

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL**

“MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL PARA  
INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LA  
MAQUINARIA PESADA EN UNA EMPRESA  
MINERA, CAJAMARCA, 2022”

Tesis para optar al título profesional de:

**Ingeniero Industrial**

**Autores:**

Antonio Calderon Rodriguez

Jenny Pamela Lazaro Gutierrez

**Asesor:**

Mg. Lic. Carlos Enrique Mendoza Ocaña

<https://orcid.org/0000-0003-0476-9901>

Trujillo - Perú

2023

## JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Ing. Miguel Enrique Alcalá Adrianzen</b>	<b>17904461</b>
	Nombre y Apellidos	N° DNI

Jurado 2	<b>Ing. Oscar Alberto Goicochea Ramírez</b>	<b>18089007</b>
	Nombre y Apellidos	N° DNI

Jurado 3	<b>Ing. Julio Cesar Cubas Rodríguez</b>	<b>17864776</b>
	Nombre y Apellidos	N° DNI

## INFORME DE SIMILITUD

### MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LA MAQUINARIA PESADA EN UNA EMPRESA MINERA, CAJAMARCA, 2022

#### INFORME DE ORIGINALIDAD

5%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

#### FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://repositorio.upn.edu.pe">repositorio.upn.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
2	<a href="https://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="https://www.allequip.com">www.allequip.com</a> Fuente de Internet	1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo

## DEDICATORIA

A mis hijas María, Mariana y Mariham y a mi esposa Elma quienes fueron participes de este logro y quienes fueron mi mayor inspiración para poder sacar fuerzas y seguir adelante en esta etapa de la vida. A mi tío Lázaro que siempre estuvo ahí dándome el aliento necesario para no desmayar. A mis hermanos que de una u otra forma pusieron un grano de arena para seguir sumando. Y a mis padres que están en el cielo que siempre quisieron verme profesional y de quienes estoy seguro que junto a Dios se encargaron de conspirar para poder realizar mi sueño.

Antonio Calderón Rodríguez

A mi retoño Greeicy Sophia y a mi compañero de vida Camilo por su amor, paciencia y apoyo para alcanzar mis metas. A mis padres que me inculcaron siempre buenos principios que me sirvieron en mi formación integral como persona, y a mis hermanos por su soporte incondicional. También se lo dedico a Dios por darme sabiduría y las fuerzas que necesitaba para hacer realidad este logro.

Jenny Pamela Lázaro Gutiérrez

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por permitirnos contar con salud y  
mantenernos firmes día a día guiándonos  
hacia nuestro anhelado sueño de ser profesionales.

Un verdadero agradecimiento a todos nuestros profesores  
que contribuyeron en nuestra formación académica,  
en especial a nuestro docente asesor Mg. Ing. Carlos  
Enrique Mendoza Ocaña que con su experiencia  
profesional nos llevaron a culminar el objetivo trazado.

A nuestra familia por su apoyo incondicional en este  
camino dado a que no fue fácil tomar esta decisión de  
trabajar y estudiar restándoles el tiempo de pasar  
con ellos los fines de semana o momentos especiales  
pero que gracias a su comprensión logramos  
realizarnos y poder decir con orgullo que las  
cosas se pueden conseguir con esfuerzo y dedicación.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>JURADO EVALUADOR.....</b>	<b>2</b>
<b>INFORME DE SIMILITUD .....</b>	<b>3</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>4</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>5</b>
<b>TABLA DE CONTENIDOS.....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>8</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>23</b>
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>27</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>55</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>60</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>62</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Matriz de Operacionalización de Variables .....	24
Tabla 2 Flota de perforadoras EPIROC DM45 .....	29
Tabla 3 <i>Resultado de indicadores para las perforadoras DM45 – Periodo 2021</i> .....	30
Tabla 4 Horas de Parada Vs Numero de Eventos .....	31
Tabla 5 MTBF para la flota de perforadoras Epiroc DM 45 .....	33
Tabla 6 Horas de Parada Vs Numero de Eventos PE-00013 y PE-00017 .....	34
Tabla 7 Criterios de Evaluación para la matriz de criticidad .....	37
Tabla 8 Cálculo de Criticidad.....	38
Tabla 9 Matriz de Priorización.....	39
Tabla 10 Estrategia para el control de componentes mayores, menores y cilindros hidráulicos - Perforadora Epiroc DM45 (a) .....	42
Tabla 11 Estrategia para el control de componentes mayores, menores y cilindros hidráulicos - Perforadora Epiroc DM45 (b) .....	43
Tabla 12 Partes y Consumibles Vitales - Perforadora Epiroc DM45 .....	44
Tabla 13 Partes de Alta Rotación - Perforadora Epiroc DM45.....	45
Tabla 14 Partes Criticas - Perforadora Epiroc DM 45 .....	45
Tabla 15 Filtros para mantenimiento - Perforadora Epiroc DM45 .....	46
Tabla 16 Guía de Lubricación - Perforadora Epiroc DM45.....	46
Tabla 17 Resultado de indicadores para las perforadoras DM45 – Periodo 2022. ....	51
Tabla 18 Backlog con partes requeridas para mejorar la disponibilidad de la PE-00013.....	52
Tabla 19 Backlog con partes requeridas para mejorar la disponibilidad de la PE-00017.....	53
Tabla 20 Costos directos para la flota de perforadoras EPIROC DM45 .....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 . Diagnóstico de Oportunidades de Mejora TPM para la empresa minera .....	28
<i>Figura 2</i> . Diagrama Pareto para flota de perforadoras Epiroc DM45.....	32
Figura 3. Diagrama Pareto PE-00013      Figura 4. Diagrama Pareto PE-00017 .....	35
Figura 5 . Gantt para actividades de mantenimiento programado PM 1 - para las perforadoras EPIROC DM45 .....	47
Figura 6 . Gantt para actividades de mantenimiento programado PM 2 - para las perforadoras EPIROC DM45 .....	48
Figura 7 .Gantt para actividades de mantenimiento programado PM 1 - para las perforadoras EPIROC DM45 .....	49
<i>Figura 8</i> .Gantt para actividades de mantenimiento programado PM 1 - para las perforadoras EPIROC DM45. ....	50

## RESUMEN

La investigación se enfocó en el uso de la metodología del Mantenimiento Productivo Total (TPM) con la finalidad de aumentar la disponibilidad de la maquinaria pesada en una empresa minera, por lo cual se diseñaron tres objetivos específicos: El primero está orientado a realizar el diagnóstico de la disponibilidad actual de la maquinaria y sus principales fallas, en el segundo objetivo se realiza el desarrollo de la propuesta del Mantenimiento Productivo Total (TPM) y como tercer objetivo se realiza la evaluación económica de la propuesta del Mantenimiento Productivo Total (TPM). Logrando mejorar la disponibilidad mecánica para ambas perforadoras de 78% a 86% para la PE-00013 y de 78% a 81% para la PE-00017, en relación con el MTBF 20.4 h. para la PE-00013 y 26.8 h. para la PE-00017, para el MTTR se llegó reducir a 3.4 h. para la PE-00013 y 5.57 h. para la PE-00017 y finalmente referente a la eficacia global de los equipos (OEE) hubo un aumento para ambos equipos en la PE-00013: Del 22% al 28% y para la PE-00017: Del 21% al 25%. Además, se logró reducir el costo de mantenimiento en USD 38 499.07 (de USD 1'767,306.69 a USD 1'728,807.62) y el costo horario en 61.17 USD/h. (de 280.57 USD/h. a 219.40 USD /h.) así mismo una Tasa Interna de Retorno (TIR) en 46%, con un VAN de 252.411,24 USD.

**Palabras clave:** Mantenimiento, disponibilidad mecánica (DM), Maquinaria, Mantenimiento Productivo Total (TPM)

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Realidad problemática

Desde que las máquinas fueron inventadas y conforme fueron incorporándose al campo de la industria minera, surgieron con ellas también las paradas imprevistas, debido a los diferentes tipos de fallas, las cuales generaban costos elevados y retrasos en la producción que hasta la actualidad aunque se hayan optimizando e implementado la mejor tecnología en los procesos, no han sido solucionadas del todo debido a que, las fallas siempre están presentes ya sea por mala operación, desperfectos de fábrica, terrenos inestables, climas húmedos, fuertes vibraciones y muchas otras que se van sumando y que si no se solucionan a tiempo, se convierten en tiempos no productivos que desestabilizan la planificación de los ingenieros, técnicos y operadores encargados del mantenimiento.

El área de mantenimiento se llegó a implementar con la finalidad de hacer seguimiento e inspecciones periódicas minimizando las paradas en la producción. Además, a dichas áreas se les fue dotando de herramientas, equipos e instrumentos de medición para el monitoreo y control, de tal manera que las maquinarias funcionen en excelentes condiciones en temas de seguridad, calidad y disponibilidad hasta su próximo mantenimiento. Hoy en día, esta área se ha vuelto indispensable y es considerada uno de los pilares de mayor importancia dentro de una organización debido a que, es ahí en donde se soportan y optimizan los procesos productivos.

Para optimizar los procesos, el área de mantenimiento debe estar orientada a conservar un sistema y/o equipo en su estado normal de operación, en condiciones económicamente favorables y de acuerdo con las normas ISO 9001 (Sistema de Gestión de Calidad), ISO 14001 (Sistema de Gestión Ambiental), ISO 31000 (Sistema de Gestión de Riesgos) y OHSAS 18001

(Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional). Por ello, es esencial desarrollar y cumplir estas normas dentro de la industria, no solo para obtener una alta calidad en sus productos, si no también velando por la seguridad e integridad del personal que labora para alcanzar una alta eficiencia operacional de los equipos y extender la vida útil de estos. No se debe olvidar que el mantenimiento tiene gran influencia en el logro de metas dentro de una empresa, debido a que una adecuada planificación del mantenimiento permitirá el desarrollo y cumplimiento de los objetivos de manera continua y sostenible.

La norma EN-13306:2011, analiza y sintetiza la variedad de conceptualizaciones de fallas y tipos de mantenimiento, creando solo dos grupos: el mantenimiento preventivo y correctivo, de los cuales se subdividen, el preventivo basado en condición (Planes LILA: limpieza, inspección, lubricación y ajustes) y predeterminado o predictivo (Planes de frecuencias cortas y mayores) y el correctivo en Inmediato (urgente) y programable (diferido). Fortaleciendo los cuatro objetivos primordiales de mantenimiento: Disponibilidad, Fiabilidad, Costo y Medio Ambiente. Así también agrupa los siguientes 6 procesos que se estructuran en la optimización del mantenimiento: Planificación, Programación, Ejecución, Medición, Análisis y Mejora.

La empresa minera en estudio renueva su flota de perforadoras Epiroc DM 45 en un periodo de 5 años o 20,000 horas (lo que ocurra primero), y conjuntamente con la actualización tecnológica de la maquinaria suelen tener un plan de capacitación en el que se involucra a los técnicos encargados del mantenimiento, pero han descuidado las inspecciones de calidad al término de cada trabajo y el lado logístico como: el stock de repuestos prioritarios u emergentes que son necesarios debido a las diferentes fallas que ocurren durante la operación o que otras veces son por desgaste prematuro de los componentes los cuales al fallar traen consigo paradas

de equipos principales de perforación y carguío del mineral generando pérdidas cuantiosas para la empresa por causa de esta mala administración de recursos y por la ausencia de la implementación de las herramientas Lean durante el proceso, como por ejemplo el mantenimiento productivo total más conocido como el TPM, que no solo involucra al área de mantenimiento sino a toda la organización en su conjunto.

Con relación al mantenimiento productivo total para incrementar la disponibilidad de la maquinaria pesada, se indagó en base de datos de fuentes confiables en investigaciones similares, las cuales se mencionan a continuación.

A nivel internacional, Brodny & Tutak (2019) en su investigación: Análisis de la efectividad de la utilización de máquinas de minería utilizando sistemas independientes de adquisición de datos: un estudio caso, realizado en Polonia en un diseño experimental puro, se centra como objetivo la reducción de costos tomando la eficacia de la maquinaria en la productividad de la minera, afianzándose en los sistemas de automatización y la modificación del OEE (eficiencia general del equipo) en el que adopta 3 factores: el tiempo real disponible, la velocidad real de la máquina y el nivel de calidad, para ello se tuvo una muestra piloto de 4 máquinas encargadas del sistema de tajo largo automatizado, obteniendo valores de disponibilidad y rendimiento en cada una de ellas. Como resultados se obtuvo un incremento del OEE del 52.52% de la maquinaria principal en la cizalla de tajo largo. Por lo que se concluye que la razón porcentual que nos muestra el OEE nos permitirá medir la disponibilidad global de la máquina.

Chebus et al. (2015) en su estudio: Un enfoque sobre la implementación de TPM en una mina: un estudio caso, basada en la minería de cobre en Polonia, bajo un diseño experimental y un enfoque holístico, sintetizan que la principal herramienta de Lean más usada es el TPM,

que se basa en tres sostenes primordiales: mantenimiento estructurado, clima laboral y patrones de desarrollo, los cuales contribuyen a la confiabilidad en los procesos. Para poner en práctica esta metodología en el rubro minero es necesario seguir la siguiente secuencia: A las averías o fallas encontradas en el equipo deben ser estudiadas y analizadas, después con los resultados encontrados se debe elegir una máquina piloto para establecer parámetros, logrando optimizar el proceso y estandarizarlo. En resultados la optimización del proceso mejoró en un 15% la disponibilidad de los equipos. Concluyendo que, este método promueve buscar el beneficio mutuo en el aprovechamiento de oportunidades de mejora continua, eliminación de desperdicios y disponibilidad de equipos tanto en minas subterráneas o a cielo abierto.

Marin & Martinez (2013) en su indagación: Barreras y facilitadores de la implantación del TPM, con diseño no experimental exploratorio, basada en la búsqueda sistemática en bases de datos confiables de índole académica y científica para su tesis de maestría en la universidad Politécnica Valencia en España. Tiene como objeto analizar la diferente literatura para abordar el tema de manera global, sumergiéndose en el análisis de los 44 estudios. Generando como resultado una aportación de la casuística que influye en la dificultad de la implementación de esta metodología. Y teniendo una limitación de la validación real, se infiere que son muchos los beneficios los que trae el TPM pero que a su vez presenta limitaciones en su modelo de desarrollo, por lo que se detalla algunas propuestas: Tener en claro las barreras y facilitadores que repercuten en el TPM, así como sus relaciones y pasos modelos a seguir para su adecuada implementación. Como el de existir un compromiso por parte de la alta dirección y las diferentes jerarquías que existen dentro de la empresa para dar el soporte necesario a todos los colaboradores.

En el contexto nacional, involucrando a nuestras variables de estudio en el ámbito

minero, Lama & Vilcarromero (2021) en su artículo de investigación nombrado: Modelo de implementación de mantenimiento lean para incrementar la Eficiencia Global de los Equipos mineros de acarreo a través del Mantenimiento Productivo Total y mejora continua. Tesis presentada en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas con el objetivo de demostrar que, las técnicas de Lean Manufacturing mejoran enormemente la eficiencia operacional en la industria minera. Por lo que plantea un proyecto de mejora para la mina en estudio, que llega a atacar los problemas encontrados en el diagnóstico, mediante un proceso de simulación por objetivos. Teniendo como resultado que luego de implementadas las mejoras, la disponibilidad de los equipos incrementaría hasta en un 90% a raíz de la mejora de eficiencia del área de mantenimiento, y por consiguiente el OEE se incrementaría hasta en 20 puntos porcentuales. Concluyendo que, con las mejoras realizadas se superarían los promedios internacionales, con una diferencia de hasta 9 puntos porcentuales, que se encuentran en 67% para volquetes y 77% para excavadoras.

Tejada (2019) en su pesquisa: Propuesta de Modelo de Optimización de la Disponibilidad de maquinaria y Equipo del Área de maestranza de la Empresa FAMAI, utilizando la metodología del Mantenimiento Productivo Total-TPM, con diseño no experimental de corte transversal, alcance descriptivo y enfoque mixto, para su tesis en la Universidad Tecnológica del Perú. Tiene como fin la implementación de la metodología del TPM bajo 12 pasos. Obteniendo como resultado una mejora de la disponibilidad de equipos en un 97.20% y un beneficio económico de s/1984.00 por cada sol invertido. Concluyendo que muchas de las paradas intempestivas son por una inadecuada gestión en el área de mantenimiento, y la aplicación del TPM mejorará la disponibilidad de las máquinas en un 7.5%.

Al nivel local no se han encontrado estudios al respecto.

Para lograr una mejor comprensión de nuestras variables de estudio usadas en esta investigación, presentamos sus definiciones:

El TPM (Mantenimiento Productivo Total) es una de las herramientas de la metodología Lean manufacturing. El instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas (JIPM, s.f.) la define como todo un sistema que tiene como propósito lograr que no existan defectos, pérdidas y accidentes en el proceso. Además, implica un conjunto de actividades enfocadas a crear valor en relación directa del mantenimiento y producción, resultando un producto o servicio de calidad. (Castillo et al. 2018).

Suzuki (2017) Plantea que el TPM más que una herramienta es toda una metodología que involucra a toda la organización desde la gerencia hasta operarios, generando en ellos más que una obligación laboral un compromiso con la organización, involucrándose con el sistema, maximizando la eficacia de los equipos y maquinarias, alcanzando el éxito de la organización.

El Mantenimiento Autónomo es uno de los pilares fundamentales del Mantenimiento Productivo Total (TPM por sus siglas en inglés), una metodología de gestión que tiene como objetivo mejorar la eficiencia, confiabilidad y disponibilidad de los equipos y procesos en una organización. El Mantenimiento Autónomo se centra en empoderar a los operadores y equipos de trabajo para que asuman un papel activo en el cuidado y mantenimiento de sus propias áreas de trabajo. Basados en la idea de que los operarios de las máquinas son los que mejor conocen sus equipos y, por lo tanto, son los más capacitados para realizar tareas básicas de mantenimiento preventivo, como la limpieza, la lubricación y la inspección. (Gomez & Blanco, 2017).

En el contexto del Mantenimiento Productivo Total, el Mantenimiento Autónomo busca lograr los siguientes objetivos:

**Prevenir Fallas:** Los operadores son capacitados para identificar y solucionar problemas menores antes de que se conviertan en fallas mayores. Esto implica realizar inspecciones regulares, limpieza y lubricación adecuada de los equipos.

**Mejorar la Confiabilidad:** Al realizar inspecciones constantes, los operadores pueden detectar signos tempranos de desgaste o deterioro en los equipos, lo que permite tomar medidas preventivas para evitar tiempos de inactividad no planificados.

**Aumentar la Participación del Personal:** Los operadores se involucran activamente en el proceso de mantenimiento, sintiéndose responsables de la salud y el rendimiento de los equipos en su área. Esto crea un sentido de propiedad y colaboración.

**Capacitación y Desarrollo:** Los operadores son entrenados para realizar tareas de mantenimiento básico y para comprender mejor los equipos con los que trabajan. Esto puede incluir capacitación en procedimientos de limpieza, lubricación, ajustes, entre otros.

**Reducción de Tiempos de Inactividad:** La detección temprana de problemas y la atención inmediata a cuestiones menores disminuyen la probabilidad de fallos mayores y reducen el tiempo en que los equipos deben estar fuera de servicio.

**Cambio de Cultura:** El Mantenimiento Autónomo promueve una cultura de trabajo en equipo, colaboración y mejora continua. Los operadores no solo se enfocan en sus tareas regulares, sino que también se convierten en agentes activos para mejorar los procesos y la eficiencia.

En resumen, el Mantenimiento Autónomo se basa en delegar ciertas tareas de mantenimiento a los operadores y equipos de trabajo, capacitándolos para que realicen inspecciones, limpieza, lubricación y pequeñas reparaciones. Esto libera a los equipos de mantenimiento para concentrarse en tareas más complejas y estratégicas. En el contexto más

amplio del Mantenimiento Productivo Total, el Mantenimiento Autónomo es uno de los cimientos para crear una cultura de mantenimiento proactivo y una gestión integral de los equipos y procesos, ayudando a las empresas a reducir costos, mejorar la seguridad y aumentar la calidad. (García, 2023)

Una de las maneras efectivas de medir una sección del TPM es la efectividad global de los equipos (OEE), en la que se calcula las tres medidas: disponibilidad mecánica, eficiencia y tasa de uso (calidad), es decir la cantidad de tiempo que un equipo estuvo operando o estuvo parado (planificada o no planificada), si el OEE es mayor del 95% hablamos de excelencia o de World Class. (Jain et al.2015).

Dentro de la dimensión del TPM tenemos factores que se relacionan, tales como: Cultura Integradora (todas las áreas de la organización están comprometidas con el proceso), Mantenimiento Autónomo y planificado (realizada por los mismos operarios incluye: limpieza, lubricación, cambios de piezas/herramientas, propiciando una intervención efectiva planificada), Tecnología (una ventaja competitiva) y el desempeño operativo. (Gomez & Blanco, 2017)

Para su implementación en cualquier organización es importante contemplar sus tres etapas: En una etapa inicial: Compromiso de la gerencia con sus altos directivos, Campaña de difusión de esta metodología, Formar un comité responsable, Política básica de las metas y Un plan piloto. En la etapa de implantación: Inicio de la implantación, Kobetsu-Kaisen, Mantenimiento autónomo, eficacia de equipos, Eficacia Global, Establecimiento del sistema de seguridad, higiene y ambiente agradable y en la Etapa de consolidación: Aplicación completa y plena del TPM. (Fernández, 2018)

El Decreto Supremo N.º 054-2001-PCM; en la Ley N.º 28832, Ley para Asegurar el

Desarrollo Eficiente de la Generación Eléctrica; en el Reglamento del Comité de Operación Económica del Sistema (COES), aprobado mediante Decreto Supremo N.º 027-2008-EM, nos dice que debe existir programación de las intervenciones de mantenimiento, un programa anual de intervenciones (PAI), un programa anual de mantenimientos (PAM) y un programa de mantenimiento mayor (PMMA) (LEY N°28832, 2017)

El mantenimiento de maquinaria está reglamentado bajo las normas como ISO 9000, ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001 siendo la más importante la norma ISO 9000. Según (Tavares) en la revista brasileña Predictiva 21 señala que esta norma es una garantía adicional que una empresa puede ofrecer a sus clientes en temas de estándares, procedimientos y otras implementaciones que se enfocan en la solución de problemas y la calidad del servicio. Pero, hace mención que esta certificación es el primer paso rumbo a la calidad y eso no significa que una organización ya alcanzó un estándar elevado de calidad o que ya no se van a presentar fallas en la maquinaria, sino que tienen que enfocar sus directrices a una mejora continua en cada una de sus implementaciones.

