

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Tesis

**Propuesta de mejora en el plan de mantenimiento
aplicando la metodología del RCM para aumentar la
disponibilidad a las perforadoras everdimg, modelo
T450**

William Denys Chavez Espinoza

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Mecánico

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Jersoon Jesús Lazo Huaynalaya
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 2 de julio de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

PROPUESTA DE MEJORA EN EL PLAN DE MANTENIMIENTO APLICANDO LA METODOLOGÍA DEL RCM PARA AUMENTAR LA DISPONIBILIDAD A LAS PERFORADORAS EVERDIMG MODELO T450

Autor:

William Denys Chavez Espinoza – EAP. Ingeniería Mecánica

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 17 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores SI NO
N.º de palabras excluidas (en caso de elegir "SI");
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

Asesor de trabajo de investigación

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Continental, por haberme aceptado en el proceso de convalidación, agradezco también a todas las personas que formaron parte del desarrollo de este trabajo de investigación sus aportes fueron muy valiosos para lograr mi objetivo.

DEDICATORIA

A mi madre y a mi hermano, por ser las personas que me dan fuerzas para seguir adelante sin importar las adversidades que estamos enfrentado.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Agradecimiento	iv
Dedicatoria	v
Índice de contenidos	vi
Índice de figuras	x
Índice de tablas	xi
Resumen	xiii
Abstract	xiv
Introducción	xv
Capítulo I	16
Planteamiento del estudio	16
1.1. Planteamiento y formulación del problema	16
1.1.1. Planteamiento del problema.....	16
1.1.2. Formulación del problema	19
1.1.2.1. Problema general.....	19
1.1.2.2. Problemas específicos	19
1.2. Objetivos	19
1.2.1. Objetivo general.....	19
1.2.2. Objetivos específicos	19
1.3. Justificación e importancia.....	19
1.3.1. Justificación	19
1.3.2. Importancia	20
1.4. Hipótesis y descripción de variables	20
1.4.1. Hipótesis general.....	20
1.4.2. Hipótesis específicas.....	20
1.4.3. Variables.....	20
1.4.3.1. Variable independiente	20
1.4.3.2. Variable dependiente.....	20
1.4.3.3. Operacionalización de variables	21
Capítulo II	23
Marco teórico	23
2.1. Antecedentes del problema	23
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	23
2.1.2. Antecedentes nacionales	25
2.1.3. Antecedentes locales.....	28

2.2. Bases teóricas	29
2.2.1. Concepto de mantenimiento	29
2.2.2. Plan de mantenimiento.....	29
2.2.3. Gestión del mantenimiento	29
2.2.4. Generalidades del mantenimiento de maquinaria pesada	30
2.2.5. Tipos de mantenimiento.....	31
2.2.5.1. Mantenimiento preventivo	31
2.2.5.2. Mantenimiento correctivo	31
2.2.5.3. Mantenimiento predictivo	31
2.2.5.4. Mantenimiento reactivo	31
2.2.5.5. Mantenimiento proactivo (RCM).....	32
2.2.6. Objetivos del mantenimiento RCM	35
2.2.7. Indicadores de mantenimiento	35
2.2.8. Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF).....	36
2.2.9. Objetivos del AMEF	37
2.2.10. Ventajas del AMEF.....	37
2.2.11. Pasos del proceso AMEF	38
2.2.12. Modos de fallas	38
2.2.13. Consecuencias de fallas.....	38
2.2.14. Disponibilidad	38
2.2.15. Tiempo promedio entre fallas (MTBF)	38
2.2.16. Tiempo promedio de reparación (MTTR).....	39
2.2.17. Diagrama de Pareto	39
2.2.18. Perforadoras.....	39
2.2.19. Tipos de perforadora.....	39
2.2.19.1. Máquina perforadora Sandvick UDR 650	39
2.2.19.2. Máquina perforadora Sandvick DE710 y DE740	40
2.2.19.3. Perforadoras de diamantina.....	40
2.2.20. Operación de la perforadora Everdigm	40
2.2.20.1. Antes de la operación.....	40
2.2.20.2. Arranque del motor	42
2.2.20.3. Parada y estacionamiento del motor	43
2.2.20.4. Desplazamiento.....	43
2.2.20.5. Controlador e interruptores	45
2.2.20.6. Operación de perforación.....	46
2.2.21. Sistemas de una perforadora.....	48
2.2.21.1. Motor y partes relacionadas	48

2.2.21.2. Compresor de aire.....	49
2.2.21.3. Oruga	49
2.2.21.4. Sistema hidráulico.....	50
2.2.21.5. Sistema neumático	50
2.2.21.6. Sistema eléctrico	50
2.2.22. Resolución de principales problemas en una perforadora	50
2.2.22.1. Motor	50
2.2.22.2. Desplazamiento.....	51
2.2.22.3. Compresor de aire	52
2.2.22.4. Colector de polvo.....	53
2.2.22.5. Enfriador de aceite	53
2.2.22.6. Cilindros hidráulicos.....	54
2.3. Definición de términos básicos	54
2.3.1. Fallas funcionales.....	54
2.3.2. Confiabilidad	54
2.3.3. Mantenimiento RCM	54
2.3.4. Fallas operativas	54
2.3.5. Disponibilidad.....	55
2.3.6. Metodología	55
2.3.7. Criticidad	55
2.3.8. Disponibilidad operativa.....	55
2.3.9. Mantenibilidad	55
2.3.10. Productividad.....	56
2.3.11. Plan de mantenimiento	56
2.3.12. Inoperatividad.....	56
Capítulo III.....	57
Metodología	57
3.1. Método de la investigación	57
3.1.1. Tipo de la investigación	57
3.1.2. Nivel de la investigación.....	57
3.2. Diseño de la investigación	58
3.3. Población y muestra	58
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	58
3.4.1. Instrumentos de recolección de datos	58
Capítulo IV	59
Resultados y discusión	59
4.1. Resultado del tratamiento y análisis de la información.....	59

4.1.1. Situación actual de las perforadoras modelo T450	59
4.1.2. Elaboración de la mejora del mantenimiento basado en RCM	116
4.1.3. Evaluación económica del plan de mantenimiento	129
4.2. Discusión de los resultados	133
Conclusiones	135
Recomendaciones	136
Lista de referencias	137
Anexos	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Ishikawa	18
Figura 2. Mantenimiento correctivo.....	31
Figura 3. Flujograma del proceso del RCM.....	32
Figura 4. Proceso de mantenimiento centrado en la confiabilidad	34
Figura 5. Metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad.....	34
Figura 6. Definición del AMEF	37
Figura 7. Componentes de las perforadoras.....	39
Figura 8. Puntos de verificación	40
Figura 9. Llave de drenaje de combustible	42
Figura 10. Posición de estacionamiento de la máquina	43
Figura 11. Imagen superior izquierda: perilla del acelerador de RPM. Imagen superior derecha: RPM del motor en reposo. Imagen inferior izquierda: interruptor de arranque del motor. Imagen inferior derecha: interruptor maestro	43
Figura 12. Movimiento hacia adelante y hacia atrás.....	44
Figura 13. Giro a la izquierda o a la derecha	44
Figura 14. Controladores	45
Figura 15. Rodillo y abrazadera de manga	47
Figura 16. Indicador MTBF antes de la mejora	97
Figura 17. Indicador MTTR antes de la mejora.....	98
Figura 18. Disponibilidad antes de la mejora	98
Figura 19. Nivel de criticidad antes de la mejora propuesta.....	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables	22
Tabla 2. Especificaciones de los puntos de verificación	41
Tabla 3. Especificaciones de los puntos de verificación	42
Tabla 4. Controladores de máquina en cabina	46
Tabla 5. Partes relacionadas y motor	48
Tabla 6. Compresor de aire	49
Tabla 7. Oruga.....	49
Tabla 8. Motor.....	50
Tabla 9. Desplazamiento	51
Tabla 10. Compresor de aire	52
Tabla 11. Colector de polvo	53
Tabla 12. Enfriador de aceite	53
Tabla 13. Cilindros hidráulicos	54
Tabla 14. Equipos seleccionados para la evaluación de indicaciones.....	59
Tabla 15. Horas mensuales registradas en el mes de enero en las perforadoras	61
Tabla 16. Horas mensuales registradas en el mes de febrero en las perforadoras.....	70
Tabla 17. Horas mensuales registradas en el mes de marzo en las perforadoras	83
Tabla 18. Promedio de horas mensuales registradas en las perforadoras.....	96
Tabla 19. Promedio de horas mensuales registradas en las perforadoras.....	97
Tabla 20. Componentes de los sistemas con mayor cantidad de fallas	99
Tabla 21. Clasificación de componentes por criticidad.	100
Tabla 22. Fallas encontradas en los equipos	101
Tabla 23. Criterios de evaluación de severidad, ocurrencia y detección.....	102
Tabla 24. AMEF para perforadoras.....	104
Tabla 25. Mantenimiento preventivo del 2023 para las perforadoras.	109
Tabla 26. Acciones recomendadas para fallas en las perforadoras	121
Tabla 27. Acciones recomendadas para fallas en las perforadoras	122
Tabla 28. Nomenclatura asignada para mantenimiento	125
Tabla 29. Programa de mantenimiento rutinario.....	125
Tabla 30. Proyección de disponibilidad.	129
Tabla 31. Inversión en capacitaciones.....	129
Tabla 32. Inversión en útiles de escritorio y equipos de oficina	130
Tabla 33. Inversión en implementos de seguridad.....	130
Tabla 34. Sueldo de trabajadores por hora.....	131
Tabla 35. Beneficio en ahorro de sueldo por no realizar mantenimiento correctivo.....	131

Tabla 36. Flujo de Caja	132
Tabla 37. Indicadores económicos	133

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo realizar una propuesta de mejora en el plan de mantenimiento aplicando la metodología del RCM para aumentar la disponibilidad a las perforadoras *Everdigm* modelo T450, puesto que la mayoría de las máquinas no cuenta con disponibilidad y efectividad adecuada. La metodología fue de enfoque cuantitativo, diseño no experimental y el nivel descriptivo propositivo, asimismo, la población estuvo conformada por 3 perforadoras *Everdigm* modelo T450. Los resultados fueron que se obtuvo en el indicador MTBF en la perforadora PER-01, PER-04 y PER-07 de 17.27, 25.75 y 20.71, mientras que el MTTR en las mismas perforadoras fue de 9.10, 4.73 y 5.07 respectivamente, siendo una disponibilidad promedio en las tres perforadas de 61 %. Como conclusión, se planteó una mejora en el plan de mantenimiento a fin de mitigar 26 riesgos de fallo medio identificados, las cuales fueron causante para desarrollar un análisis en la mejora en la gestión de mantenimiento aplicados a las perforadoras *rock drill* modelo T450 de la marca *Everdigm*. Este caso de estudio servirá para una posible implementación en maquinarias de este tipo para otros proyectos de iguales características.

Palabras claves: confiabilidad, disponibilidad, mantenimiento de perforadoras, metodología CRM

ABSTRACT

The objective of this research was to make a proposal for improvement in the maintenance plan applying the RCM methodology to increase the availability to *Everdigm* drills model T450, since most machines do not have adequate availability and effectiveness. The methodology was quantitative approach, non-experimental design, and the descriptive level propositional, also, the population was formed by 3 drills *Everdigm* model T450. The results were that, in the indicator MTBF in the drill PER-01, PER-04 and PER-07 of 17.27, 25.75 and 20.71, while the MTTR in the same drills was 9.10, 4.73 and 5.07 respectively, being an average availability in the three drilled of 61. In conclusion, an improvement in the maintenance plan was envisaged to mitigate 26 identified medium failure risks, which were the cause to develop an analysis on the improvement in maintenance management applied to the *rock drill* model T450 perforators of the *Everdigm* brand. This case study will serve us for an implementation in machinery of this type for other projects with the same characteristics.

Keywords: availability, CRM methodology, maintenance of drills, reliability

INTRODUCCIÓN

El presente estudio trató acerca de la mejora en el plan de mantenimiento de las perforadoras T450, ya que se ha analizado que los procesos de mantenimiento y transporte de componentes que se requieren para realizar la evaluación correcta del estado de las perforadoras conllevan a un incremento en los gastos que se ven realizados, además que los tiempos también se ven aumentados derivando en una pérdida de la disponibilidad operativa y productiva de las mismas perforadoras debido a que estas no podrán realizar su trabajo de forma correcta y en los tiempos determinados.

Por este motivo, se está evaluando realizar el presente proyecto aplicando la metodología del mantenimiento RCM, ya que la estrategia va a permitir determinar las causas y efectos de las fallas operativas que presentan, para este fin se va a realizar el análisis de los indicadores operativos de las perforadoras T450, para determinar las mejores prácticas y medidas para realizar la mejora del plan de mantenimiento siguiendo las bases determinadas por el mantenimiento RCM.

Para esto, se determinaron los objetivos y las variables consideradas, siendo en este caso proponer la mejora del plan de mantenimiento de las perforadoras, justificado por la mejora que se busca conseguir al momento de reducir los tiempos de paradas y pérdidas en el proceso productivo de las mismas perforadoras, ya que como se mencionó, hay periodos en que se demora al momento de adquirir los insumos y equipos requeridos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

Actualmente, se ha visto en la mayor parte de empresas mineras, que se han empezado a utilizar diversos tipos de equipos y máquinas para realizar los diferentes procesos de extracción de materiales, por esto se ha visto la necesidad de realizar el alquiler o compra de estos equipos, siendo además de mucha necesidad realizar el debido proceso de mantenimiento, para esto se han analizado los planes de mantenimiento actuales, que las empresas productoras entregan y sirven de guía, además de analizarlos en función de los procedimientos de trabajo y de seguridad que presenta la empresa donde se realizan, dando así la concepción de gestión de los planes de mantenimiento.

Debido a estos procedimientos, se ha visto que la mayoría de las máquinas no tienen la disponibilidad y efectividad adecuada, ya que no se les realiza el mantenimiento adecuado o no se evalúan correctamente cuáles son los componentes más críticos que poseen, por lo que se ha considerado realizar en la presente investigación una propuesta de mejora de los planes de mantenimiento de las perforadoras *Everdigm* modelo T450.

En el mismo orden de ideas, cabe señalar que evidenció una disponibilidad mecánica en un rango de 0 %, 20.67 %, 80.95 % y 96.86 %, pero solo con la disponibilidad de la perforadora PER-01, mientras que en febrero y marzo se comprobaron las operaciones de las perforadoras PER-01; PER-04 y PER-07, con una disponibilidad mecánica en un rango de 0 % hasta 96.86 %, lo cual representa un problema, debido a la parada de operaciones cuando ocurre una falla en el sistema de los equipos.

Con respecto a las horas de operaciones se obtuvo que la perforadora PER-01 alcanzó para enero un total de horas en operación de 1644.5 horas para las perforadoras PER-01, para febrero un total de 1512.4 horas operativas, para la perforadora PER-04 un total de 1504.9 horas y para la perforadora PE-07 con un total de 1498.3 horas. Y para marzo se evidenció 1649.2 horas de operaciones para la perforadora PER-01, un total de 1661.5 horas de operación para la perforadora PER-04 y en cuanto a la perforadora PER-07 se obtuvo un total de 1639.9 horas de operación.

Por lo visto anteriormente, se está realizando en la presente investigación una evaluación del plan de mantenimiento actual de las perforadoras *Everdigm* modelo T450, para que luego sea mejorado aplicando las estrategias de la herramienta del mantenimiento RCM, con esta herramienta se va a lograr determinar, de forma más amplia, los componentes más críticos y además de eso aumentar la confiabilidad y disponibilidad operativa de las perforadoras reduciendo los tiempos de inoperatividad por procedimientos de mantenimiento y transporte de los equipos para su reparación.

A continuación, se presenta el diagrama de Ishikawa que detalla las causas asociadas a las pérdidas económicas y baja seguridad en las operaciones de los equipos.

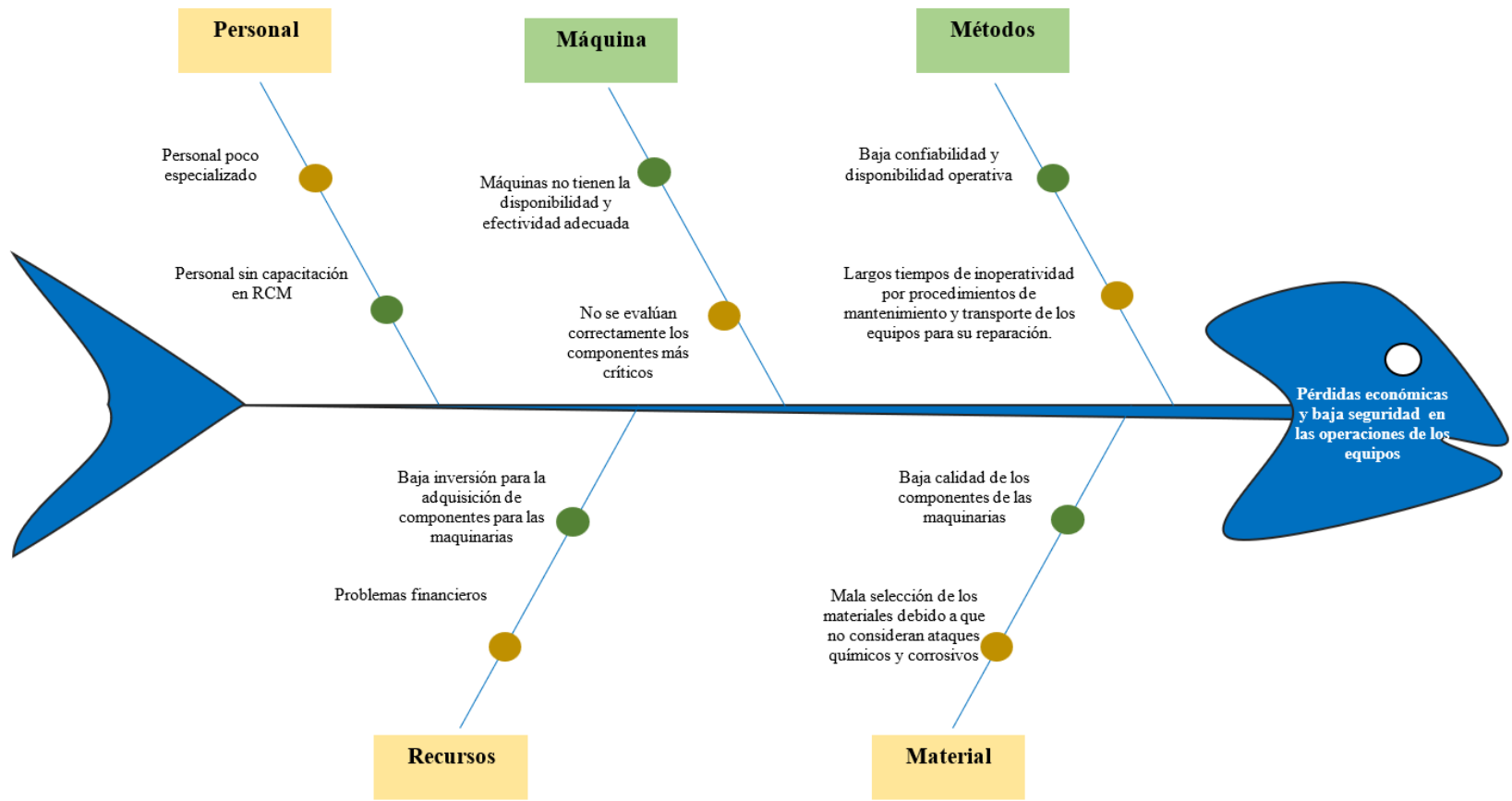


Figura 1. Diagrama de Ishikawa

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿De qué manera se realiza una propuesta de mejora en el plan de mantenimiento aplicando la metodología del RCM para aumentar la disponibilidad a las perforadoras *Everdigm* modelo T450?

1.1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la situación actual de los indicadores de MTTR, MTBF y disponibilidad de las perforadoras *Everdigm* modelo T450?
- ¿Cómo se va a elaborar una propuesta de mejora aplicando la metodología del RCM a las perforadoras *Everdigm* modelo T450?
- ¿Es viable la propuesta de mejora en el mantenimiento a las perforadoras *Everdigm* modelo T450?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Realizar una propuesta de mejora en el plan de mantenimiento aplicando la metodología del RCM para aumentar la disponibilidad a las perforadoras *Everdigm* modelo T450.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar la situación actual de los indicadores de MTTR, MTBF y disponibilidad de las perforadoras *Everdigm* modelo T450.
- Elaborar una propuesta de mejora aplicando la metodología del RCM a las perforadoras *Everdigm* modelo T450.
- Realizar una evaluación económica del plan de mantenimiento aplicando la metodología RCM.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación

La presente investigación se justifica debido al incremento de las metodologías de la gestión de mantenimiento que mantienen un progreso constante y evitan costosos tiempos de inactividad de un sistema, pero que no son muy utilizadas debido a los principios actuales que

se tienen, por este motivo, la presente investigación va a realizar el análisis y aplicación en un caso real de la metodología del mantenimiento RCM, que va a aplicarse para evaluar la criticidad de los componentes de la perforadora y generar una mejora total en su funcionamiento.

1.3.2. Importancia

La importancia de la presente investigación se presenta por las siguientes razones:

- Con la investigación se va a poder fortalecer los principios analizados y los conocimientos que se han aprendido durante la formación académica, siendo esta mejorada por los conocimientos y prácticas en el campo que se agrega en la presente implementación del proyecto.
- Se evalúan los principios de la metodología RCM y cómo estos van a mejorar la calidad de trabajo de las perforadoras analizadas siendo un precedente para otros equipos de la empresa.

1.4. Hipótesis y descripción de variables

1.4.1. Hipótesis general

La propuesta de mejora en el plan de mantenimiento aplicando la metodología del RCM incide en el aumento de la disponibilidad de las perforadoras *Everdigm* modelo T450.

1.4.2. Hipótesis específicas

- El análisis de la situación actual permite identificar indicadores de MTTR, MTBF y disponibilidad de las perforadoras *Everdigm* modelo T450.
- La propuesta de mejora del plan de mantenimiento es viable aplicando la metodología del RCM a las perforadoras *Everdigm* modelo T450.
- Es viable económicamente el plan de mantenimiento aplicando la metodología RCM.

1.4.3. Variables

1.4.3.1. Variable independiente

Plan de mantenimiento de las perforadoras modelo T450

1.4.3.2. Variable dependiente

Disponibilidad

1.4.3.3. Operacionalización de variables

A. Variable independiente

Plan de mantenimiento de las perforadoras modelo T450

- Definición conceptual

Permite analizar y evaluar el buen estado y funcionamiento de las perforadoras al momento de evaluar su proceso productivo.

- Definición operacional

Se puede analizar en función de los objetivos planteados, evaluando y priorizando reducir las fallas y estableciendo la programación de los análisis futuros en función de formatos y reglamentos de aplicación de las perforadoras.

- Dimensiones

Confiabilidad

Mantenibilidad

Disponibilidad operativa

- Indicadores

Objetivos del plan de mantenimiento

Porcentajes de aplicación del plan de mantenimiento

Determinación y priorización de fallas

A. Variable dependiente

Disponibilidad

- Definición conceptual

La disponibilidad se define como la función que estima la cantidad total de tiempo que un dispositivo pueda realizar su función prevista, además de estar preparado en un tiempo mínimo en caso de falla. Al examinar los factores que afectan la disponibilidad de mantenibilidad y fiabilidad, los administradores pueden probar enfoques alternativos para aumentar la disponibilidad (35).

- Definición operacional

Se definen como los parámetros que evidencian la disponibilidad, por lo tanto, se medirá con la MTTR y MTBF.

- Dimensiones
 - Fiabilidad
 - Mantenibilidad
- Indicadores
 - Tiempo medio entre fallas (MTBF)
 - Tiempo medio de reparación (MTTR)

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Variable independiente Plan de mantenimiento de las perforadoras <i>Everdigm</i> modelo T450	Permite analizar y evaluar el buen estado y funcionamiento de las perforadoras al momento de evaluar su proceso productivo.	Se puede analizar en función de los objetivos planteados, evaluando y priorizando reducir las fallas y estableciendo la programación de los análisis futuros en función de formatos y reglamentos de aplicación de las perforadoras.	Confiabilidad Mantenibilidad Disponibilidad operativa	Objetivos del plan de mantenimiento Porcentajes de aplicación del plan de mantenimiento. Determinación y priorización de fallas.
Variable dependiente Disponibilidad	La disponibilidad se define como la función que estima la cantidad total de tiempo que un dispositivo pueda realizar su función prevista (35).	Se definen como los parámetros que evidencian la disponibilidad, por lo tanto, se medirá con la MTTR y MTBF.	Fiabilidad Mantenibilidad	MTBF MTTR

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes internacionales

En la investigación realizada por Cruz (1) «Mejora del plan de mantenimiento preventivo y su impacto en la disponibilidad de la perforadora sks12 en una empresa minera», el objetivo de la investigación fue elaborar un plan de mantenimiento para aumentar la operatividad y la vida útil de un transportador de papel tipo transportador. Las organizaciones del sector papelerero del país toman como importancia incrementar la productividad y aumentar el valor a sus procesos de fabricación, así como, buscar la mayor eficiencia de los activos, promoviendo no dañar la salud de sus trabajadores y al mismo tiempo no afectar el medio ambiente. Por estas razones, están mejorando continuamente sus operaciones de mantenimiento y reparación considerando la implementación de diversos enfoques de mantenimiento, como RCM, también conocido como mantenimiento centrado en la confianza, metodología de criticidad ABC y metodologías predictivas, entre otros. También siguen estándares como 14224 que brinda una base sólida para la compilación y organización de datos de confianza y mantenimiento para dispositivos de instalaciones en las manufacturas de petróleo, gas natural y petroquímica; estos datos se utilizan para la gestión de activos a lo largo de su ciclo de vida e ISO 50001, que determina los requisitos para un sistema de gestión de activos.

Figuroa (2) realizó la investigación «Estudio de mantenimiento, basado en la confiabilidad (RCM) aplicado al equipo *finger joint* HS - 180 para la empresa *blocks & cutstock* S. A., planta San Pedro de La Paz, Chile» donde se pretendió implementar un mantenimiento preventivo con base en la confiabilidad (RCM) con la finalidad de reconocer los factores que

están ocasionando baja confiabilidad en el procedimiento de mantenimiento. La metodología desarrollada se basó en el análisis e interpretación de antecedentes de fallas, por esta razón se aplicó el criterio 80/20 del diagrama de Pareto y el método del diagrama *Jack – Knife*. Los resultados obtenidos, luego del análisis Weibull, reflejan que, en los sistemas de eyección, alimentación, preensamblado y en las tolvas de la máquina *Finger Grecon Dimter HS-180* pueden aumentar su nivel de confiabilidad hasta en un 30 % en función de las acciones correctivas que se realicen.

Castillo (3), presentó su investigación «Elaboración de un plan de mantenimiento para una máquina montadora de puntas en la empresa Croydon S. A.», donde pretendió diseñar un plan de mantenimiento preventivo para complementar o reemplazar el mantenimiento correctivo que se realiza actualmente con la finalidad de disminuir el tiempo muerto generado por paradas de planta, reemplazo de piezas o atorados de materiales. La metodología usada para este trabajo consistió en planes de mantenimiento basados en el modo y efecto de fallas (AMEF), ya que se pueden identificar las fallas mediante entrevista directa con los operarios o especialistas del área de trabajo. Los resultados obtenidos y analizados mostraron que existe una relación costo-beneficio de 94 814, lo que quiere decir que la implementación de este sistema de mantenimiento se justifica económicamente.

Rizkya et al. (4) en su investigación «Reliability centered maintenance to determine priority of machine damage mode», buscó desarrollar actividades de mantenimiento de prevención para mejorar la confiabilidad de la maquinaria de fabricación y mantener la producción en funcionamiento. Se realizaron investigaciones utilizando técnicas FMEA para identificar el alcance de la falla del equipo esterilizador. Con base en los resultados de la metodología FMEA, se utilizó el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para planificar el sostenimiento de las máquinas de fabricación. La FMEA estableció que hay cinco componentes numéricos principales: IGBT, Mosfet, casquillos rodantes, bobinas y componentes de bloque en V. El resultado obtenido para la planificación del mantenimiento por el método RCM fue el retardo mínimo (TMD), que muestra que el intervalo de ciclo óptimo de *Roll Former* fue de 24 días, de Mosfet fue de 23 días, para *V-block* fueron 25 días, de IGBT fueron 26 días y para *Bearing Bushing* fue de 22 días.

Pinto et al. (5) en su investigación «Increasing the reliability of an electrical power system in a big european hospital through the Petri nets and Fuzzy inference system mamdani modelling», analizó la confiabilidad de un gran sistema de energía hospitalario basado en redes de *Petri* y un sistema de inferencia *Fuzzy* (FIS). El marco FIS se utilizó en Matlab para su simulación y su análisis de sistemas eléctricos. La ventaja de FIS fue que se usó la habilidad

humana para ofrecer soluciones más rápidas que las tecnologías tradicionales. Se involucró componentes como servicios públicos, generadores, interruptores de transferencia automática (ATS) y sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS) para determinar el rendimiento del sistema. Se desarrollaron nuevos modelos de diseño fiables utilizando el método de redes de *Petri* y un sistema de inferencia *Fuzzy* para evaluar el sistema y determinar el modelo menos fiable. El enfoque resultante tuvo como objetivo incrementar la confiabilidad, reducir las fallas y mejorar la disponibilidad de sistemas eléctricos complejos.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Florián (6) en su tesis «Propuesta técnica para implementar un plan de mantenimiento preventivo de la perforadora Jumbo Troidon 55XP para mejorar la disponibilidad en una mina subterránea para el 2020», planeó proponer una metodología para el mantenimiento preventivo con la finalidad de optimizar el grado de disponibilidad de las perforadoras Jumbo para la empresa. La metodología usada en este trabajo se basó en el análisis de fallas mediante FODA, posteriormente se realizó el diagrama de Pareto para identificar el 20 % de factores que causan el 80 % de fallas y, finalmente, se realizó un análisis de causa-raíz. Los resultados obtenidos indicaron que la utilización de las perforadoras aumentaría hasta en un 47 %, mientras que su eficiencia operativa generaría un aumento de 52 %.

Escarcena y Carrillo (7) en su investigación «Implementación de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para equipo de sostenimiento *Bolter 88*», implementaron un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad (MCC) en una población de estudio conformada por equipos *Bolter 88*. La metodología utilizada fue el MCC, mediante el cual se formó el equipo de trabajo, describió y definió las condiciones de operación de los equipos para identificar la criticidad. Los resultados obtenidos mostraron que se logró incrementar el nivel de disponibilidad operativa de las máquinas en 6.68 %, mientras que la confiabilidad se incrementó en 10.88 %. Por otro lado, se identificaron los parámetros críticos de los equipos y las actividades preventivas que deberían realizarse. Con lo anterior mencionado, se puede concluir que el plan de mantenimiento basado en la confiabilidad (BCC) se implementó de forma exitosa, ya que se incrementó la disponibilidad y se optimizó la confiabilidad.

Castañeda (8) en su tesis «Optimización de la gestión del mantenimiento en máquinas perforadoras en la empresa consorcio JM S. A. C., sede Tantahuatay» tuvo como objetivo mejorar la gestión del mantenimiento con el fin de optimizar la disponibilidad de los equipos de perforación en la sede de JM S. A. C. Group Tantawa, Tailandia. Para mejorar la gestión del mantenimiento de las máquinas, se decidió utilizar el sostenimiento basado en la confiabilidad

como parte del total del mantenimiento de la producción. La inversión fue de S/ 402 831.00, el valor total actual es de S/ 1 617 273.61 y una tasa de respuesta del 177 %, por otra parte, la disponibilidad de las herramientas aumentó al 90 %. Como conclusiones se tuvo que el consorcio JM S. A. C. es una empresa especializada en explotación minera utilizando proyectos de perforación diamantina y perforación de circulación reversa. Dado que no existe un organigrama formal, las reparaciones fueron realizadas por mecánicos que reportan directamente al gerente general de la empresa. Existen 6 máquinas perforadoras Sandvik con años de producción de 2010 a 2015, tiempo de actividad del 68,18 % al 95,45 %, promedio de 6610 horas de tiempo de inactividad por año, lo que provocó a la compañía un costo de alquiler de máquinas de S/ 844 650.00 por año para reemplazar equipos obsoletos. Para mejorar la gestión del mantenimiento de las máquinas, se decidió utilizar el mantenimiento basado en la confiabilidad en acuerdo con el total del mantenimiento de la producción.

Morgan (9) en su tesis «Aplicación del mantenimiento basado en confiabilidad (RCM) a la flota de camiones 797F en una empresa minera para mejorar el nivel de servicio, Arequipa 2019», tuvo como propósito asesorar el desarrollo e implementación del mantenimiento basado en confiabilidad (RCM) en una empresa minera en Arequipa, realizar diagnósticos de condiciones de funcionamiento especificados en el contrato MARC 797F, desarrollar métodos de mantenimiento fiables basados en RCM e implementar la RCM basada en confiabilidad RCM en la flota de camiones 797F de la minera. Para ejecutar esta investigación se recopiló datos de informes, registros de tiempo de inactividad, informes del sistema de producción de la máquina, con los que se realizaron diagnósticos encontrando que el nivel de servicio era el menos adecuado. Para lo cual se propuso una estrategia basada en RCM, utilizando todas las herramientas que proporciona este enfoque para plantear y mejorar estrategias de mantenimiento que mejoren los niveles de servicio hacia los contratistas de flotas 797F. Se logró utilizar el método RCM en 2018 y 2019, demostrando el aumento en 1.7 puntos porcentuales de 89.5 % en 2017 a 91.2 % en 2018-2019, la fiabilidad MTBF que corresponde a CAT o contrato de 77 horas en 2017 a 100 horas en 2018 y 81 horas en 2019 y el primer tiempo de inactividad después del PM de 60,5 horas en 2017 a 77,4 horas en 2018, y 72,9 horas por año, lo cual optimiza el servicio de calidad y disminuye los costos de mantenimiento. El diagnóstico y el uso posterior de RCM (2017) en la flota 797F reveló que la probabilidad física de las primeras ocho flotas CAT 1 a CAT 8 eran inferior al 92 %, esto estuvo relacionado con su vida útil de 6 años (período de envejecimiento), por lo que se debió prestar más atención a estos dispositivos para no comprometer su confiabilidad.

