



**UNIVERSIDAD NACIONAL**

**“PEDRO RUIZ GALLO”**



**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**

**TESIS**

**Para optar el título profesional de:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**Aumento de la disponibilidad operativa basado en  
el análisis de modo y efecto de falla en la flota de  
empernadores – compañía minera Chungar S.A.C**

**Autor:  
Br. Contreras Pintado Cristian Elias**

**Asesor:  
ING. Tapia Asenjo Robinson**

**Lambayeque – Perú**

**2024**



# UNIVERSIDAD NACIONAL

## “PEDRO RUIZ GALLO”



**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**

### TESIS

**Para optar el título profesional de:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**Aumento de la disponibilidad operativa basado en  
el análisis de modo y efecto de falla en la flota de  
empernadores – compañía minera Chungar S.A.C**

**Autor:**

**Br. Contreras Pintado Cristian Elias**

**Aprobado por el Jurado Examinador:**

**PRESIDENTE**

**: M.Sc. Ing. Méndez Cruz, Oscar**

**SECRETARIO**

**: Ing. Yupanqui Rodriguez, Carlos**

**VOCAL**

**: Ing. Julca Orozco, Teobaldo Edgar**

**ASESOR**

**: Ing. Tapia Asenjo, Robinson**

**Lambayeque – Perú**

**2024**



# UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



## Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

### TESIS

#### TÍTULO

**Aumento de la disponibilidad operativa basado  
en el análisis de modo y efecto de falla en la flota  
de empernadores - compañía minera Chungar  
S.A.C**

#### CONTENIDOS

<b>CAPÍTULO I</b>	<b>: PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>: MARCO TEÓRICO</b>
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>: MARCO METODOLÓGICO</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS</b>
<b>CAPÍTULO V</b>	<b>: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>
<b>CAPÍTULO VI</b>	<b>: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>
<b>CAPÍTULO VII</b>	<b>: ANEXOS</b>

AUTOR:

**Br. Contreras Pintado Cristian Elias**

**M.Sc. Ing. Méndez Cruz, Oscar**  
**PRESIDENTE**

**Ing. Julca Orozco, Teobaldo Edgar**  
**VOCAL**

**Ing. Yupanqui Rodriguez, Carlos**  
**SECRETARIO**

**Ing. Tapia Asenjo, Robinson**  
**ASESOR**

**Lambayeque – Perú**  
**2024**

ANEXO 01

**CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE  
ORIGINALIDAD**

Yo, **ING. ROBINSON TAPIA ASENJO**, usuario revisor del documento titulado: “**Aumento de la disponibilidad operativa basado en el análisis de modo y efecto de falla de la flota de emperadores – compañía minera Chungar S.A.C**”

Cuyo autor es, **CONTRERAS PINTADO CRISTIAN ELIAS**, identificado con documento de identidad N°**70926473**, declaro que la evaluación realizada por el Programa informático ha arrojado un porcentaje de similitud de **16%**, verificable en el Resumen de Reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque 16 de febrero del 2024



---

**ING. ROBINSON TAPIA ASENJO**

**DNI: 16742683**  
**ASESOR**



---

**CONTRERAS PINTADO CRISTIAN ELIAS**

**DNI: 70926473**  
**AUTOR**

Se adjunta:

\*Resumen del Reporte automático de similitudes

\*Recibo Digital

# ACTA DE SUSTENTACION



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA**  
**DECANATO**



## ACTA DE SUSTENTACION N°038-2024-FIME



En la ciudad de Lambayeque, siendo las 01:00 p.m. del día jueves 15 de febrero de 2024. Se reunieron los miembros del jurado, designados mediante Resolución N°030-2024-D-VIRTUAL-FIME, de fecha 08 de febrero 2024, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación del Tesis ordinaria, conformado por los siguientes catedráticos:

M.Sc. Ing. OSCAR MÉNDEZ CRUZ  
M.Sc. Ing. CARLOS YUPANQUI RODRIGUEZ  
ING. TEOBALDO EDGAR JULCA OROZCO  
ING. ROBINSON TAPIA ASENJO

**PRESIDENTE**  
**SECRETARIO**  
**MIEMBRO**  
**ASESOR**

Se recibió la Tesis ordinaria titulada:

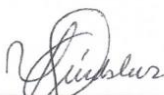
**"AUMENTO DE LA DISPONIBILIDAD OPERATIVA BASADA EN EL ANALISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA EN LA FLOTA DE EMPERNADORES – COMPAÑIA MINERA CHUNGAR S.A.C".**


Presentada y sustentada por su autor, Bachiller: **CONTRERAS PINTADO CRISTIAN ELÍAS.**

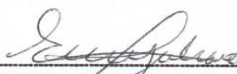
Finalizada la sustentación de la Tesis ordinaria, el sustentante respondió las preguntas y observaciones de los miembros del jurado examinador, quienes procedieron a deliberar y acordaron otorgar el calificativo de **APROBADO**, Nota ( 17 ) en la escala vigesimal, mención Bueno.

Quedando el sustentante apto para obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, de acuerdo a la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 1.45 p.m. del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta el jurado respectivo:

  
M.Sc. Ing. OSCAR MÉNDEZ CRUZ  
PRESIDENTE

  
M.Sc. Ing. CARLOS YUPANQUI RODRIGUEZ  
SECRETARIO

  
ING. TEOBALDO EDGAR JULCA OROZCO  
MIEMBRO

  
ING. ROBINSON TAPIA ASENJO  
ASESOR



## **RECIBO - TURNITIN**



### Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Cristian Elias Contreras Pintado  
Título del ejercicio: Avance de Tesis  
Título de la entrega: "Aumento de la Disponibilidad operativa basado en el Análisis...  
Nombre del archivo: INFORME\_FINAL\_DE\_TESIS\_-\_CRISTIAN\_CONTRERAS\_PINTAD...  
Tamaño del archivo: 985.48K  
Total páginas: 269  
Total de palabras: 50,843  
Total de caracteres: 280,660  
Fecha de entrega: 05-feb.-2024 03:12p. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega... 2287233084

 **UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**"PEDRO RUIZ GALLO"** 

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica  
PROGRAMA DE "ACTUALIZACIÓN PROFESIONAL Y METODOLOGÍA DE LA  
INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA"  
PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL ORDINARIA  
PERFIL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**"AUMENTO DE LA DISPONIBILIDAD OPERATIVA  
BASADO EN EL ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO  
DE FALLA EN LA FLOTA DE EMPERNADORES  
COMPAÑÍA MINERA CHUNGAR S.A.C"**

Autor:  
Bach. Contreras Pintado Cristian Elias

Asesor:  
ING. Tapia Asenjo Robinson  
Lambayeque- Perú  
2023

Derechos de autor 2024 Turnitin. Todos los derechos reservados.

ROBINSON TAPIA ASENJO  
ASESOR



## Comprobación de similitud - Turnitin

"Aumento de la Disponibilidad operativa basado en el Análisis de modo y efecto de falla en la flota de Empernadores - Compañía Minera Chungar S.A.C"

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>16%</b>	<b>15%</b>	<b>1%</b>	<b>10%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>2%</b>
<b>2</b>	<b>docplayer.es</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>dspace.ups.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>dspace.unitru.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>Submitted to Universidad Catolica Los Angeles de Chimbote</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>

  
ROBINSON TAPIA ASENJO  
ASESOR

## DEDICATORIA

Este trabajo de investigación va dedicado a mis queridos padres, que en todo momento me guían; quienes me motivaron me ayudaron incondicionalmente siendo hasta hoy la fuerza fundamental para lograr mis objetivos; ellos me inspiraron y siempre me brindaron lecciones de superación y determinación para salir adelante.

Cristian Elías



## AGRADECIMIENTO

Dios por darme la vida y amor, mi primer agradecimiento a EL. Mi gratitud a mis padres, motor y motivo para seguir adelante en este trabajo de investigación.

A los docentes de la universidad y a los directivos de la compañía minera Chungar S.A.C. en especial. A mi asesor Ing. Tapia Ajenjo, Robinson, que me orientó en cada inquietud haciendo posible el desarrollo de esta investigación.

A la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, por darme la oportunidad de graduarme como Ing. Mecánico Eléctrico.

Cristian Elías

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	1
AGRADECIMIENTO .....	ix
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	10
INDICE DE TABLAS .....	xiii
INDICE DE FIGURAS .....	xv
RESUMEN .....	xvi
ABSTRACT .....	xvii
I. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del Problema .....	1
1.1. Formulación del Problema .....	4
1.2. Justificación e importancia del estudio.....	4
1.2.1. Justificación teórica:.....	4
1.2.2. Justificación socio- ambiental: .....	5
1.2.3. Justificación Social: .....	5
1.3. Objetivos.....	5
1.3.1. Objetivo general .....	5
1.3.2. Objetivos Específicos: .....	5
II. MARCO TEÓRICO .....	6
2.1. Antecedentes de la investigación.....	6
2.2. Base Teórica .....	8
2.2.1. Análisis del mantenimiento .....	8
2.2.2. Objetivos y ventajas de realizar un mantenimiento: .....	9
2.2.3. Tipos de mantenimiento .....	9
2.2.4. Medios necesarios para realizar un mantenimiento adecuado .....	11
2.2.5. Limitaciones frecuentes en los procesos de mantenimiento.....	12
2.2.6. Organización del mantenimiento .....	13
2.2.7. Metodologías para la Ejecución del mantenimiento .....	14
2.2.8. Análisis de Modos de Falla y Efectos (AMEF): .....	15
2.2.9. Indicadores de Mantenimiento .....	20
2.2.10. Procesos para realizar el AMEF .....	22
2.3. Variables .....	28

2.4.	Hipótesis .....	29
2.5.	Definición de Términos .....	29
III.	MARCO METODOLOGICO .....	31
3.1.	Diseño de Contrastación de la Hipótesis .....	31
3.2.	Población y Muestra .....	32
3.2.1.	Población: .....	32
3.2.2.	Muestra: .....	32
3.2.3.	Muestreo: .....	32
3.3.	Materiales, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	33
3.3.1.	Materiales: .....	33
3.3.2.	Técnicas: .....	33
3.3.3.	Instrumentos: .....	33
3.4.	Análisis de los Datos .....	34
IV.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS .....	36
4.1.	Sistema de gestión actual del área de mantenimiento: .....	36
4.1.1.	Encuesta sobre el cumplimiento del mantenimiento programado:.....	36
4.1.2.	Encuesta sobre el cumplimiento de las órdenes de trabajo .....	38
4.1.3.	Encuesta sobre el cumplimiento del AMEF .....	39
4.1.4.	Resultados de encuestas del sistema de gestión de mantenimiento actual.	41
4.2.	Flota de Empernadores.....	43
4.2.1.	Historial de fallas de la flota de emperadores .....	43
4.2.2.	Evaluación de indicadores actuales de mantenimiento .....	44
4.2.3.	Análisis de criticidad a la flota de emperadores .....	46
4.2.4.	Evaluación de análisis de criticidad de toda la flota de emperadores .....	48
4.2.5.	Aplicación del AMEF al equipo más critico .....	49
4.2.6.	Número de prioridad de riesgo (NPR).....	49
4.2.7.	Evaluación de NPR actual.....	73
4.3.	Sistema de gestión propuesto del área de mantenimiento .....	73
4.3.1.	Evaluación de NPR proyectado.....	73
4.3.2.	Plan de mantenimiento propuesto .....	74
4.3.3.	Repuesto, insumos y herramientas requeridas para el plan de mantenimiento .....	87
4.3.4.	Evaluación del Sistema de gestión de mantenimiento propuesto .....	91
4.3.5.	Encuesta del cumplimiento del mantenimiento programado. ....	91

4.3.6.	Encuesta del cumplimiento sobre las órdenes de trabajo .....	93
4.3.7.	Encuesta del cumplimiento del AMEF.....	94
4.3.8.	Resultado del sistema de gestión de mantenimiento actual.....	96
4.3.9.	Evaluación de indicadores de mantenimiento proyectados.....	99
4.3.10.	Presupuesto y viabilidad económica del sistema de gestión de mantenimiento .....	103
4.4.1	Presupuesto anual del sistema de gestión de mantenimiento .....	104
4.4.2	Impacto económico del proyecto por eficiencia de equipo .....	110
4.4.3	Impacto económico generado por incremento de disponibilidad .....	110
4.4.4	Ingreso neto anual.....	110
4.4.5	Tiempo de recuperación de Inversión .....	111
DISCUSIÓN .....		111
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	115
5.1.	CONCLUSIONES.....	116
5.2.	RECOMENDACIONES .....	117
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	118
VII.	ANEXOS.....	121
ANEXO 1: ANÁLISIS AMEF.....		121
ANEXO 2: Encuesta sobre el cumplimiento del mantenimiento programado.....		260
ANEXO 3: Encuesta sobre el cumplimiento de las ordenes de trabajo .....		261
ANEXO 4: Encuesta sobre el cumplimiento de las ordenes de trabajo .....		262

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Aplicaciones del AMEF</i> .....	19
Tabla 2 <i>Grado de severidad en caso de falla</i> .....	22
Tabla 3 <i>Asignacion de consecuencia de falla</i> .....	23
Tabla 4 <i>Asignacion del grado de deteccion</i> .....	24
Tabla 5 <i>Riesgo de falla</i> .....	26
Tabla 6 <i>Frecuencia de falla</i> .....	26
Tabla 7 <i>Frecuencia de falla</i> .....	26
Tabla 8 <i>Flexibilidad operativa</i> .....	27
Tabla 9 <i>Asignación del grado de ocurrencia</i> .....	27
Tabla 10 <i>Análisis estadísticos</i> . ....	34
Tabla 11 <i>Cumplimiento del mantenimiento programado</i> .....	34
Tabla 12 <i>Cumplimiento de las ordenes de trabajo</i> .....	38
Tabla 13 <i>Cumplimiento del AMEF</i> .....	40
Tabla 14 <i>Muestra de la flota de empernadores de la compañía Minera Chungar S.A.C</i> .....	41
Tabla 15 <i>Historial de fallas de la flota vehicular, en el periodo 2022</i> .....	43
Tabla 16 <i>Evaluacion de los indicadores de mantenimiento, en el periodo 2022</i> .....	45
Tabla 17 <i>Resultado de indicadores de mantenimiento del empernador N°35</i> .....	45
Tabla 18 <i>Matriz de criticidad del vehiulo N°35</i> .....	48
Tabla 19 <i>Resultado del analisis de criticidad de la flota vehicular</i> .....	48
Tabla 20 <i>Aplicación de AMEF en el vehiculo N°35 , diversos sistemas</i> .....	50
Tabla 21 <i>Resultado de NPR Actual</i> .....	73
Tabla 22 <i>Resultado de NPR proyectado</i> .....	74
Tabla 23 <i>Plan de mantenimiento en base al AMEF para la flota de empernadores</i> .....	75
Tabla 24 <i>Repuestos requeridos para el plan de mantenimiento anual por cada unidad</i> .....	87
Tabla 25 <i>Herramientas e instrumentos requeridos para ejecutar el plan de mantenimiento propuesto</i> .....	91
Tabla 26 <i>Resultados de encuesta del cumplimiento del mantenimiento programado post AMEF</i> .....	92
Tabla 27 <i>Resultados de encuesta de cumplimiento de ordenes de trabajo post AMEF</i> .....	93
Tabla 28 <i>Resultados de encuesta de cumplimiento del AMEF post AMEF</i> .....	95
Tabla 29 <i>Análisis de los sistemas de gestión de mantenimiento post AMEF</i> .....	97
Tabla 30 <i>Comparativa del sistema de gestion de antes y post implementacion del AMEF</i> .....	98
Tabla 31 <i>Horas anuales requeridas para el plan de mantenimiento</i> .....	99
Tabla 32 <i>Horas anuales programadas según tiempo de operación</i> .....	99

Tabla 33 <i>Numero de intervenciones según plan de mantenimiento</i> .....	100
Tabla 34 <i>Resultado de indicadores de mantenimiento del empernador N°35</i> .....	101
Tabla 35 <i>Comparativa del sistema de gestion antes y despues post AMEF</i> .....	102
Tabla 36 <i>Costo de repuestos para el plan de mantenimiento anual de cada unidad</i> .....	104
Tabla 37 <i>Costo de herramientas e insumos</i> .....	107
Tabla 38 <i>Salario mensual y por hora de cada puesto</i> .....	109
Tabla 39 <i>Costo de salario anual y costo hora de cada puesto implementado</i> .....	1109
Tabla 40 <i>Presupuesto para la implementacion del sistema de gestion propuesto</i> ...	109
Tabla 41 <i>Impacto economico anual</i> .....	110
Tabla 42 <i>Evaluacion del ahorro economico anual generado por incremento de la disponibilidad operativa</i> .....	110

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Resumen Horas Paradas / Mes por equipo</i> .....	3
Figura 2 <i>Resumen de flota con Horómetro Disponibilidad promedio</i> .....	5
Figura 3 <i>Resumen disponibilidad operativa del año 2022</i> .....	4
Figura 4 18	
Figura 5 <i>Diagrama de la metodología de Analisis de efectos de modos de falla</i> .....	19
Figura 6 <i>Matriz de criticidad</i> .....	26
Figura 7 <i>Analisis del sistema de gestion de mantenimiento actual</i> .....	42
Figura 8 <i>Resultado de indicadores de mantenimiento del empernador N°35</i> .....	46
Figura 9 <i>Analisis del sistema de gestion de mantenimiento post implementacion AMEF</i> .....	96
Figura 10 <i>Analisis comparativo de la propuesta pre y post implementacion del AMEF</i> .....	98
Figura 11 <i>Resultado de de mantenimiento del empernador N°35 post implementacion del AMEF</i> .....	101
Figura 12 <i>Analisis comparativo de indicadores de mantenimiento de la propuesta pre y post implementacion del AMEF</i> .....	103



## RESUMEN

El estudio tuvo por objetivo aumentar la disponibilidad operativa basado en el análisis de modo y efecto de falla en la flota de empernadores compañía Minera Chungar S.A.C. La metodología fue aplicada con enfoque cuantitativo cuasi experimental, transversal. La técnica utilizada fue el análisis documental, los instrumentos aplicados fueron una guía de observación y un cuestionario. La muestra estuvo compuesta por 3 máquinas empernadores pertenecientes a la Compañía Minera Chungar S.A.C. Para esto, se empleó el análisis de modo y efecto de falla en la flota de empernadores con el fin de mejorar la disponibilidad operativa, la cual experimentó un aumento significativo, pasando del 79% al 90%. La confiabilidad también se incrementó, pasando del 55% al 78%. La mantenibilidad mejoró considerablemente, aumentando del 88% al 91.76%, Se realizó una estimación para implementar el proyecto, alcanzando un total de S/. 737.159.39 soles al año. Al mejorar la disponibilidad, habría un ahorro económico generado de S/ 5.943.870.00, generando un ingreso neto anual de S/. 5.206.710.61 Esto permitió determinar que la propuesta generó una mayor fiabilidad y durabilidad de los equipos o procesos evaluados, evidenciando mejoras notables en estos indicadores clave de desempeño.

Palabras claves: Mantenimiento, Disponibilidad, Confiabilidad, Mantenibilidad, Análisis de criticidad, Análisis de modo y efecto de falla.

## ABSTRACT

The study aimed to increase operational availability based on the analysis of failure mode and effect in the Minera Chungar S.A.C.'s rock bolting fleet. The methodology employed a quasi-experimental, cross-sectional quantitative approach. Documentary analysis was the technique utilized, employing observation guidelines and a questionnaire as instruments. The sample consisted of 3 rock bolting machines owned by Minera Chungar S.A.C. The failure mode and effect analysis were applied to improve operational availability. Operational availability was determined and experienced a significant increase from 79% to 90%. Reliability also increased from 55% to 78%, while maintainability significantly improved from 88% to 91.76%. An estimation for project implementation reached a total of S/. 737.159.39 soles per year. With enhanced availability, annual rental expenses reduced by S/ 5.943.870.00 soles per year, resulting in a net income of S/. 5.206.710.61 soles per year. This enabled the determination that the proposal led to increased reliability and durability of the assessed equipment or processes, showcasing notable improvements in these key performance indicators.

Keywords: Maintenance, Availability, Reliability, Maintainability, Criticality analysis, Analysis of failure mode and effect.

## **I. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Planteamiento del Problema**

En el mundo diversos países consideran a la minería como uno de los factores más importantes para el crecimiento económico. En este contexto, las naciones generan nuevas normativas que propicien la generación de la inversión privada en la explotación y operación minera. De este modo se generan beneficios en el país en el cual se desarrolla la actividad, puesto que, se contribuye a un incremento de las recaudaciones tributarias, ingresos por exportaciones, nuevos puestos de trabajo, nuevas obras de infraestructura, y uso de nuevas tecnologías. (Banco Mundial, 2013) Dado esto, surge la necesidad de que los equipos con los cuales se desarrollan los trabajos en la actividad minera cuenten con el mayor grado de disponibilidad operativa. Para esto se debe contar con planes de mantenimiento, de este modo, se evitará recurrir a reparaciones no programadas, la paralización de la actividad, lo cual generará pérdidas económicas en una empresa. Cabe destacar que en cualquier industria la rentabilidad y la competitividad son factores determinantes para el desarrollo de una empresa. (Rumbo minero, 2020).

El desarrollo de planes de mantenimiento, deben estar enfocados en mejorar la disponibilidad operativa como en crear acciones para mejorar la fiabilidad, esto dará como resultado que la productividad puede mejorar hasta en un 25, reduciendo también los costos de mantenimiento hasta en un 30%, e incrementando la vida útil de los equipos hasta en un 50%. (Danger, A. & Pierre, L., 2017) Así mismo, es importante tener presente que los costos generados por el mantenimiento son esenciales para la rentabilidad de una empresa. Es por ello, que se deben revisar los costos de confiabilidad, costos de lucro cesante, y el costo beneficio, que permitan realizar operaciones sostenibles y rentables (Rumbo minero, 2022)

El AMEF es una metodología destinada a encontrar fallas potenciales en un sistema, producto, u operaciones generadas por deficiencias en los procesos de diseño, reconociendo las características de diseño o procesos que necesiten de controles especiales, de este modo podrán detectarse a tiempo los problemas antes de que sucedan. Dentro de las características con las que cuenta son el reconocimiento y

evaluación de los modos de fallas potenciales y causas asociadas al diseño y manufactura, reconocimiento de las fallas potenciales en el desarrollo del sistema, y determinar acciones que permitan prevenir o eliminar cualquier posible falla. Lean Construcción México (2020)

La empresa de Volcán Compañía Minera S.A es una empresa dedicada a la explotación de recursos mineros en la sierra central del Perú, siendo una de sus subsidiarias la Compañía Minera Chungar en la provincia de Huayllay, en Cerro de Pasco. Los equipos empernadores cumplen la labor de sostenimiento empernando puntos estratégicos evitando la caída de rocas para no afectar la producción durante el proceso de voladura en la mina subterránea. Debido a la ineficiente gestión de administración de los recursos ha mermado la disponibilidad por debajo de los parámetros establecidos, lo cual genera paradas de trabajo. En la Unidad Minera Chungar, se analizará a los empernadores, EMP-0035-CH, EMP-0038-CH, EMP-0041-CH, donde se tiene un problema con respecto a la disponibilidad por debajo del estándar de un 86.5 %. Dado esto, se ha decidido implementar el Análisis de Modo y Efecto de fallo para prevenir estas situaciones que pongan en riesgo las operaciones mineras.

En la Unidad Minera Chungar, se analizara a los empernadores, EMP-0035-CH, EMP-0038-CH, EMP-0041-CH, donde se tiene un problema con respecto a la disponibilidad por debajo del estándar de un 86.5 % que presenta y a las consecuencias que trae esta baja disponibilidad como las horas paradas/mes que afecta directamente a la producción debido a la inadecuada gestión por parte de la empresa especializada encargada de administrar esta flota para ello se ha decidido implementar el Análisis de Modo y Efecto de fallo para prevenir estas situaciones que pongan en la riesgo las operaciones mineras. Se tiene un histórico de fallas en los equipos Empernadores de la Unidad Minera Chungar, se puede notar que tiene un promedio de 40 horas mensuales en paradas correctivas y un promedio de 121 horas perdidas en toda la flota/mes.

Figura 1

*Resumen Horas Paradas / Mes por Equipo*



Fuente: Empresa Unidad Minera Chungar

Se tiene un histórico de fallas en los equipos Empernadores de la Unidad Minera Chungar, se puede notar que tiene un promedio de 40 horas mensuales en paradas correctivas y un promedio de 121 horas perdidas en toda la flota/mes.

Para este presente proyecto solo se va a considerar la flota de 3 Empernadores la cual se realizará el análisis de modo y efectos de fallo en la cual aumentará la disponibilidad operativa de estos.

Figura 2

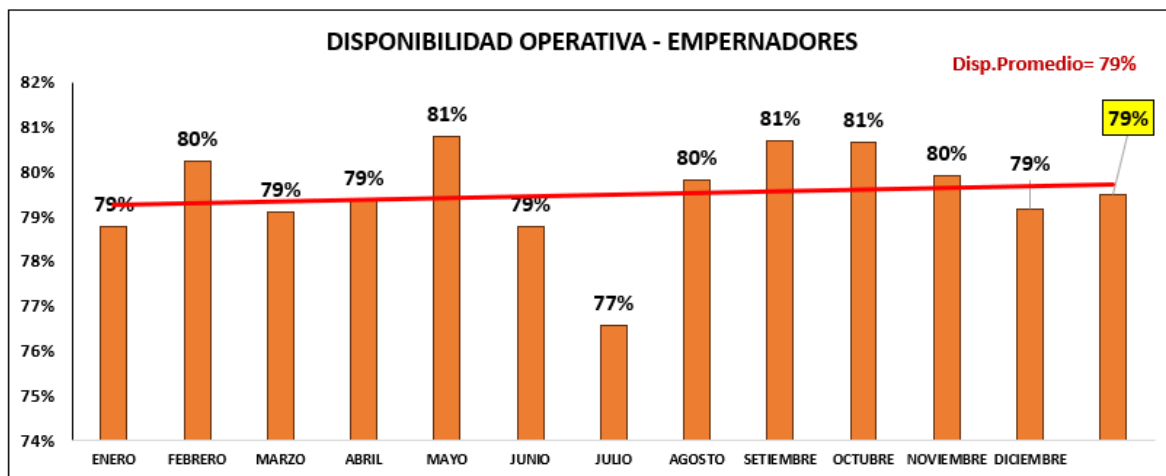
*Resumen de flota con Horómetro Disponibilidad promedio de los últimos 5 meses*

EQUIPO	AÑO DE FABRICACION	HOROMETRO
EMP-0035-CH	Jul-19	3953.8
EMP-0038-CH	Nov-19	4933.2
EMP-0041-CH	May-20	814.6

Fuente: Empresa Unidad Minera Chungar

Figura 3

*Resumen Disponibilidad Operativa del año 2022*



Fuente: Empresa Unidad Minera Chungar

Como se visualiza de acuerdo con los datos brindados por la empresa Unidad Minera Chungar se tiene un promedio de: 79 % que es por debajo del estándar  $\geq 86\%$ , según el contrato con la empresa Resemin S.A, el cual esto trae a su consecuencia perdida de producción y costos de mantenimiento, lo cual en este proyecto se va a reducir para mejora de la Compañía Minera Chungar S.A.C, utilizando esta metodología proactiva llamada AMEF (Análisis de Modo y Efecto de falla).

### 1.1. Formulación del Problema

¿Cómo aumentar la disponibilidad operativa basado en el análisis de modo y efecto de falla en la flota de empernadores compañía Minera Chungar S.A.C.?

### 1.2. Justificación e importancia del estudio

#### 1.2.1. Justificación teórica:

El estudio hará uso de teorías para el análisis de modos y efectos de fallas, las cuales nos permitirán determinar un plan de mantenimiento preventivo para las maquinarias, de este modo se reducirán los tiempos de producción.

Justificación económica: La implementación de planes de mantenimiento, mejorarán la disponibilidad operativa, reduciendo las fallas y evitando posteriores paradas o el cese de actividad, de este modo la empresa podrá obtener mayores beneficios y rentabilidad

económica.

#### **1.2.2. Justificación socio- ambiental:**

El tener un adecuado control y gestión permitirá dar un mejor uso a las maquinarias, filtros, lubricantes, etc., reduciendo la huella de carbono y contaminación ambiental que se generaría en áreas próximas a la ubicación de la mina.

#### **1.2.3. Justificación Social:**

La generación de un plan de mantenimiento y mejoras permitirá tener un control adecuado de las paradas y fallas, lo cual será un gran beneficio para la empresa y para la comunidad.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Aumentar la disponibilidad operativa basado en el análisis de modo y efecto de falla en la flota de empernadores de la Compañía Minera Chungar S.A.C.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos:**

Análisis técnico:

- Realizar una evaluación de la gestión actual de la flota de empernadores (planes de mantenimiento, recurso humano, repuestos y herramientas.)
- Realizar un diagnóstico de la situación actual de los indicadores de mantenimiento (disponibilidad, tiempo promedio entre reparaciones y tiempo promedio entre fallas) de la flota de empernadores.
- Calcular la confiabilidad de los equipos y matriz de criticidad, con el fin de identificar fallas potenciales en los diversos sistemas de la flota de empernadores.
- Proponer planes de mantenimiento preventivo de acorde a las acciones generadas en la metodología de análisis de modo y efecto de falla.

Análisis económico:

- Calcular el beneficio en costos por implementación de gestión efectiva de riesgo y mejora en confiabilidad de la flota de empernadores mediante la metodología del AMEF.



## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

Álvarez, L. (2017). En su estudio elaboró un plan de mantenimiento basado en el AMEF, para aumentar la disponibilidad de la flota de la empresa Emtrafesa. El estudio fue descriptivo con diseño comparativo. Le técnica empleada fue el análisis documental, para esto se analizaron los datos tomados de registros con los que cuenta la empresa, donde indican las intervenciones de los equipos de la flota existente. Se estudió el historial de mantenimiento, determinándose los tiempos de reparación por falla, generándose una disponibilidad del 77%. Del análisis de criticidad determinó 40 fallas a diversos elementos por maquinaria en base a 5 criterios como frecuencia de fallas, impacto operacional, flexibilidad operacional, costos de mantenimiento, e impacto de seguridad y medio ambiente. De lo cual pudo identificar 22 fallas críticas, 10 fallas semi-críticas, y 8 fallas no críticas. El plan de mantenimiento tomó de base la resolución de preguntas realizadas a operarios de la empresa, y un árbol de decisiones, en el cual se proponen las tareas de mantenimiento e intervalos de ejecución. Así mismo, se evaluaron los parámetros e indicadores de mantenimiento, por lo cual se obtuvo un incremento de la disponibilidad del 19% fiabilidad en un 12% y mantenibilidad constante de 4%. De este modo se redujeron 22 fallas, 315 intervenciones, 892.17 horas de reparación y logrando un aumento en el tiempo promedio entre fallas de 162.14 horas útiles.

Ruiz, S. (2018). Propuso un sistema de gestión de mantenimiento basado en análisis de modo y efecto de falla para mejorar la disponibilidad de la flota vehicular en la empresa Chimú Agropecuaria S.A. Se analizaron los planes de mantenimiento con los que contaba la empresa, y el desarrollo del mismo en base a un calendario establecido, estudiándose los indicadores del mantenimiento. Dado esto, se concluyó que inicialmente se contaba con una disponibilidad del 87.8%, una confiabilidad del 69.2%, y una mantenibilidad del 92%. De la aplicación del análisis de criticidad a 30 vehículos, de los cuales pudo identificarse que 10 se encontraban en estado crítico, 5 en estado semi- crítico, y 15 en estado no crítico. Posteriormente se aplicó la metodología de análisis de modo y efecto de falla identificando fallas y formular acciones para la mejora. Dado esto, se propuso un sistema de mantenimiento basado en el círculo de calidad y un plan de actividades de mantenimiento preventivo del cual se mejoraron los indicadores de mantenimiento, obteniéndose una disponibilidad del

85.6%, una confiabilidad del 84.6%, y una mantenibilidad del 97.4%. Se estimó un presupuesto para la implementación del mantenimiento siendo este de 1.3 millones de soles anuales, siendo los gastos por mantenimiento de los vehículos de 2.7 millones de soles anuales, estimó las ganancias en 1.4 millones de soles anuales. Dado esto, concluyó en la viabilidad económica del sistema de gestión de mantenimiento propuesto.

Valdiviezo, G. (2017) En su estudio implemento un programa de mantenimiento para incrementar su la disponibilidad de la flota vehicular de la empresa Valdivieso S.R.L. Empleo la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) la cual contempla el estudio del sistema, subsistemas y componentes que componen el vehículo. Se evaluaron las condiciones actuales del mantenimiento basándose en el historial de mantenimiento de las unidades de la flota vehicular teniendo en cuenta algunos tiempos aproximados, determinándose los tiempos de reparación entre 20 minutos a 36 horas por cada falla. Se realizó un análisis de criticidad a los vehículos, agrupándose de este modo las fallas de los componentes de las maquinarias como motor, reductor de velocidad, carro transporte, sistema de admisión y transmisión, determinándose modos de falla funcional, causas potenciales y modo de resolución. Esta información fue representada en un diagrama de Pareto para determinar cuáles serían las principales fallas por resolver. Se realizó un documento conocido como check-list, en el cual se establecían las tareas que deberían resolverse, y la evolución de estas en función del mantenimiento generado, dichos documentos fueron posteriormente cargados a una base de datos.

Vásquez, J. (2016) propuso un sistema de gestión de mantenimiento basado en el riesgo para aumentar la confiabilidad de la maquinaria pesada en la empresa Representaciones y Servicios Técnicos América, para esto hicieron uso de la metodología de análisis de modo y efecto de falla (AMEF) y número de prioridad de riesgo (NPR). Para esto, se analizaron 14 máquinas de diversos modelos y marcas. Durante el periodo 2015 se estimaron que los tiempos de reparaciones fueron de 1768 horas, generando pérdidas económicas de 298400 soles. Del historial de análisis del periodo 2015 se identificaron 299 intervenciones con tiempos promedios de 5.91 horas de reparación/ intervención, y tiempos promedio entre fallas de 40.18 horas útiles / intervención. Dado esto, se determinaron los indicadores de

mantenimiento en una disponibilidad del 87.17%, una confiabilidad del 78.33% y mantenibilidad de 12.94%. Posteriormente se realizó un análisis de criticidad a toda la maquinaria, en base a la frecuencia de las fallas, el impacto operacional, costos de mantenimiento, seguridad ambiental y humana. Dado esto, se determinó la criticidad en 8 de las 14 máquinas estudiadas. Se gestionó un plan de mantenimiento del riesgo en base a la información obtenida, donde se obtuvieron mejoras a los planes previos, determinándose una disponibilidad del 92.23%, una confiabilidad del 87.05%, y una mantenibilidad del 12.83%.

Hamid, D. (2016), propuso un plan de mantenimiento para la flota vehicular Megalog, con el objetivo de asegurar la disponibilidad de los equipos para su utilización de movilización, cumpliendo de una manera eficiente para la satisfacción de los clientes. Se identificó que el plan de mantenimiento utilizado era de tipo correctivo, el cual era aplicado cuando la maquinaria no podía volver a encenderse o deja de funcionar. Se realizó un inventario de los componentes del sistema como base para el desarrollo de planes de mantenimiento con el análisis documental, fichas rutinarias, etc. determinándose las características de las unidades, permitiendo reconocer el inicio de las fallas, permitiendo de este modo la anticipación a la generación de las mismas en los casos de mayor gravedad, tener un control diario de los km recorridos y horas de operación. Del análisis se concluyó que, la flota se encuentra en una condición electromecánica satisfactoria, debido, al número reducido de unidades que tiene y al porcentaje de unidades nuevas. Los equipos y herramientas escasos no cubren la demanda de utilización. El personal de la flota demuestra falencias de conocimientos técnicos. El proceso seguido para desarrollar el plan de mantenimiento muestra en su estructuración, la manera de aplicar auditorias, para el mejoramiento continuo de las actividades de mantenimiento de una flota, instalación o cualquier equipo productivo público o privado.

