



UNIVERSIDAD  
**DE ATACAMA**

FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA EJECUCION EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO  
PARA EQUIPOS MINEROS BOOMER 282 EPIROC INTERIOR MINA.**

ALAN ANDRES RIVEROS VARAS

2022



UNIVERSIDAD  
**DE ATACAMA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERIA EJECUCION DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO  
PARA EQUIPOS MINEROS BOOMER 282 EPIROC INTERIOR MINA.**

Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título de  
Ingeniero de Ejecución en Mantenimiento Industrial.

PROFESORA GUÍA: OSVALDO DURAN

ALAN ANDRES RIVEROS VARAS

Copiapó, Chile 2022

## Dedicatoria

Primero que nada, agradecer a mi familia por apoyarme a pesar de todas las adversidades que se me presentaron en mi proceso estudiantil, por otra parte, a una compañera de vida la cual me ayudo en una parte muy difícil del término de mi carrera y por último a dios por ayudarme y darme perseverancia para terminar mi proceso estudiantil.

Alan Andrés Riveros Varas.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero que nada agradecer a dios y a todas esas personas que confiaron en mí que vieron esas capacidades que yo no creía tener y las cuales me alentaron a seguir adelante en la adversidad y en los momentos más difíciles de mi etapa estudiantil ellos son mis padres y hermana que a pesar de todo siempre han estado hay , por otra parte una persona muy especial mi compañera de 10 años la cual siempre a tenido la fe en mi me apoyo con mi primera carrera y en esta nunca dejo de apoyarme muchas gracias por tu comprensión , dedicación y paciencia .

Alan Andrés Riveros Varas.

## INDICE

AGRADECIMIENTOS .....	4
RESUMEN.....	10
CAPITULO I: GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....	11
1.1 Introducción.....	11
1.2 Objetivos .....	12
1.2.1 Objetivo general.....	12
1.2.2 Objetivos específicos .....	12
1.2.3 Metodología de trabajo.....	12
CAPITULO II: ANTECEDENTES GENERALES.....	13
2.1 Antecedentes generales SCM Carola .....	13
2.1.1 Reseña histórica .....	13
2.1.2 Ubicación y accesos.....	14
2.1.3 Misión.....	15
2.1.4 Visión.....	15
CAPITULO III: MARCO TEÓRICO.....	16
3.1 Mantenimiento.....	16
3.2 Principales objetivos del mantenimiento.....	16
3.3 La disponibilidad.....	17
3.4 El objetivo de Confiabilidad.....	18
CAPITULO IV: ESTREUCTURA DEL AREA DE MANTENCION .....	25
4.1 Directrices del esquema de mantenimiento.....	25
4.3 Funciones del personal de mantención.....	27
CAPITULO V: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO .....	29
5.1 Equipo Rocket Boomer 282 .....	29
5.1.1 Datos Técnicos del equipo de perforación.....	31
5.2 Componentes mecánicos.....	32
5.2.1 Motor diésel DEUTZ SERIE 912.....	32
5.3 Cilindros de but (brazo de perforación).....	33
5.4 Bombas hidráulicas .....	34
5.5 Estabilizadores o gatos de apoyo.....	35
5.6 Block de mando y movimientos de perforación.....	35

5.7 Sistema perforación.....	36
5.8 Bomba de agua .....	36
5.9 Estanque hidráulico .....	37
5.10 Componentes eléctricos.....	37
5.10.1 Motor eléctrico.....	37
5.10.2 Carrete eléctrico .....	38
5.10.3 Tablero panel A .....	38
<b>CAPITULO VI: ANÁLISIS DE DATOS RECOPIADOS .....</b>	<b>40</b>
6.1 Planteamiento y análisis de la problemática.....	40
6.1.1 Datos obtenidos para analizar disponibilidad mes a mes de la flota de Boomer. .....	40
6.2 Registros de fallas reiterativas.....	51
6.3 Componentes y fallas más comunes.....	52
6.3.1 Fotos de las fallas más comunes .....	56
<b>CAPITULO VII: METODOLOGÍA.....</b>	<b>60</b>
7.1 Metodología de trabajo para dar solución al problema .....	60
7.2 Carta Gantt .....	61
7.2.1 Beneficios de hacer una Carta Gantt.....	61
7.4 Análisis de modo Efecto, Falla y Criticidad.....	65
7.5 Plan de mantenimiento necesario según las necesidades vistas. ....	69
7.6 Pauta de mantenimiento preventivo de 50 HRS interior mina .....	69
<b>CONCLUSIÓN .....</b>	<b>72</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>74</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>74</b>
<b>ANEXO 2.....</b>	<b>76</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>79</b>

## **INDICE DE FIGURA**

Figura 2.1.2 Mapa de la ubicación de S.C.M MINERA CAROLA.....	14
Figura 2.1.4 Logo de la empresa.....	15
Figura 5.1 Equipo Boomer 282.....	30
Figura 5.1 Boomer en interior mina.....	31

Figura 5.1.1 Componentes principales.....	31
Figura 5.2.1 lado izquierdo motor.....	33
Figura 5.3 But y cilindros principales.....	33
Figura 5.4 Bombas hidráulicas.....	34
Figura 5.5 Cilindros estabilizadores.....	35
Figura 5.6 Block de mandos y movimientos hidráulico .....	35
Figura 5.8 Bomba de agua .....	37
Figura 5.9 Estanque hidráulico .....	37
Fuente: Obtenida de una inspección en interior mina S.C.M MINERA CAROLA .....	37
Figura5.10 Motor eléctrico.....	38
Figura 5.10.2 Carrete eléctrico.....	38
Figura 5.10.3 Tablero del panel A .....	39
Figura 6.3 Culatín quebrado.....	56
Figura 6.3 Flexibles fuera de medidas y perdidas de aceite.....	56
Figura 6.3 Sellos y cámara de barrido desgastados .....	57
Figura 6.3 Tope de viga delantero.....	57
Figura 6.3. Botón APB.....	58
Figura 6.3 Teflones desgastados .....	58
Figura 6.3 Cilindro Z .....	58
Figura 6.3 Ventilador .....	59
Figura 6.3 Acumulador .....	59
Figura A Anexo 2: Control Turno Equipo Rocket Boomer.....	76
Figura B Anexo 2: Check List Diario De Equipo.....	77
Figura C Anexo 2: Orden De Trabajo Realizada Por El Personal Técnico. ....	78

## **INDICE DE ILUSTRACIONES**

Ilustraciones 4.2 Organigrama de personal de mantención para desarrollar las labores de mantenimiento.....	26
Ilustración 6.1 Pauta de mantención 125 Hrs desarrollada por el fabricante.....	50
Ilustración 7.1 de metodología de mantenimiento .....	60
Ilustración 7.2.1 Carta Gantt servicio de inspección y mantención de Boomer 282 cada 50 horas de perforación.....	63

Ilustración 7.7 Pauta de mantenimiento de 50 horas interior mina.....	70
---	----

## **INDICE DE TABLA**

Tabla N° 1.2.3 Actividades a realizar. ....	12
Tabla N° 5.1.1 Componentes principales.....	32
Tabla N° 5.1.1 Dimensiones y pesos .....	32
Tabla N°5.2.1 Datos específicos de motor.....	32
Tabla N° 6.1.1.1 Disponibilidad de ENERO .....	41
Tabla N° 6.1.1.2 Disponibilidad de FEBRERO.....	42
Tabla N° 6.1.1.3 Disponibilidad de Marzo .....	43
Tabla N° 6.1.1.4 Disponibilidad de Abril .....	44
Tabla N°6.1.1.5 Disponibilidad de Mayo .....	45
Tabla N° 6.1.1.6 Disponibilidad de JUNIO .....	46
Tabla N° 6.1.1.7 Disponibilidad de JULIO .....	47
Tabla 6.1.1.8 Disponibilidad AGOSTO.....	48
Tabla 6.1.1.9 Disponibilidad vs Metros Perforados.....	49
Tabla N ° 6.2 Registro de fallas reiterativas en un periodo de 8 meses para una flota de 4 equipos Boomer en un total de 5760 Hrs de trabajo. ....	51
Tabla N° 6.3 Fallas más comunes en la operación .....	52
Tabla N°6.3.1 Análisis de sistemas críticos en los equipos de perforación.....	55
Tabla N° 7.4 FMCA de sistemas más críticos .....	65
Tabla N° A Evaluación de acción de mantenimiento .....	74

## **INDICE DE GRAFICO**

Gráfico 6.1.1.1 Disponibilidad mes de ENERO .....	41
Gráfico 6.1.1.2 Disponibilidad mes de FEBRERO.....	42
Gráfico 6.1.1.3 Disponibilidad mes de MARZO .....	43
Gráfico 6.1.1.4 Disponibilidad mes de abril .....	44
Gráfico 6.1.1.5 Disponibilidad mes de MAYO .....	45
Gráfico 6.1.1.6 Disponibilidad mes de FEBRERO.....	46

Gráfico 6.1.1.7 Disponibilidad mes de JULIO .....	47
Gráficos 6.3 de fallas más comunes .....	54
Gráfico 6.3.1 de Sistema críticos .....	55

## **INDICE DE ECUACIÓN**

Ecuación N° 1 .....	18
Ecuación N°2 .....	19
Ecuación N°3 .....	19
Ecuación N°4 .....	20
Ecuación N°5 .....	20