En cuanto a la disponibilidad de equipos acorde a la norma EN 13306-2010, nos dice si el equipo esta funcionando y con buen rendimiento, en cuanto al cuándo y cómo, se infiere entonces: que, si una máquina está en mayor disponibilidad, mayor será el rendimiento de la producción. Mesa et al.(2006) deducen que deben garantizar el buen funcionamiento operacional de los mismos, el que involucra los indicadores del mantenimiento: Tiempo Medio Entre Fallos o MTBF por sus siglas en inglés (Mean Time Between Failures), es un indicador de confiabilidad utilizado en ingeniería y gestión de sistemas para estimar el tiempo promedio que transcurre entre fallos en un dispositivo, sistema o componente. Representa el tiempo esperado entre dos fallos consecutivos y se utiliza para evaluar la fiabilidad y el rendimiento de

equipos técnicos y sistemas complejos, por lo que es llamado también “Tiempo Promedio Operativo” y el indicador Tiempo Promedio por Reparar (TPPR) o Mean Time To Repair (MTTR) el cual mide la eficacia en cuanto a la reparación de la maquinaria, para dejarla nuevamente en óptimas condiciones para seguir funcionando. Con los cuales se puede calcular la disponibilidad de los equipos. (Mesa et al. 2006)

La disponibilidad es otro indicador del área del mantenimiento, el cual integra de manera completa el funcionamiento del equipo o maquinaria, es decir desde que está operativa, hasta que falla y nuevamente la componen y vuelve operar, para ello se consideran el MTBF y el MTTR. (Modarres et al. 1998)

$$\textit{Indicador de Disponibilidad Mecánica} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

La poca disponibilidad de equipos en las empresas se debe a que la mayoría no tienen incorporado un sistema Lean en sus operaciones y algunas solo tienen implementado un solo mantenimiento ya sea preventivo o correctivo y en muchas ocasiones los mantenimientos preventivos no tienen una programación exacta y tampoco se lleva un control de la maquinaria. Así mismo, el 58% de las empresas solo realizan mantenimiento preventivo y no son consideradas como Lean porque tienden a descuidar los procesos de mantenimiento en la maquinaria lo que implica que las empresas no sean competitivas, sobre todo las PYMES quienes muestran gran incertidumbre en la disponibilidad de maquinaria y equipos que muchas veces lleva a dejar clientes insatisfechos por no cumplir con la demanda. (Arteaga et al. 2019)

La disponibilidad de la maquinaria pesada en las empresas mineras va a depender de cómo es llevado a cabo los procedimientos de mantenimiento, los cuales involucran el compromiso total a todo nivel de la organización, inclusive el compromiso de diversas áreas, como un área

logística que tiene que estar bien abastecida de repuestos e insumos, contar con personal altamente calificado en las diferentes especialidades, de tal manera que los equipos no fallen y los procesos no se detengan. Cuando se tiene una excelente disponibilidad de equipos sin paradas intempestivas y no regresan al taller hasta su próximo mantenimiento, podemos decir que el área de mantenimiento es confiable. (Castro, 2005)

Los objetivos de disponibilidad y fiabilidad (indicador que mide la capacidad de una empresa para llevar a cabo su plan de producción proyectado en base al rendimiento operativo de sus equipos de producción), no se pueden implementar a cualquier precio, por ello el departamento de mantenimiento debe de establecer y delimitar sus objetivos, como también plasmar el riesgo que desea asumir, y esto a su vez deben regirse al presupuesto anual otorgado a su área, como también todo el accionar operativo vinculado estratégicamente a operar de una manera segura priorizando la seguridad de todos los colaboradores y el cuidado del medio ambiente.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Cuál es el impacto del mantenimiento productivo total en la disponibilidad de la maquinaria pesada en una empresa minera, Cajamarca, 2022?

## **1.3 Objetivos**

Objetivo General: Determinar el impacto del mantenimiento productivo total en la disponibilidad de la maquinaria pesada en una empresa minera, Cajamarca, 2022.

Objetivos Específicos:

Diagnosticar la disponibilidad actual de la maquinaria pesada en una empresa minera, Cajamarca, 2022.

Desarrollar la propuesta del mantenimiento productivo total para incrementar la disponibilidad de la maquinaria pesada en una empresa minera, Cajamarca, 2022.

Evaluar económicamente la propuesta de implementación del mantenimiento productivo total para incrementar la disponibilidad de la maquinaria pesada en una empresa minera, Cajamarca, 2022.

#### **1.4 Hipótesis**

El mantenimiento productivo total incrementará la disponibilidad de la maquinaria pesada en una empresa minera, Cajamarca, 2022.

La finalidad de este trabajo es implementar una de las herramientas Lean Manufacturing como el Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la empresa minera en el periodo 2022, que permitirá aumentar la disponibilidad de la maquinaria pesada actuando con eficiencia – precisión para reducir los tiempos y número de paradas, enfocando estratégicamente tareas de mantenimiento durante los mantenimientos programados y no programados para tener una buena disponibilidad de los equipos y evitar paradas repentinas que puedan afectar de forma representativa a su proceso productivo.

Tecnológicamente, la implementación de estas herramientas se deben alinear con la implementación de softwares de monitoreo y control, Como son el SOS Web para la gestión eficiente de muestras de aceite y la plataforma FMGS para la gestión de backlogs – pendientes, los cuales proporcionan un nuevo enfoque al mantenimiento, dejando de lado el concepto de que el mantenimiento es únicamente correctivo y preventivo, permitiendo a la vez implementar una cultura del mantenimiento productivo total (TPM) el cual integra nuevas estrategias en base a la gestión eficiente de las fallas.

Económicamente, al aplicar el mantenimiento productivo total (TPM) se generará una reducción en el número y tiempos de parada en los equipos, lo que se reflejará en la reducción los costos de mantenimiento preventivo y correctivos programado, que a su vez impactará en resultados positivos a corto, mediano y largo plazo en el proceso productivo.

Las plataformas FMGS (Fleet Management Global Solutions) y SOS (Scheduled Oil Sampling) centran su atención en la disminución de actividades de mantenimiento correctivo y paralizaciones inesperadas.

Finalmente, a nivel social, habrá una mayor motivación personal y trabajo en equipo. Debido a que, el TPM y las plataformas FMGS y SOS web, tienen un lenguaje fácil de entender – comprender a nivel de usuario, tenga o no tenga algún contacto con la gestión de mantenimiento. Esto facilita la comunicación y participación total de las personas en los procesos de gestión y actividades diarias, manteniéndolas sencillas, prácticas, y sin errores.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

La presente investigación tiene como enfoque un estudio mixto es decir cualitativo y cuantitativo, en cuanto al tipo de estudio: Investigación Aplicada. Lozada (2017) explica que se centra en encontrar la solución a un determinado conflicto, el cual previamente tuvo una precisión básica y esta se encargará de entrelazarlas en su aplicación final. Según la intervención del investigador es preexperimental de corte longitudinal, de la misma manera Lozada (2017), explica que está enfocada en analizar datos recopilados en un lapso de tiempo de una población o muestra.

De acuerdo con la planificación en las mediciones o recolección de datos: Prospectivo en el que se recogerán antecedentes para analizarlos y proponer propuestas para resolver la problemática en cuanto al diseño del estudio es diagnóstico propositivo, la cual se enfoca en superar la problemática actual, generando las propuestas de mejora de acuerdo a la evaluación previa (Corona & Fonseca, 2021). Según Arias et al. (2016) la población de estudio debe ser medida, cuantificable y delimitada (contenido, lugar y tiempo), y será referente para la elección de la muestra obteniendo resultados generalizables. Por ello el presente estudio seleccionó como población a todo el sistema de la maquinaria pesada del área de mantenimiento de la empresa minera y como muestra no probabilística por conveniencia se delimitó en el sistema de perforación de la maquinaria pesada crítica del área de mantenimiento de la empresa minera a los cuales, en base al historial de fallas, se les hará un estricto seguimiento basándonos en inspecciones con el fin de reducir las paradas intempestivas y mejorar la disponibilidad de los mismos.

Tabla 1

*Matriz de Operacionalización de Variables*

<b>Variab</b> les	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala de Medición</b>
Independiente: Mantenimiento Productivo Total (TPM)	"El TPM asume el reto cero fallos, cero incidencias y cero defectos para mejorar la eficacia de un proceso productivo". (Rey, 2001, pág. 59)	Involucra los indicadores de confiabilidad medido por el tiempo medio entre fallas (MTBF) y el indicador de mantenibilidad medido por el tiempo medio de reparación (MTTR)	Confiabilidad de equipos (MTBF)	$\frac{\text{Tiempo Operativo (TO)}}{N^{\circ} \text{ de fallas}}$	Razón
			Mantenibilidad de equipos (MTTR)	$\frac{\text{Tiempo reparación (TR)}}{N^{\circ} \text{ de fallas}}$	Razón
Dependiente: Disponibilidad de Maquinaria	"La capacidad de un elemento de encontrarse en un estado para desarrollar una función requerida bajo unas condiciones determinadas en un instante dado, asumiendo que se proveen los recursos externos requeridos." (Mesa, Ortiz, & Pinzón, 2006)	La disponibilidad de los equipos es la confianza de que el equipo está listo para operar.	Disponibilidad mecánica de equipos	$\frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$	Razón

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos son de vital importancia al momento de empezar a investigar, porque son los que garantizan los hechos empíricos de una investigación. Las técnicas de recolección como encuestas, entrevistas, observación, análisis documental, etc. engloban a los instrumentos que vienen hacer los cuestionarios, test, guía de entrevistas, guía de observación, registros, fichas de análisis documental, etc. con los cuales se realiza el método de la investigación y son los instrumentos quienes adjuntan los recursos necesarios que se van convirtiendo la información en real y de gran utilidad, fundamentales para tomar decisiones. (Hernandez & Duana, 2020)

Encuesta: Se distingue por perseguir una serie de pasos los cuales están estandarizados, que a partir de su utilización se recogen, se encausan y se analiza una muestra de datos, las cuales representan a la población general. Sus instrumentos: Cuestionario, Test, Prueba. (Lozada, 2017)

Entrevista: Esta técnica es como un dialogo bidireccional, con el propósito de obtener respuestas verbales sobre nuestro tema en estudio. Sus instrumentos: Guion o guía de entrevista. (Diaz et al. 2013)

Observación: Basada netamente en la observación directa ya sea de personas, maquinas, acciones, fenómenos, con la única finalidad de obtener información real, concisa y necesaria para una investigación. Instrumentos: Guía de observación, listas de cotejo, diario de campo, registro, matrices de análisis, etc. (Diaz, 2011)

Análisis documental: Se sostiene en la lectura, análisis y síntesis de los datos bajo dos enfoques, el primero que es el externo nos permitirá identificar el documento y el segundo es en cuanto al contenido. Instrumentos: Matriz de resumen, ficha de análisis documental, etc. (Lopez, 2002). Las técnicas de recolección de datos que más destacan son: la observación, las

entrevistas y la revisión documental. Y en cuanto a los instrumentos, los que mejores resultados obtienen son las guías de observación, los cuestionarios y el análisis documental. Cualquiera sea la técnica e instrumento de recolección de información que se use en una investigación cualitativa, cuantitativa o mixta, siempre conduce a un proceso de indagación e interpretación. Al analizar y procesar, se hace una selección particular de la información y se apoya no solo en la experiencia de vida sino también en la intuición y, fundamentalmente en los propósitos de premisas del estudio. (Sanchez et al. 2021) En este estudio las técnicas utilizadas son: La encuesta y análisis documental, en cuanto a los instrumentos usados tenemos: el cuestionario, el cual es adaptado y consta de 10 preguntas enfocadas al mantenimiento productivo total (TPM), con el propósito de obtener información de nuestra variable de estudio (Castelo, 2017). Y el análisis documental la cual fue adaptada de acuerdo con los formatos usados en la empresa.

Empezando la primera etapa de la investigación, se contactó al jefe del área de mantenimiento de la empresa minera para poder acceder a las instalaciones, técnicas, instrumentos y operadores del área. Los pasos para la recolección de datos fue el siguiente: Se eligió la muestra para obtener la recolección de datos, luego se seleccionó las técnicas con sus instrumentos, para pasar hacer uso de los instrumentos que son llenados en una hoja de cálculos en Excel. Hubo un análisis de datos estadístico los cuales mostraban los porcentajes de los indicadores de las variables en estudio, Nuestra investigación tiene un enfoque ético, con datos fidedignos. Concerniente a ello Ojeda et al. (2007) explica que ética engloba todo un saber de la moral, una sistematización de valores, principios y normas que guían al ser humano por el camino correcto y justo. Esta investigación tiene como base 3 principios: La beneficencia (este estudio tuvo desde un inicio el designio de contribuir positivamente con la empresa), Autonomía (los datos e información tomada de la empresa se manejó cautelosamente en privado) y Justicia (los involucrados toman una proporción al peso del estudio).

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### **3.1 Diagnosticar la disponibilidad actual de la maquinaria pesada en una empresa minera, Cajamarca, 2022.**

#### ***3.1.1 Diagnóstico de la Gestión de Mantenimiento***

Diagnosticar el estado inicial de la gestión de mantenimiento para las perforadoras EPIROC DM45 de una empresa minera, bajo los criterios de TPM permitió identificar el nivel de conocimiento de la empresa para mantener los equipos disponibles y confiables; bajo los términos de 0 defectos, 0 accidentes y 0 averías. Esto ha permitido evidenciar 03 factores con bajo porcentaje de adecuación a estos principios < al 50%: (a) con 40% de adecuación para las tareas y procedimientos de mantenimiento, (b) 37% para la evaluación de fallas, Ingeniería confiabilidad y mejora continua y (c) finalmente con 22% de adecuación en relación con las habilidades y entrenamiento de personal.

(a) Primero con relación a las tareas y procedimientos de mantenimiento, se logró evidenciar que las tareas más consideradas dentro de la organización hacia las perforadoras EPIROC DM45 son de mayor impacto las relacionadas con tareas correctivas en relación con las planificadas, también se está implementando actividades de monitoreo de condiciones a nivel temprano; en relación a la documentación se evidencia la ausencia de información consistente para la ejecución de tareas de mantenimiento, como por ejemplo Check List de verificación de mantenimientos, formato de inspecciones, documentos para pruebas y ajustes y en relación monitoreo y control de actividades se evidencia una prematura gestión de la información debido a que solo se está registrando los eventos sean correctivos y no se realiza un análisis de la información que está almacenándose en el sistema. Segundo, en relación con la (b) evaluación de fallas, Ingeniería confiabilidad y mejora continua esta se encuentra a un nivel de conciencia, donde se está empezando a analizar las técnicas y procedimientos de

mantenimiento; a nivel de técnicas de monitoreo de condiciones para extender la vida útil de los activos estas, están en proceso de implementación, la principal técnica empleada es el monitoreo de aceite SOS teniendo como referencia el PCR de cada componente y, (c) finalmente en relación con las habilidades y entrenamiento de personal se evidencia que está en proceso de elaboración el plan anual de capacitación considerando el desarrollo de competencias técnicas y operativas, en relación al MOF (Manual de Operación y Funciones) están en etapa intermedia orientados a tareas y en proceso de cambio a ser orientados a procesos.

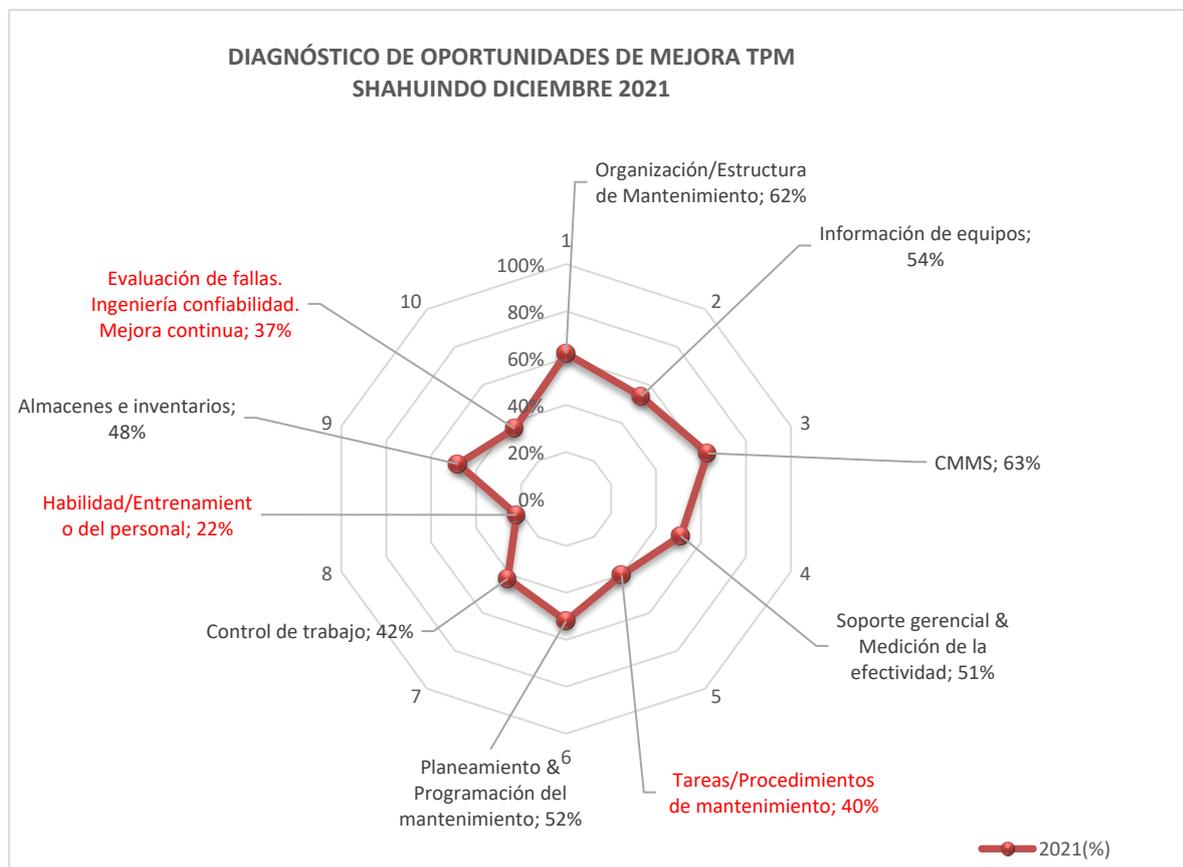


Figura 1 . Diagnóstico de Oportunidades de Mejora TPM para la empresa minera

### 3.1.2 Flota de Perforación

La flota de perforadoras de una empresa minera está constituida por dos perforadoras en la marca EPIROC – Modelo DM45, con códigos internos PE- 00013 y PE-00017 respectivamente, siendo estos los principales equipos críticos para el proceso de perforación y voladura.

Tabla 2

*Flota de perforadoras EPIROC DM45*

<b>CODIGO</b>	<b>Marca</b>	<b>Modelo</b>	<b>Serie</b>	<b>Año</b>	<b>Flota</b>	<b>Estatus</b>
PE-00013	EPIROC	DM45	USS009531	2013	1022.Perforadora	Operativo
PE-00017	EPIROC	DM45	USS009862	2018	1022.Perforadora	Operativo

3.1.3 Indicadores Técnicos de Mantenimiento

En Tabla 3, se puede evidenciar que los indicadores para las dos perforadoras no son favorables en cuanto a la disponibilidad mecánica, estando 78% para ambas perforadoras; en relación con el MTBF y MTBS para la PE-00013 en 16.4 h. y 13.2 h. y para la perforadora PE-00017 en 22.1 h. y 18.5 h. respectivamente, en cuanto al OEE tenemos para la PE-00013: 22% y para la PE-00017: 21%, que indicaban un nivel de eficiencia moderado, dichos indicadores dan muestra que los equipos cuentan con baja disponibilidad mecánica y su ingreso al taller es muy recurrente por actividades correctivas.

Tabla 3

Resultado de indicadores para las perforadoras DM45 – Periodo 2021

DATOS	MES	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	PROMEDIO 2021	RANGO IDEAL
	DIAS MES	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31		
	HORAS MES	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744		
PE-00013	MTBF	15.94	12.32	12.57	16.79	16.00	13.16	17.00	26.67	25.46	13.13	13.05	15.17	16.4	40 a 60 h.
	MTBS	14.26	11.78	11.00	15.67	14.77	11.36	13.60	19.05	19.47	8.57	21.08	16.12	13.2	40 a 60 h.
	MTRR	5.16	1.91	2.84	7.43	10.03	2.79	3.21	1.46	2.05	5.00	3.82	9.07	4.6	4 a 6 h.
	Disponibilidad Mecánica (DM)	75.54%	86.61%	81.58%	69.32%	61.48%	82.50%	84.12%	94.80%	92.56%	72.42%	77.35%	62.60%	78%	>90%
	Disponibilidad Física (DF)	88.21%	93.76%	91.99%	85.56%	83.83%	92.64%	93.10%	97.05%	96.31%	89.91%	88.85%	84.16%	90%	>90%
	Horas Trabajadas	271	271	264	235	192	250	272	400	331	197	274	197		
	# de eventos	17	22	21	14	12	19	16	15	13	15	21	13		
	Horas de Parada	88	42	60	104	120	53	51	22	27	75	80	118		
	Calidad (Tasa de Uso)	36%	40%	35%	33%	26%	35%	37%	54%	46%	26%	38%	27%	36%	
	Eficiencia	68%	85%	77%	56%	37%	79%	81%	95%	92%	62%	71%	40%	70%	
OEE	19%	30%	22%	13%	6%	23%	25%	48%	39%	12%	21%	7%	22%		
PE-00017	MTBF	20.42	17.00	24.50	18.15	20.50	25.50	25.56	39.62	15.42	20.79	14.28	23.42	22.1	40 a 60 h.
	MTBS	17.50	15.87	22.27	16.50	18.22	21.86	23.00	31.70	13.21	17.12	2.77	21.75	18.5	40 a 60 h.
	MTRR	4.2	6.3	16.2	4.2	4.2	3.7	8.7	7.8	13.5	2.9	3.2	3.8	6.56	4 a 6 h.
	Disponibilidad Mecánica (DM)	83%	73%	60%	81%	83%	87%	75%	84%	53%	88%	82%	86%	78%	>90%
	Disponibilidad Física (DF)	93.2%	86.8%	78.2%	88.4%	95.4%	93.9%	89.5%	91.6%	77.5%	94.5%	92.1%	93.4%	90%	>90%
	Horas Trabajadas	245	238	245	363	164	306	230	317	185	291	257	304		
	# de eventos	12	14	10	20	8	12	9	8	12	14	18	13		
	Horas de Parada	50.23	88.68	161.84	83.44	33.97	44.16	78.35	62.34	161.97	41.03	56.74	49.26		
	Calidad (Tasa de Uso)	33%	35%	33%	50%	22%	43%	31%	43%	26%	39%	36%	41%	36%	
	Eficiencia	79%	63%	34%	77%	79%	86%	66%	80%	12%	86%	78%	84%	69%	
OEE	22%	16%	7%	32%	14%	32%	15%	29%	2%	29%	23%	30%	21%		

### 3.1.4 Análisis de Fallas de la flota

Tabla 4

#### *Horas de Parada Vs Numero de Eventos*

<b>Sistema/Componente</b>	<b>Horas de parada</b>	<b># de eventos</b>
5260-Sistema de Perforación	280,18	40
4100-Sistema Eléctrico	54,19	26
4740-Cabezal de Rotación	142,14	17
1713-Filtro de Combustible	42,42	14
4735-Bomba de Avance / Traslación	59,83	10
6215-Sistema de Calefacción / Aire Acondicionado / AAC	45,87	9
6275-Regulador de Presión de Pulldown	36,3	9
6213-Cable de Avance / Cadena de Avance Perforadora	121,38	8
6200-Cabina	112,47	8
4623-Cilindro Estabilizador / Gato	35,21	8
1215-Valvula Check de bomba de agua del sistema de barrido	30,28	7
7032-Sistema de lubricación	31,16	5
4700-Bomba Hidráulica	148,49	4
4728-Motor de Ventilador / Fan	49,13	2
3500-Tren de Rodamiento	32,15	2
<b>Total</b>	<b>1221,2</b>	<b>169</b>

En tabla 4. Se puede observar las principales fallas por sistema para la flota de perforadoras EPIROC DM 45 en términos de horas y número de eventos. Donde se puede evidenciar tres sistemas críticos para la flota de perforadoras: El primero hace referencia al sistema de perforación con 280.18 horas de parada y 40 eventos correctivos, el segundo está relacionado a fallas en el sistema eléctricos con 54.19 horas de parada y 26 eventos correctivos, y el tercer sistema critico está relacionado con fallas en el cabezal de rotación con 142.14 horas de parada con 17 eventos por fallas correctivas, así mismo se realizó el diagrama de Pareto considerando las horas de parada por sistema, con la finalidad de priorizar los sistemas más críticos para la flota de perforadoras, (ver figura 2), y finalmente se realizó el cálculo de MTBF por sistema, para determinar el sistema con menor MTBF , es decir el sistema con alta frecuencia de fallas. (Ver tabla 5)

