad en los equipos. La investigación nos dio un nivel de investigación aplicado, de diseño pre experimental. Se determinó que la disponibilidad de los equipos fue inicialmente del 79%; en consecuencia, se intervino en los equipos más críticos y propensos a las averías y, tras la aplicación del plan de mantenimiento preventivo, se realizó una prueba posterior de la disponibilidad de los equipos, que aumentó al 89%. Por último, el programa de mantenimiento preventivo fue de gran relevancia para la unidad minera puesto que, con su aplicación se demuestra que es posible prolongar la vida útil de los equipos, disminuye los costes de reparación de los mismos y mejora su disponibilidad con lo cual se puede contar con una producción continua.

En el artículo de investigación de Zhang et al. (2022), se amplía el modelo para encontrar el grado de correlación entre dos componentes a mantener y se propone un modelo de prioridad de mantenimiento conjunto basado en la importancia para guiar la selección de componentes de mantenimiento oportunista. Asimismo, se proponen estrategias de optimización bajo diversas condiciones. Finalmente, se utiliza un caso de arquitectura para demostrar el método propuesto. Los resultados muestran que los generadores de cierta área tienen la mayor prioridad de mantenimiento, lo que explica la diferencia en la importancia de cada componente en el MP. Por todo ello se concluye que, la prioridad de los distintos componentes en el mantenimiento preventivo la prioridad de los distintos componentes cambia con el tiempo, y el valor de la prioridad de mantenimiento basada en la importancia (IBMP) aumenta primero y luego disminuye con el tiempo, lo que indica que la tasa de cambio prevista del coste de mantenimiento de los componentes aumenta con la disminución de la fiabilidad de los mismos hasta que el coste de mantenimiento tiende al máximo y la tasa de cambio del coste de mantenimiento tiende a cero; cuando falla un componente clave del sistema, la tasa de cambio esperada de cambio esperado del coste de mantenimiento del sistema es diferente para el mantenimiento oportunista de diferentes componentes en diferentes periodos de tiempo, y los valores de la prioridad conjunta de mantenimiento basada en la importancia de los diferentes componentes son significativamente diferentes.

El artículo de Martin et al. (2021), teórico y práctico del mantenimiento preventivo con un enfoque innovador de la gestión del mantenimiento aplicado en la sala de producción real de ITT (República Checa) y ha sido verificado. Dentro del mantenimiento preventivo, el nuevo concepto aporta un método innovador de gestión del proceso de mantenimiento en su conjunto, desde la concepción metódica abstracta hasta el uso práctico. Todo el nuevo enfoque se ha verificado y aplicado en equipos industriales. La solución al problema de desperfectos y fallos se basa en un enfoque innovador del mantenimiento preventivo de equipos complejos y podría ayudar a muchas empresas industriales a aumentar la eficiencia de la producción y el mantenimiento.

Finalmente, la investigación de Chacón (2020), realizada en base al desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para lograr un aumento en la productividad para los equipos de chancado secundario en una empresa minera, se enfocó en analizar la influencia existente de un programa de mantenimiento preventivo en la productividad de los equipos. El informe realizado fue de tipo aplicado con un enfoque mixto, tanto descriptivo como explicativo, con diseño es casi experimental. Finalmente se demostró a través de tablas estadísticas un incremento de la productividad de 82.98% a 87.54%. En este sentido, el plan de mantenimiento preventivo tuvo un buen efecto en el aumento de la productividad de los equipos de chancado secundario de la unidad minera, generando una clara mejora de la empresa.

El **mantenimiento** suele definirse como un conjunto de prácticas destinadas a prolongar la vida útil y el rendimiento de los equipos e instalaciones industriales. El mantenimiento en una empresa se centra en resolver las averías lo más rápidamente posible. (Reynoso, 2021) En la industria, muchos inversionistas se han hecho la pregunta ¿qué tipo de mantenimiento desarrollar en la empresa? debido a que existen muchos modelos de mantenimiento para las máquinas y/o equipos. Y en muchas ocasiones antes de implementarlo se hizo un diagnóstico inicial de cada tipo de mantenimiento y una evaluaron su adecuación a la empresa, lo cual en ocasiones genera problemas de funcionalidad a futuro a pesar de contar con un plan de mantenimiento. Es por ello que se puede indicar que, un buen análisis previo nos mostrará los requerimientos según el tipo de mantenimiento y el modo de aplicarlo y estos se pueden realizar con herramientas tan sofisticadas como un SAP o con las más simples y disponible a todos como las plantillas de Excel (Arango et al., 2020).

El **mantenimiento preventivo** es un tipo de mantenimiento que se basa en serie de actividades ya programadas en un cronograma en el cual se deben realizar las actividades cumpliendo las fechas establecidas y tomando en cuenta las horas y días de operación o en algunos casos las unidades procesadas. Es importante establecer las actividades de mantenimiento que se van a realizar en cada máquina con que cuenta la empresa. Cuando se desarrolla un buen programa de mantenimiento

preventivo se tiene que las suspensiones de operación son realmente mínimas y en muchos casos ya se encuentran incluso previstas con antelación (Arango et al., 2020).

Dentro del mantenimiento preventivo se tienen tres clases de mantenimiento que son *mantenimiento preventivo rutinario* que es realizado en periodos predeterminados. Los cuales pueden darse según tiempos establecidos (en días, horas, semanas o meses), distancia recorrida, número de eventualidades, entre otros. Por lo regular para este tipo de mantenimiento se para o interviene el equipo al que se le hará mantenimiento. *Mantenimiento predictivo*: Consiste en la aplicación de un mantenimiento que se basa en la inspección. Por lo general se puede realizar mediante el uso de los sentidos del inspector y en algunos casos se basa en las mediciones del desgaste, la temperatura, la fatiga para lo cual se utilizan instrumentos o equipos especializados. *Mantenimiento conductivo*: Es un mantenimiento basado en inspecciones sensoriales, que también pueden ser realizadas por un operador. Por su parte el Mantenimiento correctivo es un tipo de mantenimiento que debe efectuarse para poner nuevamente en marcha a cualquier maquinaria o equipo que haya presentado fallas por daños o averías. Para realizar este mantenimiento se necesita suspender las actividades productivas y realizar una reprogramación de los trabajos que ya han sido previamente programados (Arango, Rosero, & Montoya, 2020). Se debe tomar en cuenta la importancia de un mantenimiento en toda organización, pero es aún más determinante analizar con cuidado el tipo de mantenimiento que se realizará según la falla detectada en la empresa. Se detallan los indicadores de mantenimiento:

La **disponibilidad**, que se define como la garantía de que un componente o sistema que ha sido mantenido seguirá funcionando adecuadamente durante un determinado período de tiempo. La **fiabilidad**, la cual hace referencia a la garantía de que un componente, equipo o sistema realizará su función esencial durante un periodo de tiempo predeterminado y en circunstancias de funcionamiento específicas. La **mantenibilidad**, que puede definirse como la expectativa de que un equipo o sistema pueda volver a funcionar en un determinado período de tiempo cuando se siguen los procedimientos de mantenimiento indicados (Angulo y Orellana, 2021).



Para calcular la disponibilidad de los generadores, es necesario contabilizar el tiempo de funcionamiento, que es cuando el equipo está en condiciones de operar, el tiempo de reparación, que se mide cuando un activo se detiene debido a una contingencia, que puede ser causada por la ausencia de mantenimiento correctivo, que da lugar a fallos imprevistos, el mantenimiento preventivo y el mantenimiento predictivo. La avería es la interrupción del funcionamiento regular de un equipo. Esto nos permite calcular la disponibilidad mediante el método que se indica a continuación:

$$Disponibilidad = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Donde se calcula el MTBF, o tiempo medio entre fallos, que es el tiempo medio que el equipo funciona antes de fallar:

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo de operación}}{N^{\circ} \text{ fallas}}$$

El MTTR, o tiempo promedio de reparación, es el tiempo necesario para reparar un equipo.

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo de reparación}}{N^{\circ} \text{ fallas}}$$

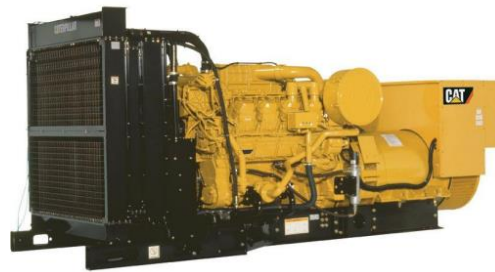
**El mantenimiento de tipo preventivo** se conceptualiza como un total de tareas planificadas con anterioridad que se realizan en respuesta a causas conocidas de fallas potenciales en la función de creación de activos. Puede planificarse y organizarse según el tiempo, el uso o las condiciones del equipo. Este tipo de mantenimiento es un sistema de inspección regular para arreglos razonables para los activos fijos y equipos de la fábrica. Con el fin de detectar las condiciones o estados apropiados de estos factores, estas condiciones o estados pueden conducir indirectamente a la paralización de la producción o al deterioro grave de la maquinaria, equipos o instalaciones, y realizar ajustes para mantener permanentemente la fábrica para evitar tales ocurrencias o reparaciones. La falla potencial aún se encuentra en las primeras etapas de desarrollo. El mantenimiento preventivo es el método preferido de la gestión de activos y es capaz de anticipar una falla prematura y también de reducir su frecuencia, se puede reducir la severidad de la falla y mitigar sus consecuencias y permite conocer con anticipación de una falla inminente con lo cual es posible realizar

una reparación planeada. Un sistema de mantenimiento preventivo eficaz no ocurre al azar, debe planificarse. Analizar el equipo, desarrollar tareas de gestión de proyectos, crear listas de verificación y un buen historial del equipo y enviar informes útiles son actividades que deben planificarse y desarrollarse cuidadosamente (Arango et al., 2020). El correcto procedimiento para un plan mantenimiento preventivo se basa en que primero se debe realizar un inventario de equipos, luego es necesario asignar el tipo de Mantenimiento Preventivo y criticidad, para después hacer lista de verificación de mantenimiento, desarrollar órdenes de trabajo, crear una hoja de ruta, desarrollar un programa de mantenimiento preventivo, mantener una historia de los equipos, aplicar tecnología de código de barras, desarrollo de un sistema de informes, revisar la organización del mantenimiento preventivo y la estructura, para finalmente realizar la puesta en marcha y control del plan (Bravo y Muñoz, 2021).

Los generadores y las dinamos son los equipos más comunes para transformar la energía mecánica en energía eléctrica. Los primeros producen corriente alterna, mientras que los segundos producen corriente continua o directa. Además, existen dos tipos de generadores de corriente alterna: los que producen corriente alterna monofásica y los que producen corriente alterna trifásica. Para que un generador o dinamo genere corriente eléctrica, debe estar acoplado a un dispositivo mecánico que haga girar su rotor. Las turbinas hidráulicas, como las utilizadas en las centrales hidroeléctricas, y las turbinas de vapor, que se emplean en las centrales termoeléctricas, son actualmente los dispositivos más empleados para accionar los generadores. En las instalaciones de producción de energía más pequeñas, pueden utilizarse turbinas hidráulicas o de vapor, así como motores diésel, para hacer funcionar el generador, aunque en los equipos más pequeños o portátiles suelen emplearse pequeños motores de gasolina. Los motores y generadores eléctricos son una clase de dispositivos electromagnéticos que convierten la energía mecánica en energía eléctrica y viceversa. Un generador, alternador o dinamo convierte la energía mecánica en energía eléctrica, mientras que un motor convierte la energía eléctrica en energía mecánica.