## **RESUMEN.**

El siguiente estudio tuvo como finalidad analizar los indicadores de disponibilidad de los equipos Boomer 282 de la empresa S.C.M MINERA CAROLA a través de la aplicación de un mantenimiento preventivo implementado en el desarrollo de una pauta de mantenimiento de 50HRS de trabajo en interior mina. La empresa S.C.M MINERA CAROLA se ha ido transformando con el objetivo de aumentar su productividad, tanto para la explotación de sus yacimientos. La empresa se propuso se propuso mantener los equipos con unos altos niveles de disponibilidad. De tal manera que para que se cumplieran los objetivos previamente propuestos se recopiló información a través del manual del fabricante y de los reportes realizados por los operadores de los equipos BOOMER 282. Se recopiló información de la empresa la que muestra la poca disponibilidad y fallas reiterativas de los equipos de perforación, los cuales tienen un alto impacto en el desarrollo diario de las labores de producción de la mina, además de esto se describió de forma teórica los conceptos de mantenimiento y por último de interpretaron los datos recopilados de fallas mas comunes para llevar a cabo el desarrollo e implementación de una pauta de mantenimiento en INTERIOR MINA. Entre las conclusiones que se obtuvieron que el desarrollo e implementación de esta pauta de mantenimiento en terreno de 50HRS, permitirá darle una mayor disponibilidad y vida útil a los equipos de perforación en la cual se registrará cada una de las mejoras o condiciones que puedan impedir el buen funcionamiento de los equipos de perforación.

## **CAPITULO I: GENERALIDADES DE LA EMPRESA.**

### **1.1 Introducción**

En la actualidad para la empresa S.C.M CAROLA, es de suma importancia desarrollar un plan de mantenimiento que permita aumentar la disponibilidad y productividad de los equipos de perforación por lo cual de esta manera se entregara una mayor confiabilidad en su funcionamiento los cuales entregaran mayores horas de producción, para el desarrollo de estos objetivos se entregaran la información y herramientas adecuadas al personal involucrado en las mantenciones de los equipos de perforación.

Para S.C.M CAROLA es importante que el plan de mantenimiento que se desea implementar a los equipos de perforación de interior mina sea eficaz, ya que son los equipos encargados de realizar las labores de avance de la mina y estos se deben encontrar en óptimas condiciones de operación, estos equipos serán evaluados y mantenidos por el personal capacitado de la empresa los que contarán con las herramientas y conocimientos adecuados para dicha labor.

Este procedimiento será ejecutado de tal manera que el plan de mantenimiento se enfocara en las fallas más comunes y reiterativas, las cuales dañan componentes y su vez estos producen un daño mayor en sistemas más grandes de los equipos de perforación.

El objetivo de la implementación de este plan de mantenimiento es aumentar la disponibilidad de equipos, para lo cual se realizará un buen mantenimiento a componentes y usando repuestos originales para darle una mayor confiabilidad a estos, de esta manera se analizarán y eliminarán las fallas más reiterativas disminuyendo la criticidad de estos, analizando reportes diarios de operadores y del personal de mantención el cual realizara las evaluaciones técnicas de esta. Debemos tener en cuenta que cada equipo al momento de que se le realice una mantención se realizara un levantamiento de observaciones y tareas las cuales se incluirán en las próximas en mantenciones, de esta forma se obtendrá una mayor disponibilidad del equipo disminuyendo las detenciones de operaciones mina.

En las mantenciones se realizarán cambios de componentes de mayor magnitud si es necesario (brazos), repuestos (filtros, teflones, entre otros) una vez realizada la pauta de mantención se deben anotar mejoras o condiciones que se puedan implementar más adelante.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo general

Analizar las fallas y sistemas más comunes en los equipos de perforación los cuales presentan más detenciones, mediante el desarrollo de un mantenimiento preventivo de 50HRS de trabajo de los equipos de perforación BOOMER 282 de la empresa S.C.M MINERA CAROLA.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Describir el equipo de perforación BOOMER 282 y la importancia en el proceso de productividad y desarrollo de las labores de la mina identificado las pérdidas y fallas que afectan la disponibilidad de dicho equipo.
- Explicar los conceptos de mantenimiento y tipos de estos que se pueden aplicar en los equipos de perforación.
- Realizar un análisis comparativo entre las fallas más comunes para de esta manera elaborar el plan de mantenimiento adecuado para que sea realizado en terreno y aplicado por el personal capacitado.

### 1.2.3 Metodología de trabajo.

El proyecto se desarrolla con el fin de implementar un Mantenimiento Preventivo en terreno mediante el desarrollo de una investigación documental que se basó en la utilización de fuentes secundarias representadas por los documentos recopilados en la empresa.

Tabla N° 1.2.3 Actividades a realizar.

<b>ACTIVIDADES PARA REALIZAR EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO</b>
1. ANALIZAR ESTADO DEL EQUIPO
2. REGISTRAR FALLAS MAS COMUNES
3. DESARROLLAR PAUTA DE MANTENIMINETO
4. SEPERAR FALLAS MAS COMUNES
5. ANALISIS MODO EFECTO, FALLA Y CRITICIDAD DEL EQUIPO
6. IMPLEMETAR PLAN DE MANTENCION
7. SACAR CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Fuente: Elaboración Propia

## **CAPITULO II: ANTECEDENTES GENERALES**

### **2.1 Antecedentes generales SCM Carola**

#### **2.1.1 Reseña histórica**

Existen antecedentes de la explotación del distrito minero Punta del Cobre, en el siglo XVII y principios del siglo XVIII, realizada por los expedicionarios españoles, aunque existen evidencias de trabajos aislados, que se efectuaron con anterioridad a la llegada de estos, por los pueblos originarios del sector. Mina Carola es el resultado de la extensión ininterrumpida de las labores realizadas en la antigua Mina Agustina la cual data del siglo XIX. Los primeros trabajos conducentes a la construcción de la Mina Agustina comenzaron en el año 1840, en la que la explotación se realizaba mediante un pique máquina (PIQUE DE MAQUINAS ES LA UTILIZACION DE MAQUINARIA PESADA EN EL DESARROLLO DE LAS LABORES DE PRODUCCION DE INTERIOR MINA).

Luego de haber pasado más de un siglo y con fecha 26 de junio de 1956 tiene origen la formación de la “Compañía Minera Agustina”, sociedad que contó con un total de 70 accionistas con participación variada. Su explotación se realizaba a través de los métodos shrinkage, sub level stoping y chimeneas de rebaje, métodos muy utilizados en el pasado debido a la poca mecanización existente.

Posteriormente esta sociedad es adquirida en el año 1988, llamándola “Sociedad Contractual Minera Carola”, SOCOMICA, en la actualidad su explotación se realiza por medio del método conocido como Sub Level Stoping (Long Blasting Hole). Este fue implementado en el año 1999, con la única finalidad de incrementar fuertemente la producción.

Actualmente “Mina Carola” alcanza una producción de 140.000 ton/mes, con una ley media de 1,3% de sulfuro primario de cobre, de las cuales se envían 125.000 toneladas a Planta Cerrillos, Coemin, las que a través de un proceso de flotación permiten obtener alrededor de 5.000 toneladas de concentrado de cobre con una ley promedio de 26,5 %, las 15.000 toneladas restantes son enviadas a planta Matta.

### 2.1.2 Ubicación y accesos

Mina Carola, está ubicada en el Distrito Minero Punta del Cobre, al sur de la comuna de Tierra Amarilla, a unos 21 Kilómetros al Sur-Este de la capital regional de Copiapó, en la tercera región de Atacama.

El acceso a la zona se efectúa por la carretera pavimentada, C-35, que corre paralela al río Copiapó, atraviesa la localidad de Tierra Amarilla, de allí se continua al Este por un camino asfaltado por un trayecto de 1 Kilometro.

Las coordenadas geográficas son 27° 30' latitud Sur y 70° 15' longitud Oeste, con una cota media de 540 m.s.n.m. sus coordenadas UTM son 6.957.885 N Y 375.515 E.

Figura 2.1.2 Mapa de la ubicación de S.C.M MINERA CAROLA.



Fuentes: Proyecto de Titulación de universidad de atacama

### 2.1.3 Misión

Nuestra Misión es crear valor a través del desarrollo, explotación y procesamiento de recursos minerales, preferentemente de cobre, protegiendo y potenciando a las personas y su entorno. Integrar aspectos sociales y medioambientales en nuestra gestión y mantener relaciones que fomenten el beneficio mutuo con diferentes stakeholders, incluyendo empleados, socios, empresas contratistas, proveedores, comunidades, sociedad civil y autoridades. Para cumplir esta meta, el Grupo cuenta con una Carta de Valores que guía nuestro comportamiento empresarial en nuestras operaciones, proyectos y negocios. Además, tenemos un Código de Ética que enfatiza nuestro compromiso por emprender negocios de una manera responsable, transparente y sustentable.