Valencia (10) en su tesis «Propuesta para incrementar la confiabilidad operacional usando técnicas RCM en palas eléctricas de cable 7495 *hydracrowd* para una mina ubicada en

Moquegua», tuvo como propósito habilitar el modelo RCM descrito en SAE JA-1011 y SAE JA-1012, para mejorar la confiabilidad operativa (MTBF) de las palas eléctricas de los modelos de cable 7495 *Hydracrowd*. La fuente primordial de información para el desarrollo de este trabajo fue la recopilación y registro de los principales tipos de fallas ocurridos en estos equipos en los años 2017, 2018 y 2019 en la minera Las Bambas. Con base en esta información, se visualizó la implementación de una estrategia de mantenimiento bajo el RCM que se aplicó a partir de 2020 en una flota de palas del mismo modelo que se utilizan en las minas del sector Moquegua. Se desarrolló por etapas el RCM desarrollado por Mowbray. Posteriormente, se descubrió que el tipo de mantenimiento más relevante para la investigación fue el mantenimiento proactivo, que destacó los principales tipos de fallas que continuamente ocurren en este equipo. Los resultados del período de estudio mostraron que los esfuerzos para implementar planes basados en RCM aumentaron la confiabilidad operativa (MTBF) de estos dispositivos en un 45,93 % a fines de octubre de 2021. También se calculó los costos por hora utilizando una pala, arrojando valores entre 0,16 y 0,18 USD/TM por tonelada. Además, el costo del tiempo de inactividad evitado al aplicar este plan y completar este trabajo, se calculó en dos escenarios: a \$ 15 000 y \$ 7000 por hora por parada de equipo cargando desmonte, ambos escenarios lograron valores económicos que justificaron el uso de este plan.

Blas y Quispe (11) en su tesis «Mejoramiento de actividades del mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de las perforadoras diamantinas en la empresa Bretsa S. A. C., 2020» el propósito fue examinar la aplicación de actividades mejoradas de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de perforadoras diamantadas en Bretsa S. A. C. La investigación se inició con un diagnóstico preliminar del área de mantenimiento de la empresa, utilizando listas de chequeo. Se realizó análisis de criticidad para identificar las máquinas más críticas de la población en general. La taladradora presentada se proporcionó con datos de daños recopilados. Se evaluó la disponibilidad temprana de la perforadora de diamante LF90 para comprender su rendimiento, luego se implementó las mejoras en el formulario preparado y terminando con la evaluación de accesibilidad. Finalmente, el estudio concluyó que la implementación de mejoras en el proceso MP optimizó el rendimiento de la máquina en un 3,50 %, mejoró el tiempo medio entre fallas (MTBF) y aumentó la disponibilidad. Se obtuvo una mejora de 41,76 horas/la confiabilidad y el tiempo de reparación (MTTR) tuvo una disminución de 1,31 horas en el mantenimiento de la perforadora de diamante LF90.

Hinostroza (12) en su investigación «Implementación de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de las perforadoras diamantinas en la Empresa Geotecnia Peruana S. R. L., del distrito de Ate, Lima, 2019», se inició con la necesidad

de desarrollar un sistema de gestión preventivo de mantenimiento para optimar la disponibilidad de perforadoras de diamante dentro de la empresa Geotecnia Peruana S. R. L. Esta tesis comenzó con una descripción minuciosa de las actividades de la empresa, analizó las realidades del problema, las razones de la baja disponibilidad de brocas de perforadoras y las posibles soluciones. Luego se hizo una lista de estudios previos relevantes para la investigación y la teoría requerida para el desarrollo. El problema principal se formuló junto con sus problemas específicos relacionados, y se planteó la hipótesis describiendo las metas por alcanzar. A continuación, se creó una propuesta de implementación con los pasos necesarios y el formato correcto para su sistema de mantenimiento preventivo. Por tanto, los resultados obtenidos indicaron una mejora del 9,53 % en la disponibilidad inherente. Además, el tiempo medio entre fallas (MTBF) aumentó en un promedio de 2,13 y el tiempo medio de reparación (MTTR) disminuyó en un promedio de 0,4. La investigación termina presentando evidencia del éxito de mejora en la disponibilidad de perforación de diamantina dentro de la compañía Geotecnia Peruana S. R. L.

2.1.3. Antecedentes locales

Robles (13), realizó la investigación «Diseño de un plan de mantenimiento basado en RCM para incrementar la vida útil del tren de fuerza de camiones de acarreo marca Caterpillar modelo 793D en la sociedad minera Cerro Verde», e hizo un anteproyecto de mantenimiento (RCM) con el propósito de aumentar el tiempo de vida útil en el tren de fuerza Caterpillar. La metodología empleada fue de tipo experimental, ya que se realizan diagnósticos y estudios en campos. Posterior a ello, se realizan análisis de fallas y análisis de causa-raíz. Los resultados a los que se llegaron dieron a conocer una optimización en la vida media de los componentes (+4000 horas), por otro lado, los costos destinados a reparación se redujeron en un 23.1 % mientras que la disponibilidad mecánica se incrementó en 0.12 %. Como conclusión se tuvo que se logró cumplir el objetivo principal, que era implementar el RCM con la finalidad de optimizar la vida promedio útil del tren de fuerza Caterpillar. Finalmente, este antecedente se relaciona con la presente investigación por desarrollarse en la forma de aplicar el mantenimiento predictivo para equipos utilizados a nivel industrial.

Mendoza (14), realizó la investigación «Implementación de un plan de mantenimiento utilizando las técnicas del RCM para mejorar el porcentaje del indicador de efectividad global de los equipos OEE sobre la soldadura en la fábrica de envases metálicos de Leche Gloria S. A.», donde se pretendió implementar un plan de mantenimiento predictivo usando RCM con la finalidad de optimizar el indicador OEE. Se utilizó un enfoque analítico, con una metodología descriptivo-analítica, debido a que se realizó la identificación de fallas para su posterior análisis y diseño de mantenimiento. Los resultados obtenidos mostraron un aumento en la

disponibilidad de 1.82 % para las máquinas de soldadura. Como conclusión se tiene que la implementación de este sistema de mantenimiento predictivo RCM logró mejorar el indicador OEE de la fábrica.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Concepto de mantenimiento

Mantenimiento es asegurar el producto realizando lo que los usuarios deseen hacer, también puede establecer un estándar mínimo sobre cómo los usuarios deben comportarse con su producto. La planificación elimina las expectativas cambiantes, esto incluye comprender, cómo las fallas de los equipos afectan la seguridad y el medio ambiente, aumentar la conciencia sobre el vínculo entre la estabilidad y la calidad del producto, aumentar la disponibilidad de la planta y los requisitos de capital. El personal técnico, como ingenieros y gerentes, necesitan nuevas ideas y prácticas. Al mismo tiempo, las debilidades de los sistemas de mantenimiento, incluso para las mejores computadoras, son cada vez más evidentes. Ante estos cambios, los gerentes de todo el mundo exigen nuevas formas de trabajar, queriendo evitar falsos comienzos y finales que suelen causar serios problemas. En cambio, buscan mejores sistemas de gestión que integren las nuevas tendencias en un todo coherente, las analicen inteligentemente y las apliquen a lo que más les importa para ellos y sus empresas (29).

2.2.2. Plan de mantenimiento

Las tareas, luego de dividirse en grupos funcionales, se establecen planes de trabajo para garantizar que las personas adecuadas estén trabajando en los momentos adecuados. En particular, las subidas y las bajadas se gestionan por separado, porque el trabajo y los planes son diferentes. Los programas avanzados se definen como programas que se ejecutan hasta por una semana, estos sistemas a menudo tienen capacidades de solución de la problemática. Hay muchas cosas que se pueden hacer en las instalaciones, y siempre pueden realizarse en cualquier horario. Estos dos factores hacen que el proceso de escribir un ensayo sea muy fácil. Sin embargo, también hay planes más avanzados que están en otros niveles y el pensamiento crítico no es esencial para liderar sin control (29).

2.2.3. Gestión del mantenimiento

La gestión del mantenimiento es un componente fundamental para la continuidad de la operación de un sistema, ya que permite evitar fallas y tiempos de inactividad costosos, y mantener una producción constante. Una de las funciones clave de los profesionales de sistemas es la gestión del mantenimiento, que consiste en asegurar la operatividad, el control y la mejora continua de las actividades que conforman un sistema. Esta gestión es fundamental para evitar interrupciones que afecten el progreso y el rendimiento del sistema, así como, para optimizar

los recursos y minimizar los costes. Para evaluar la efectividad de la gestión del mantenimiento, es necesario realizar un análisis detallado de los diversos factores que influyen en la calidad del servicio que se ofrece (15).

2.2.4. Generalidades del mantenimiento de maquinaria pesada

Las tareas de mantenimiento de maquinarias pesadas pueden prevenir pérdidas económicas y de tiempo durante operaciones de reparación. A continuación, se muestran los pasos que pueden simplificar el proceso mantenimiento regular (18).

- **Primero: Mantenimiento de excavadoras y máquinas similares.**

Mantener el desempeño de su equipo requerirá revisiones periódicas de su operación y condición general. Una inspección de rutina podría diagnosticar y reparar fácilmente la mayoría de las averías en la maquinaria pesada.

- **Segundo: Utilizar un accesorio apropiado.**

Las herramientas deben elegirse en función de la carga, pero también se deben considerar otros factores como el terreno, la composición de los materiales y el clima. Los accesorios deben ser exclusivos para cada máquina.

- **Tercero: No sobrecargar las máquinas.**

Esforzar las máquinas con pesos mayores a los establecidos provoca mayores gastos de reparación. Se deben seguir las indicaciones del manual sobre cómo utilizar la maquinaria.

- **Cuarto: Mantenerlos fuera de peligro.**

Se deben almacenar de forma correcta para cuidarlos superficialmente. El equipo pesado debe protegerse de los riesgos meteorológicos. El agua puede afectar los sistemas internos de la máquina.

- **Quinto: Personal capacitado**

El personal debe aprender sobre el uso adecuado de equipos para estar a la altura de la más alta costumbre de simulación y miniaturizar el peligro. No es necesario un taller para las máquinas más simples. El manual de la máquina debe ser comprendido en su totalidad por el personal que la manejará.

2.2.5. Tipos de mantenimiento

2.2.5.1. Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento es realizado con el objetivo de disminuir la posibilidad de que exista algún desperfecto en un equipo. En otras palabras, es la acción de hacer que el equipo permanezca en perfectas condiciones para poder realizar sus funciones correctamente (15, 30). Esta orientación del mantenimiento preventivo motiva el concepto de mantenimiento predictivo. Su exitosa aplicación asegura excelentes beneficios organizacionales, tales como: control de tiempo de fallas, correcta selección del momento en que se debe realizar el mantenimiento, adecuada planificación de recursos, etc. (10).

2.2.5.2. Mantenimiento correctivo

Es aquel mantenimiento en donde después de haber presenciado una falla se toman las medidas correctivas, el proceso de un mantenimiento correctivo empieza con la falla de máquina, seguido del mantenimiento correctivo y es aquí donde se bifurcan en mantenimiento correctivo de manera inmediata o de manera diferida. En este tipo de mantenimiento se busca que las funciones del equipo permanezcan sin cambios a los inherentes de su diseño (31). Esta suposición parece razonable si se requieren «ahorros» en los costos de mantenimiento, ya que no se invertirá dinero a menos que el equipo o los componentes experimenten una falla sistemática que provoque una parada (10).



Figura 2. Mantenimiento correctivo

Fuente: Extraída de Sexto (31)

2.2.5.3. Mantenimiento predictivo

Es aquel tipo de mantenimiento en el que se realiza un seguimiento continuo del sistema, dicho mantenimiento se realiza en los mantenimientos preventivos y correctivos. Según Sexto (31) son aquellos que están presentes como tipos de mantenimiento que se efectúan antes que ocurra el fallo.

2.2.5.4. Mantenimiento reactivo

Es un tipo de mantenimiento correctivo. Se realiza cuando las piezas de la máquina son

difíciles de encontrar. El mantenimiento reactivo a fallas es deseable si la seguridad no está en riesgo. Es eficaz para la gestión de instalaciones donde es necesario reemplazar equipos no críticos y activos de corta duración.

Algunas de las ventajas de este tipo de mantenimiento son (19):

- La mano de obra es mínimamente necesaria.
- Hay una reducción en los costos de mantenimiento.
- Es fácil detectar las necesidades de reemplazo.
- Procedimientos efectivos de gestión de existencias e inventario.

2.2.5.5. Mantenimiento proactivo (RCM)

El mantenimiento proactivo, también conocido como mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), es una metodología sistemática que se utiliza para gestionar los activos industriales de forma que se garantice la confiabilidad y disponibilidad de los equipos críticos para la operación de una organización. Esta metodología se basa en un análisis exhaustivo de las funciones críticas de un sistema, los modos de falla y sus consecuencias, y la selección de estrategias de mantenimiento que minimicen el riesgo de fallas, optimicen el rendimiento y reduzcan los costos operativos (26).

El RCM se centra en el equilibrio entre la seguridad, la confiabilidad y la eficiencia. Busca identificar y eliminar las causas de las fallas, y desarrollar estrategias de mantenimiento que sean efectivas y eficientes. El RCM promueve una gestión basada en datos y análisis para la toma de decisiones informadas en materia de mantenimiento (20).

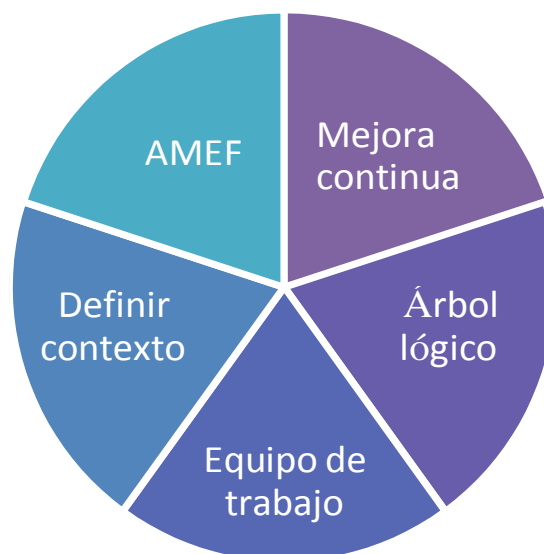


Figura 3. Flujograma del proceso del RCM
Fuente: Adaptada de Grupo Enova (21)

El mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) es una metodología sistemática para la gestión del mantenimiento que se centra en la prevención de fallas. Esta metodología fue desarrollada inicialmente por la industria de la aviación comercial en la década de 1970, y ha sido utilizada en una amplia gama de industrias desde entonces (32).

El RCM se basa en un análisis exhaustivo de las funciones críticas de un equipo, los modos de falla y sus consecuencias. Este análisis se utiliza para seleccionar las estrategias de mantenimiento más efectivas para prevenir las fallas y mantener el equipo en funcionamiento.

Las estrategias de mantenimiento que se pueden utilizar en el RCM incluyen (51):

Mantenimiento preventivo: se realiza de forma periódica para evitar que se produzca una falla.

Mantenimiento predictivo: se basa en el monitoreo del equipo para detectar signos de falla antes de que se produzca.

Mantenimiento correctivo: se realiza para reparar un equipo que ha fallado.

El RCM se utiliza con frecuencia para identificar tareas de mantenimiento, analizar el riesgo en equipos, clasificar componentes para el mantenimiento y detectar áreas de oportunidad de mejora. También se puede combinar con otras metodologías para mejorar los resultados del mantenimiento.

Desarrollo de la metodología del RCM

Una forma de describir el RCM es como un conjunto de pasos que permiten establecer una estrategia de mantenimiento adecuada para cada activo. Estos pasos se basan en las respuestas a una serie de preguntas que se presentan en la figura 4, y que deben ser contestadas de forma ordenada y rigurosa para garantizar la efectividad del RCM.

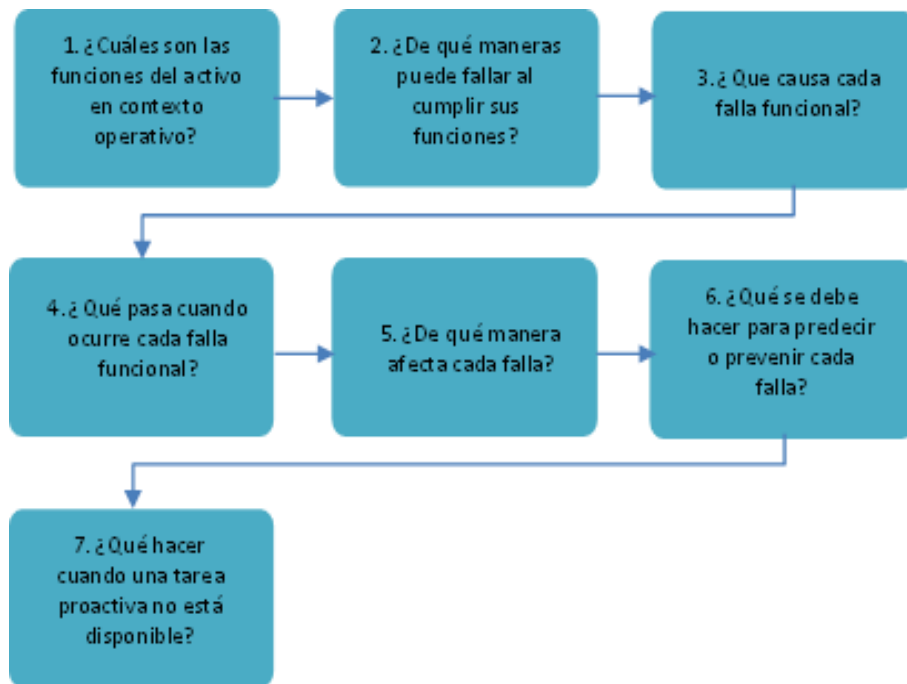


Figura 4. Proceso de mantenimiento centrado en la confiabilidad
 Fuente: Adaptada de SAE JA1011 (56)

Una forma de mejorar el análisis y el resultado del RCM es realizar actividades complementarias al proceso descrito anteriormente. Aunque algunas de estas actividades ya se realizan (de forma implícita) al aplicar la metodología, se recomienda enfatizarlas para asegurar el éxito del RCM (51). Las actividades complementarias se agrupan en 3 etapas que se ilustran en la figura 5.

Antes de aplicar RCM	Durante el análisis de RCM	Después del análisis
<ul style="list-style-type: none"> Recopilar información del activo Elaborar taxonomía del equipo. Documentar contexto operativo 	<ul style="list-style-type: none"> Normalizar el análisis de modos y causas de falla. Categorizar efectos de falla. 	<ul style="list-style-type: none"> Implementar el plan de mantenimiento. Gestión de las recomendaciones o acciones predeterminadas. Medir el desempeño

Figura 5. Metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad
 Fuente: Adaptada de SAE JA1011 (56)

Ventajas y desventajas del RCM Ventajas:

- La efectividad de la sistematización se puede aumentar eliminando fallas, aumentando la utilización del servicio y reduciendo las causas raíz.
- Los gastos de mantenimiento se reducen al erradicar las averías previamente a que surjan. Los costos de recursos y mantenimiento pueden reducirse.

- Aumenta la productividad y satisfacción del cliente.
- Reemplaza un activo que falla o se destruye por uno nuevo.
- Reduce las posibilidades de falla del equipo al mantener un activo en particular.

Desventajas:

- Requiere un soporte creciente y recurrente para mantener los activos actualizados y predecibles.
- Requiere capacitación y costos de puesta en marcha que pueden ser altos.
- Los costos son altos
- Más lento
- Se necesita mucho tiempo y recursos para hacer el análisis.
- Ignora el costo de mantenimiento
- Combina todo tipo de estrategias de mantenimiento
- Es un método difícil y más complejo de desarrollar (22)

2.2.6. Objetivos del mantenimiento RCM

El objetivo principal es asegurar la producción estándar con los parámetros básicos (16). Entre otros objetivos se encuentran (17):

- El equipo es necesario para cumplir con las ambiciones.
- Se generan ingresos mínimos en la actividad.
- Es necesario mantener los equipos involucrados en el proceso para lograr la calidad requerida en la producción.
- Las máquinas servirán como energía si se operan correctamente. La conservación debe asegurar el bienestar del personal y de los equipos.

2.2.7. Indicadores de mantenimiento

- Tiempo medio entre fallas (TMEF)

El TMEF es un KPI para el tiempo medio de productividad entre fallas (15), este índice

es utilizado para ítems que son arreglados, luego de pasar por el proceso de la ocurrencia de fallas (23).

$$\text{TMEF} = \frac{\text{Tiempo disponible de producción}}{\text{Paradas de máquinas} + \text{Otras paradas}}$$

- Tiempo medio de reparación (MTTR)

En caso de falla del equipo, el tiempo que toma solucionarlo se denomina tiempo medio de reparación (24). Este índice se debería usar en todos los activos que tengan un tiempo significativo de reparación en relación con su tiempo de operación (23).

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Tiempo de parada de máquinas} + \text{Tiempo de otras paradas}}{\text{Paradas de máquinas} + \text{Otras paradas}}$$

- Disponibilidad

La disponibilidad aplica para «equipos reparables», y significa cuán probable es que el equipo esté funcionando en un periodo «t». La disponibilidad depende de la frecuencia con la que se produzcan los errores y del tiempo que se tarde en corregirlos. La herramienta se puede utilizar al momento de una nueva adquisición (9). Es la relación de horas del periodo calendario con la cantidad de horas de intervención (mantenimiento preventivo y correctivo, y otros servicios de tiempo o condición) según el total en horas por elemento observado (23).

- Conceptualizar el pronóstico de la disponibilidad

La disponibilidad cuantifica el tiempo que el equipo opere correctamente. A mayor disponibilidad, mayor producción y rendimiento. Es importante considerar si las variables iniciales son diferentes para predecir la disponibilidad para períodos futuros.

Para calcular la disponibilidad de un equipo se necesita la «tasa de falla $\lambda(t)$ » y la «tasa de reparación $\mu(t)$ »; en un periodo de tiempo «t» (14).

2.2.8. Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF)

AMEF se presenta como una metodología que facilita la estimación y predicción de errores que puede presentar un equipo o maquinaria que está en fase de diseño, con el objetivo de incorporar, desde el inicio, los componentes y funciones del producto que garanticen su

fiabilidad, seguridad y el cumplimiento de los parámetros de las funciones que los clientes exigirán de ese nuevo producto. AMFE ayuda a disminuir el tiempo y el costo de desarrollar un producto. Ayuda a analizar y prevenir todos los posibles fallos en el producto, su sistema o cualquiera de sus funciones. Los fallos generan eventos imprevistos, como la terminación inesperada de las tareas de producción planificadas y analizadas, la pérdida de rendimiento o el aumento de los costos de producción (25).

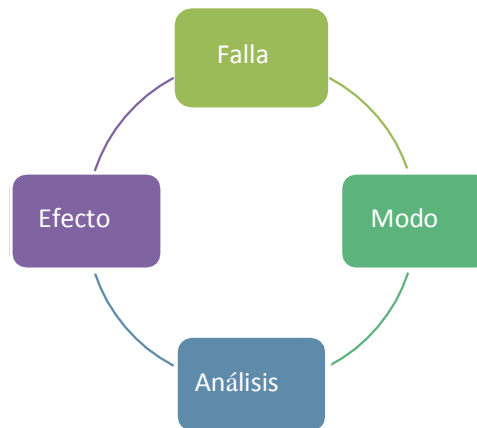


Figura 6. Definición del AMEF

2.2.9. Objetivos del AMEF

Los objetivos del AMEF son disminuir el tiempo y aumentar la eficacia en proyectos de innovación, mejorar la situación actual al predecir fallas futuras en función de acciones correctas, simulando las causas de fallas y mantenimiento en producción u operaciones. También está analizar y evaluar el rendimiento del trabajo completado y desarrollar estrategias de mejora del producto. Por último, educar y capacitar al personal para colaborar en la planificación con el fin de que puedan anticipar en sus propios errores, identificando las causas posibles, proponiendo acciones preventivas durante la planificación y evaluando resultados después de la planificación (26).

2.2.10. Ventajas del AMEF

Dentro de las ventajas del AMEF, es que permite la predicción de posibles fallas en nuevos productos y es una guía para que las empresas manufactureras integren los principios de mejora continua en el diseño y la mejora enfocada a los productos y la gama de mercados a la venta, convirtiéndola en una herramienta efectiva, en el mercado de corto y mediano plazo. Esta metodología es parte del Sistema de Gestión *Lean* y de varias herramientas desarrolladas dentro del Proyecto *Lean* (26).

2.2.11. Pasos del proceso AMEF

- 1) Iniciar con la decisión de optimar la calidad del producto que se quiera diseñar.
- 2) Después se forma el equipo de trabajo para un análisis AMFE.
- 3) Se identifica el producto.
- 4) Luego se compila información en diagramas de bloques, funciones y diagrama del sistema.
También en este paso se recopilan datos de fallos potenciales y reales, y luego se clasifican.
- 5) Realizar el análisis AMFE por componente y por función.
- 6) Implantar acciones correctivas.
- 7) Por último, realizar la mejora continua y el aumento de la calidad (26)

2.2.12. Modos de fallas

Es la forma en que se produce el fallo. Suele responder a la pregunta: ¿Cómo se produjo el fallo? Modos de fallo típicos (26). Según Rebollo (18) el modo de fallo es la manera en la que se produce un fallo. «Un modo de falla se puede definir por la función de pérdida u otra transición de estado que ocurrió» (27).

2.2.13. Consecuencias de fallas

Las consecuencias de fallas se refieren a la colisión de las diversas características a un error de la función; asimismo, se considera de causa y efecto a la seguridad de las personas que trabajan dentro del rubro de mecánica cuyo vínculo es el medio ambiente y su producción (19).

2.2.14. Disponibilidad

Es una herramienta que va a dar crédito en forma muy globalizada tanto en estadísticas como en porcentajes de un tiempo total o parcialmente a un equipo que cumple con diversas funciones para su destinación. Por otra parte, para que se evalúe esta característica de disponibilidad en un equipo, es importante que cumpla con ciertos parámetros; el primero, una condición estable que incluye un tiempo de operación constante que se refiere a que este tiempo tiene que estar activo y programado (21).

2.2.15. Tiempo promedio entre fallas (MTBF)

El tiempo promedio entre fallas genera un punto de referencia entre la disponibilidad de si está bien o está mal. Para poder hacer las verificaciones correspondientes a un mantenimiento en el área de gestión de una maquinaria es necesario que se pueda ver la fracción de un tiempo total con base en la colección típica o atípica que genere este; es por lo que se habla de una duración o un período promedio entre fallas (28).

2.2.16. Tiempo promedio de reparación (MTTR)

El tiempo promedio entre reparaciones genera un punto de referencia entre la disponibilidad de si está bien o está mal. Para poder hacer las verificaciones correspondientes a un mantenimiento en el área de gestión de una maquinaria es necesario que se pueda ver la fracción de un tiempo total con base en la colección típica o atípica que genere este; es por lo que se habla de una duración o un período promedio entre reparaciones (22).

2.2.17. Diagrama de Pareto

Es un mecanismo cuya representación es una gráfica, dentro de esta posee datos de forma ordenada de menor a mayor o de mayor a menor para que tenga una clara delimitación en resolverse primero; por otra parte, va a apoyar el principio de Pareto. En dónde se hace diferenciación de las características y de las consecuencias. Por consiguiente, las causas en la primera de estas tienen un porcentaje de 80 % y en la segunda de estos el 20 % (23).

2.2.18. Perforadoras

Una máquina perforadora es un equipo equipado con uno o varios martillos (perforadoras) sobre un brazo hidráulico, el cual está diseñado para realizar trabajos subterráneos o de superficie de forma rápida en avances de galerías y túneles, estos equipos están equipados para construcciones de pozos en los subsuelos. El equipo de perforación del Jumbo está compuesto por un conjunto de martillos perforadores montados sobre brazos articulados de accionamiento hidráulico para la ejecución de los trabajos de perforación por el frente (29).



Figura 7. Componentes de las perforadoras
Fuente: Extraída de la investigación de Aparco y Solano (28)

2.2.19. Tipos de perforadora

2.2.19.1. Máquina perforadora Sandvick UDR 650

El equipo de perforación UDR 650 Mk2 viene de serie con la opción de operación de seguimiento de unidades independiente de la unidad. Está específicamente diseñado para núcleos de diamante de alta presión, agujeros de martillo y taladros sin núcleo giratorio. El ángulo del equipo de perforación de 9,2 m es de 450° con respecto a la vertical. Para el

transporte se baja a una posición horizontal. Este diseño permite la descarga y accionamiento de varillas y mangueras de hasta 6 m de longitud. Se retira el mástil hidráulicamente y se instala con una pluma de brazo hidráulico. El circuito hidráulico de la plataforma (6) es accionado por un motor diésel Caterpillar 3056 DITA (8).

2.2.19.2. Máquina perforadora Sandvick DE710 y DE740

La perforadora Sandvik DE740 es una broca de diamante compacta. Debido a su tamaño compacto, el DE740 se puede configurar para las siguientes aplicaciones de transporte: se monta en remolques con rampas o soportes de gata. El equipo tiene 11 metros de largo y puede perforar hasta 45° desde la vertical. Esta estructura puede jalar postes y cubrir hasta 30 pies de largo. La torreta tiene un sistema de eyección hidráulica que permite que la altura de la torreta se mantenga lo más baja posible del suelo, para facilitar la maniobra de taladros eléctricos y del *offside*. La máquina tiene cinco circuitos hidráulicos alimentados por motores diésel Cummins 6CTA8.3 (8).

2.2.19.3. Perforadoras de diamantina

Para las operaciones de perforación, Geotecnia peruana usa herramientas diamantadas de minas internas y subterráneas. El equipo de perforación CSD 3000 es utilizado para cuevas, exploración de suelos, minería, geología y más. Este es una plataforma de perforación hidráulica de fabricación china que se utiliza para la perforación de superficie, el equipo se encuentra ubicado en la empresa minera aurífera Retamas a una altitud de 4500 metros en La Libertad, en el distrito de Parcoy y anexo Llacuabamba, provincia de Pataz (12).

2.2.20. Operación de la perforadora Everdigm

2.2.20.1. Antes de la operación

A. Puntos de verificación antes de la operación

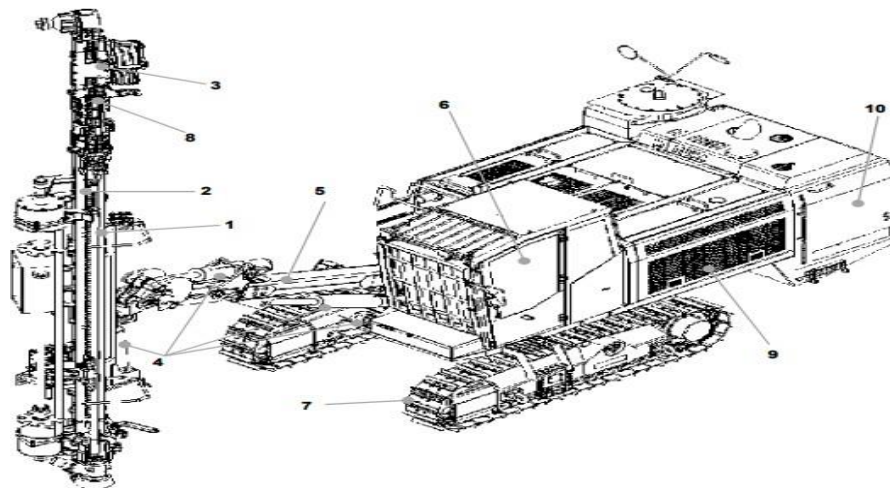


Figura 8. Puntos de verificación
Fuente: Extraída del Manual de Everdigm (30)

Tabla 2. Especificaciones de los puntos de verificación

Punto de verificación	Piezas	Instrucción
1	Mástil	Desgaste, deformación, grietas o daños
2	Cadena de alimentación	Tensión, condición de desgaste
3	Tambor de manguera y placas deslizantes	Desgaste, deformación, grietas o daños
4	Cilindros	Fuga de Aceite
5	Pluma	Desgaste, deformación, grietas o daños
6	Cabina y controlador	Daños y verificación funcional
7	Zapata de la oruga	Desgaste, daño y tensión
8	Placas deslizantes de la perforadora	Desgaste, deformación, grietas o daños
9	Motor, bomba y compreso	Fuga de aceite
10	Tanque de combustible	Daños y fugas de combustible
11	Manguera y tubería	Fugas de aceite, combustible o gas

Fuente: Tomada del Manual de operación y mantenimiento *Everdigm*

B. Puntos de lubricación

- Perforadora, cambiador automático de varillas y palancas de tambor de manguera en el mástil: aquí se limpia el área de evasión.
- Pedestal: aquí se encuentran los pasadores de pedestales inferiores, superiores y de conexión del brazo del pedestal.
- Cilindro de giro de la pluma: hay un sitio para el pasador del cilindro de giro y dos sitios para el pasador de conexión del cilindro de la pluma.
- Centralizador: dos lugares para el pasador de cilindro centralizado superior y 4 sitios para el pasador del cilindro centralizado inferior (30).

C. Puntos de lubricación

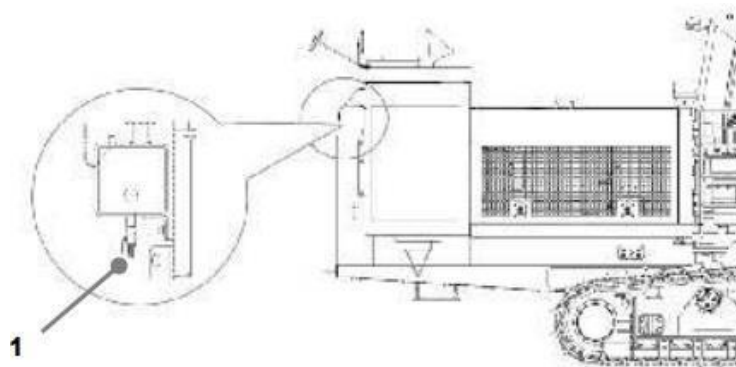


Figura 9. Llave de drenaje de combustible
Fuente: Extraída del Manual de Everdigm (30)

Tabla 3. Especificaciones de los puntos de verificación

Punto de verificación	Piezas	Instrucción
1	Llave de drenaje de agua	Abra la llave y drene el agua

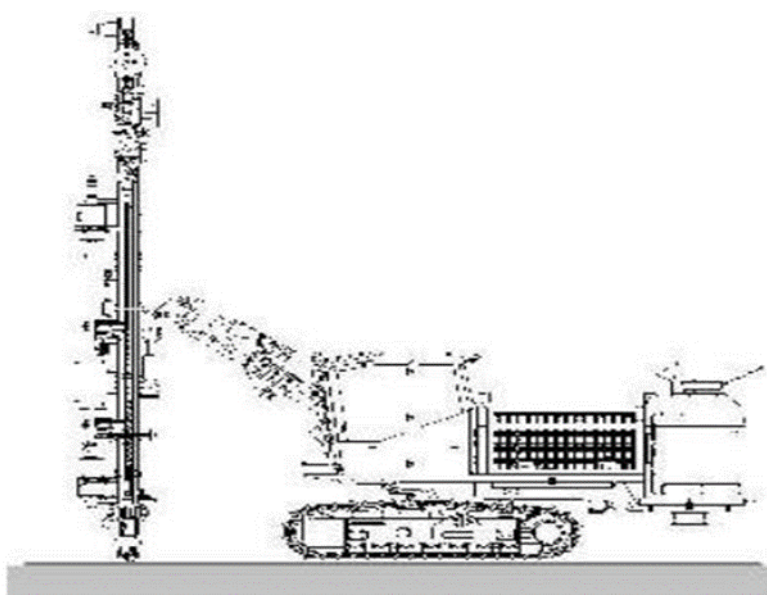
Fuente: Tomada del Manual de operación y mantenimiento *Everdigm*

2.2.20.2. Arranque del motor

Camine alrededor de la máquina antes de ingresar a la cabina del conductor. Busque fugas de líquidos, ensamblajes desalineados u otros signos de daños en el equipo. Todas las cubiertas y protecciones de la máquina deben estar en su lugar para evitar lesiones mientras se opera la máquina. Para los peligros potenciales en el lugar de trabajo, asegúrese de que no haya personas o equipos cerca del área de trabajo. No arranque el motor si hay señales de que se está realizando un servicio o mantenimiento, o si hay señales de advertencia conectadas al sistema de control de la cabina. Las máquinas que no se han utilizado recientemente o que se han utilizado en condiciones de mucho frío pueden requerir calentamiento o reparación antes de comenzar (30).