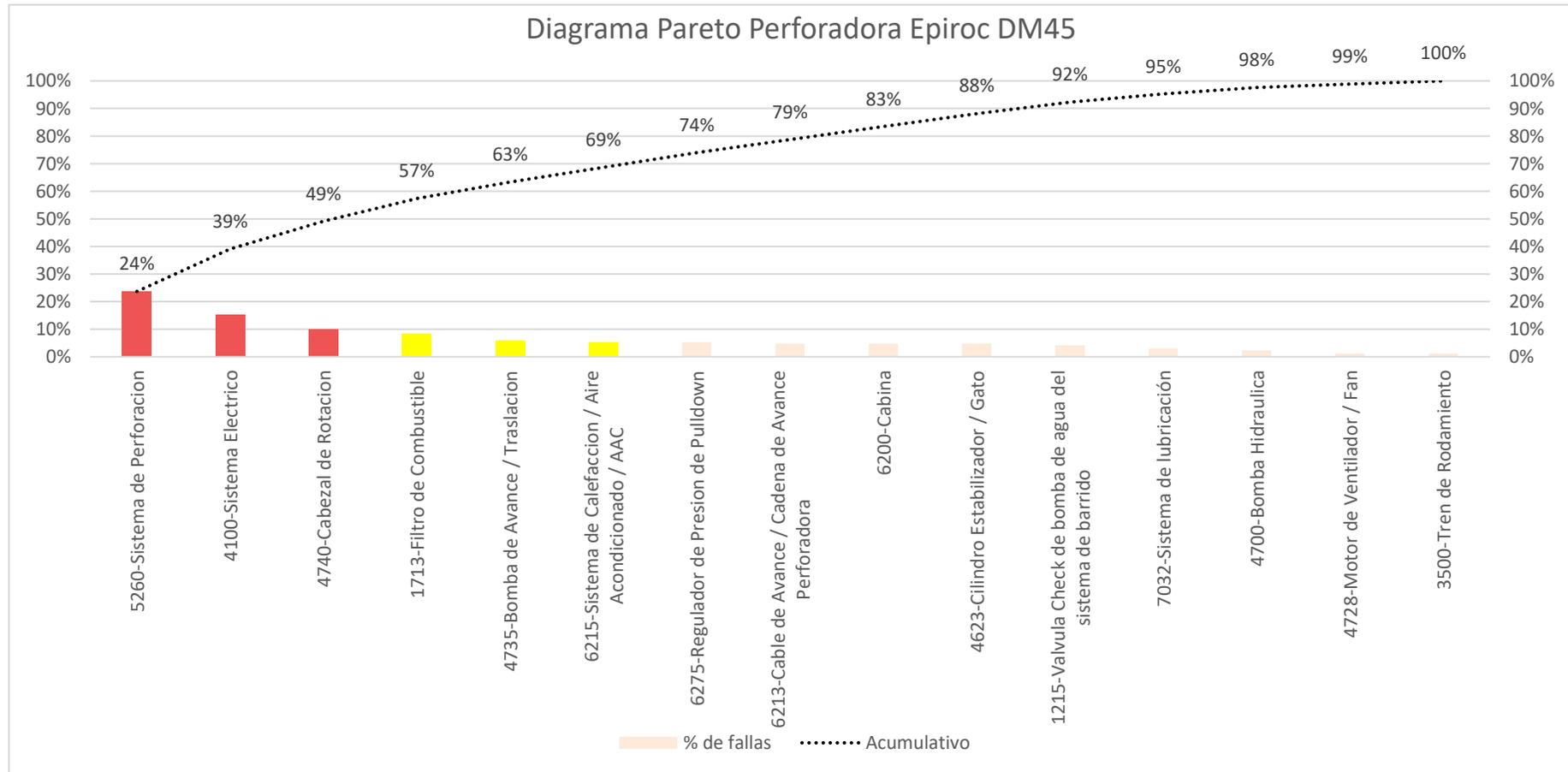


Figura 2 . Diagrama Pareto para flota de perforadoras Epiroc DM45

Tabla 5

*MTBF para la flota de perforadoras Epiroc DM 45*

<b>Sistema/Componente</b>	<b>% de fallas</b>	<b>Acumulativo</b>	<b>MTBF Componente</b>
5260-Sistema de Perforación	24%	24%	156.35
4100-Sistema Eléctrico	15%	39%	240.54
4740-Cabezal de Rotación	10%	49%	367.88
1713-Filtro de Combustible	8%	57%	446.71
4735-Bomba de Avance / Traslación	6%	63%	625.40
6215-Sistema de Calefacción / Aire Acondicionado / AAC	5%	69%	694.89
6275-Regulador de Presión de Pulldown	5%	74%	694.89
6213-Cable de Avance / Cadena de Avance Perforadora	5%	79%	781.75
6200-Cabina	5%	83%	781.75
4623-Cilindro Estabilizador / Gato	5%	88%	781.75
1215-Valvula Check de bomba de agua del sistema de barrido	4%	92%	893.43
7032-Sistema de lubricación	3%	95%	1250.80
4700-Bomba Hidráulica	2%	98%	1563.50
4728-Motor de Ventilador / Fan	1%	99%	3127.00
3500-Tren de Rodamiento	1%	100%	3127.00

En tabla 5. Se muestra los resultados del análisis del indicador MTBF a los sistemas de la flota de perforadoras Epiroc DM45, indicador que mide el tiempo medio entre fallas de un sistema o equipo, relacionado al tiempo que este se mantiene operativo hasta su falla posterior, dicho indicador permite medir la calidad de los trabajos realizados y la confiabilidad del sistema; como resultados obtenidos se determinó que para el Sistema de Perforación se tiene un MTBF de 156.35 h. , para el Sistema Eléctrico 240.54 h. y para el sistema del cabezal de rotación es de 367.88 h.

Tabla 6

*Horas de Parada Vs Numero de Eventos PE-00013 y PE-00017*

<b>Horas de Parada Vs Numero de Eventos PE-00013</b>			<b>Horas de Parada Vs Numero de Eventos PE-00017</b>		
<b>Sistema/Componente</b>	<b>Horas de parada</b>	<b># de eventos</b>	<b>Sistema/Componente</b>	<b>Horas de parada</b>	<b># de eventos</b>
5260-Sistema de Perforación	101,64	22	5260-Sistema de Perforación	178,54	18
4100-Sistema Eléctrico	26,26	16	4740-Cabezal de Rotación	34,86	10
1713-Filtro de Combustible	31,85	13	4100-Sistema Eléctrico	27,93	10
6200-Cabina	112,47	8	4735-Bomba de Avance / Traslación	53,03	8
4623-Cilindro Estabilizador / Gato	35,21	8	6213-Cable / Cadena de Avance Perforadora	117,08	5
4740-Cabezal de Rotación	107,28	7	5360-Sistema de lubricación de barras	13,08	4
6275-Regulador de Presión de Pulldown	31,98	7	6120-ROD SEAL	25,44	4
6224-Puerta de Cabina	19,49	6	4700-Bomba Hidráulica	148,49	4
6336-Bomba de Agua de Sist. Barrido	14,64	5	6215-Sistema de Calefacción / AAC	31,58	4
4625-Cilindro de Avance	19,28	5	63.36-bomba de agua del sistema de barrido	26,78	4
1532-Alternador	16,24	3	4106-Control de Traslación / Controller Propel	13,03	4
4728-Motor de Ventilador / Fan	49,13	2	1532-Alternador	12,31	3
4741-Filtro de Colector de polvo	19,77	1	4512-Tanque Hidráulico	29,15	2
4721-Motor de Cabezal de Rotación	21,93	1	7032-Sistema de lubricación	26,64	2
3500-Tren de Rodamiento	31,15	1	4113-Sensor de Aproximación	12,98	2

En Tabla 6, se realizó el análisis de horas de parada y número de eventos correctivos, discriminado este análisis por sistemas, para la PE-00013 los sistemas más críticos son el Sistema de Perforación (101.64 h. de parada y 22 Eventos correctivos), Sistema eléctrico (26.26 h. de parada y 16 Eventos correctivos), y el Filtro de combustible (31.85 h. de parada y 13 Eventos correctivos) y para la PE-00017 el Sistema de Perforación

(178.54 h. de parada y 18 Eventos correctivos), Cabezal de Rotación (34.86 h. de parada y 10 Eventos correctivos), y el Sistema Eléctrico (27.93 h. de parada y 10 Eventos correctivos), del mismo modo se realizó el Diagrama de Pareto para cada Perforadora (Figura 3 -4)

Donde se valida los sistemas críticos para cada perforadora.

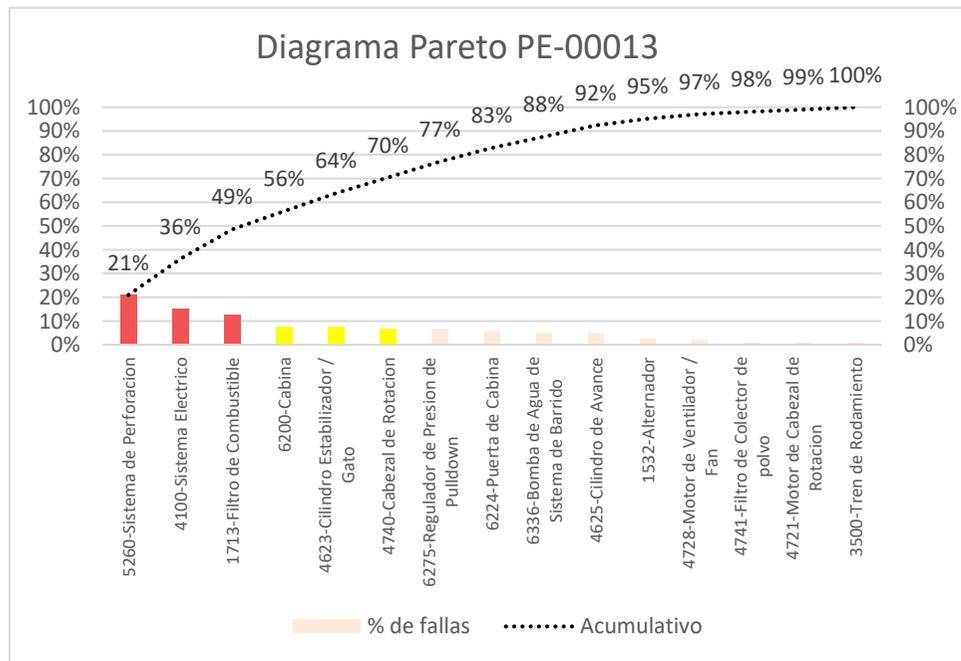


Figura 3. Diagrama Pareto PE-00013

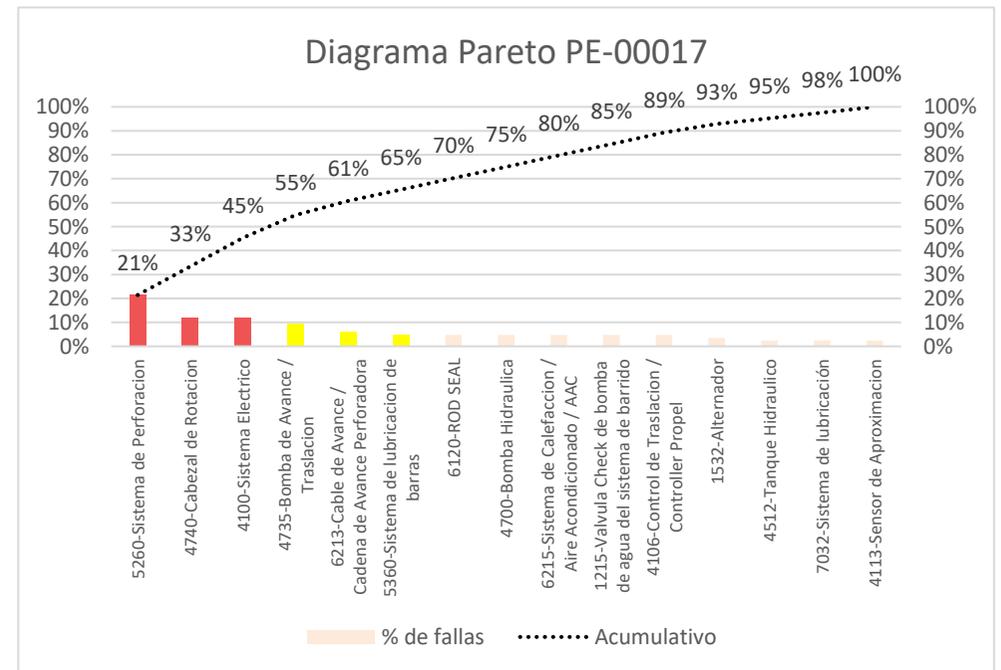


Figura 4. Diagrama Pareto PE-00017

Para el cálculo de criticidad (Ver tabla 7), se desarrollaron los criterios de evaluación en base a relación de la Frecuencia por la Consecuencia, donde: **Criticidad** = Frecuencia X

Consecuencia

*Donde la Frecuencia:* Analiza la frecuencia de fallas en un determinado tiempo, asignándoles un valor del 1 al 4.

*Consecuencia:* Para el cálculo de la consecuencia se aplicará la siguiente fórmula.

$$\text{Consecuencia} = (\text{IO} * \text{FO}) + \text{ESFD} + \text{CM} + \text{ISAH} + \text{DL} + \text{MO} + \text{TR}$$

*Donde*

- Impacto Operacional (IO)
- Flexibilidad Operacional (FO)
- Efecto Sobre la función que Desempeña (ESFD)
- Costo de Mantenimiento (CM)
- Impacto a Seguridad, Ambiente e Higiene (ISAH)
- Dependencia Logística (DL)
- Mano de Obra (MO)
- Tiempo de Reparación (TR)

\*\* Para el cálculo de nivel de criticidad se estará considerando los siguientes niveles

- Regular para resultados de 0 a 16.
- Importante para resultados de 17 a 41.
- Crítico para resultados de 42 a 96.

	Nivel	Valor Min	Valor Max
	Crítico	42	96
	Importante	17	41
	Regular	0	16

Tabla 7

Criterios de Evaluación para la matriz de criticidad

<b>Frecuencia de fallas (F)</b>			
Analiza la frecuencia de fallas en un determinado tiempo	Elevado mayor a 30 fallas/año		4
	Promedio 20-29 fallas/año		3
	Buena 10-19 fallas/año		2
	Excelente menos de 09 fallas/año		1
<b>Consecuencia = (IO*FO) + ESHD + CM + ISAH + DL + MO + TR</b>			
<b>Impacto Operacional (IO)</b>			
Afecta a otros equipos en el Proceso			6
Parada total del equipo			5
Parada parcial del equipo y repercute a otro equipo o subsistema			4
Impacta a niveles de producción o calidad			3
Repercute en costos operacionales asociado a disponibilidad			2
No genera ningún efecto significativo			1
<b>Flexibilidad Operacional (FO)</b>			
Flexibilidad del Equipo en el proceso	No existe otro equipo/Componente Igual	único	2
	Existe un equipo/Componente de menor capacidad	Apojo	1
	Existe un equipo/Componente de similar capacidad	Standby	0
<b>Efecto Sobre la Función que Desempeña (ESH)</b>			
Analizar la función principal del Activo	Perdida de Función		2
	Reduce el Desempeño		1
	Funcionamiento Normal		0
<b>Costo de mantenimiento (CM)</b>			
Mayor o igual a US\$ 10000 (incluye repuestos)	Alto		3
Mayor o igual a US\$ 5000 (incluye repuestos)	Medio		2
Inferior a US\$ 5000 (incluye repuestos)	Bajo		1
<b>Impacto a Seguridad Ambiente e Higiene (ISAH)</b>			
¿Afecta otros componentes?	Al Activo	Si	1
		No	0
¿Afecta la seguridad del Operador?	Al Operador	Si	1
		No	0
¿Puede ocasionar accidente a otros equipos, Personas?	Seguridad	Si	1
		No	0
¿Puede afectar al Medio Ambiente?	Medio Ambiente	Si	1
		No	0
<b>Dependencia Logística (DL)</b>			
Repuestos que se tienen que exportar desde fábrica		Pedido de fábrica	2
Compra a Dealer/proveedor a nivel local - Regional		Compra del dealer	1
Compra a Dealer /Proveedor Local)		Compra Local	0
<b>Mano de Obra (MO)</b>			
El mantenimiento requiere contratar solo especialistas		Especializada	2
Requiere contratar personal Tercero		Terceros	1
El mantenimiento realiza con personal propio		Propia	0
<b>Tiempo de Reparación (TR)</b>			
Mantenimiento difícil de ejecutar		Alta	1
Mantenimiento fácil de ejecutar		baja	0

Tabla 8

*Cálculo de Criticidad*

N°	Componente Code	N° de Paradas	%	Acumulativo	MTBF (Hrs)	Frecuencia	Impacto operacional	Flexibilidad Operacional (FO)	Efecto SFD	Costo de Mantenimiento	Al Activo	Al Operador	Seguridad	Medio Ambiente	Dependencia logística	Mano de Obra	Tiempo de Reparación	Consecuencia	TOTAL	Criticidad
1	5260-Sistema de Perforacion	40	24%	24%	79,48	4	6	1	2	3	1	1		1	1	1	1	17	68	Crítico
2	4100-Sistema Electrico	26	15%	39%	122,27	3	4	1	1	2	1	1			0	1	0	10	30	Importante
3	4740-Cabezal de Rotacion	17	10%	49%	187,00	2	6	1	1	3	1	1		2	2	0	16	32	Importante	
4	1713-Filtro de Combustible	14	8%	57%	227,07	2	3	1	1	1	1		1	1	1	1	10	20	Importante	
5	4735-Bomba de Avance / Traslacion	10	6%	63%	317,90	2	5	2	2	3	1	1	1	1	2	0	21	42	Importante	
6	6215-Sistema de Calefaccion / Aire Acondicionado / AAC	9	5%	69%	353,22	1	5	1	2	3	1		1	2	1	1	16	16	Regular	
7	6275-Regulador de Presion de Pulldown	9	5%	74%	353,22	1	4	1	2	3	1			1	1	1	13	13	Regular	
8	6213-Cable de Avance / Cadena de Avance Perforadora	8	5%	79%	397,38	1	6	2	2	3	1		1	1	1	1	22	22	Importante	
9	6200-Cabina	8	5%	83%	397,38	1	4	2	1	3	1	1	1	1	0	1	17	17	Regular	
10	4623-Cilindro Estabilizador / Gato	8	5%	88%	397,38	1	6	2	2	3	1		1	1	0	1	21	21	Importante	
11	1215-Valvula Check de bomba de agua del sistema de barrido	7	4%	92%	454,14	1	4	2	2	2	1			1	0	1	15	15	Regular	
12	7032-Sistema de lubricación	5	3%	95%	635,80	1	3	2	1	2	1			1	0	1	12	12	Regular	
13	4700-Bomba Hidraulica	4	2%	98%	794,75	1	6	2	2	3				2	2	0	21	21	Importante	
14	4728-Motor de Ventilador / Fan	2	1%	99%	1589,50	1	4	1	2	2	1	1	1	1	1	1	14	14	Regular	
15	3500-Tren de Rodamiento	2	1%	100%	1589,50	1	6	2	2	3	1	1		2	2	1	24	24	Importante	

En la tabla 8 se puede identificar que bajo la metodología de análisis de criticidad, el sistema más representativo corresponde al Sistema de Perforación.

Tabla 9

*Matriz de Priorización*

N°	Componente Code	N° de Paradas	%	Acumulativo	MTBF (Hrs)	Frecuencia	Consecuencia	TOTAL	Criticidad	¿Qué?	¿Cómo?	¿Cuándo?	¿Cuanto?	¿Quien?
1	5260-Sistema de Perforacion	40	24%	24%	79,48	4	17	68	<b>Crítico</b>	Estrategia de componentes	Establecer PCR	Según frecuencia		Dto Mantto
2	4735-Bomba de Avance / Traslacion	10	6%	63%	317,90	2	21	42	<b>Importante</b>	Estrategia de componentes	Establecer PCR	Según frecuencia		Dto Mantto
3	4740-Cabezal de Rotacion	17	10%	49%	187,00	2	16	32	<b>Importante</b>	Estrategia de componentes	Establecer PCR	Según frecuencia		Dto Mantto
4	4100-Sistema Electrico	26	15%	39%	122,27	3	10	30	<b>Importante</b>	Check List de Inspección	Formato Pdf	En cada PM		
5	3500-Tren de Rodamiento	2	1%	100%	1589,50	1	24	24	<b>Importante</b>	Check List de Inspección	Formato Pdf	Cada 1000 hrs		Dto Mantto
6	6213-Cable de Avance / Cadena de Avance Perforadora	8	5%	79%	397,38	1	22	22	<b>Importante</b>	Check List de Inspección/ Pruebas y ajustes	Formato Pdf, con especificaciones de fabricante	Cada 500 hrs		Dto Mantto
7	4623-Cilindro Estabilizador / Gato	8	5%	88%	397,38	1	21	21	<b>Importante</b>	Check List de Inspección/ Pruebas y ajustes	Formato Pdf, con especificaciones de fabricante	Cada 500 hrs		Dto Mantto
8	4700-Bomba Hidraulica	4	2%	98%	794,75	1	21	21	<b>Importante</b>	Check List de Inspección/ Pruebas y ajustes	Formato Pdf, con especificaciones de fabricante	Cada 2000 hrs		
9	1713-Filtro de Combustible	14	8%	57%	227,07	2	10	20	<b>Importante</b>	Check List de Inspección	Formato Pdf	En cada PM		Dto Mantto
10	6200-Cabina	8	5%	83%	397,38	1	17	17	<b>Regular</b>	-	-	-	-	-
11	6215-Sistema de Calefaccion / Aire Acondicionado / AAC	9	5%	69%	353,22	1	16	16	<b>Regular</b>	-	-	-	-	-
12	1215-Valvula Check de bomba de agua del sistema de barrido	7	4%	92%	454,14	1	15	15	<b>Regular</b>	-	-	-	-	-
13	4728-Motor de Ventilador / Fan	2	1%	99%	1589,50	1	14	14	<b>Regular</b>	-	-	-	-	-
14	6275-Regulador de Presion de Pulldown	9	5%	74%	353,22	1	13	13	<b>Regular</b>	-	-	-	-	-
15	7032-Sistema de lubricación	5	3%	95%	635,80	1	12	12	<b>Regular</b>	-	-	-	-	-

### **3.2 Desarrollar la propuesta del mantenimiento productivo total para incrementar la disponibilidad de la maquinaria pesada en una empresa minera, Cajamarca, 2022.**

Entre las propuestas del TPM para el incremento de la disponibilidad de las perforadoras se consideraron las siguientes actividades:

#### ***3.2.1. Elaborar Las Estrategia Para El Control De Componentes Mayores, Menores Y Cilindros Hidráulicos***

Esto permitirá dirigir la gestión estratégica de los componentes, teniendo en consideración la vida útil de cada componente en término de horas de operación (PCR), condición o falla y con esto proveer su adquisición; las estrategias consideran la clasificación de componentes Mayores y menores, si este componente es reparable o no reparable, y el ciclo de vida del componente. (Ver Tabla 10 – 11)

#### ***3.2.2. Partes y consumibles vitales***

Acá se enlisto las partes vitales que permiten cubrir las necesidades del mantenimiento preventivo y correctivo, entre las cuales se consideran, la lista de filtros de los diversos sistemas incluyendo el sistema de Aire Acondicionado, sellos hidráulicos, pernos, bocinas, y arandelas. (Ver Tabla 12).