## 2.2. Base Teórica

### 2.2.1. Análisis del mantenimiento

Conjunto de acciones destinadas a mantener, prevenir y mejorar aspectos de un sistema (herramientas, maquinarias, redes, etc.), establecimientos (edificios, viviendas, locales comerciales, oficinas, etc.). Este puede tener distinto fin el cual puede ser, productividad, confort, seguridad, salubridad e higiene, u otro.

El realizar un mantenimiento continuo, o contar con un plan que nos permita ejecutar el

mismo en distintos periodos es sumamente beneficioso para el propietario de un equipo, redes de servicio público o de un establecimiento edilicio, pues nos brinda la posibilidad de racionalizar los costos operativos, permitiendo que el ciclo de vida de estos sea mayor al habitual, lo cual no sucede en los casos en los que este no es realizado. en los casos en los que este no es ejecutado.

#### 2.2.2. Objetivos y ventajas de realizar un mantenimiento:

Nos permite evitar, reducir y reparar fallas sobre los bienes.

Permite el correcto funcionamiento de un equipo o establecimiento durante su uso, conservando así los bienes en condiciones seguras preestablecidas para la operación.

Permite evitar accidentes e incidentes, aumentando de esta forma la seguridad de las personas, disminuyendo la gravedad de fallas en caso de que estas no puedan evitarse.

Permite racionalizar los costos operativos, aumentando así el ciclo de vida de nuestros equipos o establecimientos, obteniendo un rendimiento aceptable al reducir el número de fallas.

Cotidianamente suele decirse que un equipo o establecimiento falla cuando el servicio que es brindado por este presente efectos indeseables (no habituales en su uso), según las especificaciones técnicas de diseño mediante las cuales este fue construido o instalado. Esto suele darse porque los propietarios no cumplen con el requisito indispensable al tener un equipo o establecimiento, el cual consiste en contar con un plan de mantenimiento del mismo.

#### 2.2.3. Tipos de mantenimiento

Existen 3 tipos de mantenimiento los cuales son aplicados en la mayoría de las empresas que trabajan con maquinarias y equipos, establecimientos edilicios, ya sean estos mecánicos, eléctricos, hidráulicos, etc.

A continuación, realizaremos un breve repaso por cada uno de ellos:

##### 2.2.3.1. Mantenimiento predictivo.

Tiene como finalidad el detectar posibles fallas o defectos en las maquinarias, y equipos mucho antes de que estos las presenten durante su uso, evitando así alterar el funcionamiento normal de la empresa mientras estos están operando.

Para esto el profesional analizará los parámetros de funcionamiento de los equipos y maquinarias, de esta forma podrá determinar en qué periodo de tiempo ese fallo va a tomar una relevancia importante, y así poder planificar todas las intervenciones con tiempo

suficiente, para que ese fallo nunca tenga consecuencias graves.

Es de vital importancia que la inspección de los equipos y maquinarias sea realizada de forma periódica, lo mismo dependerá del tipo de sistema utilizado, las fallas a diagnosticar y la inversión que pueda realizarse por el propietario o comitente.

Existen algunas ventajas al realizar este tipo de mantenimiento:

- Evita que el funcionamiento normal de una empresa sea alterado mientras las maquinarias o equipos se encuentran operando.
- Reduce el tiempo de gestión del personal que realiza el mantenimiento, esto a su vez permite que la cantidad de operarios sea mucho menor, reduciendo de esta forma muy significativamente los costos operativos.
- Permite conocer en qué periodo de tiempo los equipos y maquinarias podrían fallar, asegurando al profesional el planificar todas las intervenciones con tiempo suficiente.
- Permite generar un historial de actuaciones de las maquinarias y equipos empleados para su posterior mantenimiento.
- Facilita el análisis de averías a través de un análisis estadístico.

#### 2.2.3.2. Mantenimiento preventivo

Tiene como finalidad la conservación de equipos, maquinaria, instalaciones, etc., mediante una serie de actividades programadas de inspecciones, en las cuales se evaluarán: funcionamiento, seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, calibración, las cuales deberán ejecutarse siguiendo como base un plan de establecido.

El principal propósito del mantenimiento preventivo es reconocer averías y desperfectos en su estado inicial y que las mismas sean corregidas, para que de esta forma el proceso de marcha de las operaciones sea óptimos y eficientes.

Una de las principales diferencias entre el mantenimiento preventivo y el predictivo está en que este no depende de mediciones y análisis. A su vez en este la inversión realizada es mucho menor, pues los costos se reducirán al minimizar un mantenimiento innecesario, como el que muchas veces suele existir en el mantenimiento predictivo.

Se diferencia también del mantenimiento correctivo pues este se utiliza para reparar equipos y maquinarias cuando estas se encuentran fuera de uso.

Una de las metodologías habituales para el mantenimiento preventivo consiste en llevar a cabo las recomendaciones de los fabricantes de los equipos y maquinarias, los cuales

generalmente se encuentran en pequeños manuales con especificaciones fácilmente legibles por cualquier persona.

Entre las ventajas que podemos encontrar en este tipo de mantenimiento están:

Fácil detección de fallos repetitivos, disminuyendo de esta forma los puntos muertos en las paradas, aumentando la vida útil de los equipos, costos y reparaciones.

Permite la automatización del sistema, mediante el uso de software con lo cual el usuario puede revisar periódicamente el estado de los equipos y maquinarias, como así el realizar pequeños ajustes de forma muy sencilla.

Permite mitigar las consecuencias de las fallas de los equipos, disminuyendo las incidencias mucho tiempo antes de que estos ocurran.

#### 2.2.3.3. Mantenimiento correctivo

Frecuentemente conocido como mantenimiento por rotura. Se trata de un conjunto de técnicas destinadas a corregir las fallas de un equipo o maquinaria que se encuentren fuera de uso. Este tipo de mantenimiento nos permite reparar las fallas de los mismos, para así llevarlos a su funcionamiento inicial.

A diferencia del mantenimiento preventivo y predictivo, es que este tipo de mantenimiento no cuenta con un plan de trabajo para realizar el mismo de forma periódica, teniendo como gran inconveniente el no conseguir piezas que permitan reparar los equipos o reemplazar a los mismos.

Al ser un mantenimiento que no cuenta con un plan de trabajo es sumamente habitual que no se encuentren con personal idóneo para realizar las tareas.

Entre las grandes desventajas que este tipo de mantenimiento presenta es que tiene un mayor impacto económico-financiero en las empresas pues en la gran mayoría de los casos los equipos suelen ser cambiados totalmente, mientras que un gran porcentaje significativo de estas fallas podría haber sido evitadas si se realizaba en mantenimiento preventivo y predictivo adecuado.

#### 2.2.4. Medios necesarios para realizar un mantenimiento adecuado

- Suministro adecuado de repuestos y elementos de reparación: siendo estos de tipo simple o especiales, deben estar presentes en una bodega o pañol, esto es fundamental en toda empresa, pues permitirá que en caso de ser necesaria realizar una reparación esta pueda ser ejecutada por personal técnico.

- Equipos y herramientas de prueba y apoyo: Toda empresa deberá contar con equipos que permitan realizar tareas de comprobación y calibración del estado de los equipos y maquinarias, y así asegurar un adecuado mantenimiento.
- Espacio de trabajo: toda empresa sin importar las funciones que esta realice deberá contar con un lugar de trabajo, o laboratorio de ensayos en el cual el personal técnico pueda realizar las reparaciones necesarias.
- Documentación técnica: Como mencionamos en párrafos anteriores es fundamental que los equipos y maquinarias pertenecientes a una empresa, cuenten con manuales indicativos con datos técnicos, (los cuales generalmente son entregados por las empresas que proveen los equipos) los cuales deberán indicar procedimientos de inspección y calibración de los mismos, haciendo de esta forma una tarea mucho más sencilla de realizar por el personal técnico.
- Personal Idóneo: El personal perteneciente a una empresa o, personal del tipo privado subcontratado para realizar las tareas de mantenimiento de equipos y maquinarias, deberá estar técnicamente capacitado, pues muchas veces se ha visto que las tareas de mantenimiento son realizadas por personal sin ningún tipo de preparación o capacitación, quienes no solo son incapaces de realizar el mantenimiento adecuado, en muchos casos se ha visto que suelen generar en los equipos fallas mayores a las precedentes.

#### 2.2.5. Limitaciones frecuentes en los procesos de mantenimiento

- Presupuesto: Muchas veces las empresas no cuentan con los medios económicos necesarios para la realización de mantenimiento adecuado, lo cual genera que los equipos y maquinarias cesen mientras se encuentran en funcionamiento, a causa del uso.
- Programación, tiempo disponible, horas hombre: Toda empresa deberá contar con personal disponible para realizar las tareas de mantenimiento necesarias, muchas veces se ha visto interrumpida el trabajo en las mismas a causa de falla de los equipos, lo cual por consiguiente genera pérdidas económicas.
- Reglamentaciones de Seguridad: La seguridad, higiene y salud, se ha convertido en uno de los pilares fundamentales en la actualidad con lo que toda empresa debe contar, pues estos buscan mantener en forma adecuada la integridad física de quienes



forman operan la maquinaria y equipos.

- Documentación técnica: Como mencionamos anteriormente en uno de los aspectos necesarios para realizar un mantenimiento adecuado, lo incluimos en este párrafo, pues muchas empresas no cuentan con los manuales necesarios para realizar el mantenimiento de los equipos y maquinarias que estos poseen.
- Clima laboral y proyección de carrera: Es necesario que el personal que forme parte de una empresa se sienta identificada con la misma, pues eso logrará un entorno laboral adecuado y compañerismo los miembros.
- Para culminar esta sección expresaremos que cada uno de los puntos mencionados aquí como necesarios y limitaciones, cuentan cada uno con un nivel de importancia determinado, por lo cual el prescindir de uno de ellos haría que el realizar las tareas de mantenimiento sean mucho más complejas de realizar.

#### 2.2.6. Organización del mantenimiento

Ya sea que el mantenimiento a ejecutar sea en una red de distribución suburbana (aérea) o urbana (subterránea). Esta debe contar con una organización estructurada diversa, entre las mismas deberá contar con:

- Políticas de trabajo de mantenimiento: Toda empresa que realice funciones ya sean del tipo públicas o privadas deberá tener entre sus directrices, el establecer estrategias dentro de su organización para el correcto funcionamiento de los equipos y maquinarias, y así evitar el cese de las tareas, estructurando las mismas en diferentes fases, las cuales estarán compuestas en: planificación, programación, preparación, ejecución y evaluación de los resultados obtenidos.
- Planificación para realizar el mantenimiento: Ya sea que las empresas requieran realizar, mantenimiento preventivo o predictivo, estas deberán contar con programas que permitan conocer los planes de ejecución para el mantener en correcto funcionamiento los equipos y maquinarias, evitando de esta forma el cese de las tareas, y pérdidas económicas referentes a producción y horas hombre.
- Programas de ejecución de tareas: Estos programas permitirán que los integrantes de una empresa o corporación conozcan las tareas que deben realizarse en los equipos y las fechas a ejecutar las mismas.

### 2.2.7. Metodologías para la Ejecución del mantenimiento

En la actualidad existen múltiples técnicas para realizar las maniobras de mantenimiento, las cuales son aplicables en distintos casos, más las mismas pueden llevarnos a resultados similares. Hacemos un breve repaso de estas:

- **Mantenimiento basado en la vida del Sistema (LBM):** En este caso como parte de las políticas de una corporación o empresa, estará presente un plan de mantenimiento preventivo, en el cual quedará establecido las tareas a ejecutar en periodos determinados durante la vida útil de los equipos y maquinarias.
- **Mantenimiento Basado en la Ocurrencia de la Falla (FBM):** En este caso las tareas de mantenimiento tendrán lugar al momento en el que el defecto llegue a producirse, momento en el cual los equipos y maquinarias presenten inconvenientes que permitan el correcto funcionamiento de estos.
- **Mantenimiento Basado en la Oportunidad (OBM):** Este es un tipo de mantenimiento correctivo, el cual como mencionamos anteriormente se realizará cuando los equipos y maquinarias se encuentren fuera de funcionamiento.
- **Mantenimiento Basado en el Examen (EBM):** Forma parte de una de las diversas metodologías de mantenimiento preventivo utilizada por las corporaciones, en las cuales se realizarán de forma esporádica exámenes los cuales permitirán analizar las condiciones del sistema hasta llegar a la etapa de ejecución del mismo.
- **Mantenimiento Basado en la Inspección (IBM):** Esta metodología consiste en realizar de forma periódica inspecciones al sistema (equipos y maquinarias) para conocer el estado de los mismos y prever las acciones necesarias para que se mantengan en óptimo funcionamiento, sin detener la marcha de los mismos.
- **Mantenimiento Basado en la Condición (CBM):** Este tipo de mantenimiento toma de base las condiciones actuales o futuras del sistema (maquinarias y equipos), buscando en si repararlos o reemplazarlos. Así mismo nos permite obtener la mayor cantidad de datos objetivos sobre la maquinaria, logrando identificar los posibles errores o fallos en una maquinaria, y repararlos antes de que sucedan.
- **Mantenimiento de producción Total (TPM):** En una metodología de mantenimiento que lleva como objetivo el reducir y eliminar las pérdidas en la producción que se generan por el mal estado del sistema (equipos y maquinarias), tiene como finalidad

el mantener los equipos en óptimo estado para su correcto funcionamiento, sin que haya cese del trabajo que no fuera programado.

- **Mantenimiento Basado en el Riesgo (RBI):** Toma como base el estado en el que se encuentra el sistema (equipos y maquinarias) permitiendo ser preciso al momento de cuantificar los problemas y haciendo más sencilla su aplicación.
- **Mantenimiento centrado en la Confiabilidad (RCM):** Su estudio busca identificar acciones a realizar para asegurar el correcto funcionamiento de un sistema (equipos y maquinarias) haciendo que el mismo sea más seguro, rentable y confiable. Este tipo de análisis debe ser realizado por profesionales capacitados en el campo, cuya responsabilidad se basa en contestar un cuestionario sobre el estado del sistema.
- **Análisis de Modos de Falla y Efectos (AMFE):** Esta es una metodología que nos permite reconocer y pronosticar desperfectos que pueden existir en un sistema (equipos y maquinarias) en etapa de diseño. Mantiene como objetivo el incorporar componentes y funciones que aseguren, el cumplimiento de los estándares solicitados para el correcto funcionamiento de los mismos.

#### 2.2.8. Análisis de Modos de Falla y Efectos (AMEF):

El análisis de modos y fallas o AMEF, es una metodología enfocada en identificar los modos de fallas potenciales dentro de un sistema, producto y operación de manufactura, las cuales son generadas por deficiencias en los procesos de diseño. Esto nos permite reconocer características de diseño o procesos críticos que necesiten controles especiales para la detección y prevención de los modos de falla. Esta herramienta permite prevenir los problemas antes de que sucedan, eliminándolos parcial o totalmente. Dentro de las características con las que cuenta dicha herramienta se encuentran el reconocimiento y evaluación de los modos de fallas potenciales, causas asociadas al diseño y manufactura, reconocimiento de las fallas potenciales en el desarrollo del sistema, y determinar acciones que permitan prevenir o eliminar cualquier posible falla. (Lean Construcción México 2020)

##### 2.2.8.1. Características del AMEF

Las siguientes características facilitaran la comprensión de la naturaleza de esta metodología: **Carácter Preventivo,** Es el anticiparse a la ocurrencia del fallo en los procesos que permite actuar con carácter provisorio ante los posibles problemas, ayuda a que se mantengan la planificación en las etapas significativas en el diseño y los procesos productivos.

Sistematización, El enfoque estructurado que se sigue para la realización de un AMEF asegura que todas las posibilidades de fallo han sido consideradas. El estudio por partes y ordenado de los elementos, permite comprender a fondo el producto o el proceso, dando paso a la detección de errores coyunturales y no coyunturales que pueden ser analizados para su pronta solución. Guía de

priorización, La metodología del AMEF permite priorizar las acciones necesarias para anticipar los problemas dando criterio para resolver conflictos entre acciones con efectos contrapuestos. Además de anticiparse a los problemas nos facilita identificar los problemas puntuales, lo que induce a la aplicación de soluciones prioritariamente a estos problemas que pueden estar ya existentes. Participación, La realización de un AMEF es un trabajo en equipo, que refiere la puesta en común de los conocimientos de todas las áreas afectadas. Deben ser equipos multidisciplinarios para resolver los problemas desde cualquier perspectiva. (Torres, R., Aguilar, J. & Magaña, D., 2010).

#### 2.2.8.2. Objetivos del AMEF

Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales, las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto y consecuencias importantes respecto a criterios como disponibilidad, seguridad, confiabilidad y calidad.

Determinar los efectos de las fallas potenciales en el desempeño del sistema. Identificar las acciones que podrán prevenir, eliminar o reducir la oportunidad de que ocurra la falla potencial y precisar que cada modo de fallo dispone de los medios de detección previos.

Analizar la confiabilidad del sistema.

Documentar el proceso y evidenciar los fallos de modo común.

Al conocer los objetivos del Análisis Modos de Fallos y Efectos durante su aplicación, los usuarios se pueden enfocar hacia el logro de estos sin que haya desviaciones, de este modo concluir el análisis de una manera exitosa.

#### 2.2.8.3 Beneficios del AMEF

Identifica fallas o defectos antes de que estos ocurran (principal función).

Reducir los costos de garantías.

Incrementar la confiabilidad de los productos/servicios (reduce los tiempos de desperdicios y re-trabajos).

Acorta el tiempo de desarrollo de nuevos productos o procesos.

Documenta los conocimientos sobre los procesos.

Incrementa la satisfacción del cliente.

Mantiene el Know-How en la compañía.

#### 2.2.8.4. Tipos de AMEF

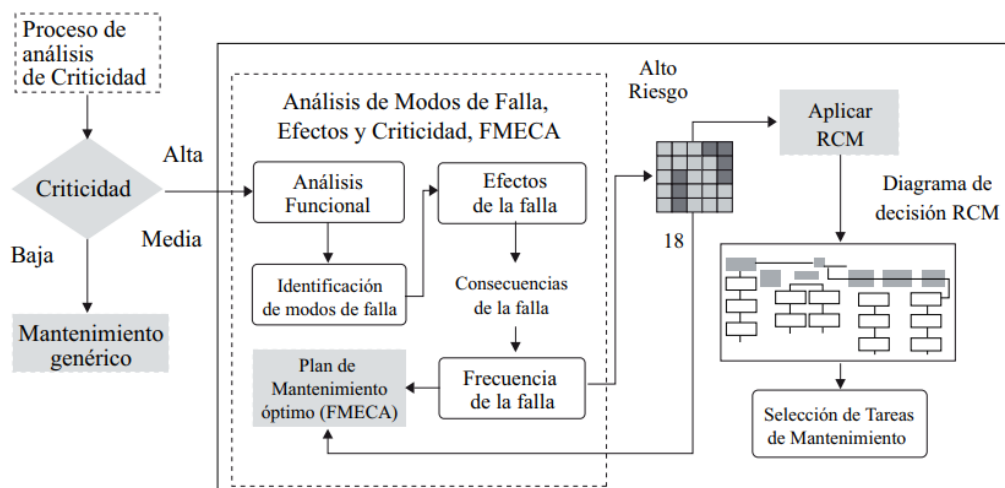
- AMEF de Diseño Debido a las expectativas cambiantes del cliente y a las regulaciones cada vez más numerosas de calidad y seguridad, la necesidad que tiene la industria de utilizar disciplinadamente una técnica para identificar y prevenir problemas potenciales es más importante que nunca. El AMEF potencial es una técnica analítica utilizada por la ingeniería de producto como medio para asegurarse que se ha considerado y estudiado cada fallo potencialmente concebible. Esto nos permite crear componentes nuevos Componentes afectados por un cambio de condiciones de uso ambiental. Componentes modificados Ítem de control. El AMEF de diseño afecta a los fallos concebibles en un diseño y a sus efectos potenciales. Destacan en el AMEF de Diseño las siguientes ventajas: Evitar la retirada de un producto, si el AMEF se ha realizado de forma completa incluyendo un seguimiento de los puntos preocupantes más críticos. Sistematizar la lógica que una ingeniería debe seguir en cualquier proceso de diseño. Las herramientas utilizadas para la elaboración del AMEF son las especificaciones de funcionamiento.
- AMEF de Proceso Enfocado al proceso que permite la obtención del producto o la prestación del servicio, sirve como herramienta de optimización antes de su traspaso a operaciones. Es el análisis de modo y efecto de fallos potencialmente de un proceso de fabricación, para asegurar su calidad de funcionamiento y en cuanto del dependa la fiabilidad de sus funciones del producto exigidos por el cliente. Se analizan por tanto los posibles fallos que puedan ocurrir en los diferentes elementos del proceso y como estos influyen en el producto resultante. Hay que tener claro que la fiabilidad del producto final no depende solo del AMEF del proceso final, sino también de la calidad del diseño de las piezas que lo componente y de la calidad intrínseca con que se hayan fabricado las mismas. En general los dos tipos de AMEF deben ser utilizados en una secuencia lógica durante el proceso global de planificación. Una vez realizado

el AMEF de producto o servicio este pondrá de manifiesto el impacto que puede tener el proceso en la ocurrencia de fallos del mismo.

- AMEF de sistema, este Es un análisis dirigido a prevenir las posibles fallas en el desarrollo de software asegurándose que los diferentes componentes (funciones, interfaz de usuario, mantenimiento, etc) sean compatibles y funcionen como se espera. Esto se usa en la etapa de concepción de la ingeniería básica del producto, dado que, permite asegurar la compatibilidad de los componentes del sistema. Así mismo, puede ser aplicado posteriormente a que las funciones del sistema sean definidas.

Figura 4

Proceso de gestión del mantenimiento aplicando el método de análisis de modos de fallas, efectos y criticidad.



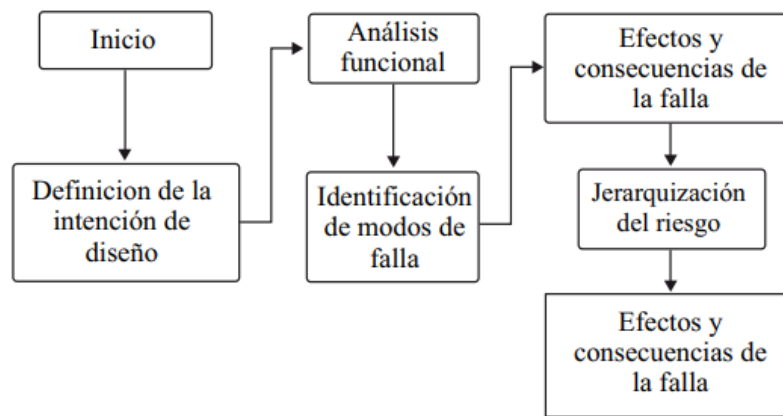
Fuente: Stamatis, D.H. (1995)

La metodología de la figura 4, consiste en las siguientes actividades:

1. Definición de la intención de diseño
2. Análisis funcional
3. Identificación de modos de falla
4. Efectos y consecuencias de la falla
5. Jerarquización del riesgo

Figura 5

Diagrama de la metodología de Análisis de efectos de modos de fallas



Fuente: Stamatis, D.H. (1995)

Tabla 1

*Aplicaciones del AMEF*

Tipo de AMEF	Pregunta
Sistema o concepto	¿Cómo puede fallar el sistema, interactuando con otros sistemas?
Diseño o producto	¿Cómo puede fallar la funcionalidad del producto y cómo puede afectar la seguridad del usuario?
Proceso (manufactura o servicios)	¿Cómo puede fallar la operación? (atrasos en fechas de entrega, calidad, etc.) y ¿Cómo se pueden presentar accidentes con los empleados de este proceso?
Proyectos	¿Cómo puede fallar las distintas etapas del proceso y sus conexiones?
Seguridad	¿Cómo se pueden presentar accidentes en el proceso actual o nuevo?
Mantenimiento (máquinas y equipos)	¿Cómo puede fallar funcionalmente la máquina o no cumplir con las condiciones específicas de calidad?
Software	¿Cómo puede fallar las funciones del software?

Fuente: Lean solutions, Análisis de Modos efecto y falla

### 2.2.9. Indicadores de Mantenimiento

Disponibilidad operativa, se expresa como el porcentaje de tiempo en que el sistema está listo para operar o producir, esto en sistemas que operan continuamente. Pinto, A. K (1995). Para aumentar la producción, es indispensable que las tres disciplinas disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad se relacionen entre sí, de tal manera que, si se quiere aumentar la disponibilidad en una planta, sistema o equipo, se debe:

- Aumentar la confiabilidad, expresada por el TMEF.
- Reducir el tiempo empleado en la reparación, expresado por el TMER
- Aumentar el TMEF y reducir el TMPR simultáneamente. (Pinto, A. K, 1995)

$$D = \frac{TMEF}{TMEF + TMER} \times 100$$

Donde:

D (t): Disponibilidad (%)

TMEF: Tiempo medido de falla en horas

TMER: Tiempo medido entre reparaciones (horas)

Tiempo medio entre fallas (TMEF): indica el intervalo de tiempo más probable entre un arranque y la aparición de un fallo; es decir, es el tiempo medio transcurrido hasta la llegada del evento “fallo”. Mientras mayor sea su valor, mayor es la confiabilidad del componente o equipo. Uno de los parámetros más importantes utilizados en el estudio de la Confiabilidad constituye el MTBF, es por esta razón que debe ser tomado como un indicador más que represente de alguna manera el comportamiento de un equipo específico. Asimismo, para determinar el valor de este indicador se deberá utilizar la data primaria histórica almacenada en los sistemas de información. (Pinto, A. K, 1995)

$$TMEF = \frac{\text{Tiempo programado de operacion}}{\text{Nº de intervenciones}}$$

Tiempo medio para reparar (TMPR): Es la medida de la distribución del tiempo de reparación de un equipo o sistema. Este indicador mide la efectividad en restituir la unidad a condiciones óptimas de operación una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio por un fallo, dentro de un período de tiempo determinado. El Tiempo Promedio para Reparar es un parámetro de



medición asociado a la mantenibilidad, es decir, a la ejecución del mantenimiento. (Pinto, A. K, 1995)

$$TMPR = \frac{\text{Tiempo total de intervención}}{\text{Nº de intervenciones}}$$

Confiabilidad: Es la probabilidad de que un equipo cumpla una misión específica bajo condiciones de uso determinadas en un período determinado. El estudio de confiabilidad es el estudio de fallos de un equipo o componente. Si se tiene un equipo sin fallo, se dice que el equipo es ciento por ciento confiable o que tiene una probabilidad de supervivencia igual a uno. Al realizar un análisis de confiabilidad a un equipo o sistema, obtenemos información valiosa acerca de la condición del mismo: probabilidad de fallo, tiempo promedio para fallo, etapa de la vida en que se encuentra el equipo. Benítez, R. & Díaz, R. (2016).

$$C = e^{\lambda \times t} - \frac{\lambda \times t}{100} \times 100$$

Donde:

C (t): Confiabilidad (%)

T: Tiempo total de estudio (horas)

$\lambda$ : Tasa de fallas (número de fallas con relación al tiempo promedio entre fallas del equipo)  
Fallas/ horas

Mantenibilidad: es la probabilidad de reestablecer las condiciones específicas de funcionamiento de un sistema, en límites de tiempo deseados, cuando el mantenimiento es realizado en las condiciones y medios predefinidos, o la probabilidad de que un equipo que presenta una falla sea reparado en un determinado tiempo t. Monchy, F. (1998). De manera análoga a la confiabilidad, la mantenibilidad puede ser estimada con ayuda de la expresión:

$$M(t) = 1 - e^{-\mu \cdot t}$$

Dónde:

M(t): es la función mantenibilidad, que representa la probabilidad de que la reparación comience en el tiempo t=0 y sea concluida satisfactoriamente en el tiempo t (probabilidad de duración de la reparación).

he: constante Neperiana (e=2. 303..)

$\mu$ : Tasa de reparaciones o número total de reparaciones efectuadas con relación al total de horas de reparación del equipo.

t: tiempo previsto de reparación TMPR

#### 2.2.10. Procesos para realizar el AMEF

Las bases de aplicación de una herramienta como el AMEF contemplan una serie de actividades sistemáticas que parten de la asignación del equipo encargado de realizar el análisis y los registros pertinentes, así como de la delimitación del proceso o producto en el que se aplicará.

1. Identificar los procesos a analizar
2. Liste los pasos del proceso o las partes del sistema a analizar
3. Describa la función del paso o el componente
4. Determinar los posibles modos de falla de cada paso o componente
5. Listar los efectos de cada potencial modo de falla
6. Asignar el grado de severidad de cada efecto Severidad es la consecuencia de que la falla ocurra. Para estimar el grado de severidad, se debe de tomar en cuenta el efecto de la falla en el cliente. Se utiliza una escala del 1 al 10: el '1' indica una consecuencia sin efecto. El 10 indica una consecuencia grave.
7. Asignar el grado de ocurrencia de cada modo de falla Ocurrencia a la probabilidad de que la falla ocurra.

Tabla 2

*Grado de severidad en caso de falla.*

Valor	Efecto	Criterio: severidad del efecto definido
10	Peligroso sin aviso	Puede poner en peligro al operador. Modo de fallas afecta la operación segura y/o involucra la no conformación con regulaciones gubernamentales. La falla ocurre SIN AVISO
9	Peligroso con aviso	Puede poner en peligro al operador. Modo de fallas afecta la operación segura y/o involucra la no conformación con regulaciones gubernamentales. La falla ocurre CON AVISO
8	Muy alto	Interrupción mayor a la línea de producción 100% del producto probablemente sea desechado. Inoperable, pérdida de su función primaria. Cliente insatisfecho
7	Alto	Interrupción menor a la línea de producción. El producto probablemente deba ser clasificada y una porción menor al 100% sea desechada. Operable a un nivel reducido de rendimiento.

6	Moderado	Interrupción menor a la línea de producción. Incidencia menor al 100%, probablemente sea desechada, no clasificada. Operable, con inconvenientes.
5	Bajo	Interrupción menor a la línea de producción. 100% del producto probablemente sea retrabajado. Operable con un nivel reducido de rendimiento.
4	Muy bajo	Interrupción menor a la línea de producción. El producto probablemente deba ser clasificado y con una porción inferior al 100%. Defectos percibidos por la mayoría de los clientes.
3	Pequeño	Interrupción menor a la línea de producción. El producto probablemente deba ser clasificado y con una porción inferior al 100%. Defectos percibidos por clientes promedio.
2	Muy pequeño	Interrupción menor a la línea de producción. El producto probablemente deba ser clasificado y con una porción inferior al 100%. Defectos percibidos por clientes expertos.
1	Ninguno	Ningún efecto

Fuente: Gómez, A. (2019)

Tabla 3

*Asignación de consecuencia de falla (Cf)*

Trabajo anual de Carga (TAC)	Rango
Menor a 5800 toneladas/año	4
Entre 5800-6500 toneladas/año	3
Entre 6500-6800 toneladas/año	2
Mayor a 6800 toneladas/año	1
Número de jornales anual (NJA)	Rango
Menor a 300 jornales/año	4
Entre 300-330 jornales/año	3
Entre 330-340 jornales/año	2
Entre 330-340 jornales/año	1
Tiempo promedio para reparar (TMPR)	Rango
Más de 25 horas	4
Entre 20-25 horas	3
Entre 15-20 horas	2
Menos de 15 horas	1
Impacto operacional (IO)	Rango
Parada inmediata de toda empresa	8

Parada de una línea de producen de la empresa	6
Impacto aniveles de producción de calidad	4
Repercute a costos operacionales adicionales (indisponibilidad)	2
No genera ningún efecto significativo sobre las demás operaciones	1

Fuente: Florida (2008)

8- Describir los controles actuales de protección (en caso de que estos existan)

9- Describa si hay controles actuales de detección

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

Tabla 4

*Asignación del grado de detección*

Ocurrencia	Rango	Criterios	Probabilidad de detección falla
Alta	1	El efecto es una característica funcional obvia	99.99%
Muy alta	2-5	Es muy probable identificar la falla, la característica es muy obvia	99.7%
Bajo	6-8	El efecto es una característica fácilmente identificable	98%
Muy bajo	9	No es fácil detectar la falla por métodos usuales o manuales. El defecto es una característica oculta.	90%
Improbable	10	La característica no se puede reconocer con facilidad en el proceso, siendo estas aquellas relacionadas a la durabilidad del producto	Menor a 90%

Fuente: Hidalgo (2005)

11- Calcular el NPR (Número Prioritario de Riesgo) de cada efecto

$NPR = Severidad * Ocurrencia * Detección$

Tabla 5

*Riesgo de Falla*

Rango	Criterios
500- 1000	Alto riesgo de falla
125- 499	Riesgo de falla medio
1-124	Riesgo de falla bajo
0	No existe riesgo de falla

Fuente: Gómez (2019)

12- Priorizar los modos de falla con el NPR de mayor a menor.

13- Tomar acciones (acciones recomendadas) para eliminar o reducir el riesgo del modo de falla, en este paso debe establecerse un plan de acción para mitigar el riesgo, a estas acciones se les llama acciones recomendadas.

*Acciones recomendadas*

Una vez ejecutadas las acciones recomendadas, se calcula el nuevo NPR para determinar si aún hay riesgos.

14- después de ejecutar el plan de trabajo se calcula el nuevo NPR y se verifica si aún hay riesgos con NPR alto.

*Matriz de Criticidad*

En el mantenimiento la criticidad es un indicador que se usa para determinar el grado de importancia de uno o varios activos para un determinado proceso de producción. Su principal objetivo es identificar los efectos y los riesgos que un equipo puede causar en toda la industria y su producción en caso de que se presente una falla funcional. Es por medio del análisis de la matriz de criticidad se definen las estrategias de mantenimiento, ya que indica cuál activo debe ser atendido con prioridad. Cabe destacar que, la criticidad está directamente relacionada con la confiabilidad y el Análisis Ram. Estableciendo la criticidad de los equipos es posible definir cuál es la mejor estrategia de mantenimiento a ser usada. Todo eso se aplica con el objetivo de mantener o aumentar la disponibilidad de las máquinas y reducir la frecuencia de fallas o paradas no planificadas en activos que deben funcionar a su máxima capacidad disponible.