Un generador cuenta con las partes detalladas a continuación: el motor de combustión interno, el sistema de refrigeración o enfriamiento, el alternador, el depósito para combustible y la bancada, el sistema de control, el interruptor automático de salida, la regulación del motor.

**Figura 1.** *Generador eléctrico o grupo electrógeno*



Los **generadores electricos para unidades mineras**, también llamados grupos electrógenos, son una especie de planta de energía propia, cuentan con la ventaja de que pueden transportarse al lugar donde se requiera corriente eléctrica. Y por lo general las empresas mineras suelen requerir máquinas de gran tamaño que se suelen instalar de manera fija. Uno de los principales actores que influye en la elección de un grupo electrógeno para minería es la capacidad de producción de energía de la que es capaz; puesto que se debe considerar que los trabajos de extracción del mineral suelen requerir el uso de herramientas de gran consumo eléctrico y por ello las exigencias a las que estarán sometidos los generadores eléctricos serán extrema. Asimismo, los expertos indican que se debe verificar velocidad de revoluciones por minuto de los equipos. Se recomienda que la maquinaria presente un índice de entre 1 800 a 3000 rpm. Esos números indican la velocidad a la que se consumirá el combustible en una relación inversamente proporcional. En el caso de los generadores eléctricos, los que funcionan con gasolina podrían llegar al 1700 rpm, mientras que los que funcionan con diésel pueden llegar hasta los 3 mil rpm. (Icochea, 2019) Para la minería es recomendable adquirir o alquilar un grupo electrógeno con una capacidad de trabajo mínima inferior a los 2000 KVA. Con esa potencia garantizada se puede estar seguro que se podrán alimentar todos los equipos necesarios para la perforación y recolección del material (Icochea, 2019).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### Tipo de investigación

La investigación fue **aplicada**, porque se utilizó información de libros, investigaciones de tesis y artículos de temas de mantenimiento preventivo, generadores y su disponibilidad, y con esta información se dio solución al problema real que es la baja disponibilidad de los generadores en la empresa.

Por su enfoque fue una investigación **cuantitativa** debido a que se analizaron datos numéricos como los tiempos de funcionamiento y las disponibilidades de los generadores de la unidad minera. Por su nivel se desarrolló una investigación **descriptiva** debido a que se detalló el paso a paso del estado actual y futuro a la propuesta del mantenimiento preventivo y su repercusión en la disponibilidad de los generadores de la empresa.

##### Diseño de investigación

Por su diseño se realizó una investigación **no experimental**, debido a que revisó un plan de mantenimiento preventivo de los generadores en la empresa minera sin desarrollar modificaciones en las variables.

#### 3.2. Variables y operacionalización

##### Variable 1: Plan de mantenimiento preventivo

Definición conceptual. Según Montoya et al. (2020), el mantenimiento preventivo es un mantenimiento que se basa en serie de actividades ya programadas en un cronograma en el cual se deben realizar las actividades cumpliendo las fechas establecidas y tomando en cuenta las horas y días de operación o en algunos casos las unidades procesadas.

Dimensiones. Sus dimensiones son historiales de mantenimiento, registros de mantenimiento, programación del mantenimiento y plan de mantenimiento.

##### Variable 2: Disponibilidad de generadores

Definición conceptual. Se define como la garantía de que un componente o sistema que ha sido mantenido seguirá funcionando adecuadamente durante un determinado

período de tiempo (Angulo y Orellana, 2021).

Dimensiones. Periodo de funcionamiento y no funcionamiento del generador.

Mayor detalle de la operacionalización de variables se expone en el anexo N° 02.

### **3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis**

En la investigación realizada en la empresa minera se analizó el plan de mantenimiento con que cuenta para lograr optimizar el funcionamiento de sus generadores y por ello se define a continuación la población, muestra y unidad de análisis.

#### **Población:**

Según Hernández Sampieri et al., (2014) conceptualizan a la población como un conjunto o grupo de individuos que poseen características y propiedades que se quieren estudiar. En esta investigación la población estuvo conformada por el total de generadores de la empresa minera es decir 40 generadores.

- **Criterios de inclusión:** Se tomó como criterio de inclusión el tiempo de funcionamiento de los generadores en los horarios de actividad de la empresa minera.
- **Criterios de exclusión:** En los criterios de exclusión se considera fuera de la evaluación el funcionamiento de los generadores en fechas de mantenimiento de los mismos

**Muestra:** Se consideraron como muestra a los 3 generadores que son los de mayor relevancia por las actividades a las que les brindan soporte y estos son de las distintas marcas con que cuenta la empresa Cummins, Modasa y CAT.

**Muestreo:** Se utiliza un muestreo no probabilístico realizado por conveniencia

**Unidad de análisis:** Generadores de la empresa minera.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **Técnicas de recolección de datos**

Desde la perspectiva de (Ñaupas, Valdivia, Romero, & Palacio, 2018), las técnicas en una investigación representan el total de normas y los procedimientos que permiten ajustar un proceso determinado y alcanzar un objetivo en cada actividad, de inicio

hasta su término o desde la concepción del problema la verificación y el establecimiento de hipótesis en las teorías vigentes. Dentro de las técnicas desarrolladas en esta investigación se utilizaron a la observación directa, el cuestionario, la entrevista, la encuesta y el análisis de documentos y de contenido.

### **Instrumentos de recolección de datos**

En una investigación se caracterizan por ser las herramientas conceptuales o materiales, mediante los cuales se recoge los datos e informaciones, mediante preguntas, ítems que exigen respuestas del investigado. Asumen diferentes formas de acuerdo con las técnicas que le sirven de base (Ñaupas, Valdivia, Romero, & Palacio, 2018). Dentro de los instrumentos que fueron utilizados en este informe fueron el check list, libreta de campo, cédula de cuestionario, guía de entrevista.

### **3.5. Procedimientos**

En primer lugar, se realizó la búsqueda de información de interés mediante tesis y libros relacionados con el tema elegido; lo cual sirvió de referencia para poder tener mayor alcance de dicha información.

Luego se procede a realizar un diagnóstico inicial del estado, funcionamiento y mantenimiento de los generadores de la empresa minera. Después se analiza las principales teorías y los pasos a seguir de un plan de mantenimiento correctamente estructurado y se procede a realizar un plan acorde a la realidad de la empresa y que se ajuste a sus necesidades.

Se evalúa la probabilidad de implementación del plan de mantenimiento en la empresa. Para finalmente realizar un análisis de diagnóstico inicial y datos proyectados y terminar con un análisis de beneficio-costos de la propuesta planteada.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Se realizará la recopilación de la Información apoyándose en instrumentos para la recolección de datos, los cuales serán detallados, también validados y luego almacenados en un archivo del tesista. Después de lo antes descrito, se procede a analizar los datos con lo cual se llegará a obtener la información necesaria para el

trabajo de investigación.

Para poder llevar a cabo las actividades detalladas, se hará uso de herramientas digitales como: un procesador de textos de MS WORD dónde se hará el registro de los análisis e interpretaciones de los datos que luego serán tabulados con la ayuda de hojas de cálculo del MS EXCEL. Finalmente, se hará uso también de las Hojas de Cálculo (MS EXCEL), para dar detalle del modelo propuesto y se analizará el aumento de productividad que este genere.

### **Método Deductivo**

En este punto, se utilizarán las teorías o principios ya definidos para llevarlos a casos particulares a partir de juicios. Para poder aplicar el método deductivo en esta investigación deberá desarrollar un trabajo doble, puesto que primero se buscará encontrar principios desconocidos, a partir de los conocidos. Todo esto nos permitirá descubrir consecuencias desconocidas a partir de principios conocidos.

### **Método Inductivo**

En este punto, se podrá partir de casos particulares y estos apoyados en el razonamiento, nos permitirá llegar a conocimientos generales. Con todo esto podemos llegar a la formulación de hipótesis y su demostración. Es importante tomar en cuenta que este método es de gran ayuda en esta investigación.

## **3.7. Aspectos éticos**

**Confidencialidad:** este aspecto es muy importante para la empresa, es por ello que los datos proporcionados serán analizados y utilizados con total discreción en este trabajo.

**Citaciones:** la información utilizada en la investigación será citada, tomando en consideración los estándares de la normativa APA 6ta edición.

**Respeto:** en las visitas realizadas a la empresa para la toma de la información se tomará en cuenta el respeto al reglamento con que cuenta la empresa, así como a los trabajos realizados y utilizando el paso sólo por los lugares autorizados designados por la minera.

#### IV. RESULTADOS

Las operaciones de la unidad minera están ubicadas a 45 kilómetros al norte de la ciudad de Cajamarca y 800 kilómetros al noreste de la ciudad de Lima, entre los 3500 y 4100 metros sobre el nivel del mar.

Y su actividad se desarrolla en cuatro cuencas: Quebrada Honda, cuenca del río Chonta, cuenca del río Porcón y cuenca del río Rejo. Según su último reporte de sostenibilidad del año 2019, en ese año se minaron 69,3 millones de toneladas métricas secas (TMS) respecto a las 64,5 millones presupuestadas (7% adicional).

En el año 2015 detallaron su consumo energético en su reporte, el cual se puede visualizar en la siguiente figura.

**Tabla 1. Consumo energético de la unidad minera**

Cuadro de revisión de consumo de energía eléctrica de la minera			
Item	Descripción	2014	2015
G4-EN3	Consumo energético interno	1'094224 kWh	1'313256 kWh
G4-EN4	Consumo energético externo	454'432523 kWh	468'482471 kWh
G4-EN5	Intensidad energética	Detalle en nota	Detalle en nota
G4-EN6	Reducción del consumo energético	Detalle en nota	Detalle en nota

Fuente: (Empresa Minera, 2019)

Para poder desarrollar una actividad tan grande, la empresa cuenta con generadores que alimentan sus principales actividades. Estos generadores se pueden visualizar en las siguientes imágenes (se detalla en el anexo N° 02). Si el grupo electrógeno elegido se va a instalar en una zona con poca ventilación es mejor elegir un combustible que genere pocos residuos.

En ese aspecto el diésel ofrece grandes prestaciones, sin embargo, puede ser más costoso que la gasolina. Otras de sus ventajas es su gran rendimiento, además, es rentable porque el gasto en mantenimiento de los equipos que emplean este combustible es menor.

Los principales problemas detallados en el diagrama de Ishikawa (Ver Anexo N° 3) de la introducción se analizaron desde un análisis de los cinco porqués para evaluar la



verdadera causa raíz de dichos problemas identificados.