#### ***3.2.3. Partes con alta rotación y partes críticas***

En este punto se consideró aquellos repuestos que, por el nivel de rotación, tiempo de entrega, escasez, frecuencia de fallas y uso en la operación no deben faltar en stock para cubrir las necesidades de las actividades de mantenimiento preventivos – correctivos menores en los diversos sistemas del equipo, como son: eléctricos, mecánicos e hidráulicos. (Ver Tabla 13 – 14)

#### **3.2.4. *Filtros para Mantenimiento***

Lista donde se registró información de filtros usados en cada actividad de mantenimiento PM1, PM2, PM3, y PM4; considerando número de parte según fabricante, cantidad a utilizar y frecuencia de cambio. (Tabla 15)

#### **3.2.5. *Guía de lubricación***

Documento con información de los diversos lubricantes que se utilizan en las actividades de mantenimiento preventivo para la lubricación de las perforadoras DM45, considerando: nombre del lubricante, grado de viscosidad, lubricante de alto rendimiento recomendado, capacidad por componente, unidad de medida, frecuencia de monitoreo y periodo de cambio. (Tabla 16)

#### **3.2.6. *Formatos Gantt para Actividades de Mantenimiento***

Documentos donde se especifica la hoja de ruta a seguir, según recomendaciones del fabricante para la ejecución de las tareas de mantenimiento, detalla el paso a paso, responsable y cronología para su ejecución. (Ver Figura 05 al 08)

#### **3.2.7. *Formatos de Mantenimiento y Pruebas – Ajustes***

Con los cuales se detallan las tareas de mantenimiento a realizar, así como las pruebas necesarias para la evaluación y calibración de los parámetros de funcionamiento. (Ver Anexo del 16 al 18)

Estrategia para el control de componentes mayores, menores y cilindros hidráulicos - Perforadora Epiroc DM45 (a)

Item	Sistema	Número de parte Epiroc	Descripción	Tipo de componente (mayor, menor o cilindro hidráulico)	Ubicación en el equipo	Cantidad instalada por equipo	Estrategia para el cambio			Estrategia de reparabilidad		PCRs del componente		Vida útil del componente	
							PCR	Condición	Falla	Reparable	No reparable	PCR - Epiroc (h)	PCR MBC (± %)	Ciclo de vida del componente	Tiempo total de vida del componente (h)
1,01	Engine System	2657760647	Motor diesel Caterpillar C-18 de 630hp	Mayor	Power pack	1	✓			✓		16.000	20	2	32.000
2,01	Air System	2658357409	Compresor de Aire Modelo HR2.5	Mayor	Power pack	1	✓			✓		16.000	20	3	48.000
2,02	Air System	2657861841	Actuador para la valvula mariposa de compresor con EARS	Menor	Compresor	1	✓		✓		✓	8.000	15	1	8.000
2,03	Air System	2657391047	Valvula de mínima presion de Tanque de aire-aceite	Menor	Tanque de aire-aceite	1	✓			✓		16.000	15	2	32.000
3,01	Drilling System	2657922023	Cabezal de Rotación incluye motores	Mayor	Torre	1	✓			✓		15.000	20	2	30.000
3,02	Drilling System	2657484263	Cilindro hidráulico de Pulldown	Cilindro hidráulico	Torre	2	✓			✓		15.000	20	2	30.000
3,03	Drilling System	2658504068	Cilindro hidráulico del guiador de barras (ingreso)	Cilindro hidráulico	Torre	1	✓			✓		15.000	15	3	45.000
3,04	Drilling System	2657423824	Rodillo guiador de soporte de barras	Menor	Chasis	1	✓	✓	✓		✓	16.000	15	1	16.000
3,05	Drilling System	2657531626	Cilindro hidráulico de seguro de torre en vertical	Cilindro hidráulico	Chasis	1	✓			✓		12.000	15	2	24.000
3,06	Drilling System	2657638041	Base de llave "U"	Menor	Torre	1	✓	✓			✓	24.000	15	1	24.000
3,07	Drilling System	2658389933	Cilindro hidráulico de llave "U"	Cilindro hidráulico	Torre	1	✓			✓		12.000	15	2	24.000
3,08	Drilling System	2657039638	Cilindro hidráulico de llave de quiebre de barras	Cilindro hidráulico	Torre	1	✓			✓		12.000	15	2	24.000
3,09	Drilling System	2657106429	Valvula Diversora distribuidor de Propulsion y Perforacion	Menor	Chasis	4	✓			✓		18.000	15	4	72.000
3,10	Drilling System	2657506446	Cables de avance de cabezal (pulldown)	Menor	Torre	2	✓	✓	✓		✓	8.000	15	1	8.000
3,11	Drilling System	2657501116	Cadenas de retraccion de cabezal (pullback)	Menor	Torre	2	✓	✓	✓		✓	8.000	15	1	8.000
3,12	Drilling System	2657154916	Motor hidráulico de giro de carrusel porta barras	Menor	Carrusel	1	✓		✓		✓	20.000	15	1	20.000
3,13	Drilling System	2658328273	Intercambiador de barras completo (carrusel, cilindros, motor-reductor, etc)	Mayor	Torre	1	✓	✓		✓		20.000	15	2	40.000
3,14	Drilling System	2658488003	Cilindro hidráulico de intercambiador de barras (Carrusel - Indexado)	Cilindro hidráulico	Torre	2	✓			✓		20.000	15	2	40.000
3,15	Drilling System	2657572984	Motor hidráulico más reductor de intercambiador de barras (Carrusel)	Menor	Carrusel	1	✓				✓	20.000	15	1	20.000
4,01	Hydraulic System	2657651234	Mando de bombas (PTO)	Mayor	Power pack	1	✓		✓	✓		15.000	20	3	45.000
4,02	Hydraulic System	2658607738	Bomba hidráulica principal (control de rotacion, avance y propulsion)	Menor	PTO	2	✓		✓		✓	15.000	20	1	15.000
4,03	Hydraulic System	2657740730	Bomba hidráulica triple (Motor Fan, block de válvulas y otros)	Menor	PTO	1	✓		✓		✓	15.000	20	1	15.000
4,04	Hydraulic System	2658487996	Cilindro hidráulico de levante de torre.	Cilindro hidráulico	Chasis	2	✓		✓	✓		16.000	20	3	48.000
4,05	Hydraulic System	2657448144	Valvula de regeneracion sistema de avance	Menor	Torre	1	✓		✓	✓		18.000	15	2	36.000
4,06	Hydraulic System	2654418116	Block de Valvula, control Perforación / Propulsion	Menor	Chasis	1	✓		✓	✓		18.000	15	2	36.000
4,07	Hydraulic System	2657581894	Block de Valvulas de 06 cuerpos	Menor	Chasis	1	✓		✓	✓		18.000	15	2	36.000
4,08	Hydraulic System	2658503963	Block de Valvulas de 09 cuerpos	Menor	Chasis	1	✓		✓	✓		18.000	15	2	36.000
4,09	Hydraulic System	2657244352	Valvula de aceite caliente de bombas principales	Menor	Power pack	2	✓		✓	✓		18.000	15	2	36.000
4,11	Hydraulic System	2657142515	Valvula de control de Motor de ventilador de enfriadores	Menor	Pack de enfriadores	1	✓			✓		18.000	15	2	36.000

Estrategia para el control de componentes mayores, menores y cilindros hidráulicos - Perforadora Epiroc DM45 (b)

Item	Sistema	Número de parte Epiroc	Descripción	Tipo de componente (mayor, menor o cilindro hidráulico)	Ubicación en el equipo	Cantidad instalada por equipo	Estrategia para el cambio			Estrategia de reparabilidad		PCR del componente		Vida útil del componente	
							PCR	Condición	Falla	Reparable	No reparable	PCR - Epiroc (h)	PCR MEC (± %)	Ciclo de vida del componente	Tiempo total de vida del componente (h)
5,01	Trimming System	2657736175	Chasis de camillería lado derecho - lado no cabina	Mayor	Chasis	1	✓	✓		✓		40.000	15	2	80.000
5,02	Trimming System	2657736183	Chasis de camillería lado izquierdo - lado cabina	Mayor	Chasis	1	✓	✓		✓		40.000	15	2	80.000
5,03	Trimming System	2657562977	Rodillo interior de tren de rodado 10 por lado	Menor	Bastidores	20	✓	✓	✓		✓	20.000	15	1	20.000
5,04	Trimming System	2657457566	Rodillo superior de tren de rodado 2 por lado	Menor	Bastidores	4	✓	✓	✓		✓	20.000	15	1	20.000
5,05	Trimming System	2657354946	Rueda dentada de mando final	Menor	Bastidores	2	✓	✓	✓		✓	20.000	15	1	20.000
5,06	Trimming System	2657700411	Rueda guía de cadena de bastidores	Menor	Bastidores	2	✓	✓			✓	20.000	15	1	20.000
5,07	Trimming System	2657700536	Ciugas completas para rodado del equipo	Mayor	Bastidores	2	✓	✓			✓	20.000	15	1	20.000
5,08	Trimming System	2657415929	Mando Final sin motor de propulsión	Mayor	Bastidores	2	✓				✓	20.000	20	1	20.000
5,09	Trimming System	2657553935	Motor de mando Final	Menor	Bastidores	2	✓				✓	20.000	15	1	20.000
5,10	Trimming System	2657563348	Cilindro completo de tensado de cadena de camillería	Cilindro hidráulico	Bastidores	2	✓				✓	20.000	15	1	20.000
6,01	Structural System	2658252841	Estructura única de torre de perforación de 30 pies de longitud	Mayor	Torre	1	✓	✓			✓	60.000	15	2	60.000
6,02	Structural System	2657755589	Cilindros hidráulicos de gatas delanteras	Cilindro hidráulico	Chasis	2	✓				✓	18.000	15	3	54.000
6,03	Structural System	2657755589	Cilindro hidráulico de gata posterior	Cilindro hidráulico	Chasis	1	✓				✓	18.000	15	3	54.000
6,04	Structural System	2657451890	Compresor de Aire Acondicionado	Menor	Motor	1	✓				✓	10.000	15	2	20.000
6,05	Structural System	2657516379	Motor de presurización de cabina (AC)	Menor	Cabina	1	✓		✓		✓	20.000	15	1	20.000
6,06	Structural System	2658252641	Winche de izaje	Menor	Torre	1	✓				✓	10.000	15	2	20.000
6,07	Structural System	2658268801	Motor hidráulico de Winche de izaje	Menor	Torre	1	✓		✓		✓	10.000	15	1	10.000
7,01	Water System	2650822147	Bomba de inyección de agua	Menor	Chasis	1	✓		✓		✓	8.000	15	1	8.000
7,02	Water System	2652235207	Motor hidráulico de inyección de agua	Menor	Chasis	1	✓		✓		✓	8.000	15	1	8.000
8,01	Cooling System	2658663498	Enfriador de Motor, COC, CAC, HOC	Menor	Pack de enfriadores	1	✓				✓	16.000	15	2	32.000
8,02	Cooling System	2658607696	Enfriador de refrigerante de motor (radiador)	Menor	Pack de enfriadores	1	✓				✓	16.000	15	2	32.000
9,01	Lubrication System	2658695600	Bomba de inyección de grasa	Menor	Chasis	1	✓				✓	12.000	15	1	12.000
9,03	Lubrication System	2657352973	Bomba neumática de lubricación de martillo	Menor	tanque de aceite DHD	1	✓		✓		✓	4.000	15	3	12.000
9,04	Lubrication System	2658719451	Switch de flujo para bomba de lubricación de martillo	Menor	tanque de aceite DHD	1	✓		✓		✓	12.000	15	1	12.000

Tabla 12

Partes y Consumibles Vitales - Perforadora Epiroc DM45

Ítem	Component	Número de parte Epiroc	Descripción (según manual de partes)	Descripción en español (informativa)	Cantidad instalada	Unidad	Frecuencia (h)	Precio Unitario (\$)	Costo Total (\$)	Observación
1	Engine system	2652252061	ELEMENT, AIR	Filtro de aire primario de motor diesel	1,0	EA	250	142,29	<b>142,29</b>	VITAL
2	Engine system	2652146966	ELEMENT, SAFETY	Filtro de aire secundario de motor diesel	1,0	EA	250	91,19	<b>91,19</b>	VITAL
3	Engine system	2657890444	FILTER, OIL	Filtro de aceite de motor diesel	2,0	EA	250	92,26	<b>184,52</b>	VITAL
4	Engine system	2658383143	FILTER, FUEL, PRIMARY ELEM	Filtro primario de combustible	1,0	EA	250	124,30	<b>124,30</b>	VITAL
5	Engine system	2657294829	FILTER, FUEL SECONDARY	Filtro secundario de combustible	1,0	EA	250	23,50	<b>23,50</b>	VITAL
6	Air system	2652252061	ELEMENT, PRIMARY	Filtro de aire primario de compresor	1,0	EA	250	142,29	<b>142,29</b>	VITAL
7	Air system	2652146966	ELEMENT, SAFETY	Filtro de aire secundario de compresor	1,0	EA	250	91,19	<b>91,19</b>	VITAL
8	Hydraulic System	2650903236	BREATHER	Filtro respiradero del tanque hidráulico	2,0	EA	500	26,41	<b>52,82</b>	VITAL
9	Air system	2658588642	ELEMENT, OILFILTER	Filtro de aceite del compresor	2,0	EA	500	95,59	<b>191,18</b>	VITAL
10	Structural system	2657516098	PREFILTER	Filtro secundario de recirculación de aire primario del ACC	1,0	EA	500	86,38	<b>86,38</b>	VITAL
11	Structural system	2657516106	FILTER, MAIN	Filtro primario de recirculación de aire primario del ACC	1,0	EA	500	106,14	<b>106,14</b>	VITAL
12	Structural system	2659860841	ELEMENT-AIR CLEANER	Filtro de aire del ACC	1,0	EA	500	48,82	<b>48,82</b>	VITAL
13	Drilling system	2657622300	ELEMENT	Filtro de lubricación del cabezal de la perforadora	1,0	EA	1.000	93,26	<b>93,26</b>	VITAL
14	Hydraulic System	2652263183	ELEMENT, FILTER-MAIN HYD	Filtro de presión al tanque hidráulico	2,0	EA	1.000	70,04	<b>140,08</b>	VITAL
15	Hydraulic System	2695070603	O-RING	Oring del filtro de presión al tanque hidráulico	2,0	EA	1.000	19,29	<b>38,58</b>	VITAL
16	Hydraulic System	2635251511	O-RING	Oring del filtro de presión al tanque hidráulico	2,0	EA	1.000	5,54	<b>11,08</b>	VITAL
17	Hydraulic System	2659677831	BREATHER	Respirador de la caja de engranajes	1,0	EA	1.000	31,78	<b>31,78</b>	VITAL
18	Hydraulic System	2657801730	FILTER, SUCTION-LUBE PUMP	Filtro de succión del cabezal giratorio	1,0	EA	2.000	387,74	<b>387,74</b>	VITAL
19	Air system	2658374918	ELEMENT, SEPARATOR	Filtro separador de aceite del compresor	1,0	EA	2.000	930,66	<b>930,66</b>	VITAL
20	Derrick/Tower	2695422663	BREATHER	Filtro respiradero de la caja de giro de la porta barras	3,0	EA	2.000	8,04	<b>24,12</b>	VITAL
21	Structural system	2652228848	SHEAVEW/BUSH-1 ROPE	Polea del cable de pullback	3,0	EA	12.000	1266,13	<b>3798,39</b>	CONSUMIBLE
22	Structural system	2657407173	SPROCKETW/BUSH-20T	Polea de la cadena de pulldown	1,0	EA	12.000	1500,51	<b>1500,51</b>	CONSUMIBLE
23	Structural system	2650334457	WASHER, THRU	Espaciador de poleas	4,0	EA	12.000	59,52	<b>238,08</b>	CONSUMIBLE
24	Structural system	2657407017	ADAPTER, CHAIN	Adaptador de la cadena	2,0	EA	12.000	767,19	<b>1534,38</b>	CONSUMIBLE
25	Structural system	2657943631	BOLT, HEXHEAD PULLBACK	Perno para el adaptador	2,0	EA	12.000	128,50	<b>257,00</b>	CONSUMIBLE
26	Structural system	2650702927	BUSHING, CHAIN ANCHOR	Bocina del adaptador de la cadena	2,0	EA	15.000	40,63	<b>81,26</b>	CONSUMIBLE
27	Structural system	2650339043	BOLT, CHAIN	Pin del adaptador y la bocina	2,0	EA	15.000	255,84	<b>511,68</b>	CONSUMIBLE
28	Structural system	2695934741	WASHER, LOCK HELICAL	Arandela de presión del perno helicoidal	70,0	EA	15.000	1,78	<b>124,60</b>	CONSUMIBLE

Tabla 13

Partes de Alta Rotación - Perforadora Epiroc DM45

Ítem	Sistema	Número de parte Epiroc	Descripción (según manual de partes)	Descripción en español (informativa)	Cantidad instalada	Unidad	Precio Unitario (\$)	Costo Total (\$)	Observación
1	Electrical system	2657394603	RELAY,DPDT 24V COIL	Relay	13,0	EA	60,27	783,51	ALTA ROTACION
2	Electrical system	2652192556	SWITCH,LIMIT	Limitador	3,0	EA	592,01	1776,03	ALTA ROTACION
3	Electrical system	2652192564	LEVER,OPERATING	Manilla de operación	3,0	EA	82,74	248,22	ALTA ROTACION
4	Derrick/Tower	2657328676	FITTING,TEST	Toma de testeo del sistema hidráulico	17,0	EA	37,00	629,00	ALTA ROTACION
5	Derrick/Tower	2657336067	PACKING,SWIVEL-30XV	Sello	2,0	EA	81,12	162,24	ALTA ROTACION
6	Engine system	2657451924	BELT, VEE	Faja del compresor del sistema de aire acondicionado	1,0	EA	33,96	33,96	ALTA ROTACION
7	Derrick/Tower	2657568487	VALVE,RELIEF(ATM)	Válvula de regulación de los motores de rotación del cabezal de perforación.	2,0	EA	504,74	1009,48	ALTA ROTACION
8	Derrick/Tower	2695919569	CAPSCREW	Perno	40,0	EA	2,20	88,00	ALTA ROTACION
9	Derrick/Tower	2695922894	NUT,HEX	Tuerca	261,0	EA	2,59	675,99	ALTA ROTACION
10	Derrick/Tower	2695923363	NUT,HEX,SELFLOCK	Tuerca	5,0	EA	2,41	12,05	ALTA ROTACION
11	Derrick/Tower	2658599513	LIGHT ASSY,TRAP,70W	Faros del equipo	4,0	EA	353,25	1413,00	ALTA ROTACION
12	Derrick/Tower	2658599506	LIGHT ASSY,FLOOD,70W	Faros del equipo	5,0	EA	397,17	1985,85	ALTA ROTACION
13	Electrical system	2656275431	LAMP,LED,GREEN,24V	Faros del equipo	3,0	EA	56,08	168,24	ALTA ROTACION
14	Derrick/Tower	2695934691	WASHER,LOCK,HELICAL	Arandela plana	40,0	EA	1,78	71,20	ALTA ROTACION
15	Derrick/Tower	2695934733	WASHER,LOCK	Arandela plana	100,0	EA	1,83	183,00	ALTA ROTACION
16	Derrick/Tower	2695934766	WASHER,LOCK,HELICAL	Arandela plana	173,0	EA	1,80	311,40	ALTA ROTACION
17	Derrick/Tower	2695935003	WASHER,FLAT, 1/2"	Arandela plana	149,0	EA	1,26	187,74	ALTA ROTACION

Tabla 14

Partes Críticas - Perforadora Epiroc DM45

Ítem	Sistema	Número de parte Epiroc	Descripción (según manual de partes)	Descripción en español (informativa)	Cantidad instalada	Unidad	Precio Unitario (\$)	Costo Total (\$)	Observación
1	Derrick/Tower	2659647669	SENSOR,MAGNETIC	Sensor magnetico	1,0	EA	373,50	373,50	CRITICAS
2	Electrical system	2657826349	CONTROLLERPULL DOWN	Manilla de accionamiento de avance de perforación	1,0	EA	2174,10	2174,10	CRITICAS
3	Electrical system	2657826356	CONTROLLERROTATION	Manilla de accionamiento de rotación de perforación	1,0	EA	1809,78	1809,78	CRITICAS
4	Electrical system	2657338238	CONTROLLER,REMOTEPROP.	Controlador remoto	9,0	EA	990,16	8911,44	CRITICAS
5	Hydraulic system	2657106429	VALVE,DIVERTER	Válvula	4,0	EA	3370,89	13483,56	CRITICAS
6	Hydraulic system	2658253993	VALVE,4-WAY,D03,W/DT	Válvula	1,0	EA	1094,84	1094,84	CRITICAS
7	Hydraulic system	2657309536	VALVE,PRESSURE CONTROL	Válvula	3,0	EA	2255,27	6765,81	CRITICAS
8	Electrical system	2658369311	HARNESS-6&9SPOOL VALVES	Arnes de cable eléctrico	1,0	EA	1342,62	1342,62	CRITICAS
9	Electrical system	2658379678	HARNESS,ENG CAT C15/C18	Arnes de cable eléctrico	1,0	EA	1115,70	1115,70	CRITICAS
9	Electrical system	2657760555	HARNESS,CAN& POWER	Arnes de cable eléctrico	1,0	EA	175,64	175,64	CRITICAS
10	Electrical system	2657741837	SWITCH,HP-R134A	Switch de accionamiento del aire acondicionado	1,0	EA	147,48	147,48	CRITICAS
11	Electrical system	2657549982	HARNESSWIRE-BOX TO BOX	Arnes de cable eléctrico	1,0	EA	798,25	798,25	CRITICAS

Tabla 15

Filtros para mantenimiento - Perforadora Epiroc DM45

Ítem	Componente	Número de parte Epiroc	Descripción (según manual de partes)	Cantidad instalada	Unidad	250	500	1.000	2.000
1	Engine system	2652252061	ELEMENT,AIR	1,0	EA	✓	✓	✓	✓
2	Engine system	2652146966	ELEMENT,SAFETY	1,0	EA	✓	✓	✓	✓
3	Engine system	2657890444	FILTER,OIL	2,0	EA	✓	✓	✓	✓
4	Engine system	2658383143	FILTER,FUEL,PRIMARY ELEM	1,0	EA	✓	✓	✓	✓
5	Engine system	2657294829	FILTER,FUEL SECONDARY	1,0	EA	✓	✓	✓	✓
6	Air system	2652252061	ELEMENT,PRIMARY	1,0	EA	✓	✓	✓	✓
7	Air system	2652146966	ELEMENT,SAFETY	1,0	EA	✓	✓	✓	✓
8	Hydraulic System	2650903236	BREATHER	2,0	EA		✓	✓	✓
9	Air system	2658588642	ELEMENT, OILFILTER	2,0	EA		✓	✓	✓
10	Structural system	2657516098	PREFILTER	1,0	EA		✓	✓	✓
11	Structural system	2657516106	FILTER, MAIN	1,0	EA		✓	✓	✓
12	Structural system	2659860841	ELEMENT-AIR CLEANER	1,0	EA		✓	✓	✓
13	Drilling system	2657622300	ELEMENT	1,0	EA			✓	✓
14	Hydraulic System	2652263183	ELEMENT,FILTER-MAIN HYD	2,0	EA			✓	✓
15	Hydraulic System	2695070603	O-RING	2,0	EA			✓	✓
16	Hydraulic System	2635251511	O-RING	2,0	EA			✓	✓
17	Hydraulic System	2659677831	BREATHER	1,0	EA			✓	✓
18	Hydraulic System	2657801730	FILTER,SUCTION-LUBE PUMP	1,0	EA				✓
19	Air system	2658374918	ELEMENT,SEPARATOR	1,0	EA				✓
20	Derrick/Tower	2695422663	BREATHER	3,0	EA				✓

Tabla 16

Guía de Lubricación - Perforadora Epiroc DM45

MARCA	MODELO	CANT	CÓDIGOS	COMPONENTE	TIPO DE PRODUCTO	LUBRICANTE EN USO	ESPECIFICACIÓN DEL FABRICANTE	LUBRICANTE RECOMENDADO		CAPACIDAD		PERIODOS DE: (Hbras)	
								ALTO DESEMPEÑO	SEMI SINTETICO/ SINTETICO	Cent.	Unid.	CAMBIO	MUESTRA
EPROC	DM45	2	PE-00013PE-00017	MOTOR		MOBIL DELVAC MX 15W40		API CG SAE 15W40		126	Gal	250	250
				SISTEMA HIDRÁULICO		Mobil DTE 25		ISO AW 32		150	Gal	3000	250
				COMPRESOR		MOBIL SHC RARUS 68	SHELL CORENA, ISO 68	DRILL Care LP-150	DRILL Care HP-350	38	Gal	1000	250
				CAJA DE ENGRANAJES -PTO		Mobil Trans HD-50		MOBILUBE HD 80W90	MOBILUBE 1 SHC 75W90	1	Gal	500	250
				BOMBA DE INYECCIÓN DE AGUA	ACEITE	MOBIL DELVAC MX 15W40		SAE 40 (ANTIOXIDANTE)		1	Gal	250	250
				CABEZAL DE ROTACIÓN		Mobil Trans HD-50		MOBILUBE HD 80W90		11	Gal	500	500
				MANDO FINAL DERECHO		Mobil Trans HD-50		ISO VG 220	MOBILUBE 1 SHC 75W90	2,1	Gal	500	250
				MANDO FINAL IZQUIERDO		Mobil Trans HD-50		ISO VG 220	MOBILUBE 1 SHC 75W90	2,1	Gal	500	250
				CAJA DE REDUCTOR DE BARRAS		Mobil Trans HD-50		ACEITE ENGRANAJES 140W		0,1	Gal	250	250
				REFRIGERANTE	REFRIGERANTE	MOBIL MINING COOLANT				44	Gal	6000	250
				ENGRASE GENERAL	GRASA	MOBIL GREASE CMP	3%-5% Moly, NLGI 2	MOBIL GREASE X-HP 322 (5% Moly)		-	.	250	











Tabla 17

Resultado de indicadores para las perforadoras DM45 – Periodo 2022.