Figura 6

*Matriz de criticidad*

	<b>Super Catastrófico (I)</b>	<b>Catastrófico (II)</b>	<b>Muy Crítico (III)</b>	<b>Crítico (IV)</b>	<b>Marginal (V)</b>	<b>Despreciable (VI)</b>
<b>Frecuente (A)</b>	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Alto	Alto
<b>Probable (B)</b>	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Alto	Alto	Bajo
<b>Ocasional (C)</b>	Muy Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Bajo
<b>Extremadamente Remoto (D)</b>	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
<b>Extremadamente Improbable (E)</b>	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo

Fuente: Yáñez, M., Gómez, H., & Valbuena, G. (2007)

Frecuencia de fallas. Es el número de veces que se repite en un evento considerado como una falla dentro de un periodo de tiempo que para nuestro caso será de un año. Tendremos entonces 4 posibles clasificaciones para ese ítem:

Tabla 6

*Frecuencia de Falla*

Rango	Criterio	Tipo
4	Alto	Mayor a 40 fallas / año.
3	Promedio	30 – 40 fallas / año
2	Bajo	25 - 30 fallas / año
1	Excelente	Menor a 25 fallas / año

Fuente: Yáñez, M., Gómez, H., & Valbuena, G. (2007)

Impacto operacional. Son los efectos causados en la producción, tendremos 4 posibles clasificaciones para ese ítem:

Tabla 7

*Impacto operacional*

Rango	Criterio	Tipo
10	Alto	Parada inmediata de toda la línea de producción
4	Promedio	Impacta los niveles de producción o calidad

2	Bajo	Repercute en costos operativos adicionales asociados a la disponibilidad del equipo
1	Excelente	No genera efecto significativo sobre la producción

Fuente: Yáñez, M., Gómez, H., & Valbuena, G. (2007)

Flexibilidad operacional. Es la posibilidad de realizar un cambio rápido para continuar con la producción sin incurrir en costos o pérdidas considerables, tendremos 3 posibles clasificaciones para ese ítem:

Tabla 8

*Flexibilidad operativa*

Rango	Criterio	Tipo
4	Alto	No existe opción de producción o respaldo
2	Medio	Existe opción de producción o respaldo
1	Bajo	Existe opción de respaldo

Fuente: Yáñez, M., Gómez, H., & Valbuena, G. (2007)

Grado de ocurrencia: Para determinar el grado de ocurrencia se toma en cuenta los siguientes criterios:

Tabla 9

*Grado de ocurrencia*

Ocurrencia	Rango	Criterio	Probabilidad de falla
Remota	1	Falla improbable. No existe fallas	<1 en 1,500,000
Muy poca	2	Solo fallas aisladas asociadas con este proceso	1 en 150,000
Poca	3	Fallas aisladas asociadas a este proceso similar a lo anterior	1 en 30,000
Moderada	4	En este proceso o uno similar ha tenido fallas ocasionales	1 en 4,500
	5		1 en 800
	6		1 en 150
Alta	7	Este proceso o uno similar han fallado a menudo	1 en 50
	8		1 en 15

Muy Alta	9	La falla es casi inevitable	1 en 6
	10		>1 en 3

Fuente: (Hidalgo Mascorro, 2005)

El valor de criticidad de una falla se determina según la siguiente ecuación:

$$Crt = Ff \times C$$

### 2.3. Variables

#### 2.3.1. Variable independiente

Análisis de modo y efecto de falla, es una metodología destinada a encontrar fallas potenciales en un sistema, producto, u operaciones generadas por deficiencias en los procesos de diseño, reconociendo las características de diseño o procesos que necesiten de controles especiales, de este modo podrán detectarse a tiempo los problemas antes de que sucedan. Lean Construcción México (2020)

#### 2.3.2. Variable dependiente

Disponibilidad operativa, se expresa como el porcentaje de tiempo en que el sistema está listo para operar o producir, esto en sistemas que operan continuamente. Pinto, A. K (1995).

#### 2.3.3. Operacionalización de Variables



Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores
Variable Independiente			
Análisis de Modo y Efecto de Falla	Análisis de modo y efecto de falla, es una metodología destinada a encontrar fallas potenciales en un sistema, producto, u operaciones generadas por deficiencias en los procesos de diseño, reconociendo las características de diseño o procesos que necesiten de controles especiales, de este modo podrán detectarse a tiempo los problemas antes de que sucedan. Lean Construcción México (2020)	El Análisis de modo y efecto de falla se aplica a cada modo de falla inaceptable a los diferentes sistemas de la flota de emperadores.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cumplimiento de Ordenes de trabajo</li> <li>✓ Cumplimiento de mantenimiento planificado</li> <li>✓ Cumplimiento del AMEF.</li> <li>✓ MTEF, MTPR, Disponibilidad, Mantenibilidad.</li> </ul>
Variable Dependiente			
Disponibilidad Operativa	Disponibilidad operativa, se expresa como el porcentaje de tiempo en que el sistema está listo para operar o producir, esto en sistemas que operan continuamente. Pinto, A. K (1995)	La Disponibilidad operativa depende del tiempo promedio entre fallas y tiempo promedio para reparar la falla	$D = \frac{TMEF}{TMEF + TMER} \times 100$

## 2.4. Hipótesis

### 2.4.1. Hipótesis general

Es posible aumentar la disponibilidad operativa basado en el análisis de modo y efecto de falla en la flota de emperadores compañía Minera Chungar S.A.C.

## 2.5. Definición de Términos

- Aumento: definido como el incremento o extensión de algo, ciertas características de un objeto o elemento puede ser de muy diverso.
- Disponibilidad operativa: representa el porcentaje de tiempo que el equipo quedo a disponibilidad del área de operación para desempeñar su función en un periodo de análisis. Teniendo en cuenta el tiempo que el equipo está fuera de operación por paros programados y no programados.
- Análisis de modo y efecto de falla: proceso de mejora continua que busca la excelencia en la calidad de los productos, por tal motivo se debe estructurar con la finalidad de hacer tantos análisis como sean necesarios para mejorar los indicadores de calidad del producto.
- Flota minera: conjunto de máquinas de gran capacidad de accionamiento hidráulico o eléctrico las cuales son utilizadas con la finalidad de desarrollar de modo eficaz la extracción de minerales en una actividad minera.
- Empernadores: máquinas de gran capacidad de accionamiento hidráulico o eléctrico para realizar trabajos de sostenimiento con la instalación de pernos de techo en minas subterráneas de carbón y minerales blandos.
- Compañía minera: son empresas que realizan diversas actividades para transformar las materias primas en productos determinados, cuya competencia depende de la producción de mineral extraído y de la calidad y cantidad del mismo.

### III. MARCO METODOLOGICO

A continuación, se describirán la serie de técnicas y procedimientos para la formulación de hipótesis, resolución de problemas y medios necesarios para llevar a cabo la investigación.

#### 3.1. Diseño de Contrastación de la Hipótesis

Tipo de Investigación:

El tipo de investigación es descriptiva - aplicada, descriptiva porque describe la situación actual en la que se encuentran los equipos y maquinarias de la empresa minera Chungar S.A.C., para resolver la propuesta. (Ñaupas, 1995)

La investigación será aplicada, porque aplicando el análisis de modos de falla, se determinará una propuesta de mejora que permitirá aumentar la disponibilidad operativa de la flota de máquinas de la empresa minera Chungar S.A.C.

Por su nivel: Explicativo

Porque la investigación está dirigida a responder el origen del fenómeno o evento ocurrido y el contexto que relacionaba las variables.

La investigación será explicativa porque explicará la causa del por qué se produjo el problema y de que manera se resolverá, con el fin de incrementar la productividad.

Diseño de Investigación

Por su diseño: Pre - Experimental

Porque se aplicarán pruebas previas al estímulo o tratamiento experimental, después se administrará rigurosamente la variable independiente, para finalmente aplicar una prueba posterior al estímulo. (Ñaupas, 1995)

La investigación será pre experimental, porque se realizarán pruebas previas a la implementación; se manipulará y controlará la variable independiente, para finalmente concluir con pruebas posteriores al estímulo administrado. (Ñaupas, 1995)

Grupo	Asignación	Observaciones	Tratamiento	Observaciones
		antes		después
E	No azar	O1	X1	O2

*Donde:*

E: Experimental

X<sub>1</sub>: Variable independiente

Por su alcance: Longitudinal

Porque empleará mediciones continuas a un fenómeno recogiendo datos cuantitativos cualitativos dando seguimiento al objeto de estudio en un determinado tiempo. (Ñaupas, 1995)

La investigación será longitudinal, porque se pretende realizar mediciones repetitivas en relación al plan de mejora y la productividad para medir y comparar los datos obtenidos del pre y post prueba. (Ñaupas, 1995)

### 3.2. Población y Muestra

#### 3.2.1. Población:

La población es el conjunto del universo, el cual está conformado por Empernadores, EMP-0035-CH, EMP-0038-CH, EMP-0041-CH, de la empresa minera Chungar S.A.C.

N = 3 Empernadores

#### 3.2.2. Muestra:

La muestra es un subconjunto de la población. En este caso, y dada la cantidad de maquinarias, la muestra será tomada por conveniencia, siendo consideradas todas las máquinas Empernadores de la empresa.

n = 3 Empernadores

#### 3.2.3. Muestreo:

Intencional – no probabilístico

Población y muestra = 3 Empernadores

- Criterios de Inclusión: Serán incluidas todas las máquinas Empernadores correspondientes a la empresa Chungar Minera S.A.
- Criterios de Exclusión: En este estudio no será excluida ninguna de las maquinarias Empernadores correspondientes a la empresa, dado que las mismas se encuentran en actividad.

### 3.3. Materiales, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

#### 3.3.1. Materiales:

Para la recolección de datos se utilizarán los archivos de datos de proyecciones de demandas correspondientes a la empresa.

#### 3.3.2. Técnicas:

- Entrevista, es una técnica basada en preguntas, donde el investigador recolecta información necesaria para culminar con una investigación. Se realizará una entrevista encargada de la empresa Minera Chungar S.A.C., con el propósito de recolectar información relevante para la elaboración del plan de mejora para aumentar la productividad de la empresa. (Bruce, 2008)
- Observación, es la técnica que registra la información primaria sobre un hecho o fenómeno observable, sin que esto implique hacer inferencias. (RIOS, 2017, p. 102). Se efectuará la observación directa del proceso de trabajo registrando en los instrumentos de medición de tiempos y fichas de actividades del proceso.
- Análisis documental, es la técnica que sirve para obtener información que se encuentre en documentos (registros, expedientes, bitácoras...) que sirve como fuente de información. (RIOS, 2017, p. 102)
- Se analizará la documentación brindada por la empresa Minera Chungar S.A.C., donde se encuentran datos con información del estado de maquinaria, usos, tiempos de mantenimiento, tiempos de servicio, etc. Esta técnica nos permite compilar información de tipo teórico científica, estructurando el marco teórico y guiando eficazmente la investigación.

#### 3.3.3. Instrumentos:

Es la herramienta concreta que utilizará el investigador para recolectar y registrar datos provenientes de la unidad de análisis. [30]

Para el desarrollo de la investigación se emplearán los siguientes instrumentos:

- Cronómetro, con el que se medirá los tiempos de las actividades comprendidas.
- Fichas de registro, que registrarán los datos observados y de procesos con los que se organiza la información obtenida.

- Cámara fotográfica, para tomar muestras de las actividades que se realizarán.

#### 3.3.4. Validez

Servirá para denominar el grado o nivel de veracidad, exactitud, autenticidad o eficacia del instrumento utilizado para medir las variables. [30]

La validez de los instrumentos en la investigación se realizará por el juicio de expertos.

#### 3.3.5. Confiabilidad

Se refiere a la consistencia de los datos e información obtenida, se relaciona particularmente con la técnica y, sobre todo, con los instrumentos utilizados en la investigación repetida a los mismos individuos y objeto que produce resultados iguales, lo que asegura resultados confiables. (HERNÁNDEZ, 2017, p. 200)

### 3.4. Análisis de los Datos

Una vez aplicado los instrumentos de recolección de datos, se procederá a analizarlos y previamente validarlos, con el fin de que el trabajo de investigación brinde la información necesaria y concreta que permitirá sacar adelante nuestro estudio.

Se utilizarán herramientas informáticas como el uso de Word, Excel y Project, como también el uso de herramientas estadísticas que permitirán tabular, analizar e interpretar los datos obtenidos.

Finalmente se realizará la planificación de la viabilidad, donde se detallará como se logrará determinar cada uno de nuestros objetivos propuestos.

Tabla 9  
Análisis Estadísticos

Información Primaria	Información Secundaria
Se realizará un contacto directo con el objeto de estudio	"Se analizó la información".
Se realizará una entrevista a expertos en el tema	"Se analizó información teórica relacionada a las variables".
Se identificarán las estrategias utilizadas mediante la guía de observación.	
Se procesó los datos usando software estadístico como: Excel y el SPSS V. 25	

Fuente: elaboración propia

- Se procederá a analizar la información obtenida del análisis documental, a través de las guías de observación y de las encuestas aplicadas al personal de la empresa.
- Se identificarán las fallas en el proceso actual de mantenimiento y en el sistema de los equipos empernadores con los que labora la empresa durante el desarrollo de la actividad minera.
- Se estimará el grado de daño generado en cada uno de los procesos del sistema, estableciéndose un orden de prioridad para resolver las reparaciones.
- Se establecerán soluciones alternativas para la resolución de las fallas encontradas en el sistema, y vías alternativas de solución basadas en el análisis de modos de fallas.
- Se analizarán las soluciones establecidas, desarrollándose aquella que resuelva de un modo eficaz las fallas encontradas.
- Se ejecutará el plan de mantenimiento de las maquinarias para mejorar la disponibilidad operativa que estas presentan en la actualidad. Para esto, se deberá prever el desarrollo de planes de trabajo y mantenimiento sujetos a un cronograma de actividades.

#### IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

##### 4.1. Sistema de gestión actual del área de mantenimiento:

Para poder describir el sistema de gestión de mantenimiento actual se elaboró encuestas sobre el cumplimiento del mantenimiento programado, cumplimiento de órdenes de trabajo y cumplimiento del AMEF dirigida a todo el personal de mantenimiento de la flota de empennadores en el cual participaron 8 personas entre técnicos y administrativos.

##### 4.1.1. Encuesta sobre el cumplimiento del mantenimiento programado:

Se plantea una serie de preguntas dirigidas al personal de mantenimiento sobre el cumplimiento del mantenimiento programado, en donde cada pregunta tiene cinco alternativas y cada alternativa tiene un puntaje.

Tabla 10

Cumplimiento del mantenimiento programado

N°	Pregunta						Puntaje total
		Aprobación Plena	Aprobación Simple	Indecisión o indiferencia	Desaprobación simple	Desaprobación Plena	
		AP =5	AS= 4	ID=3	DS=2	DP=1	
1	¿Existe gestión de mantenimiento programado en base a análisis de modo y efecto de falla?		1	1	1	5	14
2	¿Cree usted que el proceso de mantenimiento se cumple satisfactoriamente?		1	2		5	15
3	¿Está satisfecho con el modo en que se llevan a cabo los procesos de		1		1	6	12



	mantenimiento programado?					
4	¿Cuentan con stock de repuestos para realizar los mantenimientos programados?	1	1	1	5	14
5	¿La empresa cuenta con personal técnico capacitado para realizar mantenimiento preventivo, predictivos y correctivo?	1	1	2	4	10
6	¿El área de mantenimiento cuenta con una persona encargada de la planificación del mantenimiento?		1	1	6	11
7	¿Usted tiene conocimiento de algún formato o registro de mantenimiento de los vehículos?		2	3	3	14
8	¿Las fallas se detectar anticipadamente mediante métodos de inspección?		2	3	3	14
9	¿Conoce las frecuencias de mantenimiento que se deben dar en las unidades?		1	2	5	12
10	¿Califique sobre la gestión que actualmente el área de mantenimiento?		1	1	6	11
Total						127

Nota: Información obtenida de la encuesta

Análisis:

$$\text{Porcentaje} = \frac{127 \times 100}{400} = 31.75\%$$

Este resultado nos da a conocer que el 31.75% de las personas aprueban el cumplimiento del mantenimiento programado, mientras que el 68.25% de las personas dicen que no se está cumpliendo con el mantenimiento programado actualmente en el área de mantenimiento de los equipos en mención.

#### 4.1.2. Encuesta sobre el cumplimiento de las órdenes de trabajo

Se plantea una serie de preguntas dirigidas al personal de mantenimiento sobre el cumplimiento de las ordenes de trabajo, en donde cada pregunta tiene cinco alternativas y cada alternativa tiene un puntaje.

Tabla 11

Cumplimiento de las órdenes de trabajo

N°	Pregunta						Puntaje total
		Aprobación Plena	Aprobación Simple	Indecisión o indiferencia	Desaprobación simple	Desaprobación Plena	
		AP =5	AS= 4	ID=3	DS=2	DP=1	
1	¿Sabe usted que es una orden de trabajo?				1	7	9
2	¿Existe órdenes de trabajo Gestión de manteamiento programado en base al análisis de modo y efecto de falla?				2	6	10
3	¿Cree usted que las órdenes de trabajo generadas se cumplen de manera satisfactoriamente?				2	6	10
4	¿Las órdenes de trabajo generadas, según el programa de mantenimiento son entre 50 y 30 durante el mes?			1	2	5	12
5	¿Existe una persona encargada de crear las órdenes de trabajo?		1	1	1	5	14

6	¿Las ordene de trabajo se aprueban de manera inmediata?	2	6	10	
7	¿Existe direccionamiento de flujo para ejecución de trabajos en base a órdenes de trabajo?	2	1	5	13
8	¿Las órdenes de trabajo son registradas por una persona responsable?	5	3		21
9	¿Todas las órdenes de trabajo generadas son ejecutadas?		1	7	9
10	¿Existe repuestos en base a órdenes de trabajo programados?	1	2	5	12
Total					127

Nota: Información obtenida de la encuesta

Análisis:

$$\text{Porcentaje} = \frac{127 \times 100}{400} = 30\%$$

Este resultado nos da a conocer que el 30% de las personas aprueban el cumplimiento del mantenimiento programado, mientras que el 70% de las personas dicen que no se está cumpliendo con las ordenes de trabajo en el área de mantenimiento de los equipos en mención.

#### **4.1.3. Encuesta sobre el cumplimiento del AMEF**

Se plantea una serie de preguntas dirigidas al personal de mantenimiento sobre el cumplimiento del AMEF en donde cada pregunta tiene cinco alternativas y cada alternativa tiene un puntaje.

Tabla 12

Cumplimiento del AMEF

N°	Pregunta						Puntaje total
		Aprobación Plena	Aprobación Simple	Indecisión o indiferencia	Desaprobación simple	Desaprobación Plena	
		AP =5	AS= 4	ID=3	DS=2	DP=1	
1	¿Sabe usted de que trata la técnica AMEF?		2			6	14
2	¿Existe un plan de mantenimiento en base a análisis de modo y efecto de falla AMEF?				1	7	9
3	¿Cree usted que esta técnica de AMEF anticipe las fallas?		1	1	1	5	14
4	¿Existe una persona en el área de mantenimiento que pueda desarrollar esta metodología de AMEF?		1		1	6	12
5	¿Sabe usted el procedimiento a aplicar la técnica de AMEF?		2			6	14
6	¿Sabe usted elaborar plan de mantenimiento en base a AMEF?		2			6	14
7	¿Sabe usted el rango de número de prioridad de riesgo NPR en base a AMEF para determinar			2		6	12

	fallas aceptables, inaceptables y reducibles?			
8	¿El AMEF es una buena metodología para aplicar en los sistemas de los equipos?	2	6	12
9	¿Está satisfecho con la metodología de AMEF?	2	6	12
Total				113

Nota: Información obtenida de la encuesta

Análisis:

$$\text{Porcentaje} = \frac{113 \times 100}{360} = 31.38\%$$

Este resultado nos da a conocer que el 31.38% de las personas aprueban el cumplimiento del AMEF, mientras que el 68.61% de las personas dicen que no se está cumpliendo con el AMEF actualmente en el área de mantenimiento de los equipos en mención.

#### 4.1.4. Resultados de encuestas del sistema de gestión de mantenimiento actual.

Se muestra el porcentaje del resultado de la encuesta dirigida al personal de mantenimiento sobre el sistema de gestión de mantenimiento actual; en el cumplimiento del mantenimiento programado, cumplimiento de órdenes de trabajo y el cumplimiento del AMEF.

Tabla 13

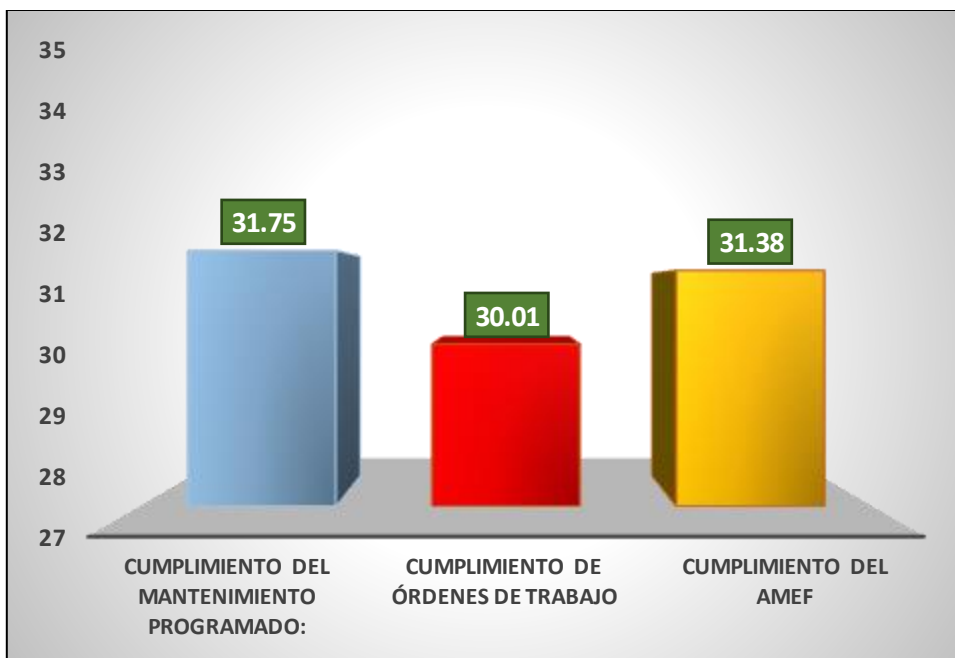
*Análisis de los sistemas de Gestión actual de mantenimiento*

Análisis del mantenimiento	PORCENTAJE
Cumplimiento del mantenimiento programado	31,75
Cumplimiento de órdenes de trabajo	30,01
Cumplimiento del AMEF	31,38

Nota: Elaboración propia

Figura 7

*Análisis del sistema de gestión de mantenimiento actual*



Nota: Elaboración propia

El análisis de la tabla revela un nivel de cumplimiento de mantenimiento preocupantemente bajo en todas las categorías evaluadas. En primer lugar, el cumplimiento del mantenimiento programado es de apenas un 31,75%, indicando que se están completando muy pocas de las tareas programadas de mantenimiento. Este dato es respaldado por el cumplimiento de órdenes de trabajo, que se sitúa en un aún más bajo 30,01%, lo que sugiere una notoria falta de eficiencia en la gestión de estas órdenes. Además, el cumplimiento del AMEF, que representa la implementación de medidas preventivas y correctivas, registra un modesto 31,38%. Esto subraya aún más la necesidad apremiante de una revisión exhaustiva de los procesos de mantenimiento y la implementación de medidas correctivas significativas. En conjunto, estos porcentajes denotan un deficiente rendimiento en la ejecución de tareas de mantenimiento en todas las áreas evaluadas. Este escenario no solo puede aumentar el riesgo de fallas inesperadas, sino también generar tiempos de inactividad no planificados. Por lo tanto, es imperativo que se tomen medidas inmediatas para mejorar significativamente el cumplimiento en todas las áreas y garantizar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos y sistemas.

## 4.2. Flota de Empernadores

La flota vehicular de la compañía Minera Chungar S.A.C., en estudio está conformada por 3 unidades de empernadores los cuales desempeñan funciones en el área de minería y exploración, la cual está compuesta por:

Tabla 14

*Muestra de la flota de empernadores de la compañía Minera Chungar S.A.C.*

Equipo	Marca	Año	Modelo
EMP-0035-CH	Resemín	2019	Small Bolter 99
EMP-0038-CH	Resemín	2019	Small Bolter 88
EMP-0041-CH	Resemín	2019	Small Bolter 88

Fuente: Compañía Minera Chungar S.A.C

### 4.2.1. Historial de fallas de la flota de empernadores

Se presenta un resumen del historial de averías de la flota de empernadores durante el período de 2022, incluyendo el tiempo empleado para reparar cada incidencia y el número total de fallos registrados en dicho periodo.

Tabla 15

*Historial de fallas de la flota vehicular, en el periodo 2022*

N° de Vehículo	Tiempo en reparar horas / año	N° de intervenciones veces/ año
35	1025	52
38	820	42
41	890	45

Fuente: Base de datos de la Compañía Minera Chungar S.A.C

#### 4.2.2. Evaluación de indicadores actuales de mantenimiento

Para llevar a cabo los cálculos, se utilizará la información de la Tabla N° 16. Asimismo, es crucial especificar el tiempo estimado de programación anual para cada empernador conforme al tiempo de trabajo. El tiempo estimado de trabajo son 12 horas, los cuales las unidades trabajan una vez / día los 365 días del año por lo tanto el tiempo programado es de 4380 horas / año.

Evaluación del tiempo promedio para reparar, para el mantenimiento actual de la flota de empernadores se ha elegido el número 35, ya que es el que mayor número de reparaciones al año presenta, y de acuerdo con la Tabla 6, es de rango 3 y criterio promedio

$$TMPR = \frac{\text{Tiempo total para reparar}}{\text{N° total de intervenciones}} = \frac{1025}{52} = 20 \text{ horas para reparar la falla}$$

Evaluación del tiempo promedio entre fallas, para el mantenimiento actual de la flota de empernadores se ha elegido el número 35.

$$TMEF = \frac{\text{T. programado} - \text{T. para reparar}}{\text{N° total de intervenciones}} = \frac{4380 - 1025}{52} = 64.52 \text{ horas operación/ falla}$$

Evaluación de la tasa de fallas, para el mantenimiento actual de la flota de empernadores de la empresa se ha elegido el número 35.

$$\lambda = \frac{1}{TMEF} = \frac{1}{64.52} = 0.0155 \text{ falla/ horas operación}$$

Evaluación de la tasa de reparación, para el mantenimiento actual de la flota de empernadores se ha elegido el número 35.

$$\mu = \frac{1}{TMPR} = \frac{1}{20} = 0.05 \text{ falla/ horas reparacion}$$

Evaluación de la disponibilidad, en el mantenimiento actual de la flota de empernadores de la empresa compañía Minera Chungar S.A.C.



$$D = \frac{TMEF}{TMEF + TMER} * 100 = \frac{64.52}{64.52 + 20} * 100 = 76.33\%$$

Evaluación de la confiabilidad, en el mantenimiento actual de la flota de empernadores de la empresa compañía Minera Chungar S.A.C.

$$C = \frac{e^{\lambda * t} - 1}{\lambda * t} * 100 = e^{-\frac{(0.015 * 4380)}{100}} = 50.72\%$$

Evaluación de la mantenibilidad, en el mantenimiento actual de la flota de empernadores de la empresa compañía Minera Chungar S.A.C.

$$M = \frac{1 - e^{-\mu * t}}{\mu * t} * 100 = 1 - e^{-\frac{(0.05 * 4380)}{100}} = 88.80\%$$

Evaluación de los indicadores de mantenimiento

En la siguiente tabla se presenta Los cálculos para evaluar los indicadores actuales de mantenimiento de la flota de empernadores del año 2023.

Tabla 16

*Evaluación de los indicadores de mantenimiento, en el periodo 2022*

Nº E.	TMER	TMEF	$\lambda$	$\mu$	D	C	M
35	20	64.52	0.0155	0.005	76.33	50.72	88.80
38	19.5	84.76	0.0118	0.051	81	60	89
41	19,77	77.55	0.0129	0.0505	79.68	56.8	89.05

*Fuente: Elaboración propia*

Tabla 17

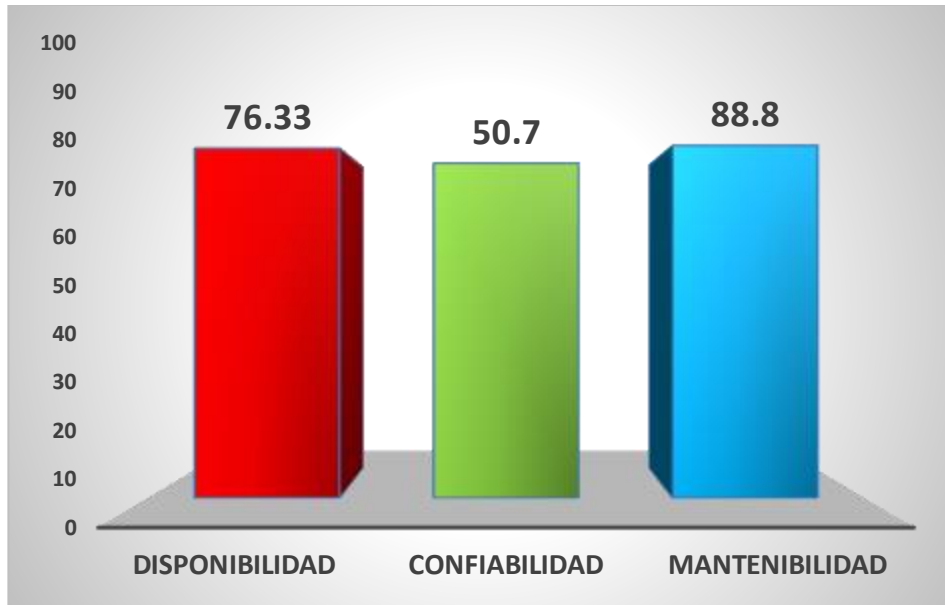
*Resultado de indicadores de mantenimiento del empernador N° 35*

Indicadores	Porcentaje
Disponibilidad	76.33
Confiabilidad	50.7
Mantenibilidad	88.80

Fuente: Elaboración propia

Figura 8

*Resultado de indicadores de mantenimiento del empernador N° 35*



Fuente: Elaboración propia

Esta tabla destaca tres indicadores esenciales para evaluar el desempeño de un sistema o proceso. La disponibilidad indica que el sistema estuvo operativo aproximadamente el 76.33% del tiempo analizado. Respecto a la confiabilidad, se observa que el sistema experimentó ciertos fallos o interrupciones en cerca del 50.7% del período evaluado. Por último, la mantenibilidad refleja que las tareas de mantenimiento se realizaron con éxito en un 88.8 % de las ocasiones, indicando una eficaz restauración del sistema tras un fallo.

#### **4.2.3. Análisis de criticidad a la flota de empernadores**

Con el fin de llevar a cabo el análisis de criticidad, se empleará la matriz correspondiente, junto con los criterios para evaluar la frecuencia y las posibles consecuencias de fallos. En este escenario, se ha elegido el vehículo número 35 como caso de estudio para llevar a cabo dicho cálculo.

##### **4.2.3.1. Determinar la frecuencia de fallas (Ff)**

$$\text{N° de intervenciones} \frac{52 \text{ veces}}{\text{año}}$$

4.2.3.2. Determinar la consecuencia de falla (Cf)

4.2.3.3. Tráfico anual de carga (TAC)

Cada empernador sujeta 13 toneladas por día durante todo el año

$$(365 - 52) * 13 = 4069 \frac{\text{toneladas}}{\text{año}}$$

De acuerdo con la Tabla N°3, de los criterios para seleccionar la consecuencia de falla (Cf), menor a 5800 toneladas/año, le corresponde un puntaje de 4.

4.2.3.4. Número de jornales anual (NJA)

Los empernadores trabajan todos los días del año

$$(365 - 52) = 313 \frac{\text{Jornales}}{\text{año}}$$

De acuerdo con la Tabla N°3, de los criterios para seleccionar la consecuencia de falla (Cf), entre 300-330 jornales/año, le corresponde un puntaje de 3

Tiempo medio para reparar (TMPR)

$$\text{TMPR} = \frac{\text{Tiempo total para reparar}}{\text{N° total de intervenciones}} = \frac{1025}{52} = 20 \text{ horas para reparar la falla}$$

De acuerdo con la Tabla N°3, de los criterios para seleccionar la consecuencia de falla (Cf), tiempo promedio para reparar (TMPR), más de 20 horas para reparar la falla tiene un puntaje de 3.

4.2.3.5. Impacto operacional (IO)

Provoca parada de línea de producción de la empresa —→ O = 6 (tabla N°3)

Calcular la consecuencia:

$$C = \text{TAC} * \text{NJA} * \text{TMPR} * \text{IO} = 4 * 3 * 3 * 6 = 216.$$

Determinar el valor crítico:

De acuerdo con la Tabla N°6, de los criterios para seleccionar la frecuencia de falla, es más de 40 fallas / año lo cual tiene un puntaje de 4.

$$Cr = \text{Frecuencia} * \text{Consecuencia} = 4 * 216 = 864.$$

Tabla 18

*Matriz de criticidad del vehículo N° 35*

4	C	C	C	C	C
3	S C	C	C	C	C
2	S C	SC	C	C	C
1	N C	NC	NC	C	C
	3 0	60	90	120	1 5 0

Fuente: elaboración propia

Según la matriz de criticidad el vehículo N° 35 tiene un nivel de criticidad de crítico.

#### 4.2.4. Evaluación de análisis de criticidad de toda la flota de empernadores

En la siguiente tabla se presenta el índice de criticidad de cada vehículo de la flota en su estado actual en el periodo 2023.

Tabla 19

*Resultado del análisis de criticidad de la flota vehicular*

CRITERIO								
N° VEH	Ff	T.A.C	N. J. A	TMPR	I.O	C	Cr	CRITICIDAD
35	4	3	3	4	6	216	864	C
38	3	2	2	4	6	192	576	C
41	3	2	2	4	6	192	576	C

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el análisis realizado se determinó que el empernador N° 35, es el empernador que presenta un mayor nivel de criticidad.

#### **4.2.5. Aplicación del AMEF al equipo más crítico**

A través de esta técnica, se examinarán cada uno de los modos de fallo, así como sus efectos y causas en el vehículo más crítico, considerando sus diversos sistemas. Posteriormente, se determinará el Nivel de Prioridad de Riesgo (NPR) con el propósito de establecer la frecuencia de mantenimiento y proponer las acciones recomendadas para reducir las fallas que puedan afectar la disponibilidad.

#### **4.2.6. Número de prioridad de riesgo (NPR)**

Falla inaceptable= 200 NPR a más

Falla deseable= entre 100-200 NPR

Falla aceptable= entre 1-100 NPR

Considerando que todas las unidades son empernadores mineros y que las fallas que se presentan en todos los equipos afectan a todos los sistemas de manera similar, la elección de la unidad para el análisis se basará en el historial de fallas del último año. Se seleccionará el equipo que haya experimentado la mayor cantidad de fallos, ya que este servirá como referencia para el resto de las unidades. En este contexto, se procederá a analizar el empernador número 35, el cual exhibe el más alto nivel de criticidad con un índice de CR= 288, convirtiéndolo en el foco principal de estudio.

Tabla 20

Aplicación de AMEF en el vehículo N° 35, diversos sistemas.