**Tabla 2.** Análisis de los cinco porqués de la disponibilidad de los generadores

CATEGORÍA	¿QUÉ PROBLEMA SE TIENE?	¿DÓNDE OCURRE EL PROBLEMA?	¿CUÁNDO OCURRE EL PROBLEMA?	¿QUIÉN ES EL ENCARGADO?	¿POR QUÉ OCURRE EL PROBLEMA?
<b>Mano de obra</b>	Mantenimientos no realizados por personal	Mantenimiento	Al programar el mantenimiento	Encargado de mantenimiento	Necesidad de mayor control a personal de mantenimiento
<b>Métodos</b>	Ausencia de los controles adecuados para la programación de los mantenimientos	Área de Mantenimiento	Al programar el mantenimiento	Encargado de mantenimiento	No existen procedimientos de manejo del mantenimiento en la empresa
<b>Maquinaria</b>	Herramientas de mantenimiento de generadores en desuso y/o averiadas	Compras	Al programar las compras para el mantenimiento de generadores	Encargado de mantenimiento	Bajo control de mantenimiento a equipos
	No se cuenta con las herramientas necesarias para mantener equipos de mantenimiento a generadores	Logística	Programación de órdenes de compra de equipos de mantenimiento	Planners logístico	Inexistencia de una programación logística
<b>Medio Ambiente</b>	Fallos en generadores por las condiciones en que se encuentran	Planificación y asignación de equipos	Al momento de asignar los equipos de protección a generadores.	Jefe o responsable del área de planificación	Condiciones climáticas no favorables
<b>Materiales</b>	Retrasos en la búsqueda de materiales	Mantenimiento	Al momento de realizar las actividades de mantenimiento	Encargado de mantenimiento	Problemas de ordenamiento de materiales

### Análisis de la disponibilidad de los generadores

En primer lugar, se identifica y detallan los 3 principales tipos de generadores con que cuenta la empresa y sus características en la siguiente tabla:

**Tabla 3. Identificación de generadores de la empresa**

Código del generador	Cantidad Total	Marca	Potencia	Voltaje	Amperaje	Potencia efectiva (A 4000 msnm)
GNDP-0010-19	10	Modasa	737 kW	470 V	1007 A	582 kW
GNDP-0020-30	11	CAT	1230 kW	600 V	1105 A	650 kW
GNDP-0031-49	19	Cummins	1300 kW	630 V	1107 A	720 kW

Fuente: (Empresa Minera, 2019)

Los tiempos de funcionamiento de los generadores de la empresa fueron calculados mediante un análisis de las fallas presentadas mensualmente y para ello serán analizadas el número de fallos en los generadores.

**Tabla 4. Análisis de fallos en los generadores de la empresa y su incidencia**

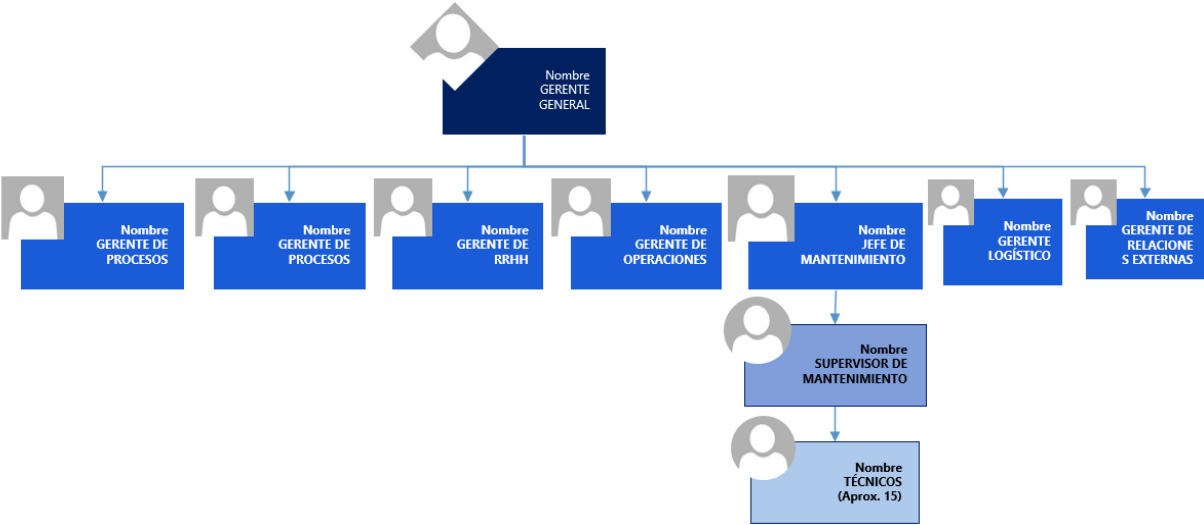
Mes	N° Fallos	Marcas	Causas
Enero	2	Modasa	Existencia de fuga de aceite por empaque deteriorado Desgaste de motor
Febrero	6	Cummins/CAT	Desgaste del filtro de agua Baterías sin cargar
Marzo	1	Modasa/Cummins	Corrosión en la base de baterías Desgaste del filtro de aceite
Abril	2	Cummins	Desgaste
Mayo	7	Modasa/Cummins	Desgaste del arrancador del generador Presencia de impurezas en el tanque de aceite
Junio	4	Modasa/Cummins	Desajuste del filtro de aceite Desgaste de motor
Julio	2	Cummins	
Agosto	4	Cummins/CAT	Avería en el control de mando Cambio de selenoide debido a desgaste
Septiembre	3	Modasa	Presencia de impurezas en el tanque de combustible Desgaste en el filtro de aceite
Octubre	4		
Noviembre	4	Modasa/CAT	Baterías sin cargar Existencia de impurezas en el tanque de aceite
Diciembre	6	Cummins	Existencia de fuga de aceite por empaque deteriorado
Total	45		

Nota: Elaboración propia

Los fallos en los generadores se han presentado en los doce meses del año 2021 y en ellos se identifican que las causas detectadas son meramente debido a desperfectos por falta de un mantenimiento programado (Detalle de causas y fallos de maquinarias) y es por ello que se debe analizar más que programar un mantenimiento al azar, la posibilidad de realizar un mantenimiento preventivo programado que permita a la empresa contar con una mayor eficiencia en la funcionabilidad de estos equipos que son requeridos para múltiples actividades.

Es importante tomar en consideración que el primer punto a analizarse para un correcto plan de mantenimiento es revisar y analizar las personas que se encuentran a cargo de las actividades de mantenimiento y en base a ello se podrá desarrollar un programa según los recursos humanos con que cuenta la empresa. A continuación, se muestra el organigrama de la unidad minera haciendo énfasis en el área de mantenimiento que se encuentra a cargo del jefe de mantenimiento.

**Figura 2.** Organigrama de la unidad minera



En el organigrama se puede visualizar con el personal que se cuenta en cuanto al mantenimiento para el caso de los generadores de la unidad minera y demás actividades que realiza este equipo. A continuación, se detallan las actividades que deben desarrollar tanto el supervisor como el encargado de mantenimiento.

Dentro del mantenimiento realizado hasta antes de la realización de este informe, en el año 2021, se identifican las fechas, descripción del mantenimiento, el mantenimiento realizado y otros factores en la siguiente tabla.

**Tabla 5.** Registro de fallos de los generadores con que cuenta la empresa

N°	Fecha	Marca del Generador	Descripción del fallo	Causa	Fecha de reparación	Días de sin funcionar
1	3/01/2021	Cummins	Fuga de aceite en tubería	corrosión	12/01/2021	9
2	28/01/2021	Cummins	Desajuste de filtro de aceite	vibración	29/01/2021	1
3	13/02/2021	Cummins	Fuga de aceite en carter de motor	Empaque deteriorado	18/02/2021	5
4	14/02/2021	Cummins	Bomba de transferencia de combustible	desgaste	23/02/2021	9
5	15/02/2021	Modasa	Cambio de filtro de aire	ambiental	23/02/2021	8
6	16/02/2021	Cummins	Baterías descargadas	humano	17/02/2021	1
7	17/02/2021	Cummins	Reten de cigüeñal	desgaste	19/02/2021	2
8	28/02/2021	Cummins	Bacterias descargadas	humano	29/02/2021	1
9	13/03/2021	Cummins	Problemas de programación del sistema de control de mando	no especifica	18/03/2021	5
10	12/04/2021	Cummins	Cambio de bacterias	desgaste	16/04/2021	4
11	22/04/2021	Cummins	Quemadura de borne de batería	humana	2/05/2021	10
12	14/05/2021	Cummins	Problemas de programación del sistema de control de mando	no especifica	23/05/2021	3
13	15/05/2021	Cummins	cambio de aceite	programado	18/05/2021	3
14	15/05/2021	Cummins	cambio de filtro de aire	programado	18/05/2021	3
15	15/05/2021	Cummins	cambio de filtro de aceite	programado	18/05/2021	3
16	15/05/2021	Cummins	cambio de filtro de combustible	programado	18/05/2021	3
17	15/05/2021	Cummins	cambio de refrigerante	programado	18/05/2021	3
18	15/05/2021	Modasa	filtro de aceite	programado	20/05/2021	5
19	5/06/2021	Modasa	filtro de combustible	programado	10/06/2021	5

20	5/06/2021	Modasa	filtro de aire	programado	10/06/2021	5
21	9/06/2021	Modasa	cambio de aceite	programado	14/06/2021	5
22	10/06/2021	CAT	filtro de aceite	programado	17/06/2021	7
23	6/07/2021	CAT	filtro de aire primario	programado	13/07/2021	7
24	19/07/2021	CAT	filtro de aire secundario	programado	26/07/2021	7
25	4/08/2021	CAT	filtro de combustible	programado	11/08/2021	7
26	4/08/2021	CAT	cambio de refrigerante	programado	11/08/2021	7
27	4/08/2021	CAT	cambio de aceite	programado	05/08/2021	1
28	4/08/2021	Cummins	cambio de filtro de agua	programado	07/08/2021	3
29	9/09/2021	Cummins	base de batería corroída	desgaste	11/09/2021	2
30	20/09/2021	Modasa	tanque aceite con impurezas	ambiental	30/09/2021	10
31	30/09/2021	Modasa	tanque combustible con impurezas	ambiental	10/10/2021	10
32	4/10/2021	Modasa	limpieza de tanque de combustible	ambiental	13/10/2021	9
33	13/10/2021	Modasa	limpieza de tanque de aceite	ambiental	15/10/2021	2
34	16/10/2021	Modasa	cambio de filtro de aire	ambiental	19/10/2021	3
35	22/10/2021	Cummins	control de mando averiado	no especifica	23/10/2021	1
36	4/11/2021	Cummins	tanque de combustible mezclado con aceite	humano	12/11/2021	8
37	19/11/2021	CAT	arrancador	desgaste	22/11/2021	3
38	23/11/2021	CAT	cambio de batería	desgaste	26/11/2021	3
39	25/11/2021	CAT	cambio de bendix	desgaste	03/12/2021	8
40	4/12/2021	CAT	cambio de selenoide 12V	desgaste	14/12/2021	10
41	8/12/2021	CAT	cambio de bocinas de bronce	desgaste	11/12/2021	3
42	17/12/2021	Cummins	cambio de aceite	programado	19/12/2021	2
43	23/12/2021	Cummins	cambio de filtro de agua	programado	25/12/2021	2
44	28/12/2021	Cummins	cambio de filtro de aire	programado	30/12/2021	2
45	30/12/2021	Cummins	cambio de filtro de aceite	programado	01/01/2022	2

Con los datos obtenidos de los fallos de los generadores y sus tiempos de fallo, finalmente se calcula la disponibilidad de la siguiente manera:

**Tabla 6. Cálculo de la disponibilidad Enero-Diciembre 2021**

Mes	Tiempo de operación (Horas)	Tiempo de reparación (Horas)	MTBF (horas de operación /N° fallos)	MTTR (horas de reparación /N° fallos)	Disponibilidad $\left(\frac{MTBF}{MTBF+MTTR}\right)$
Enero	720	120	120	20	86%
Febrero	720	312	180	78	70%
Marzo	720	60	90	7.5	92%
Abril	720	168	360	84	81%
Mayo	720	276	144	55.2	72%
Junio	720	264	120	44	73%
Julio	720	168	360	84	81%
Agosto	720	216	180	54	77%
Septiembre	720	240	144	48	75%
Octubre	720	180	240	60	80%
Noviembre	720	264	120	44	73%
Diciembre	720	252	240	84	74%
PROMEDIO					78%

### **Análisis de modos y efectos de fallas (AMEF) y el número de prioridad de riesgos (NPR) de los generadores**

Esta herramienta permite detectar problemas antes de que sucedan y puedan alterar la normalidad de los procesos o productos, teniendo en cuenta el contexto operacional del sistema o equipo. La salida de un AMEF es el “Número Prioritario de Riesgo” también conocido como NPR. El NPR es un número que se calcula basándose en la información que se obtiene respecto a los modos de la falla potenciales, los efectos y la capacidad actual del proceso para detectar las fallas antes de que lleguen al cliente. Se calcula como el producto de tres calificaciones cuantitativas, relacionadas cada una a los efectos, causas y controles:

$$NPR = \text{Severidad} * \text{Ocurrencia} * \text{Detección}$$

- ✓ **Severidad:** estimación de la gravedad del efecto del modo de falla.
- ✓ **Ocurrencia:** probabilidad de que una causa específica, resulte en una falla.
- ✓ **Detección:** es un valor para clasificar la probabilidad de encontrar la falla antes de que cause un problema mayor. Ver anexo N° 01.