DATOS	2022												PROMEDIO 2022	RANGO IDEAL	
	MES	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre			Diciembre
	DIAS MES	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30			31
	HORAS MES	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744		
PE-00013	MTBF 2022	18.88	11.53	21.25	24.62	24.92	16.86	24.88						20.4	40 a 60 hr
	MTTR 2022	1.78	4.12	3.69	3.18	6.52	2.00	2.28						3.4	4 a 6 hr
	Disponibilidad Mecánica (DM) 2022	91.38%	73.66%	85.20%	88.55%	79.25%	89.38%	91.61%						86%	>90%
	Disponibilidad Física (DF) 2022	98.09%	88.34%	94.05%	94.25%	89.48%	94.16%	95.10%						93%	>90%
	Horas Trabajadas	151	219	255	320	299	354	398							
	# de eventos	8	19	12	13	12	21	16							
	Horas de Parada	14	78	44	41	78	42	36							
	Calidad (Tasa de Uso)	20%	33%	34%	44%	40%	49%	53%						39%	
	Eficiencia	91%	64%	83%	87%	74%	88%	91%						82%	
	OEE	17%	15%	24%	34%	24%	39%	45%						28%	
PE-00017	MTBF 2022	11.63	12.69	14.06	59.80	33.90	30.91	24.33						26.8	40 a 60 hr
	MTTR 2022	3.4	7.2	1.9	2.5	2.5	18.1	3.3						5.57	4 a 6 hr
	Disponibilidad Mecánica (DM) 2022	77%	64%	88%	96%	93%	63%	88%						81%	>90%
	Disponibilidad Física (DF) 2022	86.3%	82.9%	95.8%	98.2%	96.6%	72.3%	94.7%						90%	>90%
	Horas Trabajadas	349	203	225	299	339	340	292							
	# de eventos	30	16	16	5	10	11	12							
	Horas de Parada	102.01	114.77	31.02	12.64	24.93	199.44	39.66							
	Calidad (Tasa de Uso)	47%	30%	30%	42%	46%	47%	39%						40%	
	Eficiencia	71%	43%	86%	96%	93%	41%	86%						74%	
	OEE	26%	8%	23%	38%	39%	12%	30%						25%	

En tabla 17. Se puede evidenciar una mejora en el indicador de la disponibilidad mecánica para la flota de perforadoras al mes de julio del 2022, estando en 86% para la PE-00013 y 81% para la PE-00017, en relación con el MTBF 20.4 para la PE-00013 y 26.8 para la PE-00017 y finalmente para el MTTR se llegó reducir a 3.4h. para la PE-00013 y 5.57h. para la PE-00017. Además, dentro de los resultados obtenidos en la tabla presentada se muestran los valores del OEE (Overall Equipment Effectiveness) para los dos equipos, PE-00013 y PE-00017, presentaron valores iniciales de OEE (PE-00013: 22%, PE-00017: 21%) que indicaban un nivel de eficiencia moderado. Sin embargo, para el año 2022, se observó un incremento significativo en los valores de OEE (PE-00013: 28%, PE-00017: 25%). Estos valores son reflejo de la implementación exitosa de la estrategia de Mantenimiento Productivo Total (TPM) para incrementar la disponibilidad de la maquinaria pesada en una empresa minera.

**3.3. Evaluar económicamente la propuesta de implementación del mantenimiento productivo total para incrementar la disponibilidad de la maquinaria pesada en una empresa minera, Cajamarca, 2022.**

Para la gestión del presupuesto y cubrir las fallas de los equipos se implementó en el proceso la gestión de backlogs Ver Anexo 20, donde se discrimina el tipo de pedido.

*Pedido de Requerimiento:* Son aquellos pedidos destinados para la protección en el inventario.

*Backlogs Servicio:* Son aquellos pedidos destinados a la fabricación de partes o ejecución de servicio por proveedores especializados, y no pueden ser realizados por la compañía.

*Backlogs Repuesto:* Son aquellos pedidos de partes y repuestos dirigidos a solucionar una falla, estos son asignados a un equipo.

Tabla 18

*Backlog con partes requeridas para mejorar la disponibilidad de la PE-00013*

Descripción de Solicitud	Estado de BL Final	Fecha de Creación Solicitud	Equipo	Suma de Precio Total (\$)
EAM - 323295 PE00013 FMGS_0492_CAMBIO DE SWITCH LIMIT, ARM, CARRUSEL	Backlog en espera de repuestos para programación	08/03/2022 15:32	PE00013	\$ 469,95
EAM - 418500 PE00013 FMGS_00328_CAMBIO DE BOCINAS Y EJE PIVOT DE MASTIL	Backlog en espera de repuestos para programación	20/06/2022 15:15	PE00013	\$ 6.050,27
EAM - 421456 PE00013 FMGS_00338_CAMBIO DE ACCESORIOS DE PUERTAS Y CABINA	Backlog en espera de repuestos para programación	22/06/2022 14:08	PE00013	\$ 3.125,14
EAM - 422456 PE00013 FMGS_00800_CAMBIO DE VALVULA REGULATOR ASSY, UL-88 POR PCR	Backlog en espera de repuestos para programación	27/06/2022 15:37	PE00013	\$ 3.121,70
EAM - 422517 PE00013 FMGS_00811_CAMBIO DE INTERRUPTOR MAGNETICO	Backlog en espera de repuestos para programación	27/06/2022 15:41	PE00013	\$ 1.345,11
EAM - 422520 PE00013 FMGS_00815_REPARACIÓN DE HYD MOTOR MODIFICATION	Backlog en espera de repuestos para programación	27/06/2022 15:41	PE00013	\$ 1.712,18
EAM - 432987 PE00013 FMGS_000816_CAMBIO DE COMPONENTES RODCHANGER, ASM, 30' STD	Backlog en espera de repuestos para programación	05/07/2022 9:32	PE00013	\$ 6.534,58
EAM - 435431 PE00013 FMGS_000894_CAMBIO DE COMPONENTES RODCHANGER, ASM, 30' STD	Backlog en espera de repuestos para programación	05/07/2022 12:29	PE00013	\$ 795,99
EAM - 436471 PE00013 FMGS_000832_CAMBIO DE KIT SELLOS CILINDRO LLAVE U	Backlog en espera de repuestos para programación	06/07/2022 8:24	PE00013	\$ 260,87
EAM - 438485 PE00013 FMGS_000854_CAMBIO DE MANGUERAS DE MOTOR DIESEL	Backlog en espera de repuestos para programación	07/07/2022 16:24	PE00013	\$ 5.546,49
EAM - 444524 PE00013 FMGS_00876_CAMBIO DE MIRILLA DE ACEITE DE TANQUE COMPRESOR	Backlog en espera de repuestos para programación	13/07/2022 19:18	PE00013	\$ 69,15
EAM - 452713 PE00013 FMGS_000663_CAMBIO DE TANQUE DE COMBUSTIBLE POR SUCIEDAD	Backlog en espera de repuestos para programación	29/07/2022 10:12	PE00013	\$ 18.607,15
EAM - 395431 PE00013 FMGS_584_cambio de managas de descaraga de polvo del colector de polvo	Backlog para programar	25/05/2022 10:58	PE00013	\$ 2.446,16
EAM - 411574 PE00013 FMGS_00670_CAMBIO DE PIN MASTER	Backlog para programar	11/06/2022 20:17	PE00013	\$ 737,42
EAM - 413482 PE00013 FMGS_00693_REPARACION DE CILINDRO DE AVANCE	Backlog para programar	14/06/2022 23:10	PE00013	\$ 3.235,32
EAM - 415452 PE00013 FMGS_00723_CAMBIO DE CONDENSADOR DE AC	Backlog para programar	16/06/2022 17:04	PE00013	\$ 2.071,86
EAM - 421476 PE00013 FMGS_00820_REPARACIÓN DE PLACA, FIJACIÓN DE TORRE, BARRENADO	Backlog para programar	22/06/2022 14:05	PE00013	\$ 200,01
EAM - 421465 PE00013 FMGS_00430_CAMBIO DE CILINDRO DE APERTURA DE AIRE BARRIDO	Backlog para programar	22/06/2022 14:07	PE00013	\$ 1.547,27
EAM - 421464 PE00013 FMGS_00402_CAMBIO DE EMPAQUETADURAS POR FUGA DE GASES DE ESCAPE	Backlog para programar	22/06/2022 14:07	PE00013	\$ 130,18
EAM - 422512 PE00013 FMGS_00803_CAMBIO DE SELLOS DE CILINDRO DE AVANCE	Backlog para programar	27/06/2022 15:38	PE00013	\$ 1.519,71
EAM - 422523 PE00013 FMGS_00819_CAMBIO DE KIT SEAL, MOTOR, HYDRAULIC FAN	Backlog para programar	27/06/2022 15:45	PE00013	\$ 3.574,90
EAM - 428519 PE00013 FMGS_000843_CAMBIO DE MANGERA DE REFRIGERANTE QUE CONECTA AL MOTOR DIÉSEL	Backlog para programar	11/07/2022 13:56	PE00013	\$ 21,04
EAM - 428516 PE00013 FMGS_000842_CAMBIO DE BANDA DE SILENCIADOR	Backlog para programar	28/06/2022 17:39	PE00013	\$ 2.486,82
EAM - 435489 PE00013 FMGS_000297_COMBIO DE RODILLOS INFERIORES, LADO RH	Backlog para programar	05/07/2022 14:51	PE00013	\$ 329,60
EAM - 436472 PE00013 FMGS_000833_CAMBIO DE SELLOS DE CILINDRO SEGURO DE TORRE	Backlog para programar	06/07/2022 8:24	PE00013	\$ 64,73
EAM - 436469 PE00013 FMGS_000830_LIMPIEZA DE RADIADOR	Backlog para programar	06/07/2022 8:24	PE00013	\$ 1.056,00
EAM - 436467 PE00013 FMGS_000829_REPARACION DE TOPE,CARRUSEL INFERIOR,SOLDADURA	Backlog para programar	06/07/2022 8:26	PE00013	\$ 316,96
EAM - 437422 PE00013 FMGS_000814_CAMBIAR CONTROLES ELECTRNICOS DE SISTEMA VARIOS	Backlog para programar	06/07/2022 12:14	PE00013	\$ 5.781,94
EAM - 438489 PE00013 FMGS_000855_CAMBIO DE TAPS DE PRESION	Backlog para programar	07/07/2022 16:24	PE00013	\$ 4.247,56
EAM - 438480 PE00013 FMGS_000852_CAMBIO DE EMPAQUETADURA DE TAPA DE TANQUE HIDRAULICO	Backlog para programar	07/07/2022 16:25	PE00013	\$ 48,16
EAM - 440679 PE00013 FMGS_00875_CAMBIO DE PIN DE ZAPATAS DE CADENAS DE TRASLACIÓN POR CONDICIÓN	Backlog para programar	09/07/2022 16:40	PE00013	\$ 129,08
EAM - 440674 PE00013 FMGS_000869_CAMBIO DE MANGUERAS DE SUCCIÓN DE COLECTOR DE POLVO	Backlog para programar	09/07/2022 16:41	PE00013	\$ 170,24
EAM - 443637 PE00013 FMGS_00888_CAMBIO DE TAPONES MAGNÉTICOS DE MANDOS FINALES	Backlog para programar	13/07/2022 9:06	PE00013	\$ 185,68
EAM - 452729 PE00013 FMGS_000853_CAMBIO DE CRUCETAS DE CARDAN	Backlog para programar	24/07/2022 8:53	PE00013	\$ 143,79
EAM - 452765 PE00013 FMGS_000660_CAMBIO DE REJILLAS DE AIRE ACONDICIONADO	Backlog para programar	27/07/2022 9:58	PE00013	\$ 340,20
EAM - 452726 PE00013 FMGS_000323_CAMBIO DE BATERIAS DE ARRANQUE	Backlog para programar	29/07/2022 9:19	PE00013	\$ 2.297,46
EAM - 467516 PE00013 RQ_MM_FMGS_000974_CAMBIO DE FAJA DE COMPRESOR DE A/C	Backlog para programar	15/08/2022 19:12	PE00013	\$ 30,56
			TOTAL	\$ 80.751,23

Tabla 19

Backlog con partes requeridas para mejorar la disponibilidad de la PE-00017

Descripción de Solicitud	Estado de BL Final	Fecha de Creación Solicitud	Equipo	Suma de Precio Total (\$)
EAM - 323292 PE00017 FMGS_0491_CAMBIO DE JEBE DE PARABRISAS DE CABINA	Backlog en espera de repuestos para programación	08/03/2022 15:28	PE00017	\$ 1.151,24
EAM - 395425 PE00017 FMGS_557_CAMBIO DE EJE Y BOCINAS DE EJE PIVOT DE MASTIL	Backlog en espera de repuestos para programación	25/05/2022 10:59	PE00017	\$ 6.050,27
EAM - 422436 PE00017 FMGS_00611_CAMBIO DE SPROCKET SUPERIORES E INFERIORES, POLEAS Y CABLES DE AVANCE	Backlog en espera de repuestos para programación	27/06/2022 15:32	PE00017	\$ 12.155,33
EAM - 422452 PE00017 FMGS_00717_CAMBIO DE CAJA DE MODULO RCS	Backlog en espera de repuestos para programación	27/06/2022 15:37	PE00017	\$ 5.165,88
EAM - 452523 PE00017 FMGS_00926_CAMBIO DE COMPONENTES DE CONTROL DE AIRE DEL COMPRESOR	Backlog en espera de repuestos para programación	27/07/2022 9:51	PE00017	\$ 1.739,82
EAM - 467533 PE00017 FMGS_000952_CAMBIO DE FILTRO SECADOR, VALVULA DE EXPANCIÓN Y SWITCH DE PRESIÓN.	Backlog en espera de repuestos para programación	15/08/2022 23:33	PE00017	\$ 395,21
EAM - 493506 PE00017 FMGS_01010_CAMBIO DE BASE SEPARADOR COMBUSTIBLE	Backlog en espera de repuestos para programación	14/09/2022 17:24	PE00017	\$ 223,70
EAM - 411619 PE00017 FMGS_00678_CAMBIO DE EMPAQUETADURA CARTER	Backlog para programar	11/06/2022 20:18	PE00017	\$ 249,72
EAM - 411637 PE00017 FMGS_00704_CAMBIO DE EMPAQUETADURA, ORING, ABRAZADERAS, SELLOS, MANGUERAS, SOPORTES, PERNOS, ARANDELAS, TUERCAS	Backlog para programar	11/06/2022 20:19	PE00017	\$ 399,53
EAM - 413472 PE00017 FMGS_00683_CAMBIO DE POLEA DE WINCHE	Backlog para programar	14/06/2022 23:10	PE00017	\$ 1.808,37
EAM - 414688 PE00017 FMGS_00770_REPARACIÓN - BARREADO YOKE OSCILATION	Backlog para programar	15/06/2022 16:59	PE00017	\$ 2.927,18
EAM - 414765 PE00017 FMGS_00776_CAMBIO DE COUPLING, LORD COMPRESOR	Backlog para programar	16/06/2022 9:06	PE00017	\$ 48,96
EAM - 415426 PE00017 FMGS_00790_Cambio de kit de sellos (2657799660 1.0 ST - SEAL KIT,TRIPLE PUMP)	Backlog para programar	16/06/2022 17:04	PE00017	\$ 197,88
EAM - 415448 PE00017 FMGS_00707_CAMBIO DE VALVULAS CONTRA BALANCE DE VÁLVULA DE REGENERACIÓN	Backlog para programar	16/06/2022 17:04	PE00017	\$ 4.689,53
EAM - 415460 PE00017 FMGS_00754_CAMBIO DE SWITCH POR SEÑAL DEFICIENTE	Backlog para programar	16/06/2022 17:05	PE00017	\$ 395,21
EAM - 415473 PE00017 FMGS_00794_CAMBIO DE VALVULA VALVE, RELIEF-VENTED	Backlog para programar	16/06/2022 17:05	PE00017	\$ 980,29
EAM - 416634 PE00017 FMGS_00777_CAMBIO DE KIT REPARACIÓN	Backlog para programar	18/06/2022 15:16	PE00017	\$ 302,26
EAM - 416635 PE00017 FMGS_00778_CAMBIO DE KIT DE SELLOS	Backlog para programar	18/06/2022 15:22	PE00017	\$ 282,40
EAM - 416654 PE00017 FMGS_00785_REALIZAR TRABAJO DE SOLDADURA Y CAMBIO DE RODCHANGER	Backlog para programar	18/06/2022 17:06	PE00017	\$ 3.363,88
EAM - 416661 PE00017 FMGS_00784_REPARACION Y CAMBIO DE SELLOS KIT, HYD MOTOR MODIFICATION	Backlog para programar	18/06/2022 17:19	PE00017	\$ 634,01
EAM - 416662 PE00017 FMGS_00786_CAMBIO DE PARTES DE GIRO RODCHANGER ASM, 30' STD, T1, PARTE INFERIOR	Backlog para programar	18/06/2022 19:19	PE00017	\$ 3.631,55
EAM - 416728 PE00017 FMGS_00775_CAMBIO DE BOMBA DE LUBRICACIÓN DE COMPRESOR	Backlog para programar	19/06/2022 10:53	PE00017	\$ 4.256,42
EAM - 416724 PE00017 FMGS_00795_REPARACION DE VALVE, HOT OIL SHUTTLE	Backlog para programar	19/06/2022 10:54	PE00017	\$ 2.939,34
EAM - 416720 PE00017 FMGS_00793_CAMBIO DE SELLOS	Backlog para programar	19/06/2022 10:58	PE00017	\$ 3.609,39
EAM - 416715 PE00017 FMGS_00791_CAMBIO DE KIT DE SELLOS Y PINES	Backlog para programar	19/06/2022 11:02	PE00017	\$ 7.253,48
EAM - 416710 PE00017 FMGS_00788_CAMBIO DE PIN DE CILINDRO, GIRO CARRUSEL	Backlog para programar	19/06/2022 11:03	PE00017	\$ 758,97
EAM - 416701 PE00017 FMGS_00787_REPARACION DE MECANISMO DE CIRCULO DE GIRO	Backlog para programar	19/06/2022 11:04	PE00017	\$ 1.025,32
EAM - 419495 PE00017 FMGS_00798_CAMBIO DE CRUCETAS - CARDAN (CROSS KIT) DRIVE SHAFT	Backlog para programar	21/06/2022 13:07	PE00017	\$ 139,83
EAM - 421470 PE00017 FMGS_00610_REPARACIÓN DE CILINDRO DE AVANCE	Backlog para programar	22/06/2022 14:07	PE00017	\$ 3.235,32
EAM - 422442 PE00017 FMGS_00684_CAMBIO DE CILINDRO DE AVANCE	Backlog para programar	05/07/2022 12:29	PE00017	\$ 2.060,34
EAM - 437529 PE00017 FMGS_000609_CAMBIO DE VÁLVULAS CONTRABALANCE DE ESTANQUEIDAD DE CILINDRO DE AVANCE	Backlog para programar	07/07/2022 9:20	PE00017	\$ 4.965,26
EAM - 437527 PE00017 FMGS_000608_CAMBIO DE JOYSTICK DE TRASLADO	Backlog para programar	07/07/2022 9:20	PE00017	\$ 1.752,65
EAM - 440675 PE00017 FMGS_00873_CAMBIO DE EMPAQUETADURA DE TANQUE HYD	Backlog para programar	09/07/2022 16:40	PE00017	\$ 38,56
EAM - 440715 PE00017 FMGS_00918_CAMBIO DE COPLING, PERNOS GASKET, CLAMP POR FUGA DE GASES DE ESCAPE	Backlog para programar	10/07/2022 8:41	PE00017	\$ 2.192,22
EAM - 440805 PE00017 FMGS_00927_CAMBIO DE PIN, SEGURO, FALDÓN	Backlog para programar	10/07/2022 16:48	PE00017	\$ 54,10
EAM - 444539 PE00017 FMGS_00900_CAMBIO DE ACORDEON DEL SILENCIADOR DE TURBO	Backlog para programar	13/07/2022 19:15	PE00017	\$ 391,38
EAM - 452504 PE00017 FMGS_000686_REPARACIÓN, CAMBIO DE CADENA, RODILLOS, SPROCKET RH LH	Backlog para programar	26/07/2022 7:16	PE00017	\$ 22.167,80
				\$
	Total			\$103.632,60

Tabla 20

Costos directos para la flota de perforadoras EPIROCDM45

Código Elemento	TARIFA	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	2021 TOTAL		
		US\$	Hrs	US\$ / Hrs												
D000 - Tarifa Alquiler	80.2	41,383.20 USD	40,821.80 USD	40,821.80 USD	47,959.60 USD	28,551.20 USD	44,591.20 USD	40,260.40 USD	57,503.40 USD	41,383.20 USD	39,137.60 USD	42,586.20 USD	40,180.20 USD	\$505,179.80	6,299	\$80.20
F000 - GETs Aceros de Perforación		42,872.61 USD	40,849.48 USD	44,895.74 USD	55,975.49 USD	46,918.87 USD	47,400.68 USD	57,998.62 USD	46,918.87 USD	55,975.49 USD	46,918.87 USD	44,895.74 USD	42,872.61 USD	\$574,493.07	6,299	\$91.20
J000 - Combustibles		30,700.00 USD	29,165.00 USD	32,235.00 USD	35,305.00 USD	36,840.00 USD	35,305.00 USD	38,375.00 USD	36,840.00 USD	35,305.00 USD	35,305.00 USD	33,770.00 USD	30,700.00 USD	\$409,845.00	6,299	\$65.07
K000 - Lubricantes y Grasas		2,374.58 USD	2,374.58 USD	2,374.58 USD	3,295.84 USD	2,374.58 USD	2,906.64 USD	3,288.78 USD	2,381.64 USD	3,260.64 USD	2,409.78 USD	2,374.58 USD	2,374.58 USD	\$31,790.80	6,299	\$5.05
L000 - Servicios (Partes/Filtros)		429.83 USD	2,864.64 USD	551.89 USD	1,012.17 USD	1,817.15 USD	344.66 USD	2,114.77 USD	1,182.80 USD	1,244.58 USD	363.24 USD	3,544.65 USD	595.65 USD	\$16,066.03	6,299	\$2.55
N000 - Tren de Rodamiento (Mantenimiento)		0.00 USD	0.00 USD	0.00 USD	13,160.00 USD	0.00 USD	0.00 USD	0.00 USD	0.00 USD	0.00 USD	0.00 USD	6,360.00 USD	0.00 USD	\$19,520.00	6,299	\$3.10
P000 - Reparaciones Menores		10,976.00 USD	3,326.00 USD	28,275.00 USD	10,915.00 USD	54,552.92 USD	25,623.77 USD	4,376.00 USD	19,610.00 USD	4,151.00 USD	6,400.00 USD	41,481.30 USD	725.00 USD	\$210,411.99	6,299	\$33.40
Costos Indirectos		0.00 USD	\$0.00	6,299	\$0.00											
<b>Costo Operacional</b>		<b>\$128,736.22</b>	<b>\$119,401.50</b>	<b>\$149,154.01</b>	<b>\$167,623.10</b>	<b>\$171,054.72</b>	<b>\$156,171.95</b>	<b>\$146,413.57</b>	<b>\$164,436.71</b>	<b>\$141,319.91</b>	<b>\$130,534.49</b>	<b>\$175,012.47</b>	<b>\$117,448.04</b>	<b>\$1,767,306.69</b>	6,299	<b>\$280.57</b>
Horas Mes		516	509	509	598	356	556	502	717	516	488	531	501			