### 2.1.4 Visión

Ser una empresa minera reconocida por la productividad, eficiencia y sustentabilidad a la hora de extraer y procesar minerales, por sus altos estándares de seguridad y por su compromiso constante en el desarrollo de las comunidades y la conservación del medio ambiente, de manera de ser actores relevantes en el segmento de mediana minería nacional, con importantes proyecciones de crecimiento, en base al expectante potencial de recursos mineros disponibles en nuestras pertenencias mineras

Figura 2.1.4 Logo de la empresa



Fuentes: Sitio web de la empresa

## **CAPITULO III: MARCO TEÓRICO**

Básicamente si no se desarrolla un plan de mantenciones preventivas para este tipo de equipos independiente de las horas de perforación y de trabajo que este tenga, parte de sus componentes más críticos y otros componentes como partes móviles de este, provocara un desgaste mayor no solo de un componente si no de un sistema completo y el tiempo de reparación será mayor, provocando que la disponibilidad y la confiabilidad de estos equipos no sea la esperada generando que los costos de reparación se eleven (repuestos , horas hombre , horas de producción , horas en que el equipo se encuentra detenido ) generando pérdidas de tiempo y de costo monetario.

### **3.1 Mantenimiento**

Definimos habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible, buscando la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento.

El mantenimiento engloba las técnicas y sistemas que permiten prever las averías, efectuar revisiones, engrases y reparaciones eficaces, dando a la vez normas de buen funcionamiento a los operadores de las máquinas, a sus usuarios, y contribuyendo a los beneficios de la empresa. Es un órgano de estudio que busca lo más conveniente para las máquinas, tratando de alargar su vida útil de forma rentable para el usuario.

### **3.2 Principales objetivos del mantenimiento**

El objetivo fundamental de mantenimiento no es, contrariamente a lo que se cree y se practica en muchos departamentos de mantenimiento, reparar urgentemente las averías que surjan. El departamento de mantenimiento de una industria tiene cuatro objetivos que deben marcar y dirigir su trabajo:

- Cumplir un valor determinado de disponibilidad.
- Cumplir un valor determinado de fiabilidad.
- Asegurar una larga vida útil de la instalación en su conjunto, al menos acorde con el plazo de amortización de la planta.
- Conseguir todo ello ajustándose a un presupuesto dado, normalmente el presupuesto óptimo de mantenimiento para esa instalación.

### 3.3 La disponibilidad

La disponibilidad de una instalación o equipo se define como la proporción del tiempo que dicha instalación ha estado en disposición de producir, con independencia de que finalmente lo haya hecho o no por razones ajenas a su estado técnico.

El objetivo más importante de mantenimiento es asegurar que la instalación estará en disposición de producir un mínimo de horas determinado del año. Es un error pensar que el objetivo de mantenimiento es conseguir la mayor disponibilidad posible (100%) puesto que esto puede llegar a ser muy caro, antirrentable. Conseguir pues el objetivo marcado de disponibilidad con un coste determinado es pues generalmente suficiente.

La disponibilidad es un indicador que ofrece muchas posibilidades de cálculo y de interpretación. La definición de la fórmula de cálculo de la disponibilidad tendrá un papel vital para juzgar si el departamento de mantenimiento de cualquier instalación industrial está realizando su trabajo correctamente o es necesario introducir algún tipo de mejora.

Los principales factores a tener en cuenta en el cálculo de la disponibilidad son los siguientes:

- N° de horas totales de producción.
- N° de horas de indisponibilidad total para producir, que pueden ser debidas a diferentes tipos de actuaciones de mantenimiento-
- Intervenciones de mantenimiento programado que requieran parada de planta.
- Intervenciones de mantenimiento correctivo programado que requieran parada de planta o reducción de carga.
- Intervenciones de mantenimiento correctivo no programado que detienen la producción de forma inesperada y que por tanto tienen una incidencia en la planificación ya realizada de la producción de energía.
- Número de horas de indisponibilidad parcial, es decir, número de horas que la planta está en disposición para producir, pero con una capacidad inferior a la nominal debido al estado deficiente de una parte de la instalación, que impide que ésta trabaje a plena carga.

En cuanto a los valores aceptables de disponibilidad, muchos tipos de instalaciones industriales consiguen objetivos de disponibilidad superiores al 92% de forma sostenida (un año o varios puede obtenerse, pero no de forma continuada) es un objetivo bastante ambicioso, siempre que se calcule de acuerdo con la fórmula propuesta por la IEEE (Instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos) 0 762/2006. Las instalaciones industriales suelen buscar objetivos entre ese 92% y un 50%, en los casos menos exigentes en lo que se disponga de una capacidad de producción muy superior a lo que es capaz de absorber el mercado.

Ecuación N° 1

$$Disponibilidad\ total = \frac{\sum\ Disponibilidad\ de\ equipos\ significativos}{N^{\circ}\ de\ equipos\ significativos}$$

### 3.4 El objetivo de Confiabilidad

Para tener claro nuestro horizonte, en lo referente al cálculo, se debe tener claro qué es confiabilidad, para lo cual se puede definir de la siguiente manera: Es la probabilidad de que un sistema, activo o componente lleve a cabo su función adecuadamente durante un período bajo condiciones operacionales previamente definidas y constantes.

Como se deduce de esta definición, la confiabilidad es un dato estadístico, pues es una probabilidad la cual es determinada o calculada a partir de la información de los registros de los paros. Como veremos más adelante, el cálculo de la confiabilidad, según el método que expongo, se basa en la definición clásica de Laplace de probabilidad.

Otro aspecto importante de la definición anterior es que la confiabilidad se puede aplicar a un sistema, a un activo o a un componente. Es en este punto donde se debe tener en cuenta si el sistema es en serie, en paralelo o redundante. Un activo, por ejemplo, una volqueta, puede considerarse como un sistema en serie. Véase el ejemplo al final.

Es importante resaltar, además, que la confiabilidad se determina para un determinado período de tiempo, el cual puede ser semanal, mensual, anual, etcétera, y bajo el contexto operacional en el cual opera el activo o el sistema. No es lo mismo, por ejemplo, una

bomba que impulsa agua a otra bomba que impulsa una mezcla de caliza y agua. Aquí los contextos operacionales son diferentes e influye directamente en la operación del activo, aun si ambas bombas son iguales.

Como se mencionó en la ecuación N°1 para el cálculo se basa en la expresión desarrollada por el ingeniero Lou rival Tavares, en la cual la confiabilidad está en función del MTBF y el MTTR:

Ecuación N°2

$$R = f(MTBF, MTTR)$$

Donde:

R: Confiabilidad.

MTBF: Tiempo Medio Entre Fallas.

MTTR: Tiempo Medio Para Reparación

Ahora veamos cómo se relacionan las tres variables de la ecuación (1):

Ecuación N°3

$$R = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$$

Como se observa en la ecuación (2), dicha expresión no es más que la definición de probabilidad según Laplace: Número de aciertos (MTBF= tiempo total que funciona el activo sin fallar) sobre el número total de eventos (tiempo total que funciona el activo más el tiempo que estuvo parado para reparaciones). Esta es la ecuación básica para el cálculo de la confiabilidad.

Ahora bien, ¿cómo se determinan el MTBF y el MTTR?

Las ecuaciones son las siguientes:

Ecuación N°4

$$MTBF = \left[ \frac{h_T}{P} \right] \times 100$$

Ecuación N°5

$$MTTR = \left[ \frac{h_p}{P} \right] \times 100$$

Donde.

HT: Horas trabajadas o de marcha durante el período de evaluación.

P: Número de paros durante el período de evaluación.

HP: Horas de paro durante el período de evaluación.

Es aquí donde se hace importante tener, de manera clara, la clasificación de los paros por mantenimiento o producción, pues si se quiere calcular la confiabilidad por mantenimiento, por ejemplo, las horas de paro y el número de paros deben ser los imputados a mantenimiento exclusivamente.

El objetivo de mantenimiento persigue que este parámetro esté siempre por encima de un valor establecido en el diseño técnico-económico de la planta, y su valor es habitualmente muy alto (igual o superior incluso al 99,0%). Una instalación bien gestionada no debería tener ningún problema para alcanzar este valor.

❖ La vida útil de la planta y equipos:

El tercer gran objetivo de mantenimiento es asegurar una larga vida útil para la instalación. Es decir, las plantas industriales deben presentar un estado de degradación acorde con lo planificado de manera que ni la disponibilidad ni la fiabilidad ni el coste de

mantenimiento se vean fuera de sus objetivos fijados en un largo periodo de tiempo, normalmente acorde con el plazo de amortización de la planta. La esperanza de vida útil para una instalación industrial típica se sitúa habitualmente entre los 20 y los 30 años, en los cuales las prestaciones de la planta y los objetivos de mantenimiento deben estar siempre dentro de unos valores prefijados.

Un mantenimiento mal gestionado, con una baja proporción de horas dedicadas a tareas preventivas, con bajo presupuesto, con falta de medios y de personal y basado en reparaciones provisionales provoca la degrada rápidamente cualquier instalación industrial. Es característico de plantas mal gestionadas como a pesar de haber transcurrido poco tiempo desde su puesta en marcha inicial el aspecto visual no se corresponde con su juventud (en términos de vida útil). (Fuente: Reportero industrial Mantenimiento 3.0 )

❖ El cumplimiento del presupuesto

Los objetivos de disponibilidad, fiabilidad y vida útil no pueden conseguirse a cualquier precio. El departamento de mantenimiento debe conseguir los objetivos marcados ajustando sus costes a lo establecido en el presupuesto anual de la planta. Como se ha dicho en el apartado anterior, este presupuesto ha de ser calculado con sumo cuidado, ya que un presupuesto inferior a lo que la instalación requiere empeora irremediabilmente los resultados de producción y hace disminuir la vida útil de la instalación; por otro lado, un presupuesto superior a lo que la instalación requiere empeora los resultados de la cuenta de explotación.