**Tabla 7. AMEF de las disponibilidades de los generadores**

<b>Análisis de modo y efecto de fallas</b>								
<b>Función o parte del proceso</b>	<b>Modos de fallo</b>	<b>Efecto</b>	<b>S</b>	<b>Causa</b>	<b>O</b>	<b>Controles</b>	<b>D</b>	<b>NPR</b>
Sistema de combustible	Corrosión de algunas partes del sistema de combustible	Fuga de aceite en tubería Fuga de aceite en carter de motor	6	No se cambias las partes corroídas con el tiempo	4	Mantenimiento correctivo	3	72
	Deterioro en partes del sistema de filtros	fuga de aceite en carter de motor Problemas con filtro de aceite	3	Ausencia de mantenimiento correctivo	5	Eventualmente se da un mantenimiento correctivo	10	150
	No existe una programación del sistema de control de mando	Desgaste en la bomba de transferencia de combustible	3	La máquina no se encuentra aceitada	4	Realización de mantenimiento preventivo de acuerdo al programa de mantenimiento establecido	5	60
Sistema de lubricación	Errores de medición en cambio de aceite	Paros en las actividades de extracción de la minera	5	No se realiza una correcta capacitación al personal	2	Mantenimiento correctivo	3	30
	Deterioro en partes del sistema de filtros	Problemas de corrosión en filtro de aceite	3	No se brinda un adecuado mantenimiento a los filtros	5	Se revisa el sistema de filtros semestralmente	3	45
Sistema Eléctrico	Base de baterías corroída	Problemas de funcionamiento del generador	5	No se cuenta con un correcto control del sistema eléctrico	4	Revisiones eventuales del sistema eléctrico	4	80

**Nota.** S=Severidad, O=Ocurrencia y D=Detección

## Plan de mantenimiento preventivo

Es importante tomar en consideración que el primer punto a analizarse para un correcto plan de mantenimiento es revisar y analizar las personas que se encuentran a cargo de las actividades de mantenimiento y en base a ello se podrá desarrollar un programa según los recursos humanos con que cuente la empresa. A continuación, se muestra el organigrama de la unidad minera haciendo énfasis en el área de mantenimiento que se encuentra a cargo del jefe de mantenimiento.

**Tabla 8.** *Actividades del supervisor y los técnicos de mantenimiento*

<b>CARGO DEL RESPONSABLE:</b>	<b>CARGO DEL RESPONSABLE:</b>
Supervisor de mantenimiento de generadores	Encargado del mantenimiento (Técnicos de mantenimiento)
<b>ACTIVIDADES LABORALES:</b>	<b>ACTIVIDADES LABORALES:</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Supervisar las acciones de mantenimiento planificadas en los generadores.</li><li>• Brindar asistencia, coordinar, asignar y supervisar al encargado de mantenimiento en lo referente a los procedimientos y programas de mantenimiento y reparación de los generadores de la empresa.</li><li>• Realizar inspecciones frecuentes de las instalaciones en las que se encuentran los generadores, asegurar que todos los componentes de cada generador funcionan correctamente y mantener un control eficiente sobre los gastos de mantenimiento.</li><li>• Garantizar el cumplimiento de los procedimientos de mantenimiento y diagnóstico de los generadores.</li><li>• Realizar los pedidos de materiales, equipos, herramientas, repuestos y otros instrumentos de trabajo necesarios para que el procedimiento de mantenimiento de los generadores se realice adecuadamente.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Realizar las tareas de instalación y mantenimiento preventivo y correctivo de acuerdo con el plan de actividades y las instrucciones del generador.</li><li>• Mantenimiento, conservación, reparación y limpieza de los generadores, así como la limpieza de las regiones en las que se encuentran.</li><li>• Montaje de maquinaria, sistemas eléctricos y otros elementos.</li><li>• Notificación y comunicación de daños en instalaciones, equipos y mobiliario para facilitar su reparación y mantenimiento.</li><li>• Formación continua en el mantenimiento de los generadores de última tecnología de la empresa.</li><li>• Asistir en la elaboración de órdenes de compra de materiales, equipos, herramientas, repuestos y otros</li></ul>



- Mantener los controles adecuados sobre las distintas operaciones de mantenimiento de los generadores para garantizar el cumplimiento de los objetivos. implementos de trabajo necesarios para la efectiva ejecución de las labores de mantenimiento de los generadores.

Para contar con los profesionales necesarios en el desarrollo de un buen mantenimiento preventivo de generadores se debe tomar en cuenta dos puntos, primero la necesidad que se tiene de contratar un profesional que pueda cubrir el puesto de encargado de mantenimiento y segundo se debe hacer un programa de capacitaciones tanto para él como para el técnico que apoyará ahora en el mantenimiento de generadores.

Los costos en que se incurre para la contratación del nuevo trabajador y las capacitaciones se detallarán en el análisis económico financiero de la propuesta. Pero el programa de capacitación si se visualiza a continuación.

**Tabla 9.** Cronograma de charlas interactivas de mantenimiento (Plan 2023)

Capacitaciones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agost	Sept	Oct	Nov	Dic
Uso y manejo de generadores	■		■		■		■		■		■	
BPM	■		■		■		■		■		■	
Mantenimiento de equipos.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Generadores eléctricos		■				■				■		

### Actividades a realizar en los mantenimientos de cada tipo de generador

Las fallas en los generadores de una empresa, frecuentemente tienen su origen en alguna acción equivocada del operario que realiza la manipulación y por eso es importante tener documentadas las pautas a seguir en el mantenimiento requerido por cada equipo. Se necesita lograr una confiabilidad y disponibilidad que permita a la empresa contar con un nivel de control sobre el mantenimiento de los generadores.

**Tabla 10. Actividades para el mantenimiento preventivo del Generador CAT**

Actividades establecidas para el mantenimiento preventivo Del Generador CAT			FRECUENCIA				
			SN	M	T	SM	A
MOTOR	Mantenimiento al sistema refrigerante	1. Revisar el nivel de refrigerante			✓	✓	✓
		2. Revisar el estado del radiador			✓	✓	✓
		3. Revisar las mangueras y fajas			✓	✓	✓
		4. Realizar el cambio de refrigerante			✓	✓	✓
		5. Hacer una verificación de la Temperatura refrigerante			✓	✓	✓
	Mantenimiento al sistema de lubricación	6. Realizar una medición del cambio de aceite.	✓				
		7. Verificar la última fecha de cambio de aceite	✓				
		8. Cambiar aceite	✓				
		9. Verificar presión de aceite	✓				
		10. Realizar el cambio de filtro de aceite	✓				
	Mantenimiento al sistema de combustible	11. Verificar cantidad de combustible	✓			✓	✓
		12. Hacer una inspección del filtro de combustible DIESEL	✓			✓	✓
		14. Revisar última fecha de cambio de filtro de combustible DIESEL	✓			✓	✓
		15. Hacer una revisión del estado de las mangueras	✓			✓	✓
	Mantenimiento Sistema de admisión y escape	16. Verificar estado del filtro y fecha de cambio				✓	✓
		17. Verificar las entradas y salidas en el filtro de aire				✓	✓
	Mantenimiento del sistema eléctrico	18. Verificar estado y fecha de cambio de baterías	✓	✓			
		19. Realizar la verificación del voltaje de las baterías y el cargador	✓	✓			
		20. Limpiar bornes y llenar con agua destilada	✓	✓			
	GENERADOR	21. Verificar las tensiones entre las fases	✓	✓			
22. Verificar la buena circulación del aire		✓	✓				
23. Verificar que no existan ruidos anormales		✓	✓				
24. Realizar limpieza general del generador		✓	✓				
25. Revisar y verificar que todas las rejillas estén colocadas correctamente		✓	✓				

**Nota.** SN=Semanal, M=Mensual, T=Trimestral, SM=Semestral y A=Anual

**Tabla 11. Ficha de mantenimiento preventivo del generador Modasa**

Actividades establecidas para el mantenimiento preventivo			FRECUENCIA				
			SN	M	T	SM	A
MOTOR	Mantenimiento al sistema refrigerante	1. Revisar el nivel de refrigerante	✓			✓	✓
		2. Revisar el estado del radiador	✓			✓	✓
		3. Revisar las mangueras y fajas	✓			✓	✓
		4. Realizar el cambio de refrigerante	✓			✓	✓
		5. Hacer una verificación de la Temperatura refrigerante	✓			✓	✓
	Mantenimiento al sistema de lubricación	6. Realizar una medición del cambio de aceite.	✓				
		7. Verificar la última fecha de cambio del aceite	✓				
		8. Cambiar aceite	✓				
		9. Verificar presión de aceite	✓				
		10. Realizar el cambio de filtro de aceite	✓				
	Mantenimiento al sistema de combustible	11. Verificar cantidad de combustible	✓			✓	✓
		12. Hacer una inspección del filtro combustible DIESEL	✓			✓	✓
		13. Revisar última fecha de cambio de filtro de combustible DIESEL realizado	✓			✓	✓
		14. Hacer una revisión del estado de las mangueras	✓			✓	✓
	Mantenimiento Sistema al sistema de admisión y escape	15. Verificar el estado del filtro y la fecha de cambio				✓	✓
		16. Verificar las entradas y salidas de gases				✓	✓
	Mantenimiento al sistema eléctrico	17. Verificar estado y fecha de cambio de baterías	✓	✓			
		18. Realizar la verificación del voltaje de las baterías y el cargador	✓	✓			
		19. Limpiar bornes y llenar con agua destilada	✓	✓			
GENERADOR	20. Verificar las tensiones entre las fases		✓	✓			
	21. Verificar la buena circulación del aire		✓	✓			
	22. Verificar que no existan ruidos anormales		✓	✓			
	23. Realizar limpieza general del generador		✓	✓			
	24. Revisar y verificar que todas las rejillas estén colocadas correctamente		✓	✓			