Código Elemento		Costo Real							Costo Proyectado					2022 TOTAL		
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	US\$	Hrs	US\$ / Hrs
D000 - Tarifa Alquiler		46,072.00 USD	43,820.08 USD	46,898.15 USD	46,598.33 USD	51,206.80 USD	51,136.96 USD	50,751.10 USD	49,681.70 USD	49,122.02 USD	50,255.88 USD	42,768.29 USD	42,633.14 USD	\$570,944.45	6,966	\$81.96
F000 - GETs Aceros de Perforación		34,191.22 USD	30,342.96 USD	35,603.00 USD	35,090.65 USD	39,621.06 USD	39,565.59 USD	39,259.16 USD	38,409.87 USD	37,965.39 USD	38,865.86 USD	28,545.58 USD	28,314.62 USD	\$425,774.94	6,966	\$61.12
J000 - Combustibles		3,812.68 USD	3,383.56 USD	3,970.11 USD	3,912.98 USD	4,418.16 USD	4,411.98 USD	4,377.81 USD	4,283.10 USD	4,233.54 USD	4,333.95 USD	3,183.13 USD	3,157.38 USD	\$47,478.37	6,966	\$6.82
K000 - Lubricantes y Grasas		6,834.35 USD	6,065.13 USD	7,116.54 USD	7,014.13 USD	7,919.69 USD	7,908.61 USD	7,847.35 USD	7,677.59 USD	7,588.75 USD	7,768.74 USD	5,705.86 USD	5,659.70 USD	\$85,106.44	6,966	\$12.22
L000 - Servicios (Partes/Filtros)		13,856.00 USD	15,856.00 USD	18,804.00 USD	14,056.00 USD	14,856.00 USD	18,313.00 USD	13,856.00 USD	18,856.00 USD	27,856.00 USD	13,856.00 USD	40,856.00 USD	14,856.00 USD	\$225,877.00	6,966	\$32.42
N000 - Tren de Rodamiento (compra cadena nueva)		45,815.59 USD	0.00 USD	0.00 USD	0.00 USD	0.00 USD	0.00 USD	0.00 USD	0.00 USD	0.00 USD	0.00 USD	0.00 USD	0.00 USD	\$45,815.59	6,966	\$6.58
P000 - Reparaciones Menores		0.00 USD	7,500.00 USD	\$7,500.00	6,966	\$1.08										
Costos Indirectos (Plan de Capacitación)		7,500.00 USD	7,620.00 USD	5,691.00 USD	10,839.00 USD	11,543.00 USD	12,825.00 USD	11,766.00 USD	8,944.00 USD	9,849.00 USD	8,229.00 USD	13,332.00 USD	11,789.00 USD	\$119,927.00	6,966	\$17.21
BL PE - 00013		80,751.23 USD														
BL PE - 00017		103,632.60 USD														
Componentes Eléctricos		16,000.00 USD														
<b>Costo Operacional</b>		<b>\$358,465.67</b>	<b>\$107,087.74</b>	<b>\$118,082.79</b>	<b>\$117,511.09</b>	<b>\$129,564.71</b>	<b>\$134,161.13</b>	<b>\$127,857.42</b>	<b>\$127,852.26</b>	<b>\$136,614.69</b>	<b>\$123,309.43</b>	<b>\$134,390.86</b>	<b>\$113,909.83</b>	<b>\$1,728,807.62</b>	6,966	<b>\$219.40</b>
Horas Mes		500	422	480	619	638	694	690	619	612	627	533	532			
	Inversión	-253,699.42 USD	\$107,087.74	\$118,082.79	\$117,511.09	\$129,564.71	\$134,161.13	\$127,857.42	\$127,852.26	\$136,614.69	\$123,309.43	\$134,390.86	\$113,909.83			
TIR		46%														
VAN		252,411.24 USD														
TASA DE RETORNO - RUBRO MINERO		21%														

NOTA: En tabla se muestra los costos incurridos en la gestión de mantenimiento para las perforadoras DM45 para el periodo 2021 en total se gastó 1'767,306.69 USD para que los equipos puedan operar 6299 horas en conjunto, logrando así tener un costo de mantenimiento por hora de operación de 280.57 USD/h., de igual modo también se evidencia los costos de mantenimiento para el periodo 2022 incluyendo la inversión de 253 699.42 USD invertidos en backlogs para los equipos y en un plan de capacitación a personal técnico con lo que se obtuvieron resultados favorables en horas de operación hasta el mes de setiembre debido a mejoras en la disponibilidad de los equipos por la reducción de paradas por correctivos con la aplicación de las estrategias, formatos y competencias desarrolladas en personal técnicos, proyectando así llegar a tener como costos totales de mantenimiento USD 1 728 807.62 con 6966 horas de operación. (logrando reducir el costo de mantenimiento USD 38 499.07 y el costo horario en 61.17 USD) así mismo una Tasa Interna de Retorno en 46% con un VAN de 252.411,24 USD. Considerando la Tasa de Retorno en el rubro minero para que sea viable tiene que ser mayor del 21.1%, por lo que lo consideramos aceptable (Damodaran, 2023)

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión de Resultados.

La presente investigación se enfocó en determinar el impacto del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la disponibilidad de la maquinaria pesada de una empresa minera, durante el año 2022. Para lograr esta meta, se establecieron tres objetivos específicos que se abordaron de manera interrelacionada. En primer lugar, se elaboró un diagnóstico de la disponibilidad actual de la maquinaria pesada de la empresa minera, para poder determinar el nivel actual del área para mantener los equipos disponibles y confiables; bajo los términos de 0 defectos, 0 accidentes y 0 averías. Esto ha permitido evidenciar 03 factores con bajo porcentaje de adecuación a estos principios menor al 50%: (a) con 40% de adecuación para las tareas y procedimientos de mantenimiento, (b) 37% para la evaluación de fallas, Ingeniería confiabilidad y mejora continua y (c) finalmente con 22% de adecuación en relación con las habilidades y entrenamiento de personal; así mismo mediante el análisis de criticidad y diagrama de Pareto determinó que los sistemas más críticos para la flota de perforadoras DM45 son: el sistema de perforación, sistema eléctrico y el sistema de control del cabezal de rotación, lo que ocasionó que la Disponibilidad Mecánica – DM de la flota de perforadoras estén en 78% para la PE-00013 y PE-00017, estando así por debajo de Benchmark establecido para este indicador (Mayor a 90%), en relación al indicador El Tiempo Medio Entre Fallas - MTBF este se encontró en 16, 4 h. y 22.1 h. para la PE-00013, PE-00017 respectivamente, y finalmente para el indicador del Tiempo Medio para Reparar - MTTR este se encontró en 4.6 h. y 6.56 h. respectivamente. Y en cuanto al OEE para ambos equipos tuvieron valores iniciales de 22% para la PE-00013 y 21% PE-00017, que indicaban un nivel de eficiencia moderado. Entre las limitaciones encontradas fue que había un mal registro y reporte de fallas, lo que generó demoras para el proceso de filtrado y análisis de la información. En el estudio realizado por

Marín & Martínez (2013) refiere que la aportación de la casuística permite encontrar la situación real que atraviesa una empresa, por lo que estamos de acuerdo, ya que es primordial reconocer la información actual con la que cuenta la organización. La principal limitación encontrada para poder desarrollar este objetivo fue que la empresa tenía información manual, como los Check List, apuntes en cuadernos, los cuales se procedió a digitalizar en hojas de cálculo para poder manipular la información de manera rápida.

Para el segundo objetivo específico en el desarrollo de la propuesta del Mantenimiento Productivo Total, se logró establecer (a) elaboración de una estrategia para el control de componentes mayores, menores y cilindros hidráulicos, con lo que se pretende dar lineamiento a la gestión de mantenimiento, mapeando así la vida útil de los componentes tanto reparables y no reparables en relación con su (PCR); (b) se identificó las partes y consumibles vitales, aquellas que permiten cubrir la necesidad de ejecución de mantenimiento preventivo; (c) partes o repuestos con alta rotación y partes críticas, las mismas que fueron identificadas bajo criterios de tiempos de entrega y evitar rotura de stock; también se (d) elaboró el maestro de filtros, donde se especifica las frecuencias de cambio, del mismo modo (e) Se elaboró una guía de lubricación con la finalidad de establecer la frecuencia de cambio de aceites y fluidos en cada actividad de mantenimiento, así como la frecuencia de lubricación de puntos de grasa, se diseñaron e implementaron los (e) formatos Gantt para la actividades de mantenimiento, donde se especifica un ruta crítica según las tareas de mantenimiento, finalmente se elaboraron formatos para (f) pruebas - ajustes, con la finalidad de desarrollar tendencias de los parámetros de rendimiento y para su aplicación se adquirió el servicio de capacitación a cargo de la empresa EPIROC, curso orientado al desarrollo de competencias en mantenimiento y operación de los sistemas en perforadoras DM45. Lama & Vilcarromero (2021) al respecto infiere que las técnicas de Lean Manufacturing mejoran significativamente la eficiencia operacional de las

máquinas, concordando con su aporte ya que si se sigue una estrategia adecuada y personalizada se obtienen excelentes resultados. La limitación que se tuvo este objetivo es que no teníamos un amplio conocimiento en cuanto a las partes críticas de las maquinarias, por lo que se solicitó apoyo a un especialista en la materia.

Para el tercer objetivo que involucra la evaluación económica de la propuesta del TPM, en relación a los costos incurridos en la gestión de mantenimiento para las perforadoras DM45 se pretende reducir de 1 767 306.69 USD (con 6 299 Horas acumuladas) a USD 1 728 807.62 (con 6 966 Horas de operación proyectadas) bajando el costo operativo de la flota de 280.57 USD/H., a 219.40 USD/h., incluyendo la inversión de 253 699.42 USD (invertidos en backlogs para los equipos y en un plan de capacitación a personal técnico) de igual modo se pretende llegar a tener una TIR -Tasa Interna de Retorno de 46%, con un VAN de 252.411,24 USD. Tejada (2019) en su estudio afirma que la disponibilidad de sus equipos aumentó en un 97.20% y que su beneficio económico ascendió a s/1984.00 por cada sol invertido. Al igual que Brodny & Tutak (2019) en su diseño experimental puro se centró en la reducción de costos tomando la eficiencia de la maquinaria. Con lo que concordamos, puesto que es evidente el beneficio económico que encontramos con nuestra proyección. La limitación presente en este objetivo es que no contábamos con información de los costos actuales de los repuestos, por lo que tuvimos que solicitar apoyo de un proveedor y especialista en el tema.

Y finalmente se aborda el Objetivo general: Determinar el impacto del Mantenimiento Productivo Total en la disponibilidad de la maquinaria pesada de una empresa minera, Cajamarca, 2022. La metodología del Mantenimiento Productivo Total está enfocada en mejorar la disponibilidad de la maquinaria, maximizar la producción de la empresa y mejorar el clima laboral entre los empleados. (García et al. 2010). Posterior a la implementación del Mantenimiento Productivo Total en la gestión de mantenimiento de las perforadoras EPIROC

DM45 de propiedad de la empresa minera, se determinó que, sí existe un impacto significativo del TPM sobre la disponibilidad de las perforadoras EPIROC DM45, logrando mejorar la disponibilidad mecánica para ambas perforadoras de 78% a 86% de DM para la perforadora PE-00013 y 81% de DM para la PE-00017. No se pudo llegar al Benchmarking de 90% como indicador ideal, debido a que la empresa está en un nivel de conciencia en relación a la gestión de mantenimiento de los equipos, esto debido a que la planificación solo se enfoca en la programación de mantenimientos recomendados por el fabricante mas no en una planificación o programación de actividades de mantenimiento para la búsqueda de fallas, así mismo el personal técnico está en proceso de formación en actividades de pruebas y ajustes, finalmente no se contaba con estrategias, rutas y tareas de mantenimiento establecidas, concordando así con la investigación realizada por Chebus et al. (2015) quienes aseguran que esta herramienta Lean mejoró la disponibilidad de su maquinaria en un 15%. Del mismo modo durante el proceso de implementación de la Metodología del Mantenimiento Productivo Total se tuvieron limitaciones como el acceso a la información técnica de la maquinaria, registros y estrategias de mantenimiento deficientes.

#### **4.2. Conclusiones.**

La Metodología del Mantenimiento Productivo Total en una empresa minera, logró mejorar la disponibilidad mecánica de la flota de perforadoras DM45 y mejorar su desempeño dentro los procesos productivos de Perforación y Voladura, pasando de 78% a 86% para la perforadora PE-00013 y de 78% a 81% para la PE-00017; en relación al MTBF incrementó de 16.4 h. a 20.4 h. para la PE-00013 y de 22.1 h. a 26.8 h. para la PE-00017 y finalmente para el MTTR se llegó reducir de 4.6 h. a 3.4 h. para la PE-00013 y de 6.56 h. a 5.57 h. para la PE-00017. En cuanto al OEE, hubo un aumento para ambos equipos en la PE-00013: Del 22% al

28% y para la PE-00017: Del 21% al 25%, lo que sugiere mejoras sustanciales en la disponibilidad, rendimiento y calidad de los equipos. La estrategia de TPM ha permitido abordar problemas de mantenimiento y procesos que antes afectaban negativamente la disponibilidad y rendimiento de los equipos. Las mejoras en la disponibilidad mecánica y física, junto con la eficiencia y la calidad, se han traducido en una mayor eficiencia operativa y, por lo tanto, en un aumento en la producción y la productividad.

Se elaboró una estrategia para el control de componentes mayores, menores y cilindros hidráulicos, se identificó las partes y consumibles vitales, partes o repuestos con alta rotación (partes críticas) y también se elaboró la guía de lubricación, formatos para pruebas - ajustes, las cartas Gantt de PMs, La gestión de mantenimiento para las perforadoras DM45 se pretende reducir de 1 767 306 .69 USD (con 6299 Horas acumuladas) a USD 1 728 807.62 (con 6966 Horas de operación proyectadas).

Por otro lado se recomienda mantener las reuniones semanales entre el área de operaciones mina (jefes de área, operadores, monitores e instructores), con el área de mantenimiento (Jefes de área, supervisores y técnicos) y el área de logística con la finalidad realizar la revisión y evaluación de las mejores prácticas de operación de equipos, así como recolectar información de primera mano sobre las observaciones en el desempeño de los equipos con la finalidad de determinar las actividades de mantenimiento requeridas y finalmente mantener el abastecimiento de los repuestos de manera oportuna considerando el Lead Times actual de los suministros.

## REFERENCIAS

- Abanto, P., & Guzmán, C. (05 de 12 de 2019). *Repositorio Académico UPC*. Obtenido de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/651889>
- Arias, J., Villasis, M., & Miranda, M. (2016). El protocolo de investigación III: la. *Alergia Mexico*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755023011.pdf>
- Arteaga, W., Villamill, D., & Jesús, A. (Mayo-Agosto de 2019). Caracterización de los procesos productivos de las pymes textiles de Cundinamarca. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, 11(2), 60-77. doi:10.22335/rlct.v11i2.839
- Brodny, J., & Tutak, M. (2019). Analysing the Utilisation Effectiveness of Mining Machines Using Independent Data Acquisition Systems: A Case Study. *Energies*, 12. doi: <https://doi.org/10.3390/en12132505>
- Castelo, H. (2017). "MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE PRODUCCIÓN TOTAL Y SU INCIDENCIA EN EL RENDIMIENTO OPERACIONAL EN EL ÁREA DE EXTRUSIÓN DE BALANCEADOS PARA ANIMALES". Ecuador.
- Castillo, A., Fernández, L., & Angeles, L. (2018). Impacto del TPM en el Desempeño Operativo de las Empresas Industriales del Sur. *Revista de Ingeniería Industrial*, 29-35.
- Castro, M. (2005). «Los tres caminos para conseguir la excelencia en. CATERPILLAR MNIG EQUIPMENT MANAGEMENT (MEM). (12 de JUNIO de 2019).
- Chebus, E., Olejarczyk, M., & Rosienkiewicz, M. (2015). A new approach on implementing TPM in a mine – A case study. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 873-884. doi:<https://doi.org/10.1016/j.acme.2015.07.002>
- Corona, L., & Fonseca, M. (2021). Acerca del carácter retrospectivo o prospectivo en la. *Medisur*, 338. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/ms/v19n2/1727-897X-ms-19-02-338.pdf>
- Damodaran. (2023). Rentabilidad sobre el capital por sector. Obtenido de [https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/home.htm](https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/home.htm)
- Diaz, L. (2011). *La Observación*. Mexico: Textos de apoyo didáctico. Obtenido de [http://www.psicologia.unam.mx/documentos/pdf/publicaciones/La\\_observacion\\_Lidia\\_Diaz\\_Sanjuan\\_Texto\\_Apoyo\\_Didactico\\_Metodo\\_Clinico\\_3\\_Sem.pdf](http://www.psicologia.unam.mx/documentos/pdf/publicaciones/La_observacion_Lidia_Diaz_Sanjuan_Texto_Apoyo_Didactico_Metodo_Clinico_3_Sem.pdf)
- Diaz, L., Torruco, U., Martínez, M., & Valera, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *investigación en educación médica*. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-50572013000300009#:~:text=La%20entrevista%20es%20una%20t%C3%A9cnica,al%20simple%20hecho%20de%20conversar.&text=Es%20un%20instrumento%20t%C3%A9cnico%20que%20adapta%20la%20forma%20de%20un%20di](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-50572013000300009#:~:text=La%20entrevista%20es%20una%20t%C3%A9cnica,al%20simple%20hecho%20de%20conversar.&text=Es%20un%20instrumento%20t%C3%A9cnico%20que%20adapta%20la%20forma%20de%20un%20di)
- Fernández, E. (2018). Gestión de Mantenimiento: Lean Maintenance y TPM. *Tecnologías Marinas y Mantenimiento*. Obtenido de <https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/47868/Gesti%F3n%20de%20Mantenimiento.%20Lean%20Maintenance%20y%20TPM.pdf;jsessionid=38E42EADF691599E9E764DBA46194AC2?sequence=1>
- García, J., Romero, J., & Noriega, S. (2010). El éxito del mantenimiento productivo total y su relación con los factores administrativos. *Contraloría y Administración*. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/cya/v57n4/v57n4a9.pdf>
- García, M. (2023). *Mantenimiento Productivo Total (TPM)*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Gomez, L., & Blanco, E. (2017). Implementación de pilares del TPM en la empresa Zollner Electronics Costa Rica Ltda.
- Hernandez, S., & Duana, D. (2020). Técnicas e instrumentos de recolección de datos. *Boletín Científico De Las Ciencias Económico Administrativas Del ICEA*, 9(17), 51-53. doi:[doi:doi.org/10.29057/icea.v9i17.6019](https://doi.org/10.29057/icea.v9i17.6019)
- Instituto Mundial de la Plata. (2020).
- Jain, A., Bhatti, R., & Singh, H. (2015). OEE enhancement in SMEs through mobile maintenance: a

- TPM concept. *Academia Accelerating the worlds research*.
- JIPM. (s.f.). Obtenido de <https://www.wikiwand.com/es/JIPM>
- Lama, O., & Vilcarromero, J. (22 de 02 de 2021). *Repositorio Académico UPC*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/655656>
- LEY N°28832. (2017). RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO. Obtenido de [https://www.osinergmin.gob.pe/Resoluciones/pdf/2017/R\\_OSINERGMIN\\_No.087-2017-OS-CD.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/Resoluciones/pdf/2017/R_OSINERGMIN_No.087-2017-OS-CD.pdf)
- Lopez, F. (2002). El análisis de contenido como método de investigación. *Revista de educación*, 167-179. Obtenido de <http://rabida.uhu.es/dspace/bitstream/handle/10272/1912/b15150434.pdf>
- Lozada, J. (2017). Investigación Aplicada. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 47-50.
- Marin, J., & Martinez, R. (07 de 2013). Barreras y facilitadores de la implantación del TPM. *Intangible Capital*. doi:<http://dx.doi.org/10.3926/ic.360>
- Mesa, D., Ortiz, Y., & Pinzón, M. (2006). LA CONFIABILIDAD, LA DISPONIBILIDAD Y LA MANTENIBILIDAD, DISCIPLINAS. *Scientia et Technica*. Obtenido de <file:///C:/Users/PC/Downloads/Dialnet-LaConfiabilidadLaDisponibilidadYLaMantenibilidadDi-4830901.pdf>
- Modarres, M., Kaminskiy, M., Krivtson, V., & Marcel, D. (1998). *Ingeniería de Confiabilidad y Análisis de Riesgos*.
- Norma. (13306:2002). UNE-EN.
- Ojeda, J., Quintero, J., & Machado, I. (2007). La ética en la investigación. *Revista de estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 345-357. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/993/99318750010.pdf>
- PAN AMERICAN SILVER-MINA SHAHUINDO. (11 de 03 de 2019). ESTANDAR EVALUACION DE CRITICIDAD DE EQUIPOS.
- Rey, F. (2001). *Mantenimiento Total de la Producción*. España: Fundación Confemetal.
- Sanchez, M., Fernandez, M., & Díaz, J. (Enero-Abril de 2021). Técnicas e instrumentos de recolección de información: análisis y procesamiento realizado por el investigador cualitativo. *Revista Científica UISRAEL*, 8(1). doi:<https://doi.org/10.35290/rcui.v8n1.2021.400>
- Suzuki, T. (2017). *TPM en industrias*. Routledge.
- Tavares, L. A. (s.f.). ¿Que es la Norma ISO Serie 9000? *Predictiva 21*. Obtenido de <https://predictiva21.com/6-3-iso-9000/>
- Tejada, J. (2019). “Propuesta de Modelo de Optimización de la Disponibilidad de Maquinaria y Equipo del Área de Maestranza de la Empresa FAMAI, Utilizando la Metodología del Mantenimiento Productivo Total –TPM”. Lima: UTP. Obtenido de <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/2059>

**A N E X O S**

**Anexo N°1: Matriz de consistencia**

**MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL PARA INCREMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LA MAQUINARIA PESADA EN UNA EMPRESA MINERA, CAJAMARCA, 2022**

Problema	Hipótesis	Objetivo	Variables	Metodología	Población
¿Cuál es el impacto del mantenimiento productivo total en la disponibilidad de la maquinaria pesada en una empresa minera, Cajamarca, ¿2022?	El mantenimiento productivo total incrementará la disponibilidad de la maquinaria pesada en una empresa minera, Cajamarca, 2022	Objetivo general: Determinar el impacto del mantenimiento productivo total en la disponibilidad de la maquinaria pesada en una empresa minera, Cajamarca, 2022	<b>Variable Independiente:</b>  Mantenimiento Productivo Total	<b>Tipo de investigación:</b> Aplicada <b>Diseño:</b> Diagnostico Propositivo	<b>Población:</b>  El sistema completo de la maquinaria pesada de una empresa minera
		Objetivos específicos: <ul style="list-style-type: none"> <li>Diagnosticar la disponibilidad actual de la maquinaria pesada en una empresa minera,</li> <li>Desarrollar la propuesta del mantenimiento productivo total para incrementar la disponibilidad de la maquinaria pesada en una empresa minera, Cajamarca, 2022</li> <li>Evaluar económicamente la propuesta de implementación del mantenimiento productivo total para incrementar la disponibilidad de la maquinaria pesada en una empresa minera, Cajamarca, 2022</li> </ul>		<b>Técnicas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Entrevista</li> <li>Análisis documental</li> </ul>	
			<b>Variable Dependiente:</b>  Disponibilidad de maquinaria pesada	<b>Instrumentos:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ficha de Registro de Datos</li> <li>Entrevista estructurada</li> <li>Check List de verificación</li> </ul>	<b>Muestra:</b>  Sistema de perforación de la maquinaria pesada crítica del área de mantenimiento de una empresa minera
				<b>Método de análisis de datos:</b> Descriptivo Hojas de cálculo Pareto Diagrama Ishikawa	

Anexo N°2: Declaración de autenticidad

**DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Nosotros Antonio Calderón Rodríguez con DNI N° 40208218 y Jenny Pamela Lázaro Gutiérrez con DNI N° 46195250, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial, declaramos bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaramos también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumimos las responsabilidades que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Privada del Norte

Trujillo, 01 de octubre del 2022

Antonio Calderón Rodríguez  
DNI: 40208218

Jenny Pamela Lázaro Gutiérrez  
DNI: 46195250

### Anexo N°3: Aspectos Éticos

#### DECLARACIÓN DE ASPECTOS ÉTICOS

**Confidencialidad:** La información recolectada de la Empresa SHAHUINDO SAC, serán tomados en absoluta confidencialidad y usados expresamente con fines académicos para este trabajo.

**Derechos de autor:** Se respetará derechos de Autor, de acuerdo con el Decreto Legislativo N. 822 – 1996, Ley sobre el derecho de Autor, siguiendo las autorizaciones y permisos correspondientes para tomar el material que sea usado para la presente investigación.

**Citaciones:** Todo tipo de material referencial para esta investigación será citada, siguiendo los estándares ISO 690 y 690-2 y APA 7ma Edición, respectivamente.

**Respeto.** Las visitas de campo a las instalaciones de la empresa Pan American Silver SHAHUINDO se harán respetando las políticas y reglamentos establecidos por la compañía, para los visitantes.

**Dignidad y cordialidad:** En los casos de entrevistas personales a personal mantenimiento, de supervisión y gerencias, se realizará con total respeto a la dignidad de las personas, sin vulnerar sus derechos y principios como persona.