2.2.20.3. Parada y estacionamiento del motor

A. Estacionamiento



*Figura 10. Posición de estacionamiento de la máquina
Fuente: Extraída del Manual de Everdigm (30)*

B. Parada del motor

- Ponga la velocidad del motor en modo inactivo (1000 rpm) y espere 30 segundos.
- Apague todos los interruptores y botones de la cabina.
- Gire el interruptor de arranque del motor a la posición «apagado».
- Encienda el interruptor principal superior abierto (O: apagado, I: encendido) (30).

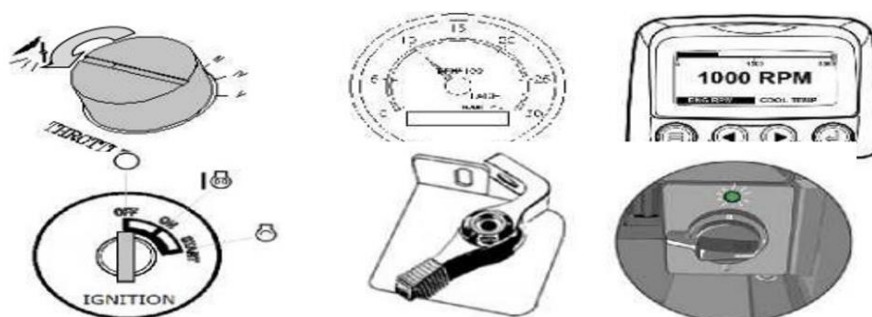


Figura 11. Imagen superior izquierda: perilla del acelerador de RPM. Imagen superior derecha: RPM del motor en reposo. Imagen inferior izquierda: interruptor de arranque del motor. Imagen inferior derecha: interruptor maestro

Fuente: Extraída del Manual de Everdigm (30)

2.2.20.4. Desplazamiento

A. Control de desplazamiento

El control proporcional se halla en la palanca de desplazamiento, esto significa que puede ajustarse la velocidad del motor de desplazamiento según el vigor con la que se golpea

la palanca. Se puede variar la velocidad de desplazamiento por medio de la configuración del motor (30).

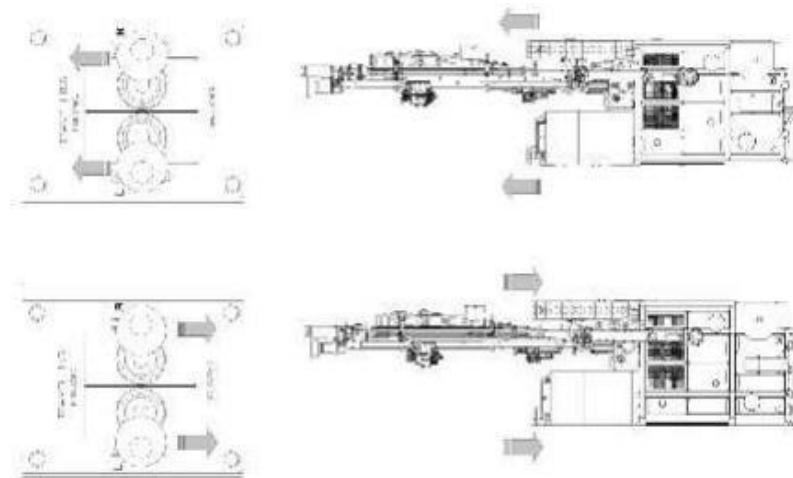


Figura 12. Movimiento hacia adelante y hacia atrás
Fuente: Extraída del Manual de Everdigm (30)

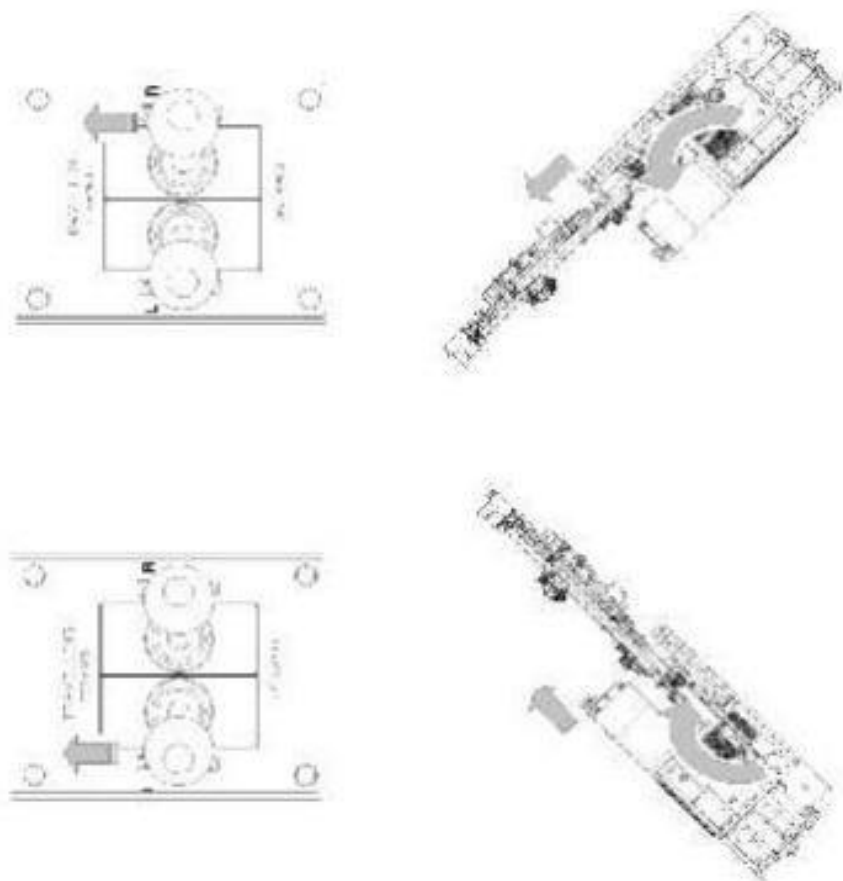


Figura 13. Giro a la izquierda o a la derecha
Fuente: Extraída del Manual de Everdigm (30)

B. Postura correcta para mover equipos

- Postura de la máquina antes de moverse: se debe retraer completamente el brazo extendido

y adjuntar el mástil en el soporte. La columna y la pluma no deben moverse de manera libre sobre terreno irregular cuando la máquina está en movimiento. Se debe ajustar el ángulo de inclinación de la cabina para que esté nivelada con la pendiente del piso.

- No transporte objetos pesados con la máquina: llevar una carga pesada hará que la máquina se desequilibre y que los componentes se dañen o dejen de funcionar.
- Tenga siempre una visión clara antes de mover la máquina: no se permiten obstrucciones visuales. Mueva el mástil fuera de la vista.
- Viajando en pendiente: equilibrar el coche en la pista, es fundamental. Conducir en una pendiente pronunciada puede hacer que la máquina vuelque (30).

2.2.20.5. Controlador e interruptores

A. Antes de perforar

- Comprobación del estado del compresor de aire
- Cautela con la operación del compresor de aire
- Aire de la broca
- Arreglo de la lubricación de la perforadora
- Comprobación del estado de la broca
- Bomba de grasa automática
- Comprobación del temporizador de pulso
- Control del panel de control principal (30)

B. Controladores de máquina

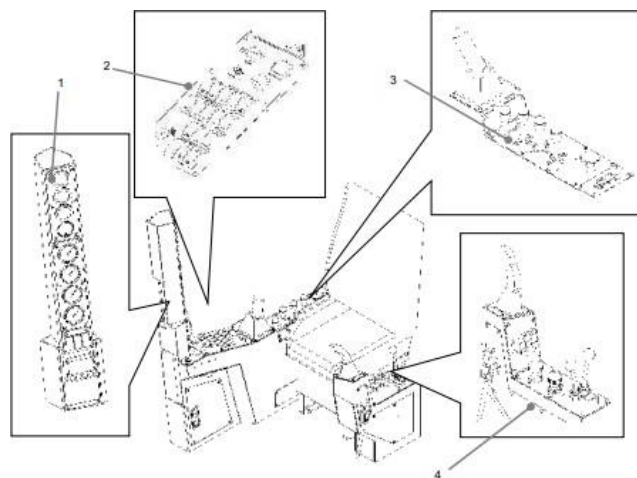


Figura 14. Controladores
Fuente: Extraída del Manual de Everdigm (30)

Tabla 4. Controladores de máquina en cabina

Punto de verificación	Piezas	Instrucción
1	Panel de indicadores	Manómetros (temperaturas, presiones, visor de motor, luces de advertencia)
2	Panel de consola de asistencia	Acelerador de rpm del motor, interruptores de funcionamiento, arranque del motor
3	Panel de consola de perforación	Perforadora, pluma, control de mástil
4	Panel de consola de soporte	Cambiador de varillas, ajustadores de presión de la perforadora, bocina, controladores de asistencia de viaje

Fuente: Tomada del Manual de operación y mantenimiento *Everdigm*

C. Panel de la consola de asistencia

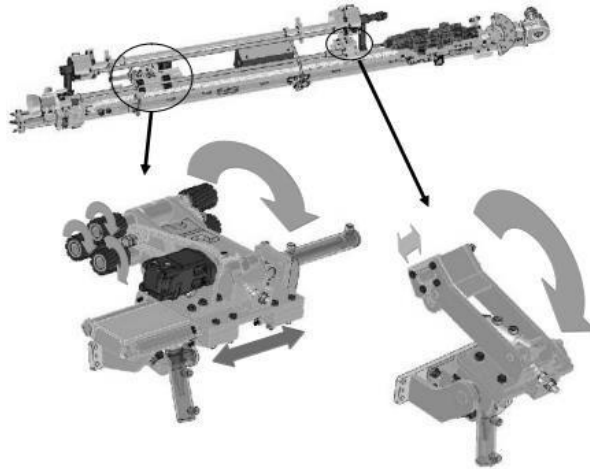
- Comprobación del estado del compresor de aire
- Medidor de horas de la perforadora
- Interruptor de control de velocidad del ventilador
- Interruptor de emergencia
- Encendedor de cigarrillos
- Interruptores de apagado del compresor de aire, colector de polvo, pulso y succión de aire
- Interruptor de operación antiatasco
- Bloqueo de oscilación / interruptor libre
- Interruptor de arranque del motor
- Interruptor de percusión inversa (opcional) (30)

2.2.20.6. Operación de perforación

A. Perforación

- Distribución de la broca en el punto de perforación objetivo
- Collarín
- Arreglo de presión de impacto, avance y rotación
- Taponear el agujero con el capó
- Contener la perforación
- Cuando la varilla o la broca se atascan en el suelo (30)

B. Comprensión del funcionamiento del cambiador de varillas



*Figura 15. Rodillo y abrazadera de manga
Fuente: Extraída del Manual de Everdigm (30)*

C. Operación de cambio de varilla (agregando varilla a la posición de perforación)

- Aparte la perforadora de la manga y la varilla
- Movilice la perforadora al extremo de arriba
- Saque la varilla de la recámara y dispóngalo en la posición de perforación
- Varillas de conexión
- Vuelva el rodillo al cargador
- Varillas de conexión y fijación
- Provisión de grasa en la rosca de la varilla (30)

D. Operación de cambio automático de varilla (extracción de varilla de la posición de perforación)

- Antes de desconectar varillas: se debe aflojar la conexión de la varilla en cada lado
- Varilla de sujeción con centralizador
- Apertura el rodillo y muévelo a la posición de perforación
- Desconecte el adaptador de vástago con varilla
- Desconecte la varilla
- Engrasar la rosca (30)

2.2.21. Sistemas de una perforadora

2.2.21.1. Motor y partes relacionadas

Tabla 5. Partes relacionadas y motor

Compartimento o sistema	Intervalo de mantenimiento (todo)							
	Diariamente	50 h	200 h	250 h	500 h	1000 h	1500 h	2000 h
Aceite de motor					1)			
Filtros de aceite del motor					1)			
Nivel de combustible					○			
Fuga de combustible					○			
Filtro separador de agua					1)			
Filtros de combustible					1)			
Drenaje de agua del tanque de combustible y separador.					○			
Filtro de ventilación								
Fugas y contaminación de refrigerante					○			
Aletas en radiador								
Correa del motor					○			
Inter refrigerante y manguera								
Indicador de filtro de aire								

Fuente: Tomada del Manual de operación y mantenimiento *Everdigm*

2.2.21.2. Compresor de aire

Tabla 6. Compresor de aire

Compartimento o sistema	Intervalo de mantenimiento (todo)							
	Diariamente	50 h	200 h	250 h	500 h	1000 h	2000 h	3000 h
Aceite de compresor				<input checked="" type="radio"/>	1)			
Filtros del compresor					1)			
Indicador de filtro de aire					<input type="radio"/>			
Filtro de aire primario					<input type="radio"/>			
Filtro de aire secundario								
Línea y conector de succión de aire					<input type="radio"/>			
Filtro de separador								
Tanque receptor					<input type="radio"/>			
Drenaje de agua del tanque receptor					<input type="radio"/>			
Fuga del enfriador								

Fuente: Tomado del Manual de operación y mantenimiento *Everdigm*

2.2.21.3. Oruga

Tabla 7. Oruga

Compartimento o sistema	Intervalo de mantenimiento (todo)						
	Diariamente	50 h	200 h	250 h	500 h	1000 h	2000 h 4000 h
Tensión de la zapata					<input type="radio"/>		
Fuga de Aceite					<input type="radio"/>		
Aceite para engranajes de motor					1)		
Desgaste de rodillo y rueda inactiva					<input type="radio"/>		
Aflojamiento de tornillos					<input type="radio"/>		

Fuente: Tomado del Manual de operación y mantenimiento *Everdigm*

2.2.21.4. Sistema hidráulico

Los sistemas hidráulicos funcionan de manera similar a los sistemas neumáticos, pero los cilindros mueven un fluido presurizado (generalmente aceite) en lugar del aire comprimido que se usa en la neumática. Los sistemas hidráulicos utilizan aceite para almacenar energía y convertirla en energía mecánica (31).

2.2.21.5. Sistema neumático

El sistema neumático consta de un pistón dentro de un cilindro hueco. La presión de un compresor externo o una bomba neumática de gas comprimido (generalmente aire) mueve un pistón en el cilindro. A medida que aumenta la presión, el cilindro se mueve a lo largo del eje del pistón, estableciendo una fuerza lineal. El pistón vuelve a su posición de origen debido a la fuerza de restauración del muelle o al fluido suministrado desde el otro lado del pistón (31).

2.2.21.6. Sistema eléctrico

Los sistemas eléctricos utilizan la electricidad como fuente de energía y la almacenan para crear movimiento. Los motores de la perforadora trabajan con estos sistemas eléctricos (31).

2.2.22. Resolución de principales problemas en una perforadora

2.2.22.1. Motor

Tabla 8. Motor

Motivo	Causa principal	Solución
La temperatura del refrigerante del motor es demasiado alta	Falta de refrigeración	Rellene o reemplace el refrigerante
	Aletas de radiador bloqueadas	Limpiar el radiador
	Fuga de la tapa del tanque de reserva	Apriete la tapa
		Revise el lado inferior del radiador y límpielo
	Bloqueo de la línea de refrigeración	Revise la tubería de refrigeración y limpieza
	Mal funcionamiento del sensor o del medidor de temperatura	Repara o reemplaza
No se puede arrancar el motor (el motor no está arrancando)	Falta de eficiencia del motor del ventilador o falla	Verifique la condición de soplado del ventilador y el motor hidráulico
	El sistema de parada de emergencia está activado	Verifique y desactive la condición de emergencia
	El interruptor principal está apagado.	Encienda el interruptor principal
	Línea eléctrica desconectada	Compruebe las conexiones eléctricas
	Baterías vacías	Revise y recargue baterías
	Fallo del interruptor de encendido	Repara o reemplazar

Fuente: Tomado del Manual de operación y mantenimiento *Everdigm*

2.2.22.2. Desplazamiento

Tabla 9. *Desplazamiento*

Motivo	Causa principal	Solución
La máquina no se desplaza. El desplazamiento es difícil	Tensión excesiva de la oruga	Ajustar la tensión
	Bloqueo de la línea piloto	Verificar la presión de la línea piloto. Limpiar la línea piloto y reemplazar el filtro
	Motor de cadena averiado	Reparar o reemplazar
	Fallo de la palanca o válvula de control	Reparar o reemplazar
	Presión hidráulica insuficiente de la válvula de alivio	Ajustar la presión hidráulica
No se puede arrancar el motor. (El motor no está arrancando)	Fallo de la bomba principal	Reparar o reemplazar
	Rotura de la válvula de falla	Revise el carrete y la válvula
	Demasiada carga en la máquina	Retire el objeto pesado de la máquina
La zapata se sale de su lugar	Aflojar la tensión de la oruga	Ajuste la tensión
	Rueda de tensión, rodillo o rueda dentada desgastados	
	Zapatos de cadena desgastada o rota	Reemplazar piezas
		Reemplazar el conjunto de zapata de cadena

2.2.22.3. Compresor de aire

Tabla 10. Compresor de aire

Motivo	Causa principal	Solución
El aceite del compresor sale con aire	Demasiado aceite de compresor en el tanque receptor	Verifique y ajuste de aceite
	Daños en el filtro del separador de aceite	Reemplace el separador de aceite
	Fallo del regulador de aire	Compruebe el regulador de aire y ajuste la presión correctamente
La temperatura de compresor es demasiado alta	Demasiado aceite de compresor en el tanque receptor	Verifique y ajuste el nivel de aceite
	Obstrucción de la aleta del enfriador de aceite por polvo	Limpiar el enfriador de aceite
	Válvula de derivación (falla de la válvula de arranque térmico)	Compruebe la válvula de derivación de aceite del compresor
No hay flujo de aire desde la perforadora o la presión del aire es demasiado baja	El interruptor del compresor está apagado	Verifique y encienda el interruptor del compresor
	Bloqueo del filtro de aire	Limpiar o reemplazar el filtro de aire
	Problema de ajuste de la válvula de descarga	Ajustar o restablecer la presión de la válvula de descarga

Fuente: Tomada del Manual de operación y mantenimiento *Everdigm*

2.2.22.4. Colector de polvo

Tabla 11. Colector de polvo

Motivo	Causa principal	Solución
El ventilador de succión de aire no gira	Fallo del motor del colector de polvo	Verifique y reemplace
	Corte o bloqueo de la línea hidráulica	Revise las líneas hidráulicas al motor
	Desconexión de la línea eléctrica	Revise el cable eléctrico
	Obstrucción de la manguera de succión de aire	Revise y limpie las mangueras de succión de aire
La fuerza de succión de aire es demasiado baja	Obstrucción del filtro del colector de polvo	Limpiar o reemplazar
	Fallo del motor hidráulico o problema de ajuste hidráulico	Reparar o reemplazar
	La llave de drenaje del tanque de aire está abierta	Cierre la llave de drenaje de aire
El pulso de aire en el colector de polvo no funciona	Ajuste de baja presión del regulador del aire	Ajuste o reiniciar el regulador de aire
	Temporizador de pulso o falla de la línea eléctrica	Revise o reemplace

Fuente: Tomada del Manual de operación y mantenimiento *Everdigm*

2.2.22.5. Enfriador de aceite

Tabla 12. Enfriador de aceite

Motivo	Causa principal	Solución
La temperatura del aceite hidráulico es demasiado alta	Enfriador de aceite bloqueado por polvo	Limpiar el enfriador de aceite
	Baja eficiencia del motor de enfriamiento	Compruebe la condición hidráulica del motor Reparar o reemplazar el motor
	Nivel del sensor o del medidor de temperatura	Llene de aceite hidráulico en el tanque
	Temporizador de pulso o falla de la línea eléctrica	Revise o reemplace

Fuente: Tomada del Manual de operación y mantenimiento *Everdigm*.

2.2.22.6. Cilindros hidráulicos

Tabla 13. *Cilindros hidráulicos*

Motivo	Causa principal	Solución
El cilindro hidráulico no funciona o se mueve lentamente	Sellado defectuoso	Reemplace los sellos internos
	Problema de ajuste hidráulico	Compruebe la presión y el flujo hidráulico y ajuste
	Fallo de la palanca o válvula de control	Reparar o reemplazar
	Fallo de la válvula solenoide eléctrica	Verifique las señales eléctricas Reemplace la válvula solenoide

Fuente: Tomada del Manual de operación y mantenimiento *Everdigm*.

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Fallas funcionales

Son aquellos estados de falla que son asociados a las funciones realizadas, en esa se definen los fallos funcionales que pueden presentarse en el equipo o que se han presentado anteriormente, siempre asociados a las funciones. Según la BSG Institute (17) las fallas funcionales son las que impiden la realización de la función de las máquinas. Por ello, son muy importantes de identificar a fin de hacer todo lo necesario para que no se produzcan.

2.3.2. Confiabilidad

La confiabilidad es una manera de credibilidad que se centra únicamente con base en una distribución, pero son estas de falla cuya distribución va a ser un tiempo de reparación, ya sea largo o mediano, también es usada como una herramienta muy importante para el diseño esencial con base en los parámetros del mantenimiento en gestión (21).

2.3.3. Mantenimiento RCM

Es un método para determinar sistemáticamente lo que se debería hacer, con el fin de asegurar que los activos físicos sigan realizando las funciones en el contexto actual (33). Esta definición se aplica cuando el nivel de desempeño deseado es igual o está dentro del nivel de desempeño asociado con su capacidad (diseño) o confiabilidad inherente (diseño). La aplicación de esta nueva filosofía a la gestión de mantenimiento puede abordar las debilidades en los sistemas de gestión empresarial e integrar el riesgo comercial con la falla de los activos. El RCM se ha utilizado en varias industrias durante la última década (34).

2.3.4. Fallas operativas

Si la falla afecta la producción, tiene consecuencias operativas (rendimiento, calidad del producto, servicio al cliente o costos de mano de obra, además de los costos directos de mantenimiento). Puede ser de más alto o más bajo impacto. Las consecuencias de tal riesgo son a menudo muy costosas (34).

2.3.5. Disponibilidad

La disponibilidad se define como la función que estima la cantidad total de tiempo que un dispositivo pueda realizar su función prevista, además de estar preparado en un tiempo mínimo en caso de falla. Al examinar los factores que afectan la disponibilidad de TPPF y TPPR, los administradores pueden probar enfoques alternativos para aumentar la disponibilidad (35). Un equipo confiable y bien mantenido mejora la disponibilidad y el control para cumplir con los programas de servicios planificados. Los sistemas de protección están diseñados para mejorar la apariencia de los equipos de producción, esto significa que se debe incluir esfuerzos para mejorar la disponibilidad y confiabilidad de la planta al menor costo posible. Está claro que todas las actividades relacionadas con los programas de mantenimiento deben mejorarse continuamente para poder ahorrar o reducir dinero (34).

2.3.6. Metodología

La metodología es un conjunto de procedimientos que consiente en optimizar los tiempos y los procesos dentro de una empresa, además de ello disminuye la cantidad de tiempos muertos, optimizando así los procesos de prevención del mantenimiento dentro de las compañías (36).

2.3.7. Criticidad

La criticidad es un indicador para establecer el grado de validez e importancia de activos dentro de un sistema de producción. Para ejecutar pruebas de criticidad se necesita definir el método de prueba y su propósito, también es necesario establecer los criterios de evaluación como mínimo (A), medio (B) o alto (C) y seleccionar el método de evaluación preferible del análisis selectivo (34).

2.3.8. Disponibilidad operativa

Cuando se trata de disponibilidad operativa, esta se refiere a una de las funciones de accesibilidad más útiles, ya que permite a las empresas comprender el desempeño de las operaciones. La disponibilidad del servicio ayuda a las organizaciones a planificar y determinar la cantidad de recursos necesarios para cumplir sus misiones y establecer objetivos comerciales para los desafíos operativos (37).

2.3.9. Mantenibilidad

Esta es una propiedad específica del objeto relacionada con su capacidad para volver a su estado funcional original, al realizar ciertas tareas de mantenimiento particulares. La mantenibilidad es la probabilidad de que un dispositivo falle, vuelva a la operación y lo haga en el menor tiempo posible utilizando un recurso determinado (38).

2.3.10. Productividad

La productividad se refiere a lo que se logra mediante un procedimiento o método, por lo que se espera que el rendimiento aumente con los recursos utilizados para conseguirlo. Se define por la división entre los resultados conseguidos y los recursos utilizados (39).

2.3.11. Plan de mantenimiento

Un plan de mantenimiento se define como un conjunto de tareas de mantenimiento seleccionadas y destinadas a proteger la funcionalidad de un activo, especificando con qué frecuencia se deben realizar y quién es el responsable de realizarlas. La planificación requiere diferentes intervalos de tiempo y debe integrarse en el plan operativo. El trabajo propuesto debe incluir los detalles o requisitos como la evaluación de riesgos y necesidades de seguridad, herramientas, materiales, personal, entre otros (40).

Una planificación adecuada puede reducir significativamente los costos y hacer que la empresa sea más rentable. También brindan los servicios y los cronogramas necesarios para cada máquina de la empresa y no es necesario reparar las máquinas que no lo necesitan, lo que permite ahorrar mucho dinero (36).

2.3.12. Inoperatividad

La inoperatividad crea tiempos muertos donde se incrementa el tiempo que los trabajadores del almacén deben esperar para resolver un problema de mantenimiento o requerir urgentemente de un manejo manual debido a una falla en el equipo, esto puede suceder en los equipos dentro de la empresa (41).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de la investigación

Según lo analizado por Ramón (42), la clasificación de la metodología en la presente investigación fue del tipo deductivo-inductivo, ya que se realizó el análisis de variables, que en este caso son los indicadores de mantenimiento y las fallas de los equipos, separándolos y evaluándolos según las herramientas y estrategias de mantenimiento. Estas fueron aplicadas para obtener un resultado, el cual será la optimización de los planes de mantenimiento que se tienen para realizar el análisis de las perforadoras.

3.1.1. Tipo de la investigación

Según se ha analizado por Arias y Covinos (43), se consideró un tipo de investigación descriptiva, dado que se enfoca en determinar las propiedades, características y perfiles de grupos, comunidades, objetos o fenómenos. Se recogen y miden datos sobre la variable objeto de estudio. En este tipo de investigación se observan, describen y justifican distintos aspectos de un fenómeno, no hay manipulación de variables ni búsqueda de relaciones causa-efecto.

3.1.2. Nivel de la investigación

Según lo explicado por Hernández et al. (44), se pudo ver que el nivel explicativo de las investigaciones tuvo una tendencia a generar nuevos conceptos y aplicaciones en el campo donde fue aplicado, por este motivo la presente investigación fue colocada en este nivel, ya que se analizó y dio la explicación del porqué fueron aplicados los conceptos presentes y cómo estos mejoraron los datos y variables analizadas; ya que al ser evaluada la variable dependiente en función de la independiente y dirigida por la interviniente, se pudo ver la mejora en las perforadoras y la reducción de sus paradas.

3.2. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación, según se indicó por Arias y Covinos (43), fue del tipo no experimental, dado que no hay condiciones experimentales a los que se expongan las variables de investigación, solo se evalúa a los sujetos en su contexto natural sin cambiar las condiciones.

3.3. Población y muestra

Las perforadoras de la unidad minera es la población. Las muestras son 3 perforadoras de la unidad minera.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos que se van a utilizar en la presente investigación son:

- **Análisis documental**

Implica la revisión de las fuentes más actualizadas de conocimiento científico sobre las técnicas de la gestión del mantenimiento y la aplicación del RCM.

- **Análisis presencial o de campo en el área de trabajo**

Aquí se van a recolectar los indicadores, observar el funcionamiento de las perforadoras y determinar el número de fallas que estas van a presentar.

3.4.1. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos que se utilizará son los siguientes:

- Libros de referencia
- Manuales de los equipos
- Base de datos
- Procedimientos de trabajo en el campo

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultado del tratamiento y análisis de la información

4.1.1. Situación actual de las perforadoras modelo T450

- **Presentación de los indicadores de la situación actual**

La presente investigación abarca las perforadoras *Everdigm* modelo T450 que pertenecen a la contrata minera y trabajan de manera ininterrumpida en un yacimiento minero, por lo que durante sus operaciones se genera inconvenientes en los sistemas a causa de las voladuras. A continuación, se establece los vehículos que se seleccionó para la recopilación de datos.

Tabla 14. Equipos seleccionados para la evaluación de indicaciones

Ítem	Tipo de equipo	Área de trabajo	Código interno	Long tal.	Modelo	Tipo	Marca
1.0		Producción	UG - 01	12 pies	T-450	Diésel	<i>Everdigm</i>
2.0	Equipo de perforación n <i>rock drill</i>	Producción	UG - 04	12 pies	T-450	Diésel	<i>Everdigm</i>
3.0		Producción	UG - 07	12 pies	T-450	Diésel	<i>Everdigm</i>

Fuente: Tomada de la ficha técnica la perforadora *Everdigm* T450

Para obtener los indicadores se revisó información relacionada con las operaciones de las perforadoras, siendo la búsqueda con *check list*, registros almacenados y reportes de trabajo que muestra la utilización, observaciones durante fallas e indicadores de mantenimiento como son el MTBF y el MTTR. Por ello, para obtener el tiempo medio entre fallas (MTBF) y tiempo

medio de reparación se registró el número de fallas y el tiempo real que trabajó el equipo, tomando como punto de partida el horómetro que contabiliza las horas de trabajo, es decir, al momento que gira la máquina se encuentra en funcionamiento. A continuación, se presenta el promedio de horas mensuales registradas de cada perforadora teniendo en consideración el anexo 10:

Tabla 15. Horas mensuales registradas en el mes de enero en las perforadoras

Equipo	Equipo N.º	Stand by	Fecha	Turno	Horas prog.	Hora pm	Hora lub.	Hora ins.	Hora mec.	Hora total	Horóm. inicial	Horóm. final	Horas operac.	Horas disponib.	Disponib. mecánica (%)
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	1-Jan	Día	10.5			0.33		0.33	5842.1	5848.4	6.3	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	1-Jan	Día	10.5			0.33		0.33	1622.9	1625.0	2.1	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	1-Jan	Noche	10.5			0.33		0.33	1625.0	1625.0	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	1-Jan	Noche	10.5			0.33		0.33	1625.0	1625.0	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	2-Jan	Día	10.5			0.33		0.33	5857.8	5862.0	4.2	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	2-Jan	Día	10.5			0.33		0.33	1625.0	1625.0	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	2-Jan	Noche	10.5			0.33	7.50	7.83	5862.0	5864.6	2.6	2.7	25.43
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	2-Jan	Noche	10.5			0.33		0.33	1625.0	1625.0	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	3-Jan	Día	10.5			0.00	10.50	10.50	5864.6	5864.6	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	3-Jan	Día	10.5			0.33		0.33	1625.0	1633.5	8.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	3-Jan	Noche	10.5			0.00	10.50	10.50	5864.6	5864.6	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	3-Jan	Noche	10.5			0.33		0.33	1633.5	1633.5	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	4-Jan	Día	10.5			0.00	10.50	10.50	5864.6	5864.6	0.0	0.0	0

Perforadora (PER-04)	PER-04	No	4-Jan	Día	10.5	0.33		0.33	1633.5	1637.5	4.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	4-Jan	Noche	10.5	0.00	10.50	10.50	5864.6	5864.6	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	4-Jan	Noche	10.5	0.33		0.33	1637.5	1646.5	9.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	5-Jan	Día	10.5	0.00	10.50	10.50	5867.0	5867.0	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	5-Jan	Día	10.5	0.33		0.33	1646.5	1652.0	5.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	5-Jan	Noche	10.5	0.00	10.50	10.50	5867.0	5867.0	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	5-Jan	Noche	10.5	0.33	0.17	0.50	1652.0	1661.0	9.0	10.0	95.24
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	6-Jan	Día	10.5	0.00	10.50	10.50	5867.0	5867.0	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	6-Jan	Día	10.5	0.33		0.33	1661.0	1667.0	6.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	6-Jan	Noche	10.5	0.00	10.50	10.50	5867.0	5867.0	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	6-Jan	Noche	10.5	0.33		0.33	1667.0	1676.0	9.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	7-Jan	Día	10.5	0.00	10.50	10.50	5867.0	5867.0	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	7-Jan	Día	10.5	0.33		0.33	1676.0	1684.5	8.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	7-Jan	Noche	10.5	0.33	2.50	2.83	5867.0	5877.4	10.4	7.7	73.05

Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	7-Jan	Noche	10.5		0.33	9.50	9.83	1684.5	1685.3	0.8	0.7	6.38
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	8-Jan	Día	10.5		0.33	0.33	0.66	5877.4	5883.5	6.1	9.8	93.71
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	8-Jan	Día	10.5		0.33	3.50	3.83	1685.3	1685.3	0.0	6.7	63.52
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	8-Jan	Noche	10.5	0.75	0.33		1.08	5883.5	5892.4	8.9	9.4	89.71
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	8-Jan	Noche	10.5		0.33	7.50	7.83	1685.3	1685.3	0.0	2.7	25.43
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	9-Jan	Día	10.5		0.33	0.25	0.58	5892.4	5898.3	5.9	9.9	94.48
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	9-Jan	Día	10.5		0.00	10.50	10.50	1685.3	1685.3	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	9-Jan	Noche	10.5		0.33		0.33	5898.3	5906.4	8.1	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	9-Jan	Noche	10.5		0.00	10.50	10.50	1685.3	1685.3	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	10-Jan	Día	10.5		0.33	4.33	4.66	5906.4	5910.4	4.0	5.8	55.62
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	10-Jan	Día	10.5		0.33	0.42	0.75	1685.3	1690.5	5.2	9.8	92.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	10-Jan	Noche	10.5		0.33	1.50	1.83	5910.4	5919.2	8.8	8.7	82.57
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	10-Jan	Noche	10.5		0.33		0.33	1690.5	1700.0	9.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	11-Jan	Día	10.5		0.33	0.50	0.83	5919.2	5925.3	6.1	9.7	92.10