**Nota.** SN=Semanal, M=Mensual, T=Trimestral, SM=Semestral y A=Anual

**Tabla 12. Ficha de mantenimiento preventivo del generador Cummins**

Actividades establecidas para el mantenimiento preventivo			FRECUENCIA				
			S0	M	T	S	A
MOTOR	<b>Mantenimiento al sistema refrigerante</b>	1. Revisar el nivel de refrigerante			✓	✓	✓
		2. Revisar el estado del radiador			✓	✓	✓
		3. Revisar las mangueras y fajas			✓	✓	✓
		4. Realizar el cambio de refrigerante			✓	✓	✓
		5. Hacer una verificación de la Temperatura refrigerante			✓	✓	✓
	<b>Mantenimiento al sistema de lubricación</b>	6. Realizar una medición del cambio de aceite.	✓				
		7. Verificar la última fecha de cambio del aceite	✓				
		8. Cambiar aceite	✓				
		9. Verificar presión de aceite	✓				
		10. Realizar el cambio de filtro de aceite	✓				
	<b>Mantenimiento al sistema de combustible</b>	11. Verificar cantidad de combustible	✓			✓	✓
		12. Hacer una inspección del filtro de combustible DIESEL	✓			✓	✓
		13. Revisar última fecha de cambio de filtro de combustible DIESEL o realizada	✓			✓	✓
		14. Hacer una revisión del estado de las mangueras	✓			✓	✓
	<b>Mantenimiento Sistema al sistema de admisión y escape</b>	15. Verificar el estado del filtro y la fecha de cambio				✓	✓
		16. Verificar las entradas y salidas de gases				✓	✓
	<b>Mantenimiento al sistema eléctrico</b>	17. Verificar estado y fecha de cambio de baterías	✓	✓			
		18. Realizar la verificación del voltaje de las baterías y el cargador	✓	✓			

		19. Limpiar bornes y llenar con agua destilada	✓	✓			
GENERADOR		20. Verificar las tensiones entre las fases				✓	✓
		21. Verificar la buena circulación del aire				✓	✓
		22. Verificar que no existan ruidos anormales				✓	✓
		23. Realizar limpieza general del generador				✓	✓
		24. Revisar y verificar que todas las rejillas estén colocadas correctamente	✓	✓	✓	✓	✓
		25. Realizar ajustes de voltaje de ser necesario				✓	✓

**Nota.** SN=Semanal, M=Mensual, T=Trimestral, SM=Semestral y A=Anual

Después de analizar las actividades a desarrollarse en un mantenimiento preventivo se realiza un modelo de registro para los mantenimientos a realizar.

**Tabla 13.** Modelo de registro de mantenimiento para los generadores

REGISTRO DE MANTENIMIENTO DEL GENERADOR		
Realizado por:		
Código del Generador:	Fecha	
Marca del Generador	N° Orden de trabajo:	MP-0001-2023
Tipo de mantenimiento		
ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO REALIZADAS		

<b>Observaciones identificadas:</b>	
Registro revisado por:	

La programación que a continuación se muestra de los mantenimientos a los distintos generadores es importante considerarla y realizarla según lo programado para así evitar problemas de funcionamiento nuevamente.

**Tabla 14. Programación de mantenimientos al año 2023**

PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO-2023				
	Enero-Marzo	Abril-Junio	Julio a Septiembre	Octubre a Diciembre
MODASA				
CAT				
CUMMINS				

### Disponibilidad estimada de los generadores con la aplicación

La disponibilidad de los generadores se determina de acuerdo a las teorías de Gonzales (2019) y Robles (2021), quienes demuestran que la aplicación de un mantenimiento preventivo en los generadores reduce al 50% sus fallos y el número de mantenimientos correctivos, así como los tiempos de reparación.

**Tabla 15. Disponibilidad de los generadores**

DISPONIBILIDAD DE LOS GENERADORES DE LA UNIDAD MINERA					
ESPERADA (AÑO 2023)					
MES EVALUADO	Tiempo de operación	Tiempo de reparación (horas)	MTBF (horas de operación /N° fallos)	MTTR (horas de reparación /N° fallos)	Disponibilidad (MTBF/(MTBF+MTTR))
ENERO	720	60	240	20	92%
FEBRERO	720	156	360	78	82%
MARZO	720	30	180	7.5	96%
ABRIL	720	84	720	84	90%
MAYO	720	138	288	55.2	84%
JUNIO	720	132	240	44	85%
JULIO	720	84	720	84	90%
AGOSTO	720	108	360	54	87%
SEPTIEMBRE	720	120	288	48	86%
OCTUBRE	720	90	480	60	89%
Noviembre	720	132	240	44	85%
Diciembre	720	126	480	84	85%
PROMEDIO					87%

Se analiza la disponibilidad inicial y final de los generadores

**Tabla 16.** Disponibilidad actual y esperada de los generadores

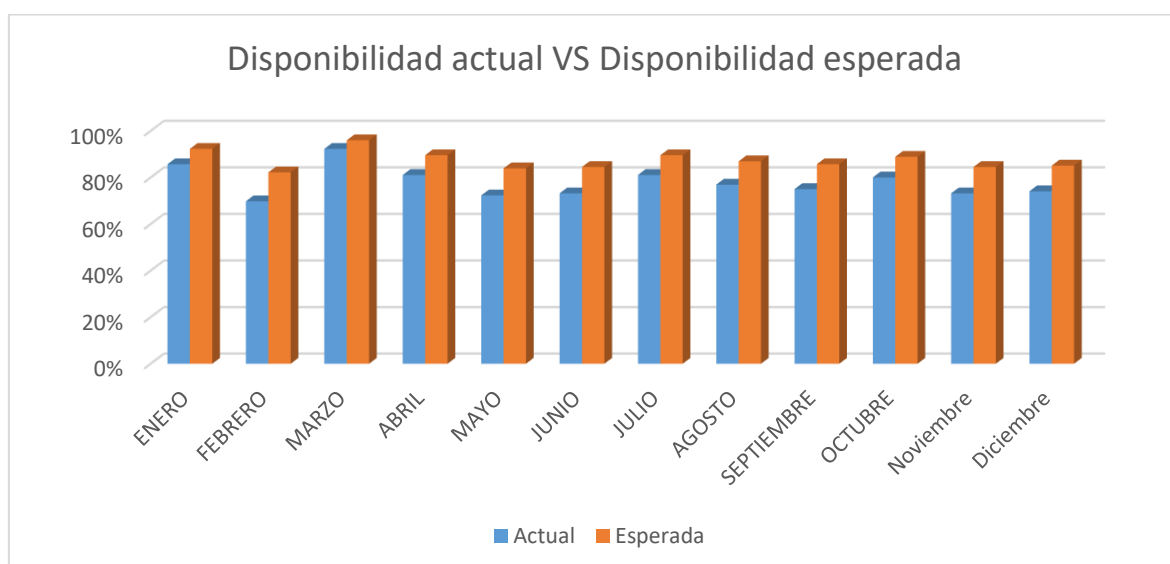
ANÁLISIS DE DISPONIBILIDAD DE LOS GENERADORES DE LA UNIDAD MINERA										
MES EVALUADO	ACTUAL (2021)					ESPERADA (2023)				
	Tiempo de operación (Horas)	Tiempo de reparación (horas)	MTBF (horas de operación /N° fallos)	MTTR (horas de reparación /N° fallos)	Disponibilidad (MTBF/(MTBF+ MTTR))	Tiempo de operación	Tiempo de reparación (horas)	MTBF (horas de operación /N° fallos)	MTTR (horas de reparación /N° fallos)	Disponibilidad (MTBF/(MTBF+ MTTR))
Enero	720	120	120	20	86%	720	60	240	20	92%
Febrero	720	312	180	78	70%	720	156	360	78	82%
Marzo	720	60	90	7.5	92%	720	30	180	7.5	96%
Abril	720	168	360	84	81%	720	84	720	84	90%
Mayo	720	276	144	55.2	72%	720	138	288	55.2	84%
Junio	720	264	120	44	73%	720	132	240	44	85%
Julio	720	168	360	84	81%	720	84	720	84	90%
Agosto	720	216	180	54	77%	720	108	360	54	87%
Septiembre	720	240	144	48	75%	720	120	288	48	86%
Octubre	720	180	240	60	80%	720	90	480	60	89%
Noviembre	720	264	120	44	73%	720	132	240	44	85%
Diciembre	720	252	240	84	74%	720	126	480	84	85%

Si realizamos una comparativa entre ambas disponibilidades tenemos lo siguiente.

**Tabla 17.** Comparativa entre disponibilidades actual y esperada

Disponibilidad actual	Disponibilidad Esperada
86%	92%
70%	82%
92%	96%
81%	90%
72%	84%
73%	85%
81%	90%
77%	87%
75%	86%
80%	89%
73%	85%
74%	85%

**Figura 3.** Disponibilidad actual y futura



### Costo beneficio del plan de mantenimiento preventivo en la empresa minera.

Es necesario como primer punto resaltar que a pesar de que muchas empresas tanto pequeñas como grandes corporaciones deciden optar por la tercerización de algunas actividades y/o servicios; esta es una opción que debe revisarse a detalle y evaluarse también desde un punto de vista económico en el cual se pueda ver claramente la rentabilidad de hacerlo o no y por ello se deben analizar previamente los costos en que se incurre al momento de realizar un mantenimiento ya sea preventivo o correctivo en la empresa minera.



Por otro lado, para realizar una evaluación económica de esta investigación se tomó en cuenta todos los gastos en que se incurren en los mantenimientos correctivos realizados a los generadores en el año 2021. Para lo cual se cuenta con los montos detallados en las boletas de gastos de reparación de los grupos electrógenos y considerando las horas trabajadas por el área de mantenimiento.

**Tabla 18. Costos en fallos de generadores (actuales)**

Detalle	Costos Unitarios	Cantidad	Costos totales
Costos de mantenimiento (N1)	S/ 450.00	30	S/ 13,500.00
Costos de mantenimiento (N2)	S/ 1,800.00	15	S/ 27,000.00
Costos de reparación	S/ 500.00	45	S/ 22,500.00
Costos en repuestos y otros	S/ 1,000.00	45	S/ 45,000.00
TOTAL			S/ 108,000.00

Nota: N1 hace referencia a los generadores con tiempos de fallos iguales a menores a 5 días y N2 a los que tardaron más de 5 días.

Luego de analizar los costos ocasionados por los fallos en los generadores se estiman los costos generados en el plan de mantenimiento preventivo y sus adicionales; lo cual nos lleva a considerar tanto los costos de capacitaciones, como los costos de prevención en reparaciones hechas a tiempo.

**Tabla 19. Costos de propuesta de mantenimiento preventivo**

Detalle	Costos Unitarios	Cantidad	Costos totales
Costos de mantenimiento	S/ 100.00	72	S/ 7,200.00
Costos por reparaciones	S/ 500.00	23	S/ 11,500.00
Costos en repuestos y otros	S/ 500.00	72	S/ 36,000.00
TOTAL			S/ 54,700.00

Nota: En el caso del mantenimiento preventivo realizado a los generadores se estima en un total de 2 horas por cada ocasión.