### **3.5 Tipos de mantenimiento**

- ✓ **Mantenimiento Correctivo:** Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos.
- ✓ **Mantenimiento Preventivo:** Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene, aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema.

- ✓ **Mantenimiento Predictivo:** Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados, y en ocasiones, de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y/o técnicos.

### **3.6 Estrategias de mantenimiento**

Una estrategia de mantenimiento es la decisión que adoptan los responsables de la gestión de una planta para dirigir su mantenimiento, haciendo que un grupo de tareas sean la base de la actividad de mantenimiento, y el resto de tareas esté supeditadas a ese conjunto básico de actividades. Existen al menos cinco estrategias de mantenimiento.

Tipos de estrategias de mantenimiento:

- Estrategia correctiva, en la que la reparación de averías es la base del mantenimiento
- Estrategia condicional, en la que es la realización de determinadas observaciones y pruebas la que dirige la actividad de mantenimiento.
- Estrategia sistemática, en la que el mantenimiento se basa en la realización de una serie de intervenciones programadas a lo largo de todo el año en cada uno de los equipos que componen la instalación.
- Estrategia de alta disponibilidad, en la que se busca tener operativa la instalación para producir el máximo tiempo posible, y por tanto, las tareas de mantenimiento han de agruparse necesariamente en unos periodos de tiempo muy determinados, con poca afección a la producción.
- Estrategia de alta disponibilidad y fiabilidad, en la que no solo se confía el buen estado de la instalación a la realización de tareas de mantenimiento, sino que es necesario aplicar otras técnicas en otros campos (la ingeniería, el análisis de averías, etc.) para garantizar simultáneamente una alta disponibilidad y fiabilidad de las previsiones de producción.

Datos e indicadores útiles que debemos tener en cuenta al momento de realizar cualquier tipo de mantenimiento:

Un sistema de procesamiento es aquel que convierte datos en información útil para tomar decisiones. Para conocer la marcha del departamento de mantenimiento, decidir si debemos realizar cambios o determinar algún aspecto concreto, debemos definir una serie de parámetros que nos permitan evaluar los resultados que se están obteniendo en el área de mantenimiento. Es decir: a partir de una serie de datos, nuestro sistema de procesamiento debe devolvernos una información, una serie de indicadores en los que nos basaremos para tomar decisiones sobre la evolución del mantenimiento.

Una de las cosas que debemos definir es, pues, cuáles serán esos indicadores. Hay que tener cuidado en la elección, pues corremos el riesgo de utilizar como tales una serie de números que no nos aporten ninguna información útil. Corremos el riesgo de tomar datos, procesarlos y obtener a cambio otros datos.

Puntos más relevantes a seguir:

- Índices de Disponibilidad
- Indicadores de Gestión de Órdenes de Trabajo
- Índices de costo
- Índices de proporción de tipo de mantenimiento
- Índices de Gestión de Almacenes y Compras
- Índices de Seguridad y Medio Ambiente
- Índices de formación

Como indicadores o puntos relevantes al desarrollar el mantenimiento en este caso tomaremos 3 puntos como referencia e importantes los cuales se deben desarrollar de manera profesional y segura lo cual llevara a cabo que todo se cumpla y que el programa de mantenimiento se desarrolle de manera eficaz.

- Indicadores de disponibilidad

- Indicadores de costo
- Índices de formación

#### Técnicas que usaremos en el desarrollo del proyecto

- Realizar actividades de reparación y/o construcción de elementos mecánicos.
- Realiza mantenimiento de los sistemas electrohidráulicos del equipo pesado.
- Mantener los sistemas eléctricos y electrónicos del equipo pesado.
- Mantener los componentes y sistemas del tren de potencia de un equipo pesado.
- Planificar, programar y ejecutar un sistema de gestión de mantenimiento en una flota de equipo pesado.
- Se utilizarán técnicas y procedimientos en donde las personas y los equipos que se van a intervenir no sufran ningún tipo de daño a ambos, por otra parte deberemos seguir los procedimientos de trabajo que están estipulados dentro de la empresa sin infringir ningún tipo de ley.
- Al momento de realizar cualquier tipo de mantención se deberá constar antes de detener el equipo con los siguientes elementos (herramientas adecuadas, tipos de aceites adecuados, herramientas necesarias y no herramientas modificadas, el espacio adecuado para realizar cualquier tipo de labor y mantención), si se necesitan equipos de apoyo se deben solicitar con anticipación para así no perder el tiempo al momento de esperar este equipo de apoyo.

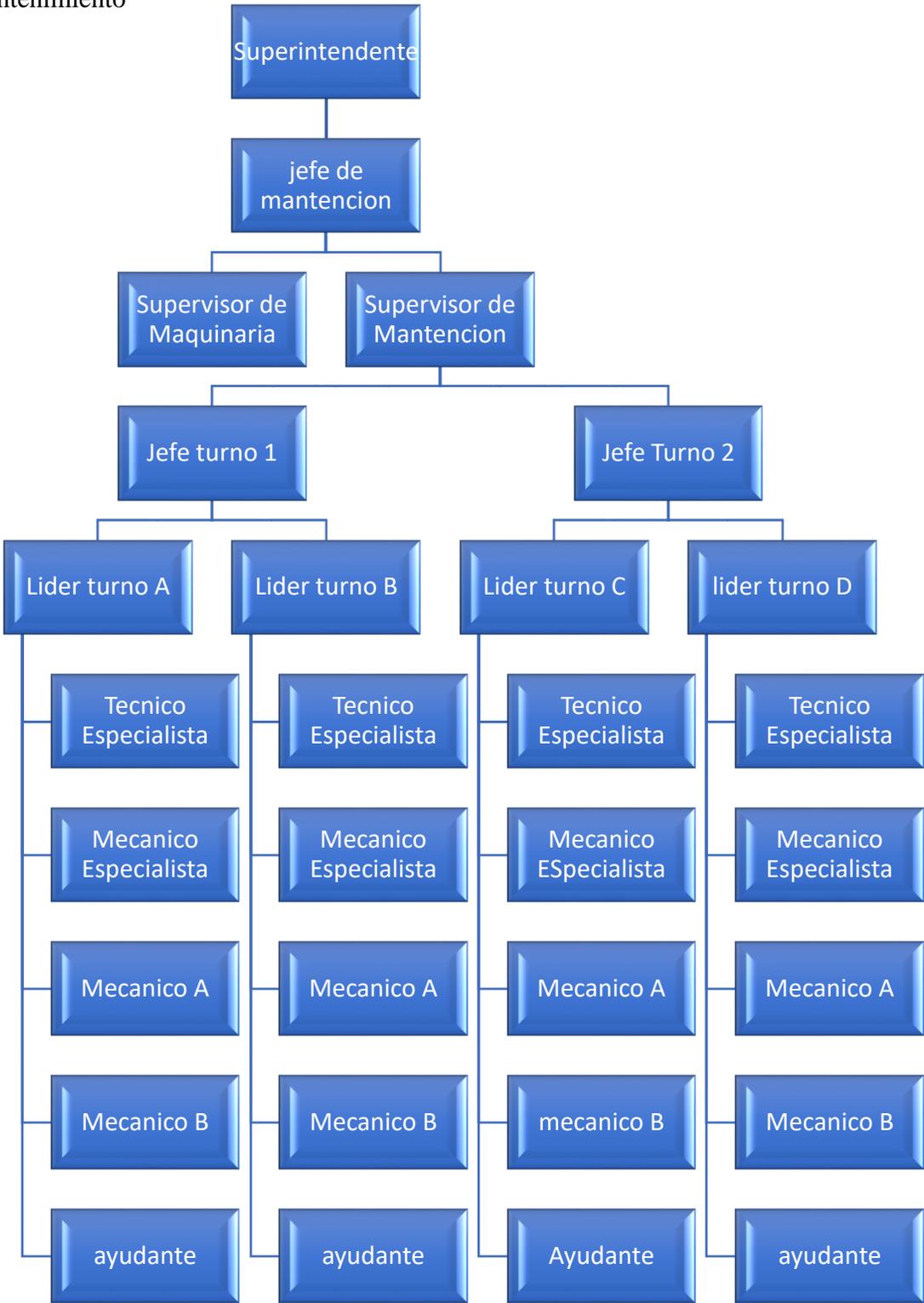
## **CAPITULO IV: ESTREUCTURA DEL AREA DE MANTENCION**

### **4.1 Directrices del esquema de mantenimiento**

La empresa SCM MINERA CAROLA posee una estructura de mantenimiento centralizada , puesto que su estructura organizacional de mantenimiento es similar a la estructura gerencial de la empresa, la cual posee un departamento de mantenimiento donde el super intendente es la autoridad que toma las decisiones y es el responsable del conjunto de actividades del área de mantenimiento de tal manera que es el quien decide que repuestos comprar con urgencia , que equipos son prioridad en la faena y cuál es el personal adecuado , esta se concentra en la parte superior de la escala y bajo su responsabilidad se encuentra el Jefe de mantenimiento el que tiene a cargo a un Supervisor de Mantenición y el Supervisor de Maquinaria , ambos se encuentran al mismo nivel de jerarquía con sus respectivos Jefes de turnos mecánicos , el cual es el encargado de dirigir y ordenar funciones a los Líder de turnos y posterior a esto dar conocimientos de las labores a realizar al personal mecánico .