Sistema	componente	Función	Modo de falla	Efectos de la falla	Causas de la falla	Acciones actuales	Ocurrencia	Severidad	Detección	NPR	Resultado actual
SISTEMA HIDRÁULICO	SISTEMA HIDRÁULICO	proporciona potencia, el control y la precisión necesarios para llevar a cabo las operaciones de perforación de manera eficiente y segura	Bloqueo de las válvulas:	Interrupción de la perforación y cese del trabajo	Bloqueo debido a contaminación, desgaste y problemas eléctricos, lo que podría afectar el control de los cilindros y la dirección de la máquina.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	6	7	6	252	Inaceptable
	LIP SEAL	sello o junta utilizada prevenir la fuga de líquidos o gases entre dos superficies en movimiento, como ejes y carcasas.	Deterioro por abrasión	Daños a la máquina y cese de actividad	abrasión del labio del sello, debilitándolo y reduciendo su capacidad para mantener el sellado.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	5	7	6	210	Inaceptable
	DIAFRAGMA	componente flexible que separa el fluido hidráulico del gas comprimido dentro del acumulador hidráulico	Fallas por vibraciones y golpes	Paradas y tiempo de inactividad	Vibraciones excesivas, impactos o sacudidas generan tensiones que debiliten su integridad.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	6	8	7	336	Inaceptable

VÁLVULA DE LLENADO DEL ACUMULADOR	regular el flujo de fluido hacia el acumulador, permitiendo almacenar energía hidráulica para operaciones	Golpes, impactos o vibraciones excesivas pueden dañar físicamente la válvula de llenado, lo que afectaría su capacidad para operar correctamente.	Paradas y tiempo de inactividad	Fugas de fluido: desgastarse de las juntas y sellos Daños mecánicos: Golpes, impactos o vibraciones excesivas	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	6	8	7	336	Inaceptable
BOMBA HIDRÁULICA	fuelle de energía del sistema, y su función principal es generar presión al convertir la energía mecánica en energía hidráulica. Esto permite que el fluido hidráulico sea desplazado a través del sistema.	Desgaste de Componentes Internos, como engranajes, rodamientos y otras partes internas de la bomba	Pérdida de Potencia debido al mal funcionamiento y reducción de la disponibilidad operativa de la máquina perforadora	Contaminación del Aceite debido a la presencia de partículas y contaminantes en el aceite, lo cual generó daños en los componentes internos de la bomba.	Mantenimiento cada 200 hs de uso,	6	7	5	210	Inaceptable
VALVULA DE DOBLE CHEK	permitir el flujo de un fluido en una dirección mientras evita su retroceso en la dirección opuesta	fugas en las juntas	reducción de la eficiencia de la válvula al permitir el paso del fluido en la dirección incorrecta.	fugas en las juntas, sellos o componentes internos	Mantenimiento cada 200 hs de uso,	6	7	5	210	Inaceptable
DEPÓSITO DE ACEITE	almacena el fluido hidráulico utilizado por el sistema y actúa como un amortiguador para evitar fluctuaciones de presión	Corrosión debido a condiciones Ambientales Agresivas y falta de protecciones necesarias	Debilitamiento de la estructura del depósito, aumentando el riesgo de fugas o daños mayores.	Corrosión debido a exposición a la humedad y agentes corrosivos. Y falta de recubrimiento protector.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	5	6	5	150	Deseable

	FILTROS	eliminar partículas y contaminantes del fluido hidráulico, asegurando que el sistema funcione de manera eficiente y evitando daños a los componentes.	Obstrucción y bloqueo	Reducción del rendimiento y eficiencia del sistema hidráulico y daño a componentes debido a la falta de lubricación adecuada.	Acumulación de partículas y sedimentos. Filtro saturado o envejecido.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	5	6	5	150	Deseable
	ACTUADORES HIDRÁULICOS	son cilindros hidráulicos y motores que convierten la energía hidráulica en movimiento mecánico. Son responsables de realizar las funciones específicas de la máquina, como la perforación, la elevación de cargas o el movimiento de los brazos.	Desgaste	Reducción del rendimiento y potencia del actuado y riesgo de falla catastrófica si no se aborda.	Operación en condiciones extremas y falta de lubricación adecuada.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	6	7	5	210	Inaceptable
			Daño en los Pistones y Cilindros del Actuador	Reducción del rendimiento y potencia del actuado y riesgo de falla catastrófica si no se aborda.	Operación en condiciones extremas y falta de lubricación adecuada.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	6	7	5	210	Inaceptable
	ACUMULADORES	son dispositivos de almacenamiento de energía que ayudan a mantener la presión constante en el sistema hidráulico y a proporcionar energía adicional cuando sea necesario.	Pérdida de Precarga en el Acumulador	Reducción de la capacidad del acumulador para proporcionar energía en momentos de alta demanda.	Pérdida de gas nitrógeno en el acumulador y Desajuste en la válvula de precarga.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	6	7	5	210	Inaceptable
			Acumulador con Fugas Internas	Pérdida de capacidad de almacenamiento de energía. Sobrecarga en otros componentes del sistema.	Desgaste de componentes internos. Daño en la vejiga o membrana del acumulador.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	6	7	5	210	Inaceptable
	CILINDRO DE ELEVACIÓN	Ayuda a elevar y bajar la torre de perforación o el	Fallo en las Válvulas de Control del Cilindro	Pérdida de control sobre el movimiento del cilindro.	Obstrucciones y contaminantes en las válvulas, lo cual genera	Mantenimiento cada 200 hs de uso	6	7	5	210	Inaceptable



		equipo de perforación mismo.		Posible daño a otros sistemas o componentes.	desgaste de componentes internos.						
	VALVULAS DE SEGURIDAD	se activan cuando la presión hidráulica excede ciertos límites, evitando daños en el sistema y garantizando la seguridad.	Fuga Excesiva a Través de la Válvula de Seguridad	Pérdida de presión y eficiencia en el sistema hidráulico y sobrecarga en otros componentes del sistema	Desgaste de los sellos y asientos de la válvula, debido a un ajuste incorrecto de la presión de la válvula.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	6	7	6	252	Inaceptable
	SENSORES E INSTRUMENTACION	Los sensores de presión, temperatura y flujo se utilizan para monitorear y controlar el sistema, proporcionando datos críticos al operador o a la unidad de control.	Falla de Sensor de Presión	Inexactitudes en la medición de la presión y fallo en el control preciso del sistema hidráulico.	Desgaste de los elementos sensibles del sensor. Condiciones ambientales extremas. Conexiones eléctricas sueltas o corroídas	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	5	6	5	150	Deseable
			Falla de Sensor de Temperatura	Inexactitudes en la medición de la temperatura y dificultad para controlar y mantener la temperatura del sistema.	Daño en el elemento sensible del sensor. Exposición a temperaturas extremas o fluctuaciones bruscas.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	5	6	5	150	Deseable
			Fallo en el Instrumento de Medición e Indicador	Lecturas incorrectas e inexactas en el indicador, lo cual genera dificultad para monitorear y diagnosticar el sistema hidráulico.	Desgaste de componentes internos por impactos y vibraciones excesivas, sumado a las condiciones ambientales adversas.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	5	6	5	150	Deseable
	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	componente esencial del sistema de enfriamiento que disipa el calor del refrigerante al aire	Fugas y pérdidas de refrigerante:	Pérdida de refrigerante: reducen la cantidad de refrigerante disponible en el sistema, lo que disminuye la capacidad de enfriamiento y aumenta el riesgo de sobrecalentamiento.	Las fugas ocurridas debido a corrosión, desgaste de las juntas y daños físicos en el radiador.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	5	6	5	150	Inaceptable
			Falla del Motor del Ventilador:	Reducción de la Eficiencia de Enfriamiento, por lo cual no podrá mover suficiente aire a través del radiador, lo que disminuiría la	Falla del Motor del Ventilador: El motor eléctrico o mecánico que acciona el ventilador experimenta una falla, lo	Mantenimiento cada 200 hs de uso	6	7	6	252	Inaceptable

		de aire a través del radiador		capacidad de enfriamiento del sistema y afectaría la eficiencia operativa	que resultaría en la detención del ventilador.						
	BOMBA DE AGUA	es responsable de circular el refrigerante a través del motor y el radiador	Vibraciones Anormales:	Vibraciones Anormales: El desgaste de los rodamientos puede resultar en vibraciones anormales en la bomba de agua.	Desgaste de Rodamientos: El desgaste de los rodamientos de la bomba puede provocar vibraciones y ruidos anormales, lo que indica una falla en el funcionamiento de la bomba.	Mantenimiento cada 150 hs de uso	6	7	6	252	Inaceptable
	TERMOSTATO	regula el flujo de refrigerante hacia el radiador, manteniendo la temperatura del motor dentro de un rango óptimo.	Termostato Funcionando de Manera Intermitente	Ineficiencia de Combustible: Un termostato atascado abierto puede hacer que el motor tarde más tiempo en alcanzar su temperatura de funcionamiento óptima, lo que puede provocar un aumento en el consumo de combustible.	Contaminación: La acumulación de sedimentos, suciedad o residuos en el termostato puede interferir con su funcionamiento adecuado.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	6	8	7	336	Inaceptable
	DEPÓSITO PARA REFRIGERANTE	almacena el refrigerante adicional y permite que el sistema se ajuste automáticamente a cambios en la temperatura y la presión	Impactos o Daños Mecánicos	Pérdida de Refrigerante: Las fugas en el depósito resultan en la pérdida de refrigerante, lo que disminuye la capacidad de enfriamiento del sistema y aumenta el riesgo de sobrecalentamiento del motor.	Impactos y Daños Mecánicos: Golpes, impactos o daños físicos al depósito causaron grietas y perforaciones.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	6	7	6	252	Inaceptable
	SENSOR DE TEMPERATURA	monitorean la temperatura del motor y del refrigerante y envían información al sistema de gestión	Sensor de Temperatura Defectuoso: lo que resulta en mediciones de temperatura	desconexión del sistema de enfriamiento o errores en la lectura de la temperatura, lo que puede llevar a decisiones erróneas de	Vibraciones y Golpes: Vibraciones intensas o golpes pueden dañar el sensor de temperatura y su cableado.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	6	7	6	252	Inaceptable

		del motor para controlar la operación del termostato, el ventilador y otros componentes del sistema	inexactas o falta de lectura.	funcionamiento y mantenimiento.							
	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	mantiene las temperaturas de funcionamiento de los componentes en niveles seguros y evitar el sobrecalentamiento	La entrada de contaminantes, como sedimentos o minerales, en el sistema de refrigerante puede obstruir los conductos y componentes del sistema de enfriamiento.	Paradas no planificadas:	Contaminación del refrigerante	Mantenimiento cada 200 hs de uso	6	8	7	336	Inaceptable
SISTEMA DE CONTROL	SISTEMA DE CONTROL	supervisa y regula las operaciones de perforación, incluida la velocidad de rotación, la velocidad de avance y otros parámetros	inducción electromagnética y las descargas electrostáticas afecta negativamente a los sistemas de control eléctrico si no se toman medidas adecuadas de protección y blindaje.	Paradas no programadas: Las fallas en el sistema de control pueden dar lugar a paradas no programadas y, en consecuencia, a interrupciones en las operaciones mineras planificadas.	Interferencia electromagnética (EMI):	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	6	7	6	252	Inaceptable
	PANEL DE CONTROL	El panel de control es la interfaz principal que permite a los operadores interactuar con la máquina perforadora. Puede incluir pantallas táctiles, botones, interruptores y controles manuales para supervisar y ajustar las	Falla en el panel de control	Pérdida de control: La máquina puede perder la capacidad de recibir comandos y control desde el panel, lo que puede llevar a operaciones incontroladas o detenciones no deseadas.	Los fallos de estos componentes electrónico como botones, interruptores, pantallas táctiles y circuitos impresos, debido a desgaste, envejecimiento, daño físico o defectos de fabricación, pueden resultar en una falla completa del panel de control.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	6	7	6	252	Inaceptable

		operaciones de la máquina									
	UNIDAD DE CONTROL ELECTRICO	controla y supervisa diversas funciones de la máquina, como el motor, el sistema hidráulico, el sistema de enfriamiento y otros sistemas. Recopila datos y toma decisiones en función de los sensores y las entradas del operador.	Fallo de componentes electrónicos:	interrupción en las operaciones de perforación, lo que puede tener un impacto negativo en la productividad y la eficiencia. Así mismo, podría haber un riesgo para la seguridad de los operadores, ya que pueden perder la capacidad de controlar y detener la máquina en situaciones peligrosas.	fallas de los componentes debido a la falta de mantenimiento, envejecimiento, el desgaste, defectos de fabricación y condiciones ambientales adversas.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	6	7	6	252	Inaceptable
	SENSORES	Los sensores se utilizan para medir diversas condiciones y parámetros de la máquina, como la temperatura, la presión, la velocidad, la posición, la carga y otros factores relevantes	Fallo de Sensor de Respaldo:	Pérdida de Control: los sensores proporcionarían datos incorrectos al sistema de control, esto puede llevar a la pérdida de control sobre la máquina perforadora, lo que podría tener consecuencias graves para la seguridad y la operación.	Daño Mecánico: Golpes, vibraciones o impactos físicos pueden dañar los sensores, causando fallas en su funcionamiento.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	6	7	6	252	Inaceptable
	ACTUADORES	Los actuadores son dispositivos que ejecutan acciones físicas en la máquina en respuesta a las órdenes de la ECU	Desgaste y Fatiga Mecánica	Pérdida de Productividad: La falla de un actuador crítico puede detener la producción o la perforación, lo que resulta en pérdidas de tiempo y productividad.	Desgaste y Fatiga: debido al uso continuo, los componentes mecánicos de los actuadores, como los motores y las partes móviles, presentan desgaste y fatigas, lo que puede resultar en un rendimiento deficiente o una falla completa.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	6	8	7	336	Inaceptable

	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA	Proporciona la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de la ECU, sensores, actuadores y otros componentes electrónicos.	Falla en el Sistema de Alimentación Eléctrica	Detención de la Operación: La pérdida de energía eléctrica puede detener por completo la operación de la máquina perforadora, lo que resulta en tiempos de inactividad y pérdida de productividad.	Falla del Sistema de Distribución como cables dañados, conexiones sueltas o corrosión, pueden afectar la entrega de energía eléctrica a los componentes y sistemas de la máquina.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	6	8	7	336	Inaceptable
	SISTEMA DE COMUNICACIÓN	permiten la transmisión de datos entre la máquina perforadora y una estación de control remoto o sistemas de monitoreo centralizados.	Pérdida completa de la conexión entre los dispositivos o sistemas de comunicación.	Parada de la Máquina y Errores en la Operación: Los comandos incorrectos o la falta de información pueden resultar en operaciones inapropiadas o ineficientes.	Fallas en los Equipos de Comunicación, por problemas en los transmisores, receptores o en otros dispositivos de comunicación.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	6	7	6	252	Inaceptable
	SOFTWARE DE CONTROL	procesa datos, ayuda en la toma de decisiones, ajustar parámetros y controlar las operaciones de la máquina de acuerdo con las instrucciones del operador y las condiciones detectadas.	Fallas en la Interfaz de Usuario e Incompatibilidad de Versiones	Pérdida de Control, por lo cual, el sistema no responde correctamente a las instrucciones del operador.	Actualizaciones Incorrectas, generándose fallos durante la actualización o instalación de nuevas versiones de software.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	6	7	6	252	Inaceptable
	DISPOSITIVO DE SEGURIDAD	incluyen sistemas de seguridad como interruptores de paro de emergencia, sistemas de detección de obstáculos y otros dispositivos diseñados para proteger a los operadores y prevenir accidentes.	Falla en los Sensores de Seguridad	En caso de emergencia, el dispositivo de seguridad puede no activar adecuadamente el sistema de parada, lo que puede poner en riesgo la seguridad del personal y el equipo. En caso de una falsa alarma o activación incorrecta, la máquina puede detenerse innecesariamente, lo que afecta la productividad	Desgaste y daño en los sensores, exposición a condiciones ambientales extremas lo que genera conexiones corroídas. Fallo en componentes electrónicos. Calibración incorrecta, debido a cortocircuito en el cableado.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	6	7	5	210	Inaceptable

SISTEMA DE ENERGÍA	MOTORES ELÉCTRICOS	El sistema de arranque en los motores eléctricos de una máquina perforadora de minas tiene como función principal iniciar y controlar el proceso de arranque del motor. Esto implica proporcionar la energía eléctrica necesaria de manera segura y controlada para que el motor comience a operar	Problemas en el Sistema de Arranque o Control	Incapacidad para arrancar el motor, paradas inesperadas y riesgo de daño en otros componentes.	Fallos en contactores y problemas en los circuitos de control.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	6	7	5	210	Inaceptable
		Las escobillas o colectores, facilitar la transferencia de energía eléctrica desde la fuente de alimentación hacia el rotor del motor y, por ende, propiciar la rotación del eje del motor	Falla en los Escobillas o Colectores	Pérdida de contacto eléctrico. Chispas y arcos eléctricos. Disminución del rendimiento del motor.	Desgaste por fricción y contaminación en el ambiente.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	6	7	5	210	Inaceptable
		Proporcionan soporte, reducir la fricción y mantener el eje del motor centrado y en movimiento suave. Esto es crítico para el funcionamiento eficiente y confiable de la máquina perforadora de minas.	Desgaste de Rodamientos	Ruido anormal, vibraciones excesivas e inmovilización del motor.	Lubricación inadecuada. Contaminantes en el aceite. Operación a altas cargas.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	6	7	5	210	Inaceptable
		ayuda a trabajar de un modo continuo sin interrupción y	Sobrecarga del Motor	Sobrecalentamiento del motor, desgaste prematuro de	Operación continua por encima de la capacidad nominal. Voltaje	Cambio del componente	6	7	5	210	Inaceptable

		corte no programado del proceso		componentes y fusión de bobinados.	inadecuado. Condiciones ambientales extremas.	cumpliendo su ciclo de vida					
		Los devanados en los motores eléctricos juegan un papel fundamental en la conversión de energía eléctrica en energía mecánica, lo que permite el funcionamiento de la máquina perforadora de minas.	Aislamiento en los Devanados	Cortocircuitos en el sistema eléctrico. Riesgo de incendio. Pérdida de eficiencia y potencia.	Exposición a la humedad en el entorno y altas temperaturas. Desgaste por vibración.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	6	7	5	210	Inaceptable
		SISTEMA DE COMBUSTIBLE, Incluye tanques, bombas y líneas de combustible necesarios para alimentar el motor.	Fallo en la Bomba de Combustible	Pérdida de presión de combustible. Dificultades para arrancar el motor. Fallo del motor durante la operación.	Desgaste natural por uso prolongado. Contaminación del combustible. Falta de mantenimiento.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	6	7	5	210	Inaceptable
			Fugas en el Sistema de Combustible	Presión de combustible inadecuada. Desempeño inconstante del motor. Posible daño al sistema de inyección.	Desgaste por uso continuado. Fallo en los componentes internos.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	6	7	5	210	Inaceptable
			Inyectores de Combustible Obstruidos o Dañados	Pérdida de potencia del motor. Funcionamiento irregular. Emisiones de escape inusualmente altas.	Acumulación de residuos de combustible. Uso prolongado sin mantenimiento.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	6	7	5	210	Inaceptable
			Fallo en la Válvula Reguladora de Presión de Combustible	Presión de combustible inadecuada. Desempeño inconstante del motor. Posible daño al sistema de inyección.	Desgaste por uso continuado. Fallo en los componentes internos.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	6	7	5	210	Inaceptable
		SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE, Asegura que el motor reciba la cantidad adecuada de aire para la combustión.	Fugas en el Sistema de Admisión	Entrada de aire no filtrado al motor. Pérdida de potencia y eficiencia. Posible daño al motor por sobrecarga.	Juntas o sellos desgastados o dañados. Conexiones sueltas o mal ajustadas.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	6	7	5	210	Inaceptable
			Restricción en Conductos de Admisión	Reducción del flujo de aire al motor. Disminución del	Obstrucciones físicas en los conductos de admisión. Deterioro o	Cambio del componente	6	7	5	210	Inaceptable

				rendimiento y potencia. Posible aumento de la temperatura del motor.	deformación de los conductos.	cumpliendo su ciclo de vida					
			Problemas en la Válvula de Mariposa	Alteraciones en el flujo de aire al motor. Variaciones en la respuesta del acelerador. Rendimiento inconstante del motor.	Desgaste o daño en los componentes internos. Acumulación de suciedad o depósitos.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	6	7	5	210	Inaceptable
			Sensor de Flujo de Aire Defectuoso	Lecturas inexactas del flujo de aire. Desajustes en la mezcla aire-combustible. Rendimiento ineficiente del motor.	Desgaste electrónico o mal funcionamiento. Fallo en la conexión eléctrica.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	6	7	5	210	Inaceptable
			Ducto de Admisión Dañado o Agrietado	Entrada de aire no regulado al motor. Pérdida de potencia y eficiencia. Posible daño al motor por contaminantes.	Impactos o condiciones ambientales adversas. Uso prolongado y desgaste natural.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	6	7	5	210	Inaceptable
		SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	Fugas en el Sistema de Refrigeración	Pérdida de refrigerante. Riesgo de sobrecalentamiento. Contaminación del entorno.	Mangueras o Conexiones Dañadas: Desgaste o daño en las mangueras. Falta de Mantenimiento: Fallo en la revisión y reemplazo de componentes.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	6	7	5	210	Inaceptable
			Falla del Embrague del Ventilador	Falta de enfriamiento adecuado. Sobrecalentamiento del motor.	Fallo del Ventilador: Desgaste de las aspas o mal funcionamiento del motor del ventilador. Fallo del Embrague: No acopla correctamente.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	6	7	5	210	Inaceptable
		SISTEMA DE LUBRICACION, Suministra aceite lubricante a los componentes móviles del motor	Bomba de Aceite con Problemas	Reducción de la presión y flujo de aceite. Lubricación inadecuada de componentes críticos. Posible daño a partes del motor por falta de lubricación.	Desgaste natural o daño en la bomba. Fallo en los componentes internos de la bomba.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	6	7	5	210	Inaceptable



		para reducir el desgaste y la fricción	Filtro de Aceite Obstruido o Ineficiente	Reducción del flujo de aceite. Disminución de la capacidad de filtración. Mayor desgaste en componentes del motor.	Falta de reemplazo regular del filtro de aceite. Uso prolongado que lleva a la saturación del filtro.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	6	7	5	210	Inaceptable
	BATERIAS	utilizados para respaldo de energía o para sistemas eléctricos de baja tensión.	Electrolito Bajo o Insuficiente	Pérdida de capacidad de almacenamiento y arranque.	Evaporación del electrolito por altas temperaturas.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	6	7	5	210	Inaceptable
			Placas Internas Dañadas o Sulfatadas	Disminución de la capacidad de almacenamiento de energía.	Descarga profunda o prolongada. Edad avanzada de la batería.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	5	6	5	150	Deseable
			Falla de la Celda Individual	Pérdida de voltaje y capacidad de almacenamiento.	Desgaste desigual entre celdas.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	5	6	5	150	Deseable
			Fallo de los Separadores	Posible cortocircuito entre placas.	Deterioro de los separadores internos.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	5	6	5	150	Deseable
	SISTEMA DE ESCAPE	Incluye el sistema de escape y los componentes relacionados, como el silenciador y los sistemas de filtrado de gases	Desgaste o Fallo de Sondas de Oxígeno	Pérdida de precisión en la medición de oxígeno. Rendimiento subóptimo del motor.	Desgaste por uso prolongado. Contaminación o daño mecánico.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	6	7	5	210	Inaceptable
			Fallo en el Convertidor Catalítico	Disminución en la eficiencia de reducción de emisiones. Aumento de emisiones contaminantes.	Desgaste químico por reacciones de conversión. Contaminación con sustancias no deseadas.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	6	7	5	210	Inaceptable
		VALVULA GAS VALVE, válvula utilizada para controlar el flujo de gas	Problemas de control:	retrasos, inestabilidad, fallas en el sistema de control o errores en la señal de control.	incapacidad para abrirse o cerrarse de manera precisa y controlada, lo que puede afectar el flujo de gas y la seguridad del sistema	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	5	7	6	210	Inaceptable
		"GUARD (N/P)" pieza utilizada para	Obstrucción y acumulación de material:	Daños a la máquina y cese de actividad	obstrucción con objetos de material, lo que podría interferir con el	Cambio del componente	5	7	6	210	Deseable

		la guardia y protección			funcionamiento de la máquina o la capacidad de protección.	cumpliendo su ciclo de vida					
	COMPRESOR	CONTACTOR EN EL COMPRESOR encender y apagar el compresor según las señales de control.	El contactor presenta fallas y obstaculiza el flujo de energía destinado al inicio del compresor.	El equipo no puede operar	Cumplimiento del ciclo de vida del componente	Verificación de la bobina: El contactor tiene una bobina electromagnética que controla los contactos. En caso de sustituir el contactor se realiza cada 300 hs	6	8	7	336	Inaceptable
		COJINETES	Falla de los Cojinetes	Ruido, vibraciones, posible inmovilización del compresor.	Lubricación inadecuada, contaminantes en el aceite.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	6	8	7	336	Inaceptable
		TUBOCOMPRESOR	Desgaste por fricción y abrasión. Fugas en el tubo compresor. Fatiga por ciclos de carga y descarga.	Pérdida de eficiencia de compresión. Aumento de la temperatura de funcionamiento. Riesgo de rotura o fallo total del tubo compresor.	Operación prolongada sin lubricación adecuada. Presencia de partículas abrasivas en el flujo de aire.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	6	8	7	336	Inaceptable
		FILTROS DEL COMPRESOR	Obstrucción de los Filtros y desgaste de los Componentes del Filtro	Reducción del flujo de aire comprimido. Mayor carga en el motor del compresor. Posible sobrecalentamiento del compresor. Pérdida de la integridad estructural del filtro. Posible colapso o mal funcionamiento del filtro.	Acumulación de suciedad y partículas en el filtro. Falta de mantenimiento regular. Condiciones ambientales adversas, Ciclos de carga y descarga frecuentes. Uso prolongado sin reemplazo.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	6	8	7	336	Inaceptable
		FAJAS DEL COMPRESOR	Grietas o Daños en las Fajas	Pérdida de tracción y rendimiento. Riesgo de rotura. Desalineación del compresor.	Exposición a altas temperaturas. Tensión excesiva. Golpes o impactos.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	6	8	7	336	Inaceptable

SISTEMA DE PERFORACION MONTABERT HC 28	GUIDING RING	Obstruir el flujo de sustancias en un aparato o contenedor	Erosión temprana de elementos sellantes y orientadores en el empleo de componentes de reemplazo	Deterioro anticipado de las partes de sellado y guía al utilizar piezas de repuesto, por lo cual hay fugas de agua	Instalación inadecuada de las barreras hidráulicas y conductores de flujo, cumplimiento del ciclo de vida	Mantenimiento cada 200 hs de uso	7	9	7	441	Inacceptable
	SELLOS DE AGUA	aseguran la hermeticidad, permiten el almacenamiento de energía y facilitan el movimiento controlado del diafragma	Fugas de fluido o gas	Paradas y tiempo de inactividad	fugas de fluido, lo que reduce la eficiencia del acumulador y puede afectar la capacidad de almacenamiento y liberación de energía.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	6	7	6	252	Inacceptable
	CABEZAL DE BARRIDO	proporciona la energía de rotación necesaria para que la broca realice su trabajo de perforación.	Falla del motor de rotación, por lo cual podría dejar de funcionar debido a problemas eléctricos o mecánicos.	Interrupción de la perforación y cese del trabajo	Problemas eléctricos como cortocircuitos y fallas en los cables de conexión o daños en los componentes electrónicos del motor.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	7	8	7	392	Inacceptable
	"ROD END KIT" (kit de extremo de varilla)	fundamental en la transmisión de movimiento y fuerza, la articulación y la absorción de vibraciones	Desgaste de la junta esférica o rodamiento	Paradas y tiempo de inactividad	holguras no deseadas, lo que afecta la precisión de la articulación y puede generar ruidos.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	7	8	6	336	Inacceptable
	DRIVER	dispositivo que se utiliza para controlar y operar la máquina perforadora	Problemas eléctricos o electrónicos	Bloqueo del sistema Y pérdidas de funcionalidad	fallas debido a problemas en los circuitos eléctricos, conexiones defectuosas, componentes dañados o sobrecargas eléctricas	Mantenimiento cada 200 hs de uso	5	6	5	150	Deseable
	ELASTIC PIN	asegurar y mantener juntas o piezas en su lugar mientras se realizan perforaciones u otras operaciones	Deformación excesiva: debido a cargas inesperadamente altas o condiciones de operación extremas.	La deformación del pin elástico, generando una disminución en la eficiencia de la máquina perforadora,	Cargas excesivas o impactos pueden superar la capacidad de carga del pin elástico y fatiga por ciclos repetitivos de carga y descarga puede debilitar el pin elástico con el tiempo.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	6	7	6	252	Inacceptable

	SHAFT	transmite movimiento o potencia entre diferentes partes del boom.	Desgaste de shaft	Paradas y tiempo de inactividad	deformaciones plásticas permanentes en el eje debido a cargas excesivas	Mantenimiento correctivo del equipo y cambio del componente al cumplirse su ciclo de vida	5	7	5	175	Inaceptable
	BEARING	reduce la fricción entre dos partes móviles permitiendo que una parte gire respecto a otra de manera suave	Desgaste de bearing	Paradas y tiempo de inactividad	Juego axial desmesurado	Mantenimiento correctivo del equipo y cambio del componente al cumplirse su ciclo de vida	5	7	5	175	Inaceptable
	CYLINDER	convierte energía del fluido en movimiento lineal o fuerza mecánica	Fugas de fluido o gas	paradas de trabajo no programadas	pérdida exagerada de aceite hidráulico a través del vástago del cilindro de desplazamiento lateral	Reemplazo de la pieza cumpliendo su ciclo de vida	5	6	5	150	Deseable
	PIN DE CILINDRO DE DIVERGENCIA	identifica de manera única un cilindro de divergencia	Excesivo juego axial de pin de cilindro de divergencia	perdida de presión, desgaste acelerado e inestabilidad del sistema	fallas en el trabajo del cilindro de divergencia	Reemplazo de la pieza cumpliendo su ciclo de vida	5	5	4	100	Deseable
	NYLON ESPACIADOR	crear un espacio o separación entre dos objetos o superficies	Deformación y aplastamiento	Disminución de la capacidad de carga: La deformación y el aplastamiento excesivos pueden reducir la capacidad de carga del espaciador	deformación o bajo cargas excesivas. Esto podría provocar una reducción en el espacio entre las superficies y un mal funcionamiento	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	5	5	5	125	Deseable
	UNIDAD DE GIRO	componente responsable de proporcionar movimiento de rotación.	Desgaste y Fatiga:	paradas de trabajo no programadas	los rodamientos, ejes y engranajes, presentan desgaste y fatiga, lo que podría llevar a una disminución en su rendimiento y fallas	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	5	6	6	180	Deseable

	SEAL KIT	previene fugas, mantiene la integridad del sistema y protege contra contaminantes y desgaste	excesivo juego axial de la unidad de giro	Trabajo deficiente de la unidad	Perdida de Presión: Sellos dañados pueden provocar una pérdida de presión en los sistemas hidráulicos	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	5	6	5	150	Deseable
	PIN DE ARTICULACIÓN CENTRAL	permite girar o moverse alrededor de un punto de articulación central	Bloqueo y Atascamiento	impide el movimiento de las partes conectadas.	Bloqueo y Atascamiento: Si el pin se bloquea o atasca debido a contaminantes, suciedad o daños en las superficies de articulación,	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	5	6	6	180	Deseable
	SLIDE PIECE	Contribuye a la movilidad y precisión de la máquina durante la perforación de emperaduras en trabajos mineros.	Deformación y Daño Mecánico del Slide Piece y Desgaste Excesivo del Slide Piece	Alteración en la geometría y ajuste del Slide Piece. Dificultad para realizar ajustes precisos en la profundidad de la perforación. Riesgo de fallo estructural durante la operación.	Impactos o fuerzas externas excesivas. Sobrecarga en la herramienta de perforación. Manipulación brusca durante el mantenimiento. Operación prolongada sin lubricación adecuada. Contacto repetido con material abrasivo. Falta de mantenimiento preventivo.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	5	6	6	180	Deseable
	PERNERIA	Elementos relacionados con los pernos utilizados en el proceso de empernado en trabajos mineros. Su función principal es asegurar la estabilidad y seguridad de las estructuras en la mina.	Desgaste Excesivo de Pernos	Pérdida de resistencia y capacidad de sujeción. Posible fallo catastrófico de los componentes. Riesgo de inestabilidad en la operación.	Operación prolongada sin reemplazo. Fricción constante durante el funcionamiento. Uso de materiales de baja calidad.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	5	6	6	180	Deseable
	CAUDALIMETRO	Mide y controla el flujo de fluidos, como agua o lodo, que se utilizan en el proceso de	Fallo Total del Caudalímetro	impide el movimiento de las partes conectadas.	Pérdida completa de la medición de flujo. Incapacidad para controlar el caudal. Riesgo de	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	5	6	6	180	Deseable

		perforación y empernado en una mina. Su función principal es proporcionar información precisa sobre la cantidad de fluido que se está utilizando en el sistema.			errores en procesos de perforación.						
	BRAZO C	Permite asegurar y fortalecer las estructuras subterráneas, como túneles, galerías y minas, previniendo colapsos y garantizar la seguridad	Fallas de tipo hidráulicas y neumáticas que comprometen el trabajo y Desgaste	Pérdida de integridad estructural del Brazo C. Dificultad para mantener la posición adecuada de la herramienta. Riesgo de fallo estructural durante la operación. Paradas y tiempo de inactividad	Operación prolongada sin mantenimiento. Fricción constante y desgaste por el uso. Impactos o fuerzas externas.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	6	8	7	336	Inaceptable
	C.H. DE EXTENSION DE DOWEL	proporcionar una conexión segura y estable entre el equipo de perforación y la broca o herramienta de perforación, permitiendo que la fuerza y el movimiento se transmitan de manera eficiente desde el equipo de perforación hasta la herramienta de trabajo	Desgaste y Daño en el C.H. de Extensión de Dowel	Pérdida de Integridad Estructural, puede debilitar la estructura del presentando Dificultad para Sujetar o Alinear Componentes, lo cual afecta la capacidad de sujetar elementos correctamente. Riesgo de Fallo Estructural podría llegar a un punto de falla.	Operación Prolongada sin Mantenimiento sin la debida inspección y cuidado. Fricción Constante y Desgaste repetida con otros componentes puede causar desgaste. Impactos o Fuerzas Externas por Golpes o fuerzas aplicadas sobre el C.H.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	5	6	6	180	Deseable

	GUIADOR DE PERNOS HELICOIDAL 22(POS 1)	asegurar una guía precisa y segura para la inserción de pernos helicoidales en el material, lo que contribuye a un proceso de perforación y empernado más eficiente y preciso.	Parada no programada por daños mecánicos en el guiador	Desgaste y Deformación que afecta la precisión y suavidad del movimiento. Dificultad para Guiar los Pernos puede generar imprecisiones en la perforación. Riesgo de Rotura el guiador llega a un punto de fallo en el cual se detienen las operaciones de trabajo	Uso Continuo a Altas Cargas y Operación prolongada bajo Contaminación por Partículas Abrasivas en el entorno de trabajo. Falta de inspecciones y lubricación periódicas.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	5	6	6	180	Deseable
	SOPORTE CENTRALIZADOR	la función principal del soporte centralizador en el sistema de perforación de una máquina empernadora es mantener la broca de perforación centrada y alineada, lo que contribuye a un proceso de perforación y empernado más eficiente y preciso.	Parada no programada por daños mecánicos en el eje central del soporte	Desgaste y Deformación, lo cual afecta la integridad estructural y la precisión del soporte. Dificultad para Sujetar o Alinear Componentes, generando inestabilidad en la posición de la herramienta. Riesgo de Rotura lo cual genera fallas en el soporte y cese de la actividad.	Utilización prolongada bajo cargas elevadas. Presencia de partículas abrasivas en el entorno de trabajo. Falta de inspecciones y lubricación periódicas.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	5	6	6	180	Deseable

	CH. EXTENSION DE RESINA	Facilita la inyección controlada de resina de anclaje en el agujero perforado, lo que permite asegurar y fortalecer la fijación de los pernos de anclaje en la roca. Esto es crucial para mantener la estabilidad y seguridad de la estructura en la que se están realizando las operaciones de perforación.	Agrietamiento y fisuras, desalineación y deformación	Pérdida de Integridad Estructural, que debilita la estructura del C.H. Dificultad para Sujetar o Alinear Componentes, lo cual, afecta la capacidad de sujetar elementos correctamente. Riesgo de Fallo Estructural que evita la continuidad de las operaciones	Operación Prolongada sin Mantenimiento, sin la debida inspección y cuidado. Fricción Constante y Desgaste con otros componentes puede causar desgaste. Impactos y Fuerzas Externas aplicadas sobre el C.H.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	5	6	6	180	Deseable
	UNIDAD DE ROTACIÓN HELAC L10-5 360°	proporcionar la capacidad de girar y posicionar la herramienta de perforación en diferentes ángulos y direcciones. Esta unidad permite una amplia gama de movimientos rotativos, lo que es esencial para perforar agujeros de manera precisa y eficiente en diferentes direcciones en el entorno de trabajo.	Falla en el Motor de Rotación	Pérdida de potencia en la rotación e inmovilización del sistema de perforación.	Desgaste de los componentes internos y fallas eléctricas.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	5	6	6	180	Deseable
			Desgaste Excesivo de Engranajes	Pérdida de eficiencia en la rotación. Ruido excesivo y vibraciones.	Uso continuo sin lubricación adecuada y contaminación por partículas abrasivas.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	5	6	6	180	Deseable
			Fricción Anormal en los Cojinetes	Aumento de la resistencia en la rotación y calentamiento excesivo.	Falta de lubricación y desgaste de los cojinetes.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	5	6	6	180	Deseable