Perforadora (PER-04)	PER-04	No	11-Jan	Día	10.5		0.33	0.33	1700.0	1706.5	6.5	10.2	96.86	
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	11-Jan	Noche	10.5		0.33	0.33	5925.3	5934.6	9.3	10.2	96.86	
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	11-Jan	Noche	10.5		0.33	0.33	1706.5	1715.5	9.0	10.2	96.86	
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	12-Jan	Día	10.5		0.33	0.25	0.58	5934.6	5941.2	6.6	9.9	94.48
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	12-Jan	Día	10.5		0.33	0.17	0.50	1715.5	1723.0	7.5	10.0	95.24
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	12-Jan	Noche	10.5		0.33	0.50	0.83	5941.2	5950.2	9.0	9.7	92.10
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	12-Jan	Noche	10.5		0.33	0.33	0.66	1723.0	1728.0	5.0	9.8	93.71
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	13-Jan	Día	10.5		0.33	0.67	1.00	5950.2	5956.4	6.2	9.5	90.48
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	13-Jan	Día	10.5	0.17	0.33		0.50	1728.0	1734.0	6.0	10.0	95.24
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	13-Jan	Noche	10.5		0.33	5.00	5.33	5956.4	5962.6	6.2	5.2	49.24
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	13-Jan	Noche	10.5		0.33	0.50	0.83	1734.0	1742.5	8.5	9.7	92.10
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	14-Jan	Día	10.5		0.00	10.50	10.50	5962.6	5962.6	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	14-Jan	Día	10.5		0.33		0.33	1742.5	1750.0	7.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	14-Jan	Noche	10.5		0.00	10.50	10.50	5962.6	5962.6	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	14-Jan	Noche	10.5		0.33	0.33	0.66	1750.0	1759.0	9.0	9.8	93.71

Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	15-Jan	Día	10.5	0.00	10.50	10.50	5964.0	5964.0	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	15-Jan	Día	10.5	0.00	10.50	10.50	1760.5	1760.5	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	15-Jan	Noche	10.5	0.33		0.33	5964.0	5973.0	9.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	15-Jan	Noche	10.5	0.00	10.50	10.50	1760.5	1760.5	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	16-Jan	Día	10.5	0.33	4.00	4.33	5973.0	5978.2	5.2	6.2	58.76
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	16-Jan	Día	10.5	0.00	10.50	10.50	1760.5	1760.5	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	16-Jan	Noche	10.5	0.33	9.50	9.83	5978.2	5978.2	0.0	0.7	6.38
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	16-Jan	Noche	10.5	0.00	10.50	10.50	1760.5	1760.5	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	17-Jan	Día	10.5	0.00	10.50	10.50	5978.2	5978.2	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	17-Jan	Día	10.5	0.00	10.50	10.50	1761.6	1761.6	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	17-Jan	Noche	10.5	0.00	10.50	10.50	5978.2	5978.2	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	17-Jan	Noche	10.5	0.33	0.50	0.83	1761.6	1767.9	6.3	9.7	92.10
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	18-Jan	Día	10.5	0.00	10.50	10.50	5978.2	5978.2	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	18-Jan	Día	10.5	0.33		0.33	1767.9	1772.0	4.1	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	18-Jan	Noche	10.5	0.00	10.50	10.50	5978.2	5978.2	0.0	0.0	0

Perforadora (PER-04)	PER-04	No	18-Jan	Noche	10.5	0.33		0.33	1779.0	1779.0	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	19-Jan	Día	10.5	0.00	10.50	10.50	5978.2	5978.2	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	19-Jan	Día	10.5	0.33		0.33	1772.0	1780.0	8.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	19-Jan	Noche	10.5	0.00	10.50	10.50	5978.2	5978.2	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	19-Jan	Noche	10.5	0.33	0.83	1.16	1780.0	1787.5	7.5	9.3	88.95
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	20-Jan	Día	10.5	0.00	10.50	10.50	5978.2	5978.2	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	20-Jan	Día	10.5	0.33		0.33	1787.5	1796.3	8.8	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	20-Jan	Noche	10.5	0.00	10.50	10.50	5978.2	5978.2	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	20-Jan	Noche	10.5	0.33		0.33	1796.3	1806.0	9.7	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	21-Jan	Día	10.5	0.00	10.50	10.50	5978.2	5978.2	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	21-Jan	Día	10.5	0.33		0.33	1806.0	1812.2	6.2	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	21-Jan	Noche	10.5	0.00	10.50	10.50	5978.2	5978.2	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	21-Jan	Noche	10.5	0.33		0.33	1812.2	1812.2	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	22-Jan	Día	10.5	0.00	10.50	10.50	5978.2	5978.2	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	22-Jan	Día	10.5	0.33		0.33	1812.2	1819.9	7.7	10.2	96.86

Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	22-Jan	Noche	10.5	0.00	10.50	10.50	5978.2	5978.2	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	22-Jan	Noche	10.5	0.33		0.33	1819.9	1829.7	9.8	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	23-Jan	Día	10.5	0.00	10.50	10.50	5978.2	5978.2	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	23-Jan	Día	10.5	0.33		0.33	1829.7	1836.0	6.3	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	23-Jan	Noche	10.5	0.00	10.50	10.50	5978.2	5978.2	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	23-Jan	Noche	10.5	0.33		0.33	1836.0	1844.5	8.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	24-Jan	Día	10.5	0.33	7.00	7.33	5984.0	5987.0	3.0	3.2	30.19
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	24-Jan	Día	10.5	0.33		0.33	1844.5	1850.2	5.7	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	24-Jan	Noche	10.5	0.33		0.33	5987.0	5997.0	10.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	24-Jan	Noche	10.5	0.33		0.33	1850.2	1859.5	9.3	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	25-Jan	Día	10.5	0.33	8.00	8.33	5997.0	5999.0	2.0	2.2	20.67
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	25-Jan	Día	10.5	0.33		0.33	1859.5	1867.2	7.7	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	25-Jan	Noche	10.5	0.00	10.50	10.50	5999.0	5999.0	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	25-Jan	Noche	10.5	0.33		0.33	1867.2	1876.5	9.3	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	26-Jan	Día	10.5	0.33	1.67	2.00	5999.0	6002.5	3.5	8.5	80.95

Perforadora (PER-04)	PER-04	No	26-Jan	Día	10.5	0.33		0.33	1876.5	1886.5	10.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	26-Jan	Noche	10.5	0.00	10.50	10.50	6002.5	6002.5	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	26-Jan	Noche	10.5	0.33		0.33	1886.5	1896.5	10.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	27-Jan	Día	10.5	0.33		0.33	6002.5	6007.0	4.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	27-Jan	Día	10.5	0.33		0.33	1896.5	1906.0	9.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	27-Jan	Noche	10.5	0.33		0.33	6007.0	6016.5	9.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	27-Jan	Noche	10.5	0.33		0.33	1906.0	1914.9	8.9	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	28-Jan	Día	10.5	0.33		0.33	6016.5	6022.5	6.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	28-Jan	Día	10.5	0.33		0.33	1914.9	1918.0	3.1	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	Sí	28-Jan	Día	10.5	0.33		0.33	17.2	17.2	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	28-Jan	Noche	10.5	0.33		0.33	6022.5	6028.0	5.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	28-Jan	Noche	10.5	0.33		0.33	1918.0	1923.5	5.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	Sí	28-Jan	Noche	10.5	0.33		0.33	17.2	17.2	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	29-Jan	Día	10.5	0.33		0.33	6028.0	6034.0	6.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	29-Jan	Día	10.5	0.33		0.33	1923.5	1929.4	5.9	10.2	96.86

Perforadora (PER-07)	PER-07	Sí	29-Jan	Día	10.5	0.33		0.33	17.2	17.2	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	29-Jan	Noche	10.5	0.33		0.33	6034.0	6037.0	3.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	29-Jan	Noche	10.5	0.33		0.33	1929.4	1939.0	9.6	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	Sí	29-Jan	Noche	10.5	0.33		0.33	17.2	17.2	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	30-Jan	Día	10.5	0.33	0.25	0.58	6037.0	6046.0	9.0	9.9	94.48
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	30-Jan	Día	10.5	0.33	0.50	0.83	1939.0	1947.4	8.4	9.7	92.10
Perforadora (PER-07)	PER-07	Sí	30-Jan	Día	10.5	0.33		0.33	17.2	17.2	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	30-Jan	Noche	10.5	0.33	0.17	0.50	6046.0	6054.5	8.5	10.0	95.24
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	30-Jan	Noche	10.5	0.33		0.33	1947.4	1947.4	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	Sí	30-Jan	Noche	10.5	0.33		0.33	17.2	17.2	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	31-Jan	Día	10.5	0.33		0.33	6054.5	6055.0	0.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	31-Jan	Día	10.5	0.33		4.00	1947.4	1948.3	0.9	6.5	61.90
Perforadora (PER-07)	PER-07	Sí	31-Jan	Día	10.5	0.33		0.33	17.2	22.0	4.8	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	31-Jan	Noche	10.5	0.33		0.33	6055.0	6064.0	9.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	31-Jan	Noche	10.5	0.33		0.33	1948.3	1948.3	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	Sí	31-Jan	Noche	10.5	0.33		0.33	22.0	22.0	0.0	10.2	96.86

Tabla 16. Horas mensuales registradas en el mes de febrero en las perforadoras

Equipo	Equipo N.º	Stand by	Fecha	Turno	Horas prog.	Horas p. m.	Horas lub.	Horas ins.	Horas mec.	Horas tot.	Horóm. inicial	Horóm. final	Horas operación	Horas disponibles	Disponib. mecánica (%)
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	1-Feb	Día	10.5			0.33	1.00	1.33	6064.0	6071.5	7.5	9.2	87.33
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	1-Feb	Día	10.5			0.33	2.49	2.82	1948.3	1954.9	6.6	7.7	73.14
Perforadora (PER-07)	PER-07	Sí	1-Feb	Día	10.5			0.33		0.33	22.0	22.0	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	1-Feb	Noche	10.5			0.33		0.33	6071.5	6077.5	6.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	1-Feb	Noche	10.5			0.33	0.42	0.75	1954.9	1960.4	5.5	9.8	92.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	Sí	1-Feb	Noche	10.5			0.33		0.33	22.0	22.0	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	2-Feb	Día	10.5			0.33		0.33	6077.5	6077.5	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	2-Feb	Día	10.5			0.33		0.33	1960.4	1969.3	8.9	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	2-Feb	Día	10.5			0.33		0.33	22.0	31.0	9.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	2-Feb	Noche	10.5			0.33		0.33	6077.5	6077.5	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	2-Feb	Noche	10.5			0.33		0.33	1969.3	1979.3	10.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	2-Feb	Noche	10.5			0.33		0.33	31.0	40.5	9.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	3-Feb	Día	10.5			0.33		0.33	6077.5	6077.5	0.0	10.2	96.86

Perforadora (PER-04)	PER-04	No	3-Feb	Día	10.5	0.33	1.00	1.33	1979.3	1987.5	8.2	9.2	87.33
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	3-Feb	Día	10.5	0.33		0.33	40.5	49.0	8.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	3-Feb	Noche	10.5	0.33		0.33	6077.5	6077.5	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	3-Feb	Noche	10.5	0.33	0.33	0.66	1987.5	1996.8	9.3	9.8	93.71
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	3-Feb	Noche	10.5	0.33	0.50	0.83	49.0	57.0	8.0	9.7	92.10
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	4-Feb	Día	10.5	0.33		0.33	6077.5	6085.5	8.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	4-Feb	Día	10.5	0.33	8.80	9.13	1996.8	1998.1	1.3	1.4	13.05
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	4-Feb	Día	10.5	0.33	1.00	1.33	57.0	65.0	8.0	9.2	87.33
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	4-Feb	Noche	10.5	0.33		0.33	6085.5	6085.5	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	4-Feb	Noche	10.5	0.33		0.33	1998.1	2008.3	10.2	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	4-Feb	Noche	10.5	0.33		0.33	65.0	73.5	8.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	5-Feb	Día	10.5	0.33	0.67	1.00	6085.5	6092.5	7.0	9.5	90.48
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	5-Feb	Día	10.5	0.33		0.33	2008.3	2017.0	8.7	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	Sí	5-Feb	Día	10.5	0.33	8.50	8.83	73.5	75.0	1.5	1.7	15.90
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	5-Feb	Noche	10.5	0.33		0.33	6092.5	6092.5	0.0	10.2	96.86

Perforadora (PER-04)	PER-04	No	5-Feb	Noche	10.5	0.33	0.33	0.66	2017.0	2026.8	9.8	9.8	93.71
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	5-Feb	Noche	10.5	0.33		0.33	75.0	83.5	8.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	6-Feb	Día	10.5	0.33		0.33	6092.5	6092.5	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	6-Feb	Día	10.5	0.33		0.33	2026.8	2028.2	1.4	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	6-Feb	Día	10.5	0.33		0.33	83.5	92.0	8.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	6-Feb	Noche	10.5	0.33		0.33	6092.5	6092.5	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	6-Feb	Noche	10.5	0.33		0.33	2028.2	2038.4	10.2	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	6-Feb	Noche	10.5	0.33		0.33	92.0	101.0	9.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	7-Feb	Día	10.5	0.33		0.33	6092.5	6095.5	3.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	7-Feb	Día	10.5	0.33	4.00	4.33	2038.4	2042.5	4.1	6.2	58.76
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	7-Feb	Día	10.5	0.33		0.33	101.0	110.5	9.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	7-Feb	Noche	10.5	0.33		0.33	6095.5	6095.5	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	7-Feb	Noche	10.5	0.33		0.33	2042.5	2052.0	9.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	7-Feb	Noche	10.5	0.33	1.00	1.33	110.5	119.0	8.5	9.2	87.33
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	8-Feb	Día	10.5	0.33		0.33	6095.5	6095.5	0.0	10.2	96.86

Perforadora (PER-04)	PER-04	No	8-Feb	Día	10.5	0.33		0.33	2052.0	2054.6	2.6	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	8-Feb	Día	10.5	0.33	0.50	0.83	119.0	126.0	7.0	9.7	92.10
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	8-Feb	Noche	10.5	0.33		0.33	6095.5	6095.5	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	8-Feb	Noche	10.5	0.33		0.33	2054.6	2063.6	9.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	8-Feb	Noche	10.5	0.33		0.33	126.0	126.0	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	9-Feb	Día	10.5	0.33		0.33	6095.5	6095.5	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	9-Feb	Día	10.5	0.33		0.33	2063.6	2071.5	7.9	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	9-Feb	Día	10.5	0.33	0.50	0.83	126.0	134.5	8.5	9.7	92.10
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	9-Feb	Noche	10.5	0.33		0.33	6095.5	6095.5	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	9-Feb	Noche	10.5	0.33		0.33	2071.5	2080.4	8.9	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	9-Feb	Noche	10.5	0.33		0.33	134.5	144.0	9.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	10-Feb	Día	10.5	0.33	2.00	2.33	6095.5	6095.5	0.0	8.2	77.81
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	10-Feb	Día	10.5	0.33		0.33	2080.4	2087.1	6.7	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	10-Feb	Día	10.5	0.33	2.75	3.08	144.0	149.5	5.5	7.4	70.67
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	10-Feb	Noche	10.5	0.33		0.33	6095.5	6095.5	0.0	10.2	96.86

Perforadora (PER-04)	PER-04	No	10-Feb	Noche	10.5	0.33	1.25	1.58	2087.1	2095.3	8.2	8.9	84.95
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	10-Feb	Noche	10.5	0.33	0.50	0.83	149.5	159.0	9.5	9.7	92.10
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	11-Feb	Día	10.5	0.33	1.00	1.33	6095.5	6103.5	8.0	9.2	87.33
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	11-Feb	Día	10.5	0.33		0.33	2095.3	2101.9	6.6	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	Sí	11-Feb	Día	10.5	0.00	10.50	10.50	159.0	159.0	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	11-Feb	Noche	10.5	0.33		0.33	6103.5	6108.0	4.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	11-Feb	Noche	10.5	0.33		0.33	2101.9	2111.0	9.1	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	Sí	11-Feb	Noche	10.5	0.33		0.33	159.0	159.0	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	12-Feb	Día	10.5	0.33		0.33	6108.0	6108.0	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	12-Feb	Día	10.5	0.33		0.33	2111.0	2116.2	5.2	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	12-Feb	Día	10.5	0.33	0.50	0.83	159.0	166.0	7.0	9.7	92.10
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	12-Feb	Noche	10.5	0.33		0.33	6108.0	6108.0	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	12-Feb	Noche	10.5	0.33		0.33	2116.2	2124.7	8.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	12-Feb	Noche	10.5	0.33		0.33	166.0	173.0	7.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	13-Feb	Día	10.5	0.33		0.33	6108.0	6108.0	0.0	10.2	96.86

Perforadora (PER-04)	PER-04	No	13-Feb	Día	10.5	0.33	0.33	2124.7	2125.7	1.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	13-Feb	Día	10.5	0.33	0.33	173.0	175.5	2.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	13-Feb	Noche	10.5	0.33	0.33	6108.0	6108.0	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	13-Feb	Noche	10.5	0.33	0.33	2125.7	2135.3	9.6	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	13-Feb	Noche	10.5	0.33	0.33	175.5	175.5	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	14-Feb	Día	10.5	0.33	0.33	6108.0	6108.0	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	14-Feb	Día	10.5	0.33	0.33	2135.3	2138.9	3.6	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	14-Feb	Día	10.5	0.33	0.33	175.5	183.0	7.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	14-Feb	Noche	10.5	0.33	0.33	6108.0	6108.0	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	14-Feb	Noche	10.5	0.33	0.33	2138.9	2147.0	8.1	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	14-Feb	Noche	10.5	0.33	0.33	183.0	192.0	9.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	15-Feb	Día	10.5	0.33	0.33	6108.0	6108.0	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	15-Feb	Día	10.5	0.33	0.33	2147.0	2155.0	8.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	15-Feb	Día	10.5	0.33	0.33	192.0	199.5	7.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	15-Feb	Noche	10.5	0.33	0.33	6108.0	6108.0	0.0	10.2	96.86

Perforadora (PER-04)	PER-04	No	15-Feb	Noche	10.5	0.33		0.33	2155.0	2161.3	6.3	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	15-Feb	Noche	10.5	0.33		0.33	199.5	209.0	9.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	16-Feb	Día	10.5	0.33		0.33	6108.0	6108.0	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	16-Feb	Día	10.5	0.33		0.33	2161.3	2162.0	0.7	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	16-Feb	Día	10.5	0.33	1.00	1.33	209.0	211.5	2.5	9.2	87.33
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	16-Feb	Noche	10.5	0.33		0.33	6108.0	6108.0	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	16-Feb	Noche	10.5	0.33	0.33	0.66	2162.0	2171.5	9.5	9.8	93.71
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	16-Feb	Noche	10.5	0.33		0.33	211.5	220.5	9.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	17-Feb	Día	10.5	0.33		0.33	6108.0	6108.0	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	17-Feb	Día	10.5	0.33		0.33	2171.5	2178.5	7.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	17-Feb	Día	10.5	0.33		0.33	220.5	226.0	5.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	17-Feb	Noche	10.5	0.33	0.50	0.83	6110.7	6119.2	8.5	9.7	92.10
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	17-Feb	Noche	10.5	0.33		0.33	2178.5	2178.5	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	17-Feb	Noche	10.5	0.33		0.33	226.0	234.5	8.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	18-Feb	Día	10.5	0.33		0.33	6119.2	6125.0	5.8	10.2	96.86

Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	18-Feb	Día	10.5	4.00	0.33	4.33	2178.5	2178.5	0.0	6.2	58.76
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	18-Feb	Día	10.5		0.33	0.33	234.5	239.0	4.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	18-Feb	Noche	10.5		0.33	0.33	6125.0	6131.0	6.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	18-Feb	Noche	10.5		0.33	0.33	2178.5	2178.5	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	18-Feb	Noche	10.5		0.33	0.33	239.0	246.0	7.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	19-Feb	Día	10.5		0.33	0.33	6131.0	6138.5	7.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	19-Feb	Día	10.5		0.33	0.33	2178.5	2178.5	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	Sí	19-Feb	Día	10.5	4.50	0.33	4.83	246.0	248.0	2.0	5.7	54.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	19-Feb	Noche	10.5		0.33	0.33	6138.5	6143.0	4.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	19-Feb	Noche	10.5		0.33	0.33	2178.5	2178.5	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	19-Feb	Noche	10.5		0.33	0.33	248.0	253.0	5.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	20-Feb	Día	10.5		0.33	0.33	6143.0	6151.8	8.8	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	20-Feb	Día	10.5		0.33	0.33	2178.5	2178.5	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	20-Feb	Día	10.5		0.33	0.33	253.0	261.0	8.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	20-Feb	Noche	10.5		0.33	0.33	6151.8	6153.9	2.1	10.2	96.86

Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	20-Feb	Noche	10.5	0.33	0.33	2178.5	2178.5	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	20-Feb	Noche	10.5	0.33	0.33	261.0	263.0	2.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	21-Feb	Día	10.5	0.33	0.33	6153.9	6153.9	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	21-Feb	Día	10.5	0.33	0.33	2179.6	2183.5	3.9	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	21-Feb	Día	10.5	0.33	0.33	263.0	270.5	7.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	21-Feb	Noche	10.5	0.33	0.33	6153.9	6153.9	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	21-Feb	Noche	10.5	0.33	0.33	2183.5	2186.8	3.3	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	21-Feb	Noche	10.5	0.33	0.33	270.5	274.0	3.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	22-Feb	Día	10.5	0.33	0.33	6153.9	6153.9	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	22-Feb	Día	10.5	0.33	0.33	2186.8	2193.3	6.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	22-Feb	Día	10.5	0.33	0.33	274.0	280.5	6.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	22-Feb	Noche	10.5	0.33	0.33	6153.9	6153.9	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	22-Feb	Noche	10.5	0.33	0.33	2193.3	2202.4	9.1	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	22-Feb	Noche	10.5	0.33	0.33	280.5	290.5	10.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	23-Feb	Día	10.5	0.33	0.33	6153.9	6153.9	0.0	10.2	96.86

Perforadora (PER-04)	PER-04	No	23-Feb	Día	10.5	0.33	0.33	2202.4	2208.6	6.2	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	23-Feb	Día	10.5	0.33	0.33	290.5	296.5	6.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	23-Feb	Noche	10.5	0.33	0.33	6153.9	6153.9	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	23-Feb	Noche	10.5	0.33	0.33	2208.6	2212.5	3.9	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	23-Feb	Noche	10.5	0.33	0.33	296.5	301.0	4.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	24-Feb	Día	10.5	0.33	0.33	6153.9	6153.9	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	24-Feb	Día	10.5	0.33	0.33	2212.5	2215.0	2.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	24-Feb	Día	10.5	0.33	0.33	301.0	304.0	3.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	24-Feb	Noche	10.5	0.33	0.33	6153.9	6153.9	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	24-Feb	Noche	10.5	0.33	0.33	2215.0	2223.1	8.1	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	24-Feb	Noche	10.5	0.33	0.33	304.0	314.0	10.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	25-Feb	Día	10.5	0.33	0.33	6153.9	6153.9	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	25-Feb	Día	10.5	0.33	0.33	2223.1	2229.8	6.7	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	25-Feb	Día	10.5	0.33	0.33	314.0	315.5	1.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	25-Feb	Noche	10.5	0.33	0.33	6153.9	6153.9	0.0	10.2	96.86

Perforadora (PER-04)	PER-04	No	25-Feb	Noche	10.5	0.33	0.33	2229.8	2234.4	4.6	10.2	96.86	
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	25-Feb	Noche	10.5	0.33	0.33	315.5	322.0	6.5	10.2	96.86	
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	26-Feb	Día	10.5	0.33	0.33	6153.9	6153.9	0.0	10.2	96.86	
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	26-Feb	Día	10.5	0.33	0.33	2234.4	2239.7	5.3	10.2	96.86	
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	26-Feb	Día	10.5	0.33	0.33	322.0	325.0	3.0	10.2	96.86	
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	26-Feb	Noche	10.5	0.33	0.33	6153.9	6153.9	0.0	10.2	96.86	
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	26-Feb	Noche	10.5	0.33	0.33	2239.7	2249.3	9.6	10.2	96.86	
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	26-Feb	Noche	10.5	0.33	0.33	325.0	335.5	10.5	10.2	96.86	
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	27-Feb	Día	10.5	0.33	0.33	6153.9	6153.9	0.0	10.2	96.86	
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	27-Feb	Día	10.5	0.33	0.50	0.83	2249.3	2256.4	7.1	9.7	92.10
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	27-Feb	Día	10.5	0.33	0.75	335.5	344.0	8.5	9.8	92.86	
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	27-Feb	Noche	10.5	0.33	0.33	6153.9	6153.9	0.0	10.2	96.86	
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	27-Feb	Noche	10.5	0.33	0.33	2256.4	2265.8	9.4	10.2	96.86	
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	27-Feb	Noche	10.5	0.33	0.33	344.0	354.0	10.0	10.2	96.86	
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	28-Feb	Día	10.5	0.33	0.33	6153.9	6153.9	0.0	10.2	96.86	

Perforadora (PER-04)	PER-04	No	28-Feb	Día	10.5	0.33	0.33	2265.8	2272.6	6.8	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	28-Feb	Día	10.5	0.33	0.33	354.0	357.0	3.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	28-Feb	Noche	10.5	0.33	0.33	6153.9	6153.9	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	28-Feb	Noche	10.5	0.33	0.33	2272.6	2277.6	5.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	28-Feb	Noche	10.5	0.33	0.33	362.5	366.0	3.5	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01		1-Mar	Día	10.5	0.33	0.33	0.0	0.0	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04		1-Mar	Día	10.5	0.33	0.33	0.0	0.0	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07		1-Mar	Día	10.5	0.33	0.33	0.0	0.0	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01		1-Mar	Noche	10.5	0.33	0.33	0.0	0.0	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04		1-Mar	Noche	10.5	0.33	0.33	0.0	0.0	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07		1-Mar	Noche	10.5	0.33	0.33	0.0	0.0	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01		2-Mar	Día	10.5	0.33	0.33	0.0	0.0	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04		2-Mar	Día	10.5	0.33	0.33	0.0	0.0	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07		2-Mar	Día	10.5	0.33	0.33	0.0	0.0	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01		2-Mar	Noche	10.5	0.33	0.33	0.0	0.0	0.0	10.2	96.86

Perforadora (PER-04)	PER-04	2-Mar	Noche	10.5	0.33	0.33	0.0	0.0	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	2-Mar	Noche	10.5	0.33	0.33	0.0	0.0	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	3-Mar	Día	10.5	0.33	0.33	0.0	0.0	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	3-Mar	Día	10.5	0.33	0.33	0.0	0.0	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	3-Mar	Día	10.5	0.33	0.33	0.0	0.0	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	3-Mar	Noche	10.5	0.33	0.33	0.0	0.0	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	3-Mar	Noche	10.5	0.33	0.33	0.0	0.0	0.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	3-Mar	Noche	10.5	0.33	0.33	0.0	0.0	0.0	10.2	96.86

Tabla 17. Horas mensuales registradas en el mes de marzo en las perforadoras

Equipo	Equipo N.º	Stand by	Fecha	Turno	Horas prog.	Horas p. m.	Horas lub.	Horas mec.	Horas elec.	Horas sol.	Horas acc.	Horas tot.	Horóm. inicial	Horóm. final	Horas oper.	Horas disp.	Dispon. mecán. (%)
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	1-Mar	Día	10.5							0.00	6153.9	6159.1	5.2	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	1-Mar	Día	10.5			5.00				5.00	2277.6	2278.6	1.0	5.5	52.38
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	1-Mar	Día	10.5							0.00	366.0	368.5	2.5	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	1-Mar	Noche	10.5							0.00	6159.1	6168.4	9.3	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	1-Mar	Noche	10.5							0.00	2278.6	2278.6	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	1-Mar	Noche	10.5							0.00	368.5	377.5	9.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	2-Mar	Día	10.5							0.00	6168.4	6171.0	2.6	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	2-Mar	Día	10.5			1.00				1.00	2278.6	2287.1	8.5	9.5	90.48
Perforadora (PER-07)	PER-07	Sí	2-Mar	Día	10.5			2.50				2.50	377.5	383.5	6.0	8.0	76.19
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	2-Mar	Noche	10.5							0.00	6171.0	6171.0	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	2-Mar	Noche	10.5			2.00				2.00	2287.1	2295.3	8.2	8.5	80.95
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	2-Mar	Noche	10.5			0.50				0.50	383.5	391.5	8.0	10.0	95.24

Perforadora (PER-01)	PER-01	No	3-Mar	Día	10.5	3.33	3.33	6171.0	6176.0	5.0	7.2	68.29
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	3-Mar	Día	10.5	5.00	5.00	2295.3	2299.4	4.1	5.5	52.38
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	3-Mar	Día	10.5		0.00	391.5	401.0	9.5	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	3-Mar	Noche	10.5		0.00	6176.0	6184.8	8.8	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	3-Mar	Noche	10.5		0.00	2299.4	2299.4	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	3-Mar	Noche	10.5	3.50	3.50	401.0	406.5	5.5	7.0	66.67
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	4-Mar	Día	10.5		0.00	6184.8	6190.3	5.5	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	4-Mar	Día	10.5	1.00	1.00	2299.4	2299.4	0.0	9.5	90.48
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	4-Mar	Día	10.5		0.00	406.5	412.5	6.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	4-Mar	Noche	10.5		0.00	6190.3	6190.3	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	4-Mar	Noche	10.5		0.00	2299.4	2306.4	7.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	4-Mar	Noche	10.5	0.50	0.50	412.5	421.0	8.5	10.0	95.24
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	5-Mar	Día	10.5	7.00	7.00	6191.1	6194.2	3.1	3.5	33.33
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	5-Mar	Día	10.5		0.00	2306.2	2306.2	0.0	10.5	100.00

Perforadora (PER-07)	PER-07	No	5-Mar	Día	10.5		0.00	421.0	430.0	9.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	5-Mar	Noche	10.5	1.00	1.00	6194.2	6201.3	7.1	9.5	90.48
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	5-Mar	Noche	10.5		0.00	2306.2	2306.2	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	5-Mar	Noche	10.5		0.00	430.0	437.0	7.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	6-Mar	Día	10.5	2.33	2.33	6201.3	6205.4	4.1	8.2	77.81
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	6-Mar	Día	10.5		0.00	2306.2	2306.2	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	6-Mar	Día	10.5	0.33	0.33	437.0	439.0	2.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	6-Mar	Noche	10.5	0.17	0.17	6205.4	6210.5	5.1	10.3	98.38
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	6-Mar	Noche	10.5		0.00	2306.2	2306.2	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	6-Mar	Noche	10.5		0.00	439.0	439.0	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	7-Mar	Día	10.5		0.00	6210.5	6214.6	4.1	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	7-Mar	Día	10.5		0.00	2306.2	2306.2	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	7-Mar	Día	10.5		0.00	439.0	443.5	4.5	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	7-Mar	Noche	10.5		0.00	6214.6	6217.6	3.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	7-Mar	Noche	10.5		0.00	2306.2	2306.2	0.0	10.5	100.00

Perforadora (PER-07)	PER-07	No	7-Mar	Noche	10.5	0.33	0.33	443.5	450.5	7.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	8-Mar	Día	10.5		0.00	6217.6	6222.2	4.6	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	8-Mar	Día	10.5		0.00	2306.2	2306.2	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	8-Mar	Día	10.5		0.00	450.5	458.0	7.5	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	8-Mar	Noche	10.5		0.00	6222.2	6231.1	8.9	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	8-Mar	Noche	10.5		0.00	2306.2	2306.2	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	8-Mar	Noche	10.5		0.00	458.0	467.5	9.5	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	9-Mar	Día	10.5	9.50	9.50	6231.1	6231.7	0.6	1.0	9.52
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	9-Mar	Día	10.5		0.00	2306.2	2311.5	5.3	10.5	100.00
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	9-Mar	Día	10.5	1.33	1.33	467.5	475.5	8.0	9.2	87.33
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	9-Mar	Noche	10.5	1.83	1.83	6232.5	6232.5	0.0	8.7	82.57
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	9-Mar	Noche	10.5	2.50	2.50	2311.5	2320.1	8.6	8.0	76.19
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	9-Mar	Noche	10.5	2.50	2.50	475.5	481.5	6.0	8.0	76.19
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	10-Mar	Día	10.5		0.00	6232.5	6232.5	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	10-Mar	Día	10.5		0.00	2320.1	2326.9	6.8	10.5	100.00

Perforadora (PER-07)	PER-07	No	10-Mar	Día	10.5		1.00	1.00	481.5	485.0	3.5	9.5	90.48
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	10-Mar	Noche	10.5			0.00	6232.5	6232.5	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	10-Mar	Noche	10.5		0.33	0.33	2326.9	2333.2	6.3	10.2	96.86
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	10-Mar	Noche	10.5			0.00	485.0	485.0	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	11-Mar	Día	10.5			0.00	6234.5	6243.5	9.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	11-Mar	Día	10.5		1.00	1.00	2333.2	2333.2	0.0	9.5	90.48
Perforadora (PER-07)	PER-07	Sí	11-Mar	Día	10.5	5.00		5.00	485.0	488.6	3.6	5.5	52.38
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	11-Mar	Noche	10.5		0.33	0.33	6243.5	6252.5	9.0	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	11-Mar	Noche	10.5			0.00	2333.2	2333.2	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-07)	PER-07	Sí	11-Mar	Noche	10.5			0.00	488.6	488.6	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	12-Mar	Día	10.5			0.00	6252.5	6255.2	2.7	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	12-Mar	Día	10.5			0.00	2333.2	2333.2	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-07)	PER-07	Sí	12-Mar	Día	10.5			0.00	488.6	488.6	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	12-Mar	Noche	10.5			0.00	6255.2	6264.2	9.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	12-Mar	Noche	10.5			0.00	2333.2	2333.2	0.0	10.5	100.00

Perforadora (PER-07)	PER-07	Sí	12-Mar	Noche	10.5		0.00	488.6	488.6	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	13-Mar	Día	10.5	1.17	1.17	6264.2	6270.2	6.0	9.3	88.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	13-Mar	Día	10.5		0.00	2333.2	2333.2	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-07)	PER-07	Sí	13-Mar	Día	10.5		0.00	488.6	488.6	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	13-Mar	Noche	10.5	0.25	0.25	6270.2	6279.8	9.6	10.3	97.62
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	13-Mar	Noche	10.5		0.00	2333.2	2333.2	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-07)	PER-07	Sí	13-Mar	Noche	10.5		0.00	488.6	488.6	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	14-Mar	Día	10.5		0.00	6279.8	6279.8	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	14-Mar	Día	10.5		0.00	2333.2	2337.7	4.5	10.5	100.00
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	14-Mar	Día	10.5		0.00	488.6	488.6	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	14-Mar	Noche	10.5		0.00	6279.8	6279.8	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	14-Mar	Noche	10.5	0.58	0.58	2337.7	2344.1	6.4	9.9	94.48
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	14-Mar	Noche	10.5		0.00	488.6	488.6	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	15-Mar	Día	10.5		0.00	6279.8	6279.8	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	15-Mar	Día	10.5	0.50	0.50	2344.1	2354.0	9.9	10.0	95.24