El departamento de mantención se encuentra conformado por 48 mecánicos los cuales están divididos en 4 turnos rotativos de 12 mecánicos los cuales son distribuidos en 6 mecánicos en interior mina y 6 mecánicos en el taller de superficie, por otra parte se cuenta un turno extra de personal el cual trabaja solamente de turno día el cual está conformado por 10 mecánicos.

Ilustraciones 4.2 Organigrama de personal de mantenimiento para desarrollar las labores de mantenimiento



Fuente: Elaboración propia con información recopilada de la empresa.

### **4.3 Funciones del personal de mantención**

#### 1. Superintendente de Mantención Mecánica:

- Es el encargado de asegurar la implementación de los procedimientos de mantenimiento a través de un plan de trabajo
- Así también que exista un inventario de riesgo con todas las medidas de control implementadas.
- Entregar los recursos necesarios para ejecutar exitosamente estas actividades.

#### 2. Jefe mantención mecánica

- Gestionar las actividades de mantenimiento correctivo, predictivo y preventivo.
- Establecer las normas y procedimientos de seguridad y control para garantizar el eficaz funcionamiento y la seguridad de maquinarias, mecanismos, herramientas, motores dispositivos e instalaciones.
- Supervisar el inventario de los equipos y hacer pedidos cuando sea necesario.
- Supervisar los gastos y controlar el presupuesto para el mantenimiento.

#### 3. Supervisor mecánico

- Conocer, difundir, instruir, respetar y hacer respetar el presente procedimiento y sus documentos relacionados.
- Efectuar la instrucción respectiva y asegurarse que el personal a cargo entiende el procedimiento.
- Verificar con anticipación que existan todos los recursos necesarios y en buenas condiciones para el correcto cumplimiento de la tarea.
- Implementar las medidas que sean sugeridas para mejorar las condiciones de trabajo del personal a cargo.
- Mantener un registro auditable de cada una de las mantenciones realizadas.

4. Jefe de turno mantención mecánica

- Garantizar el cumplimiento del programa de mantención mecánica
- Asegurar el cumplimiento de las normas de seguridad
- Verificar el cumplimiento de metas y presupuesto
- Asegurar el cumplimiento del programa de Disponibilidad
- Proponer mejoras en el proceso de mantenimiento rutinario
- Controlar las actividades de empresas colaboradoras
- Asegurar continuidad en los trabajos prioritarios

5. Líder de turno mecánico.

- Realizar el mantenimiento preventivo de las unidades de acuerdo con los requerimientos de las unidades y los resultados de la operación.
- Realizar el mantenimiento correctivo de las unidades de acuerdo a las fallas presentadas y proporcionando el seguimiento de la reparación a través de la orden de servicio.
- Mantener absoluto orden y limpieza dentro de las instalaciones del Taller, controlando de manera efectiva el inventario de herramienta.

6. Técnico mecánico

- Deberá efectuar la mantención y/o reparación con los más altos estándares de calidad.
- Aplicar siempre el procedimiento de bloqueo y tarjeteo de equipo e instalaciones antes de una intervención, para ello debe contar con candado de seguridad y tarjeta de identificación.
- Demarcará el área con conos o cintas de peligro o advertencia.

## **CAPITULO V: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO**

### **5.1 Equipo Rocket Boomer 282**

El Boomer 282 es un equipo fabricado por la empresa EPIROC especialmente para el avance de los túneles en la minería subterránea. Equipo que posee dos brazos para la perforación siendo capaz de utilizarlos ambos al mismo tiempo para realizar las labores requeridas.

Equipo de perforación que posee cuatro estabilizadores de apoyo para nivelarlos en terrenos disparejos, un techo de protección contra rocas que pueden caer a la cabina del operador el cual puede controlar la altura de forma hidráulica, un carrete eléctrico con la capacidad de enrollar un cable de 100 metros mediante un motor hidráulico, un motor diésel (DEUTZ) de cinco pistones, enfriado por aire con un filtro de admisión húmedo alcanzando una velocidad máxima de 15 kilómetros por hora.

En cada brazo cuenta con un dispositivo de avance (VIGA SERIE 2000), posee un cilindro telescópico de 1,25 metros de avance, una perforadora (COP) 1838 con doble dámper para mantener siempre apoyado el pistón percutor lo más adelante posible y formando un colchón de aceite hidráulico para absorber las energías de las onda de reflexión evitando el impacto de acero y a si eliminando el desgaste de estos , posee una deslizaderas sobre la (BMH 2000) evitando el desgaste de estos cuando los carros avancen por ella , consta con un motor eléctrico trifásico de (380 volts ),una bomba hidráulica de pistones axiales que son de (POSICIONAMIENTO Y PERCUSION ) de engranaje para la rotación y otra para el pistón amortiguador y dámper.

El equipo consta con un compresor “LE 55” el cual es el encargado de alimentar ambos brazos para el barrido de la perforación (AIRE –AGUA) y se mezcla con aceite ALMO para la lubricación de ambas perforadoras.

Figura 5.1 Equipo Boomer 282



Fuente: Obtenida de MARKETBOOCK.

Este equipo trabaja con 2 brazos en los cuales se utilizan perforadoras COP 1838 ME , con un sistema de control directo “DCS “ , su barrido puede ser full agua o semi húmedo (AGUA-AIRE).El equipo cuenta con protecciones “RPCF” el cual es la rotación controlada por la presión de avance y anti-atasco en el cual el control del sistema invierte el avance durante la perforación (la COP retrocede para que la barra no se atasque en el cerro).Con un motor diésel de cinco cilindros (DEUTZ serie 912) enfriado por aire por medio de un turbina el cual es usado para trasladar el equipo, posee dos motores eléctricos los cuales van engranados a las bombas hidráulicas de pistones axiales y engranajes este conjunto es conocido como árbol de potencia. El posicionamiento de este equipo puede ser mediante el motor diésel y conectado a la red eléctrica de 380 volts, en la perforación se debe utilizar l red eléctrica de alta para tener un mayor paso de caudal. El Rocket boomer 282 posee tracción en sus 4 ruedas, posee un sistema de frenos de disco húmedos los cuales se encuentran en el interior de los diferenciales accionados hidráulicamente y enfriados por aceite 85 W 140, cada equipo tiene sus características técnicas en su nombre ya sea ROCKET BOOMER 282 (El 28 identifica el but y el 2 la cantidad de brazo que posee el equipo)

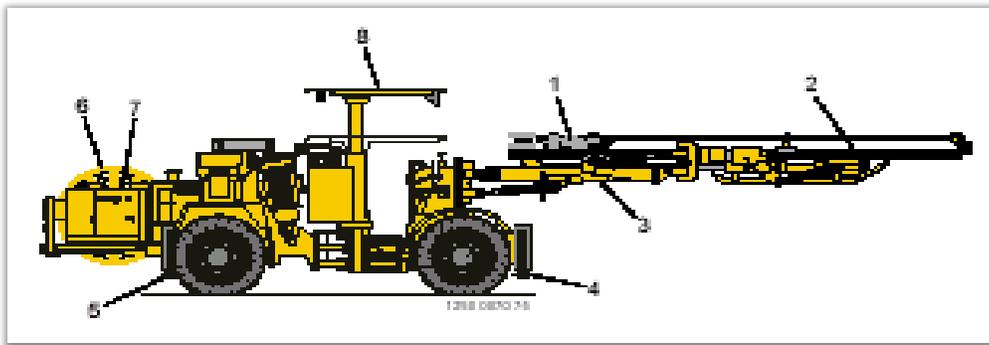
Figura 5.1 Boomer en interior mina.



Fuente: Fotografías obtenidas en la faena.

#### 5.1.1 Datos Técnicos del equipo de perforación

Figura 5.1.1 Componentes principales



Fuente: Manual de mantenimiento BOOMER 282.

- |                             |                                   |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| 1- Perforadora              | 6- Carrete de cable               |
| 2- Dispositivo de avance    | 7- Carrete de manguera (opcional) |
| 3- Brazo but 28             | 8- Techo protección               |
| 4- Gatos de apoyo delantero |                                   |
| 5- Gato de apoyo trasero    |                                   |

Tabla N° 5.1.1 Componentes principales

Perforadora	2 x COP 1838ME
Viga	2 x BMH 2800-series
Brazo	2 x BUT 28
Sistema de perforación	DCS18-280
Carro	DC 15

Fuente: De elaboración propia con los datos obtenidos del manual de mantenimiento.

Tabla N° 5.1.1 Dimensiones y pesos

Ancho	1976 mm
Altura:	
Techo abajo	2300 mm
Techo arriba	3000 mm
Largo (con viga BMH 2843)	10820 mm
Separación de la tierra	305 mm
Peso bruto (estructura básica)	17500 kg
Carga del árbol lado del brazo	13100 kg
Lado del motor	4400 kg

Fuente: De elaboración propia con los datos obtenidos del manual de mantenimiento.

## 5.2 Componentes mecánicos.

### 5.2.1 Motor diésel DEUTZ SERIE 912.

Motor que posee 4 cilindros en línea que son los encargados de otorgar la fuerza al equipo para que este se traslade, posee con una turbina que es la encargada de enfriar el motor cuando este lo estime necesario.