	C.H. DE EXTENSION DE VIGA	<p>Extiende la capacidad de alcance de la máquina, permitiendo así que la herramienta de perforación llegue a áreas más distantes o profundas en el sitio de trabajo. Esto es esencial para adaptarse a diferentes condiciones y requisitos de perforación en el entorno de una mina.</p>	Desgaste Excesivo y Daño Mecánico	<p>Pérdida de integridad estructural del C.H. Dificultad para mantener la posición adecuada de la herramienta. Riesgo de fallo estructural durante la operación.</p>	Operación prolongada sin mantenimiento. Fricción constante y desgaste por el uso. Impactos o fuerzas externas.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	5	6	6	180	Deseable
			Deformación Plástica	<p>Cambio permanente en la forma y estructura del C.H. Pérdida de funcionalidad.</p>	Sobrecarga por choque repentino	Mantenimiento cada 200 hs de uso	5	6	6	180	Deseable
			Falla por Desgaste Abrasivo	<p>Desgaste progresivo del material, cambio en la forma y función del C.H.</p>	Interacción con partículas abrasivas.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	5	6	6	180	Deseable
	CH. DE PIVOT DOBLE VASTAGO	<p>Proporciona un soporte estable y permitir la movilidad controlada de la herramienta de perforación. Este componente es crucial para controlar la dirección y el ángulo de la perforación, lo que permite adaptar la máquina a diferentes condiciones y requisitos de trabajo en una mina.</p>	Desgaste Excesivo y Daño Mecánico	<p>Pérdida de integridad estructural del C.H. Dificultad para mantener la posición adecuada de la herramienta. Riesgo de fallo estructural durante la operación.</p>	Operación prolongada sin mantenimiento. Fricción constante y desgaste por el uso. Impactos o fuerzas externas.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	5	6	6	180	Deseable
	EJE DE PIVOTE CENTRAL	<p>Proporciona un punto central de pivote alrededor del cual se puede ajustar y orientar la herramienta de perforación,</p>	Desalineación: El eje se desplaza de su posición correcta debido a factores como mal montaje o desgaste de	<p>Detención de la Operación: La máquina emperadora dejará de funcionar correctamente, lo que puede llevar a retrasos en la producción.</p>	Sobrecarga Operativa: Operación de la máquina emperadora en condiciones que exceden la capacidad de carga del eje.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	5	6	6	180	Deseable

		permitiendo ajustar la dirección y el ángulo de la perforación según las necesidades específicas de la operación en una mina.	componentes asociados.								
SISTEMA DE ANCLAJE	PLACAS DE ANCLAJE	Son placas planas y robustas que se utilizan como base para los pernos de anclaje, proporcionando una superficie de soporte sólida.	Deslizamiento y Desprendimiento,	Inestabilidad Estructural, Pérdida de Sujeción, Detención de la Operación	Carga mal distribuida, falta de adherencia entre la placa y el sustrato.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	5	6	6	180	Deseable
	BARRA ROSCADA DE ANCLAJE (THREADED ROD):	Es una barra metálica con rosca en ambos extremos, utilizada en aplicaciones donde se requiere un anclaje más largo que un perno estándar.	Falla por Torsión Excesiva:	Deformación plástica, torsión excesiva, posible fractura.	Aplicación de fuerzas de torsión que excede la capacidad de la barra.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	5	6	6	180	Deseable
	PLACAS DE DISTRIBUCIÓN DE CARGAS	Se utilizan para distribuir la carga sobre una superficie más grande y reducir el riesgo de daño en el material base.	Falla por Fatiga	Agrietamiento o deformación permanente.	Carga cíclica repetida, material inadecuado.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	5	6	6	180	Deseable
	BRAZO MANIPULADOR	El brazo manipulador es la parte móvil de la máquina que sostiene y maniobra la perforadora.	Problemas en el Sistema de Articulaciones y Juntas	Dificultad para mover o posicionar la perforadora correctamente, lo que genera cese de actividad	Desgaste de los elementos de articulación, falta de lubricación	Mantenimiento cada 200 hs de uso	5	6	6	180	Deseable

			Falla de los Actuadores	Pérdida de movimiento o control del brazo manipulado, lo que genera cese de actividad	Problemas en los motores o sistemas hidráulicos/ neumáticos	Mantenimiento cada 200 hs de uso					
	ESTRUCTURA DE SOPORTE Y BASTIDOR	Proporciona la base y estabilidad para los componentes y sistemas de la máquina	Desgaste Mecánico	Pérdida de espesor y resistencia del material, lo que genera cese de actividad	Fricción constante y falta de lubricación.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	5	6	6	180	Deseable
	SISTEMA DE ELEVACIÓN Y DESCENSO	Facilita el movimiento vertical de la perforadora, permitiendo ajustes de altura para perforaciones precisas	Fallo en el Sistema de Cilindros Hidráulicos	Pérdida de capacidad para elevar o descender la perforadora, lo que genera cese de actividad	Desgaste, fugas en sellos y problemas en las válvulas.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	5	6	6	180	Deseable
			Desgaste en los Elementos de Guiado o Rieles	Irregularidades en el movimiento, dificultad para mantener la posición lo que genera cese de actividad	Fricción constante y falta de lubricación y desgaste por uso repetido.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	5	6	6	180	Deseable
			Falta de Alineación	Inestabilidad durante el movimiento de elevación o descenso.	Desgaste en los componentes de alineación, impactos o golpes.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	5	6	6	180	Deseable
SISTEMA DE TRANSPORTE Y MOVILIDAD	RIELES DE TRACCIÓN	Son los componentes que entran en contacto directo con la superficie y proporcionan tracción y movilidad	Deformación o Torcedura	Dificultad en el desplazamiento suave de la máquina.	Cargas excesivas, fallas por impactos y golpes.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	5	6	6	180	Deseable
	SISTEMA DE SUSPENSIÓN	Contribuye a la absorción de impactos y al mantenimiento de la	Desgaste Excesivo de Amortiguadores	Pérdida de capacidad de absorción de impactos, irregularidades en el desplazamiento	Uso prolongado, cargas pesadas, falta de mantenimiento.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	5	6	6	180	Deseable

		estabilidad durante el transporte	Fugas en los Sistemas Hidráulicos	Pérdida de capacidad de amortiguación, inestabilidad	Daños en sellos o componentes, sobrepresión	Mantenimiento cada 200 hs de uso	5	6	6	180	Deseable
			Rotura de Componentes de Suspensión	Pérdida de funcionalidad de la suspensión, inestabilidad en el desplazamiento	Sobrecarga, impactos severos	Mantenimiento cada 200 hs de uso	5	6	6	180	Deseable
	GATA HIDRÁULICA DE CHASIS	permite elevar al vehículo del suelo, para realizar tareas de mantenimiento, reparación o inspección	Fuga de aceite	Paradas y tiempo de inactividad	sellos dañados, juntas deterioradas o una fuga en el sistema hidráulico. Haciendo que la gata no funcione correctamente y presente fallas	Mantenimiento cada 200 hs de uso	5	6	6	180	Deseable
	CHASIS Y ESTRUCTURA DE SOPORTE	Proporciona la base y estabilidad para el sistema de transporte y la perforadora	Fatiga del Material	Deformación o fractura del chasis, pérdida de integridad estructural	Exposición continua a cargas variables, vibraciones.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	5	6	6	180	Deseable
	VASTAGO DE CHASIS	desplaza en respuesta a la presión del fluido, lo que permite la transmisión de fuerza o potencia.	Desgaste por Vibración:	El equipo no puede operar	desgaste en los puntos de conexión del vástago al chasis, lo que podría debilitar su sujeción.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	5	6	6	180	Deseable

#### 4.2.7. Evaluación de NPR actual

Se lleva a cabo el cálculo del NPR en el estado actual utilizando las tablas de aplicación de AMEF. A continuación, se presentan los resultados del NPR actual, en la siguiente tabla.

Tabla 21

##### *Resultado del NPR actual*

Nivel de falla	Cantidad de falla	Resultados
Inaceptable	79	72.48%
Aceptable	4	3.67%
Deseable	26	23.85%
Total	109	100%

Fuente: Elaboración propia

Esta tabla muestra la distribución de fallas según diferentes niveles de gravedad. En el caso de fallas inaceptables, se identificaron 79 casos, esto representa el 72.48% del total de fallas registradas. Se encontraron 4 casos de fallas que se consideran aceptables. Esto representa el 3.67% del total de fallas registradas. Así mismo, identificaron 26 casos de fallas que se consideran deseables. Esto representa el 23.85% del total de fallas registradas. En total, se registraron 109 casos de fallas en el estudio. Cada nivel de falla se determina en función de la gravedad de las consecuencias asociadas a cada caso.

#### 4.3. Sistema de gestión propuesto del área de mantenimiento

##### 4.3.1. Evaluación de NPR proyectado

Luego de haber identificado el análisis de modo, efecto y causa de falla se plantearon acciones preventivas con el fin de disminuir el nivel de prioridad de riesgo según tablas de aplicación del AMEF N°16 al N°27. En la siguiente tabla se presenta los resultados de reducción del nivel de prioridad de riesgo, obteniendo resultados favorables.

Tabla 22

*Resultado del NPR proyectado*

Nivel de falla	Cantidad de falla	Resultados
Inaceptable	0	0%
Aceptable	97	88.99%
Deseable	12	11.01%
Total	109	100%

Fuente: Elaboración propia

Después de la implementación de medidas preventivas, se observaron cambios significativos en la distribución de fallas. El porcentaje de fallas consideradas inaceptables disminuyó del 72.48% al 0%. Las fallas clasificadas como aceptables aumentaron de un 3.67% a un 88.99%. Las fallas consideradas deseables se redujeron significativamente, pasando de un 23.85% a un 11.01%. Estos resultados reflejan una mejora sustancial en la calidad del proceso y una reducción notable en el nivel de prioridad de riesgo.

#### 4.3.2. Plan de mantenimiento propuesto

Al aplicar el análisis de modo y efecto de falla, se emplea la información de acciones recomendadas para desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para los distintos sistemas de las unidades. Este plan se implementará con el fin de evaluar su eficacia, asegurando un seguimiento detallado en cada actividad planificada y orientándose hacia la mejora continua. Este plan de mantenimiento preventivo abarcará todos los empernadores de la empresa a lo largo del año 2023 como parte de un plan de mejora. Por lo cual, el mantenimiento a realizar en intervalos específicos y asigna tiempos para cada tarea, así como la especialización requerida. Dado esto, se establece se llevarán a cabo 23 intervenciones de mantenimiento al año para cada empernador.

Tabla 23

*Plan de mantenimiento en base a AMEF para la flota de empernadores.*

SISTEMA	ACTIVIDAD	TIEMPO	Frecuencia/Mes	Horas de Trabajo	TIPO	ESPECIALI DAD	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
		horas/																
		actividad																
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	_Cambio de aceite e instalación de filtros del sistema hidráulico, pruebas de funcionamiento de válvulas, revisión de Sellos y Juntas limpieza del sello y áreas circundantes, lubricación. _Reemplazo programado del LIP SEAL, ajuste, control de temperatura y presión, protección contra partículas abrasivas. Inspección de la válvula de llenado del acumulador, Instalación de sensores de presión y flujo y cambio del componente _Inspección de la bomba hidráulica, desmontaje, desconexión de las líneas de entrada y salida, medición de los componentes Reemplazo de Componentes, ajustes, calibración y verificación Reemplazo del filtro y drenaje el aceite Limpieza de Componentes Internos. Verificación del Aceite Nuevo	1,2	1	14,4	preventivo	Mecánico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

	<p>_Inspección de la válvula doble check, verificar el apagado y desconexión. Verificación de sellos y juntas, limpieza, apriete de conexiones, reemplazo de componentes dañados, aplicación de selladores y prueba de presión.</p> <p>_Inspección del depósito de aceite, limpieza y eliminación de corrosión, aplicar un recubrimiento resistente a la corrosión.</p> <p>_Medición de desgaste del actuador, incluidos los sellos, pistones y cilindros, reemplazo de componentes desgastados con piezas originales del fabricante.</p>	1,2	2	28,8	preventivo	Mecánico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<p>_Desmontaje del acumulador, medición de la precarga, añada gas nitrógeno. Inspección de sellos y componentes del acumulador. Reemplazar los elementos desgastados o dañados. Montaje del acumulador y conectado.</p> <p>_Desmonte del cilindro de elevación, limpieza de válvulas y componentes, reemplace los componentes afectados con piezas originales, pruebas de funcionamiento y montaje del cilindro</p> <p>_Desmontaje de la válvula de seguridad, examine los sellos y asientos de la válvula, reemplace los componentes, ajuste de la presión de la válvula, montaje de la válvula y realice pruebas de funcionamiento e instalar la válvula en el sistema</p> <p>_Desmontaje del sensor de presión, pruebas de funcionamiento reemplazo del sensor</p>	1,2	1	14,4	preventivo	Mecánico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X



SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	_Revisar conexiones del radiador, realizar pruebas de continuidad. y funcionamiento.} Identificación de la falla en el ventilador del motor, desmontaje del motor, inspección y limpieza, reparación de componentes, reemplazo de piezas desgastadas, ajustar, ensamblaje del motor, pruebas y ajustes. _Inspección de la bomba de agua, limpieza, reemplazo de componentes desgastados, alineación, pruebas de fugas, lubricación.	0,8	2	19,2	preventivo	Mecánico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	_Inspección y desmontaje del termostato, realizar pruebas funcionales, reemplazo del termostato, ajustes y calibración, reensamblaje, pruebas de funcionamiento. _Inspección y desconexión del sistema, drenaje del refrigerante, limpieza y preparación, reparación del daño, pruebas de estanqueidad, llenar el depósito con refrigerante y presurízalo, reinstalación y recarga y pruebas de funcionamiento.	0,8	2	19,2	preventivo	Mecánico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	_Verificación de las conexiones y cableado. repara o reemplaza cables dañados. prueba y calibra el sensor, reemplaza si es defectuoso. _Limpieza del sistema y el radiador, verificar un posible cambio de termostato, inspección de las mangueras, conexiones y otros componentes, realizar pruebas de funcionamiento y la presión del sistema.	0,8	2	19,2	preventivo	Mecánico Electricista	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

SISTEMA DE CONTROL	<p>_ Identificación de fuentes de protección de cables, uso de filtros de línea en las entradas de alimentación de equipos electrónicos, asegura las conexiones y tomas de tierra. empleo de supresores de transitorios para proteger equipos contra picos de voltaje y descargas eléctricas.</p> <p>_ inspección de los componentes electrónicos del panel de control realiza pruebas de funcionamiento, monitoreo de tendencias, mantenimiento de software, protección contra la humedad y la corrosión.</p> <p>_ Inspección de los componentes de tu unidad de control para mantenimiento del software</p>	0,8	2	19,2	preventivo	Electricista	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<p>_ Inspección de los sensores, protección mecánica, aislamiento de vibraciones y sensores de respaldo, calibración de los sensores, pruebas de funcionamiento</p> <p>_ Inspección, limpieza, lubricación y calibración de los actuadores, verificación de conexiones eléctricas y reemplazo de componentes desgastados.</p> <p>mediciones eléctricas de voltajes, corrientes y resistencias. verificación y ajuste de conexiones eléctricas. reemplazo de componentes desgastados, limpiar y lubricar contactos eléctricos y mecanismos de interruptores.</p>	0,8	2	19,2	preventivo	Mecánico Electricista	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<p>_ Mediciones eléctricas de voltajes, corrientes y resistencias. verificación y ajuste de conexiones eléctricas. reemplazo de componentes desgastados, limpiar y lubricar contactos eléctricos y mecanismos de interruptores.</p> <p>_ Inspección, pruebas de funcionamiento y comunicación, mediciones de la calidad de la señal, verificar y actualizar el firmware y</p>	1	2	24	preventivo	Electricista	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

	<p>software, revisar y ajustar los ajustes de configuración, realizar copias de seguridad y pruebas de comunicación.</p> <p>_Inspección del software de control, copia de seguridad de datos y configuraciones, verificación de integridad de archivos, actualización de parches y actualizaciones, verificación de compatibilidad del software con cualquier hardware.</p> <p>_Identificación del sensor afectado, inspección visual, verificación de la alimentación eléctrica, calibración y ajuste del sensor, sustitución del sensor por uno nuevo.</p>																	
SISTEMA DE ENERGÍA	<p>_ inspección de contactores y relés del motor, verificación de conexiones eléctricas, pruebas de continuidad y resistencia de los componentes eléctricos.</p> <p>_ inspección de escobillas y los colectores del motor, verificación del ajuste de presión de las escobillas, reemplazo, alineación, realiza pruebas de carga</p> <p>_ inspección de sello de los rodamientos del motor, si se detecta desgaste significativo, reemplazo de los componentes, ajuste de cargas operativas.</p> <p>_ Verifica que el motor opere dentro de su capacidad nominal, verificar la carga de trabajo y el tiempo de operación, verificar el voltaje inspección de los sistemas de ventilación, aislamiento eléctrico, pruebas de resistencia de aislamiento, limpieza de devanados, colocación de amortiguadores y soportes para protección</p>	1	2	24	preventivo	Mecánico Electricista	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

	_Desmontaje de la bomba de combustible, limpieza de la bomba y sus componentes reemplazo de piezas.	1	1	12	preventivo	Mecánico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	_Apagar y despresurizar la máquina, examine visualmente el sistema. reemplazo de juntas o sellos deteriorados, ajuste las conexiones del sistema, verifique que no haya pérdida de combustible y realice pruebas en condiciones de operación _Retirar los inyectores del sistema de combustible, limpieza, examine y reemplace los inyectores si es necesario. realizar prueba de rociado. reemplazo de filtros de combustible. _Examina las juntas y sellos en el sistema de admisión, reemplazo de componentes, asegura que todas las conexiones estén correctamente ajustadas y apretadas para evitar fugas, realiza pruebas de estanqueidad. _Desmontaje de la válvula mariposa y verifica el estado de los componentes internos, reemplazo de piezas, alineación y verificación del funcionamiento.	1,5	1	18	preventivo	Mecánico Eléctricista	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Inspección de las baterías, verifica el nivel del electrolito y el estado de las placas internas, reemplazo de las placas dañadas o sulfatadas. inspección del desgaste entre celdas, reemplazo de la celda individual. evaluación de los separadores, si están dañados proceder a reemplazarlos. _examina las sondas de oxígeno del sistema de escape, realiza pruebas de funcionamiento, si las sondas muestran signos de desgaste o falla, proceder al reemplazo. _Inspección del convertidor catalítico, realizar	0,8	2	19,2	preventivo	Electricista Mecánico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

	pruebas químicas, limpia el convertidor catalítico, reemplázalo si está severamente desgastado o contaminado. _Limpieza y verificación de fugas de gas en válvula gas valve y reemplazar piezas dañadas _Inspección y desmontaje del GUARD (N/P) verificar daños y reinstalar la guardia. realizar pruebas de funcionamiento																
	_Inspección del contactor en el compresor, verificar el funcionamiento de contactores y relés, conexiones eléctricas y realizar pruebas de continuidad y resistencia. _desmante el compresor, inspeccione visualmente, limpieza. y reemplazo de cojinetes si es necesario, verifique lubricación, realizar prueba en vacío, verificar la alineación. _Cambio de filtros del compresor _Cambio de contactores y relés elementos _Verificación del estado de los sellos de agua, limpieza de la pieza después de su uso, en caso de presentar grandes fallas cambiarlo _inspección del cabezal de barrido, inspección de cables, realizar pruebas de continuidad y aislamiento, pruebas de continuidad y aislamiento en los cables y componentes.	1,5	1	18	preventivo	Electricista	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
TORRETA 99	_Desmontaje del kit de extremo de varilla, limpieza de las superficies, ajuste y alineación correcta, montaje y verificación del funcionamiento _Inspección visual y limpieza del Driver, revisar conexiones, realizar pruebas de continuidad y funcionamiento, actualizar firmware/software si es necesario. _Inspección del Elastic Pin, medición y pruebas, verificación de alineación, limpieza y lubricación,	1,5	1	18	preventivo	Mecánico Eléctricista Soldador	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

reemplazo programado, verificación de cargo. _inspección del Bearing, examinar y limpiar el rodamiento, aplicar lubricante, ajustar la alineación del rodamiento, si se detectan daños o desgaste significativo, considerar el reemplazo de partes o del rodamiento completo, realizar pruebas de operación.																	
_inspección del cilindro, examinar y limpiar, aplicar lubricante, verificar estado de sellos, realizar pruebas de funcionamiento _inspección y limpieza del pin de cilindro de divergencia, aplicar lubricante, alinear los componentes y realizar pruebas de funcionamiento. _inspección de la unidad de giro, aplicar lubricantes, alinear componentes o piezas, reajustar y reparar, realizar pruebas de funcionamiento. _Lubricación del pin de articulación central, alineación y pruebas de funcionamiento _Reemplazar el Slide Piece, aplicar lubricante y ajuste.	0,8	2	19,2	preventivo	Mecánico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
_Inspección del caudalímetro, examinar el sensor en busca de daños estructurales. Inspeccionar el cableado, en caso de detectar daños estructurales o componentes electrónicos defectuosos, proceder al reemplazo. Realizadas las reparaciones, calibrar y ajustar el caudalímetro.	0,25	2	6	preventivo	Eléctricista	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

[illegible]

	componentes asociados al eje. Si se detecta desgaste significativo o daño, reemplaza los componentes afectados. Realiza pruebas de operación.																	
SISTEMA DE ANCLAJE	<p>_Asegúrate de que las placas de anclaje estén adheridas al sustrato. Si se detecta deslizamiento, ajusta y reinstala las placas asegurando la integridad de los pernos, tuercas y elementos de sujeción que mantienen las placas en su lugar. Si la adherencia es un problema recurrente, aplica adhesivos para mejorar la fijación.</p> <p>_Inspecciona la barra roscada de anclaje, asegúrate de que el par de torsión aplicado a la barra roscada esté dentro de los límites. En el caso de poder repararla aplica fuerzas de torsión. Si se detecta deformación o torsión excesiva, reemplaza la barra roscada.</p> <p>_Examina las placas de distribución de cargas y evalúa la naturaleza de las cargas, lleva un registro de la cantidad de ciclos de carga a los que están expuestas las placas, para sustituir las placas que muestren signos de agrietamiento o deformación.</p>	0,8	1	9,6	preventivo	Mecánico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
SISTEMA DE MANIPULACIÓN DE PERFORADORAS	<p>_Examina el sistema hidráulico del brazo manipulador, asegurar los niveles de aceite. Sustituye elementos dañados del sistema hidráulico. Reemplaza o limpia los filtros de aceite según el estado de este.</p> <p>_Examina la estructura de soporte y bastidor, asegúrate de que las partes móviles de la estructura estén debidamente lubricadas. Sustituye componentes con desgaste significativo o pérdida de resistencia, verificación de tolerancias y alineación</p>	0,8	2	19,2	preventivo	Mecánico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X



	<p>_Examina los elementos de guiado y rieles del sistema de elevación y descenso. Limpieza y lubricación de los rieles, asegúrate que los elementos de guiado estén correctamente alineados y no presenten deformaciones. Si presen desgaste considerar su reemplazo.</p>																		
SISTEMA DE TRANSPORTE Y MOVILIDAD	<p>_Examina los rieles de tracción, limpieza y lubricación. Realiza mediciones. Asegurar nivelados y alineados de rieles. Si se detecta deformación, reparar o reemplazar los rieles afectados.</p> <p>_Examina los componentes de la suspensión, realizar pruebas de integridad estructural. Verificar que los anclajes y conexiones estén apretados y no presenten desgaste excesivo. Sustituye los componentes que presenten roturas o daños que comprometan su funcionalidad y seguridad.</p> <p>_Examina la gata hidráulica, acciona la gata para asegurarte su funcionamiento. Limpia y lubrica la gata, verifica la presión del sistema hidráulico de la gata. Reemplazar cualquier componente dañado. Realiza pruebas de carga.</p>	0,8	2	19,2	preventivo	Mecánico Soldador	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<p>_Examina la superficie del chasis y la estructura de soporte utilizando métodos como ultrasonido o radiografía. Realiza análisis de cargas y vibraciones. Reforzarlas áreas debilitadas. Reemplazo de componentes fracturados o debilitados.</p> <p>_Inspección, limpieza y lubricación del vástago de chasis, alinearlos, realizar pruebas de carga y</p>	0,8	1	9,6	preventivo	Mecánico	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

	funcionamiento. Reemplazar la pieza en caso de presentar fallas severas.																	
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.3. Repuesto, insumos y herramientas requeridas para el plan de mantenimiento

Para llevar a cabo las labores de mantenimiento, es imprescindible disponer de un inventario de repuestos de alta calidad, así como contar con suministros herramientas y equipos apropiados.

Tabla 24

*Repuestos requeridos para el plan de mantenimiento anual por cada unidad*

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD
1	Micrómetro	und	3.00
2	Valvula de retención p/ sist. Hidráulico	und	10.00
3	Lip Seal	und	10.00
4	Diafragma	und	10.00
5	Valvula de llenado de acumulador	und	10.00
6	Nylon	rollo	40.00
8	Paños absorbentes	rollo	40.00
9	Junta de culata	und	10.00
10	Bomba de aceite	und	6.00
11	Termostato	und	6.00
12	Válvula de escape	und	6.00
13	Válvula de admisión	und	6.00
14	Main bearing	und	10.00
15	Metal de biela	und	10.00
16	Bolsa de aire	und	10.00
17	Bolsas de aire	und	10.00
19	Cilindro de frenos	und	4.00
20	Rodamientos de bomba hidráulica	und	6.00
21	Kits de filtro de petróleo	und	10.00
22	Aceite volvo VDS 15W40	und	10.00
23	Kits de filtro de aceite	und	10.00
24	Cilindro de frenos de resorte	und	5.00
25	Cilindro de frenos	und	5.00
26	Kits de reparación de compresor	und	8.00
27	Juego de pastillas de freno	und	9.00
28	Guantes y vestimenta	und	7.00
29	Válvula de corte de aceite	und	10.00
30	Válvula de freno electroválvula	und	10.00
31	Collarín de embrague	und	6.00
32	Bomba de agua	und	6.00

33	Refrigerante	und	6.00
34	bomba hidráulica	und	6.00
35	Bomba de dirección	und	6.00
36	Kits de reparación de caja dirección	und	6.00
37	Kits de filtro de aceite	und	6.00
38	Cilindro de frenos de resorte	und	10.00
39	Cilindro de frenos	und	10.00
40	Kits de reparación de compresor	und	10.00
41	depósito de aceite	und	10.00
42	Anillo reten	und	4.00
43	Main bearing	und	6.00
44	Metal de biela	und	10.00
45	Bolsa de aire	und	10.00
46	filtros de aceite	und	10.00
47	actuador hidráulico	und	5.00
48	cilindro de control	und	5.00
49	sensor de presión	und	8.00
50	Juego de pastillas de freno	und	9.00
51	Válvula	und	7.00
52	Válvula de freno electroválvula	und	6.00
53	Collarín de embrague	und	6.00
54	Sensor de temperatura	und	6.00
55	Instrumento de Medición e Indicador	und	6.00
56	Aspas de ventilador de motor	und	10.00
57	Depósito de refrigerante	und	10.00
58	Panel de control	und	10.00
59	Sistema de control	und	10.00
60	Cableado interno de la unidad de contro	und	4.00
61	Actuadores	und	6.00
62	Escobillas o colectores	und	10.00
63	Boton del sistema de arranque y control	und	10.00
64	Rodamientos	und	10.00
65	Devanados	und	5.00
66	Bombas de combustible	und	5.00
67	Inyector de combustible	und	8.00
68	Válvula Reguladora de Presión de Combustible	und	6.00
69	Valvula mariposa	und	6.00
70	Valvula doble check	und	6.00
71	Sensor de flujo de Aire	und	6.00
72	Ducto del sistema de aire	und	10.00
73	Electrolitos	und	10.00
74	Placas para baterías	und	10.00

75	Celdas para baterías	und	10.00
76	Separadores de baterías	und	4.00
77	Baterías	und	6.00
78	Convertidor catalítico	und	10.00
79	Valvula Vas Galve	und	10.00
80	GUARD (N/P)	und	10.00
81	Compresor	und	5.00
82	Contactador de compresor	und	5.00
83	Cojinete de compresor	und	8.00
84	Tubo compresor	und	9.00
85	Filtros de compresor	und	6.00
86	Fajas de compresor	und	6.00
87	Guidin ring	und	6.00
88	Sellos de agua	und	6.00
89	Cabezal de barrido	und	10.00
90	Elastic pin	und	10.00
91	Shaft	und	10.00
92	Bearing	und	10.00
93	Pin de cilindro de Divergencia	und	4.00
94	Unidad de giro	und	6.00
95	Seal Kit	und	10.00
96	Pin de articulación central	und	10.00
97	Slide piece	und	10.00
98	Pernería	und	5.00
99	Disco de embregue	und	5.00
100	Disco de embrague	und	8.00
101	Anillo intermedio	und	9.00
102	Plato de presión	und	6.00
103	Juego de crucetas	und	6.00
104	cojinete	und	6.00
105	Faro derecho	und	6.00
106	Faro izquierdo	und	10.00
107	Amortiguador de cabina	und	10.00
108	Placas de reparación alternador 28V 80 A	und	10.00
109	Pernería de reparación motor de arranque	und	10.00
110	Baterías 12V/170AH	und	4.00
111	Filtro de aire	und	6.00
112	Filtro de aire secundario	und	10.00
113	Aceite de caja	und	10.00
114	Kits de filtro de aceite de caja	und	10.00
115	Aceite de diferencial	und	5.00
116	Aceite de caja automática	und	6.00
117	Filtro hidráulico	und	6.00

118	Válvula de control	und	6.00
119	Válvula de control	und	6.00
120	Válvula de aire	und	10.00
121	Rencauche de neumáticos	und	10.00
122	Neumáticos direccionales	und	10.00
123	Pin de articulación central	und	10.00
124	Slide piece	und	4.00
125	Pernería	und	6.00
126	Caudalímetro	und	10.00
127	Placas de anclaje	und	10.00
128	Barra roscada de anclaje	und	10.00
129	Placas de distribución de carga	und	5.00
130	Amortiguador	und	5.00
131	Vastago de chasis	und	8.00
132	Limpiador de contactos	und	9.00
133	Silicona	und	7.00
134	desengrasante	und	10.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25

*Herramientas e instrumentos requeridos para ejecutar el plan de mantenimiento propuesto*

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD
1	Juego de llaves mixtas en mm	und	10.00
2	Juego de llaves mixtas en pulgadas	und	10.00
3	Juego de dados en mm	und	10.00
4	Juego de dados en pulgadas	und	10.00
5	Juego de destornilladores	und	10.00
6	Juego de llaves halen en mm	rollo	10.00
8	Juego de llaves halen en pulgadas	rollo	10.00
9	Juego de dados tors	und	10.00
10	Suple de 2.5 pulgadas	und	10.00
11	Suple de 5 pulgadas	und	10.00
12	Suple de 10 pulgadas	und	10.00
13	Rache encastre de 1/2	und	10.00
14	Juegos de pinzas de abrir	und	10.00
15	Juego de pinzas de cerrar	und	10.00
16	Alicate mecánico	und	10.00
17	Extractor de filtros	und	10.00
19	Compresor de anillos	und	10.00
20	Torqui metro	und	10.00
21	Pie de rey	und	10.00
22	Micrómetro	und	10.00
23	Reloj comparador	und	10.00
24	Calibrador de laminas	und	05.00
25	Gata de 20 toneladas	und	05.00
26	Linterna	und	10.00

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.4. Evaluación del Sistema de gestión de mantenimiento propuesto

Para poder describir el sistema de gestión de mantenimiento después de implementar la propuesta se elaboró encuestas sobre el cumplimiento del mantenimiento programado, cumplimiento de órdenes de trabajo y cumplimiento del AMEF dirigida a todo el personal de mantenimiento vehicular en el cual participaron 10 personas entre técnicos y administrativos.

#### 4.3.5. Encuesta del cumplimiento del mantenimiento programado.

Se plantea una serie de preguntas dirigidas al personal de mantenimiento sobre el

cumplimiento del mantenimiento programado, en donde cada pregunta tiene cinco alternativas y cada alternativa tiene un puntaje.

Tabla 26

*Resultados de encuesta del cumplimiento del mantenimiento programado post AMEF*

N°	Pregunta	Aprobación plena	Aprobación simple	Indecisión o	Desaprobación	Desaprobación	Puntaje total
		AP	AS	ID	DS	DP	
		5	4	3	2	1	
1	¿Existe gestión de mantenimiento programado en base a análisis de modo y efecto de falla?	4	3	1			35
2	¿Cree usted que el proceso de mantenimiento se cumple satisfactoriamente?	4	4				36
3	¿Está satisfecho con el modo en que se llevan a cabo los procesos de mantenimiento programado?	4	2	2			34
4	¿Cuentan con stock de repuestos para realizar los mantenimientos programados?		5	2	1		28
5	¿La empresa cuenta con personal técnico capacitado para realizar mantenimiento preventivo, predictivos y correctivo?		4	1	2		23
6	¿El área de mantenimiento cuenta con una persona encargada de la planificación del mantenimiento?		6	1	1		29
7	¿Usted tiene conocimiento de algún formato o registro de mantenimiento de los vehículos?	4	3	1			33
8	¿Las fallas se detectan anticipadamente mediante métodos de inspección?	6	2				38



9	¿Conoce las frecuencias de mantenimiento que se debendar en las unidades?	5	1	2			33
10	¿Califique sobre la gestión que actualmente el área demantenimiento?	5	3				32
Total							321

Fuente: Elaboración propia

Análisis:

$$\text{Porcentaje} = \frac{321 \times 100}{400} = 80.25\%$$

Este resultado nos da a conocer que el 80.25% de las personas aprueban el cumplimiento del mantenimiento programado, mientras que el 19.75% de las personas dicen que no se está cumpliendo con el mantenimiento programado actualmente en el área de mantenimiento vehicular.

#### 4.3.6. Encuesta del cumplimiento sobre las órdenes de trabajo

Se plantea una serie de preguntas dirigidas al personal de mantenimiento sobre el cumplimiento del mantenimiento programado, en donde cada pregunta tiene cinco alternativas y cada alternativa tiene un puntaje.

Tabla 27

*Resultados de la encuesta sobre el cumplimiento de órdenes de trabajo post AMEF*

N°	Pregunta	Aprobación plena	Aprobación simple	Indecisión o indiferencia	Desaprobación simple	Desaprobación plena	Puntaje total
		AP	AS	ID	DS	DP	
		5	4	3	2	1	
1	¿Sabe usted que es una orden de trabajo?	1	7				33
2	¿Existe órdenes de trabajo Gestión de manteamiento programado en base al análisis de modo y efecto de falla?	2	6				34
3	¿Cree usted que las órdenes de trabajo generadas se cumplen de manera satisfactoriamente?	2	5	1			33

4	¿Las órdenes de trabajo generadas, según el programa de mantenimiento son entre 50 y 30 durante el mes?		6	2			30
5	¿Existe una persona encargada de crear las órdenes de trabajo?	3	5				35
6	¿Las ordene inmediata? 5 3 37	9	1	0	0	0	49
7	¿Existe direccionamiento de flujo para ejecución de trabajos en base a órdenes de trabajo?	2	6				34
8	¿Las órdenes de trabajo son registradas por una persona responsable?	1	7				33
9	¿Todas las órdenes de trabajo generadas son ejecutadas?		8				32
10	¿Existe repuestos en base a órdenes de trabajo programados?		8				32
Total							333

Fuente: Elaboración propia

Análisis:

$$\text{Porcentaje} = \frac{333 \times 100}{400} = 73\%$$

Este resultado nos da a conocer que el 83.25% de las personas aprueban el cumplimiento del mantenimiento programado, mientras que el 16.75% de las personas dicen que no se está cumpliendo con el mantenimiento programado actualmente en el área de mantenimiento vehicular.