Perforadora (PER-07)	PER-07	No	15-Mar	Día	10.5		0.00	488.6	488.6	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	15-Mar	Noche	10.5		0.00	6279.8	6279.8	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	15-Mar	Noche	10.5		0.00	2354.0	2361.8	7.8	10.5	100.00
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	15-Mar	Noche	10.5		0.00	488.6	488.6	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	16-Mar	Día	10.5		0.00	6279.8	6279.8	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	16-Mar	Día	10.5	0.50	0.50	2361.8	2368.3	6.5	10.0	95.24
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	16-Mar	Día	10.5		0.00	488.6	490.5	1.9	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	16-Mar	Noche	10.5		0.00	6279.8	6279.8	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	16-Mar	Noche	10.5	0.17	0.17	2368.3	2376.7	8.4	10.3	98.38
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	16-Mar	Noche	10.5	2.50	2.50	490.5	497.5	7.0	8.0	76.19
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	17-Mar	Día	10.5		0.00	6279.8	6279.8	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	17-Mar	Día	10.5		0.00	2376.7	2381.5	4.8	10.5	100.00
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	17-Mar	Día	10.5		0.00	497.5	497.5	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	17-Mar	Noche	10.5		0.00	6279.8	6279.8	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	17-Mar	Noche	10.5		0.00	2381.5	2390.7	9.2	10.5	100.00

Perforadora (PER-07)	PER-07	No	17-Mar	Noche	10.5	2.00	2.00	497.5	504.0	6.5	8.5	80.95
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	18-Mar	Día	10.5	10.50	10.50	6279.8	6279.8	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	18-Mar	Día	10.5		0.00	2390.7	2399.0	8.3	10.5	100.00
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	18-Mar	Día	10.5		0.00	504.0	504.0	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	18-Mar	Noche	10.5		0.00	6279.8	6279.8	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	18-Mar	Noche	10.5		0.00	2399.0	2407.8	8.8	10.5	100.00
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	18-Mar	Noche	10.5		0.00	504.0	512.5	8.5	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	19-Mar	Día	10.5		0.00	6279.8	6279.8	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	19-Mar	Día	10.5		0.00	2407.8	2416.9	9.1	10.5	100.00
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	19-Mar	Día	10.5		0.00	512.5	512.5	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	19-Mar	Noche	10.5		0.00	6279.8	6279.8	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	19-Mar	Noche	10.5	0.17	0.17	2416.9	2426.2	9.3	10.3	98.38
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	19-Mar	Noche	10.5		0.00	512.5	521.5	9.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	20-Mar	Día	10.5		0.00	6284.4	6288.2	3.8	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	20-Mar	Día	10.5		0.00	2426.2	2430.2	4.0	10.5	100.00

Perforadora (PER-07)	PER-07	Sí	20-Mar	Día	10.5		0.00	521.5	521.5	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	20-Mar	Noche	10.5		0.00	6288.2	6296.4	8.2	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	20-Mar	Noche	10.5		0.00	2430.2	2430.2	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	20-Mar	Noche	10.5		0.00	521.5	528.0	6.5	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	21-Mar	Día	10.5		0.00	6296.4	6305.5	9.1	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	21-Mar	Día	10.5	4.00	4.00	2430.2	2430.2	0.0	6.5	61.90
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	21-Mar	Día	10.5		1.00	528.0	528.0	0.0	9.5	90.48
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	21-Mar	Noche	10.5		0.00	6305.5	6315.2	9.7	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	21-Mar	Noche	10.5		0.00	2430.2	2430.2	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	21-Mar	Noche	10.5		0.00	528.0	538.5	10.5	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	22-Mar	Día	10.5		0.00	6315.2	6324.2	9.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	22-Mar	Día	10.5		0.00	2430.2	2430.2	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	22-Mar	Día	10.5		0.50	538.5	538.5	0.0	10.0	95.24
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	22-Mar	Noche	10.5		0.00	6324.2	6333.8	9.6	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	22-Mar	Noche	10.5		0.00	2430.2	2430.2	0.0	10.5	100.00

Perforadora (PER-07)	PER-07	No	22-Mar	Noche	10.5		0.00	538.5	548.5	10.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	23-Mar	Día	10.5	0.17	0.17	6333.8	6339.8	6.0	10.3	98.38
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	23-Mar	Día	10.5		0.00	2430.2	2430.2	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	23-Mar	Día	10.5		0.00	548.5	548.5	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	23-Mar	Noche	10.5		0.00	6339.8	6347.1	7.3	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	23-Mar	Noche	10.5		0.00	2430.2	2430.2	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	23-Mar	Noche	10.5		0.00	548.5	558.5	10.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	24-Mar	Día	10.5		0.00	6347.1	6353.1	6.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	24-Mar	Día	10.5		0.00	2430.2	2430.2	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	24-Mar	Día	10.5		0.00	558.5	558.5	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	24-Mar	Noche	10.5		0.00	6353.1	6361.9	8.8	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	24-Mar	Noche	10.5		0.00	2430.2	2430.2	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	24-Mar	Noche	10.5		0.00	558.5	568.3	9.8	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	25-Mar	Día	10.5		0.00	6361.9	6369.5	7.6	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	25-Mar	Día	10.5		0.00	2430.2	2430.2	0.0	10.5	100.00

Perforadora (PER-07)	PER-07	No	25-Mar	Día	10.5		0.00	568.3	568.3	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	25-Mar	Noche	10.5	0.17	0.17	6369.6	6376.4	6.8	10.3	98.38
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	25-Mar	Noche	10.5		0.00	2430.2	2430.2	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	25-Mar	Noche	10.5		0.00	568.5	573.5	5.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	26-Mar	Día	10.5		0.00	6376.4	6381.8	5.4	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	26-Mar	Día	10.5		0.00	2430.2	2430.2	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	26-Mar	Día	10.5		0.00	573.5	573.5	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	26-Mar	Noche	10.5		0.00	6381.8	6390.8	9.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	26-Mar	Noche	10.5		0.00	2430.2	2430.2	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	26-Mar	Noche	10.5		0.00	573.5	578.8	5.3	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	27-Mar	Día	10.5		0.00	6390.8	6397.3	6.5	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	27-Mar	Día	10.5		0.00	2430.2	2430.2	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	27-Mar	Día	10.5		0.00	578.8	578.8	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	27-Mar	Noche	10.5		0.00	6397.3	6406.5	9.2	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	27-Mar	Noche	10.5		0.00	2430.2	2430.2	0.0	10.5	100.00

Perforadora (PER-07)	PER-07	No	27-Mar	Noche	10.5		0.00	578.8	578.8	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	28-Mar	Día	10.5	0.42	0.42	6406.5	6415.3	8.8	10.1	96.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	28-Mar	Día	10.5	0.42	0.42	2430.2	2430.2	0.0	10.1	96.00
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	28-Mar	Día	10.5		0.00	578.8	578.8	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	28-Mar	Noche	10.5		0.00	6415.3	6423.6	8.3	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	28-Mar	Noche	10.5		0.00	2430.2	2430.2	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	28-Mar	Noche	10.5		0.00	578.8	587.5	8.7	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	Sí	29-Mar	Día	10.5	10.50	10.50	6423.6	6423.6	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-04)	PER-04	No	29-Mar	Día	10.5		0.00	2430.2	2439.2	9.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	29-Mar	Día	10.5		0.00	587.5	587.5	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	29-Mar	Noche	10.5	0.33	0.33	6423.6	6428.8	5.2	10.2	96.86
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	29-Mar	Noche	10.5	10.50	10.50	2439.2	2439.2	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	29-Mar	Noche	10.5		0.00	587.5	597.5	10.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	30-Mar	Día	10.5		0.00	6428.8	6436.6	7.8	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	30-Mar	Día	10.5	10.50	10.50	2439.2	2439.2	0.0	0.0	0

Perforadora (PER-07)	PER-07	No	30-Mar	Día	10.5		0.00	597.5	602.5	5.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	30-Mar	Noche	10.5		0.00	6436.6	6441.6	5.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	30-Mar	Noche	10.5	10.50	10.50	2439.2	2439.2	0.0	0.0	0
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	30-Mar	Noche	10.5		0.00	602.5	609.5	7.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	31-Mar	Día	10.5		0.00	6441.6	6449.6	8.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	31-Mar	Día	10.5	5.00	5.00	2444.0	2444.0	0.0	5.5	52.38
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	31-Mar	Día	10.5		0.00	609.5	609.5	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-01)	PER-01	No	31-Mar	Noche	10.5		0.00	6449.6	6458.6	9.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-04)	PER-04	Sí	31-Mar	Noche	10.5		0.00	2444.0	2444.0	0.0	10.5	100.00
Perforadora (PER-07)	PER-07	No	31-Mar	Noche	10.5		0.00	609.5	609.5	0.0	10.5	100.00

Tabla 18. Promedio de horas mensuales registradas en las perforadoras

Cód.	Equipo	Horas prog.	Hor. inicial	Hor. final	Horas de operación	Tiempo total de reparaciones	# paradas correctivas	MTBF	MTTR
Enero									
PER-01	Perforadora	230	5842.1	6064	221.9	347.58	14	15.85	24.83
PER-04	Perforadora	240	1622.9	1948.3	325.4	101.09	11	29.58	9.19
PER-07	Perforadora	260	3822.5	4058	235.5	184.00	17	13.85	10.82
Total, enero		820	11287.5	12070.3	782.8	632.67	42	18.64	15.06
Febrero									
PER-01	Perforadora	100	6064	6153.9	89.9	5.17	5	17.98	1.03
PER-04	Perforadora	350	1948.3	2277.6	329.3	10.66	9	36.59	1.18
PER-07	Perforadora	380	22	366	344	27.67	12	28.67	2.31
Total, febrero		830	8034.3	8797.5	763.2	43.5	26	29.35	1.67
Marzo									
PER-01	Perforadora	320	6153.9	6458.6	304.7	49.49	16	19.04	3.09
PER-04	Perforadora	180	2277.6	2444	166.4	57.25	15	11.09	3.82
PER-07	Perforadora	60	366	609.5	243.5	18.33	13	18.73	1.41
Total		760	8797.5	9512.1	714.6	125.07	44	16.24	2.84

Tabla 19. Promedio de horas mensuales registradas en las perforadoras

Cód.	Horas prog.	Horas op.	Tiempo rep.	# paradas correct.	MTBF	MTTR	Disponibilidad
PER- 01	217	205.50	134.08	12	17.27	9.10	38 %
PER-04	257	273.70	56.33	12	25.75	4.73	78 %
PER- 07	233	274.33	76.67	14	20.71	5.07	67 %
Total	235.56	251.18	89.03	38	21.24	6.30	62 %

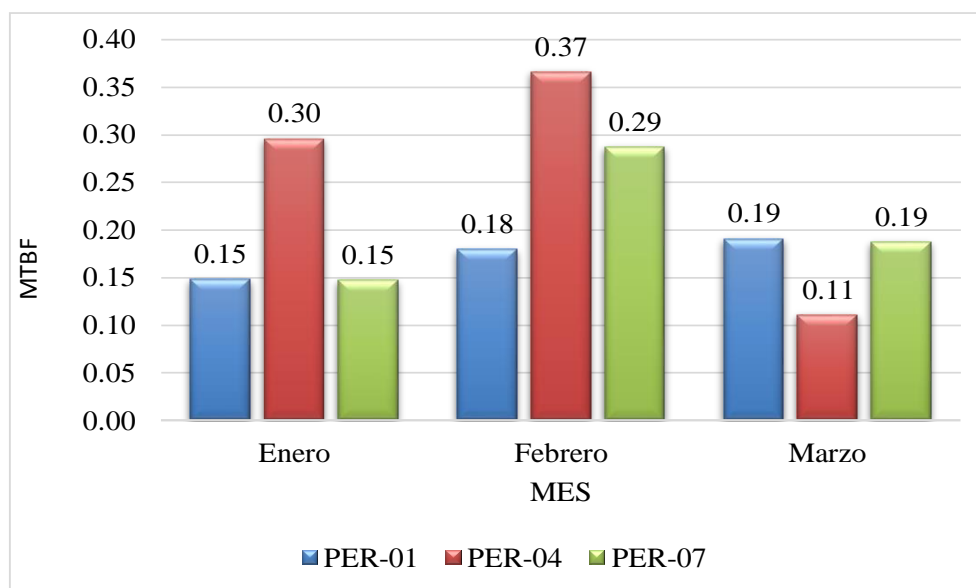


Figura 16. Indicador MTBF antes de la mejora

Como se observa en la tabla y figura anterior, existe un promedio de 21.24 en el indicador MTBF, siendo la perforadora PER-04 que presenta en promedio 25.75, es decir, un tiempo mayor que transcurre entre dos averías en el mismo equipo mayor horas de operación y menor tiempo de reparación, mientras que la perforadora PER-01 presenta un menor tiempo entre fallos.

A continuación, se muestra la gráfica del indicador MTTR de cada perforadora.

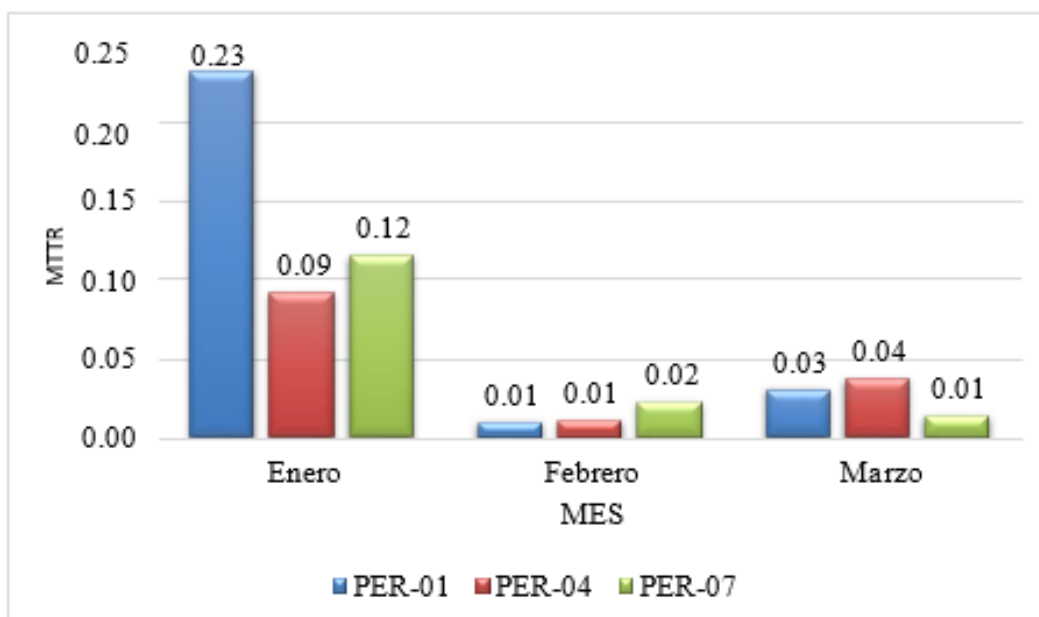


Figura 17. Indicador MTTR antes de la mejora

Como se observa en la tabla 19 y figura 17, se presenta un promedio de 6.30 en el indicador MTTR, siendo enero de 15.06, lo que indica que se generó demasiado tiempo en el mantenimiento para la reparación de una avería y que el equipo funcione normalmente. Por otro lado, la PER-04 tarda menos en retornar a sus condiciones normales posterior a una avería.

A continuación, se muestra la gráfica del indicador de disponibilidad de cada perforadora.

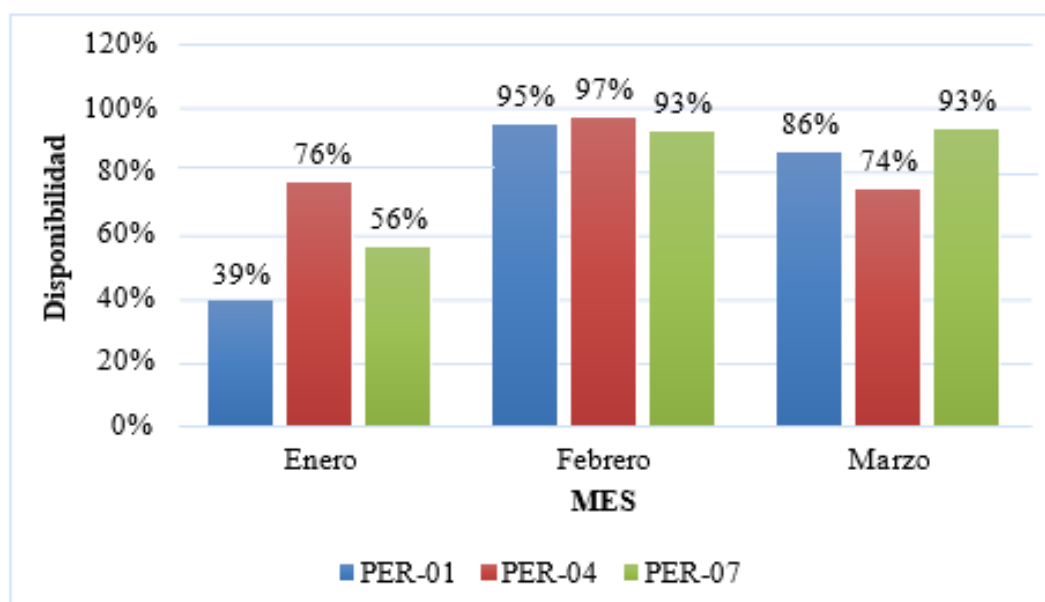


Figura 18. Disponibilidad antes de la mejora

Como se observa en la tabla 19 y figura 18, se presenta un promedio de disponibilidad de 77 % en las perforadoras analizadas de la empresa minera, siendo la perforadora PER-01 la que contó con un 39 % de disponibilidad en enero, mientras que la PER-04 obtuvo una

disponibilidad del 97 % en febrero. Por lo expuesto, se concluye que los actuales indicadores de mantenimiento se encuentran en un 95 % en su gran mayoría, lo que demuestra que el plan de mantenimiento es inadecuado, y que deberá mejorarse a fin de obtener mejores resultados en los indicadores de mantenimiento.

- **Subsistemas involucrados en las fallas de las perforadoras *Everdigm***

Mediante la revisión de los reportes de mantenimiento se logró identificar los sistemas, tales como el sistema hidráulico, motor diésel y sistema neumático que contienen las principales fallas, como se muestra a continuación:

Tabla 20. Componentes de los sistemas con mayor cantidad de fallas

Sistema	Subsistema	Componentes
Sistema hidráulico	Martillo hidráulico	Cabezal de barrido
	Martillo hidráulico	Bocina de cabezal de barrido
	Martillo hidráulico	Crafter
	Martillo hidráulico	Tong Ass'y
	Martillo hidráulico	Cabezal de barrido (sellos)
	Bomba hidráulica principal	Elementos de la bomba (válvulas)
	Bomba hidráulica principal	Bomba principal
	Bomba hidráulica principal	Bomba principal
	Bomba hidráulica principal	Enfriadores
	Mangueras y conectores hidráulicos	Mangueras
Motor diésel	Mangueras y conectores hidráulicos	Mangueras y niples
	Sistema de admisión	Turbo compresor
	Sistema de inyección	Bomba de transferencia
	Sistema de inyección	Inyectores
	Lubricación	Anillos de motor
	Lubricación	Empaque de culata
	Sistema de admisión	Eje de balancines
	Cámara de combustión	Anillos de motor
	Sistema de enfriamiento	Radiador
	Compresora de aire	Válvula de presión
Sistema neumático	Compresora de aire	Acople de compresor
	Compresora de aire	Electroválvula de admisión de aire
	Compresora de aire	Electroválvula de barrido de aire
	Compresora de aire	Empaque de compresora
	Compresora de aire	Rodamientos
	Compresora de aire	<i>Flushing & Pulsin</i>
	Compresora de aire	Válvula de <i>stand by</i>
	Compresora de aire	Filtro separador de aire
	Compresora de aire	Manómetro
	Compresora de aire	Válvula de desfogue
Compresora de aire	Válvula reguladora	

Sistema de perforación	Compresora de aire	
	Compresora de aire	
	Martillo hidráulico	Niples del cabezal
	Accesorios de viga de perforación	<i>Guides Plate</i> (guías de baquelita)
	Accesorios de viga perforación	<i>Sprocket</i> de cadena
	Accesorios de viga perforación	Cadena de arrastre
	Accesorios de viga perforación	Pinzas de agarre (Driper)
	Accesorios de viga perforación	Mordazas centralizadoras
	Accesorios de Viga perforación	Rodamientos de carros y piñones
	Accesorios de viga perforación	Portamangueras
	Accesorios de viga perforación	Templadores de cadena de arrastre

- **Análisis de criticidad de subsistemas en las perforadoras *Everdigm T450***

Mediante el método de análisis de criticidad se obtuvo los componentes más críticos que forman parte de los sistemas principales en la perforadora *Everdigm T-450*, para ello se usó una matriz de datos en donde arroja la ponderación de acuerdo con el criterio de evaluación de dicho análisis, puede verse en el anexo 21 la tabla de valores críticos.

Tabla 21. Clasificación de componentes por criticidad.

Sistemas	Subsistema	Valoración
• Sistema hidráulico	• Bomba hidráulica principal	477
• Motor Diesel	• Lubricación	387
• Sistema neumático	• Compresora de aire	384
• Sistema de perforación	• Viga de perforación	304
• Sistema hidráulico	• Mangueras hidráulicas	249
• Sistema hidráulico	• Martillo hidráulico	142
• Motor Diesel	• Sistema de inyección	80
• Motor Diesel	• Sistema de enfriamiento	76
• Motor Diesel	• Sistema de admisión	68
• Sistema neumático	• Tanque de aire	46
• Sistema neumático	• Sistema de barrido	42

- **Análisis del modo y efecto de fallas de las perforadoras *Everdigm***

Mediante el método de análisis de modo y efecto de fallas (AMEF) se obtuvo las fallas críticas acontecidas con los equipos de perforación que son necesarias solucionar o evitar para

aumentar la disponibilidad, en ese sentido, mediante reuniones con el personal de mantenimiento e inspección de los reportes se realizó el listado de las fallas y se omitieron las fallas con información similares con el fin de evitar la duplicidad.

Tabla 22. Fallas encontradas en los equipos

Equipos	Fallas presentadas
Perforadora T450	<ul style="list-style-type: none"> • Fuga de aceite por cabezal de barrido • Vibración en martillo y mangueras • Juego axial del <i>shank adapter</i> • aceite contaminado con agua • Presión de sistema aire (10 bar) no alcanza a cargar • Tornillos del compresor no giran • Válvula de succión de aire del compresor no abre • Fuga de aceite por compresor de aire • Vibración de compresor • Barrido en alta cae por debajo de 2 bares • Aceite del compresor se pasa al sistema de aire • Pérdida de fuerza del motor al usar martillo • Aceite de motor se pasa a cámara de combustión • Contaminación del aceite de motor con refrigerante • Termostato queda cerrado y recalienta sistema • No circula el refrigerante por intercambiador • Motor de arranque no encorcha <i>bendix</i> con la volante • Radiador no disipa calor del motor Diesel • Fuerza de tracción en orugas insuficiente • Bomba hidráulica principal con sonido anormal • Bomba no genera caudal requerido para percusión • Bomba hidráulica recalienta • Ventilador no alcanza las rpm requerido • Rotura de cadena de avance del martillo • Alineamiento del carro de martillo inadecuado • Mangueras segundo tramo revientan • Manómetro de tanque de aire no marca presión • Válvula de desfogue no controla al apagar equipo • Válvula reguladora a 10 bar no controla la presión • Niple de cabezal hilos robados • <i>Guides plate</i> de carros deslizantes gastados • <i>Sproket</i> de cadena con dientes desgastado • Cadena se rompe en eslabones • Pinzas de agarre de barras no muerden bien • Los centralizadores presentan desgaste • Los rodamientos que conforman los carros y <i>Sprokets</i> averiados por fin de vida útil • Los templadores de cadena tienen los hilos robados • Porta mangueras desgastadas en canales • Manguera de tramo 2 con alambres expuestos

Para un mejor entendimiento acerca de la descripción de la falla, las actividades de mantenimiento por realizar y el tiempo estimado de reparación, se explica de una mejor manera

en el anexo 3 a través de una tabla AMEF que permite establecer la situación exacta de las fallas. Lo expuesto favorece en justificar de una mejor manera el número prioritario de riesgo (NPR).

En el análisis de modo y efecto de fallas, se requiere establecer la causa del fallo, su efecto y la manera de su control por parte de la empresa en estudio, por ende, para el cálculo del número prioritario de riesgo (NPR) se cuenta con la siguiente fórmula:

$$NPR = O \times S \times D$$

Donde

O: ocurrencia

S: severidad

D: detección

Tanto la ocurrencia, severidad y la detección se obtienen empleando el siguiente criterio:

Tabla 23. Criterios de evaluación de severidad, ocurrencia y detección

Ponderación	Severidad (S)	Ocurrencia (O)	Detección (D)
10	Peligro imprevisible	Muy alta	Casi imposible
9	Peligro previsible	Falla es casi inevitable	Muy remota
8	Muy alto	Alta	Remota
7	Alto	Fallado frecuentemente	Mínima
6	Moderado	Moderada	Muy baja
5	Bajo	Experimento fallas	Baja
4	Muy bajo	Ocasional	Altamente moderada
3	Pequeño	Baja	Moderado
2	Muy pequeño	Muy baja	Muy alta
1	Ninguno	Remota	Casi seguro

El rango del NPR varia de la siguiente manera:

- 1-124: riesgo de falla bajo
- 125-300: riesgo de falla medio
- Mayor a 300: riesgo de fallo alto

Por tanto, se realiza el AMEF para la perforadora *Everdigm* y se presenta de la siguiente manera:

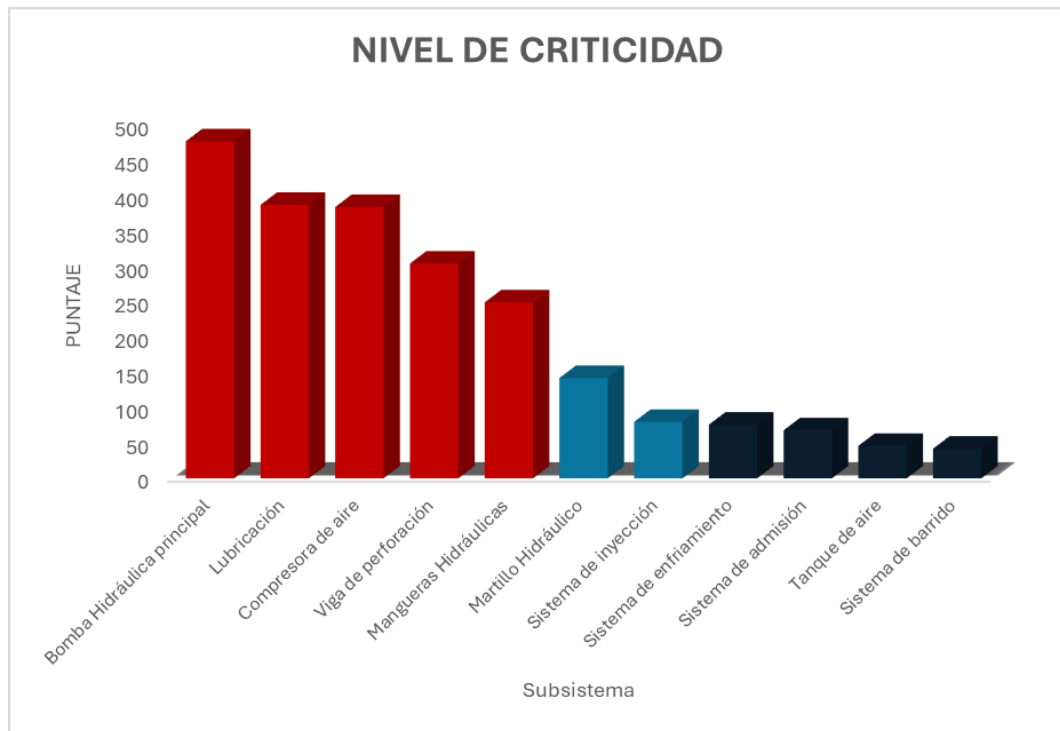


Figura 19. Nivel de criticidad antes de la mejora propuesta

Tabla 24. AMEF para perforadoras

Proceso: Mantenimiento			Proveedor del equipo: Maquinarias Ugul					Nombre y firma:						
Equipo: Perforadora T450			Fecha de fabricación: 2020					Supervisor: Jorge Guere Malpartida						
Fecha AMEF inicial: 18/2/2024			Fecha AMEF última revisión: //2024											
Modos de fallo	Efecto potencial del fallo	Severidad (S)	Causa potencial del fallo	Ocurrencia	Controles actuales	Detección (D)	NPR	Estado y acción recomendada	Área responsable	Acción correctora	Resultados			Número prioritario del riesgo (NPR)
											S	O	D	
Fuga de aceite por cabezal de barrido	Sellos internos desgastados	5	Parada del equipo	4	Cambio de sellos internos	2	40	Cambio de sellos internos del martillo	Mantenimiento UGUIL	reemplazo de sellos a 400 h	5	2	3	30
Vibración en martillo y mangueras	Acumuladores descargados	6	Bloqueo del equipo	5	Mantenimiento preventivo	7	210	Recargar acumuladores con nitrógeno los de alta y baja	Mantenimiento UGUIL	Recargar N2 a 100 h	4	3	5	60
Juego axial del <i>shank adapter</i>	Rodamientos de caja de engranajes averiado	3	Parada del equipo	2	Reemplazar Rodamientos	6	36	Reemplazar rodamientos y espaciadores de bronce	Mantenimiento UGUIL	Realizar inspección de rodamientos cada 500 h	5	3	2	30
aceite contaminado con agua	Sellos de agua barrido mixto desgastados	3	Afecta rendimiento	6	Reemplazar sellos de barrido	3	54	Reemplazar los sellos del cabezal de barrido	Mantenimiento UGUIL	Reemplazar sellos cada 400 h	5	3	3	45
Presión de sistema aire (10 bar) no alcanza a cargar	Válvula <i>relief</i> de compresora averiado	7	Parada del equipo	4	Calibrar válvula <i>relief</i>	2	56	Regular válvula <i>relief</i> de compresora liberando el aire	Mantenimiento UGUIL	Realizar pruebas de caída de presión	5	2	4	40
Tornillos del compresor no giran	Acople desgastados o rotos	7	parada del equipo	6	Cambio de acople	8	336	Acople sin estrías, Reemplazar y ajustar	Mantenimiento UGUIL	Verificar desgaste cada 1000h	4	4	7	112

Válvula de succión de aire del compresor no abre	Control Valve de pistón desregulado	5	Parada del equipo	3	Regular válvula de pistón	7	105	Regulación de la válvula de control del pistón de succión de aire	Mantenimiento UGUIL	Verificar presión y regular	5	3	6	90
Fuga de aceite por compresor de aire	Empaques desgastados	5	Consumo de aceite	3	Rellenar aceite	3	45	Cambiar empaquetadura de compresora	Mantenimiento UGUIL	Verificar fugas periódicamente	4	3	3	36
Vibración de compresor	Rodamientos con juego axial	9	Parada del equipo	5	Inspeccionar	7	315	Aplicar mantenimiento predictivo en compresoras	Mantenimiento UGUIL	Programar de mantto preventivo	6	3	7	126
Barrido en alta cae por debajo de 2 bares	Fuga de aire en la línea de barrido	6	Parada de la maquina	3	Medir presiones	3	54	Verificar fugas de aire en la línea de barrido, eliminar fuga	Mantenimiento UGUIL	Verificar y eliminar fugas en mantto de compresora	4	3	3	36
Aceite del compresor se pasa al sistema de aire	Filtro separador roto	5	Consumo de aceite	6	Cambio de filtro	3	90	Cambio de filtro separador de aire y aceite en el tanque presurizado	Mantenimiento UGUIL	Usar repuestos originales cada 500h	6	2	5	60
Perdida de fuerza del motor al usar martillo	Turbo compresor averiado	7	Parada del equipo	7	Evaluar turbo	8	392	Reemplace el turbo compresor	Mantenimiento UGUIL	Verificar estado del turbo cada 500 h	7	3	6	126
Aceite de motor se pasa a cámara de combustión	anillos de pistones desgastados o rotos	7	consumo de aceite	3	Rellenado de aceite	6	126	Realizar prueba de compresión a cada cilindro	Mantenimiento UGUIL	realizar prueba de compresión, stolar periódicamente	7	3	5	105
Contaminación del aceite de motor con refrigerante	Empaque de culata roto	7	Parada por recalentamiento	3	Cambio de aceite	5	105	Reemplazar empaquetadura de culata y cambiar aceite	Mantenimiento UGUIL	Realizar análisis de aceite	7	3	5	105
Termostato queda cerrado y recalienta sistema	Resorte y bimetel Pegados	7	Parada del equipo	4	Cambio de termostato	5	140	Reemplazar el termostato por uno nuevo	Mantenimiento UGUIL	realizar análisis de temperatura	6	4	5	120

No circula el refrigerante por intercambiador	Faja de bomba de agua roto	6	Parada del equipo	4	Reemplazo de faja	4	96	Reemplazar faja de bomba de agua, regular tención	Mantenimiento UGUIL	inspeccionar estado de faja en mantto	7	3	4	84
Motor de arranque no encrocha <i>bendix</i> con la volante	Bobina del <i>bendix</i> pegado	5	Parada del equipo	3	Cambio de arrancador	2	30	Cambiar arrancador, usar precalentadores para arranque en frio	Mantenimiento UGUIL	Instalar calentadores de refrigerante para zonas frías	6	2	2	24
radiador no disipa calor del motor Diesel	Radiador se encuentra taponeado por sarro	9	Incremento de temperatura	6	Limpieza interna de radiador	6	324	Limpieza interna de los conductos de radiador con líquido anticorrosivo	Mantenimiento UGUIL	Programar mantto de radiador	6	3	6	108
fuerza de tracción en orugas insuficiente	Bomba de traslación averiado	7	Parada del equipo	3	Usar bomba de percusión para trasladar	5	105	Usar bomba de percusión, y luego reparar bomba de traslación Purgar el sistema	Mantenimiento UGUIL	Trasladar y parar para enfriar sistema por distancia de traslado	6	3	5	90
Bomba hidráulica principal con sonido anormal	Cavitación por aire en sistema	7	Disminuye rendimiento	4	Purgado del sistema	4	112	hidráulico cada vez que reemplaza el aceite del sistema	Mantenimiento UGUIL	Purga del sistema hidráulico	5	4	5	100
Bomba no genera caudal requerido para percusión	Válvula <i>load sensed</i> con desgaste interno	8	Parada del equipo	7	Mantto a la válvula	7	392	Remplace válvula dependiendo el desgaste interno	Mantenimiento UGUIL	Realizar prueba de caída de presión en bomba principal	7	3	5	105
Bomba hidráulica recalienta	ventilador de enfriador desperfecto	6	Disminuye rendimiento	3	Regule presión del motor	5	90	Regular la presión del motor hidráulico del ventilador	Mantenimiento UGUIL	Medir RPM de Ventiladores periódicamente	5	3	5	75
Ventilador no alcanza las RPM requerido	Motor hidráulico con desgaste interno	6	Disminuye rendimiento	3	Incremento de viscosidad	5	90	Compensar desgaste del motor con aceite más viscoso	Mantenimiento UGUIL	Realizar prueba de caída de presionen motores	5	3	5	75