Descripción	Año 0 (Inversión en la propuesta)	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Flujo de caja final	-S/54,700.00	-S/1,400.00	S/51,900.00	S/105,200.00	S/158,500.00
Periodo de recuperación (años)			Recuperación inversión		

## V. DISCUSIÓN

El desarrollo de este informe de tesis centrado en un plan de mantenimiento preventivo y en el incremento de la disponibilidad de generadores eléctricos en una empresa minera tuvo las siguientes similitudes y discrepancias con las investigaciones previas analizadas y descritas en el marco teórico.

En el informe de Aldana (2019) se identificó inicialmente la problemática que era la baja disponibilidad y se determinó que a pesar que la empresa minera Unión de Concreteras SA se encuentra contractualmente obligada a tener una disponibilidad del 85%, esto no se cumple en meses como enero y octubre que cuentan con disponibilidades de 72,87% y 84,18% respectivamente por lo cual se establece la necesidad de desarrollar un plan de mantenimiento preventivo que sea capaz de lograr una mejora frente a esta problemática. En concordancia con dicha investigación, en el presente trabajo se identificaron los generadores de la unidad minera para luego revisar las principales causas de los fallos presentados en dichos generadores, finalmente se revisó que las disponibilidades de los generadores en el análisis para el año 2021 estuvieron entre 70% y un máximo de 92% y el promedio para ese año fue de 78%.

Se determinó también en el artículo de Zhang et al. (2022) que se deben priorizar los mantenimientos a generadores de ciertas áreas que tienen mayor relevancia en la empresa donde se desarrolla la investigación lo cual se diferencia de esta investigación; puesto que a pesar de analizarse los tres modelos de generadores que tienen mayor relevancia en la unidad minera; se considera presentar el modelo para un mantenimiento de los 40 generadores con que cuenta la empresa y con ello asegurarse una mejora global en la organización y con ello aumentar la disponibilidad de sus generadores.

Si tomamos en cuenta el análisis realizado debido a la problemática, se puede considerar como una herramienta adecuada el análisis mediante un diagrama de Ishikawa y una evaluación de 5 porqué para revisar las causas de la baja disponibilidad de los generadores en la Unidad minera. Todo esto concuerda con las investigaciones de Aldana (2019) y Garavito (2018) quienes también desarrollan

una propuesta basada en un diagnóstico previo de las causas que generan la baja disponibilidad de los equipos revisados.

Si nos centramos en el análisis de la disponibilidad de los generadores, el cual se cuenta como segundo objetivo de esta investigación podemos observar que, inicialmente se identificaron a los generadores de la empresa y se revisaron el número de fallos, determinando según la marca y el tipo de fallo la ocurrencia de los desperfectos en los generadores; todo esto concuerda con la investigación de Callomamani (2021) quien hizo un recuento del número de averías presentadas en los equipos más críticos para desarrollar la propuesta de mejora de mantenimiento en dichos equipos.

En la investigación de Garavito (2018), se descubrió que el plan de mantenimiento se basaba en un historial de averías del que no existe un registro físico completo y bien documentado, sino en la experiencia de las personas que componen el personal de mantenimiento de la empresa; esto difiere de la investigación desarrollada puesto que se tiene actualmente un registro de las averías presentadas y sus causas y esto ayudó a la investigación ya que nos presenta el historial de los últimos 12 meses del año 2021 bajo el cual se realiza la proyección de este trabajo y sus resultados esperados.

Asimismo, en similitud a la investigación de Aldana (2019), donde la instalación de la gestión del mantenimiento preventivo mejora considerablemente la disponibilidad de los equipos de transporte minero, representando una mejora del 4.06 por ciento. Se tiene una mejora del 10% en la disponibilidad, gracias a la propuesta presentada del plan de mantenimiento preventivo en la empresa minera.

En cuanto a la viabilidad del proyecto se estimó que de los 54,700 soles invertidos se obtendrá un total de S/ 51,950.00 de recuperación anualmente. Lo cual concuerda con la propuesta de mantenimiento preventivo de Quiroz y Revilla (2021), la cual también genera un ahorro anual de S/516 830,98 soles y un ahorro mensual de S/43 069,24 soles, lo que indica que el plan de mantenimiento preventivo recomendado es económicamente viable.

## **VI. CONCLUSIONES**

Tomando en consideración los objetivos finalmente se concluye lo siguiente:

Con respecto al diagnóstico inicial se pudo identificar que en la empresa se tiene un alto requerimiento de energía eléctrica puesto que se analizan el requerimiento por un consumo energético interno de más de un millón de kWh y en el caso del consumo energético externo de casi 500 millones de kWh y se detalla que parte de la necesidad de los generadores en la empresa es por su nivel de movilidad dado el giro del negocio. Asimismo, en ese diagnóstico inicial se tiene un análisis mediante diagrama de Ishikawa y de 5 porqués de la baja disponibilidad de los generadores que presenta la empresa. Y en cuanto a la disponibilidad de los generadores primero se identificaron las 3 marcas o tipos de generadores con que cuenta la empresa y son Modasa, Cummins y CAT, también se tuvo un análisis de los fallos en los generadores haciendo un recuento de 45 fallos identificados. Finalmente se revisaron las guía y registros donde se encontraron los tiempos de reparación de los generadores y el detalle de las causas que originaron los fallos. Luego en el análisis de modos y efectos de fallas (AMEF) y el número de prioridad de riesgos (NPR) de los generadores se revisaron que existen, en su mayoría, niveles de prioridad de riesgo de entre moderado a crítico que pueden afectar directamente la continuidad de las actividades de la empresa minera que requieren de los generadores.

En cuanto a la revisión del plan de mantenimiento, se estimó primero desarrollar un recuento de las actividades de los encargados del mantenimiento de los generadores, así como la evaluación de capacitaciones al personal y se detallaron cada una de las actividades a realizar en los mantenimientos según cada marca de generador con que cuenta la empresa minera y se detalló un modelo de registro para el mantenimiento de los generadores.

En concordancia con el cuarto objetivo se hizo una revisión de la disponibilidad estimada de los generadores, luego de la aplicación de la mejora propuesta; y se tuvo una disponibilidad promedio de 87% siendo que actualmente se encuentra en 78%; lo cual demuestra una evidente mejora del 10% en la disponibilidad.

Finalmente, en relación al último objetivo se realizó una evaluación económica de la propuesta y se obtuvo que, el periodo de recuperación de la inversión asignada para una propuesta como la presentada es a partir del segundo año.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda realizar una investigación constante de las nuevas tendencias o tecnologías desarrolladas en base a los distintos modelos de mantenimiento para el sector en el que se ubica la empresa; es decir en los procesos de extracción de minerales. Luego analizar el costo beneficio para su posterior implementación.

Se recomienda desarrollar un área específica para el mantenimiento de los generadores con que cuenta la empresa y evitar el seguir manejándolo como un mantenimiento global; ya que los equipos de la empresa y sus generadores tienen distintos programas de mantenimiento.

## REFERENCIAS

Aldana Gallo, C. R. (2019). *Gestión del Mantenimiento Preventivo para mejorar la disponibilidad en los equipos mineros de transporte en la unidad Inmaculada-Ayacucho de la empresa Unión de Concreteras S.A.* Callao-Perú. Obtenido de <http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/4374/aldana%20gallo%20fime%20maestria%202019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Angulo, E., & Orellana, G. (2021). *Mantenimiento para aumentar la disponibilidad de máquinas.*

Arango, J., Rosero, S., & Montoya, M. (2020). *Programación de mantenimiento preventivo usando algoritmos genéticos.*

Assis, R., & Marques, P. C. (2021). *A dynamic methodology for setting up inspection time intervals in conditional preventive maintenance.* Applied Sciences (Switzerland). Obtenido de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85115315399&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=%c2%a8preventive+maintenance%c2%a8&nlo=&nlr=&nls=&sid=e5cdafc320c1eea4974729ca6fca4f26&sot=b&sdt=cl&cluster=scofreetoread%2c%22all%22%2ct%2bscopubyr%2>

Banco Interamericano de Desarrollo. (2019). *EL MANTENIMIENTO como herramienta para conseguir infraestructura de alta calidad y durabilidad.* Biblioteca Felipe Herrera del Banco Interamericano de Desarrollo. Obtenido de [https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/El\\_mantenimiento\\_como\\_herramienta\\_para\\_conseguir\\_infraestructura\\_de\\_alta\\_calidad\\_y\\_durabilidad\\_es.pdf](https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/El_mantenimiento_como_herramienta_para_conseguir_infraestructura_de_alta_calidad_y_durabilidad_es.pdf)

Bányai, Á. (2021). *Energy consumption-based maintenance policy optimization.* Energies. Obtenido de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85114851176&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=%c2%a8preventive+maintenance%c2%a8&nlo=&nlr=&nls=&sid=e5cdafc320c1eea4974729ca6fca4f26&sot=b&sdt=cl&cluster=scofreetoread%2c%22all%22%2ct%2bscopubyr%2>

Beaucarne, G., Eder, G., Jadot, E., Voronko, Y., & Mühleisen, W. (2021). *Repair and preventive maintenance of photovoltaic modules with degrading backsheets using flowable silicone sealant*. Progress in Photovoltaics: Research and Applications. Obtenido de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85117707639&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=%c2%a8preventive+maintenance%c2%a8&nlo=&nlr=&nls=&sid=e5cdafc320c1eea4974729ca6fca4f26&sot=b&sdt=cl&cluster=scofreetoread%2c%22all%22%2ct%2bscopubyr%2>

Bravo, V., & Muñoz, M. (2021). *Diseño de mejora en el sistema de mantenimiento preventivo y correctivo para aumentar la disponibilidad de las máquinas terrot, orizzio y mayer de la empresa textil Caysalu S.A.C.*

Callomamani Yunca, E. (2021). *Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos de la planta pre concentrado ore sorting de la unidad minera San Rafael – Minsur, 2020*. Puno.

Chacón León, H. A. (2020). *Plan de mantenimiento preventivo para incrementar la productividad de los equipos de chancado secundario en una empresa minera*. Huancayo.

Darmawan, A., & Sheu, D. D. (2021). *Preventive maintenance scheduling: a simulation-optimization approach*. Production and Manufacturing Research. Obtenido de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85123955530&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=%c2%a8preventive+maintenance%c2%a8&nlo=&nlr=&nls=&sid=e5cdafc320c1eea4974729ca6fca4f26&sot=b&sdt=cl&cluster=scofreetoread%2c%22all%22%2ct%2bscopubyr%2>

Empresa Minera. (2019). *Reporte de sostenibilidad*.

Garavito Gonzáles, M. S. (2018). *Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para flota de generadores empresa generación y sistemas S.P.A (GENSYS)*. Santiago-Chile.

García, F., & Salgado, D. (2021). *Maintenance strategies for industrial multi-stage machines: The study of a thermoforming machine*. Sensors. Obtenido de

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85116883125&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=%c2%a8preventive+maintenance%c2%a8&nlo=&nlr=&nls=&sid=e5cdafc320c1eea4974729ca6fca4f26&sot=b&sdt=cl&cluster=scofreetoread%2c%22all%22%2ct%2bscopubyr%2>

Hardt, F., Kotyrba, M., Volna, E., & Jarusek, R. (2021). *Innovative approach to preventive maintenance of production equipment based on a modified tpm methodology for industry 4.0*. Applied Sciences (Switzerland). Obtenido de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85111747076&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=%c2%a8preventive+maintenance%c2%a8&nlo=&nlr=&nls=&sid=e5cdafc320c1eea4974729ca6fca4f26&sot=b&sdt=cl&cluster=scofreetoread%2c%22all%22%2ct%2bscopubyr%2>

Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación. Séptima edición*. México: Mc Graw Hill.