#### 4.3.7. Encuesta del cumplimiento del AMEF

Se plantea una serie de preguntas dirigidas al personal de mantenimiento sobre el cumplimiento del mantenimiento programado en donde cada pregunta tiene cinco alternativas y cada alternativa tiene un puntaje.

Tabla 28

*Resultados de la encuesta sobre el cumplimiento de AMEF post AMEF*

N°	Pregunta	Aprobación plena	Aprobación simple	Indecisión o indiferencia	Desaprobación simple	Desaprobación plena	Puntaje total
		AP	A S	ID	DS	DP	
		5	4	3	2	1	
1	¿Sabe usted de que trata la técnica AMEF?	9	1	0	0	0	49
2	¿Existe un plan de mantenimiento en base a análisis demodo y efecto de falla AMEF?	7	3	0	0	0	47
3	¿Cree usted que esta técnica de AMEF anticipe las fallas?	6	4	0	0	0	46
4	¿Existe una persona en el área de mantenimiento que pueda desarrollar esta demología de AMEF?	10	0	0	0	0	50
5	¿Sabe usted el procedimiento a aplicar la técnica de AMEF?	5	5	0	0	0	45
6	¿Sabe usted elaborar plan de mantenimiento en base a AMEF?	5	3	0	0	0	43
7	¿Sabe usted el rango de número de prioridad de riesgo NPR en base a AMEF para determinar fallas aceptables, inaceptables y reducibles?	5	5	0	0	0	45
8	¿El AMEF es una buena metodología para aplicar en los sistemas de los vehículos?	4	4	2	0	0	42
9	¿Está satisfecho con la metodología de AMEF?	10	0	0	0	0	50
Total							417

Fuente: Elaboración propia

Análisis:

$$\text{Porcentaje} = \frac{291 \times 100}{360} = 80.83\%$$

Este resultado nos da a conocer que el 80.83% de las personas aprueban el cumplimiento del mantenimiento programado, mientras que el 19.16% de las personas dicen que no se está cumpliendo con el mantenimiento programado actualmente en el área de mantenimiento vehicular.

#### **4.3.8. Resultado del sistema de gestión de mantenimiento actual.**

Se muestra el porcentaje del resultado de la encuesta dirigida al personal de mantenimiento sobre el sistema de gestión de mantenimiento actual; en el cumplimiento del mantenimiento programado, cumplimiento de órdenes de trabajo y el cumplimiento del AMEF.

Tabla 29

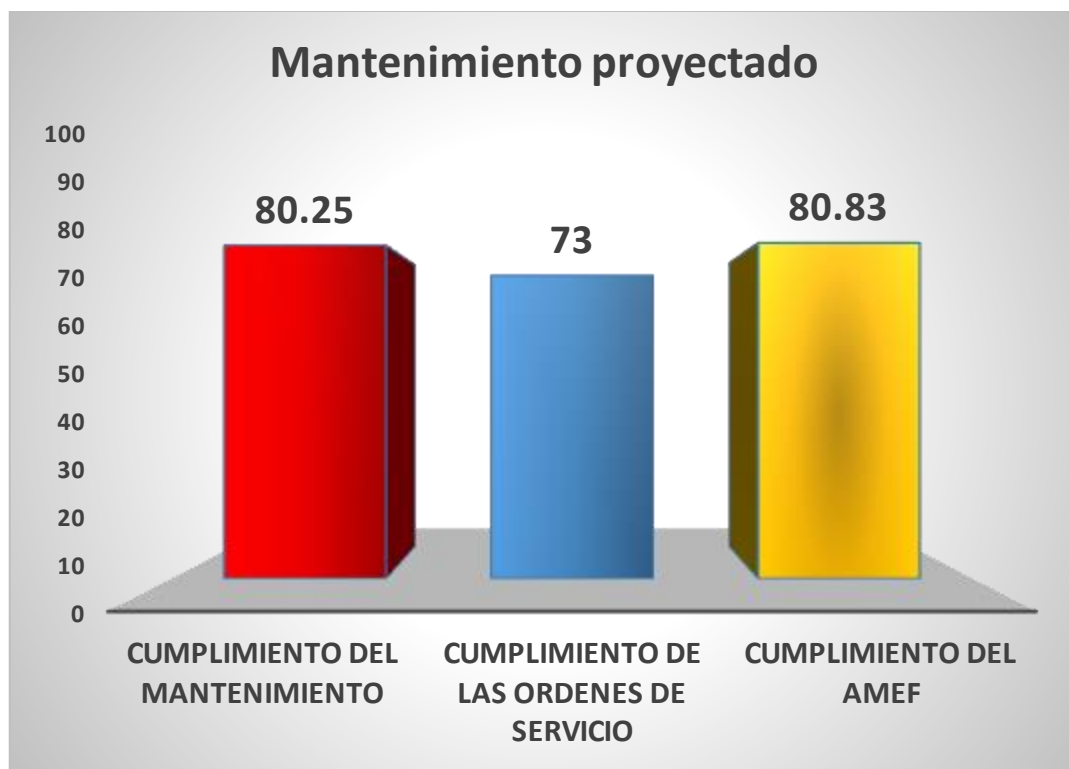
*Análisis de los sistemas de Gestión de mantenimiento post AMEF*

Análisis del mantenimiento	Porcentaje
Cumplimiento del mantenimiento actual	80,25%
Cumplimiento de órdenes de trabajo	73 %
Cumplimiento del AMEF	80,83%

Nota: Elaboración propia

Figura 9

*Análisis del sistema de gestión de mantenimiento post implementación*



Fuente: Elaboración propia

El análisis del mantenimiento arroja resultados alentadores en varios aspectos. En primer lugar, el cumplimiento del mantenimiento actual alcanza un sólido 80,25%, lo que indica que la gran mayoría de las tareas programadas están siendo abordadas de manera efectiva. Este logro es complementado por un cumplimiento del AMEF del 80,83%, señalando que se están implementando medidas preventivas y correctivas de manera adecuada para abordar los posibles modos de falla identificados. Sin embargo, es importante señalar que el cumplimiento de las órdenes de trabajo se sitúa en un nivel algo más bajo, registrando un 73%. Esta cifra, aunque no desfavorable, sugiere que existe un margen para mejorar la ejecución de las órdenes de trabajo programadas. En este sentido el análisis revela un sólido desempeño en la gestión del mantenimiento, con áreas de mejora identificadas, especialmente en lo que respecta al cumplimiento de las órdenes de trabajo. Este enfoque estratégico permitirá elevar aún más el rendimiento y la eficacia del programa de mantenimiento en su conjunto.

Tabla 30

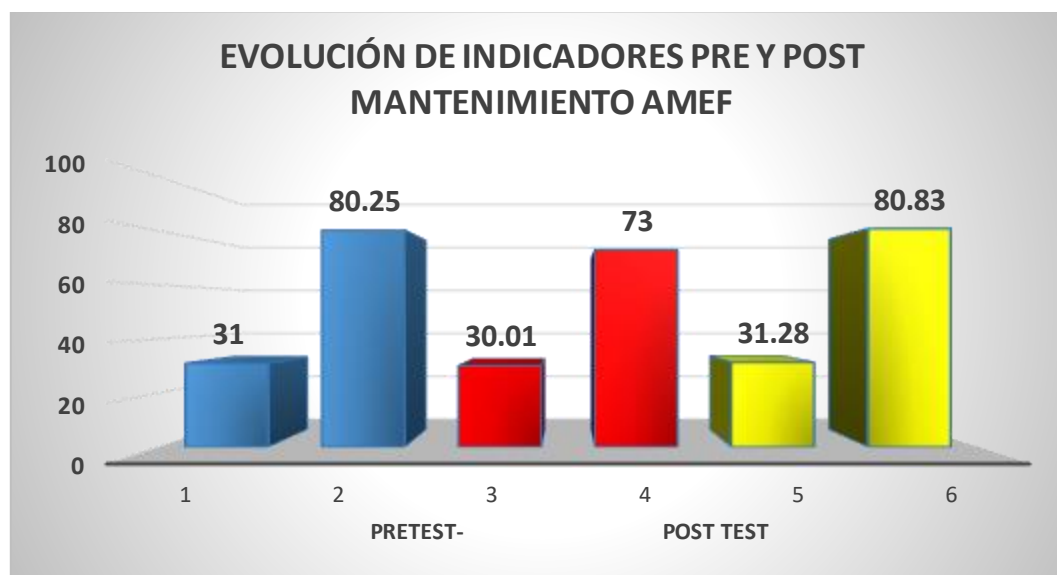
*Comparativa del sistema de gestión antes y después post implementación AMEF*

Indicadores	Antes	Después	Incremento
Cumplimiento del mantenimiento programado.	31.75%	80.25%	48.50%
Cumplimiento de órdenes de trabajo.	30.01%	73%	44%
Cumplimiento del AMEF	31.28%	80.83%	49.50%

Fuente: elaboración propia

Figura 10

*Análisis comparativo de la propuesta pre y post AMEF del sistema de gestión de mantenimiento.*



Fuente: Elaboración propia

La tabla refleja mejoras en diversos indicadores después de la implementación del programa. En primer lugar, el cumplimiento del mantenimiento programado experimentó un aumento significativo, pasando del 31.75% al 80.25%, esto demuestra una mejora en la planificación y ejecución de las actividades de mantenimiento. Asimismo, el cumplimiento de órdenes de trabajo experimentó una mejora considerable, aumentando del 30.01% al 73%. Esto indica una mejora en la gestión y ejecución de las tareas asignadas, lo que demuestra en una mayor productividad y en la reducción de posibles interrupciones operativas. El cumplimiento del AMEF mostró una mejora sustancial, pasando del 31.28% al 80.83%. Esto establece que las medidas implementadas han tenido un impacto positivo en la eficiencia y efectividad de las operaciones, reflejado en notables

mejoras en estos indicadores clave de desempeño.

#### 4.3.9. Evaluación de indicadores de mantenimiento proyectados

Para calcular los indicadores de mantenimiento, se emplea la información contenida en el plan de mantenimiento y la Tabla 24, que detalla las horas necesarias para el mantenimiento anual, el número de intervenciones anuales y las horas programadas según la ruta. Estos datos se presentan detalladamente en las tablas siguientes.

Tabla 31

*Horas anuales requeridas para el plan de mantenimiento*

Especialidad	Horas/año por cada equipo	Horas/año por 3 equipos	Incidencia
Mecánico	231	693	57.34%
Electricista	111	333	27.48%
Soldador	61	183	15.18%
total	403	1209	100%

Fuente: elaboración propia

Se estimaron las horas de reparación por cada vehículo durante el periodo de un año, determinándose un total de 403 horas por cada unidad de empernadores. De los cuales, un porcentaje cercano al 58% corresponde a mecánicos, el 28% corresponde a electricistas mecánicos, mientras que un porcentaje cercano al 15% corresponde a soldadores.

Tabla 32

*Horas anuales programadas según tiempo de operación.*

Vehículo	Cantidad de Equipos	Horas/año por cada Equipo	Horas/año por 3 Equipos
Empernador	3	4380	13.140
	TOTAL		13.140

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33

Número de intervenciones según plan de mantenimiento

Equipo	Cantidad de Equipos	Intervenciones /año por cada Equipo	Intervenciones /año por 3 Equipo
Empernador	3	23	69
TOTAL			69

Fuente: Elaboración propia

Evaluación del tiempo promedio para reparar, para el mantenimiento actual de la flota de empernadores se ha elegido el número 35, ya que es el que mayor número de reparaciones al año presenta, y de acuerdo con la Tabla 6, es de rango 3 y criterio promedio.

$$TMPR = \frac{\text{Tiempo total para reparar}}{\text{Nº total de intervenciones}} = \frac{403,3}{23} = 17,53 \text{ horas para reparar la falla}$$

Evaluación del tiempo promedio entre fallas, para el mantenimiento actual de la flota de empernadores se ha elegido el número 35.

$$TMEF = \frac{\text{T. programado} - \text{T. para reparar}}{\text{Nº total de intervenciones}} = \frac{4380 - 403.3}{23} = 172,9 \text{ horas operación/ falla}$$

Evaluación de la tasa de fallas, para el mantenimiento actual de la flota de empernadores de la empresa se ha elegido el número 35.

$$\lambda = \frac{1}{TMEF} = \frac{1}{172,9} = 0.00578 \text{ falla/ horas operación}$$

Evaluación de la tasa de reparación, para el mantenimiento actual de la flota de empernadores se ha elegido el número 35.

$$u = \frac{1}{TMPR} = \frac{1}{17,53} = 0.057 \text{ falla/ horas reparacion}$$

Evaluación de la disponibilidad, en el mantenimiento actual de la flota de empernadores de la empresa compañía Minera Chungar S.A.C.



$$D = \frac{TMEF}{TMEF + TMER} * 100 = \frac{172,9}{172,9 + 17,53} * 100 = 90.75\%$$

Evaluación de la confiabilidad, en el mantenimiento actual de la flota de empernadores de la empresa compañía Minera Chungar S.A.C.

$$C = \frac{e^{\lambda * t} - 1}{\lambda * t} * 100 = \frac{e^{0.00578 * 4380} - 1}{0.00578 * 4380} = 77.63\%$$

Evaluación de la mantenibilidad, en el mantenimiento actual de la flota de empernadores de la empresa compañía Minera Chungar S.A.C.

$$M = \frac{1 - e^{-u * t}}{u * t} * 100 = \frac{1 - e^{-0.057 * 4380}}{0.057 * 4380} = 91.76\%$$

Tabla 34

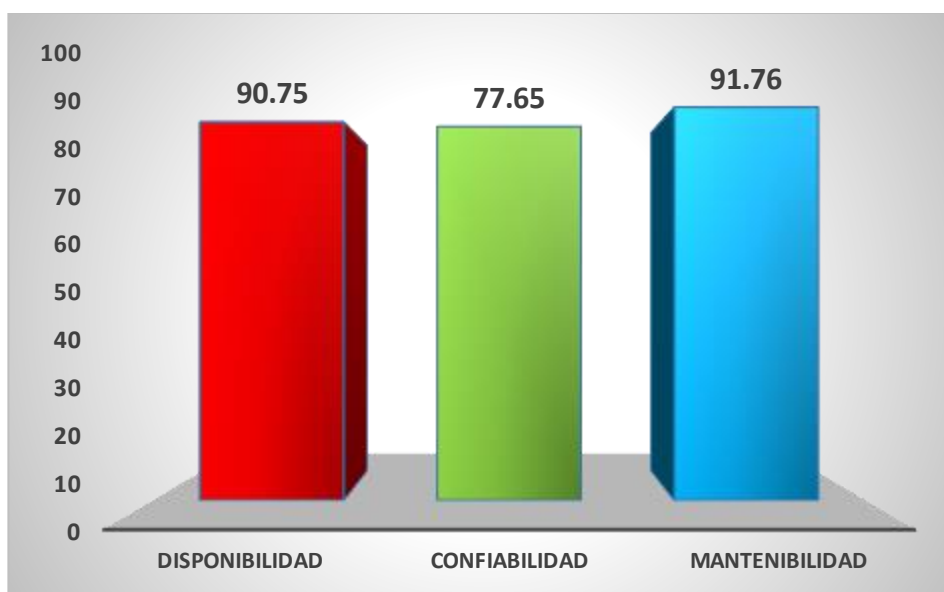
*Resultado de indicadores de mantenimiento del empernador N° 35*

Indicadores	Porcentaje
Disponibilidad	90.75
Confiabilidad	77.63
Mantenibilidad	91.76

Fuente: Elaboración propia

Figura 11

*Resultado de indicadores de mantenimiento del empernador N° 35 post implementación del AMEF.*



Fuente: Elaboración propia

Del análisis puede verse los indicadores necesarios para evaluar el desempeño de los empernadores en función de la aplicación del AMEF. Respecto a la disponibilidad pudo verse que se encuentra en un porcentaje cercano al 90%. En relación con la confiabilidad, se observa un porcentaje del 88%. Así mismo, la mantenibilidad presenta un porcentaje equivalente al 93%. Lo cual representa la mejora después de la implementación de la propuesta.

Tabla 35

Comparativa del sistema de gestión antes y después post AMEF.

	Indicadores	Antes	Después	Incremento
	Disponibilidad	76.33.%	90.75%	14.42.%
	Confiabilidad	50.70%	77.65%	26.94.%
	Mantenibilidad	88.80%	91.76%	2.96%

Fuente: elaboración propia

Figura 12

*Análisis comparativo de la propuesta pre y post de indicadores de mantenimiento post implementación del AMEF.*



Fuente: Elaboración propia

La disponibilidad operativa aumentó significativamente, pasando del 76% al 90%, evidenciando una mejora sustancial en la planificación y ejecución de las actividades de mantenimiento. La confiabilidad experimentó un incremento del 50% al 78%, lo que señala una gestión mejorada de tareas asignadas y una reducción notable en posibles interrupciones operativas. La mantenibilidad mostró una mejora sustancial, pasando del 88% al 92%, indicando una mayor confiabilidad y durabilidad de los equipos o procesos evaluados. Esto demuestra un impacto positivo de las medidas implementadas en la eficiencia y efectividad de las operaciones de Minera Chungar S.A.C., con mejoras notables en estos indicadores clave de desempeño.

#### **4.3.10. Presupuesto y viabilidad económica del sistema de gestión de mantenimiento**

Para la elaboración del presupuesto para la gestión del mantenimiento se tuvieron en consideración los costos de repuestos, insumos, herramientas e instrumentos y costos por mano de obra. Para presupuestar el sistema de gestión de mantenimiento hay que tener en cuenta los costos en repuesto, costos en insumos, costos en herramientas e instrumento y costo de mano de obra.

#### 4.4.1 Presupuesto anual del sistema de gestión de mantenimiento

##### 4.3.10.1. Costo de repuestos

Tabla 36

*Costo de repuestos para el plan de mantenimiento anual de cada unidad*

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL
1	Micrómetro	und	3.00	250	750.00
2	Valvula de retención p/ sist. Hidráulico	und	10.00	320	3200.00
3	Lip Seal	und	10.00	450	4500.00
4	Diafragma	und	10.00	455	4550.00
5	Valvula de llenado de acumulador	und	10.00	120	1200.00
6	Nylon	rollo	40.00	45	1800.00
8	Paños absorbentes	rollo	40.00	20	800.00
9	Junta de culata	und	10.00	80	800.00
10	Bomba de aceite	und	6.00	220	1320.00
11	Termostato	und	6.00	110	660.00
12	Válvula de escape	und	6.00	180	1080.00
13	Válvula de admisión	und	6.00	180	1080.00
14	Main bearing	und	10.00	350	3500.00
15	Metal de biela	und	10.00	210	2100.00
16	Bolsa de aire	und	10.00	120	1200.00
17	Bolsas de aire	und	10.00	130	1300.00
19	Cilindro de frenos	und	4.00	130	520.00
20	Rodamientos de bomba hidráulica	und	6.00	350	2100.00
21	Kits de filtro de petróleo	und	10.00	79	790.00
22	Aceite Motor Diesel 15W40	und	10.00	85	850.00
23	Kits de filtro de aceite	und	10.00	210	2100.00
24	Cilindro de frenos de resorte	und	5.00	810	4050.00
25	Cilindro de frenos	und	5.00	850	4250.00
26	Kits de reparación de compresor	und	8.00	420	3360.00
27	Juego de pastillas de freno	und	9.00	95	855.00
28	Guantes y vestimenta	und	7.00	130	910.00
29	Válvula de corte de aceite	und	10.00	85	850.00
30	Válvula de freno electroválvula	und	10.00	120	1200.00
31	Collarín de embrague	und	6.00	450	2700.00
32	Bomba de agua	und	6.00	180	1080.00
33	Refrigerante	und	6.00	180	1080.00
34	bomba hidráulica	und	6.00	350	2100.00
35	Bomba de dirección	und	6.00	210	1260.00

36	Kits de reparación de caja dirección	und	6.00	120	720.00
37	Kits de filtro de aceite	und	6.00	130	780.00
38	Cilindro de frenos de resorte	und	10.00	130	1300.00
39	Cilindro de frenos	und	10.00	350	3500.00
40	Kits de reparación de compresor	und	10.00	79	790.00
41	deposito de aceite	und	10.00	85	850.00
42	Anillo reten	und	4.00	210	840.00
43	Main bearing	und	6.00	810	4860.00
44	Metal de biela	und	10.00	850	8500.00
45	Bolsa de aire	und	10.00	420	4200.00
46	filtros de aceite	und	10.00	180	1800.00
47	actuador hidráulico	und	5.00	180	900.00
48	cilindro de control	und	5.00	350	1750.00
49	sensor de presión	und	8.00	210	1680.00
50	Juego de pastillas de freno	und	9.00	120	1080.00
51	Válvula	und	7.00	130	910.00
52	Válvula de freno electroválvula	und	6.00	130	780.00
53	Collarín de embrague	und	6.00	350	2100.00
54	Sensor de temperatura	und	6.00	79	474.00
55	Instrumento de Medición e Indicador	und	6.00	85	510.00
56	Aspas de ventilador de motor	und	10.00	210	2100.00
57	Depósito de refrigerante	und	10.00	810	8100.00
58	Panel de control	und	10.00	850	8500.00
59	Sistema de control	und	10.00	420	4200.00
60	Cableado interno de la unidad de control	und	4.00	180	720.00
61	Actuadores	und	6.00	180	1080.00
62	Escobillas o colectores	und	10.00	350	3500.00
63	Boton del sistema de arranque y control	und	10.00	210	2100.00
64	Rodamientos	und	10.00	120	1200.00
65	Devanados	und	5.00	180	900.00
66	Bombas de combustible	und	5.00	180	900.00
67	Inyector de combustible	und	8.00	350	2800.00
68	Válvula Reguladora de Presión de Combustible	und	6.00	210	1260.00
69	Valvula mariposa	und	6.00	120	720.00
70	Valvula doble check	und	6.00	130	780.00
71	Sensor de flujo de Aire	und	6.00	130	780.00
72	Ducto del sistema de aire	und	10.00	350	3500.00
73	Electrolitos	und	10.00	79	790.00
74	Placas para baterías	und	10.00	85	850.00
75	Celdas para baterías	und	10.00	210	2100.00

76	Separadores de baterías	und	4.00	810	3240.00
77	Baterías	und	6.00	850	5100.00
78	Convertidor catalítico	und	10.00	420	4200.00
79	Valvula Vas Galve	und	10.00	130	1300.00
80	GUARD (N/P)	und	10.00	130	1300.00
81	Compresor	und	5.00	350	1750.00
82	Contactador de compresor	und	5.00	180	900.00
83	Cojinete de compresor	und	8.00	180	1440.00
84	Tubo compresor	und	9.00	350	3150.00
85	Filtros de compresor	und	6.00	210	1260.00
86	Fajas de co,mpresor	und	6.00	120	720.00
87	Guidi ring	und	6.00	130	780.00
88	Sellos de agua	und	6.00	130	780.00
89	Cabezal de barrido	und	10.00	350	3500.00
90	Elastic pin	und	10.00	79	790.00
91	Shaft	und	10.00	85	850.00
92	Bearing	und	10.00	210	2100.00
93	Pin de cilindro de Divergencia	und	4.00	810	3240.00
94	Unidad de giro	und	6.00	850	5100.00
95	Seal Kit	und	10.00	180	1800.00
96	Pin de articulación central	und	10.00	180	1800.00
97	Slide piece	und	10.00	350	3500.00
98	Pernería	und	5.00	210	1050.00
99	Disco de embregue	und	5.00	120	600.00
100	Disco de embrague	und	8.00	130	1040.00
101	Anillo intermedio	und	9.00	130	1170.00
102	Plato de presión	und	6.00	350	2100.00
103	Juego de crucetas	und	6.00	79	474.00
104	cojinete	und	6.00	85	510.00
105	Faro derecho	und	6.00	210	1260.00
106	Faro izquierdo	und	10.00	810	8100.00
107	Amortiguador de cabina	und	10.00	850	8500.00
108	Reparación alternador 28V 80 A	und	10.00	420	4200.00
109	Reparación motora de arranque	und	10.00	180	1800.00
110	Baterías 12V/170AH	und	4.00	180	720.00
111	Filtro de aire	und	6.00	350	2100.00
112	Filtro de aire secundario	und	10.00	210	2100.00
113	Aceite de caja	und	10.00	120	1200.00
114	Kits de filtro de aceite de caja	und	10.00	130	1300.00
115	Aceite de diferencial	und	5.00	130	650.00
116	Aceite de caja automática	und	6.00	350	2100.00
117	Filtro hidráulico	und	6.00	180	1080.00
118	Válvula de control	und	6.00	180	1080.00

119	Válvula de control	und	6.00	350	2100.00
120	Válvula de aire	und	10.00	210	2100.00
121	Rencauche de neumáticos	und	10.00	120	1200.00
122	Neumáticos direccionales	und	10.00	130	1300.00
123	Pin de articulación central	und	10.00	130	1300.00
124	Slide piece	und	4.00	350	1400.00
125	Pernería	und	6.00	79	474.00
126	Caudalímetro	und	10.00	85	850.00
127	Placas de anclaje	und	10.00	210	2100.00
128	Barra roscada de anclaje	und	10.00	810	8100.00
129	Placas de distribución de carga	und	5.00	850	4250.00
130	Amortiguador	und	5.00	420	2100.00
131	Vastago de chasis	und	8.00	130	1040.00
132	Limpiador de contactos	und	9.00	810	7290.00
133	Silicona	und	7.00	850	5950.00
134	desengrasante	und	10.00	420	4200.00
COSTO DIRECTO					S/ 278,637.00
UTILIDAD PROYECTADA (5%)					S/ 13,931.85
GASTOS GENERALES (5%)					S/ 13,931.85
SUB IMPORTE ESTIMADO					S/ 306,500.70
IGV (18%)					S/ 55,170.13
IMPORTE ESTIMADO					S/ 361,670.83

Fuente: elaboración propia

#### 4.3.10.2. Costo de Herramientas e insumos

Tabla 37

*Costo de herramientas e insumos*

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL
1	Juego de llaves mixtas en mm	und	10	120	1200.00
2	Juego de llaves mixtas en pulgadas	und	10	130	1300.00
3	Juego de dados en mm	und	10	130	1300.00
4	Juego de dados en pulgadas	und	10	350	3500.00
5	Juego de destornilladores	und	10	79	790.00
6	Juego de llaves halen en mm	rollo	10	85	850.00
8	Juego de llaves halen en pulgadas	rollo	10	210	2100.00
9	Juego de dados tors	und	10	120	1200.00
10	Suple de 2.5 pulgadas	und	10	130	1300.00

11	Suple de 5 pulgadas	und	10	130	1300.00
12	Suple de 10 pulgadas	und	10	350	3500.00
13	Rache encastre de 1/2	und	10	79	790.00
14	Juegos de pinzas de abrir	und	10	85	850.00
15	Juego de pinzas de cerrar	und	10	210	2100.00
16	Alicate mecánico	und	10	120	1200.00
17	Extractor de filtros	und	10	130	1300.00
19	Compresor de anillos	und	10	130	1300.00
20	Torqui metro	und	10	350	3500.00
21	Pie de rey	und	10	79	790.00
22	Micrómetro	und	10	85	850.00
23	Reloj comparador	und	10	210	2100.00
24	Calibrador de laminas	und	10	810	8100.00
25	Gata de 20 toneladas	und	5	1200	6000.00
26	Linterna	und	10	420	4200.00
COSTO DIRECTO					S/ 48,920.00
UTILIDAD PROYECTADA (5%)					S/ 2,446.00
GASTOS GENERALES (5%)					S/ 2,446.00
SUB IMPORTE ESTIMADO					S/ 53,812.00
IGV (18%)					S/ 9,686.16
IMPORTE ESTIMADO					S/ 63,498.16



#### 4.3.10.3. Costo de personal implementado

Tabla 38

*Salario mensual y por hora de cada puesto de trabajo implementado*

Puesto de trabajo	Salario mensual	Cant.	Subtotal	Horas/ mes	Costo horas/ mes
Planner de mantenimiento	5000	1	5000	240	20.83
Supervisor de mantenimiento	6000	1	6000	240	25
Técnico mecánico	3000	2	6000	240	25
Técnico electricista	3000	2	6000	240	25
Técnico soldador	3000	1	3000	240	12.5
Total	20000	7			

Fuente: Compañía Minera Chungar S.A.C

Tabla 39

*Costo de salario anual y costo hora de cada puesto implementado*

Especialidad	Horas requeridas/año	Salario / hora	Costo total
Planner de mantenimiento	2880	20.83	59,990.40
Supervisor de mantenimiento 8 horas / día	2880	25	72000.00
Técnico mecánico	2880	25	72000.00
Técnico electricista	2880	25	72000.00
Técnico soldador	2880	12.5	36000.00
Total	S/ 311.990.40		

Fuente: elaboración propia

Tabla 40

*Presupuesto para la implementación del sistema de gestión propuesto*

Descripción	Costo total
Stock de repuestos	S/ 361,670.83
Costo de mano de obra	S/ 311.990.40
Herramientas / equipos	S/. 63,498.16
Total	S/. 737.159.39

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.2 Impacto económico del proyecto por eficiencia de equipo

Tabla 41

*Impacto economico anual*

Ítem	Equipos / jornal	Viajes / año	Costo por mineral tratado	Ingreso económico/año
Empernador	3	365	S/ 46.200.00	S/ 50.589.000.00
Total				S/ 50.589.000.00

Fuente: Compañía Minera Chungar S.A.C

#### 4.4.3 Impacto económico generado por incremento de disponibilidad

Tabla 42

*Evaluación del ahorro generado anual por incremento de disponibilidad*

Disponibilidad	Ingreso económico / año	Cumplimiento de servicio	Gastos por perdidas de producción/ año
Actual (0.79)	S/ 50.589.000.00	S/ 39.965.310.00	S/ 10.623.690.00
Proyectado (0.90)	S/ 50.589.000.00	S/ 45.909.518.00	S/ 4.679.820.00
Ahorro económico generado			S/ 5.943.870.00

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.4 Ingreso neto anual

Como se puede observar los gastos en alquiler disminuye con el sistema de gestión de mantenimiento y con una disponibilidad de 90% de flota entonces la viabilidad económica del proyecto de tesis se calcula de la siguiente manera:

Ingreso Neto Anual = Ahorro económico generado – Inversión para propuesta de gestión de mantenimiento

Ahorro económico generado = S/ 10.623.690.00– S/ 4.679.820.00= S/ 5.943.870.00

Ingreso Neto Anual = S/ 5.943.870.00 cinco millones novecientos cuarenta tres mil ochocientos setenta soles / año.

Recuperación de la inversión Ingreso neto- Inversión de la propuesta

Ingreso neto anual = S/ 5.943.870.00 - S/. 737.159.39= S/. 5.206.710.61

#### 4.4.5 Tiempo de recuperación de Inversión

Para calcular el ingreso neto anual por mes, dividimos entre 12 meses.

$$\text{Ingreso neto } \textit{anual/mes} = \frac{S/.5.206.710.61}{12} = S/.433.892.55$$

$$\text{Ingreso neto } \textit{anual/mes} = S/.433.892.55$$

Para calcular el ingreso neto anual por día, dividimos entre 30 días

$$\text{Ingreso neto } \textit{anual/dia} = \frac{S/.433.892.55}{30} = S/.14.463.08$$

$$\text{Ingreso neto } \textit{anual/dia} = S/.14.463.08$$

Para calcular el tiempo de la recuperación de la inversión, dividimos la Inversión de la propuesta y el Ingreso neto anual por día.

$$\text{Tiempo Recuperacion Inversion} = \frac{\text{Inversion de propuesta}}{\text{Ingreso neto anual por día}} = \frac{S/.737.159.39}{S/.14.463.08}$$

$$\text{Tiempo de recuperacion de inversion} = 51 D$$

Se recuperaría la inversión en un total de 51 Días.

## DISCUSIÓN

Se aplicó el análisis de modo y efecto de falla en la flota de empernadores de Minera Chungar S.A.C. con el objetivo de potenciar la disponibilidad operativa. Durante esta etapa, se identificaron 109 casos en total: 79 correspondieron a fallas inaceptables, representando el 72.48% del total registrado; se hallaron 4 casos catalogados como aceptables, equivalente al 3.67%; y se identificaron 26 casos como deseables, sumando el 23.85% restante. A partir de estos resultados, se implementó un programa de mantenimiento preventivo ajustado a las necesidades identificadas. Esta estrategia tuvo un impacto positivo en la eficiencia y efectividad de las operaciones, lo que se evidenció en mejoras notables en los indicadores clave de desempeño. Este estudio presenta relación con el estudio de Álvarez, L. (2017) quien desarrolló un plan de mantenimiento basado en el Análisis de Modo y Efecto de Falla con el propósito de mejorar la disponibilidad de la flota de la empresa Emtrafesa. Para ello realizó un análisis documental sobre el historial de mantenimiento permitió determinar los tiempos de reparación por falla, estableciendo una disponibilidad del 77%. Asimismo, se identificaron 40 fallas en distintos elementos de la maquinaria según cinco criterios: frecuencia de fallas, impacto operacional, flexibilidad operacional, costos de mantenimiento e impacto en seguridad y medio ambiente. A partir de este análisis de criticidad, se identificaron 22 fallas críticas, 10 semi-críticas y 8 no críticas. Dado esto, se establecieron estrategias, mediante las cuales se redujeron 22 fallas, se disminuyeron 315 intervenciones y se ahorraron 892.17 horas de reparación. Además, se logró un aumento en el tiempo promedio entre fallas de 162.14 horas útiles.

De igual modo, se identificó similitud con el estudio de Hamid, D. (2016) quien presentó un plan de mantenimiento dirigido a la flota vehicular de Megalog, con el propósito de garantizar la disponibilidad de los equipos para su uso en movilización, asegurando una eficiencia que satisfaga las necesidades de los clientes. Para esto, realizó un inventario exhaustivo de los componentes del sistema, utilizando análisis documentales, fichas rutinarias, entre otros. Esto permitió comprender las características de las unidades y reconocer los indicios tempranos de fallas, posibilitando anticiparse a problemas graves. Además, se llevó un registro detallado de los kilómetros recorridos y las horas de operación, facilitando un control diario. El análisis reveló que la flota mantenía una condición electromecánica satisfactoria, en parte debido al reducido número de unidades y al porcentaje de unidades nuevas. Sin embargo, se evidenció una escasez de equipos y herramientas que no cubrían la demanda de uso, además de una falta de conocimientos

técnicos por parte del personal de la flota. El proceso de desarrollo del plan de mantenimiento mostró una estructura que incorporaba auditorías, lo que podría ser aplicado para mejorar continuamente las actividades de mantenimiento en flotas, instalaciones o equipos productivos tanto públicos como privados.

Se realizó un análisis de la disponibilidad operativa de la flota de emperadores de Minera Chungar S.A.C. Los resultados indican que la disponibilidad se encuentra en un 76%, la confiabilidad en un 50% y la mantenibilidad en un 88%. Estos datos evidenciaron la necesidad de implementar mejoras en el mantenimiento actual para mejorar el rendimiento general. Dado esto, se identificó relación con el estudio de Ruiz, S. (2018) quien estudió los planes de mantenimiento existentes en la empresa, así como su desarrollo conforme a un calendario preestablecido, con un enfoque en los indicadores de mantenimiento. Dado esto, determinó que la disponibilidad era del 87.8%, la confiabilidad del 69.2% y la mantenibilidad del 92% mediante un análisis de los indicadores previos. Posteriormente, aplicando el análisis de criticidad a 30 vehículos, se identificó que 10 estaban en estado crítico, 5 en estado semi-crítico y 15 en estado no crítico. Así mismo, aplicó la metodología de análisis de modo y efecto de falla para identificar y abordar las fallas, lo que llevó a la propuesta de un sistema de mantenimiento basado en el círculo de calidad y un plan de actividades de mantenimiento preventivo.