Tabla N°5.2.1 Datos específicos de motor

<b>Deutz F5L912W (DC15, DC 16)</b>	
Potencia máx. a 2500 rpm	55KW
Par de torsión máx. a 1550 rpm	249Nm
Cilindrada	5,1dm <sup>3</sup>

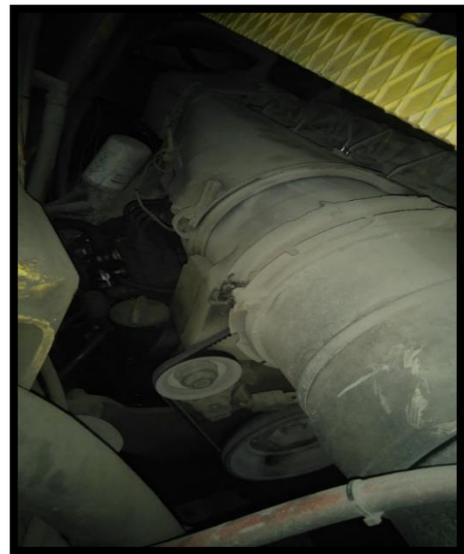
Ralentí	700rpm
Refrigeración	enfriada por aire
Inyección de combustible	Bosch
Alternador (Bosch)	35A - 28V
Motor de arranque	4KW - 24V
Peso	450Kg

Fuente: De elaboración propia con los datos obtenidos del manual de mantenimiento.

Figura 5.2.1 lado izquierdo motor



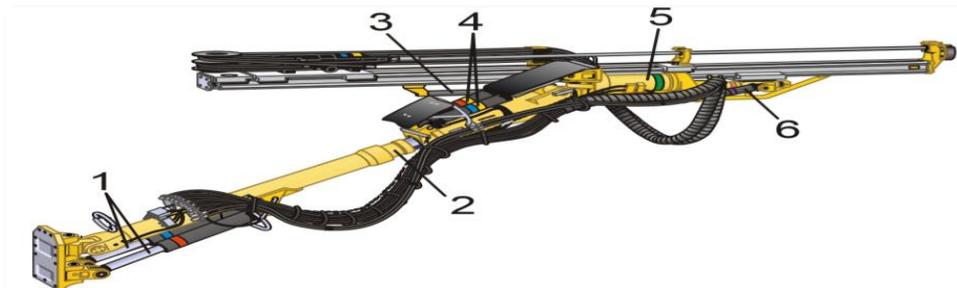
Figura 5.2.1 lado derecho motor



Fuente: S.C.M MINERA CAROLA (2018)

### 5.3 Cilindros de but (brazo de perforación)

Figura 5.3 But y cilindros principales



Fuentes: Manual de mantenimiento Boomer 282 EPIROC

- 1) **Cilindros A “levante”**: Estos cilindros son los que se encuentran ubicados en los escudos de ambos brazos y su misión es cumplir con los Movimientos verticales y horizontales.
- 2) **Cilindro telescópico**: este cilindro se encuentra alojado al interior del Escudo y su misión es extender el brazo completo.
- 3) **Cilindro avance viga**: este se encarga de desplazar la viga en forma Horizontal, para que al momento de realizar una perforación en el cerro, el operador apegue la viga al cerro y al momento de perforar no percuta en vacío.
- 4) **Cilindros E “dirección”**: estos son los que le dan la dirección y centrar el brazo.
- 5) **Rootaboom” rotación”**: Este tiene la función de dar giro a la viga completa, con un giro máximo de 346°.
- 6) **Cilindro Z “basculación”**: Este es encargado de mantener la viga en forma horizontal y mover la viga en forma vertical (basculación).

#### 5.4 Bombas hidráulicas

El equipo BOOMER 282, posee tres bombas por brazo, siendo la principal la de pistones axiales y sirve para el posicionamiento y para la percusión, la segunda es la de engranaje y se encarga de la rotación para la perforación y la tercera es la bomba de engranajes que es la encargada de la amortiguación para la percusión.

Figura 5.4 Bombas hidráulicas

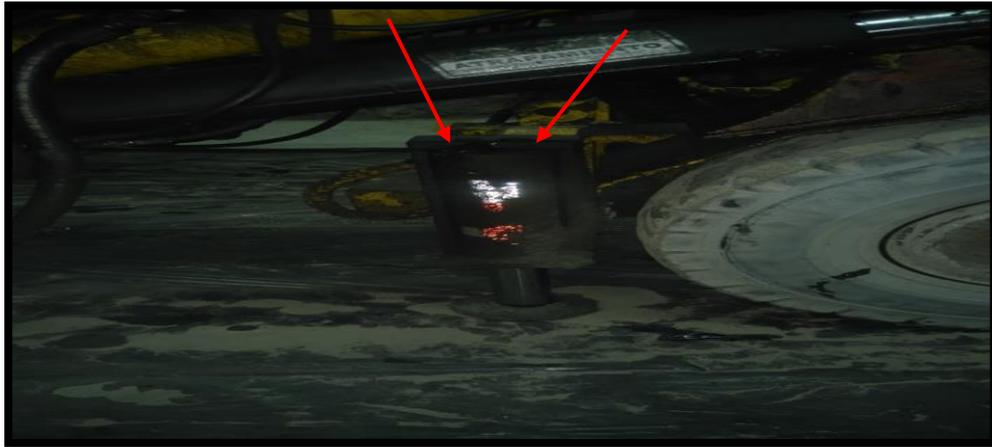


Fuente: Foto obtenida S.C.M MINERA CAROLA (2018)

## 5.5 Estabilizadores o gatos de apoyo

Estos componentes del equipo son los encargados de levantar el equipo de forma horizontal al momento de la perforación.

Figura 5.5 Cilindros estabilizadores



Fuente: Obtenida de una inspección en interior mina S.C.M MINERA CAROLA

## 5.6 Block de mando y movimientos de perforación.

Perforación: son palancas la cuales le dan el paso al aceite hidráulico por medio de accionamientos manuales (rotación, percusión y avance cop). Posicionamiento: Rotaboom, basculación, telescópico, avance viga.

Figura 5.6 Block de mandos y movimientos hidráulico



Fuente: Obtenida de una inspección en interior mina S.C.M MINERA CAROLA

## **5.7 Sistema perforación**

- ✓ Sistema de percusión: Este es el sistema encargado de percutir el Bit contra la roca de tal manera que la barra se comience a clavar el cerro, esta percusión tiene una frecuencia determinada para esta función, está determina la cantidad de veces que golpeará el Bit contra el cerro logrando que penetre la roca pero este sistema tiene un problema, que debe girar para que el golpe no se pierda y la barra no se pegue en el cerro, para ello se adiciono el sistema de rotación.
- ✓ Sistema de rotación : Este sistema se encarga de la rotación del barreno en la cual se logra desgarrar la roca y optimizar la percusión de la perforadora, pero estos 2 sistemas presentan otro problema que después de percutir y girar en el mismo lugar se pierde su efectividad si no se produce el avance del barreno y es allí donde entra en función el otro sistema, Él de avance de perforación, el que está incorporado en el equipo y se encarga de hacer avanzar la perforadora durante la perforación.
- ✓ Sistema de barrido: El sistema de barrido es fundamental en la perforación ya que permite la extracción del detritus producido, para ello existen varios sistemas de barrido como ejemplo, por agua, aire o mixto (semihúmedo). Los elementos de mayor desgaste son los sellos de agua los que se ven afectados directamente por la temperatura de trabajo, la falta de barrido, desgaste del buje guía y otros factores que dependen del lugar de trabajo

## **5.8 Bomba de agua**

La bomba de agua la acciona un motor hidráulico. La presión de agua de entrada Debe situarse entre 4 y 6 bar (2 bar como mínimo). La presión de entrada la regula Una válvula de seguridad y es de un máximo de 14 bares.

Figura 5.8 Bomba de agua



Fuente: Obtenida de una inspección en interior mina S.C.M MINERA CAROLA

### **5.9 Estanque hidráulico**

Es el encargado de contener 200 Litros de aceite para luego distribuirlo en el equipo para realizar los movimientos hidráulicos el cual enfría el aceite y decanta impurezas.

Figura 5.9 Estanque hidráulico



Fuente: Obtenida de una inspección en interior mina S.C.M MINERA CAROLA

### **5.10 Componentes eléctricos**

#### **5.10.1 Motor eléctrico**

Su objetivo principal es tomar la energía eléctrica y transformarla en energía mecánica por la acción del campo magnético generado por las bobinas.

Figura5.10 Motor eléctrico



Fuente: Obtenida de una inspección realizada en interior mina S.C.M MINERA CAROLA

#### 5.10.2 Carrete eléctrico

La función de este es transportar el cable principal para conectar a la red de 380 volts que es accionado por medio de un motor hidráulico.

Figura 5.10.2 Carrete eléctrico



Fuente: Obtenida de una inspección realizada en interior mina S.C.M MINERA CAROLA

#### 5.10.3 Tablero panel A

Es el tablero eléctrico principal del equipo siendo totalmente hermético, para mantener los componentes en óptimas condiciones.

Figura 5.10.3 Tablero del panel A



Fuente: Obtenida de una inspección realizada en interior mina S.C.M MINERA CAROLA

#### 5.10.3.1 Componentes del panel A

- A. **Transformadores:** su función es bajar las tensiones para distintas aplicaciones, 110V, 220V, 24 ac y 380 V.
- B. **Circuito de control y fuerza** (control 110 V/ fuerza 380V): esta función es para realizar el trabajo de partida estrella-triángulo para los motores eléctricos acoplados en las bombas hidráulicas y se compone por contactores y relay de sobrecarga.
- C. **Protecciones eléctricas:** son sistemas que protegen los motores eléctricos contra corte eléctrico o peak de corrientes.
- D. **Horómetros:** estos son para tener un control para realizar mantenciones programadas.
- E. **Contactores y relay :** estos son para alimentar motores de potencias bajas y para sistemas de seguridad.
- F. **Break principal:** su función es alimentar el panel completo y a la vez proteger el sistema
- G. **Luces pilotos:** su función es dar aviso de anomalías que se encuentre en el equipo.