Huayhua Vilca, J. R. (2018). *Optimización de tiempos de mantenimientos preventivos para incrementar la disponibilidad mecánica de la flota de camiones 777F CAT de la compañía minera Minsur en Pucamarca*. Tacna.

Icochea, S. (24 de Abril de 2019). IGC. *Innovación en Gesintéticos y Contrucción*. Obtenido de Minería ¿Cómo elegir generadores eléctricos?: <https://igc.com.pe/mineria-como-elegir-generadores-electricos/>

Indigoyen Aguilar, A. C. (2020). *Mantenimiento centrado en la confiabilidad para incrementar la disponibilidad de la chancadora SANDVIK CH870 - Compañía Minera Milpo S.A.A*. Huancayo.

INTEGRA MARKETS. (2017). *Gestión y Planificación del Mantenimiento Industrial*. Lima: Grupo América Factorial S.A.C.

Mendoza Yupanqui, P. Y. (2017). *Diseño de generador hidroelectrico portable para zonas rurales*. Lima.

Ministerio de Energía y Minas. (Octubre, 2021). *Diagnóstico del sector minero-Perú*. Obtenido de



<https://www.bancomundial.org/es/country/peru/publication/diagnostico-del-sector-minero-peru>

Montoya Arias, M. E., Arango Marín, J. A., & Rosero Otero, S. L. (2020). *Programación de mantenimiento preventivo usando algoritmos genéticos*.

Moyo, L., Nwulu, N., Ekpenyong, U., & Bansal, R. (2021). *A Tri-Objective Model for Generator Maintenance Scheduling*. IEEE Access. Obtenido de

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85115693507&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=%c2%a8preventive+maintenance%c2%a8&nlo=&nlr=&nls=&sid=e5cdfc320c1eea4974729ca6fca4f26&sot=b&sdt=cl&cluster=scofreetoread%2c%22all%22%2ct%2bscopubyr%2>

Muthana, S., & Ku-Mahamud, K. R. (2021). *Generator Maintenance Scheduling Models for Electrical Power Systems: A Review*. International Journal of Electrical and Electronic Engineering and Telecommunications. Obtenido de

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85112396608&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=%c2%a8preventive+maintenance%c2%a8&nlo=&nlr=&nls=&sid=e5cdfc320c1eea4974729ca6fca4f26&sot=b&sdt=cl&cluster=scofreetoread%2c%22all%22%2ct%2bscopubyr%2>

Nordal, H., & El-Thalji, I. (2021). *Lifetime benefit analysis of intelligent maintenance: simulation modeling approach and industrial case study*. Applied Sciences (Switzerland). Obtenido de

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85104103775&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=%c2%a8preventive+maintenance%c2%a8&nlo=&nlr=&nls=&sid=e5cdfc320c1eea4974729ca6fca4f26&sot=b&sdt=cl&cluster=scofreetoread%2c%22all%22%2ct%2bscopubyr%2>

Ñaupas, H., Valdivia, M., Romero, H., & Palacio, J. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*. Bogotá: Ediciones de la U.

Oudshoorn, M., Koppenberg, T., & Yorke-Smith, N. (2022). *Optimization of annual planned rail maintenance*. Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering. Obtenido de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85113722212&origin=resultslist&sort=plf->

[f&src=s&st1=%c2%a8preventive+maintenance%c2%a8&nlo=&nlr=&nls=&sid=e5cdfc320c1eea4974729ca6fca4f26&sot=b&sdt=cl&cluster=scofreetoread%2c%22all%22%2ct%2bscopubyr%2](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85113722212&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=%c2%a8preventive+maintenance%c2%a8&nlo=&nlr=&nls=&sid=e5cdfc320c1eea4974729ca6fca4f26&sot=b&sdt=cl&cluster=scofreetoread%2c%22all%22%2ct%2bscopubyr%2)

Quiroz Aliaga, P. P., & Revilla Cotrina, R. G. (2021). *Mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos en la planta de chancado de una empresa minera de Cajamarca 2021*. Cajamarca.

Rahman, U., & Mahbub, M. (2022). *Application of classification models on maintenance records through text mining approach in industrial environment*. Journal of Quality in Maintenance Engineering. Obtenido de [https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85124749686&origin=resultslist&sort=plf-)

[85124749686&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=%c2%a8preventive+maintenance%c2%a8&nlo=&nlr=&nls=&sid=e5cdfc320c1eea4974729ca6fca4f26&sot=b&sdt=cl&cluster=scofreetoread%2c%22all%22%2ct%2bscopubyr%2](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85124749686&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=%c2%a8preventive+maintenance%c2%a8&nlo=&nlr=&nls=&sid=e5cdfc320c1eea4974729ca6fca4f26&sot=b&sdt=cl&cluster=scofreetoread%2c%22all%22%2ct%2bscopubyr%2)

Reynoso, J. (2021). *Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo y su influencia en la disponibilidad mecánica en la línea blanca y amarilla de la Empresa Multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán - Pasco – 2019*.

S, B., P., F., & H, F. (2021). *A joint optimization model for production scheduling and preventive maintenance interval*. International Journal of Engineering, Transactions B: Applications. Obtenido de [https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85118506959&origin=resultslist&sort=plf-)

[85118506959&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=%c2%a8preventive+maintenance%c2%a8&nlo=&nlr=&nls=&sid=e5cdfc320c1eea4974729ca6fca4f26&sot=b&sdt=cl&cluster=scofreetoread%2c%22all%22%2ct%2bscopubyr%2](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85118506959&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=%c2%a8preventive+maintenance%c2%a8&nlo=&nlr=&nls=&sid=e5cdfc320c1eea4974729ca6fca4f26&sot=b&sdt=cl&cluster=scofreetoread%2c%22all%22%2ct%2bscopubyr%2)

Sánchez-Herguedas, A. m.-H., Mena-Nieto, A. m.-N., Rodrigo, F., Villalba, J., & Ordieres, J. (2022). *Optimisation of Maintenance Policies Based on Right-*

*Censored Failure Data Using a Semi-Markovian Approach*. Sensors. Obtenido de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85124351183&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=%c2%a8preventive+maintenance%c2%a8&nlo=&nlr=&nls=&sid=e5cdfc320c1eea4974729ca6fca4f26&sot=b&sdt=cl&cluster=scofreetoread%2c%22all%22%2ct%2bscopubyr%2>

Shin, J.-W., Yoon, K.-H., Chai, H.-S., & Kim, J.-C. (2022). *Reliability-Centered Maintenance Scheduling of Photovoltaic Components According to Failure Effects*. Energies. Obtenido de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85128044236&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=%c2%a8preventive+maintenance%c2%a8&nlo=&nlr=&nls=&sid=e5cdfc320c1eea4974729ca6fca4f26&sot=b&sdt=cl&cluster=scofreetoread%2c%22all%22%2ct%2bscopubyr%2>

SZKODA, M., KACZOR, G., PILCH, R., SMOLNIK, M., & KONIECZEK, Z. (2021). *Assessment of the influence of preventive maintenance on the reliability and availability indexes of diesel locomotives*. Transport Problems. Obtenido de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85103515690&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=%c2%a8preventive+maintenance%c2%a8&nlo=&nlr=&nls=&sid=e5cdfc320c1eea4974729ca6fca4f26&sot=b&sdt=cl&cluster=scofreetoread%2c%22all%22%2ct%2bscopubyr%2>

Vale, C., & Simões, M. L. (2022). *Prediction of Railway Track Condition for Preventive Maintenance by Using a Data-Driven Approach*. Infrastructures. Obtenido de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85125948729&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=%c2%a8preventive+maintenance%c2%a8&nlo=&nlr=&nls=&sid=e5cdfc320c1eea4974729ca6fca4f26&sot=b&sdt=cl&cluster=scofreetoread%2c%22all%22%2ct%2bscopubyr%2>

Wang, L., & Song, Y. (2022). *Optimization of Preventive Maintenance and Replacement Strategies for Nonrenewing Two-Dimensional Warranty Products*

*Experiencing Degradation and External Shocks*. *Mathematical Problems in Engineering*. Obtenido de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85125767383&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=%c2%a8preventive+maintenance%c2%a8&nlo=&nlr=&nls=&sid=e5cdfc320c1eea4974729ca6fca4f26&sot=b&sdt=cl&cluster=scofreetoread%2c%22all%22%2ct%2bscopubyr%2>

Wang, Y., Li, X., Chen, J., & Liu, Y. (2022). *A condition-based maintenance policy for multi-component systems subject to stochastic and economic dependencies*. *Reliability Engineering and System Safety* Open Access Volume 219 March 2022 Article number 108174. Obtenido de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85120359967&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=%c2%a8preventive+maintenance%c2%a8&nlo=&nlr=&nls=&sid=aef95150edc0ed14b32dbccf9051a14e&sot=b&sdt=cl&cluster=scofreetoread%2c%22all%22%2ct%2bscopubyr%2>

Zeng, P., Shao, W., & Hao, Y. (2021). *Study on preventive maintenance strategies of filling equipment based on reliability-cantered maintenance*. *Tehnicki Vjesnik*. Obtenido de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85105006037&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=%c2%a8preventive+maintenance%c2%a8&nlo=&nlr=&nls=&sid=e5cdfc320c1eea4974729ca6fca4f26&sot=b&sdt=cl&cluster=scofreetoread%2c%22all%22%2ct%2bscopubyr%2>

Zhou, X., Gu, C., Sun, Y., Han, C., Gu, W., & Niu, W. (2022). *Preventive Maintenance Strategy of Environmental Test Chamber Based on Particle Swarm Optimization Algorithm*. *International Journal of Circuits, Systems and Signal Processing*. Obtenido de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85123455377&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=%c2%a8preventive+maintenance%c2%a8&nlo=&nlr=&nls=&sid=e5cdfc320c1eea4974729ca6fca4f26&sot=b&sdt=cl&cluster=scofreetoread%2c%22all%22%2ct%2bscopubyr%2>

## ANEXOS

### Anexo 01: Determinación de la Severidad, Ocurrencia y Detección

Severidad		
Gravedad	Criterio	Valor
Muy Baja	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema.	1
Baja	El tipo de fallo originaria un ligero inconveniente en el proceso. Probablemente, éste observara un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable	2-3
Moderada	El fallo produce cierto inconveniente en el proceso. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema	4-6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un alto grado de problemática.	7-8
Muy Alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10	9-10

Ocurrencia		
Frecuencia	Criterio	Valor
Muy Baja	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-5
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	6-8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente	9-10

Detección		
Detectabilidad	Criterio	Valor
Muy Alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los con-troles existentes	1
Alta	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posteriori.	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estadios de producción	4-6
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7-8
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final	9-10

Nota.