Antonio Calderón Rodríguez  
DNI: 40208218



Jenny Pamela Lázaro Gutiérrez  
DNI: 46195250

**Anexo N°4: Diagnostico de la Gestión de Mantenimiento - Perforadoras**

**Diagnostico de la Gestión de Mantenimiento**

CATEGORÍAS					
#		# Preg.	Puntos Posibles	Puntaje Alcanzado 2021	2021(%)
1	Organización/Estructura de Mantenimiento	10	100	62	62%
2	Información de equipos	10	100	54	54%
3	CMMS	10	100	63	63%
4	Soporte gerencial & Medición de la efectividad	10	100	51	51%
5	Tareas/Procedimientos de mantenimiento	10	100	40	40%
6	Planeamiento & Programación del mantenimiento	10	100	52	52%
7	Control de trabajo	10	100	42	42%
8	Habilidad/Entrenamiento del personal	10	100	22	22%
9	Almacenes e inventarios	10	100	48	48%
10	Evaluación de fallas. Ingeniería confiabilidad. Mejora continua	10	100	37	37%
		<b>100</b>	<b>1000</b>	<b>471</b>	<b>47%</b>

### Anexo N°5: Check List Auditoria Organización/Estructura de Mantenimiento

Organización/Estructura de Mantenimiento					Versión 02			
# del Comp.	Título del Componente	Puntos Posibles	Puntaje Alcanzado	%	# Preg.			
1	Organización/Estructura de mantenimiento	100	62	62%	10			
<b>Puntos totales posibles.</b>		100	62	62%	10			
<b>CRITERIOS DE EVALUACION:</b>								
	<b>Explicación</b>							
<b>A</b>	Define el nivel mas alto de valoración del criterio. El evaluado esta totalmente de acuerdo con la afirmación. El evaluado confirma la existencia del documento escrito o lo indicado en el criterio, y el personal lo conoce. Considera que mas del 95% cumple con lo afirmado.							
<b>B</b>	Define el segundo nivel de valoración del criterio El evaluado esta de acuerdo con la afirmación, en términos generales. El evaluado considera que, a pesar que no se tiene un documento escrito, el personal conoce el proceso o procedimiento Considera que mas del 50% del parámetro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio							
<b>C</b>	Define el tercer nivel de valoración del criterio El evaluado no esta de acuerdo ni en desacuerdo con la afirmación hecha. El evaluado no esta seguro de la existencia de un documento escrito al respecto, y en todo caso no es de conocimiento de todos El evaluado considera que el 50% del parámetro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio							
<b>D</b>	Define un nivel inferior al promedio de valoración del criterio El evaluado no esta de acuerdo con la afirmación del criterio, en términos generales El evaluado considera que el personal no tiene conocimiento del proceso o procedimiento mencionado en el criterio El evaluado considera que menos del 50% del parámetro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio							
<b>E</b>	Define el nivel mas bajo de valoración del criterio							
	<b>Preguntas</b>	<b>Puntaje Alcanzado</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>Observaciones (Hallazgos)</b>
		10	7	5	2	0		
<b>1</b>	<b>Resultado Obtenido</b>	<b>62</b>						
1.1	La organización tiene una política actualizada que defina claramente las relaciones entre control y reportes de todo el departamento de mantenimiento así como su relación con otros departamentos.	7		x				El area cuenta con políticas, visión , misión
1.2	La organización muestra claramente responsabilidad para responder a las tres actividades básicas de mantenimiento básicos: rutina, emergencias y trabajos planeados	7		x				En proceso de mejor continua aun se tiene como principales tareas los correctivos
1.3	Los roles entre producción y mantenimiento, responsabilidades y autoridad están bien definidos dentro de la estructura organizacional	7		x				Existe una buena coordinación, falta la disponibilidad de los equipos para mantenimiento
1.4	La estructura organizacional de mantenimiento reconoce tres diferentes funciones básicas: Ejecución del trabajo, Planificación y Programación e Ingeniería de Mantenimiento.	5			x			Dar un poco mas de empuje a Ingeniería del mantenimiento que recién se está iniciando
1.5	La estructura organizacional promueve una forma de pensar proactiva.	7		x				Se esta trabajando en la cultura organizacional
1.6	Existen grupos de trabajo para cubrir los tres tipos de demandas principales: Tareas de rutina o mantenimiento preventivo, tareas de emergencia y tareas de mantenimiento planeado.	5			x			Existe un solo grupo que realiza las tres actividades (resaltar)
1.7	Las responsabilidades de Planificación y programación están claramente definidas.	5			x			
1.8	El departamento de ingeniería aplica métodos y habilidades sistematizadas para corregir los problemas causados por los equipos.	5				x		En proceso de desarrollo a una etapa intermedia
1.9	Existen diagramas de flujo que muestran el Flujo del Trabajo y el Flujo de la Orden de Trabajo (OT)	7			x			En aplicación de procesos y flujos de tareas
1.10	Existen funciones de soporte a la función de mantenimiento como: Departamento de Ingeniería de la Información (TI), Compras y almacenamiento, y Departamento de producción. Todas dando soporte a mantenimiento.	7				x		Falta soporte TI en el funcionamiento del software AMT y Oracle, doble codificación de repuestos, problemas para entrega de equipos a mantenimiento

Anexo N°6: Check List Auditoria Información de los equipos.

Información de los equipos					Versión 02
1 Comp.	Titulo del Componente	Puntos Posibles	Puntos Afirmado	%	# Preg.
2		100	54	54%	10
<b>Puntos totales posibles.</b>		100	54	54%	10

**CRITERIOS DE EVALUACION:**

Respuesta	Explicación
<b>A</b>	Define el nivel mas alto de valoración del criterio. El evaluado esta totalmente de acuerdo con la afirmación. El evaluado confirma la existencia del documento escrito o lo indicado en el criterio, y el personal lo conoce. Considera que mas del 95% cumple con lo afirmado.
<b>B</b>	Define el segundo nivel de valoración del criterio El evaluado esta de acuerdo con la afirmación, en términos generales. El evaluado considera que, a pesar que no se tiene un documento escrito, el personal conoce el proceso o procedimiento Considera que mas del 50% del parámetro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio
<b>C</b>	Define el tercer nivel de valoración del criterio El evaluado no esta de acuerdo ni en desacuerdo con la afirmación hecha. El evaluado no esta seguro de la existencia de un documento escrito al respecto, y en todo caso no es de conocimiento de todos El evaluado considera que el 50% del parámetro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio
<b>D</b>	Define un nivel inferior al promedio de valoración del criterio El evaluado no esta de acuerdo con la afirmación del criterio, en términos generales El evaluado considera que el personal no tiene conocimiento del proceso o procedimiento mencionado en el criterio El evaluado considera que menos del 50% del parámetro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio
<b>E</b>	Define el nivel mas bajo de valoración del criterio El evaluado esta totalmente en desacuerdo con la afirmación El evaluado confirma que no existe documento alguno y que el personal desconoce aspectos relacionados El evaluado considera que menos del 20% del parámetro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio

Preguntas	Puntos Afirmado	A	B	C	D	E	Observaciones (Hallazgos)
		10	7	5	2	0	
<b>2</b> Resultado Obtenido	54						
2.1 Existe una base de datos donde registrar los equipos productivos de la empresa y está en estado operativo.	7		x				Se esta trabajando en mejorar la recolección de datos
2.2 Todos los trabajos de mantenimiento realizado a los equipos están registrados en la base de datos.	2				x		Aun se realizan trabajos sin ser registrados en la base de datos
2.3 Todos los equipos están registrados en la base de datos de los equipos.	7		x				Solo equipos a cargo de Mantenimiento Mina
2.4 Todos los equipos tienen una codificación que los identifica	7		x				En evaluación según norma
2.5 La codificación de los equipos incluye: Ubicación (geográfica y dentro de la empresa), Categorización (Grupo y tipo de equipos), ubicación de sistemas, sub sistemas, componentes y partes.	5			x			Se esta trabajando en la codificación de acuerdo a norma.
2.6 Todos los equipos tienen una ficha técnica que determine sus características técnicas y su función dentro de la empresa.	7		x				Se tiene fichas técnicas de ellos equipos a una etapa intermedia
2.7 Existe un sistema de criticidad aplicado a los equipos	2				x		En proceso de mejora
2.8 La criticidad está estructurada en función a las consecuencias de las fallas mas significativas versus la frecuencia de ocurrencia de las mismas	7		x				En desarrollo los analisis de criticidad
2.9 Los equipos están identificados según su criticidad.	5			x			La criticidad es de conocimiento de todos , aun a etapa intermedia
2.10 Existe una Taxonomía adecuada por lo menos para los equipos "muy críticos, críticos y semi críticos.	5			x			Aun en desarrollo

### Anexo N°7: Check List Auditoria CMMS

CMMS					Versión 02				
Titulo del Componente									
	Puntos Posibles	Puntaje Acreditado	%	# Preg.					
CMMS	100	63	63%	10					
<b>Puntos totales posibles.</b>									
100 63 63% 10									
<b>CRITERIOS DE EVALUACION:</b>									
<b>Explicación</b>									
<b>A</b>	Define el nivel mas alto de valoración del criterio. El evaluado esta totalmente de acuerdo con la afirmación. El evaluado confirma la existencia del documento escrito o lo indicado en el criterio, y el personal lo conoce. Considera que mas del 95% cumple con lo afirmado.								
<b>B</b>	Define el segundo nivel de valoración del criterio El evaluado esta de acuerdo con la afirmación, en términos generales. El evaluado considera que, a pesar que no se tiene un documento escrito, el personal conoce el proceso o procedimiento Considera que mas del 50% del parámetro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio								
<b>C</b>	Define el tercer nivel de valoración del criterio El evaluado no esta de acuerdo ni en desacuerdo con la afirmación hecha. El evaluado no esta seguro de la existencia de un documento escrito al respecto, y en todo caso no es de conocimiento de todos El evaluado considera que el 50% del parámetro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio								
<b>D</b>	Define un nivel inferior al promedio de valoración del criterio El evaluado no esta de acuerdo con la afirmación del criterio, en términos generales El evaluado considera que el personal no tiene conocimiento del proceso o procedimiento mencionado en el criterio El evaluado considera que menos del 50% del parámetro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio								
<b>E</b>	Define el nivel mas bajo de valoración del criterio El evaluado esta totalmente en desacuerdo con la afirmación El evaluado confirma que no existe documento alguno y que el personal desconoce aspectos relacionados El evaluado considera que menos del 20% del parámetro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio								
<b>Preguntas</b>									
	Puntaje Acreditado	A	B	C	D	E	Observaciones (Hallazgos)		
		10	7	5	2	0			
<b>3 CMMS</b>	<b>63</b>								
3.1	Se cuenta con un CMMS (Computarizad Management Maintenance SYSTEM) adecuado para las actividades de mantenimiento de la empresa.	10	X				Existen varias plataformas que no permiten un desarrollo ágil del flujo de trabajo		
3.2	El CMMS realiza por lo menos las seis funciones siguientes: función de administrar OT, función planificación, función programación, función costos/presupuestos, función administración de repuestos, y función manejo de indicadores.	7		X			Falta desarrollar costos y presupuestos , y administración de repuestos		
3.3	El CMMS mapea el proceso de trabajo en el sitio.	0				X			
3.4	Existe un procedimiento estándar y disciplina para la operación del CMMS	5			X		Falta evidenciar el procedimiento solo hay instructivos generales		
3.5	Todos los usuarios están eficazmente entrenados	2				X	No hay entrenamiento, el aprendizaje en su mayor parte ha sido autodidacta		
3.6	Existen niveles de ingreso con sus debidas autorizaciones en función al rol de cada usuario.	10	X						
3.7	El CMMS modela el tiempo de vida del equipo, programas de inspección y mantenimiento preventivo para decisiones de reemplazo de equipos	7		X			Explotar la función de modelamiento		
3.8	El CMMS soporta la implementación del RCM y la documentación relacionada al FMEA	10	X						
3.9	El CMMS es capaz de presentar resultados de rendimiento en un formato especificado por el usuario.	10	X						
3.10	El CMMS es capaz de interactuar con las demás áreas de la empresa: Producción, Logística, Finanzas, principalmente.	2				X	Potenciar la interfase con producción y finanzas y mejorar con logística		

### Anexo N°8: Check List Auditoria Soporte Gerencial & Medición de Efectividad

Soporte Gerencial & Medición de efectividad					Versión 02		
<b>ANTES DE LA CATEGORÍA:</b>							
# del Comp.	Título del Componente	Puntos Posibles	Puntaje Alcanzado	%	# Preg.		
4	Soporte Gerencial & Medición de efectividad	100	51	51%	10		
<b>Puntos totales posibles.</b>		100	51	51%	10		
<b>CRITERIOS DE EVALUACION:</b>							
A	Explicación						
A	Define el nivel mas alto de valoración del criterio. El evaluado esta totalmente de acuerdo con la afirmación. El evaluado confirma la existencia del documento escrito o lo indicado en el criterio, y el personal lo conoce. Considera que mas del 95% cumple con lo afirmado.						
B	Define el segundo nivel de valoración del criterio El evaluado esta de acuerdo con la afirmación, en términos generales. El evaluado considera que, a pesar que no se tiene un documento escrito, el personal conoce el proceso o procedimiento Considera que mas del 50% del parámetro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio						
C	Define el tercer nivel de valoración del criterio El evaluado no esta de acuerdo ni en desacuerdo con la afirmación hecha. El evaluado no esta seguro de la existencia de un documento escrito al respecto, y en todo caso no es de conocimiento de todos El evaluado considera que el 50% del parámetro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio						
D	Define un nivel inferior al promedio de valoración del criterio El evaluado no esta de acuerdo con la afirmación del criterio, en términos generales El evaluado considera que el personal no tiene conocimiento del proceso o procedimiento mencionado en el criterio El evaluado considera que menos del 50% del parámetro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio						
E	Define el nivel mas bajo de valoración del criterio El evaluado esta totalmente en desacuerdo con la afirmación El evaluado confirma que no existe documento alguno y que el personal desconoce aspectos relacionados El evaluado considera que menos del 20% del parámetro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio						
Preguntas	Puntaje Alcanzado	A	B	C	D	E	Observaciones (Hallazgos)
<b>4 Soporte Gerencial &amp; Medición de la efectividad</b>		51					
4.1	Existe compromiso de la gerencia con la función desarrollada por el departamento de mantenimiento.	5			x		
4.2	Existen objetivos generales, específicos, misión y visión del departamento de mantenimiento y son conocidos por todos por lo menos en el departamento de mantenimiento.	7		x			Se esta trabajando en concientizar al personal
4.3	Se planifican los recursos de mantenimiento para el ejercicio anual tales como mano de obra especializada, adquisición de equipos y herramientas, implementación de talleres y oficinas de mantenimiento.	5			x		Falta involucrar a todas las áreas en la elaboración del presupuesto
4.4	La gerencia ve al mantenimiento como un departamento que aporta a la productividad de la empresa, que no aporta pero es necesario para el funcionamiento de los equipos.	7		x			
4.5	La confiabilidad de los equipos es responsabilidad de todas las personas que integran el departamento de mantenimiento.	5			x		
4.6	Se miden las actividades de mantenimiento empleando indicadores adecuados: Disponibilidad, MTBF, MTR, MTR, Backlog, Mantenimiento planificado, Costos del mantenimiento, Almacenes.	5			x		Medir el backlog de manera adecuada, mejorar indicadores de costos e implementar indicadores para almacenes
4.7	Se realizan auditorias externas por lo menos una vez al año	2				x	
4.8	Los indicadores empleados se derivan de la misión del departamento de mantenimiento.	5			x		Se esta trabajando a estapa temprana - se muestra avances
4.9	Las mediciones son monitoreadas y reportadas diligentemente en un tiempo adecuado.	5			x		
4.10	Se analiza la tendencia de todos los indicadores y se toma decisión en base a ello	5			x		Se esta trabajando a estapa temprana - se muestra avances

### Anexo N°9: Check List Auditoria Tareas y Procedimientos de Mantenimiento

Tareas / Procedimientos de mantenimiento							
<i>ANTES DE LA CATEGORIA:</i>							
# del Comp.	COMPONENTE	Puntos Posibles	Puntaje Alcanzado	%	# Preg.		
5	Tareas / Procedimientos de mantenimiento	100	40	40%	10		
<b>Puntos totales posibles:</b>		100	40	40%	10		
<i>CRITERIOS DE EVALUACION:</i>							
Explicación							
<b>A</b>	Define el nivel mas alto de valoración del criterio. El evaluado esta totalmente de acuerdo con la afirmación. El evaluado confirma la existencia del documento escrito o lo indicado en el criterio, y el personal lo conoce. Considera que mas del 95% cumple con lo afirmado.						
<b>B</b>	Define el segundo nivel de valoración del criterio El evaluado esta de acuerdo con la afirmación, en terminos generales. El evaluado considera que, a pesar que no se tiene un documento escrito, el personal conoce el proceso o procedimiento Considera que mas del 50% del parametro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio						
<b>C</b>	Define el tercer nivel de valoración del criterio El evaluado no esta de acuerdo ni en desacuerdo con la afirmación hecha. El evaluado no esta seguro de la existencia de un documento escrito al respecto, y en todo caso no es de conocimiento de todos El evaluado considera que el 50% del parametro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio						
<b>D</b>	Define un nivel inferior al promedio de valoración del criterio El evaluado no esta de acuerdo con la afirmación del criterio, en terminos generales El evaluado considera que el personal no tiene conocimiento del proceso o procedimiento mencionado en el criterio El evaluado considera que menos del 50% del parametro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio						
<b>E</b>	Define el nivel mas bajo de valoración del criterio El evaluado esta totalmente en desacuerdo con la afirmación El evaluado confirma que no existe documento alguno y que el personal desconoce aspectos relacionados El evaluado considera que menos del 20% del parametro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio						
Preguntas	Puntaje Alcanzado	A	B	C	D	E	Observaciones (Hallazgos)
<b>5 Tareas / Procedimientos de mantenimiento</b>	40	10	7	5	2	0	
5.1	Las tareas mas consideradas dentro de la empresa son: el MP, el MPd, el Mantenimiento Correctivo.	2				x	Aun la tendencia de correctivos es mayor y poco predictivo, se sigue mejorando
5.2	Las tareas de mantenimiento contienen el detalle suficiente para asegurar su consistencia	5			x		A etapa intermedia
5.3	El programa de mantenimiento está basado principalmente en la condición de los equipos	5			x		Se realiza Mantenimiento basado en condición pero en una etapa intermedia
5.4	Se emplean los principios RCM para todos los equipos, para los equipos críticos, para los equipos críticos y semicríticos, no se aplica RCM	2				x	A etapa intermedia
5.5	Se usan tecnologías de MPd adecuadas en función a las fallas mas importantes de los equipos	2				x	A etapa intermedia
5.6	Las tareas y procedimientos de mantenimiento son analizadas para determinar su eficacia	5			x		En proceso de revision
5.7	Las tareas de mantenimiento se realizan empleando la tecnología adecuada (equipos y herramientas) y no existen re trabajos	2				x	Se evidencia adquisición de equipos y herramientas adecuadas
5.8	Existe soporte de todas las áreas para la ejecución de las tareas de mantenimiento.	5			x		Falta mayor soporte de operaciones
5.9	Se monitorea los resultados del programa y se ajusta donde sea necesario	5			x		Se realiza el monitoreo de la gestion a nivel intermedio
5.10	El rendimiento del programa se informa rutinariamente	7		x			Se esta reportando de forma diaria/ Evaluacion a nivel temprano

### Anexo N°10: Check List Planificación y Programación

Tareas / Procedimientos de mantenimiento						Versión 01		
<b>RESUMEN DE LA CATEGORIA:</b>								
Del Comp.	Titulo del Componente	Puntos Posibles	Puntaje Alcanzado	%	# Pregs.			
6	Planeamiento & Programación de mantenimiento	100	52	52%	10			
<b>Puntos totales posibles.</b>		100	52	52%	10			
<b>CRITERIOS DE EVALUACION:</b>								
	<b>Explicación</b>							
<b>A</b>	Define el nivel mas alto de valoración del criterio. El evaluado esta totalmente de acuerdo con la afirmación. El evaluado confirma la existencia del documento escrito o lo indicado en el criterio, y el personal lo conoce. Considera que mas del 95% cumple con lo afirmado.							
<b>B</b>	Define el segundo nivel de valoración del criterio El evaluado esta de acuerdo con la afirmación, en terminos generales. El evaluado considera que, a pesar que no se tiene un documento escrito, el personal conoce el proceso o procedimiento Considera que mas del 50% del parametro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio							
<b>C</b>	Define el tercer nivel de valoración del criterio El evaluado no esta de acuerdo ni en desacuerdo con la afirmación hecha. El evaluado no esta seguro de la existencia de un documento escrito al respecto, y en todo caso no es de conocimiento de todos El evaluado considera que el 50% del parametro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio							
<b>D</b>	Define un nivel inferior al promedio de valoración del criterio El evaluado no esta de acuerdo con la afirmación del criterio, en terminos generales El evaluado considera que el personal no tiene conocimiento del proceso o procedimiento mencionado en el criterio El evaluado considera que menos del 50% del parametro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio							
<b>E</b>	Define el nivel mas bajo de valoración del criterio El evaluado esta totalmente en desacuerdo con la afirmación El evaluado confirma que no existe documento alguno y que el personal desconoce aspectos relacionados El evaluado considera que menos del 20% del parametro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio							
	<b>Preguntas</b>	<b>Puntaje Alcanzado</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>Observaciones (Hallazgos)</b>
6	<b>Planeamiento &amp; Programación del mantenimiento</b>	52	10	7	5	2	0	
6.1	La función planificación reporta directamente a la gerencia de mantenimiento	7		X				<p>La función de la OT es fundamental para la efectiva ejecución del trabajo y el cálculo de costos. Actualmente no ayuda a la ejecución del trabajo y no permite el cálculo de costos. Ademas no se emplea la retroalimentación como herramienta de mejora continua.</p> <p>Se esta trabajando en como mejorar las coordinaciones</p> <p>Aun a nivel intermedio</p> <p>Aun a nivel intermedio</p>
6.2	La función planificación es una organización independiente de la supervisión del mantenimiento, es su soporte.	7		X				
6.3	La función planificación está soportando a la gerencia y supervisión de mantenimiento así como a las unidades de operación.	7		X				
6.4	La mayoría de los trabajos se planea profesionalmente (mano de obra, tiempo de ejecución, equipos y herramientas, repuestos, materiales consumibles)	2				X		
6.5	Las estimaciones de la mano de obra deben ser lo mas exactas posibles en función a la realidad de la empresa	0					X	
6.6	La función planificación no está involucrada en los trabajos de emergencia o urgentes	2				X		
6.7	La programación del mantenimiento se realiza conjuntamente con producción	10	X					
6.8	Las programaciones no se rompen (excepto en casos extremos-especificar)	2				X		
6.9	El cumplimiento del programa semanal se mide y se analiza su tendencia	5			X			
6.10	El planificador/programador realiza planificación, programación, coordinación de materiales y es enlace de operación para todos los trabajos de mantenimiento asociados con uno o más áreas o uno o más grupos de trabajo	10	X					