Rotura de cadena de avance del martillo	Cadena con exceso de tensión	9	Parada del equipo	7	Instalación de candados	5	315	Reemplazar cadena cuando se verifica desgaste en eslabones y rodillos	Mantenimiento UGUIL	Tensar cadena de acuerdo con manual de fabricante	6	3	4	72
Alineamiento del carro de martillo inadecuado	<i>Guides plate</i> del carro con desgaste lateral	4	Desgaste de barras	7	Intercambio de Guides	3	84	Reemplazar <i>guides plate</i> cuando haya mucho espacio entre riel de viga	Mantenimiento UGUIL	Lubricación de rodajes guía	5	4	3	60
Mangueras segundo tramo revientan	Desgaste de manguera por rozamiento entre ellas	7	Parada del equipo	4	Reemplazo de mangueras	2	56	Reemplazar manguera averiada	Mantenimiento UGUIL	Cambio de mangueras con programación	5	3	2	30
Manómetro de tanque de aire no marca presión	Manómetro corroído por ingreso de agua	4	posible fallo en sistema	3	Reemplazo de componente	3	36	Reemplazar el manómetro del sistema	Mantenimiento UGUIL	Seguir plan de inspecciones	4	1	3	12
Válvula de desfogue no controla al apagar equipo	Electroválvula no funciona correctamente	6	Parada de equipo	2	Reparación de componente	2	24	Verificar sistema eléctrico de electroválvula	Mantenimiento UGUIL	Reparar electroválvula o cambiar	2	2	3	12
Válvula reguladora a 10 bar no controla la presión	Resorte fatigado la tensión no es la adecuada	5	Parada del equipo	4	Reemplazar válvula	3	60	Limpieza de unidad de mantenimiento	Mantenimiento UGUIL	Aplicar plan de mantenimiento	4	5	2	40
Niple de cabezal hilos robados	Hilos desgastados por aplicar mucho para de apriete	4	Parada del equipo	4	Reemplazar Niple	2	32	Apriete adecuado de niple de manguera	Mantenimiento UGUIL	Inspeccionar semanalmente	4	3	3	36
<i>Guides plate</i> de carros deslizantes gastados	Disminución de vida útil por contacto con materia abrasivo (polvo)	4	Disminución del rendimiento	7	Reemplazo de <i>guides plate</i>	3	84	Limpieza con agua a presión de guides	Mantenimiento UGUIL	Inspección diaria de desgaste	5	3	4	60

<i>Sproket</i> de cadena con dientes desgastado	Desgaste por tensión inadecuada de cadena de avance y material abrasivo	4	Disminución del rendimiento	4	Evaluar desgaste	3	48	Tensar cadena adecuadamente	Mantenimiento UGUIL	Revisión de tensado y limpieza diaria	3	3	3	27
Cadena se rompe en eslabones	Desgaste de pines y bocinas por tensión inadecuada	7	Parada del equipo	6	Reparar con candados H120	2	84	Templar adecuadamente la cadena de avance	Mantenimiento UGUIL	Inspección diaria, evitar lubricantes	4	2	2	16
Pinzas de agarre de barras no muerden bien	Desgaste en Driper material abrasivo	4	disminución del rendimiento	4	Reemplazar <i>Driper</i> o rellenar con soldadura	2	32	Rellenar con soldadura la superficie de agarre	Mantenimiento UGUIL	Inspección semanal	2	2	3	12
Los centralizadores presentan desgaste	Mala operación al coger barra y centralizar desgaste por fricción	5	disminución del rendimiento	4	Rellenar con soldadura	2	40	Rellenar con soldadura la superficie de agarre	Mantenimiento UGUIL	Evaluar operación al aflojar barras	2	2	4	16
Los rodamientos que conforman los carros y <i>sprokets</i> averiados por fin de vida útil	Presentan desgaste por fatiga con incremento de operación	4	Parada del equipo	6	Reemplazar rodamientos	2	48	Reemplazo de rodamientos según horas acumuladas	Mantenimiento UGUIL	Inspeccionar, programar cambio	3	2	4	24
Los templadores de cadena tienen los hilos robados	Mucho torque al momento de templar cadenas	3	disminución del rendimiento	2	Reemplazar o corregir hilos	4	24	Aplicar apriete según especificaciones	Mantenimiento UGUIL	Inspección, limpieza en fin de trabajo	2	2	4	16
Porta mangueras desgastadas en canales	Desgaste por fricción con los aceros de mangueras en mal estado mucha	4	disminución del rendimiento	4	Reemplazar componente	5	80	Evitar el templado excesivo de mangueras	Mantenimiento UGUIL	Inspeccionar desgaste de mangueras	3	3	3	27
Manguera de tramo 2 con alambres expuestos	vibración acumuladora de baja descargada.	9	Parada del equipo	8	Reemplazo de mangueras	5	360	Recargar acumuladores según plan de mantto	Mantenimiento UGUIL	Evaluar acumuladores de forma semanal	3	3	2	18

Según el cálculo del NPR, se identificó un total de 26 riesgos, siendo dos riesgos de fallo medio, por lo que representa el 26.9 % del total de fallas, lo cual es una información importante para la identificación de las acciones preventivas y la mejora del plan de mantenimiento, así como, establecer el pronóstico de mejora.

Tabla 25. Mantenimiento preventivo del 2023 para las perforadoras.

Plan de mantenimiento preventivo						Historial de mantenimiento							
DATOS DEL EQUIPO						Historial de mantenimiento							
Unidad: Perforadoras			Fecha de ejecución										
Marca : Evergdim			Mantenimiento programado										
Modelo : T450			Mantenimiento ejecutado										
Código Uguil : # todas			Diferencia de horas										
Serie:			Prom. De horas diaria										
Plan de mantenimiento preventivo													
Servicios	N/P original	N/P equivalente	Acción	Cantidad	Intervalo	250 h	500 h	750 h	1,00 h	1,25 h	1,50 h	1,75 h	2,00 h
Motor						PM 1	PM 2	PM 1	PM 3	PM 1	PM 2	PM 1	PM 4
Aceite de motor	15W-40		Cambiar	6 GLN	250 horas	X	X	X	X	X	X	X	X
Filtros de aceite de motor	3401544	LF9009	Cambiar	1	250 horas	X	X	X	X	X	X	X	X

Filtro separador de combustible	3930942	FS1280	Cambiar	1	250 horas	X	X	X	X	X	X	X	X
Filtro de combustible	4990879	FF42000	Cambiar	1	250 horas	X	X	X	X	X	X	X	X
Filtro separador de agua	11LB-20310	FS19532	Cambiar	1	250 horas	X	X	X	X	X	X	X	X
Pre filtro de combustible	FF5079		Cambiar	1	250 horas	X	X	X	X	X	X	X	X
Filtro respiradero combustible	RA150-0031		Cambiar	1	correctivo								
Filtro refrigerante	4058965	WF2076	Cambiar	1	500 horas		X		X		X		X
Filtro de ventilación			Revisar		correctivo								
Filtro de aire primario	D-25025201 A	C 25 710/3	Cambiar	1	250 horas	X	X	X	X	X	X	X	X
Filtro de aire secundario	D-25025202 A	FC 710	Cambiar	1	250 horas	X	X	X	X	X	X	X	X
Compresora													
Aceite de compresor	Corena S3 - R46		Cambiar	10 GLN	500 horas		X		X		X		X
Filtro de aceite de compresor	D-59040801	W962	Cambiar	2	500 horas		X		X		X		X
Filtro de aire primario compresor	D-25025101 A	C 23 610	Cambiar	1	500 horas		X		X		X		X
Filtro de aire secundario compresor	D-25025102 A	CF 610	Cambiar	1	500 horas		X		X		X		X
Filtro sep. de aceite de tanque compresor	D-52040106		Cambiar	1	1000 horas				X				X
Filtro colector de polvo	D-59033500		Cambiar	6	1000 horas				X				X

Transmisión									
	SPIRAX S2 A			1000					
Motor de alimentación	80W-90	Cambiar	0.5 GLN	horas			X		X
	SPIRAX S2 A			1000					
Motor de desplazamiento	80W-90	Cambiar	0.5 GLN	horas			X		X
	SPIRAX S2 A			1000					
Rueda guía	80W-90	Cambiar	0.3 GLN	horas			X		X
	SPIRAX S2 A			1000					
Rodillo del tren del rodaje	80W-90	Cambiar	0.2 GLN	horas			X		X
Sistema hidráulico									
				2000					
Aceite hidráulico	TELLUS 46	Cambiar	95 GAL	horas					X
				500					
Filtro de retorno	D-59050401 A	Cambiar	1	horas	X		X	X	X
				500					
Filtro respiradero hyd	D-59001700	Cambiar	1	horas	X		X	X	X
				2000					
Filtro de succión 1	D-59050600 A	Limpiar	1	horas					X
				2000					
Filtro de succión 2	D-59050500 A	Limpiar	1	horas					X
				2000					
Filtro de alta presión o filtro de línea	D-59050800 A	Cambiar	1	horas			X		X
Sistema de refrigeración									
				2000					
Refrigerante	Cool X turbo 40 %	Cambiar	8 gal	horas					X
Drifter									
		Cambiar		500					
Cambio de kit sellos	AD212-058	Cambiar	1 kit	horas	X		X	X	X

Thrust bush	AD212-0019	Cambiar	1	500 horas	X	X	X	X
Washer	AD161-0043	Cambiar	2	1000 horas		x		X
Washer	AD161-0045	Cambiar	1	1000 horas		x		x
Pinion	AD212-0021	Cambiar	1	1500 horas			X	
Splined bush	AD161-0039	Revisar	1	500 horas	X	X	X	X
Rp piston	AD212-0023	Revisar	1	500 horas	X	X	X	X
Diafragma	AD161-0051	Cambiar	2	1000 horas		X		X
Bearing	D1120900	Cambiar	2	1000 horas		X		X
Drive gear	AD161-0038	Revisar	1	1500 horas			X	
Needle bearing	AD161-0044	Cambiar	2	1000 horas		X		X
Conjunto de carretes de mangueras								
Guide plate (meza de <i>drifter</i>)	RB417-0009 C	Cambiar	6	1500 horas			X	
Plate (meza del <i>drifter</i>)	RB417-0004 B	Cambiar	6	1500 horas			X	
Guide plate (meza de carrete de mangueras)	RB417-0014	Cambiar	2	1500 horas			X	
Plate (meza de carrete de mangueras)	RB417-0015	Cambiar	2	1500 horas			X	

Ball bearing #6208zz (carrete de mangueras)	RB417-0014	Cambiar	4	1500 horas	X	
Oilless bearing (carrete de mangueras)	RC317-0096	Cambiar	2	1500 horas	X	
Roller (guiador cadena avance de meza)	D-14151500 A	Cambiar	2	1500 horas	X	
Chain (cadena de avance principal) h-120	RS120-1RX-10FT	Cambiar	6	3000 horas		
Cam follower assy (rodaje de mesa kr 47ppa)	RC830-0438 A	Cambiar	2	1500 horas	X	
Rodajes de sprocket cadena de avance #6208 zz	S6003680	Cambiar	2	1500 horas	X	
Collar	RB211-0045	Cambiar	2	1500 horas	X	
Sprocket	D-17070300	Revisar	1	1500 horas		
Roller assy						
Double chain	RA400-0297B	Cambiar	1	2000 horas		X
Sprocket double shain (superior)	RC830-0144 A	Revisar	1	1500 horas	X	
Sprocket double shain (inferior)	D-14101000 A	Revisar	1	1500 horas	X	
Shaft	RC830-0566 B	Revisar	1	1500 horas	X	
Shaft	RC830-0649 A	Revisar	1	1500 horas	X	
Shaft	RC830-0569 B	Revisar	1	1500 horas	X	

Shaft	RC830-0430 B	Revisar	1	1500	horas	X
Spur gear	RC830-0145 B	Revisar	3	1500	horas	X
Spur gear	RC830-0146 B	Revisar	1	1500	horas	X
Spur gear	RC830-0147	Revisar	1	1500	horas	X
Ball bearing (rodaje 60x28rsi)	RA400-0314	Cambiar	16	1500	horas	X
Ball bearing (rodaje 62x28rsi)	RA400-0313	Cambiar	2	1500	horas	X
Ball bearing (rodaje 6204zz)	RA400-0343	Cambiar	4	1500	horas	X
V-ring	RC830-0351	Cambiar	6	1500	horas	X
V-ring	RC830-0654	Cambiar	1	1500	horas	X
Hood slide assy						
Guide plate (mesa hood)	RB614-0043	Cambiar	2	1500	horas	X
Plate (mesa hood)	RB614-0044 A	Cambiar	2	1500	horas	X

Aunado a lo mencionado anteriormente, se evidenciaron tareas preventivas para las perforadoras antes de la aplicación de la mejora, como las siguientes:

- Se realizó el cambio de mangueras hidráulicas
- Purgado de línea de engrase y alineamiento y centralizado del centralizador
- Cambio de *shank* e inspección general y cambio de filtros de colector de polvo
- Engrase general de la viga
- Instalación de manguera hidráulica y relleno de aceite / Montaje de brazo y plumilla
- Regulación de chapa de cabina, instalación de guarda inferior y regulación de presión de engrasador
- Inspección del sistema de engrase y purgado
- Cambio de válvula de agua de 2" y cambio del cable de acelerador automático y regulación de RPM del motor
- Se realizo su MP de 6000 h y cambio de bomba de colector de polvo
- Mantenimiento del sistema de succión
- Regulación de presión de aire
- Ajuste de manguera de barrido y regulación de cilindro neumático de engrase
- Cambio de balde de grasa, regulación de bomba neumática y purgado del sistema
- Engrase general del equipo
- Enderezamiento de manguera de succión de polvo y limpieza de filtros de aire
- Limpieza de filtros de aire
- Se realizo su MP de 2000 h
- Se realizo el cambio de componentes del motor hidráulico, falta probar en campo
- Reparación de cadena de avance / Ajuste de tirante del *drifter*
- Cambio de balde grasa y ajuste de manguera de colector
- Engrase general, relleno de aceite al lubricador del *shank* y limpieza de filtros
- Cambio de focos de los faros delanteros y posteriores
- Se realizo su MP de 5000 h y trabajos de soldadura
- Limpieza de colector de polvo, mangueras de succión y pre filtro
- Correctivos en las mangueras del segundo tramo
- Cambio de balde de grasa y purgado del sistema de engrase
- Acondicionamiento de la circulina
- Acondicionamiento de grasera del *shank*
- Se realizo su MP de 2250 h y trabajos correctivos
- Se realizaron trabajos correctivos en el sistema de colector de polvo

- Cambio de balde de grasa / Evaluación por fuga de aceite de motor
- Reparación de niple de barrido por ruptura
- Limpieza del sistema colector de polvo y relleno de aceite de motor / cambio de balde grasa y purgado del sistema
- Relleno de aceite hidráulico y del lubricador de barras
- Montaje de pernos de la zapata
- Cambio de manguera de barrido del primer tramo, templado de cadena del *drifter* y MP de 6200 h
- Limpieza de cadena y regulación, mantenimiento al motor hidráulico
- Montaje de candado de unión y templado de cadena
- Correctivo en el conector de la manguera de barrido
- Purgado del sistema de bomba de engrase
- Engrase general y relleno de refrigerante
- Cebado del sistema de combustible
- Se realizo su MP 1500 h y trabajos de soldadura
- Llenado de líquido limpiaparabrisas y limpieza de colector de polvo
- Cambio de pastillas del martillo hidráulico
- Reajuste de pernos de carcasa y engrase general
- Cambio de foco y regulación de sincronización de tablero

4.1.2. Elaboración de la mejora del mantenimiento basado en RCM

• Descripción de los pasos principales del proceso de perforación

Se realizó un seguimiento en campo para determinar los pasos que realiza el equipo de perforación, siendo identificado los que se detalla a continuación.

- **Inspección del equipo:** El supervisor de turno encargado debe garantizar el cumplimiento de las normas de trabajo, siendo entre ellas que el operario cuente con la licencia interna respectiva para después dar las indicaciones del lugar de trabajo.
- **Traslado del perforador *Everdigm* modelo T450:** Una vez recibida las indicaciones se procede a trasladarse a una velocidad dentro de la permitida y considerando los procedimientos de trabajo, por lo que en todo momento se debe observar que la ruta no tenga presencia de peligro de desprendimiento de rocas.
- **Posicionamiento del equipo:** Se debe estacionar el equipo en forma centrada en relación con la zona de labor y colocar el freno de posicionamiento. Por otro lado, el ayudante realiza

la instalación de una bomba de drenaje con la finalidad de permitir el drenaje del agua saliente de la perforación.

- **Perforación:** Se debe verificar visualmente que no existan rocas sueltas y que la labor en la operación sea sostenida, para lo cual el operario coloca señalizaciones de seguridad y luego revisa que la presión del agua sea la necesaria. Después, el equipo perfora desde la base de la corona, es decir, de abajo hacia arriba manteniendo el paralelismo de la actividad en un ángulo de 90° con relación a la superficie. Finalmente, durante la operación no se debe perforar en los ángulos de la extracción anterior y no proseguir la actividad ante la identificación de un escenario de riesgo.
- **Perforación para fortificación:** La cantidad de agujeros es 2 por cada malla instalada, por lo que el jefe de cada turno, en coordinación con los topógrafos, debe realizar el marcado de los dos agujeros por perforar para que el equipo se instale de manera frontal. Posteriormente, finalizada la perforación, se recoge el brazo en los dos agujeros y se coloca la malla según lo establecido. El proceso finaliza con la colocación del último paño de malla, siendo instalado el equipo perforador en el último agujero para cerrar la malla y dar por concluido el ciclo de colocación.
- **Retiro de equipo:** Culminada las tareas del equipo, se procede con apagar el sistema de perforación, desconectar considerando las medidas de seguridad el cable eléctrico y cerrar la válvula de agua.
- **Estacionamiento del equipo:** Se debe estacionar el equipo perforador en una zona autorizada y que cuente con las condiciones necesarias de seguridad, por lo que en caso de observarse el goteo o derrame de un líquido, se deben usar bandejas hasta que llegue el personal de mantenimiento. En caso de encontrarse todo conforme después del estacionamiento, se colocan los estabilizadores y los brazos en posición horizontal.

- **Descripción de la perforadora *Everdigm* modelo T450**

La perforadora *Everdigm* modelo T450 posee un peso de 14 850 kilogramos, un poder de impacto de 21 kV y una presión del aire de 10.5 kg/cm que permite garantizar una profundidad de agujero de 25.6 m (84 pies).

El equipo posee un reconocimiento en el mercado internacional al poseer un motor nivel 2 Cumins 6CTAA8.3C de 1945 kW para evitar atascamientos de barras durante el proceso de perforación. Se muestra a continuación las dimensiones del equipo:

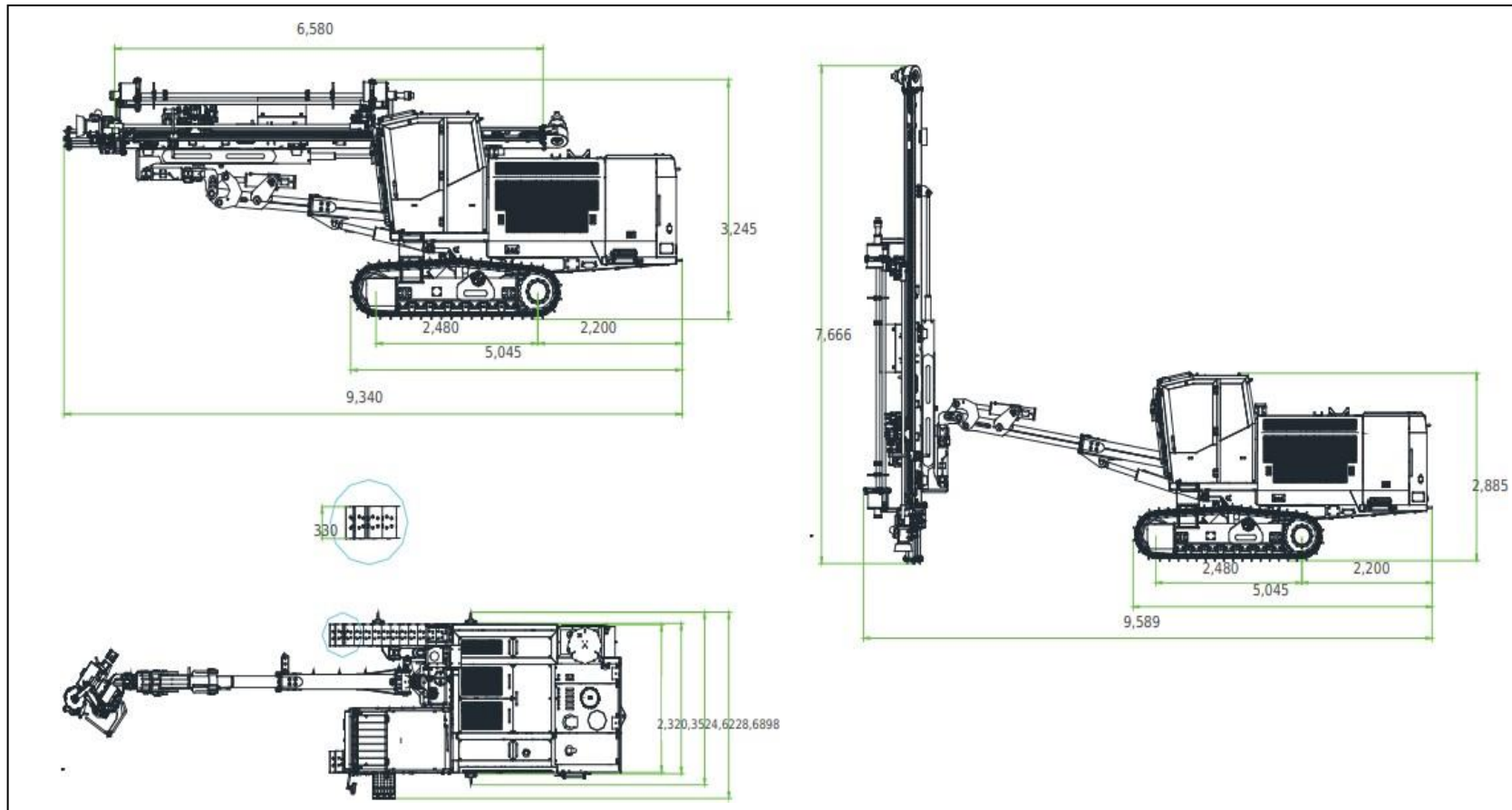


Figura 20. Dimensiones de la perforadora Everdigm modelo T450

El alcance ampliado de la pluma puede aumentar enormemente el alcance de la cobertura de perforación y la productividad, y la enorme capacidad de los compresores de aire y el tremendo par de rotación hacen de los equipos de perforación por chorro *Everdigm* una de las máquinas más productivas de su categoría. Los compresores de aire y el tremendo par motor hacen de los equipos de perforación por chorro *Everdigm* las máquinas más productivas de su categoría. En el anexo A se puede visualizar la ficha técnica, el área de cobertura y los ángulos de oscilación de alimentación.

- **Principales partes de la perforadora *Everdigm* modelo T450**

La perforadora *Everdigm* modelo T450 de procedencia asiática, se utiliza en las operaciones para la perforación en el yacimiento, por lo que para su funcionamiento es necesario energía hidráulica, por ende, posee un pistón para la energía de impacto en la barra de perforación y una válvula de control que direcciona el fluido hidráulico a presión, lo que permite la generación del movimiento de retroceso y avance del pistón. A continuación, se describen las principales partes del equipo.

- **Sistema de barrido:** Su función principal es la expulsión del material molido a consecuencia del avance de la barra de perforación, por lo que consiste en un tubo que facilita abrir paso del aire hacia el interior del varillaje.
- **Mecanismo de rotación:** Con forma de barra estriada, se utiliza cuando se requiera una perforación ligera, para lo cual el pistón posee una forma tubular y rodea a la barra mediante una tuerca de rotación. Por otro lado, la barra se conecta a los componentes estáticos del martillo, utilizando trinquetes y en el extremo frontal del pistón cuenta con estrías planas que en el momento de retroceso del pistón gira realizando el arrastre al varillaje en la misma dirección.
- **Sistema hidráulico:** Se compone principalmente de una cámara, pistón y cilindro, siendo las válvulas encargadas de la regulación del fluido comprimido en volumen fijado y de forma alternativa en la parte anterior y posterior del pistón. Por otro lado, el pistón realiza un movimiento alternativo con la finalidad de ir golpeando la culata o vástago a fin de transmitir la onda de choque a la varilla. Finalmente, el cilindro cerrado con una tapa delantera que cuenta con una abertura en forma axial para colocar un portabarrenas, así como, un dispositivo retenedor de varillas de perforación.

Para un mayor análisis del equipo a fin de que la mejora del mantenimiento obtenga resultados satisfactorios se procedió a reunirse con el equipo de trabajo a fin de definir los sistemas y subsistemas que requieren inspección, estrategias preventivas o monitoreo.

- **Sistema hidráulico y subsistemas:** El sistema hidráulico es un sistema de flujo compensado, es decir, permite la disponibilidad de una máxima potencia hacia las zonas requeridas por el equipo, por ende, es responsable de los movimientos, retroceso y movimientos de avance. Para cumplir tal función, el motor ejerce sobre las bombas que suministra el caudal de aceite a fin de que accione a los componentes de movimiento y rotación del pistón. Los subsistemas dentro del equipo son motor hidráulico, válvulas y bombas de flujo variable,
- **Sistema mecánico y subsistemas:** Se compone de elementos que permiten garantizar la transmisión del movimiento desde la fuente generadora que es el motor hidráulico hacia los distintos puntos que requieran la energía transformada. Para lograr tal tarea se requiere de un compresor.
- **Sistema rotopercutor y subsistemas:** Permite la percusión y movimientos de rotación de manera directa a la superficie rocosa, por lo que utiliza la energía transmitida del pistón hacia la broca en forma de ondas de choque. El principio de funcionamiento es la fuerza de onda de choque ejercida por la broca que ocasiona la penetración en la roca. Los subsistemas son la broca y martillo.

En la siguiente figura se muestran los componentes principales del perforador en estudio:

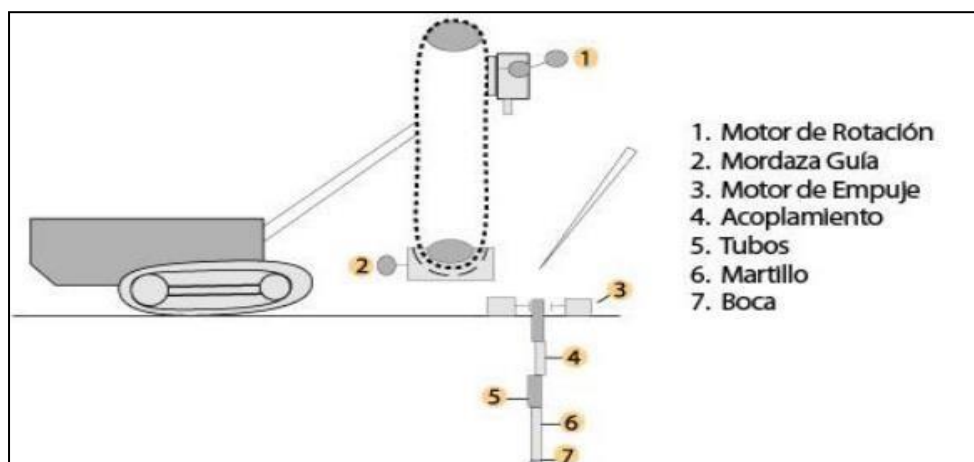


Figura 21. Vista del equipo

Ahora bien, se procedió con clasificar las fallas potenciales según cada subsistema, siendo las fallas obtenidas posterior a la aplicación del método AMEF.

- **Fallas críticas de las perforadoras *Everdigm* modelo T450**

La mejora en las actividades de mantenimiento basada en CRM se aplica al personal que labora en el área, en temas de conocimiento de tareas, seguridad y actividades para ejecutar, por lo que posterior al procesamiento de los resultados del análisis AMEF, se determinaron las siguientes acciones delegadas al jefe del área para las perforadoras.

Tabla 26. Acciones recomendadas para fallas en las perforadoras

Sistema	Subsistema	Falla		
Hidráulico	Motor Diesel	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de fuerza del motor por presión de refuerzo • Pérdida de fuerza del motor por inyección de combustible • Humo negro en exceso • Aceite de motor se pasa a cámara de combustión • Humo blanco por contaminación de aceite con refrigerante • Ruido en balancines y válvulas de motor Diesel • Consumo de aceite de motor • Recalentamiento de motor Diesel 		
		Bomba hidráulica principal	<ul style="list-style-type: none"> • No genera caudal necesario • Sonido dentro de la bomba • Ruido por cavitación de la bomba principal • Bomba hidráulica recalienta 	
			Mangueras y conectores hidráulicos	<ul style="list-style-type: none"> • Mangueras segundo tramo revientan • Manguera de tramo 2 con alambres expuestos
Mecánico				Compresora de aire
		Rotopercutor	<ul style="list-style-type: none"> • Fuga de aceite Hidráulico por cabezal de barrido • Juego axial del <i>shank adapter</i> 	

	Martillo hidráulico	<ul style="list-style-type: none"> • Vibración del martillo y mangueras • Descentrado del <i>shank adapter</i> y copa de barra • Aceite contaminado con agua
Mecánico	Línea de perforación	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Guides plate</i> de carros deslizantes gastados • <i>Sproket</i> de cadena con dientes desgastado • Cadena se rompe en eslabones • Pinzas de agarre de barras no muerden bien • Los centralizadores presentan desgaste • Los rodamientos que conforman los carros y <i>sprokets</i> averiados por fin de vida útil • Los templadores de cadena tienen los hilos robados • Porta mangueras desgastadas en canales

La mejora en las actividades de mantenimiento basada en CRM se aplica al personal que labora en el área, en temas de conocimiento de tareas, seguridad y actividades para ejecutar, por lo que posterior al procesamiento de los resultados del análisis AMEF, se determinaron las siguientes acciones delegadas al jefe del área para las perforadoras.

- **Acciones recomendadas para el mantenimiento de las perforadoras**

Tabla 27. Acciones recomendadas para fallas en las perforadoras

Fallas presentadas	Acciones recomendadas
• Fuga de aceite por cabezal de barrido.	✓ Cambio de sellos internos del martillo
• Vibración en martillo y mangueras.	✓ Recargar acumuladores con nitrógeno alta y baja
• Juego axial del <i>shank adapter</i>	✓ Reemplazar rodamientos y espaciadores de bronce
• aceite contaminado con agua.	✓ Reemplazar los sellos del cabezal de barrido
• Presión de sistema aire (10 bar) no alcanza a cargar.	✓ Regular válvula relief de compresora liberando el aire
• Tornillos del compresor no giran.	✓ Acople sin estrías, Reemplazar y ajustar
• Válvula de succión de aire del compresor no abre.	✓ Regulación de la válvula de control del pistón de succión de aire
• Fuga de aceite por compresor de aire	✓ Cambiar empaquetadura de compresora
• Vibración de compresor.	✓ Aplicar mantenimiento predictivo en compresoras
•	✓ Verificar fugas de aire en la línea de barrido, eliminar fuga
• Barrido en alta cae por debajo de 2 bares	
• Aceite del compresor se pasa al sistema de aire.	✓ Cambio de filtro separador de aire y aceite en el tanque presurizado
• Pérdida de fuerza del motor al usar martillo.	✓ ✓ Reemplace el turbo compresor

• Aceite de motor se pasa a cámara de combustión.	✓ Realizar prueba de compresión a cada cilindro
• Contaminación del aceite de motor con refrigerante.	✓ Reemplazar empaquetadura de culata y cambiar aceite.
• Termostato queda cerrado y recalienta sistema.	✓ Reemplazar el termostato por uno nuevo
• No circula el refrigerante por intercambiador.	✓ Reemplazar faja de bomba de agua, regular tensión
• Motor de arranque no encorcha <i>bendix</i> con la volante.	✓ Cambiar arrancador, usar precalentadores para arranque en frío
• Radiador no disipa calor del motor Diesel	✓ Limpieza interna de los conductos con líquido anticorrosivo
• Fuerza de tracción en orugas insuficiente.	✓ Usar bomba de percusión, y luego reparar bomba de traslación
• Bomba hidráulica principal con sonido anormal.	✓ Purgar el sistema hidráulico cada vez que reemplaza el aceite del sistema
• Bomba no genera caudal requerido para percusión	✓ Reemplace válvula dependiendo el desgaste interno
• Bomba hidráulica recalienta	✓ Regular la presión del motor hidráulico del ventilador
• Ventilador no alcanza las RPM requerido	✓ Compensar desgaste del motor con aceite más viscoso
• Rotura de cadena de avance del martillo	✓ Reemplazar cadena cuando se verifica desgaste en eslabones y rodillos
• Alineamiento del carro de martillo inadecuado	✓ Reemplazar <i>guides plate</i> cuando haya mucho espacio entre riel de viga
• Mangueras segundo tramo revientan	✓ Reemplazar manguera averiada
• Manómetro de tanque de aire no marca presión	✓ Reemplazar el manómetro del sistema
• Válvula de desfogue no controla al apagar equipo	✓ Verificar sistema eléctrico de electroválvula
• Válvula reguladora a 10 bar no controla la presión	✓ Limpieza de unidad de mantenimiento
• Niple de cabezal hilos robados	✓ Apriete adecuado de niple de manguera
• <i>Guides plate</i> de carros deslizantes gastados	✓ Limpieza con agua a presión de <i>guides</i>
• <i>Sproket</i> de cadena con dientes desgastado	✓ Tensar cadena adecuadamente
• Cadena se rompe en eslabones	✓ Templar adecuadamente la cadena de avance
• Pinzas de agarre de barras no muerden bien	✓ Rellenar con soldadura la superficie de agarre

• Los centralizadores presentan desgaste	✓ Rellenar con soldadura la superficie de agarre
• Los rodamientos que conforman los carros y <i>Sprockets</i> averiados por fin de vida útil	✓ Reemplazo de rodamientos según horas acumuladas
• Los templadores de cadena tienen los hilos robados	✓ Aplicar apriete según especificaciones
• Porta mangueras desgastadas en canales	✓ Evitar el templado excesivo de mangueras
• Manguera de tramo 2 con alambres expuestos	✓ Recargar acumuladores según plan de Mantto

- **Equipo de mantenimiento**

El desarrollo de un adecuado plan de mantenimiento preventivo es necesario para asegurar la disponibilidad en los equipos, cumplir con las metas trazadas por la gerencia y el área de mantenimiento, e implementar una adecuada gestión de las actividades de mantenimiento preventivo. Esto también ayudará a reducir los costos asociados con el mantenimiento correctivo, por lo que para garantizar el cumplimiento de las actividades se comprometió al equipo de mantenimiento conformado por los siguientes integrantes.