## **CAPITULO VI: ANÁLISIS DE DATOS RECOPIRADOS**

### **6.1 Planteamiento y análisis de la problemática.**

Según el estudio que se realizó por un tiempo estimado de 8 meses podemos analizar que dentro de la flota de equipos de perforación Boomer no se presenta o mas bien no existe una pauta de mantención de 50 horas de trabajo en interior mina adecuada para las labores que realizan dichos equipos los que se encuentran sometidos a turnos de 12 horas día y noche donde NO se desarrolla ningún tipo de mantenimiento preventivo ( SI NO ES POR QUE SE PRODUCE UNA FALLA EN EL EQUIPO O ALGUN PROBLEMA MAS GRAVE NO SE LE REALIZAN LAS MEJORAS, O REPARACIONES NESECARIAS PARA EL FUNCIONAMIENTO OPTIMO DE LOS EQUIPOS DE PERFORACION) lo que lleva a analizar la gran cantidad de fallas comunes y reiterativas, las cuales con el desarrollo de un buen mantenimiento se podrían evitar y de tal forma se podrá dar una mayor durabilidad ,disponibilidad y confiabilidad a los sistemas y componentes de los equipos de perforación , debemos considerar que dichos equipos no son considerados de manera activa dentro de un plan de mantenimiento preventivos o inspecciones en terreno motivo por el cual solo se repara o inspeccionan los equipos al momento de fallar y corregir anomalías , como por ejemplo tenemos desgaste de componentes que son primordiales en las labores diarias de los equipos como la mala alineación del centro de perforación del equipo y así consecutivamente .

Como se pudo apreciar en el mes de mayo se agrega un nuevo equipo a la flota el cual por ser nuevo se le realizaron más pautas y observaciones lo que dio un aumento de la disponibilidad de la flota ya que este no presento fallas reiterativas, por lo que llevo a realizar un análisis que no se tenía el plan de mantenimiento adecuado por lo cual se produjeron muchos inconvenientes en la parte operacional como en la de mantención.

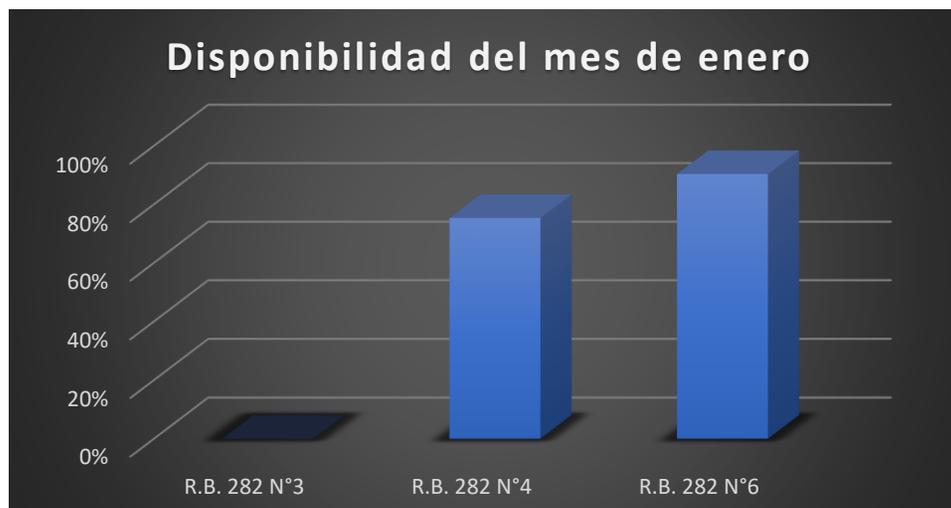
#### **6.1.1 Datos obtenidos para analizar disponibilidad mes a mes de la flota de Boomer.**

Como se pudo analizar con los datos obtenidos de la empresa tanto la disponibilidad y las fallas más comunes se aprecia que la mayoría de los equipos de la flota de Boomer no se le realizaba un mantenimiento preventivo adecuado debido a lo cual se producen muchas fallas reiterativas las cuales al no ser atacadas o reparadas de buena manera a lo largo de un tiempo desencadenan en el desperdicio de no un componentes si no que de sistemas completos de los equipos provocando que la disponibilidad y la confiabilidad de estos sea bajísima .

Tabla N° 6.1.1.1 Disponibilidad de ENERO

	Equipo	Mantenimiento Preventiva	Mantenimiento Correctiva		Espera de HH	Espera de Componente	Total Horas de Mantenimiento	Disponibilidad Mes (%)	Disponibilidad Flota (%)	Disponibilidad Programa (%)	Observación
			Falla Operacional	Mantenimiento							
Perforación Desarrollo	R.B. 282 N°3	0,00	0,00	163,00	581,00	0,00	744,00	0%	55%	47%	FUERA DE SERVICIO
	R.B. 282 N°4	0,00	0,00	115,50	59,75	11,00	183,25	75%			FUERA DE SERVICIO
	R.B. 282 N°6	0,00	0,00	52,75	18,75	0,00	71,5	90%			OPERATIVO

Gráfico 6.1.1.1 Disponibilidad mes de ENERO



Fuente: Del gráfico y de la tabla obtenidos de la información recopilada de la empresa.

Tabla N° 6.1.1.2 Disponibilidad de FEBRERO

	Equipo	Mantenimiento Preventiva	Mantenimiento Correctiva		Espera de HH	Espera de Componente	Total Horas de Mantenimiento	Disponibilidad Mes (%)	Disponibilidad Flota (%)	Disponibilidad Programa (%)	Observación
			Falla Operacional	Mantenimiento							
Perforación Desarrollo	R.B. 282 N°3	0,00	0,00	110,00	182,50	379,50	672,00	0%	46%	47%	FUERA DE SERVICIO
	R.B. 282 N°4	10,25	0,00	223,00	77,25	0,00	310,50	54%			FUERA DE SERVICIO
	R.B. 282 N°6	8,50	0,00	93,50	3,00	0,00	105,00	84%			OPERATIVO

Gráfico 6.1.1.2 Disponibilidad mes de FEBRERO

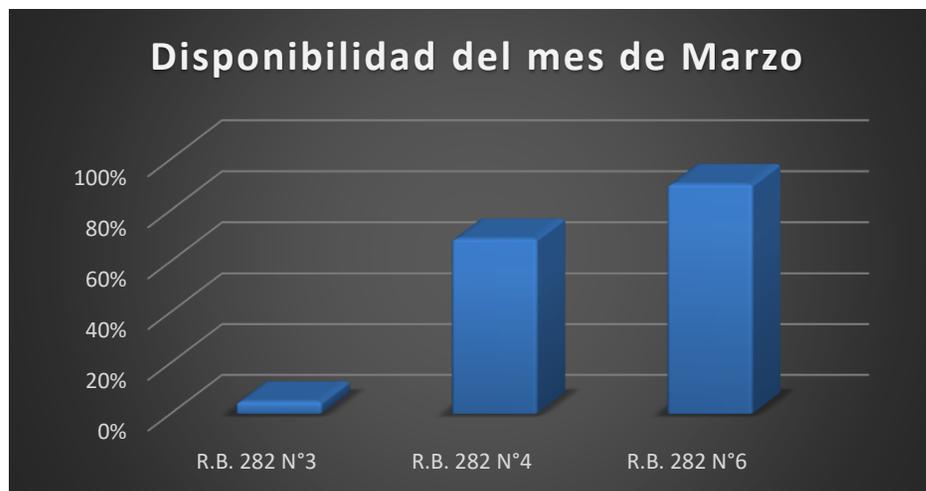


Fuente: Del gráfico y de la tabla obtenidos de la información recopilada de la empresa.

Tabla N° 6.1.1.3 Disponibilidad de Marzo

	Equipo	Mantenimiento Preventiva	Mantenimiento Correctiva		Espera de HH	Espera de Componente	Total Horas de Mantenimiento	Disponibilidad Mes (%)	Disponibilidad Flota (%)	Disponibilidad Programa (%)	Observación
			Falla Operacional	Mantenimiento							
Perforación Desarrollo	R.B. 282 N°3	0,00	0,00	276,00	432,00	0,00	708,00	5%	55%	47%	FUERA DE SERVICIO
	R.B. 282 N°4	0,00	0,00	125,25	58,00	48,00	231,25	69%			OPERATIVO
	R.B. 282 N°6	2,75	0,00	59,80	10,00	0,00	72,55	90%			OPERATIVO

Gráfico 6.1.1.3 Disponibilidad mes de MARZO

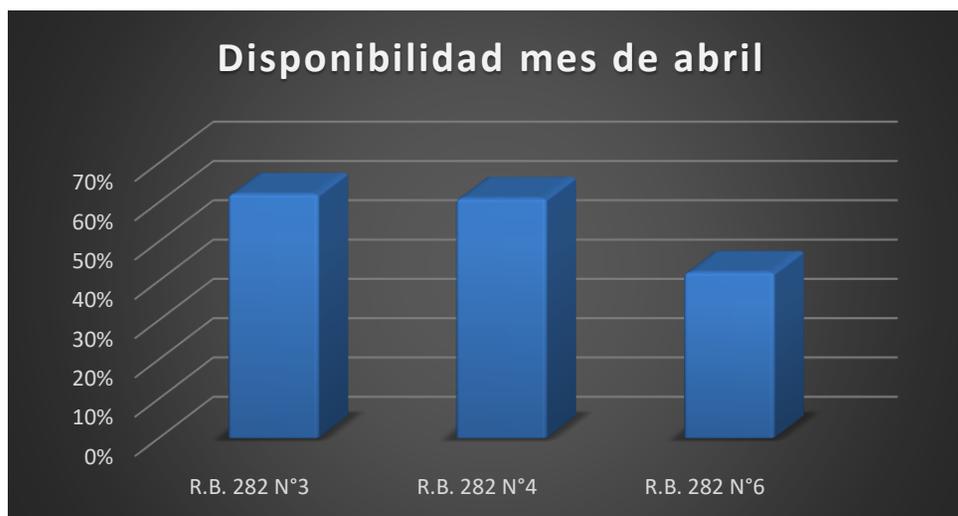


Fuente: Del gráfico y de la tabla obtenidos de la información recopilada de la empresa.