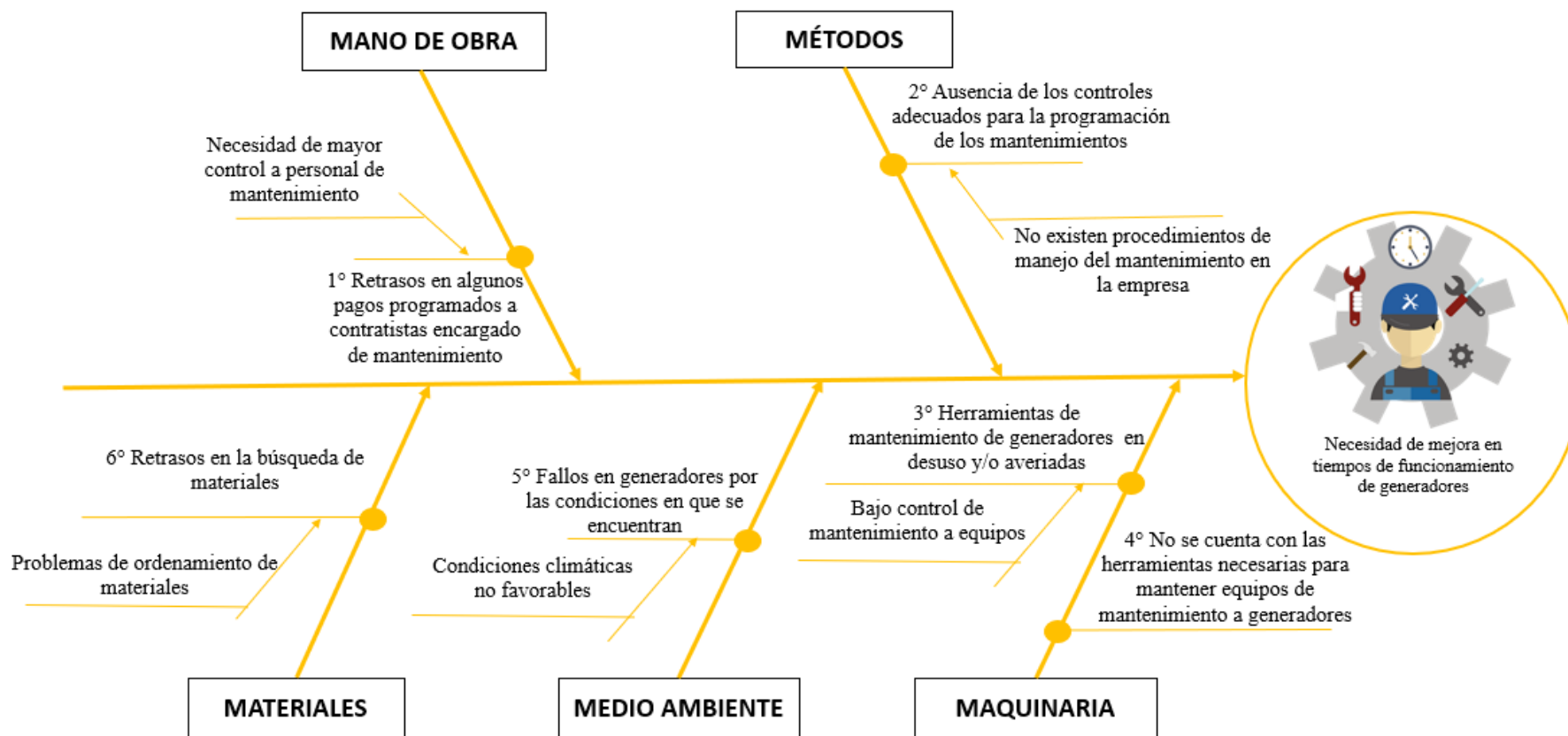
**Anexo 02:** Imágenes del detalle de los Generadores de la empresa minera





Fuente: Unidad Minera de estudio

**Anexo 03:** Diagrama de Ishikawa para determinar las causas de la necesidad de mejora en el funcionamiento de los generadores





**Anexo 04:** Matriz de operacionalización de variables

Tipos	Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
VARIABLE INDEPENDIENTE	Plan de mantenimiento preventivo	Según (Montoya Arias, Arango Marín, & Rosero Otero, 2020), el mantenimiento preventivo es un mantenimiento que se basa en serie de actividades ya programadas en un cronograma en el cual se deben realizar las actividades cumpliendo las fechas establecidas y tomando en cuenta las horas y días de operación o en algunos casos las unidades procesadas.	El mantenimiento preventivo es aquel que se encarga de evaluar el impacto que involucran los problemas de los equipos y en consecuencia prevenir las fallas inesperadas con actividades planificadas.	Historial de mantenimiento	Nº de mantenimientos realizados a los generadores	Razón
				Registros de mantenimiento	Tipo de mantenimiento	Nominal
				Gestión de equipos	Evaluación de factores	Razón
				Plan de mantenimiento	Programación del mantenimiento	Nominal
VARIABLE DEPENDIENTE	Disponibilidad de generadores	Definición conceptual. Se define como la garantía de que un componente o sistema que ha sido mantenido seguirá funcionando adecuadamente durante un determinado período de tiempo. (Angulo y Orellana, 2021)	La disponibilidad de un generador está dada por el % de horas en que se alimenta a un tablero de regulación de energía eléctrica para el desarrollo de actividades	Tiempo promedio entre fallas	MTBF	Razón
				Tiempo promedio para reparación	MTTR	

**Fuente:** Elaboración propia

**Anexo 06:** Matriz de consistencia

TITULO	PROBLEMAS	OBJETIVOS	METODOLOGÍA
<p><b>Aplicación de un plan de mantenimiento preventivo para optimizar los tiempos de funcionamiento de los generadores en una empresa minera</b></p>	<p><b>PROBLEMA GENERAL</b></p> <p>¿Cómo influye el mantenimiento preventivo en la optimización de los tiempos de funcionamiento de los generadores de la empresa minera?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>Optimizar los tiempos de funcionamiento de los generadores de la empresa minera mediante la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo.</p>	<p>1) <b>Tipo de Investigación:</b> El tipo de investigación es aplicada.</p> <p>2) <b>Enfoque de Investigación:</b> El enfoque de investigación es cuantitativo.</p> <p>3) <b>Nivel de Investigación:</b> Se utilizará un nivel descriptivo.</p> <p>4) <b>Diseño de Investigación:</b> Tiene un pre experimental.</p> <p>5) <b>Población:</b> La población estuvo conformada por el total de generadores de la empresa minera es decir 40 generadores.</p> <p>6) <b>Muestra:</b> Se toma como muestra a 5 generadores que son los de mayor relevancia por las actividades a las que les brindan soporte.</p> <p>7) <b>Muestreo:</b> No probabilístico por conveniencia</p> <p>8) <b>Técnicas:</b> Las técnicas utilizadas son entrevistas, encuestas, análisis de documentos y observación directa</p> <p>9) <b>Instrumentos:</b> Los instrumentos utilizados son: Cuestionario, guía de encuesta, check list, hojas de Excel.</p>
	<p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <p>¿Será posible identificar los tiempos de funcionamiento de los generadores de la empresa y los fallos que reducen su eficiencia?</p>	<p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p>Identificar los tiempos de funcionamiento de los generadores de la empresa y los fallos que reducen su eficiencia.</p>	
	<p>¿Será posible analizar el mantenimiento realizado en los generadores de la planta y evaluar los principales puntos críticos?</p>	<p>Analizar el mantenimiento realizado en los generadores de la planta y evaluar los principales puntos críticos.</p>	
	<p>¿Se podrá realizar un plan de mantenimiento preventivo para los generadores de la empresa?</p>	<p>Realizar un plan de mantenimiento preventivo para los generadores de la empresa.</p>	
	<p>¿Será factible la aplicación del plan de mantenimiento preventivo para los generadores de la empresa?</p>	<p>Calcular el costo beneficio de la aplicación del plan de mantenimiento preventivo en la empresa minera</p>	

**Fuente:** Elaboración Propia

**Anexo 07:** Formato para cronograma de mantenimiento (semestral)

#	Detalle del mantenimiento	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio			
		S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4
1																									
2																									
3																									
4																									
5																									

**Anexo 08:** Ficha de registro de mantenimiento preventivo a generador

FICHA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL GENERADOR MODASA					
LUGAR DE TRABAJO					
RESPONSABLE				FECHA	
Actividades establecidas para el mantenimiento preventivo		PUNTUACION			
		SI	NO	ESTADO	
G-1	Mantenimiento al sistema refrigerante				
	Mantenimiento al sistema de lubricación				
	Mantenimiento al sistema de combustible				
Mantenimiento Sistema al sistema de admisión y escape					
Mantenimiento al sistema eléctrico					

## Anexo 09: Validación de expertos

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA  
TABLA DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS**

Trujillo, 07 de Julio del 2022

Apellido y nombres del experto: Alfaro Niquén, Carlos Martín

DNI: 44459254

Teléfono: 959541300

Título/grados: Ing. mecánico electricista-Colegiado

Cargo e institución en que labora: Corporación Lindley

Mediante la tabla de evaluación de expertos, usted tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con "x" en las columnas de SÍ o NO.

	ITEM	APRECIA		OBSERVACIONES
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de recolección de datos está formulado con lenguaje apropiado y comprensible?	x		
2	¿El instrumento de recolección de datos guarda relación con el título de la investigación?	x		
3	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	x		
4	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con la(s) variable(s) de estudio?	x		
5	¿Las preguntas del instrumento de recolección de datos se desprenden con cada uno de los indicadores?	x		
6	¿Las preguntas del instrumento de recolección de datos se sostienen en antecedentes relacionados con el tema y en un marco teórico?	x		
7	¿el diseño del instrumento de recolección de datos facilitará el análisis y el procesamiento de los datos?	x		
8	¿El instrumento de recolección de datos tiene una presentación ordenada?	x		
9	¿El instrumento guarda relación con el avance de la ciencia, la tecnología y la sociedad?	x		

SUGERENCIAS: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



ING. MECANICO ELECTRICISTA  
R. CIP. N° 187324

\_\_\_\_\_  
FIRMA DEL EXPERTO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA  
TABLA DE EVALUACIÓN DE EXPERTOS**

Trujillo, 07 de Julio del 2022

Apellido y nombres del experto: Mantilla Ávila, Roger Manuel

DNI: 17942325

Teléfono: 959541300

Título/grados: Ing. mecánico eléctrico-Colegiado

Cargo e institución en que labora: Proyecto especial Chavimochic- Trujillo

Mediante la tabla de evaluación de expertos, usted tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con "x" en las columnas de SÍ o NO.

	ITEM	APRECIA		OBSERVACIONES
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de recolección de datos está formulado con lenguaje apropiado y comprensible?	x		
2	¿El instrumento de recolección de datos guarda relación con el título de la investigación?	x		
3	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	x		
4	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con la(s) variable(s) de estudio?	x		
5	¿Las preguntas del instrumento de recolección de datos se desprenden con cada uno de los indicadores?	x		
6	¿Las preguntas del instrumento de recolección de datos se sostienen en antecedentes relacionados con el tema y en un marco teórico?	x		
7	¿El diseño del instrumento de recolección de datos facilitará el análisis y el procesamiento de los datos?	x		
8	¿El instrumento de recolección de datos tiene una presentación ordenada?	x		
9	¿El instrumento guarda relación con el avance de la ciencia, la tecnología y la sociedad?	x		

SUGERENCIAS: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

  
 Roger Manuel Mantilla Ávila  
 ING. MECANICO ELECTRICISTA  
 R. CIP. N° 189661

\_\_\_\_\_

FIRMA DEL EXPERTO