- **Jefe de mantenimiento:** Cuenta con una visión del proceso de mantenimiento y es el responsable de que los trabajos realizados dentro de las instalaciones de la contrata minera, así como, aportar información sobre indicadores de mantenimiento.
- **Jefe de operaciones:** Cuenta con información técnica sobre los equipos, por lo que proporciona información relacionada a la planificación de perforación en tonelaje y metros.
- **Mecánicos:** Son los encargados de realizar la reparación de distintos indoles de los equipos, para ello deben seguir el procedimiento establecido, así como, la revisión de solicitudes, hojas de verificación y asistencia a personal especializado externo.
- **Operadores:** Son los encargados de la manipulación del equipo, por ende, son los encargados de emitir la alerta de fallos y hacer un buen uso de los equipos.
- **Jefe de turno:** Es el encargado de determinar la probabilidad de fallo según las condiciones de trabajo del equipo, por lo que conoce el funcionamiento de los equipos mineros.

- **Cartillas de mantenimiento**

Establecida las recomendaciones a considerar en el mantenimiento, se procede a realizar las modificaciones de las cartillas de mantenimiento preventivo, programado y

correctivo teniendo en consideración la siguiente nomenclatura.

Tabla 28. Nomenclatura asignada para mantenimiento

Nomenclatura asignada	Actividad
P	Limpiar
L	Lubricar
C	Cambiar
I	Comprobar, inspeccionar o medir
D	Drenar
V	Verificar o revisar

A continuación, se presentan los tipos de mantenimientos que se realiza según el tiempo de ejecución.

- **Mantenimiento rutinario:** Son actividades que se realizan de forma diaria según la información proporcionada por el área de mantenimiento, por ende, debe ser su verificación de forma obligatoria por parte del operador. El formato de mantenimiento rutinario se muestra en el anexo 2.
- **Mantenimiento por intervalos:** Son las actividades enfocadas a realizar internamiento del vehículo con base a las horas de trabajo por recomendación del fabricante. En el anexo 3 se muestra el mantenimiento por intervalos de horas propuesto para la perforadora *Everdigm* modelo T450.

Asimismo, las fallas identificadas del método AMEF requieren contrarrestarse mediante actividades programadas en el mantenimiento rutinario, como se muestra a continuación.

Tabla 29. Programa de mantenimiento rutinario

Ficha para mantenimiento rutinario de las máquinas		
	Fecha	N.º de
Máquina		
Marca	Horómetro	
Modelo		
Actividad	Estado	Requiere

Ficha	Ok	Malo/Deficiente	Ajustar	Sustituir	Limpiar	Lubricar	Observaciones
acción							
Realizar la revisión del nivel de aceite del motor							
Revisar la existencia de ruidos anormales en el motor							
Revisar si existe fugas del motor, por ejem: agua, aceite, etc.							
Realizar la revisión del estado del filtro de aire							
Realizar la revisión del nivel de fluido hidráulico							
Realizar la revisión del nivel de combustible							
Revisar en los circuitos hidráulicos la existencia de fugas de aceite							
Realizar la revisión del estado de los neumáticos							
Revisar la existencia de pernos rotos en las llantas							
Realizar la revisión de las tuercas de las llantas							

Realizar la
revisión de los
niveles de
fluido y de las
conexiones de
la batería

Realizar la
revisión de la
condición y
tensión de
bandas

Realizar la
revisión de la
lubricación de
pines y
articulaciones

Realizar la
revisión del
sistema de
alumbrado
(faros)

Realizar la
revisión del
nivel del
líquido
refrigerante

Realizar la
revisión del
estado del
radiador

Realizar la
revisión del
tubo de escape

Realizar la
revisión del
estado de los
frenos

Revisar el
sistema de
frenos de
parqueo

Realizar la
revisión de
extintores

Realizar la
revisión del
funcionamiento
correcto de los
tableros

Realizar la
revisión de la
condición del
cucharon (si
existe)

Realizar la
revisión de la
estructura de la
máquina

Revisado por:

Tiempo utilizado en el mantenimiento:

Materiales/herramientas empleados:

Observaciones:

- **Costos evitados al utilizar metodología RCM**

Actualmente, se viene implementando el plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para las perforadoras modelo T450, siendo presentados los lineamientos necesarios para el desarrollo de las actividades con el fin de garantizar el cumplimiento de la producción y optimizar el costo, por lo tanto, el mantenimiento basado en RCM presenta como fin la generación de actividades de mantenimiento para que se asegure que se cumpla la disponibilidad comprometida en asegurar la confiabilidad de la flota para asegurar la perforación, por lo que se cuenta con los siguientes beneficios en la contrata minera:

- Mejora de los indicadores de gestión de mantenimiento de las perforadoras.
- El RCM se encuentra difundido en todo el personal de mantenimiento.
- Mejora del sistema de gestión de seguridad
- Una disminución del 5 % en costos de mantenimiento de los perforadores modelo T450.
- Mayor disponibilidad de las perforadoras para realizar la perforación en los tiempos indicados por el área de planificación.

- **Costos evitados al utilizar metodología RCM**

Los nuevos indicadores MTTR y MTBF se calcularon mediante las ecuaciones aplicadas por Benites y Minaya (45).

Con base en los resultados del NPR se tiene para los equipos de perforación del 7 %, por lo que con el porcentaje expuesto se determina la proyección de mejora.

$$MTTR_{proyec} = \% \text{ fallas de alto riesgo} * MTTR_{inicial}$$

$$MTBF_{proyec} = (MTTR_{inicial} - MTTR_{actual}) + MTBF_{inicial}$$

Aplicando la proyección para la perforadora

$$MTTR_{proyec} = 17.9 \% * 6.3 \quad MTTR_{proyec} = 1.12$$

$$MTBF_{proyec} = 6.3 - 1.12 + 21.24$$

$$MTBF_{proyec} = 26.42$$

La proyección de los indicadores de las perforadoras, se muestra a continuación:

Tabla 30. Proyección de disponibilidad.

Equipos	Promedio anual MTTR		Promedio anual MTBF		Promedio anual Disponibilidad	
	Pretest	Postest	Pretest	Postest	Pretest	Postest
PER-01	9.1	2.4479	17.27	23.9221	65.49 %	90.72 %
PER-04	4.73	1.27237	25.75	29.20763	84.48 %	95.83 %
PER-07	5.07	1.36383	20.71	24.41617	80.33 %	94.71 %
Total	6.30	1.12	21.24	26.42	76.77 %	95.93 %

4.1.3. Evaluación económica del plan de mantenimiento

El análisis económico de una propuesta de aplicación es crucial porque permite evaluar el impacto negativo o positivo de las mejoras propuestas. Del mismo modo, el análisis económico es esencial porque permite, mediante el uso de indicadores, tomar la decisión más adecuada para el proyecto. En consecuencia, los indicadores permiten demostrar los beneficios de la inversión, lo que es necesario para determinar si la propuesta es rentable para la empresa. A continuación, se describe la inversión:

- **Inversión**

La inversión del proyecto consiste en el establecimiento de medidas para la resolución de los problemas identificados. A continuación, se detallan los gastos asociados a la propuesta de solución, tales como capacitación:

Tabla 31. Inversión en capacitaciones

Capacitaciones	Costo unitario	Cantidad	Total
Capacitación para adecuar plan a RCM	S/ 4500.00	1	S/ 4500.00

Así también, fue necesario un gasto el escritorio y equipos de oficina para el especialista

encargado de realizar las actividades de planificación:

Tabla 32. Inversión en útiles de escritorio y equipos de oficina

Costos de útiles de escritorio y equipos de oficina	Medida	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
Memoria USB	Unidad	1	S/ 24.00	S/ 24.00
Impresora	Unidad	1	S/ 850.00	S/ 850.00
Laptop	Unidad	1	S/ 2800.00	S/ 2800.00
Plumones	Caja	1	S/ 16.00	S/ 16.00
Engrapador	Unidad	1	S/ 6.00	S/ 6.00
Tinta de impresora	Unidad	2	S/ 48.00	S/ 96.00
Perforados	Unidad	1	S/ 7.00	S/ 7.00
Lapiceros	Caja	2	S/ 3.00	S/ 6.00
Papel bond A4	Millar	2	S/ 18.00	S/ 36.00
	Total			S/ 3841.00

Por otro lado, para ejecutar con seguridad las actividades de mantenimiento fue necesario la adquisición de implementos de seguridad.

Tabla 33. Inversión en implementos de seguridad

Costos de implementos de seguridad	Medida	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
Cono de seguridad	Unidad	12	S/ 45.00	S/ 540.00
Extintores	Unidad	6	S/ 70.00	S/ 420.00
Botas de seguridad	Par	6	S/ 130.00	S/ 780.00
Guantes de protección	Par	6	S/ 75.00	S/ 450.00
Cintas reflectivas	Unidad	3	S/ 120.00	S/ 360.00
Arneses	Unidad	6	S/ 62.00	S/ 372.00
Tapones u orejeras	Unidad	6	S/ 18.00	S/ 108.00
Anteojos	Unidad	6	S/ 70.00	S/ 420.00
Cascos	Unidad	6	S/ 45.00	S/ 540.00
	Total			S/ 3450.00

La inversión total asciende a la suma de S/ 26 186.00 que será asumido en su totalidad por la empresa, puesto que la finalidad es mejorar la disponibilidad mecánica de las perforadoras.

- **Beneficios**

El beneficio está expresado en el dinero que deja de percibir la empresa por el pago en el equipo de mantenimiento debido a las reparaciones no programadas, siendo el tiempo destinado para tareas en mantenimiento preventivo.

Tabla 34. Sueldo de trabajadores por hora

Personal	Cantidad	Sueldo mensual	Sueldo mensual	Sub total/hora
Jefe de mantenimiento	1	S/4,500.00	S/4,500.00	S/18.75
Jefe de operaciones	1	S/6,500.00	S/6,500.00	S/27.08
Mecánicos	3	S/3,200.00	S/9,600.00	S/40.00
Operadores	3	S/4,800.00	S/14,400.00	S/60.00
Jefe de turno	1	S/2,800.00	S/2,800.00	S/11.67
	Total			S/157.50

Posterior a ello, se identificó la cantidad de horas que el equipo dejaba de percibir mediante el indicador MTTR.

Tabla 35. Beneficio en ahorro de sueldo por no realizar mantenimiento correctivo

MTTR actual (h/año)	MTTR proyectado (h/año)	Ahorro en horas (h/año)	Sueldo de trabajadores por hora	Ahorro (S/ por año)
75.60	20.34	55.26	S/ 157.50	S/ 8704.02

- **Flujo de caja**

A continuación, se presenta el flujo de caja proyectado del proceso:

Tabla 36. Flujo de Caja

Año	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión						
Capacitación	S/ 4500.00					
Útiles de oficina	S/ 3841.00					
Implementos de seguridad	S/ 3450.00					
Total, de inversión	S/ 11 791.00					
Ingresos		S/ 9790.02	S/ 9790.02	S/ 9790.02	S/ 9790.02	S/ 9790.02
Sueldo de personal		S/ 9790.02	S/ 9790.02	S/ 9790.02	S/ 9790.02	S/ 9790.02
Flujo de caja	-S/ 11 791.00	S/ 9790.02	S/ 9790.02	S/ 9790.02	S/ 9790.02	S/ 9790.02
Utilidad acumulada	-S/ 11 791.00	-S/ 2000.98	S/ 7 789.04	S/ 17 579.06	S/ 27 369.08	S/ 37,159.10

A continuación, se presenta los indicadores económicos obtenidos del flujo económico:

Tabla 37. Indicadores económicos

Indicador económico	Valor
Cálculo del VAN	S/ 26 656.04
Cálculo de la TIR	66.84 %
Cálculo de la ratio beneficio / costo	2.26

En la tabla anterior se observa que arrojó un VAN de S/ 26 656.04 y un TIR de 66.84 %, esto quiere decir que la propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento aplicando RCM es viable, así también se observa que se recupera el dinero a partir del año 2 de inversión. Por otro lado, en la relación beneficio-costos se muestra que por cada sol invertido se genera un beneficio de 2.26 soles.

4.2. Discusión de los resultados

Mediante un análisis de la situación actual, se identificó la situación actual de las perforadoras modelo T450, siendo 21.24 en MTBF, 6.30 en MTTR y una disponibilidad del 61 % en promedio de las tres perforadoras, por lo que se evidenció que es necesario una mejora en el plan de mantenimiento, para lo cual se consideró el uso de RCM a fin de obtener mejores resultados. De lo expuesto, es concordante con Urián (1) al aplicar la metodología RCM, pues tuvo una disponibilidad del 81 %, lo que demuestra que es la mejor opción para reducir las pérdidas por tiempos improductivos. De igual manera, Díaz (2) sostuvo que una mejora en el plan de mantenimiento basado en RCM es empleado al contar con un lenguaje técnico de fácil entendimiento entre las personas que realizan el mantenimiento.

La propuesta de solución busca mejorar los indicadores de mantenimiento, por lo que se consideró seguir una estrategia basada en mantenimiento centrado en confiabilidad, la cual permitió identificar un total de 39 fallas en las perforadoras modelo T450. Lo expuesto es concordante con Escarcena y Carrillo (7), quien para un problema de similar característica propuso un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad, obteniendo fallas críticas en 8 sistemas analizados, así como, la evaluación de subsistemas críticos. Así también, Robles (13) propuso acciones de mejora para 9 efectos de falla con la finalidad de reducir el nivel de criticidad, así como, estrategias para el proceso de reparación, proceso de desmontaje y montaje, y proceso de mantenimiento preventivo. Por lo expuesto, se concuerda con la teoría de RCM, ya que aplicando las herramientas y metodologías se disminuyeron las fallas imprevistas.

En el análisis económico de la propuesta de mejora se obtuvo un VAN de S/ 26 656.04, mientras que el TIR resulto ser de 66.84 % y un costo-beneficio de 2.26, esto demuestra la viabilidad de la mejora en la gestión de mantenimiento. Lo obtenido es concordante con Fran (9) quien realizó la compra de herramientas, componentes y la capacitación al personal como inversión, siendo un TIR del 82 %, lo que demuestra que la rentabilidad al utilizar CRM es elevada, así también, Castañeda (8) obtuvo un TIR de 177 % tras una evaluación de 8 años en su flujo de caja.

CONCLUSIONES

- Con los resultados obtenidos de la propuesta de mejora en el plan de mantenimiento aplicando la metodología del RCM para aumentar la disponibilidad a las perforadoras *Everdigm* modelo T450, se obtiene un beneficio económico y operativo en cualquier parte donde se implemente esta propuesta de mejoramiento en el plan de mantenimiento, para aumentar la disponibilidad de las perforadoras que se encuentren trabajando en diferentes zonas de operación y ayudará a mejorar la gestión de mantenimiento en la empresa.
- Mediante el análisis de la situación actual de las perforadoras modelo T450 se identificó que el equipo MTBF en la perforadora PER-01, PER-04 y PER-07 fue de 17.27 horas, 25.75 horas y 20.71 horas, mientras que el MTTR en las mismas perforadoras fue de 9.10 horas, 4.73 horas y 5.07 horas, respectivamente, siendo una disponibilidad promedio en las tres perforadas de 61 %, lo que demuestra que los indicadores están por debajo de la meta esperada y se debe realizar mejoras en el plan de mantenimiento.
- Se realizó la mejora del plan de mantenimiento aplicando la metodología RCM, lo que permitió identificar 39 riesgos de los cuales un 17.9 % representan riesgo de fallo alto, por lo que los resultados obtenidos permitieron modificar el plan de mantenimiento.
- Se evaluó económicamente la propuesta de mejora del plan de mantenimiento y se concluyó que, con una inversión de S/ 11,791.00 para implementar el uso de la metodología RCM desde el centro de planificaciones de mantenimiento, en ese sentido se obtiene un VAN de S/ 26 656.04 y un TIR del 66.84 %, un B/C de 2.26 y una recuperación de la inversión en el segundo año, lo que demuestra la viabilidad de la propuesta para la empresa, y la reducción de pérdidas de equipos al incrementarse la disponibilidad.

RECOMENDACIONES

- Ejercer una mayor capacitación y concientización al personal técnico y operadores en el conocimiento y aplicación de la metodología RCM, ya que dado los resultados de la propuesta de mejora en el plan de mantenimiento demuestran un claro beneficio económico y operativo, y se recomendó implementar esta propuesta en todas las ubicaciones donde se utilicen las perforadoras *Everdigm* modelo T450. Esto permitirá maximizar los beneficios y mejorar la disponibilidad en todas las operaciones de la empresa.
- Con los indicadores de MTBF y MTTR por debajo de las metas esperadas y una disponibilidad promedio del 62 %, se recomienda realizar mejoras específicas en el plan de mantenimiento para las perforadoras PER-01, PER-04 y PER-07. Estas mejoras deben enfocarse en reducir el tiempo medio entre fallos (MTBF) y el tiempo medio de reparación (MTTR) para aumentar la disponibilidad, esto conlleva a atacar y minimizar los fallos en los componentes más críticos de los diferentes sistemas que componen la perforadora *Everdigm* T-450.
- Dado que se han identificado 39 riesgos, incluyendo un 17.9 % de riesgo de fallo alto, se recomienda tomar medidas inmediatas para mitigar estos riesgos. Es necesario revisar las modificaciones en el plan de mantenimiento que incluyen estrategias específicas para abordar estos riesgos y garantizar la seguridad y confiabilidad de las perforadoras, se recomienda la aplicación del nuevo plan de mantenimiento en todas las operaciones donde labora la perforadora *Everdigm* T-450.
- Es importante aplicar los recursos financieros necesarios en el presupuesto del área de mantenimiento y se recomienda considerar esta inversión como una estrategia para la empresa. Asignar los recursos necesarios (S/ 11 791.00) para implementar la propuesta de mejora del plan de mantenimiento, y esto no solo es viable, sino que también posicionará a la empresa para obtener beneficios sostenibles y un rendimiento financiero sólido a largo plazo.

LISTA DE REFERENCIAS

1. **CRUZ, Víctor.** *Mejora del plan de mantenimiento preventivo y su impacto en la disponibilidad de la perforadora sks12 en una empresa minera.* Universidad César Vallejo, Trujillo. 2020.
2. **FIGUEROA, Juan.** *Estudio de mantenimiento, basado en la confiabilidad (RCM) aplicado al equipo finger joint HS - 180 para la empresa blocks & cutstock S.A, planta San Pedro de la Paz - Chile.* 2019.
3. **CASTILLO, Cristian.** *Elaboración de un plan de mantenimiento para una máquina montadora de puntas en la empresa croydon S.A.* 2021.
4. **RIZKYA, Indah, y otros.** *Reliability Centered Maintenance to Determine Priority of Machine Damage Mode.* North Sumatera University, Medan: 2019.
5. **PINTO, Constâncio, y otros.** *Increasing the Reliability of an Electrical Power System in a Big European Hospital through the Petri Nets and Fuzzy Inference System Mamdani Modelling.* University of Coimbra, Coimbra : 2021.
6. **FLORIÁN, Lorenzo.** *Propuesta técnica para implementar un plan de mantenimiento preventivo de la perforadora Jumbo Troidon 55XP para mejorar la disponibilidad en una mina subterránea para el año 2020.* 2020.
7. **ESCARCENA, Cesar; CARRILLO, Rodolfo.** *Implementación de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para equipo de sostenimiento bolter 88.* 2019.
8. **CASTAÑEDA, Gianmarco.** *Optimización de la gestión del mantenimiento en máquinas perforadoras en la empresa consorcio JM SAC. sede Tantauatay.* Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo: 2021.
9. **MORGAN, Fran.** *Aplicación del mantenimiento basado en confiabilidad (RCM) a la flota de camiones 797F en una empresa minera para mejorar el nivel de servicio, Arequipa 2019.* Universidad Católica de Santa María, Arequipa: 2022.
10. **VALENCIA, Víctor.** *Propuesta para incrementar la confiabilidad operacional usando técnicas RCM en palas eléctricas de cable 7495 hydracrowd para una mina ubicada en Moquegua.* Universidad Católica de Santa María, Arequipa: 2022.
11. **BLAS, Yarixa; QUISPE, Kevin.** *Mejoramiento de actividades del mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de las perforadoras diamantinas en la Empresa BRETSA S.A.C., 2020.* Universidad César Vallejo, Trujillo: 2021.
12. **HINOSTROZA, Jorge.** *Implementación de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de las perforadoras diamantinas en la Empresa Geotecnia Peruana S.R.L., del distrito de Ate, Lima 2019.* Universidad César Vallejo, Lima: 2019.

13. **ROBLES, Jorge.** *Diseño de un plan de mantenimiento basado en RCM para incrementar la vida útil del tren de fuerza de camiones de acarreo marca Caterpillar modelo 793D en Sociedad Minera Cerro Verde.* 2018.
14. **MENDOZA, Alexander.** *Implementación de un plan de mantenimiento utilizando las técnicas del RCM para mejorar el porcentaje del indicador de efectividad global de los equipos OEE sobre la soldadura en la fábrica de envases metálicos de Leche Gloria S.A.* 2021.
15. **MORALES RIVERA, Jhonny L.** Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento en el sistema HVAC del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez utilizando la metodología RMC. Lima, Perú: s.n., 28 de octubre de 2022.
16. **PASTOR, Ana; MUGABARU, A.** *Gestión integral de mantenimiento.* s.l.: Marcombo, 1997.
17. **MALDONADO VILLAVICENCIO, Hernan; SIGUENZA MALDONADO, Luis.** Propuesta de un plan de mantenimiento para maquinaria pesada de la empresa minera Dynasty Mining del cantón Portovelo. 2012.
18. **IPESA.** *Tips para facilitar el mantenimiento de maquinaria pesada.* IPESA. 2020, Blog de maquinaria pesada.
19. **Culture Safety.** *Mantenimiento reactivo de averías: Una guía completa.* 2023. *¿Qué es el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)?* abril de 2021, Formación para la industria. Formación para la industria.
20. **Grupo Enova.** Ingeniería de mantenimiento: mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) (parte 3). [En línea] 2022. <https://enovalevante.es/ingenieria-de-mantenimiento-mantenimiento-centrado-en-confiabilidad-rcm-parte-3/>.
21. **FUENMAYOR, Edgar.** *Análisis de confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad de un sistema de Bombeo.* 2023.
22. **PINZÓN, Christian.** *Indicadores clave de desempeño en la gestión de mantenimiento.*
23. **SAETTA, S.; CALDARELLY, V.** *The machinery performance analysis whit smart technologies: a case in the food industry.* 2018. págs. 441-446. Vol. 51.
24. **Progressa Lean.** Análisis de Modos de Fallo y Efectos (AMFE). [En línea] 2016. <https://www.progressalean.com/analisis-de-modos-de-fallo-y-efectos-amfe/>.
25. _____. *Progressa Lean.* [En línea] 25 de enero de 2016. <https://www.progressalean.com/analisis-de-modos-de-fallo-y-efectos-amfe/>.
26. **Alter technology.** *Mecánica de Fallas y Causas en Conectores prensados.* [En línea] 2019. <https://wpo-altertechnology.com/es/mecanica-de-fallas-y-causas-en-conectores-prensados/>.

27. **APARCO; SOLANO.** Diseño de malla de perforación y voladura para la reducción de costos en el nivel 1590 cruce 520 de la u.e.a. capitana -Corporación Laces S.A.C. Minería y Construcción -Caraveli-Arequipa. [En línea] 2017.
<https://docplayer.es/84223469-Universidad-nacional-de-huancavelica.html>.
28. **MOUBRAY, John.** *RCM II: Reliability Centered Maintenance.* Great Britain : s.n., 1997.
29. **Everdigm.** *Manual de operación y mantenimiento.* s.l.: Everdigm Corp, 2018.
30. **Ferretería.** *Diferencias entre maquinaria hidráulica, neumática y eléctrica: aprende a distinguirlas.*
31. **BARREDA, Salvador.** *Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (R.C.M.) en la Edar de Nules-Vilavella.*
32. **MOUBRAY, John.** *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM II. Traducción por Eliman Suerios y Asociados, Buenos Aires, Argentina.* Madrid: Editorial en español, 2004.
33. **GUTIERREZ, Cesar.** *Plan de gestión de mantenimiento basado en la metodología RCM para mejorar la disponibilidad de bombas concreteras putzmeister. Caso: Concretos Supermix S.A.* Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa: 2019.
34. **AMENDOLA, Luis.** *Diagnóstico del Estado Actual de la Gestión del Mantenimiento de Activos Físicos PAS 55 Estándar Internacional Caso: Punta de Automoción-España.* Universidad Politécnica de Valencia, Valencia: 2012.
35. **NUÑEZ, Diana; PUCHOC, Jhon.** *Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad para incrementar la disponibilidad operativa de la empresa Distribuidora Bajopontina S. A. Lima, 2021.* Universidad César Vallejo, Lima: 2021.
36. **GULLO, Louis; DIXON, Jack.** *Design for Maintainability.*
37. Mora, Alberto. *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control.* México D.F: Editorial Mexicana, 2009.
38. **GUTIERREZ, Humberto.** *Calidad Total y Productividad.* 2014.
39. **NAYHUA, José.** *Diseño de un Plan Mantenimiento con la Metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para Perforadoras Atlas COPCO CT20 en la Empresa Explodrilling.* Universidad Católica de Santa María, Arequipa: 2018.
40. **LAZO, Ronald; MUCHA, Miguel.** *Análisis y propuesta de mejora en la gestión de inventarios a una empresa de venta de productos de consumo masivo para aumentar la productividad de los operarios.* Universidad Ricardo Palma, Lima: 2019.
41. **RUIZ, Ramon.** *El método científico y sus etapas.* México: s.n., 2007.
42. **ARIAS, José; COVINOS, Mitsuo.** *Diseño y metodología de la Investigación.* Arequipa: s.n., Enfoques Consulting EIRL 2021.
43. **HERNÁNDEZ, R.; FERNÁNDEZ, C.; BAPTISTA, L.** *Metodología de la Investigación.* s.l.: Mc Graw Hill, 2014.

44. **BENITES FARROMEQUE, Luis; MINAYA MOLLO, Víctor.** *Sistema de gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad para aumentar la capacidad de producción en la red de oxígeno de una empresa industrial.* Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. 2021.
45. **HERNÁNDEZ, S.** *Metodología de la investigación.* 2014.
46. **HERNÁNDEZ; FERNÁNDEZ; BAPTISTA** (2010). *Metodología De La Investigación.* España: McGraw-Hill Interamericana de España S.L.; 5a edición (23 mayo 2014), 2010.
47. **FIGUEROA, Sebastian.** *Aplicación del mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) para la elaboración de un plan de mantenimiento de un molino de bolas Thyssenkrupp de 12 MW en una mina de cobre en el sur del Perú.* 2020.
48. **OSORIO Esteban; ROY Sergio.** *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la perforadora diamantina superdrill H600 de la empresa Maqpower S.A.C.* Huancayo: s.n., 2016.
49. **MEDINA, Jorge.** Confiabilidad rcm – blog especializado en la confiabilidad operativa y su implementación en México. *confiabilidad rcm – blog especializado en la confiabilidad operativa y su implementación en México.* [En línea] 21 de agosto de 2016. <https://confiabilidadrcm.wordpress.com/2016/08/21/paso-2-fallos-funcionales/>.
50. **CAMPOS, y otros.** *Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos.* México: Instituto Politécnico Nacional, 2019, 23(1), págs. 51-59.
51. **Renovetec.** *Los objetivos de la implantación de rcm como base del mantenimiento.* [En línea] 2019. <http://mantenimiento.renovetec.com/plan-de-mantenimiento/121-rcm-y-sus-objetivos>.
52. **VLADIMIR.** *Perforación con jack leg. ingeniero.* [En línea] 2015. <https://es.slideshare.net/jhonyyvladimir/perforacin-con-jack-leg-ingeniero-46859541>.
53. **MALDONADO VILLAVICENCIO; HERNAN M.; SIGUENZA MALDONADO, Luis A.** *Propuesta de un plan de mantenimiento para maquinaria pesada de la empresa minera Dynasty Minig del canton Protovelo.* 2012.
54. **MORALES RIVERA, Jhonny L.** *Propuesta de mejora de la gestión del mantenimiento en el sistema HVAC del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez utilizando la metodología RMC.* Lima, Perú: s.n., 28 de octubre de 2022.
55. **Society of Automotive Engineers, SAE JA1011.** *Evaluation criteria for reliability-centered maintenance (RCM) processes,* 2 ed., Warrendale: SAE International, 2009.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Metodología
<p>¿De qué manera se realiza una propuesta de mejora en el plan de mantenimiento aplicando la metodología del RCM para aumentar la disponibilidad a las perforadoras <i>Everdigm</i> modelo T450?</p>	<p>Realizar una propuesta de mejora en el plan de mantenimiento aplicando la metodología del RCM para aumentar la disponibilidad a las perforadoras <i>Everdigm</i> modelo T450.</p>	<p>La propuesta de mejora en el plan de mantenimiento aplicando la metodología del RCM incide en el aumento de la disponibilidad a las perforadoras <i>Everdigm</i> modelo T450.</p>	<p>Método de la investigación Sera el método análisis-síntesis Tipo de la investigación Sera del tipo aplicada Nivel de la investigación El nivel será del explicativo Diseño de la investigación Será del tipo no experimental, sub clasificado en investigación ex posfacto</p>
<p>Problema específicos ¿Cuál es la situación actual de los indicadores de MTTR, MTBF y disponibilidad de las perforadoras <i>Everdigm</i> modelo T450?</p>	<p>Objetivo específicos Determinar la situación actual de los indicadores de MTTR, MTBF y disponibilidad de las perforadoras <i>Everdigm</i> modelo T450.</p>	<p>Hipótesis específicas El análisis de la situación actual permite identificar indicadores de MTTR, MTBF y disponibilidad de las perforadoras <i>Everdigm</i> modelo T450.</p>	
<p>¿Cómo se va a elaborar una propuesta de mejora aplicando la metodología del RCM a las perforadoras <i>Everdigm</i> modelo T450? ¿Es viable la propuesta de mejora en el mantenimiento a las perforadoras <i>Everdigm</i> modelo T450?</p>	<p>Elaborar una Propuesta de mejora aplicando la metodología del RCM a las perforadoras <i>Everdigm</i> modelo T450. Realizar una evaluación económica del plan de mantenimiento aplicando la metodología RCM.</p>	<p>La propuesta de mejora del plan de mantenimiento es viable aplicando la metodología del RCM a las perforadoras <i>Everdigm</i> modelo T450. Es viable económicamente el plan de mantenimiento aplicando la metodología RCM.</p>	

Anexo 2. Control diario.

Control diario					
Operario					
Fecha					
Ítem	Descripción	Sí	No	Observaciones	
1	¿Las luces delanteras están operativas?				
2	¿Las luces de retroceso están operativas?				
3	¿Las Luces del Panel de Control están operativas?				
4	¿La alarma de retroceso está operativa?				
5	¿La Bocina (claxon) está operativa?				
6	¿El cinturón de seguridad está operativo?				
7	¿El extintor de seguridad está operativo?				
8	¿El sistema de detección y supresión automática contraincendios está operativo?				
9	¿La batería y bornes de la batería se encuentran en buen estado?				
10	¿Cuenta con la medición de monóxido y gases nitrosos vigente?				
11	¿Existe materiales inflamables? (depósitos de aceite / combustibles, trapos, etc.)				
12	¿Existe grietas o rajaduras en la estructura del equipo (chasis, brazo, etc.)?				