Se llevaron a cabo evaluaciones de los indicadores de cumplimiento del mantenimiento a través de encuestas a los trabajadores, revelando aumentos considerables en varios aspectos. El cumplimiento del mantenimiento programado ascendió notablemente, pasando del 31.75% al 80.25%. De manera similar, el cumplimiento de órdenes de trabajo experimentó un incremento significativo, elevándose del 30.01% al 73%. Además, el cumplimiento del Análisis de Modo y Efecto de Falla mostró una mejora sustancial, pasando del 31.28% al 80.83%. Estos resultados destacan el impacto positivo de las medidas implementadas en la eficiencia y efectividad de las operaciones, evidenciado por mejoras notables en estos indicadores clave de desempeño. De igual modo, puede verse similitud con el estudio de Álvarez, L. (2017) quien desarrolló un plan de mantenimiento se basó en la resolución de preguntas dirigidas a los operarios de la empresa y en la elaboración de un árbol de decisiones, que propuso las tareas de mantenimiento e intervalos de ejecución. También se evaluaron parámetros e indicadores de mantenimiento, lo que resultó en un aumento de la disponibilidad en un 19%, una mejora

en la fiabilidad en un 12% y una mantención constante del 4%.

Se aplicó el análisis de modo y efecto de falla se aplicó a la flota de emperadores de Minera Chungar S.A.C. con el objetivo de aumentar la disponibilidad operativa. Este enfoque generó mejoras notables: la disponibilidad aumentó significativamente del 79% al 90%, lo que refleja una notable mejora en la planificación y ejecución de actividades de mantenimiento. Asimismo, la confiabilidad se elevó del 55% al 77%, indicando una gestión más eficiente de tareas asignadas y una reducción significativa en posibles interrupciones operativas. Además, la mantenibilidad mejoró considerablemente, aumentando del 88% al 91.76%, evidenciando una mayor fiabilidad y durabilidad de los equipos o procesos evaluados. Estos cambios evidencian mejoras notables en los indicadores clave de desempeño. Dado esto, se identificó similitud con el estudio de Vásquez, J. (2017), presentó un estudio involucró el análisis de 14 máquinas de diversos modelos y marcas. Durante el año 2015, se estimó que se invirtieron 1768 horas en reparaciones, lo que generó pérdidas económicas por valor de 298400 soles. A partir del historial de análisis de ese año, se identificaron 299 intervenciones con tiempos promedio de reparación de 5.91 horas por intervención y tiempos promedio entre fallas de 40.18 horas útiles por intervención. Estos datos llevaron a la determinación de los indicadores de mantenimiento, que mostraron una disponibilidad del 87.17%, una confiabilidad del 78.33% y una mantenibilidad del 12.94%. Posteriormente, se realizó un análisis de criticidad a toda la maquinaria, basado en la frecuencia de las fallas, su impacto operacional, los costos de mantenimiento y los aspectos de seguridad ambiental y humana, lo que resultó en la identificación de 8 de las 14 máquinas estudiadas como críticas. Dado esto, se diseñó un plan de mantenimiento de riesgo que mejoró los planes previamente establecidos. Esto derivó en un aumento de la disponibilidad al 92.23%, una confiabilidad al 87.05% y una mantenibilidad al 12.83%.

Así mismo, se identificó relación con el estudio de Valdiviezo, G. (2017) quien implementó un programa de mantenimiento dirigido a aumentar la disponibilidad de la flota vehicular en la empresa Valdivieso S.R.L. Para evaluar las condiciones actuales de mantenimiento, se analizó el historial de mantenimiento de las unidades vehiculares de la flota, considerando tiempos aproximados de reparación que oscilaban entre 20 minutos y 36 horas por cada falla identificada. Para lo cual, llevó a cabo un análisis de criticidad de los vehículos, categorizando las fallas de los componentes de las maquinarias, como

motor, reductor de velocidad, carro transporte, sistema de admisión y transmisión. Esto implicó la identificación de modos de falla funcional, posibles causas y estrategias de resolución. Dado esto, creó un documento de verificación conocido como check-list, donde se detallaban las tareas a resolver y su seguimiento en función del mantenimiento realizado, los cuales se registraron posteriormente en una base de datos para un seguimiento.

Se llevó a cabo una estimación presupuestaria para la implementación del proyecto, considerando los costos anuales de repuestos, insumos, herramientas, instrumentos y mano de obra, los cuales ascendieron a S/. 737.159.39 soles. Además, se proyectó que mejorar la disponibilidad de la flota de empernadores resultaría en un ahorro económico por un monto de S/ 5.943.870.00, lo que generaría un ingreso neto de S/. 5.206.710.61 al año. Esto presenta relación con el estudio de Ruiz, S. (2018), presentó un sistema de gestión de mantenimiento fundamentado en el análisis de modo y efecto de falla para optimizar la disponibilidad de la flota vehicular en la empresa Chimú Agropecuaria S.A., cuyos resultados demostraron mejoras sustanciales en los indicadores de mantenimiento, alcanzando una disponibilidad del 85.6%, una confiabilidad del 84.6% y una mantenibilidad del 97.4%. Para la implementación de este sistema, se estimó un presupuesto anual de 1.3 millones de soles, con gastos de mantenimiento de vehículos de 2.7 millones de soles anuales y ganancias proyectadas de 1.4 millones de soles al año. Esto presenta relación con el estudio

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 5.1. CONCLUSIONES

Se empleó el análisis de modo y efecto de falla en la flota de emperadores de Minera Chungar S.A.C., con el fin de mejorar la disponibilidad operativa. Durante este proceso, se identificaron 79 casos de fallas inaceptables, representando el 72.48% del total de fallas registradas. Asimismo, se hallaron 4 casos de fallas consideradas aceptables, equivalente al 3.67% del total, y 26 casos de fallas catalogadas como deseables, alcanzando el 23.85% del total de fallas registradas, sumando un total de 109 casos identificados. Dado esto, se estableció un programa de mantenimiento preventivo ajustado a las necesidades detectadas. Esta estrategia presentó un impacto positivo en la eficiencia y efectividad de las operaciones, reflejándose en mejoras notables en los indicadores clave de desempeño.

Se llevó a cabo un diagnóstico de la disponibilidad operativa actual de la flota de emperadores de la compañía Minera Chungar S.A.C. Los resultados mostraron que la disponibilidad se sitúa en un 79%, la confiabilidad en un 55.7%, y la mantenibilidad en un 88%. Estos hallazgos permitieron reconocer la necesidad de implementar mejoras en el mantenimiento actual para optimizar el rendimiento.

Se realizaron evaluaciones de los indicadores de cumplimiento del mantenimiento mediante una encuesta a los trabajadores, de lo cual pudo verse que el cumplimiento del mantenimiento programado aumentó considerablemente, pasando del 31.75% al 80.25%. El cumplimiento de órdenes de trabajo también experimentó un incremento considerable, elevándose del 30.01% al 73%. El cumplimiento del Análisis de Modo y Efecto de Falla mostró una mejora, pasando del 31.28% al 80.83%. Esto demuestra que las medidas implementadas han tenido un impacto positivo en la eficiencia y efectividad de las operaciones, evidenciado por mejoras notables en estos indicadores clave de desempeño.

Se aplicó el análisis de modo y efecto de falla en la flota de emperadores Minera Chungar S.A.C. para aumentar la disponibilidad operativa, la cual experimentó un aumento significativo, pasando del 79% al 90%, lo que evidencia una significativa mejora en la planificación y ejecución de las actividades de mantenimiento. La confiabilidad también se incrementó, pasando del 50% al 77%, señalando una gestión más eficiente de las tareas asignadas y una reducción importante en posibles interrupciones operativas. La mantenibilidad mejoró considerablemente, aumentando del 88% al 91.76%, lo que indica



una mayor fiabilidad y durabilidad de los equipos o procesos evaluados, evidenciando mejoras notables en estos indicadores clave de desempeño.

Se realizó una estimación del presupuesto para implementar el proyecto, considerando los costos de repuestos, insumos, herramientas, instrumentos y mano de obra, alcanzando un total de S/. 737.159.39 soles al año. Posteriormente, se estimó que al mejorar la disponibilidad de la flota de empernadores, habría un ahorro económico anual de S/ 5.943.870.00, generando así un ingreso neto de S/. 5.206.710.61 soles anuales.

## 5.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda a la compañía Minera Chungar S.A.C., continuar con la implementación y seguimiento del programa de mantenimiento preventivo establecido. Este enfoque permite abordar de manera proactiva las áreas críticas identificadas y reducir la incidencia de fallas inaceptables, aceptables y deseables. Mantener este programa ayudará a mejorar y mantener los altos estándares de disponibilidad operativa, asegurando así la eficiencia y efectividad continuas de las operaciones de la empresa. Además, es fundamental seguir evaluando periódicamente los indicadores clave de desempeño para realizar ajustes y mejoras.

Se recomienda iniciar un programa de mejora continua en el mantenimiento basado en la metodología de análisis de modos y fallas, lo cual garantice mejoras en la disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad identificadas, optimizando así el rendimiento general de la flota de empernadores de Minera Chungar S.A.C.

Se recomienda a la compañía Minera Chungar S.A.C. proseguir con la implementación y monitoreo del programa de mantenimiento preventivo establecido. Los notables incrementos en disponibilidad operativa, confiabilidad y mantenibilidad, resultado del análisis de modo y efecto de falla, respaldan la continuación y fortalecimiento de las prácticas exitosas. Es esencial mantener la eficiencia en la planificación del mantenimiento y la gestión de tareas asignadas para garantizar una operación óptima y sostenible a largo plazo.

Se recomienda la implementación del proyecto de mejora en la flota de empernadores, los beneficios proyectados indican un ingreso neto anual considerablemente mayor. Esta inversión puede generar ahorros significativos a través de la reducción de gastos en rentabilidad y contribuir a mejorar la eficiencia operativa.

## **VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Álvarez, L. (2017). El AMEF para aumentar la disponibilidad de la flota vehicular de la empresa Emptrafesa SAC. Universidad nacional de Trujillo. Trujillo, Perú. ["EL AMEF PARA AUMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE LA FLOTA VEHICULAR DE LA EMPRESA EMTRAFESA SAC.pdf"](#)

Banco Mundial (Birf Aif) Abril 14, (2013) Minería: Resultados del sector. <https://www.bancomundial.org/es/results/2013/04/14/mining-results-profile>

Benítez, R. & Díaz, R. (2016). Concepción, et al. "Assessment of components of operational reliability in walk- in freezer". Ingeniería Mecánica. Vol. 19 N° 2, pp. 78-84. ISSN: 1815-5944

Danger, A. & Pierre, L. (2017). Metodología para seleccionar sistema de mantenimiento. <http://www.mantenimientomundial.com>.

Gómez Adriana (2019). AMFE (análisis modal de fallos y efectos): herramienta de planificación de producción. Asesor de Calidad, Manual de calidad paso a paso. <https://asesordecualidad.blogspot.com/2017/06/amfe-analisis-modal-de-fallos-y-efectos.html#.YvVas3bMI2z>

Hamid, D. (2016). Propuesta de un plan de mantenimiento para la flota vehicular Megalog. Tesis, de la Universidad Politécnica De Valencia, Valencia, España. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/76463/ALLALI%20%20Propuesta%20de%20un%20plan%20de%20mantenimiento%20para%20la%20flota%20vehicular%20MEGALOG.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hidalgo Mascorro Armando. (2005, septiembre 4). Manual AMEF Análisis de modo y efecto de fallas potenciales. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/manual-amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-fallas-potenciales/>

Lean Construcción México 28 sept (2020) AMFE (análisis modal de fallos y efectos): herramienta de planificación de producción ¿En qué consiste? <https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/amfe-an%C3%A1lisis-modal-de-fallos-y-efectos-herramienta-de-planificaci%C3%B3n-de-producci%C3%B3n>

Monchy, F. (1989) A Função Manutenção , Editora Brasileira/Editora Duran.

Ñaupas, et al (2015). Metodología d la investigación científica, México.

Pinto, A. K. (1997) Contratação por Disponibilidade, 12º Congresso Brasileiro de Manutenção, Sao Paulo.

Pinto, A. K. (1995) Gerenciamento moderno de Manutenção.

Ruiz, S. (2018). Sistema de gestión de mantenimiento basado en análisis de modo y efecto de falla para mejorar la disponibilidad de la flota vehicular en la empresa Chimú

Agropecuaria S.A. Universidad Cesar Vallejo. Trujillo, Perú. [Sistema de gestión de mantenimiento basado en análisis de modo y efecto.pdf](#)

Rumbo minero 16 abril, (2020) Mantenimiento y Repuestos para Maquinarias: Prevenir para evitar paradas de planta y equipos. [https://www.rumbominero.com/revista/informes/mantenimiento-y-repuestos-para-maquinarias-prevenir-para-evitar-paradas-de-planta-y-equipos/](#)

Rumbo minero 12 mayo, (2022) Toromocho tiene programadas dos paradas mayores de planta para este año. [https://www.rumbominero.com/peru/toromocho-programadas-dos-paradas-mayores-planta-este-ano/](#)

Stamatis, D.H. 1995. Failure Mode and Effect Analysis, FMEA from Theory to Execution. ISBN 087389300X. ASQ – American Society of Quality. Milwaukee, Wisconsin, EEUU

Torres, R., Aguilar, J. & Magaña, D. (2010). Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. Tecnología, Ciencia, Educación, 25(1),15-26. [fecha de Consulta 5 de agosto de 2022]. ISSN: 0186-6036. Disponible en: [https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48215094003](#)

Valdiviezo, G. (2017). Incremento de la disponibilidad de la flota vehicular de la empresa Valdivieso S.R.L. implementando un programa de mantenimiento. Tesis, de la Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú. [https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10138/Gilmer%20Valdiviezo%20Becerra.pdf?sequence=1&isAllowed=y](#)

Vásquez, J. (2016). Sistema de gestión de mantenimiento basado en el riesgo para aumentar la confiabilidad de la maquinaria pesada de la empresa Representaciones y Servicios Técnicos América S.R.L. Trujillo. Tesis, de la Universidad Cesar Vallejo, Trujillo, Perú. [http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/9692](#)

Yañez Medina, Medardo - Gómez de la Vega, Hernando – Valbuena Chourio, Genebelin Ingeniería de Confiabilidad y Análisis Probabilístico de Riesgo Capítulo V: Evaluación Probabilística del Riesgo. [https://www.carec.com.pe/biblioteca/biblio/4/81/Lectura.%20Libro%20Completo%20RM%20CONFIABILIDAD.pdf](#)

## VII. ANEXOS

### ANEXO 1: ANÁLISIS AMEF

Sistema	componente	Funcion	Modo de falla	Efectos de la falla	Causas de la falla	Acciones actuales	Ocurrencia	Severidad	Detección	NPR	Resultado actual	Acciones recomendadas	Responsable	Acciones	Ocurrencia	Severidad	Detección	NPR	Resultado actual
SISTEMA HIDRÁULICO	SISTEMA HIDRÁULICO	proporciona potencia, el control y la precisión necesarios para llevar a cabo las operaciones de perforación de manera eficiente y segura	Bloqueo de las válvulas:	Interrupción de la perforación y cese del trabajo	Bloqueo debido a contaminación, desgaste y problemas eléctricos, lo que podría afectar el control de los cilindros y la dirección de la máquina.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	6	7	6	252	Inaceptable	Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs, Cambio del aceite según las recomendaciones del fabricante e instalación de filtros de calidad para atrapar partículas contaminantes antes de que lleguen a las válvulas, limpieza preventiva de las válvulas y los componentes del sistema hidráulico durante el mantenimiento regular, realizar pruebas de funcionamiento para asegurarte	Tecnico mecánico	Implementar lo recomendado	4	5	4	80	Deseable

[illegible]

											fecha, detalles de las acciones tomadas y resultados de pruebas.								
DIAFRAGMA	componente flexible que separa el fluido hidráulico del gas comprimido dentro del acumulador hidráulico	Fallas por vibraciones y golpes	Paradas y tiempo de inactividad	Vibraciones excesivas, impactos o sacudidas generan tensiones que debiliten su integridad.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	6	8	7	336	Inaceptable	Evita someter el acumulador a presiones excesivas o ciclos de carga y descarga extremadamente rápidos Realizar un cambio del componente previo al cumplimiento del ciclo de vida. Registrar el mantenimiento realizado, incluyendo fecha, detalles de las acciones tomadas y resultados de pruebas.	Tecnico mecánico	Implementar lo recomendado	4	5	3	60	Inaceptable	

[illegible]



BOMBA HIDRÁULICA	fuelle de energía del sistema, y su función principal es generar presión al convertir la energía mecánica en energía hidráulica. Esto permite que el fluido hidráulico sea desplazado a través del sistema.	Desgaste de Componentes Internos, como engranajes, rodamientos y otras partes internas de la bomba	Pérdida de Potencia debido al mal funcionamiento y reducción de la disponibilidad operativa de la máquina perforadora	Contaminación del Aceite debido a la presencia de partículas y contaminantes en el aceite, lo cual generó daños en los componentes internos de la bomba.	Mantenimiento o cada 200 hs de uso,	6	7	5	210	Inaceptable	Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs, verificar el apagado y desconexión de la fuente de alimentación eléctrica o mecánica. Desmontaje, desconexión de las líneas de entrada y salida de la bomba. Inspección y Medición de los componentes en busca de desgaste o daño. Reemplazo de Componentes Desgastados por nuevas siguiendo especificaciones del fabricante. Ajustes, Calibración y verificación del sistema y ajustes necesarios. Reemplazo del filtro y drenaje el aceite para eliminar contaminantes. Limpieza de Componentes Internos de	Técnico mecánico	Implementar lo recomendado	3	4	4	48	Aceptable
------------------	---	--	---	--	-------------------------------------	---	---	---	-----	-------------	---	------------------	----------------------------	---	---	---	----	-----------

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]



[illegible]

										<p>utilizando un equipo de carga de gas adecuado.</p> <p>Inspección de sellos y componentes del acumulador para asegurarse de que estén en buen estado.</p> <p>Reemplazar los elementos desgastados o dañados.</p> <p>Montaje del acumulador y asegúrese de que esté correctamente sellado y conectado.</p> <p>Realizar pruebas de presión y verifique que la precarga se mantenga dentro de los límites especificados.</p> <p>Registrar el mantenimiento realizado, incluyendo fecha, detalles de las acciones tomadas y resultados de pruebas.</p>										
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]



SENSORES E INSTRUMENTACION											
Los sensores de presión, temperatura y flujo se utilizan para monitorear y controlar el sistema, proporcionando datos críticos al operador o a la unidad de control.											
Falla de Sensor de Presión											
Inexactitudes en la medición de la presión y fallo en el control preciso del sistema hidráulico.											
Desgaste de los elementos sensibles del sensor. Condiciones ambientales extremas. Conexiones eléctricas sueltas o corroídas											
Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida											
5											
6											
5											
150											
Deseable											
Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs Apagado de la máquina y despresurización del Sistema, desmontaje del sensor de presión: Examine el elemento sensible del sensor para detectar signos de desgaste o daño. Prueba de Funcionamiento para verificar la precisión del sensor de presión. En caso de detectar fallas, reemplace el sensor con uno nuevo y calibrado correctamente. Registrar el mantenimiento realizado, incluyendo fecha, detalles de las acciones tomadas y resultados de pruebas.											
Tecnico mecánico											
Implementar lo recomendado											
3											
4											
3											
36											
Acceptable											

																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															</
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	
RADIADOR	
componente esencial del sistema de enfriamiento que disipa el calor del refrigerante al aire	
Fugas y pérdidas de refrigerante:	
Pérdida de refrigerante: reducen la cantidad de refrigerante disponible en el sistema, lo que disminuye la capacidad de enfriamiento y aumenta el riesgo de sobrecalentamiento.	
Las fugas ocurridas debido a corrosión, desgaste de las juntas y daños físicos en el radiador.	
Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	
5	
6	
5	
150	
Inaceptable	Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs. Apague la máquina y asegúrese de que el sistema hidráulico esté completamente desenergizado. Inspección visual y limpieza. Revisar conexiones. Pruebas de continuidad. Pruebas de funcionamiento. Actualizar el software en el caso de ser necesario y Registrar el mantenimiento realizado, incluyendo fecha, detalles de las acciones tomadas y resultados de pruebas.
Técnico mecánico	
Implementar lo recomendado	
3	
4	
3	
36	
Aceptable	

VENTILADOR													
Para mejorar la eficiencia del enfriamiento, se utiliza un ventilador que impulsa el flujo de aire a través del radiador													
Falla del Motor del Ventilador:													
Reducción de la Eficiencia de Enfriamiento, por lo cual no podrá mover suficiente aire a través del radiador, lo que disminuiría la capacidad de enfriamiento del sistema y afectaría la eficiencia operativa..													
Falla del Motor del Ventilador: El motor eléctrico o mecánico que acciona el ventilador experimenta una falla, lo que resultaría en la detención del ventilador.													
Mantenimiento o cada 200 hs de uso													
6													
7													
6													
252													
Inaceptable													
Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs, verificar el apagado y desconexión de la fuente de alimentación eléctrica o mecánica. Identificación de la Falla, verificar la alimentación eléctrica, inspeccionar el estado de las conexiones y evaluar el funcionamiento del motor. Desmontaje del Motor (en el caso de ser reemplazado o reparado), inspección y limpieza, reparación de Componentes, reemplazo de Piezas Desgastadas, ajustes y tolerancias, ensamblaje del motor, pruebas y ajustes, Registrar el mantenimiento													
Tecnico mecánico													
Implementar lo recomendado													
4													
4													
4													
64													
Aceptable													



											resultados de pruebas.								
	TERMOSTATO	regula el flujo de refrigerante hacia el radiador, manteniendo la temperatura del motor dentro de un rango óptimo.	Termostato Funcionando de Manera Intermitente	Ineficiencia de Combustible: Un termostato atascado abierto puede hacer que el motor tarde más tiempo en alcanzar su temperatura de funcionamiento óptima, lo que puede provocar un aumento en el consumo de combustible.	Contaminación: La acumulación de sedimentos, suciedad o residuos en el termostato puede interferir con su funcionamiento adecuado.	Mantenimient o cada 200 hs de uso	6	8	7	336	Inaceptable	Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs, Inspección visual de la Falla, desmontaje del Termostato, Inspección del Termostato y sus componentes en busca de daños visibles, acumulación de suciedad o corrosión. Realizar pruebas funcionales en el termostato para determinar si está funcionando de manera intermitente utilizando un termómetro y sumergir el termostato en agua caliente para verificar si se abre y cierra	Tecnico mecánico	Implementar lo recomendado	4	4	4	64	Acceptable

											correctamente a la temperatura especificada. Reemplazo del Termostato (si es necesario). Ajustes y Calibración, reensamblaje, pruebas de Funcionamiento y Registrar el mantenimiento realizado, incluyendo fecha, detalles de las acciones tomadas y resultados de pruebas.							
DEPÓSITO PARA REFRIGERANTE	almacena el refrigerante adicional y permite que el sistema se ajuste automáticamente a cambios en la temperatura y la presión	Impactos o Daños Mecánicos	Pérdida de Refrigerante: Las fugas en el depósito resultan en la pérdida de refrigerante, lo que disminuye la capacidad de enfriamiento del sistema y aumenta el riesgo de sobrecalentamiento del motor.	Impactos y Daños Mecánicos: Golpes, impactos o daños físicos al depósito causaron grietas y perforaciones.	Mantenimiento o cada 200 hs de uso	6	7	6	252	Inaceptable	Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs, Inspección visual de la Falla, desconexión del Sistema, drenaje del Refrigerante, limpieza y Preparación, reparación del Daño, pruebas de Estanqueidad, llenar el depósito con refrigerante y presurízalo, reinstalación y	Técnico mecánico	Implementar lo recomendado	4	5	4	80	Aceptable





											resultados de pruebas.								
	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	mantiene las temperaturas de funcionamiento de los componentes en niveles seguros y evitar el sobrecalentamiento o	La entrada de contaminantes, como sedimentos o minerales, en el sistema de refrigerante puede obstruir los conductos y componentes del sistema de enfriamiento.	Paradas no planificadas:	Contaminación del refrigerante	Mantenimiento o cada 200 hs de uso	6	8	7	336	Inaceptable	Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs, Identificación de la Contaminación, drenado del Refrigerante (cuando el motor esté frío) Limpieza del Sistema y el radiador enjuagando con Agua y limpiadores específicos, reemplazo del Refrigerante, verificar un posible Cambio de Termostato si es grave la contaminación. Inspección de las mangueras, conexiones y otros componentes del sistema de enfriamiento en busca de daños o desgaste y pruebas de Funcionamiento, monitorea las temperaturas y	Técnico mecánico	Implementar lo recomendado	4	4	3	48	Aceptable

											la presión del sistema de acuerdo al plan de mantenimiento y Registrar el mantenimiento realizado, incluyendo fecha, detalles de las acciones tomadas y resultados de pruebas.					
SISTEMA DE CONTROL											Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs, Identificación de Fuentes de EMI, Protección de Cables para resistir la interferencia electromagnética y separados de fuentes de EMI. Utiliza filtros de línea en las entradas de alimentación de equipos electrónicos sensibles para suprimir las interferencias provenientes de la red eléctrica y materiales de					
SISTEMA DE CONTROL											Tecnico mecánico					
	supervisa y regula las operaciones de perforación, incluida la velocidad de rotación, la velocidad de avance y otros parámetros	inducción electromagnética y las descargas electrostáticas, afecta negativamente a los sistemas de control eléctrico si no se toman medidas adecuadas de protección y blindaje.	Paradas no programadas: Las fallas en el sistema de control pueden dar lugar a paradas no programadas y, en consecuencia, a interrupciones en las operaciones mineras planificadas.	Interferencia electromagnética (EMI):	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	6	7	6	252	Inaceptable	Implementar lo recomendado	3	4	4	48	Aceptable

											blindaje como jaulas de Faraday. Asegura las conexiones y tomas de tierra. Empleo de supresores de transitorios para proteger equipos contra picos de voltaje y descargas eléctricas que pueden generar EMI, realizar pruebas de EMI y Registrar el mantenimiento realizado, incluyendo fecha, detalles de las acciones tomadas y resultados de pruebas.							
PANEL DE CONTROL	El panel de control es la interfaz principal que permite a los operadores interactuar con la máquina perforadora. Puede incluir pantallas táctiles, botones, interruptores y controles manuales para supervisar y ajustar las operaciones de la máquina	Falla en el panel de control	Pérdida de control: La máquina puede perder la capacidad de recibir comandos y control desde el panel, lo que puede llevar a operaciones incontroladas o detenciones no deseadas.	Los fallos de estos componentes electrónico como botones, interruptores, pantallas táctiles y circuitos impresos, debido a desgaste, envejecimiento, daño físico o defectos de fabricación, pueden resultar en una falla completa del panel de control.	Mantenimient o cada 200 hs de uso	6	7	6	252	Inaceptable	Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs, Realiza inspecciones visuales periódicas de los componentes electrónicos del panel de control para detectar signos de desgaste, daño físico o	Tecnico mecánico	Implementar lo recomendado	4	4	4	64	Acceptable

UNIDAD DE CONTROL ELECTRICO											corrosión, limpieza Adecuada, verificación de Conexiones, realiza pruebas de Funcionamiento, Monitoreo de Tendencias, mantenimiento de Software, protección contra la Humedad y la Corrosión y Registrar el mantenimiento realizado, incluyendo fecha, detalles de las acciones tomadas y resultados de pruebas.							
	controla y supervisa diversas funciones de la máquina, como el motor, el sistema hidráulico, el sistema de enfriamiento y otros sistemas. Recopila datos y toma decisiones en función de los sensores y las entradas del operador.	Fallo de componentes electrónicos:	interrupción en las operaciones de perforación, lo que puede tener un impacto negativo en la productividad y la eficiencia. Así mismo, podría haber un riesgo para la seguridad de los operadores, ya que pueden perder la capacidad de controlar y detener la máquina en	fallas de los componentes debido a la falta de mantenimiento, envejecimiento, el desgaste, defectos de fabricación y condiciones ambientales adversas.	Mantenimiento o cada 200 hs de uso	6	7	6	252	Inaceptable	Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs, Realiza inspecciones visuales periódicas de los componentes electrónicos del panel de control para detectar signos de desgaste, daño físico o corrosión,	Técnico mecánico	Implementar lo recomendado	4	4	4	64	Aceptable

			situaciones peligrosas.								limpieza Adecuada, verificación de Conexiones, realiza pruebas de Funcionamiento, Monitoreo de Tendencias, mantenimiento de Software, protección contra la Humedad y la Corrosión y Registrar el mantenimiento realizado, incluyendo fecha, detalles de las acciones tomadas y resultados de pruebas.							
SENSORES	Los sensores se utilizan para medir diversas condiciones y parámetros de la máquina, como la temperatura, la presión, la velocidad, la posición, la carga y otros factores relevantes	Fallo de Sensor de Respaldo:	Pérdida de Control: los sensores proporcionarían datos incorrectos al sistema de control, esto puede llevar a la pérdida de control sobre la máquina perforadora, lo que podría tener consecuencias graves para la seguridad y la operación.	Daño Mecánico: Golpes, vibraciones o impactos físicos pueden dañar los sensores, causando fallas en su funcionamiento.	Mantenimient o cada 200 hs de uso	6	7	6	252	Inaceptable	Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs, protección Mecánica y barreras que ayuden a proteger los sensores contra impactos físicos, aislamiento de Vibraciones, sensores de Respaldo (donde sea crítico).	Tecnico mecánico	Implementar lo recomendado	4	4	4	64	Acceptable

[illegible]

ACTUADORES	Los actuadores son dispositivos que ejecutan acciones físicas en la máquina en respuesta a las órdenes de la ECU	Desgaste y Fatiga Mecánica	Pérdida de Productividad: La falla de un actuador crítico puede detener la producción o la perforación, lo que resulta en pérdidas de tiempo y productividad.	Desgaste y Fatiga: debido al uso continuo, los componentes mecánicos de los actuadores, como los motores y las partes móviles, presentan desgaste y fatigas, lo que puede resultar en un rendimiento deficiente o una falla completa.	Mantenimiento o cada 200 hs de uso	6	8	7	336	Inaceptable	Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs, Limpieza de los actuadores para eliminar la acumulación de suciedad, polvo y otros contaminantes. Lubricación en los puntos designados. Calibración de los actuadores. Verificación de Conexiones Eléctricas y reemplazo de Componentes Desgastados. En el caso de ser necesario instalar actuadores de respaldo. Realiza pruebas periódicas de funcionamiento y registro de Eventos en los que los sensores puedan haber estado expuestos a impactos o vibraciones significativas para un reemplazo	Técnico mecánico	Implementar lo recomendado	4	4	3	48	Aceptable
------------	--	----------------------------	---	---	------------------------------------	---	---	---	-----	-------------	--	------------------	----------------------------	---	---	---	----	-----------



[illegible]

[illegible]

SISTEMA DE COMUNICACIÓN									
<p>permiten la transmisión de datos entre la máquina perforadora y una estación de control remoto o sistemas de monitoreo centralizados.</p>									
<p>Pérdida completa de la conexión entre los dispositivos o sistemas de comunicación.</p>									
<p>Parada de la Máquina y Errores en la Operación: Los comandos incorrectos o la falta de información pueden resultar en operaciones inapropiadas o ineficientes.</p>									
<p>Fallas en los Equipos de Comunicación, por problemas en los transmisores, receptores o en otros dispositivos de comunicación.</p>									
<p>Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida</p>									
6									
7									
6									
252									
Inaceptable									
<p>Inspección Visual y Verificación de Integridad Física, pruebas de Funcionamiento y comunicación. Mediciones de la calidad de la señal para identificar posibles problemas de interferencia o debilidad en la transmisión. Verificación de Conexiones y Cableado. Verificar y actualizar el firmware y software de los dispositivos de comunicación. Realizar pruebas para identificar y mitigar posibles fuentes de interferencia electromagnética. Revisar y ajustar los ajustes de configuración de los dispositivos de comunicación para asegurarse de que estén correctamente configurados.</p>									
Tecnico mecánico									
Implementar lo recomendado									
4									
5									
4									
80									
Aceptable									

											Realizar copias de seguridad de las configuraciones para facilitar la restauración en caso de problemas. Realizar pruebas de comunicación en condiciones simuladas para asegurarse de que el sistema funcione correctamente bajo diferentes escenarios y documentar el mantenimiento realizado.							
SOFTWARE DE CONTROL	procesa datos, ayuda en la toma de decisiones, ajustar parámetros y controlar las operaciones de la máquina de acuerdo con las instrucciones del operador y las condiciones detectadas.	Fallas en la Interfaz de Usuario e Incompatibilidad de Versiones	Pérdida de Control, por lo cual, el sistema no responde correctamente a las instrucciones del operador.	Actualizaciones Incorrectas, generándose fallos durante la actualización o instalación de nuevas versiones de software.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	6	7	6	252	Inaceptable	Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs. Copia de Seguridad de Datos y Configuraciones, Verificación de Integridad de Archivos, Actualización de Parches y Actualizaciones, Realizar pruebas de funcionamiento para asegurarse de que el software	Técnico mecánico	Implementar lo recomendado	4	4	4	64	Acceptable

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]



[illegible]

											Correcta las escobillas con los colectores para evitar desgaste irregular. Realiza pruebas de carga para asegurarte de que las escobillas y los colectores funcionen correctamente. Lleva un registro detallado de las inspecciones, limpiezas y reemplazos de escobillas y colectores.							
	Proporcionan soporte, reducir la fricción y mantener el eje del motor centrado y en movimiento suave. Esto es crítico para el funcionamiento eficiente y confiable de la máquina perforadora de minas.	Desgaste de Rodamientos	Ruido anormal, vibraciones excesivas e inmovilización del motor.	Lubricación inadecuada. Contaminantes en el aceite. Operación a altas cargas.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	6	7	5	210	Inaceptable	Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs. Examina los rodamientos en busca de signos de desgaste, como decoloración, ralladuras o marcas. Verificación del Nivel de Lubricación, garantiza que los filtros del sistema de aceite estén limpios y funcionando	Tecnico mecánico	Implementar lo recomendado	3	4	3	36	Aceptable

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

			SISTEMA DE COMBUSTIBLE, Incluye tanques, bombas y líneas de combustible necesarios para alimentar el motor.	Fallo en la Bomba de Combustible	Pérdida de presión de combustible. Dificultades para arrancar el motor. Fallo del motor durante la operación.	Desgaste natural por uso prolongado. Contaminación del combustible. Falta de mantenimiento.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	6	7	5	210	Inacceptable	Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs.,Apagar y Despresurizar la máquina, desmontaje de la bomba de combustible, examinar en busca de desgaste, corrosión u otros signos de deterioro. Compruebe el estado de los componentes internos de la bomba, como el rotor, el émbolo y las juntas. Limpieza de la bomba y sus componentes utilizando un solvente. Si se detectan partes desgastadas o dañadas, reemplácelas con piezas originales. Verifique el funcionamiento de la bomba para asegurarse de que está generando la presión	Tecnico mecánico	Implementar lo recomendado	3	4	3	36	Acceptable
--	--	--	--	----------------------------------	--	--	---	---	---	---	-----	--------------	--	------------------	----------------------------	---	---	---	----	------------

											adecuada. Reinstalación y Puesta en Marcha de la bomba, realice pruebas en condiciones reales para verificar que la bomba funcione correctamente en el entorno de trabajo. Registro las inspecciones, pruebas y mantenimiento realizado.							
	Fugas en el Sistema de Combustible	Presión de combustible inadecuada. Desempeño inconstante del motor. Posible daño al sistema de inyección.	Desgaste por uso continuado. Fallo en los componentes internos.	Mantenimient o cada 200 hs de uso	6	7	5	210	Inaceptable	Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs. Apagar y Despresurizar la máquina, examine visualmente el sistema de combustible en busca de juntas o sellos deteriorados, así como conexiones flojas o dañadas. Identifique y reemplace las juntas o sellos deteriorados por piezas nuevas y de calidad. Verifique y	Tecnico mecánico	Implementar lo recomendado	3	4	3	36	Aceptable	



[illegible]