### Anexo N°11: Check List Auditoria Control de Trabajos de Mantenimiento

Control de trabajo							
Ver							
<b>ES DE LA CATEGORÍA:</b>							
# del Comp.	Titulo del Componente	Puntos Posibles	Puntos Alcanzados	%	# Preg.		
7	Control de trabajo	100	42	42%	10		
<b>Puntos totales posibles.</b>		100	42	42%	10		
<b>CRITERIOS DE EVALUACION:</b>							
	Explicación						
<b>A</b>	Define el nivel mas alto de valoración del criterio. El evaluado esta totalmente de acuerdo con la afirmación. El evaluado confirma la existencia del documento escrito o lo indicado en el criterio, y el personal lo conoce. Considera que mas del 95% cumple con lo afirmado.						
<b>B</b>	Define el segundo nivel de valoración del criterio El evaluado esta de acuerdo con la afirmación, en términos generales. El evaluado considera que, a pesar que no se tiene un documento escrito, el personal conoce el proceso o procedimiento Considera que mas del 50% del parámetro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio						
<b>C</b>	Define el tercer nivel de valoración del criterio El evaluado no esta de acuerdo ni en desacuerdo con la afirmación hecha. El evaluado no esta seguro de la existencia de un documento escrito al respecto, y en todo caso no es de conocimiento de todos El evaluado considera que el 50% del parámetro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio						
<b>D</b>	Define un nivel inferior al promedio de valoración del criterio El evaluado no esta de acuerdo con la afirmación del criterio, en términos generales El evaluado considera que el personal no tiene conocimiento del proceso o procedimiento mencionado en el criterio El evaluado considera que menos del 50% del parámetro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio						
<b>E</b>	Define el nivel mas bajo de valoración del criterio El evaluado esta totalmente en desacuerdo con la afirmación El evaluado confirma que no existe documento alguno y que el personal desconoce aspectos relacionados El evaluado considera que menos del 20% del parámetro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio						
Preguntas	Puntos Alcanzados	A	B	C	D	E	Observaciones (Hallazgos)
<b>7 Control de trabajo</b>	42	10	7	5	2	0	
7.1	El proceso formal de OT está fijado y usado por todo el personal de mantenimiento	5		x			No todos lo tienen en el debido momento. Aun se evidencian casos que las ordenes son verbales
7.2	Existe un diagrama de flujo del proceso de ejecución de la OT y se usa como una herramienta de entrenamiento	5		x			En seguimiento la ejecución de los procesos
7.3	Todos los trabajos de mantenimiento se ejecutan dentro del proceso de ordenes de trabajo	2			x		Hay trabajos que se realizan con ordenes verbales
7.4	Todo el personal entiende sus responsabilidades en el proceso de ejecución del trabajo	2			x		Hay que incentivar mas la ejecución de trabajos y mejorar la supervisión
7.5	Se hacen auditorías rutinarias al proceso de trabajo	5		x			a nivel intermedio no es frecuente
7.6	La distribución del trabajo es realizada por el supervisor del área	7	x				La programación diaria la realiza el programador
7.7	La distribución del trabajo es realizado en orden de prioridad de OT	7	x				
7.8	El supervisor realiza inspecciones para verificar la buena ejecución de los trabajos	2			x		En trabajo observado no se noto presencia de supervisor
7.9	Se controlan los procesos de ejecución para determinar las pérdidas de tiempo (Wrenchtime)	2			x		Re realiza el seguimiento a etapa temprana
7.10	Se realizan pruebas de los trabajos realizados evaluados por el supervisor antes de la entrega de trabajos	5		x			La revisión los hacen los inspectores

**Anexo N°12: Check List Auditoria Habilidades y Entrenamiento de Personal de  
 Mantenimiento – Perforadoras**

Control de trabajo						Versión 02		
<b>ANTES DE LA CATEGORÍA:</b>								
# del Comp.	Titulo del Componente	Puntos Posibles	Puntaje Acreditado	%	# Preg.			
8	Habilidad/Entrenamiento del personal	100	22	22%	10			
<b>Puntos totales posibles.</b>		100	22	22%	10			
<b>CRITERIOS DE EVALUACION:</b>								
	Explicación							
<b>A</b>	Define el nivel mas alto de valoración del criterio. El evaluado esta totalmente de acuerdo con la afirmación. El evaluado confirma la existencia del documento escrito o lo indicado en el criterio, y el personal lo conoce. Considera que mas del 95% cumple con lo afirmado.							
<b>B</b>	Define el segundo nivel de valoración del criterio El evaluado esta de acuerdo con la afirmación, en términos generales. El evaluado considera que, a pesar que no se tiene un documento escrito, el personal conoce el proceso o procedimiento Considera que mas del 50% del parámetro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio							
<b>C</b>	Define el tercer nivel de valoración del criterio El evaluado no esta de acuerdo ni en desacuerdo con la afirmación hecha. El evaluado no esta seguro de la existencia de un documento escrito al respecto, y en todo caso no es de conocimiento de todos El evaluado considera que el 50% del parámetro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio.							
<b>D</b>	Define un nivel inferior al promedio de valoración del criterio El evaluado no esta de acuerdo con la afirmación del criterio, en términos generales El evaluado considera que el personal no tiene conocimiento del proceso o procedimiento mencionado en el criterio El evaluado considera que menos del 50% del parámetro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio							
<b>E</b>	Define el nivel mas bajo de valoración del criterio El evaluado esta totalmente en desacuerdo con la afirmación El evaluado confirma que no existe documento alguno y que el personal desconoce aspectos relacionados El evaluado considera que menos del 20% del parámetro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio							
	Preguntas	Puntaje Acreditado	A	B	C	D	E	Observaciones (Hallazgos)
<b>8</b>	<b>Habilidad/Entrenamiento del personal</b>	<b>22</b>	10	7	5	2	0	
8.1	Existe un plan de entrenamiento anual con presupuesto asignado	2				x		Se esta elaborando plan de desarrollo profesional
8.2	Existe un plan para determinar las habilidades necesarias para las actividades de mantenimiento personalizado por puesto de trabajo	5		x				En etapa intermedia
8.3	Existe un sistema de evaluación tanto escrita como practica para determinar las habilidades que tienen cada persona en su puesto de trabajo	2				x		En etapa intermedia
8.4	Se realiza un entrenamiento personalizado en función a las habilidades que están faltando a las personas en sus puestos de trabajo	2				x		En etapa intermedia
8.5	El grupo de ingeniería de mantenimiento se encarga del mejoramiento continuo de habilidades del programa de entrenamiento	2				x		Se esta elaborando plan de mejora continua
8.6	Los operadores de equipos están entrenados en actividades de mantenimiento rutinario simples (Check List)	2				x		Falta involucrar a operaciones en la conservación de los activos. No solo es darle una tarea sino entrenarlos en ella
8.7	Los trabajadores de mantenimiento están entrenados en tareas de inicialización y puesta en marcha de los equipos	5		x				Existen Tecnicos capacitados, realizar el seguimiento de tendencias , pruebas y ajustes
8.8	Se considera el entrenamiento de los trabajadores de mantenimiento en tareas simples que no son de su puesto con la finalidad que puedan ser multifuncionales	2			x			Existe un programa interno de entrenamiento - Escuela Shahuindo
8.9	El programa de entrenamiento emplea una combinación de autoestudio, entrenamiento en aulas y entrenamiento sobre el trabajo, junto con pruebas escrita y demostración practica de habilidades	0					x	
8.10	Se emplea un sistema de calificaciones y certificaciones para los logros obtenidos en la capacitación por el personal de mantenimiento y operación	0					x	

### Anexo N°13: Check List Auditoria Almacenes e Inventarios

Control de trabajo					Versión 02		
<b>COMPONENTES DE LA CATEGORÍA:</b>							
# del Comp.	Título del Componente	Puntos Posibles	Puntos Alcanzados	%	# Preg.		
9	Almacenes Inventarios	100	48	48%	10		
<b>Puntos totales posibles.</b>		100	48	48%	10		
<b>CRITERIOS DE EVALUACION:</b>							
A	Explicación						
A	Define el nivel mas alto de valoración del criterio. El evaluado esta totalmente de acuerdo con la afirmación. El evaluado confirma la existencia del documento escrito o lo indicado en el criterio, y el personal lo conoce. Considera que mas del 95% cumple con lo afirmado.						
B	Define el segundo nivel de valoración del criterio El evaluado esta de acuerdo con la afirmación, en términos generales. El evaluado considera que, a pesar que no se tiene un documento escrito, el personal conoce el proceso o procedimiento Considera que mas del 50% del parámetro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio						
C	Define el tercer nivel de valoración del criterio El evaluado no esta de acuerdo ni en desacuerdo con la afirmación hecha. El evaluado no esta seguro de la existencia de un documento escrito al respecto, y en todo caso no es de conocimiento de todos El evaluado considera que el 50% del parámetro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio						
D	Define un nivel inferior al promedio de valoración del criterio El evaluado no esta de acuerdo con la afirmación del criterio, en términos generales El evaluado considera que el personal no tiene conocimiento del proceso o procedimiento mencionado en el criterio El evaluado considera que menos del 50% del parámetro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio						
E	Define el nivel mas bajo de valoración del criterio El evaluado esta totalmente en desacuerdo con la afirmación El evaluado confirma que no existe documento alguno y que el personal desconoce aspectos relacionados El evaluado considera que menos del 20% del parámetro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio						
Preguntas	Puntaje Alcanzado	A	B	C	D	E	Observaciones (Hallazgos)
<b>9 Almacenes Inventarios</b>	48						
9.1 Las necesidades de mantenimiento son identificadas en forma temprana para poder ordenar materiales y recibirlos en un escenario JIT (Just in Time), antes de que la falla ocurra.	5			x			Muchas plataformas para un solo fin  Hay stock máximo y mínimo pero no son calculados en función al consumo y no hay reposición automática
9.2 Todos los materiales de mantenimiento se compran a través del CMMS	5			x			
9.3 Se calcula stock máximos y mínimos al menos en repuestos críticos y se compran cantidades económicas	5			x			
9.4 Se identifican inventarios obsoletos que pueden ser devueltos al vendedor o de otra manera descartados	2				x		
9.5 Existe alguna metodología para determinar cuales son los repuestos críticos para el mantenimiento de los equipos	7		x				
9.6 Los repuestos críticos están clasificados en función a su relativa importancia: valor monetario, disponibilidad, tiempo de adquisición variable, parte crítica de una máquina, etc.	5			x			
9.7 El abastecimiento de los repuestos críticos es responsabilidad del departamento de mantenimiento	7		x				
9.8 El CMMS determina el proceso de compra en función al grado de criticidad de los repuestos requeridos por mantenimiento	0					x	
9.9 Los almacenes con repuestos de alta rotación se encuentran en áreas cercanas a las zonas de operación de los equipos	7		x				
9.10 Los repuestos de alta rotación deben estar ordenados en el almacén de tal manera que se tenga fácil acceso a ellos	5			x			

### Anexo N°14: Check List Auditoria Confiabilidad y Mejora Continua

Control de trabajo					Versión 02		
<b>COMPONENTES DE LA CATEGORÍA:</b>							
# del Comp.	Título del Componente	Puntos Posibles	Puntaje Alcanzado	%	# Preg.		
10	Evaluación de fallas, Ingeniería Confiabilidad, Mejora continua	100	37	37%	10		
<b>Puntos totales posibles.</b>		100	37	37%	10		
<b>CRITERIOS DE EVALUACION:</b>							
Explicación							
<b>A</b>	Define el nivel mas alto de valoración del criterio. El evaluado esta totalmente de acuerdo con la afirmación. El evaluado confirma la existencia del documento escrito o lo indicado en el criterio, y el personal lo conoce. Considera que mas del 95% cumple con lo afirmado.						
<b>B</b>	Define el segundo nivel de valoración del criterio El evaluado esta de acuerdo con la afirmación, en términos generales. El evaluado considera que, a pesar que no se tiene un documento escrito, el personal conoce el proceso o procedimiento Considera que mas del 50% del parámetro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio						
<b>C</b>	Define el tercer nivel de valoración del criterio El evaluado no esta de acuerdo ni en desacuerdo con la afirmación hecha. El evaluado no esta seguro de la existencia de un documento escrito al respecto, y en todo caso no es de conocimiento de todos El evaluado considera que el 50% del parámetro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio						
<b>D</b>	Define un nivel inferior al promedio de valoración del criterio El evaluado no esta de acuerdo con la afirmación del criterio, en términos generales El evaluado considera que el personal no tiene conocimiento del proceso o procedimiento mencionado en el criterio El evaluado considera que menos del 50% del parámetro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio						
<b>E</b>	Define el nivel mas bajo de valoración del criterio El evaluado esta totalmente en desacuerdo con la afirmación El evaluado confirma que no existe documento alguno y que el personal desconoce aspectos relacionados El evaluado considera que menos del 20% del parámetro mencionado cumple con lo afirmado por el criterio						
Preguntas	Puntos Alcanzados	A	B	C	D	E	Observaciones (Hallazgos)
<b>10 Evaluación de fallas, Ingeniería de confiabilidad, Mejora continua</b>	37						
10.1 Existe un departamento de Ingeniería de Mantenimiento (o Confiabilidad)	5			x			En proceso de crecimiento
10.2 El departamento Ingeniería evalúa la efectividad de las acciones de mantenimiento preventivo	2				x		A nivel intermedio/Apoya en el analisis
10.3 El departamento Ingeniería desarrolla técnicas y procedimientos de mantenimiento predictivo	2				x		Está en proceso de crecimiento
10.4 Los ingenieros están capacitados en monitoreo de condición y pruebas de equipos	5			x			
10.5 Emplean técnicas de ingeniería para extender la vida de los equipos: especificaciones para compra o reconstrucción, análisis de partes falladas, análisis de causa raíz, ingeniería de confiabilidad, etc.	2				x		A nivel intermedio
10.6 Capacitados para la evaluación continua de la eficacia del entrenamiento de habilidades	5			x			
10.7 Evaluar e implementar tareas de mantenimiento según RCM	2				x		
10.8 Optimizar frecuencia de mantenimiento de componentes en función al análisis de la confiabilidad de los mismos	2				x		A nivel intermedio
10.9 Evaluar los planes de mantenimiento de manera frecuente	5			x			A nivel intermedio
10.10 Analizar el historial de los equipos críticos para optimizar las actividades de mantenimiento	7		x				

Anexo N°15: Check List Inspección Estructural Chasis y cabezal de Rotación

DM45 INSPECCIÓN ESTRUCTURA CHASIS Y CABEZAL DE ROTACIÓN					
EQUIPO	SERIE	FECHA	HORÓMETRO		
MODELO	HORÓMETRO	HORÓMETRO			
<b>¡ CUIDADO !</b>					
Peligro de aplastamiento: El mástil puede caer y causar lesiones graves o la muerte antes de realizar cualquier trabajo ubicar el mástil en posición horizontal.					
MÁSTIL EN POSICIÓN VERTICAL (SUBIR MÁSTIL)					
ÍTEM	CHASIS				OBS / OK
1	VERIFICAR ESTADO GENERAL DE UNIÓN POR SOLDADURA DE SOPORTE DE EJE PIVOT AL CHASIS				
2	VERIFICAR ESTADO GENERAL DE UNIÓN POR SOLDADURA DE GATOS HIDRÁULICOS AL CHASIS				
3	VERIFICAR ESTADO DE PIN Y ALOJAMIENTO DEL EJE PRINCIPAL DE TREN DE RODAMIENTOS				
4	VERIFICAR UNIÓN POR SOLDADURA PARTE EXTERNA DEL EJE PRINCIPAL DE TREN DE RODAMIENTOS				
5	INSPECCIONAR PIN DE PIVOT ESTABILIZADOR DEL TREN DE RODAMIENTOS				
6	VERIFICAR ESTADO DE CORDÓN DE SOLDADURA QUE UNE OREJA DE CILINDROS DE LEVANTE				
7	VERIFICAR ESTADO DE SOLDADURAS EN TRAVESAÑOS VIGAS Y REFUERZOS				
8	VERIFICAR ESTADO DE SOLDADURAS ZONA SPROKET				
9	VERIFICAR ESTADO DE SOLDADURAS ZONA BASTIDOR				
10	VERIFICAR ESTADO DE SOLDADURAS ZONA RUEDA GUÍA				
ÍTEM	MÁSTIL EN POSICIÓN VERTICAL (SUBIR MÁSTIL Y BAJAR CABEZAL DE ROTACIÓN)				OBS / OK
ÍTEM	CABEZAL DE ROTACIÓN				OBS / OK
1	VERIFICAR SOPORTE DE CABEZAL				
2	VERIFICAR ESTADO Y AJUSTE DE PERNOS DE SUJECIÓN				
3	VERIFICAR ESTADO DE BAQUELITAS DE DESLIZAMIENTO EN LOS 4 PUNTOS DE APOYO DEL CABEZAL AL MÁSTIL				
PRIMERA, SEGUNDA Y TERCERA BAQUELITA DE LOS 4 PUNTOS DE APOYO:					
BAQ	APOYO 1	APOYO 2	APOYO 3	APOYO 4	
1ª	A= B=	A= B=	A= B=	A= B=	
2ª	A= B=	A= B=	A= B=	A= B=	
3ª	A= B=	A= B=	A= B=	A= B=	
	A= B=	A= B=	A= B=	A= B=	
	A= B=	A= B=	A= B=	A= B=	
	A= B=	A= B=	A= B=	A= B=	
OBSERVACIONES					
MECÁNICO		SUPERVISOR		JEFE DE GUARDIA	

**Nº16: Check List Verificación de PrePM – EPIROC DM45 (a)**

CHECK LIST VERIFICACION DE PrePM - DM45		
Codigo : _____	Horometro : _____	Hora de Inicio de servicio : _____
Serie : _____	Fecha : _____	Hora de Termino de servicio : _____
Modelo : _____	OT (WO): _____	
No. Lider del PM : _____		
<b>INSTRUCCIONES:</b> 1.- Marque con un aspa (X) si presenta irregularidades y marcar con (✓) si el estado es Normal 2.- Tenga presente la lista de CAUSAS DE FALLAS mas comunes antes de iniciar la actividad.		TIEMPO DE DURACION DEL P.M.  <b>2 HORAS</b>
	Preparación del equipos	Observaciones
	<input checked="" type="checkbox"/> Consulte al operador si tiene observaciones del equipo <input type="checkbox"/> Prepare la máquina para la inspección. <input type="checkbox"/> Descargue codigos activos y verifique parametros con ET <input type="checkbox"/> Observe el color de los gases de escape. <input type="checkbox"/> Escuche para detectar ruidos inusuales. <input type="checkbox"/> Verificar estado de extintor y ultima inspección. <input type="checkbox"/> Verificar el check list del operador que esta en la cabina.	
	Inspeccionar /Verificar	
GENERAL	<input type="checkbox"/> Presencia de fugas. <input type="checkbox"/> Peldaños y pisaderas. <input type="checkbox"/> Sistema de propulsion. <input type="checkbox"/> Sistema de compresor de aire. <input type="checkbox"/> Sistema de barrido. <input type="checkbox"/> Orugas lado LH. <input type="checkbox"/> Orugas lado RH. <input type="checkbox"/> caja conductor de bombas.	<input type="checkbox"/> Tanque separador en parte intermedia del visor. <input type="checkbox"/> sistema DCT. <input type="checkbox"/> Caja de engranajes de carrusel. <input type="checkbox"/> Mando final (cat) SAEW oil. <input type="checkbox"/> Bomba de agua 30W. <input type="checkbox"/> Cabezal de rotacion, 80/90 o 75/90W sintetico. <input type="checkbox"/> Nivel de combustible.
		<input type="checkbox"/> Tanque de combustible. <input type="checkbox"/> Nivel de agua de las baterias. <input type="checkbox"/> Tanque hidraulico. <input type="checkbox"/> Caja de winche. <input type="checkbox"/> Evaluar tapas de compartimentos .
OBSERVACIONES		
1.-	Inspeccionar /Verificar (Inspeccion visual)	Puntos de servicio
MOTOR	<input type="checkbox"/> Nivel de aceite (rellenar de ser necesario) <input type="checkbox"/> Nivel de refrigerante (rellenar de ser necesario) <input type="checkbox"/> Amortiguadores de motor. <input type="checkbox"/> Fajas de alternador. <input type="checkbox"/> Fugas de aceite. <input type="checkbox"/> Pernos de sujecion base principal. <input type="checkbox"/> Sistema de refrigeracion de motor. <input type="checkbox"/> Multiple de escape.	<input type="checkbox"/> parada de emergencia de motor. <input type="checkbox"/> Tuberias de refrigeracion. <input type="checkbox"/> Tensor de correas. <input type="checkbox"/> Portafiltro. <input type="checkbox"/> Filtro de combustible. <input type="checkbox"/> Filtro de aceite motor. <input type="checkbox"/> Bomba de cebado.
		<input type="checkbox"/> Limpiar el deposito del filtro separador de agua <input type="checkbox"/> SOS Motor. <input type="checkbox"/> SOS Refrigerante.
OBSERVACIONES		
2.-	Inspeccionar /Verificar (Inspeccion visual)	Puntos de servicio
RODAMIENTOS Y CARRILERA	<input type="checkbox"/> Nivel de aceite de mandos finales (LHy RH) <input type="checkbox"/> Fugas de aceite mandos finales (DUO CONE) (LHy RH) <input type="checkbox"/> Fugas de aceite por motor de travel (LHy RH) <input type="checkbox"/> Estado de tapones de Mandos finales (LHy RH) <input type="checkbox"/> Condicion rodillos superiores de oruga (LHy RH) <input type="checkbox"/> Condición de rodillos inferiores de oruga. (LHy RH) <input type="checkbox"/> Zapatas de cadenas (RH y LH). <input type="checkbox"/> Estado de bocinas de cadenas (RH y LH). <input type="checkbox"/> Fugas por rodillos inferiores (LHy RH) <input type="checkbox"/> Juego libre de rodillos superiores LH	<input type="checkbox"/> Verificar, Regular comba de cadena LH. <input type="checkbox"/> Verificar, Regular comba de cadena RH. <input type="checkbox"/> Sonidos irregulares al desplazar el equipo. <input type="checkbox"/> Inspeccionar estado de ruedas guía (RH y LH). <input type="checkbox"/> Estado de segmentos de sprockets (RH y LH). <input type="checkbox"/> Fugas por rodillos superiores (LHy RH). <input type="checkbox"/> Juego libre de rodillos superiores RH.
		<input type="checkbox"/> SOS Mando final LH. <input type="checkbox"/> SOS Mando final RH.
OBSERVACIONES		
3.-	Inspeccionar /Verificar /Limpiar (Inspeccion visual)	Puntos de servicio
SISTEMA HIDRAULICO	<input type="checkbox"/> Nivel de aceite de sistema Hyd. <input type="checkbox"/> Bomba principal lado RH. <input type="checkbox"/> Bomba principal lado LH. <input type="checkbox"/> Bomba doble o triple. <input type="checkbox"/> Bomba de propulsion. <input type="checkbox"/> Motor de rotacion 1, fugas de aceite. <input type="checkbox"/> Motor de rotacion 2, fugas de aceite. <input type="checkbox"/> Motor de ventilacion enfriadores sistema de enfriamiento. <input type="checkbox"/> valvula reguladora de avance.	<input type="checkbox"/> valvula de gatos posteriores. <input type="checkbox"/> Evaluar sonidos irregulares al activar los cilindros hidraulicos. <input type="checkbox"/> Evaluar estado de vastagos de cilindros hidraulicos. <input type="checkbox"/> Estado de control de valvulas principal (fugas). <input type="checkbox"/> Cap de toma rapida muestra SOS. <input type="checkbox"/> Hermeticidad de tapa de TQ hidraulico. <input type="checkbox"/> Mirilla de nivel de aceite hidraulico. <input type="checkbox"/> Respiradero de tanque hidraulico.
		<input type="checkbox"/> SOS Hidraulico
OBSERVACIONES		
4.-	Inspeccionar /Verificar (Inspeccion visual)	



## ANEXO 18: Formato Solicitud de Backlog en FMGS

### BACKLOG 557

25-11-2022  
15:01

#### Información General

Prioridad <b>Alta</b>	Fecha de Creación 29-03-2022	Generador Walter Arcenio Jara Casas	Supervisor Elar Fredy Muñoz Garcia
--------------------------	---------------------------------	--	---------------------------------------

#### Equipo

Equipo PE-00017 - US009862	Modelo de Equipo DM45	Flota de Equipo Flota Perforadoras	Operación Minera Shahuindo Mina
-------------------------------	--------------------------	---------------------------------------	------------------------------------

#### Inspección

Tipo de Inspección Inspeccion de Campo	Lugar de Inspección Campo / Tajo
---	-------------------------------------

#### Componente

Código de Componente (ESTR.CUER.PIMA) EJE PIVOT DE MASTIL	Código Modificador CE - CENTRAL
---	------------------------------------

#### Defecto

Síntoma(s) DESGATE Y ROTURA DE BOCINAS DE EJE PIVOT	Acción de Reparación CAMBIO DE EJE Y BOCINAS DE EJE PIVOT DE MASTIL
--	--

#### Tiempo estimado de reparación

Tiempo Promedio Máquina 12 (hrs)	Horas Técnico 24 (hrs)	+	Horas Hombre Soldador 0 (hrs)	=	Total Horas Trabajo 24 (hrs)
-------------------------------------	---------------------------	---	----------------------------------	---	---------------------------------

#### Partes

(Código) Parte	Cantidad	Unidad
(2657399925) SHAFT,TOWER SUPPORT	1	EA
(2657559072) BUSHING,PIVOT TWRSUPPORT	2	EA

#### Herramientas

(Código) Herramienta	Cantidad	Unidad
No hay Herramientas agregadas		

#### Imágenes de Inspección



ANEXO 19: Mapa de Proceso Gestión de Backlogs.