-
- 41 ¿La circulan azul se encuentra en buen estado?
- 42 ¿Cuenta con 02 conos y 02 tacos?
- 43 ¿El sistema de cámaras de retroceso se encuentran operativo?
- 44 ¿La alarma de prearranque se encuentra operativa?
- ¿Tiene y está vigente Autorización Interna de Manejo para Jumbos
- 45 Frontoneros?
- ¿La temperatura y presión de aceite del motor diésel se encuentra
- 46 en los rangos permitidos?
- 47 ¿La viga se encuentra en buen estado?
- 48 ¿Existen grietas o rajaduras; pernos rotos o flojos en el brazo?
- 49 ¿La Perforadora se encuentra operativa?
- ¿La Compresora se encuentra operativa y su presión está dentro
- 50 del rango de funcionamiento de 2 bar como mínimo?
- 51 ¿Los cables de Avance y Retorno se encuentran en buen estado?
-

Anexo 3. Mantenimiento de acuerdo con el kilometraje por actividad

Mantenimiento de acuerdo con el kilometraje por actividad												
Tipo de actividad		P = Limpiar, L= Lubricar, C=Cambiar, I=Comprobar, inspeccionar o medir, D=Drenar y V=Verificar										
Actividad programada		Intervalos	Realizar (horas)									
		8	50	100	250	500	750	1000	1250	1500	1750	200
Engrase General			L									
Revisar el nivel de aceite de compresora			V									
Revisar nivel de aceite de lubricación		8 horas	V	L	L	L	L	L	L	L	L	L
Realizar la revisión del nivel de aceite hidráulico			V									
Drenar agua del tanque de compresor				D	D	D	D	D	D	D	D	D
Rellenar aceite al tanque lubricador de martillo		50 horas		L	L	L	L	L	L	L	L	L
Revisar nivel de aceite de motor Diesel				V	V							
Verificar ajuste de pernos de Guide Plates					V	I		I		I		I
Verificar estado del Driver de rotación		100 horas			V							
Verificar Carga de Acumuladores alta y baja					V							
Realizar el cambio del aceite de motor						C	C	C	C	C	C	C
Realizar cambio de filtro de aceite de motor						C	C	C	C	C	C	C
Realizar cambio de filtros de aire del motor		250 horas				C	C	C	C	C	C	C
Realizar cambio de filtros de combustible						C	C	C	C	C	C	C
Limpieza de filtro de aire del compresor						L	L	L	L	L	L	L
Realizar cambio de aceite de compresor			V	D	D	D	C	D	C	D	C	C
Realizar cambio de filtros hidráulicos de compresor							C		C			C
Realizar cambio de filtro separador de aceite				L	L	L	C	L	C	L	C	C
Limpieza de filtros de colector de polvo		500 horas				V						
Revisar Turbo estado de turbo compresor							V		V		V	V
Realizar el Templado de cadena de Carrilera								I		I		
Cambio de aceite de reductores								C				C

Cambio de filtro hidráulico de retorno								C				C
Cambio de filtro respiradero del tanque hidráulico	1000 horas	V	V	V	V	V	V	C	V	V	V	C
Cambio de filtro de colector de polvo			V	V	V	V	V	C	V	V	V	C
Limpieza de pre filtros de motor								C				C
Realizar cambio de aceite hidráulico		V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	C
Realizar cambio de filtro de succión hidráulico	2000 horas											C
Realizar cambio de filtro de pilotaje												C
Realizar cambio de líquido refrigerante		V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	C

Anexo 4. Tabla AMEF (Análisis de Modos de Fallas y Efectos)

Hoja de información RCM II		Sistema: Sistema hidráulico	
		Subsistema: Sistema de avance	
Función	Falla funcional (Pérdida de Función)	Modos de fallas	Efecto de falla
1	A	1	No genera caudal necesario Descripción: Por desgaste de los elementos de la bomba no se genera la presión necesaria, lo que imposibilita alcanzar la presión de trabajo de 160 a 140 bar en terreno de condiciones normales. Asimismo, en el inicio de la perforación no logra alcanzar la presión requerida de trabajo que oscila entre 100 a 110 bar en el emboquillado. Actividades de mantenimiento: Reemplazo de la bomba principal. Tiempo de reparación: 4 h.
		2	Sonido dentro de la bomba Descripción: Por rotura de pernos, sellos, espaciadores de bronce o desgaste de los elementos de la bomba que limita su funcionamiento. Actividades de mantenimiento: Reemplazo de la bomba principal. Tiempo de reparación: 4 h.
		3	Ruido por cavitación de la bomba principal Descripción: Por inadecuada limpieza de mangueras (purga) limita su funcionamiento. Actividades de mantenimiento: Purga de la bomba. Tiempo de reparación: 1 Horas.
		4	Bomba hidráulica recalienta Descripción: Por inadecuada limpieza de mangueras (purga) limita su funcionamiento del enfriador de aceite hidráulico. Actividades de mantenimiento: Purga de la bomba. Tiempo de reparación: 1 Horas.
	B	1	Fuga de aceite Hidráulico por cabezal de barrido Descripción: En el shank se visualiza aparición de aceite hidráulico en forma de chorreo que va expulsándose al realizar la perforación. El operario detiene la máquina. Es una falla que al momento de detectarse se debe tomar acciones inmediatas. Actividades de mantenimiento: Cambio de sellos del <i>drifter</i> . Tiempo de reparación: 8 h
		2	Juego axial del <i>shank</i> adapter Descripción: Por causa de una inadecuada operación referente al paralelismo en forma vertical, es decir, la máquina perfora en un ángulo de 75° a más, lo que ocasiona que la barra se recueste más hacia la bocina ocasionando su desgaste. Por ello, se debe evitar una perforación mayor a 75° para evitar el juego axial del <i>shank</i> adapter. Actividades de mantenimiento: Cambio de bocina de bronce del cabezal de barrido. Tiempo de reparación: 3 h
			Descripción: Es ocasionado por el acumulador de alta y de baja, debido a la baja presión de

	estándar de perforación	3	Vibración del martillo y mangueras	<p>nitrógeno en los acumuladores. Esto ocasiona que no se logre alcanzar la presión de 5 bar y 50 bar en baja y alta respectivamente.</p> <p>Actividades de mantenimiento: Recargar nitrógeno hasta la presión recomendada.</p> <p>Tiempo de reparación: 0.5 h.</p>
		4	Descentrado del <i>shank</i> adapter y copa de barra	<p>Descripción: Las pinzas intercambiadores de barras o brazos se encuentran desalineados con relación al martillo y al centralizador. Esta falla ocasiona que no se enrosca el <i>shank</i> adapter y la barra, lo que ocasiona demoras a la operación de perforación según la criticidad.</p> <p>Actividades de mantenimiento: Regulación de los pernos de ajuste de las pinzas.</p> <p>Tiempo de reparación: 1 Horas.</p>
		5	Aceite contaminado con agua	<p>Descripción: Temperatura de trabajo superior al recomendado, lo que repercute en el resecado de los sellos (Oring). El efecto ocasionado es la inadecuada separación entre el agua y el aceite, pues el agua utilizado para el barrido al expulsarse con presión de 10 bar se desvía o tiende a filtrarse por un oring defectuoso que no cumple su función de sellado, lo cual ocasiona que el agua filtrada se dirija al sistema hidráulico de lubricación del <i>drifter</i> ocasionando un aceite contaminado por la inadecuada retención del oring.</p> <p>Actividades de mantenimiento: Inspección y cambio de oring´s defectuosos.</p> <p>Tiempo de reparación: 3 h.</p>
Motor Cummis	A	Perdida de fuerza del motor diésel con emisión de humo negro en exceso	1	<p>Perdida de fuerza del motor por presión de refuerzo</p> <p>Descripción: Desgaste interno del turbo o rotura interna de la paleta del compresor debido al apagado instantáneo del motor. Al inspeccionar el turbo se debe quitar las mangueras y se visualiza la falla, así se debe probar que no exista un juego axial para determinar la causa de la pérdida de fuerza.</p> <p>Actividades de mantenimiento: Reemplazo de turbo compresor.</p> <p>Tiempo de reparación: 3 h.</p>
			2	<p>Perdida de fuerza del motor por inyección de combustible</p> <p>Descripción: Debido a que los filtros se encuentran obturados o cañerías tapadas se imposibilita el paso del combustible hacia bomba de inyección.</p> <p>Actividades de mantenimiento: Inspección, reemplazo de filtros y limpieza de ductos que intervienen en el traslado de combustible.</p> <p>Tiempo de reparación: 4 h.</p>
			3	<p>Humo negro en exceso</p> <p>Descripción: Inadecuada limpieza en los filtros de aire que repercute en la mezcla de cámara de aire-combustible, es decir, la presencia de polvo ocasiona una mezcla rica, lo que quema las toberas de inyectores. Por otro lado, también es ocasionado por la polución, produciéndose una baja en la potencia del motor.</p> <p>Actividades de mantenimiento: Afinamiento de inyectores y cambio de inyectores que no pasen la prueba.</p> <p>Tiempo de reparación: 4 h.</p>

2	ATAAC de 260 Hp encargado de transmitir la potencia de giro a todo los sistemas	B	Consumo de aceite de motor en exceso, rellenado cada 3 días de 1 a 1,5 galones.	4	Balancines descalibrados presentan golpeteo Aceite de motor se pasa a cámara de combustión Humo blanco por contaminación de aceite con refrigerante	<p>Descripción: Inadecuado seguimiento del uso del motor repercute en que no se calibre los balancines en los tiempos establecidos. Esto se debe en ocasiones al modelo del motor.</p> <p>Actividades de mantenimiento: Calibración de balancines.</p> <p>Tiempo de reparación: 4 h.</p> <p>Descripción: Desgaste ocasiona blooby, es decir, el paso del aceite a la cámara de combustión.</p> <p>Actividades de mantenimiento: Evaluación y cambio de anillos.</p> <p>Tiempo de reparación: 24 h a más.</p> <p>Descripción: Recalentamiento del motor ocasiona el soplado de empaque.</p> <p>Actividades de mantenimiento: Cambio de empaques del motor.</p> <p>Tiempo de reparación: 8 h.</p> <p>Descripción: Un apagado de forma inmediata del motor diésel sin esperar los 5 minutos recomendados para enfriar el sistema, ocasiona un desgaste en los cojinetes del eje del turbo.</p> <p>Actividades de mantenimiento: Desmontaje y reparación del tubo compresor, cambio de cojinetes.</p> <p>Tiempo de reparación: 8 h.</p>
				1	Líneas del turbo compresor presentan aceite de motor en las paredes	<p>Descripción: Los paneles del radiador se encuentran sucios con polvo proveniente de los taladros al momento de perforar, impregnados en el radiador.</p> <p>Actividades de mantenimiento: Limpieza del radiador con agua a presión o soplado con aire a presión tomado del tanque compresor.</p> <p>Tiempo de reparación: 1 Horas.</p>
				2	Intercambiador de calor deficiente	<p>Descripción: La válvula de paso se encuentra pegado por presentar fallos en el bimetálico el refrigerante caliente no disipa el calor en el radiador, solo recircula dentro del motor.</p> <p>Actividades de mantenimiento: Cambio de termostato por uno nuevo.</p> <p>Tiempo de reparación: 3 h.</p>
				3	Termostato se queda pegado, no abre paso hacia enfriador	<p>Descripción: El motor hidráulico del ventilador presenta pérdida de fuerza, por desgaste interno o por fallas en sistema de hidráulico de la bomba auxiliar, la presión de sistema fuera de lo normal.</p> <p>Actividades de mantenimiento: Regulación de presión en válvula relief, evaluación de fan motor para remplazo.</p> <p>Tiempo de reparación: 4 h.</p>
		C	Recalentamiento del motor diésel supera los 100 °C en una hora de trabajo.	1	Fan motor no tiene fuerza para generar flujo de aire suficiente.	<p>Descripción: El sistema presenta una fuga o el líquido refrigerante disminuye por evaporación por altas temperaturas.</p> <p>Actividades de mantenimiento: Verificar fugas, evaluar temperatura de trabajo del motor</p> <p>Tiempo de reparación: 1 Horas.</p>
				2	Líquido refrigerante por debajo del nivel requerido	
				3		
				4		

		5	Mal funcionamiento del sensor de temperatura	<p>Descripción: El sensor envía una mala señal al indicador de temperatura en la cabina del operador, sensor dañado o falso contacto con terminales.</p> <p>Actividades de mantenimiento: Realizar prueba de corriente y remplazar sensor.</p> <p>Tiempo de reparación: 2 h.</p>
3	A	1	Compresora no carga los 10 bares requeridos	<p>Descripción: Válvula principal del sistema de aire no controla la presión requerida de 10 bar para el funcionamiento óptimo del sistema neumático.</p> <p>Actividades de mantenimiento: Reemplazo o regulación de válvula de presión.</p> <p>Tiempo de reparación: 1 Horas.</p>
		2	Tornillo del compresor no giran	<p>Descripción: Desgaste o rotura del acople del compresor que limita el giro de los tornillos del compresor.</p> <p>Actividades de mantenimiento: Reemplazo del acople del compresor.</p> <p>Tiempo de reparación: 5 h.</p>
		3	Válvula de succión de aire no abre	<p>Descripción: Falla de la electroválvula o válvula de accionamiento de la válvula de mariposa, lo que repercute en que no se genere presión de aire.</p> <p>Actividades de mantenimiento: Reemplazo de electroválvula de admoción de aire</p> <p>Tiempo de reparación: 2 h.</p>
		4	Válvula de abarrido no genera presión	<p>Descripción: Desgaste de elementos internos de la válvula de barrido que imposibilita el barrido.</p> <p>Actividades de mantenimiento: Reemplazo de la válvula de barrido.</p> <p>Tiempo de reparación: 2 h.</p>
		5	Barrido en alta se cae por debajo de lo normal	<p>Descripción: Perdida de presión de aire debido a una válvula mal conectada, en consecuencia, fuga de aire.</p> <p>Actividades de mantenimiento: Eliminar fuja mediante el reajuste de válvulas.</p> <p>Tiempo de reparación: 2 h.</p>
		6	Presión stand by no alcanza los 3.5 bares	<p>Descripción: Ocasionado por el desgaste o fatiga del resorte.</p> <p>Actividades de mantenimiento: Regulación del resorte o reemplazo en caso no se pueda regular.</p> <p>Tiempo de reparación: 1 Horas.</p>
	B	Falla en rodamientos por insuficiente lubricación,	1	Fuga de aceite de compresor

		rodamientos presentan desgaste y se presenta por medio de vibraciones.	2	Vibración de compresora en barrido alto (full)	<p>Descripción: Desgaste de rodamiento que repercute en vibraciones en la compresora.</p> <p>Actividades de mantenimiento: Reemplazo de rodamientos del compresor.</p> <p>Tiempo de reparación: 4 h.</p>
			3	Aceite de compresor se pasa al sistema de aire	<p>Descripción: Inadecuado procedimiento de apagado de la perforadora, es decir, primero el compresor y luego se apaga el motor.</p> <p>Actividades de mantenimiento: Reemplazo del filtro separador de aire.</p> <p>Tiempo de reparación: 3 h.</p>
			1	El ventilador de succión de aire no gira	<p>Descripción: La presión en el sistema no es lo adecuado por posible derivación de la presión por desgaste interno de los componentes hidráulicos.</p> <p>Actividades de mantenimiento: Evaluar la presión del motor para reemplazarlo.</p> <p>Tiempo de reparación: 3 h.</p>
4		Succionar el polvo resultante de la perforación de taladros con una capacidad de 28m ³ /min a 2200 RPM.			
	A	Succión de polvo por parte del colector fuera de lo normal a plena carga.	2	La fuerza de succión de aire es demasiado baja	<p>Descripción: Obstrucción de la manguera de colector de polvo, u obstrucción de los filtros de colector por exceso de polvo.</p> <p>Actividades de mantenimiento: Limpieza de manguera y de filtros.</p> <p>Tiempo de reparación: 2 h.</p>
			3	El pulso de aire en el colector de polvo no funciona	<p>Descripción: La llave de purga del tanque está abierta o el temporizador de pulso esta desregulado haciendo deficiente la limpieza automática de los filtros de aire del colector.</p> <p>Actividades de mantenimiento: Cerrar la llave y regular pulso en el temporizador.</p> <p>Tiempo de reparación: 2 h.</p>

Anexo 5. Cuadros de decisión (determinación de tareas proactivas y de diseño).

Hoja de decisión							Sistema Subsistema	Sistemas principales Varios							
Referencia de Información			Evaluación de las Consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tareas Propuestas	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S	S						Evaluación de caída de presión de la bomba, tener en cuenta tolerancia a plena carga de la bomba a 2200 rpm.	500 h	Mecánico
1	A	2	S	N	N	S	S						Realizar seguimiento al desempeño de bomba cuando está a plena carga en percusión, y reportar sonidos anormales	500 h	Mecánico
1	A	3	S	N	N	S	S						Realizar el purgado de la línea hidráulica de la bomba periódicamente o al realizar cambio de componentes	1000 h	Mecánico
1	A	4	S	N	N	S	S						Realizar limpieza de los paneles del intercambiador de calor, cambio de filtro de retorno de acorde al plan de mantenimiento	1000 h	Mecánico
1	B	1	S	N	N	S	S						Cambio de sellos y orines del martillo, cumplimiento del mantenimiento de martillo 500 horas.	500 h	Mecánico
1	B	2	S	N	N	S	S						Realizar la evaluación del estado de la bocina del cabezal, el operario debe tener conocimiento de los ángulos máximos de inclinación de la viga y provenientes de operación.	500 h	Mecánico
1	B	3	S	N	N	S	S						Realizar la inspección de la carga de los acumuladores del martillo, deben estar en el rango especificado según el manual de mantenimiento <i>Everdigm T-450</i>	100 h	Mecánico

1	B	4	S	N	N	S	S	Evaluar la concentricidad de la barra entre el <i>shank</i> y el centralizador delantero, si no cumple con este parámetro regular la concentricidad de las pinzas	1000 h	Mecánico
1	B	5	S	N	N	S	S	Realizar análisis de aceite y conteo de partículas del sistema hidráulico Dializar si es necesario	1000 h	Mecánico
2	A	1	S	N	N	S	S	Inspección el estado del turbo compresor, si existe posibles fugas de aceite dentro de las líneas de admisión, verificar el juego axial del eje del compresor y turbina.	500 h	Mecánico
2	A	2	S	N	N	S	S	Evaluar el estado del combustible, inspeccionar si contiene suciedad, cumplir con el mantenimiento programado del motor diésel	250 h	Mecánico
2	A	3	S	N	N	S	S	Realizar la inspección de los filtros de aire primario, Limpiar de ser necesario con aire a presurizado, verificar manual de operación y mantenimiento.	100 h	Mecánico
2	A	4	S	N	N	S	S	Evaluar el espacio entre balancines y taques de válvulas la holgura debe comprender entre 0.15 y 0.25mm, usar calibrador de laminas	1000 h	Mecánico
2	B	1	N				S	Realizar el análisis de aceite de motor	500 h	Mecánico
2	B	2	S	N	N	S	S	Monitorear temperatura de trabajo, evitar que reseque empaques y sellos con altas temperaturas	200 h	Mecánico


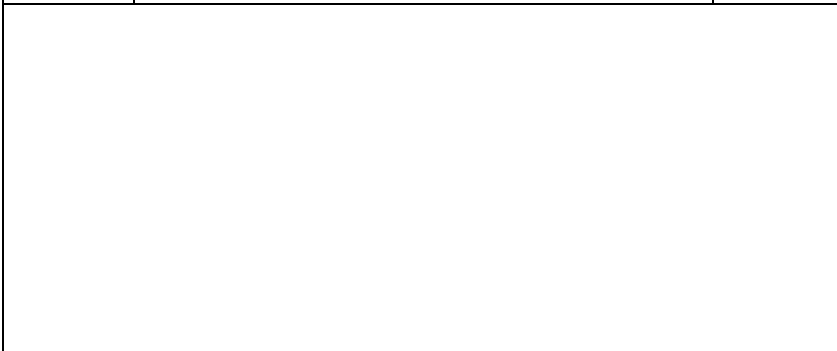
2	B	3	S	N	N	S	S	Realizar inspección visual de las mangueras de admisión de la salida del turbo compresor	500 h	Mecánico
2	C	1	S	N	N	S	S	Realizar límitese de radiador con agua a presión o aire presurizado, inspección de mangueras del sistema de enfriamiento	250 h	Mecánico
2	C	2	S	N	N	S	S	Evaluar sistema de enfriamiento con apoyo de una herramienta de medición de temperatura.	500 h	Mecánico
2	C	3	S	N	N	S	S	Evaluar la presión del sistema hidráulico de ventilador debe alcanzar los 150 bar.	500 h	Mecánico
2	C	4	S	N	N	S	S	Inspeccionar el nivel de líquido refrigerante, evaluar fugas y verificar temperatura del motor.	250 h	Mecánico
2	C	5	S	N	N	S	S	Inspeccionar el sistema eléctrico del sensor de temperatura, limpieza de terminales.	500 h	Mecánico
3	A	1	S	N	N	S	S	Verificar caída de presión del sistema de aire, regular presión en válvula reguladora.	200 h	Mecánico
3	A	2	S				S	Inspeccionar desgaste del acople del compresor en la caja de la volante del motor	2000 h	Mecánico
3	A	3	S	N	N	S	S	Verificar el estado de la válvula mariposa en el ingreso de aire del compresor.	500 h	Mecánico
3	A	4	S	N	N	S	S	Regular la válvula de barrido de aire, si no responde reemplazar los reguladores.	1000 h	Mecánico


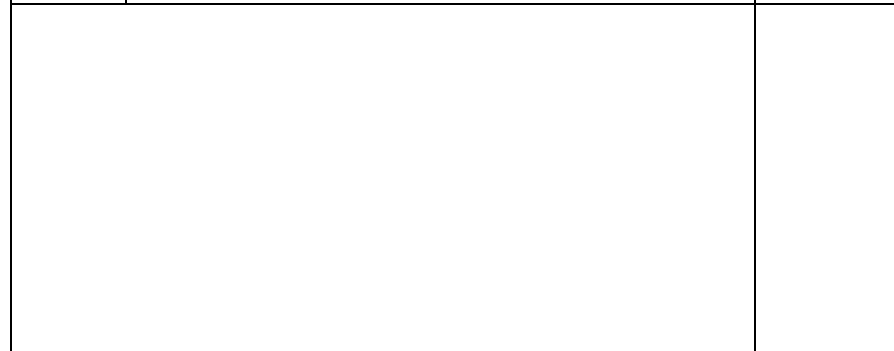
3	A	5	S	N	N	S	S	Verificar las posibles fugas en la línea de aire del barrido y el pulsing de los filtros de colector.	500 h	Especialista
3	A	6	S	N	N	S	S	Regular la presión stand by, verificar que la presión se mantenga a 3.5 bar.	500 h	Especialista
3	B	1	S	N	N	S	S	Verificar fuga de aceite, programar cambio de empaquetadura, verificar temperatura de compresor.	1000 h	Mecánico
3	B	2	S	N	N	S	S	Inspección de regulación correcta del Compensador de presión de reserva de bomba primaria	500 h	Mecánico
3	B	3	S	N	N	S	S	Realizar remplazo de rodamientos de compresor, considerar tiempo de vida útil del rodamiento.	3000 h	Mecánico
4	A	1	S	N	N	S	S	Verificar la presión del sistema hidráulico de motor del impelente	1000 h	Mecánico
4	A	2	S	N	N	S	S	Realizar la inspección del tubo de colector de polvo, limpieza de precolector e inspección de skirt.	1000 h	Mecánico
4	A	3	S	N	N	S	S	Verificar el funcionamiento del temporizador de pulso, limpieza y ajuste.	1000 h	Mecánico

Anexo 6. Cuadro de criticidad de sistemas y sub sistemas.

EQUIPO	SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTES	FREC. FALLA	SEGURIDAD	AMBIENTAL	NIVEL PROD	MTRR	IMPACTO A PROD	MANTENIMIENTO	CONSECUENCIA	CRITICIDAD	
PERFORADORA ROCK DRILL T450	Sistema hidraulico	Martillo Hidráulico	Cabezal de barrido	2	2	1	4	4	4	4	142	B	
			Bocina de cabezal de barrido										
			Drifter										
		Bomba Hidráulica principal	Cabezal de barrido (sellos)	3	2	7	6	4	6	6	6	477	C
			Elementos de la bomba (válvulas)										
			Bomba principal I										
	Bomba principal II												
	Motor Diesel	Sistema de admisión	Turbo compresor	2	2	4	2	2	6	4	68	B	
			Sistema de inyección	Bomba de transferencia	2	2	4	4	4	2	2	80	M
		Lubricación	Inyectores	3	2	1	4	5	6	6	6	387	C
			Anillos de motor										
		Sistema de enfriamiento	Empaque de culata	2	1	1	4	4	2	4	4	76	A
			FAN motor										
			Termostato										
		Sistema Neumatico	Compresora de aire	Radiador	2	2	4	6	5	6	6	6	384
	Válvula de presión												
	Acople de compresor												
	Electroválvula de admisión de aire												
	Tornillos de compresor												
	Empaque de compresora												
	Rodamientos												
	Tanque de aire		Manómetro de tanque	2	2	1	4	2	2	4	4	46	A
			Válvula de stand by										
Filtro separador de aire													
Sistema de barrido	Válvula de desfogue		2	2	1	4	2	2	2	2	42	A	
	Electroválvula de barrido de aire												
	Flushing & Pulsin												
Sistema de Perforacion	Viga de perforación	Válvula reguladora de presión	2	2	4	6	4	6	6	2	304	C	
		Niple de cabezal											
		Guides Plate											
		Sproket de cadena											
		Tong Ass'ý											
		Cadenas de arrastre											
		Pinzas											
	Centralizadores												
	Rodamientos												
	Mangueras Hidráulicas	Templadores de cadena	3	2	7	6	2	6	6	2	249	C	
Porta mangueras													
Mangueras tramos 1,2,3													

Fotografías panorámicas del mantenimiento a la perforadora Everdigm modelo T 450 - mantenimiento 2000 h

		
Ítem	Partida	Foto
1	Cambio de filtro de alta presión en 2000 horas MP4	1
		

		
Ítem	Partida	Foto
2	Limpieza del tanque hidráulico 2000 horas	2
		



Ítem	Partida	Foto
3	Cambio de filtro de circulación de combustible 500 horas MP2	3



Ítem	Partida	Foto
5	Cambio de aceite de compresor 1500 horas MP2	5



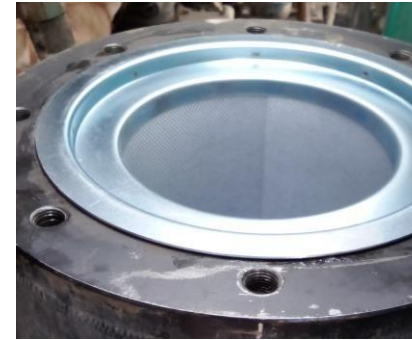
Ítem	Partida	Foto
4	Cambio de refrigerante en 2000 horas	4



Ítem	Partida	Foto
6	Cambio de filtros de colector de polvo 1000 horas MP3	6



Ítem	Partida	Foto
7	Cambio de filtro hidráulico de retorno 1000 horas MP3	7



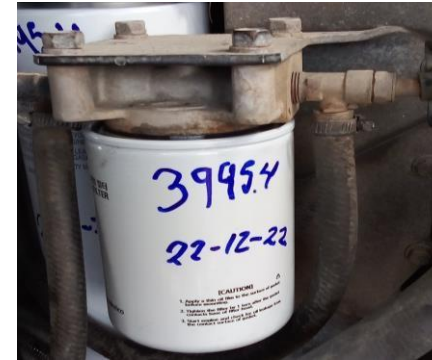
Ítem	Partida	Foto
8	Cambio de filtro separador de aceite del compresor 1000h MP3	8



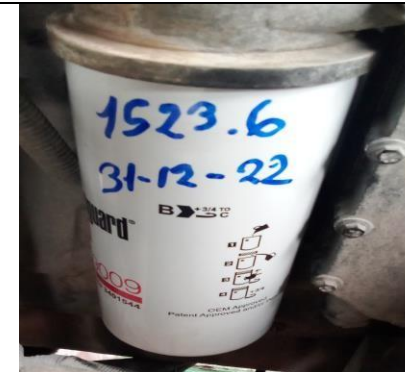
Ítem	Partida	Foto
9	Cambio de filtros hidráulicos de compresor 500horas MP2	9



Ítem	Partida	Foto
11	Cambio de filtros de combustible 250 horas MP1	11



Ítem	Partida	Foto
10	Cambio de filtro de Refrigerante 500 horas MP2	10



Ítem	Partida	Foto
12	Cambio de filtro de aceite de motor MP! 250 horas	12



Ítem	Partida	Foto
13	Cambio de filtro de aire primario 250 horas	13



Ítem	Partida	Foto
14	Filtro de aire de seguridad 250 horas PM1	14



Foto tomada a perforadora Everdigm T-50 en Taller de mantenimiento Lurín-Lima

14-03-2022



Foto tomada a perforadora Everdigm T-5 en Operaciones TN mina Paragsha-Cerro de Pasco

20-08-2022



Foto tomada de rotura de cadena de avance del Drifter

22-08-2022



Foto tomada de daños en Driver de rotación del Drifter
28-08-2022



**Foto tomada de cambio de mangueras del tercer y segundo tramo perforadora UG – 04 mina Paragsha
10-10-2022**



**Foto tomada cambio de mordaza y pernos perforadora UG-07 mina Paragsha
10-09-2022**



Foto tomada válvula de alivio del sistema de percusión perforadora UG-01 Mina Alampara

28-08-2022



Foto tomada mordaza dañada exceso de desgaste perforadora UG-01 mina Alampara

30-08-2022

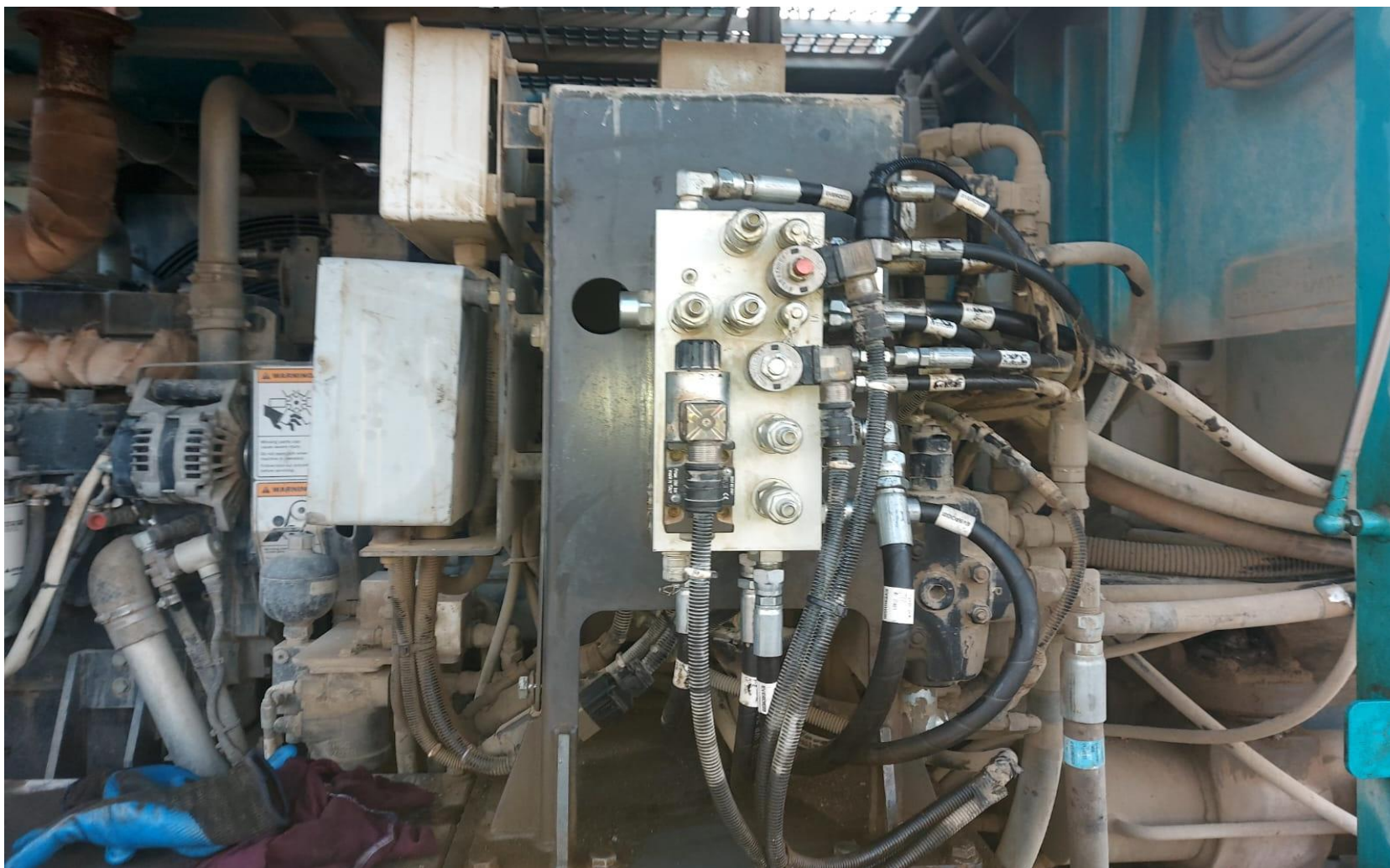


Foto tomada cambio de válvula de baja o emboquillado de percusión perforadora UG-07

12-10-2022



Foto tomada faja cuarteada UG-01 mina Alampara
25-08-2022

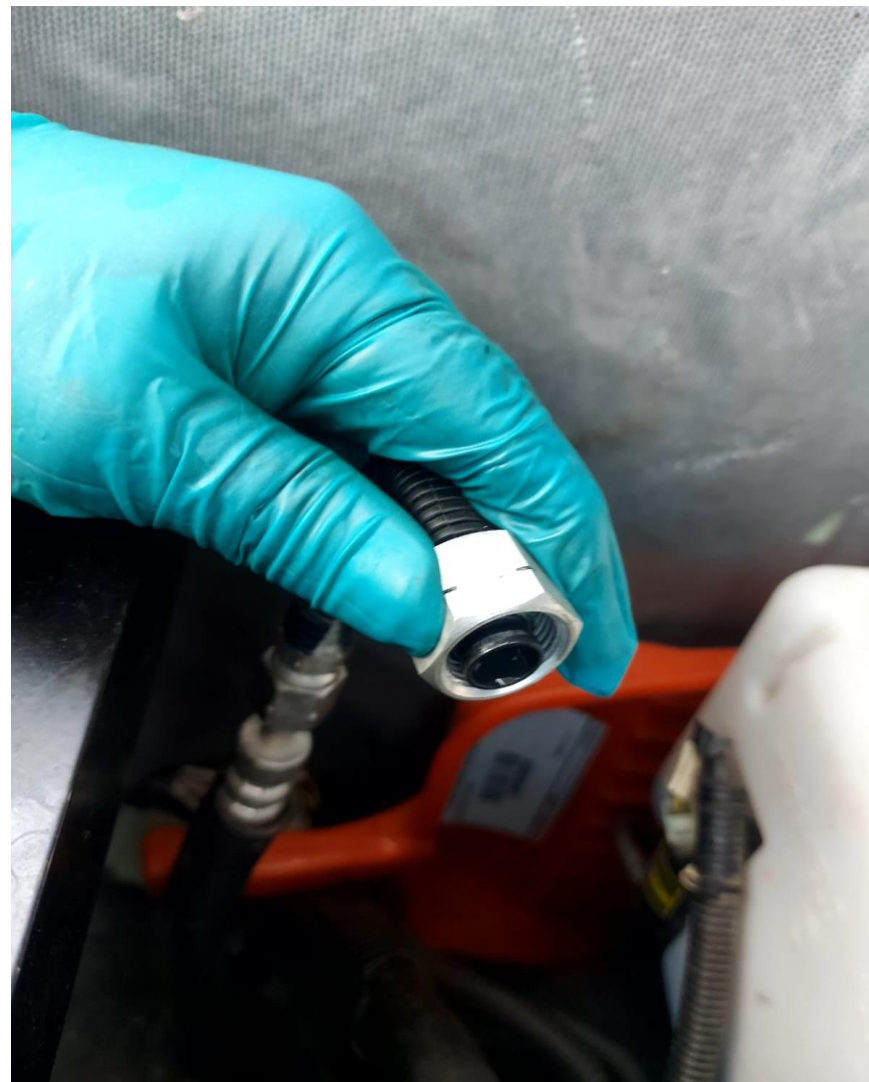


Foto tomada manguera de aire de sistema de barrido UG-01
27-08-2022



Foto tomada falla en el sistema de perforación, rodamientos de Tong Ass'y y destrozadas perforadora UG-07

10-12-2022



Foto tomada de remplazo de rodillos y rodajes de Tong Ass'y perforadora UG-07 mina Paragsha

11-12-2022



Foto tomada de perforadora *Everdigm* en operaciones mina Quellaveco-Moquegua-Perú

10-02-2021



Foto tomada perforadora *Everdigm* T-450 en operaciones mina Atacocha Cerro de Pasco-Perú
26-05-2021