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

											futuras obstrucciones. Reinstalación de Inyectores, realizar pruebas de funcionamiento, y documentar el mantenimiento elaborado.							
		Fallo en la Válvula Reguladora de Presión de Combustible	Presión de combustible inadecuada. Desempeño inconstante del motor. Posible daño al sistema de inyección.	Desgaste por uso continuado. Fallo en los componentes internos.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	6	7	5	210	Inaceptable	Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs. Apagar y Depresurizar la máquina, ubique y acceda a la válvula reguladora de presión de combustible. Desmontaje de la Válvula y examínela para detectar signos de desgaste o daño en los componentes internos. Limpie la válvula y sus componentes utilizando un solvente. Si se	Técnico mecánico	Implementar lo recomendado	3	4	3	36	Aceptable

											identifican componentes desgastados o dañados, reemplácelos con piezas originales. Utilice un medidor de presión para verificar que la válvula regule la presión de combustible correctamente. Vuelva a instalar la válvula asegurando que no presente fugas. Realizar pruebas de funcionamiento y documentar el mantenimiento desarrollado.						
SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE, Asegura que el motor reciba la cantidad adecuada de aire para la combustión.	Fugas en el Sistema de Admisión	Entrada de aire no filtrado al motor. Pérdida de potencia y eficiencia. Posible daño al motor por sobrecarga.	Juntas o sellos desgastados o dañados. Conexiones sueltas o mal ajustadas.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	6	7	5	210	Inaceptable	Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs, Examina las juntas y sellos en el sistema de admisión en busca de signos de desgaste, daño o deterioro. Asegúrate de que todas las conexiones estén ajustadas	Tecnico mecánico	Implementar lo recomendado	3	4	3	36	Aceptable

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]



																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								</
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

[illegible]

[illegible]

[illegible]

										sistema con el refrigerante adecuado hasta el nivel recomendado. Registro las inspecciones, pruebas y mantenimiento realizado. Registrar el mantenimiento realizado, incluyendo fecha, detalles de las acciones tomadas y resultados de pruebas.							
	Falla del Embrague del Ventilador	Falta de enfriamiento adecuado. Sobrecalentamiento del motor.	Fallo del Ventilador: Desgaste de las aspas o mal funcionamiento del motor del ventilador. Fallo del Embrague: No acopla correctamente.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	6	7	5	210	Inaceptable	Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs, Apague la máquina y asegúrese de que el sistema esté completamente despresurizado. Desmonte el sensor de flujo de aire del equipo y examine el sensor en busca de signos de desgaste, corrosión o daño físico. Compruebe la conexión	Tecnico mecánico	Implementar lo recomendado	3	4	3	36	Aceptable

[illegible]

		SISTEMA DE LUBRICACION, Suministra aceite lubricante a los componentes móviles del motor para reducir el desgaste y la fricción	Bomba de Aceite con Problemas	Reducción de la presión y flujo de aceite. Lubricación inadecuada de componentes críticos. Posible daño a partes del motor por falta de lubricación.	Desgaste natural o daño en la bomba. Fallo en los componentes internos de la bomba.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	6	7	5	210	Inaceptable	Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs, Apagar la máquina y asegurarse de que el sistema esté completamente despresurizado. Localizar y acceder a la bomba de aceite. Inspeccionar visualmente en busca de desgaste o daño. Realizar pruebas de presión y flujo de aceite. Desmontar la bomba si es necesario para un examen más detallado. Reemplazar o reparar los componentes internos según sea necesario. Limpiar y eliminar cualquier residuo o contaminante. Volver a montar la bomba correctamente. Realizar pruebas de	Técnico mecánico	Implementar lo recomendado	3	4	3	36	Aceptable
--	--	--	-------------------------------	---	--	----------------------------------	---	---	---	-----	-------------	---	------------------	----------------------------	---	---	---	----	-----------

[illegible]



[illegible]

BATERIAS		utilizados para respaldo de energía o para sistemas eléctricos de baja tensión.	
Electrolito Bajo o Insuficiente	Placas Internas Dañadas o Sulfatadas	Pérdida de capacidad de almacenamiento y arranque.	Disminución de la capacidad de almacenamiento de energía.
Evaporación del electrolito por altas temperaturas.	Descarga profunda o prolongada. Edad avanzada de la batería.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida
6	5	6	5
7	6	7	6
5	5	5	5
210	150	210	150
Inaceptable	Deseable	Inaceptable	Deseable
Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs, Verifica el nivel del electrolito. Si es bajo, rellénalo con agua destilada o electrolito específico para baterías. Asegúrate de seguir las recomendaciones del fabricante para el nivel adecuado. Registrar el mantenimiento realizado, incluyendo fecha, detalles de las acciones tomadas y resultados de pruebas.		Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs, Verifica el estado de las placas internas. Reemplaza las placas dañadas o sulfatadas para restaurar la capacidad de	
Técnico mecánico		Técnico mecánico	
Implementar lo recomendado		Implementar lo recomendado	
3		3	
4		4	
3		3	
36		36	
Aceptable		Aceptable	



SISTEMA DE ESCAPE		Incluye el sistema de escape y los componentes relacionados, como el silenciador y los sistemas de filtrado de gases	Desgaste o Fallo de Sondas de Oxígeno	Pérdida de precisión en la medición de oxígeno. Rendimiento subóptimo del motor.	Desgaste por uso prolongado. Contaminación o daño mecánico.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	6	7	5	210	Inaceptable	Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs, Examina las sondas de oxígeno en busca de signos de desgaste, daños o contaminación. Realiza pruebas para verificar que las sondas de oxígeno estén operando correctamente. Si las sondas muestran signos de desgaste o falla, sustitúyelas por unidades nuevas	Tecnico mecánico	Implementar lo recomendado	3	4	3	36	Aceptable
			Fallo de los Separadores	Posible cortocircuito entre placas.	Deterioro de los separadores internos.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	5	6	5	150	Deseable	Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs, Inspecciona los separadores en busca de signos de deterioro. Reemplaza los separadores si están dañados para prevenir cortocircuitos. Registrar el mantenimiento realizado.	Tecnico mecánico	Implementar lo recomendado	3	4	3	36	Aceptable



											reemplázalo si está severamente desgastado o contaminado. Realiza pruebas de emisiones para asegurarte de que el nuevo convertidor catalítico está funcionando eficientemente. Documenta el mantenimiento realizado, incluyendo la fecha de la inspección, limpieza o reemplazo, y los resultados de las pruebas de emisiones.								
		VALVULA GAS VALVE, válvula utilizada para controlar el flujo de gas	Problemas de control:	retrasos, inestabilidad, fallas en el sistema de control o errores en la señal de control.	incapacidad para abrirse o cerrarse de manera precisa y controlada, lo que puede afectar el flujo de gas y la seguridad del sistema	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	5	7	6	210	Inaceptable	Realizar mantenimiento preventivo cada 150 horas, asegurando eficiencia. Incluir lubricación, limpieza y verificación de fugas de gas. Calibrar según normativas. Reemplazar piezas dañadas conforme a los estándares. Registrar el mantenimiento	Tecnico mecánico	Implementar lo recomendado	4	4	3	48	Aceptable

											realizado, incluyendo fecha, detalles de las acciones tomadas y resultados de pruebas.								
		"GUARD (N/P)" pieza utilizada para la guardia y protección	Obstrucción y acumulación de material:	Daños a la máquina y cese de actividad	obstrucción con objetos de material, lo que podría interferir con el funcionamiento de la máquina o la capacidad de protección.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	5	7	6	210	Deseable	Realizar mantenimiento preventivo cada 100 horas, incluyendo verificación de eficiencia y remoción de obstrucciones. Inspeccionar posibles daños y reinstalar la guardia. Realizar pruebas para asegurar un funcionamiento óptimo. Registrar el mantenimiento realizado, incluyendo fecha, detalles de las acciones tomadas y resultados de pruebas.	Tecnico mecánico	Implementar lo recomendado	3	4	3	36	Acceptable

COMPRESOR	CONTACTOR EN EL COMPRESOR encender y apagar el compresor según las señales de control.	El contactor presenta fallas y obstaculiza el flujo de energía destinado al inicio del compresor.	El equipo no puede operar	Cumplimiento del ciclo de vida del componente	Verificación de la bobina: El contactor tiene una bobina electromagnética que controla los contactos. En caso de sustituir el contactor se realiza cada 300 hs	6	8	7	336	Inaceptable	Inspección cada 150 horas. Buscar desgaste, corrosión o conexiones sueltas. Verificar el funcionamiento correcto. Asegurar operatividad de contactores y relés. Verificación de Conexiones Eléctricas y realizar pruebas de continuidad y resistencia. Buscar cables dañados o conexiones sueltas. Limpieza y Lubricación, Reemplazo de componentes defectuosos utilizando piezas originales. Realizar pruebas de arranque simuladas: Verificar funcionamiento antes de operar. Registrar el mantenimiento realizado, incluyendo fecha, detalles de las acciones	Técnico mecánico	Implementar lo recomendado	3	4	4	48	Acceptable
-----------	--	---	---------------------------	---	--	---	---	---	-----	-------------	--	------------------	----------------------------	---	---	---	----	------------



[illegible]

[illegible]





[illegible]

CABEZAL DE BARRIDO	SELLOS DE AGUA		
proporciona la energía de rotación necesaria para que la broca realice su trabajo de perforación.	aseguran la hermeticidad, permiten el almacenamiento de energía y facilitan el movimiento controlado del diafragma		
Falla del motor de rotación, por lo cual podría dejar de funcionar debido a problemas eléctricos o mecánicos.	Fugas de fluido o gas		
Interrupción de la perforación y cese del trabajo	Paradas y tiempo de inactividad		
Problemas eléctricos como cortocircuitos y fallas en los cables de conexión o daños en los componentes electrónicos del motor.	fugas de fluido, lo que reduce la eficiencia del acumulador y puede afectar la capacidad de almacenamiento y liberación de energía.		
Mantenimiento o cada 200 hs de uso	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida		
7	6		
8	7		
7	6		
392	252		
Inaceptable	Inaceptable		
Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs, verificación de la alimentación eléctrica, inspección de cables, pruebas de continuidad y aislamiento en los cables y componentes eléctricos para identificar problemas potenciales	Verificación del estado de la pieza después de su uso, dejando constancia de su estado en un plan de mantenimiento. Cambio de la pieza cada 200 hs trabajadas. Registrar el mantenimiento realizado, incluyendo fecha, detalles de las acciones tomadas y resultados de pruebas.		
Técnico mecánico	Técnico mecánico		
Implementar lo recomendado	Implementar lo recomendado		
5	4		
6	4		
4	3		
120	48		
Desecable	Inaceptable		



ELASTIC PIN	DRIVER
asegurar y mantener juntas o piezas en su lugar mientras se realizan perforaciones u otras operaciones	dispositivo que se utiliza para controlar y operar la máquina perforadora
Deformación excesiva: debido a cargas inesperadamente altas o condiciones de operación extremas.	Problemas eléctricos o electrónicos
La deformación del pin elástico, generando una disminución en la eficiencia de la máquina perforadora,	Bloqueo del sistema Y pérdidas de funcionalidad
Cargas excesivas o impactos pueden superar la capacidad de carga del pin elástico y fatiga por ciclos repetitivos de carga y descarga puede debilitar el pin elástico con el tiempo.	fallas debido a problemas en los circuitos eléctricos, conexiones defectuosas, componentes dañados o sobrecargas eléctricas
Mantenimiento o cada 200 hs de uso	Mantenimiento o cada 200 hs de uso
6	5
7	6
6	5
252	150
Inaceptable	Deseable
Realizar un mantenimiento preventivo cada 150 hs, Inspección detallada, medición y pruebas, verificación de alineación, limpieza y lubricación, reemplazo programado, verificación de	Realizar un mantenimiento preventivo cada 150 hs, Apagar y desenergizar. Inspección visual y limpieza. Revisar conexiones. Pruebas de continuidad. Pruebas de funcionamiento. Actualizar firmware/software si es necesario. Registrar el mantenimiento realizado, incluyendo fecha, detalles de las acciones tomadas y resultados de pruebas.
Tecnico mecánico	Tecnico mecánico
Implementar lo recomendado	Implementar lo recomendado
4	3
4	4
4	3
64	36
Aceptable	Aceptable





[illegible]



--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

[illegible]



UNIDAD DE GIRO	componente responsable de proporcionar movimiento de rotación.	Desgaste y Fatiga:	paradas de trabajo no programadas	los rodamientos, ejes y engranajes, presentam desgaste y fatiga, lo que podría llevar a una disminución en su rendimiento y fallas	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	5	6	6	180	Deseable	Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs. Examinar la unidad de giro en busca de desgastes, corrosión o daños visibles. Asegurarse de que los puntos de lubricación estén bien lubricados para evitar fricciones excesivas. Buscar cualquier señal de desalineación o	o roturas. Reemplazar el nylon en el caso en el cual este dañado, es importante sustituirlo por uno nuevo para garantizar un funcionamiento óptimo.Registrar el mantenimiento realizado, incluyendo fecha, detalles de las acciones tomadas y resultados de pruebas.	Tecnico mecánico	Implementar lo recomendado	3	4	4	48	Aceptable

												juego excesivo en la unidad de giro. Realizar ajustes o reparaciones si se detectan problemas durante la inspección. Documentar las actividades realizadas para llevar un registro de la mantenimiento.							
	SEAL KIT	previene fugas, mantiene la integridad del sistema y protege contra contaminantes y desgaste	excesivo juego axial de la unidad de giro	Trabajo deficiente de la unidad	Perdida de Presión: Sellos dañados pueden provocar una pérdida de presión en los sistemas hidráulicos	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	5	6	5	150	Deseable	Identificación y reemplazo de Sellos, Inspección de Componentes Adyacentes, verificación de una lubricación Adecuada, Prueba de Presión, registrar y Documentar la labor realizada de acuerdo al plan propuesto. Registrar el mantenimiento realizado, incluyendo fecha, detalles de las acciones tomadas y resultados de pruebas.	Tecnico mecánico	Implementar lo recomendado	3	4	4	48	Acceptable



SLIDE PIECE		PIN DE ARTICULACIÓN CENTYRAL	
Contribuye a la movilidad y precisión de la máquina durante la perforación de empernaduras en trabajos mineros.	permite girar o moverse alrededor de un punto de articulación central		
Deformación y Daño Mecánico del Slide Piece y Desgaste Excesivo del Slide Piece	Bloqueo y Atascamiento		
Alteración en la geometría y ajuste del Slide Piece. Dificultad para realizar ajustes precisos en la profundidad de la perforación. Riesgo de fallo estructural durante la operación.	impede el movimiento de las partes conectadas.		
Impactos o fuerzas externas excesivas. Sobrecarga en la herramienta de perforación. Manipulación brusca durante el mantenimiento. Operación prolongada sin lubricación adecuada. Contacto repetido con material abrasivo. Falta de mantenimiento preventivo.	Bloqueo y Atascamiento: Si el pin se bloquea o atasca debido a contaminantes, suciedad o daños en las superficies de articulación,		
Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida		
5	5		
6	6		
6	6		
180	180		
Deseable	Deseable		
Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs. Examina el Slide Piece en busca de signos de deformación, grietas o daños visibles, verificar la geometría y dimensiones del Slide Piece, comprobando que encaja correctamente	Lubricación adecuada en cada proceso de trabajo, protección contra la contaminación limpieza regular, inspecciones visuales cada 150 hs, que permitan el reemplazo oportuno de la pieza. Registrar el mantenimiento realizado, incluyendo fecha, detalles de las acciones tomadas y resultados de pruebas.		
Tecnico mecánico	Tecnico mecánico		
Implementar lo recomendado	Implementar lo recomendado		
4	4		
4	4		
4	4		
64	64		
Aceptable	Aceptable		

[illegible]

[illegible]



[illegible]

	BRAZO C	Permite asegurar y fortalecer las estructuras subterráneas, como túneles, galerías y minas, previniendo colapsos y garantizar la seguridad	Fallas de tipo hidráulicas y neumáticas que comprometen el trabajo y Desgaste	Pérdida de integridad estructural del Brazo C. Dificultad para mantener la posición adecuada de la herramienta. Riesgo de fallo estructural durante la operación. Paradas y tiempo de inactividad	Operación prolongada sin mantenimiento. Fricción constante y desgaste por el uso. Impactos o fuerzas externas.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	6	8	7	336	Inaceptable	caudalímetro funcione correctamente antes de operar la máquina. Documentar las actividades realizadas para llevar un registro de la manutención.						
											Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs.Examina el Brazo C en busca de signos de desgaste, grietas o daños visibles, evaluar el desgaste y verificar si el Brazo C cumple con las tolerancias especificadas. Limpia cualquier suciedad o residuo acumulado en el Brazo C y aplica lubricante. Realiza pruebas para asegurarte de que el Brazo C mantenga su integridad estructural y no presente	Técnico mecánico	Implementar lo recomendado	4	4	4	64	Aceptable

[illegible]

[illegible]



GUIADOR DE PERNOS HELICOIDAL 22(POS 1)											prolongar la vida útil. Asegúrate de que el C.H. esté correctamente alineado y pueda cumplir su función de manera efectiva. Realiza pruebas de funcionamiento previo a su uso. Documentar las actividades realizadas para llevar un registro de la manutención.							
	asegurar una guía precisa y segura para la inserción de pernos helicoidales en el material, lo que contribuye a un proceso de perforación y empernado más eficiente y preciso.	Parada no programada por daños mecánicos en el guiador	Desgaste y Deformación que afecta la precisión y suavidad del movimiento. Dificultad para Guiar los Pernos puede generar imprecisiones en la perforación. Riesgo de Rotura el guiador llega a un punto de fallo en el cual se detienen las operaciones de trabajo	Uso Continuo a Altas Cargas y Operación prolongada bajo contaminación por Partículas Abrasivas en el entorno de trabajo. Falta de inspecciones y lubricación periódicas.	Mantenimient o cada 200 hs de uso	5	6	6	180	Deseable	Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs. Examina el estado del guiador en busca de signos de desgaste, deformación o daño, verificando la presencia de partículas abrasivas y limpia si es necesario. Aplica lubricante según las recomendacione s del fabricante	Tecnico mecánico	Implementar lo recomendado	4	4	4	64	Acceptable

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]



[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

CH. DE PIVOT DOBLE VASTAGO									
Proporciona un soporte estable y permitir la movilidad controlada de la herramienta de perforación. Este componente es crucial para controlar la dirección y el ángulo de la perforación, lo que permite adaptar la máquina a diferentes condiciones y requisitos de trabajo en una mina.									
Desgaste Excesivo y Daño Mecánico									
Pérdida de integridad estructural del C.H. Dificultad para mantener la posición adecuada de la herramienta. Riesgo de fallo estructural durante la operación.									
Operación prolongada sin mantenimiento. Fricción constante y desgaste por el uso. Impactos o fuerzas externas.									
Mantenimiento o cada 200 hs de uso									
5									
6									
6									
180									
Deseable									
Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs. Limpia la chumacera y el vástago para eliminar suciedad, polvo y residuos. Examina la chumacera y el vástago en busca de signos de desgaste, corrosión o deformaciones. Aplica lubricante. Asegúrate de que la chumacera esté correctamente alineada y no haya desviaciones significativas, verificando que no haya un juego excesivo en la chumacera o el vástago. Ajusta o reemplaza piezas según sea necesario. Si se detecta desgaste significativo o daño, reemplaza los componentes afectados.									
Tecnico mecánico									
Implementar lo recomendado									
4									
4									
4									
64									
Aceptable									

											Realiza pruebas de operación para asegurarte de que la chumacera y el vástago funcionen correctamente después del mantenimiento. Lleva un registro de las actividades de mantenimiento, incluyendo fechas y detalles de las acciones tomadas.							
EJE DE PIVOTE CENTRAL	Proporciona un punto central de pivote alrededor del cual se puede ajustar y orientar la herramienta de perforación, permitiendo ajustar la dirección y el ángulo de la perforación según las necesidades específicas de la operación en una mina.	Desalineación: El eje se desplaza de su posición correcta debido a factores como mal montaje o desgaste de componentes asociados.	Detención de la Operación: La máquina empernadora dejará de funcionar correctamente, lo que puede llevar a retrasos en la producción.	Sobrecarga Operativa: Operación de la máquina empernadora en condiciones que exceden la capacidad de carga del eje.	Mantenimient o cada 200 hs de uso	5	6	6	180	Deseable	Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs. Limpia el eje y las áreas circundantes para eliminar suciedad, polvo y residuos. Examina el eje en busca de signos de desgaste, corrosión o deformaciones. Busca posibles indicadores de fatiga, como fisuras o fracturas incipientes. Aplica	Tecnico mecánico	Implementar lo recomendado	4	4	4	64	Acceptable



SISTEMA DE PLACA	Son placas planas y robustas que se utilizan como base	Deslizamiento y	Inestabilidad Estructural, Pérdida de	Carga mal distribuida, falta de	Cambio del componente cumpliendo	5	6	6	180	Deseabl	lubricante en el eje para reducir el desgaste y la fricción. Asegúrate de que el eje esté correctamente alineado y no haya desviaciones significativas. Verifica si hay juego excesivo o holgura en los componentes asociados al eje. Ajusta o reemplaza piezas según sea necesario. Si se detecta desgaste significativo o daño, reemplaza los componentes afectados. Realiza pruebas de operación para asegurarte de que el eje funcione correctamente después del mantenimiento. Documentar las actividades realizadas para llevar un registro de la manutención.	Tecnico	Implem	4	4	4	64	Acceptab
------------------	--	-----------------	---------------------------------------	---------------------------------	----------------------------------	---	---	---	-----	---------	---	---------	--------	---	---	---	----	----------

	para los pernos de anclaje, proporcionando una superficie de soporte sólida.	Desprendimiento,	Sujeción, Detención de la Operación	adherencia entre la placa y el sustrato.	su ciclo de vida							mantenimiento preventivo cada 150 hs. Asegúrate de que las placas estén correctamente adheridas al sustrato. Confirma que la carga se distribuya de manera uniforme sobre la superficie de las placas. Si se detecta deslizamiento, ajusta y reinstala las placas asegurando una distribución adecuada de la carga. Asegúrate de que la superficie del sustrato esté limpia y libre de suciedad o sustancias que puedan afectar la adherencia. Comprueba la integridad de los pernos, tuercas y elementos de sujeción que mantienen las placas en su lugar. Si la adherencia es un problema						
--	--	------------------	-------------------------------------	--	------------------	--	--	--	--	--	--	---	--	--	--	--	--	--

	BARRA ROSCADA DE ANCLAJE (THREADED ROD):										recurrente, aplica adhesivos para mejorar la fijación. Realiza pruebas de carga para asegurarte de que las placas mantengan la sujeción adecuada. Documentar las actividades realizadas para llevar un registro de la manutención.							
	Es una barra metálica con rosca en ambos extremos, utilizada en aplicaciones donde se requiere un anclaje más largo que un perno estándar.	Falla por Torsión Excesiva:	Deformación plástica, torsión excesiva, posible fractura.	Aplicación de fuerzas de torsión que excede la capacidad de la barra.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	5	6	6	180	Deseable	Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs.  Inspecciona la barra roscada para identificar signos de deformación o torsión excesiva. Asegúrate de que el par de torsión aplicado a la barra roscada esté dentro de los límites especificados por el fabricante. En el caso de poder repararla aplica fuerzas de torsión con herramientas	Tecnico mecánico	Implementar lo recomendado	4	4	4	64	Acceptable

											correctamente calibradas y funcionando adecuadamente. Si se detecta deformación o torsión excesiva, reemplaza la barra roscada por una nueva y asegúrate de que el par de torsión se aplique correctamente. Registro del Mantenimiento: Documentar las actividades realizadas para llevar un registro de la manutención.							
PLACAS DE DISTRIBUCIÓN DE CARGAS	Se utilizan para distribuir la carga sobre una superficie más grande y reducir el riesgo de daño en el material base.	Falla por Fatiga	Agrietamiento o deformación permanente.	Carga cíclica repetida, material inadecuado.	Cambio del componente cumpliendo su ciclo de vida	5	6	6	180	Deseable	Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs. Examina las placas de distribución de cargas en busca de signos de agrietamiento o deformación. Asegúrate de que las placas estén fabricadas con un material adecuado y de alta calidad. Evalúa la naturaleza de las	Tecnico mecánico	Implementar lo recomendado	4	4	4	64	Aceptable

SISTEMA DE MANIPULACIÓN DE PERFORADORAS													
	BRAZO MANIPULADOR												
	El brazo manipulador es la parte móvil de la máquina que sostiene y maniobra la perforadora.												
	Problemas en el Sistema de Articulaciones y Juntas												
	Dificultad para mover o posicionar la perforadora correctamente, lo que genera cese de actividad												
	Desgaste de los elementos de articulación, falta de lubricación												
	Mantenimiento o cada 200 hs de uso												
	5												
	6												
	6												
	180												
	Deseable												
	Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs. Examina las articulaciones y juntas del brazo manipulador en busca de signos de desgaste o daño. Asegúrate de que las												
	Técnico mecánico												
	Implementar lo recomendado												
	4												
	4												
	4												
	64												
	Aceptable												

[illegible]

		Falla de los Actuadores	Pérdida de movimiento o control del brazo manipulado, lo que genera cese de actividad	Problemas en los motores o sistemas hidráulicos/pneumáticos	Mantenimiento cada 200 hs de uso					Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs. Examina los motores y sistemas hidráulicos en busca de signos de fugas, ruidos inusuales o desgaste aparente. Realiza pruebas cada 150 hs., para verificar el funcionamiento correcto de los actuadores y sistemas de movimiento. Asegúrate de que los niveles de aceite estén dentro de los rangos recomendados. Sustituye o repara los motores o elementos del sistema hidráulico que presenten problemas. Reemplaza o limpia los filtros de aceite según el estado de este. Asegúrate de que las							
--	--	-------------------------	---	---	----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

											conexiones estén apretadas y las mangueras estén en buen estado. Si se realizó alguna reparación o reemplazo de componentes, asegúrate de recalibrar los sistemas según las especificaciones del fabricante. Realiza pruebas de carga para asegurarte de que las la maquina funciona correctamente Documentar las actividades realizadas para llevar un registro de la manutención.							
ESTRUCTURA DE SOPORTE Y BASTIDOR	Proporciona la base y estabilidad para los componentes y sistemas de la máquina	Desgaste Mecánico	Pérdida de espesor y resistencia del material, lo que genera cese de actividad	Fricción constante y falta de lubricación.	Mantenimient o cada 200 hs de uso	5	6	6	180	Deseable	Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs. Examina la estructura de soporte y bastidor en busca de signos de desgaste, como pérdida de espesor o áreas desgastadas.	Tecnico mecánico	Implementar lo recomendado	4	4	4	64	Acceptable



[illegible]

SISTEMA DE ELEVACIÓN Y DESCENSO													
Facilita el movimiento vertical de la perforadora, permitiendo ajustes de altura para perforaciones precisas													
Fallo en el Sistema de Cilindros Hidráulicos													
Pérdida de capacidad para elevar o descender la perforadora, lo que genera cese de actividad													
Desgaste, fugas en sellos y problemas en las válvulas.													
Mantenimiento o cada 200 hs de uso													
5													
6													
6													
180													
Deseable													
Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs. Examina los actuadores y cilindros hidráulicos en busca de signos de fugas, desgaste o daños visibles. Asegúrate que los niveles de aceite hidráulico estén dentro de los rangos recomendados. Realiza pruebas periódicas para verificar el funcionamiento correcto de los actuadores y cilindros. Si se detectan fugas, identifica y repara el origen de la fuga, luego repone el aceite según sea necesario. Sustituye los sellos y juntas desgastados para prevenir fugas futuras. Verifica que las válvulas y otros componentes asociados estén													
Tecnico mecánico													
Implementar lo recomendado													
4													
4													
4													
64													
Aceptable													

[illegible]

[illegible]

				Falta de Alineación	Inestabilidad durante el movimiento de elevación o descenso.	Desgaste en los componentes de alineación, impactos o golpes.	Mantenimiento cada 200 hs de uso	5	6	6	180	Deseable	Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs. Examina los componentes de alineación en busca de signos de desgaste o daño. Asegúrate de que los componentes estén alineados correctamente y no presenten deformaciones. Si se detectan desalineaciones, ajusta o realinea los componentes según las especificaciones del fabricante. Sustituye cualquier componente que muestre signos de desgaste significativo o pérdida de alineación. Documentar las actividades realizadas para llevar un registro de la manutención.	Técnico mecánico	Implementar lo recomendado	4	4	4	64	Aceptable
--	--	--	--	---------------------	--	---	----------------------------------	---	---	---	-----	----------	--	------------------	----------------------------	---	---	---	----	-----------

SISTEMA DE TRANSPORTE Y MOVILIDAD												
RIELES DE TRACCIÓN												
Son los componentes que entran en contacto directo con la superficie y proporcionan tracción y movilidad												
Deformación o Torcedura												
Dificultad en el desplazamiento suave de la máquina.												
Cargas excesivas, fallas por impactos y golpes.												
Mantenimiento o cada 200 hs de uso												
5												
6												
6												
180												
Deseable												
Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs. Examina los rieles de tracción en busca de signos de deformación, como curvaturas o torceduras. Realiza mediciones para verificar si los rieles están dentro de las especificaciones dimensionales. Asegúrate de que los rieles estén nivelados y alineados correctamente. Si se detecta deformación, considera la posibilidad de reparar o reemplazar los rieles afectados. Verifica que los sistemas de soporte de los rieles estén en buen estado y proporcionando el apoyo adecuado. Documentar las actividades realizadas para												
Tecnico mecánico												
Implementar lo recomendado												
4												
4												
4												
64												
Aceptable												

[illegible]

										asegurando que estén dentro de las especificaciones del fabricante. Aplica lubricantes adecuados. Sustituye los amortiguadores o resortes que muestren signos de desgaste significativo o pérdida de capacidad de absorción de impactos. Documentar las actividades realizadas para llevar un registro de la manutención.						
Fugas en los Sistemas Hidráulicos	Pérdida de capacidad de amortiguación, inestabilidad	Daños en sellos o componentes, sobrepresión	Mantenimient o cada 200 hs de uso	5	6	6	180	Deseable	Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs. Examina los componentes hidráulicos en busca de signos de fugas, como manchas húmedas o presencia de aceite.  Asegúrate de que los sellos y conexiones estén en buen estado y	Tecnico mecánico	Implementar lo recomendado	4	4	4	64	Aceptable



[illegible]

[illegible]

	GATA HIDRÁULICA DE CHASIS	permite elevar al vehiculo del suelo, para realizar tareas de mantenimiento, reparación o inspección	Fuga de aceite	Paradas y tiempo de inactividad	sellos dañados, juntas deterioradas o una fuga en el sistema hidráulico. Haciendo que la gata no funcione correctamente y presente fallas	Mantenimient o cada 200 hs de uso	5	6	6	180	Deseable	cambiarlos para aumentar su resistencia. Documentar las actividades realizadas para llevar un registro de la manutención.						
											Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs. Examina la gata hidráulica en busca de posibles fugas de aceite, daños en mangueras o conexiones sueltas. Acciona la gata para asegurarte de que suba y baje sin problemas y de manera uniforme. Limpia la gata de cualquier suciedad o residuos, y asegúrate de que las partes móviles estén debidamente lubricadas. Si es posible, verifica la presión del sistema hidráulico de la	Tecnico mecánico	Implementar lo recomendado	4	4	4	64	Acceptable

																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					</
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

[illegible]

	VASTAGO DE CHASIS										actividades realizadas para llevar un registro de la manutención.							
	desplaza en respuesta a la presión del fluido, lo que permite la transmisión de fuerza o potencia.	Desgaste por Vibración:	El equipo no puede operar	desgaste en los puntos de conexión del vástago al chasis, lo que podría debilitar su sujeción.	Mantenimient o cada 200 hs de uso	5	6	6	180	Deseable	Inspección detallada en base al programa de mantenimiento preventivo cada 150 hs. Examina el vástago en busca de posibles signos de desgaste, corrosión o daño. Realiza mediciones para verificar que el vástago esté dentro de las especificaciones de tamaño y forma. Limpia el vástago de suciedad o residuos y asegúrate de que esté debidamente lubricado para reducir la fricción. Asegúrate de que los anclajes y conexiones del vástago estén correctamente apretados y no presenten desgaste excesivo.	Tecnico mecánico	Implementar lo recomendado	4	4	4	64	Aceptable

[illegible]

## ANEXO 2: Encuesta sobre el cumplimiento del mantenimiento programado

N°	Pregunta	Aprobación plena	Aprobación simple	Indecisión o indiferencia	Desaprobación simple	Desaprobación plena	Puntaje total
		AP	AS	ID	DS	DP	
		5	4	3	2	1	
1	¿Existe gestión de mantenimiento programado en base a análisis de modo y efecto de falla?						
2	¿Cree usted que el proceso de mantenimiento se cumple satisfactoriamente?						
3	¿Está satisfecho con el modo en que se llevan a cabo los procesos de mantenimiento programado?						
4	¿Cuentan con stock de repuestos para realizar los mantenimientos programados?						
5	¿La empresa cuenta con personal técnico capacitado para realizar mantenimiento preventivo, predictivos y correctivo?						
6	¿El área de mantenimiento cuenta con una persona encargada de la planificación del mantenimiento?						
7	¿Usted tiene conocimiento de algún formato o registro de mantenimiento de los vehículos?						
8	¿Las fallas se detectar anticipadamente mediante métodos de inspección?						
9	¿Conoce las frecuencias de mantenimiento que se deben dar en las unidades?						
10	¿Califique sobre la gestión que actualmente el área de mantenimiento?						
Total							

Fuente: RUIZ PEÑA SIMER WILE



### ANEXO 3: Encuesta sobre el cumplimiento de las ordenes de trabajo

N°	Pregunta	Aprobación plena	Aprobación simple	Indecisión o indiferencia	Desaprobación simple	Desaprobación plena	Puntaje total
		AP	AS	ID	DS	DP	
		5	4	3	2	1	
1	¿Sabe usted que es una orden de trabajo?						
2	¿Existe órdenes de trabajo Gestión de manteamiento o programado en base al análisis de modo y efecto de falla?						
3	¿Cree usted que las órdenes de trabajo generadas se cumplen de manera satisfactoriamente?						
4	¿Las órdenes de trabajo generadas, según el programa de mantenimiento son entre 50 y 30 durante el mes?						
5	¿Existe una persona encargada de crear las órdenes de trabajo?						
6	¿Las ordene de trabajo se aprueban de manera inmediata?						
7	¿Existe direccionamiento de flujo para ejecución de trabajos en base a órdenes de trabajo?						
8	¿Las órdenes de trabajo son registradas por una persona responsable?						
9	¿Todas las órdenes de trabajo generadas son ejecutadas?						
10	¿Existe repuestos en base a órdenes de trabajo programados?						
Total							

Fuente: RUIZ PEÑA SIMER WILE

#### ANEXO 4: Encuesta sobre el cumplimiento de las ordenes de trabajo

N°	Pregunta	Aprobación plena	Aprobación simple	Indecisión o indiferencia	Desaprobación simple	Desaprobación plena	Puntaje total
		AP	AS	ID	DS	DP	
		5	4	3	2	1	
1	¿Sabe usted de que trata la técnica AMEF?						
2	¿Existe un plan de mantenimiento en base a análisis de modo y efecto de falla AMEF?						
3	¿Cree usted que esta técnica de AMEF anticipe las fallas?						
4	¿Existe una persona en el área de mantenimiento que pueda desarrollar esta metodología de AMEF?						
5	¿Sabe usted el procedimiento a aplicar la técnica de AMEF?						
6	¿Sabe usted elaborar plan de mantenimiento en base a AMEF?						
7	¿Sabe usted el rango de número de prioridad de riesgo NPR en base a AMEF para determinar fallas aceptables, inaceptables y reducibles?						
8	¿El AMEF es una buena metodología a aplicar en los sistemas de los vehículos?						
9	¿Está satisfecho con la metodología de AMEF?						
Total							

Fuente: RUIZ PEÑA SIMER WILE