Tabla N° 6.1.1.4 Disponibilidad de Abril

	Equipo	Mantenimiento Preventiva	Mantenimiento Correctiva		Espera de HH	Espera de Componente	Total Horas de Mantenimiento	Disponibilidad Mes (%)	Disponibilidad Flota (%)	Disponibilidad Programa (%)	Observación
			Falla Operacional	Mantenimiento							
Perforación Desarrollo	R.B. 282 N°3	0,00	0,00	153,25	94,5	25,25	273,00	62%	55%	47%	OPERATIVO
	R.B. 282 N°4	0,00	0,00	83,00	196,75	1,25	281,00	61%			FUERA DE SERVICIO
	R.B. 282 N°6	120,00	0,00	115,75	180,75	0,00	416,50	45%			FUERA DE SERVICIO

Gráfico 6.1.1.4 Disponibilidad mes de abril



Fuente: Del gráfico y de la tabla obtenidos de la información recopilada de la empresa.

Tabla N°6.1.1.5 Disponibilidad de Mayo

	Equipo	Mantenimiento Preventiva	Mantenimiento Correctiva		Espera de HH	Espera de Componente	Total Horas de Mantenimiento	Disponibilidad Mes (%)	Disponibilidad Flota (%)	Disponibilidad Programa (%)	Observación
			Falla Operacional	Mantenimiento							
Perforación Desarrollo	R.B. 282 N°3	36,00	0,00	56,75	64,50	0,00	157,25	79%	61%	67%	OPERATIVO
	R.B. 282 N°4	0,00	0,00	12,00	732,00	0,00	744,00	0%			FUERA DE SERVICIO
	R.B. 282 N°6	0,00	0,00	79,25	39,25	0,00	118,50	84%			OPERATIVO
	R.B "S2" N°7	36,00	0,00	43,75	61,75	2,25	143,75	81%			OPERATIVO

Gráfico 6.1.1.5 Disponibilidad mes de MAYO



Fuente: Del gráfico y de la tabla obtenidos de la información recopilada de la empresa.

Tabla N° 6.1.1.6 Disponibilidad de JUNIO

	Equipo	Mantención Preventiva	Mantención Correctiva		Espera de HH	Espera de Componente	Total Horas de Mantención	Disponibilidad Mes (%)	Disponibilidad Flota (%)	Disponibilidad Programa (%)	Observación
			Falla Operacional	Mantención							
Perforación Desarrollo	R.B. 282 N°3	65,00	0,00	57,25	102,50	5,75	230,50	68%	58%	61%	OPERATIVO
	R.B. 282 N°4	24,00	0,00	84,00	612,00	0,00	720,00	0%			FUERA DE SERVICIO
	R.B. 282 N°6	84,00	0,00	47,00	75,25	0,00	206,25	71%			OPERATIVO
	R.B "S2" N°7	0,00	0,00	41,25	12,00	0,00	53,25	93%			OPERATIVO

Gráfico 6.1.1.6 Disponibilidad mes de JUNIO



Fuente: Del gráfico y de la tabla obtenidos de la información recopilada de la empresa.

Tabla N° 6.1.1.7 Disponibilidad de JULIO

	Equipo	Mantenimiento Preventiva	Mantenimiento Correctiva		Espera de HH	Espera de Componente	Total Horas de Mantenimiento	Disponibilidad Mes (%)	Disponibilidad Flota (%)	Disponibilidad Programa (%)	Observación
			Falla Operacional	Mantenimiento							
Perforación Desarrollo	R.B. 282 N°3	0,00	0,00	59,50	26,25	0,00	85,75	88%	53%	61%	OPERATIVO
	R.B. 282 N°4	0,00	0,00	120,00	456,00	132,00	708,00	5%			FUERA DE SERVICIO
	R.B. 282 N°6	12,00	0,00	182,25	224,00	0,00	418,25	44%			OPERATIVO
	R.B "S2" N°7	24,00	0,00	62,5	90,5	5,25	182,25	76%			OPERATIVO

Gráfico 6.1.1.7 Disponibilidad mes de JULIO

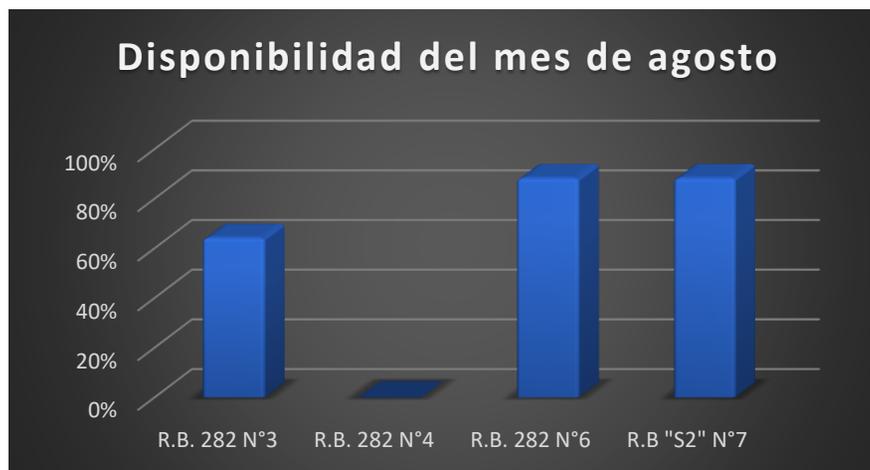


Fuente: Del gráfico y de la tabla obtenidos de la información recopilada de la empresa.

Tabla 6.1.1.8 Disponibilidad AGOSTO

	Equipo	Mantenimiento Preventiva	Mantenimiento Correctiva		Espera de HH	Espera de Componente	Total Horas de Mantenimiento	Disponibilidad Mes (%)	Disponibilidad Flota (%)	Disponibilidad Programa (%)	Observación
			Falla Operacional	Mantenimiento							
Perforación Desarrollo	R.B. 282 N°3	52,00	0,00	12,50	51,50	0,00	116,00	64%	60%	60%	OPERATIVO
	R.B. 282 N°4	0,00	0,00	0,00	324,00	0,00	324,00	0%			FUERA DE SERVICIO
	R.B. 282 N°6	0,00	0,00	26,00	12,00	0,00	38,00	88%			OPERATIVO
	R.B "S2" N°7	0,00	0,00	21,29	16,5	0	37,79	88%			OPERATIVO

Gráfico 6.1.1.8 Disponibilidad del mes de AGOSTO



Fuente: Del gráfico y de la tabla obtenidos de la información recopilada de la empresa.

Tabla 6.1.1.9 Disponibilidad vs Metros Perforados

Mes	Disponibilidad flota	Disponibilidad Programada	N° de Equipo	Equipo operativo	Equipo F/S	Metros Programados	Metros Reales
Enero	55%	47%	3	2	1	963 mts	840 mts
Febrero	46%	47%	3	2	1	882 mts	769 mts
Marzo	55%	47%	3	2	1	997 mts	867 mts
Abril	55%	47%	3	2	1	948 mts	813 mts
Mayo	61%	67%	4	3	1	977 mts	855 mts
Junio	58%	61%	4	3	1	945 mts	815 mts
Julio	53%	67%	4	3	1	985 mts	753 mts
agosto	60%	60%	4	3	1	945 mts	870 mts

Como se pudo analizar con los datos obtenidos ninguno de los meses se superó el 70% disponibilidad en la flota de Boomer por los que se desarrolló un plan de mantenimiento enfocado en una pauta para interior mina ya que es ahí donde se encuentra la mayor cantidad de fallas reiterativas ,por otra parte se tomó en consideración la perdida de horas que se producen al momento de no constar con los repuestos adecuados para dichas mantenciones , por lo que también se pretende mejorar ese tiempo de espera planificando que los repuestos estén en faena antes de solicitar un equipo a mantención .

Otro punto muy importante son las horas hombres involucradas en estos procesos ya que por no contar con la cantidad de personal adecuado para realizar las mantenciones se pierde mucho tiempo, por lo que también se tomó en cuenta esto y se instruyó al personal con menos conocimiento para darle mayor fluidez a las mantenciones.

Con la información recopilada se analizó que las horas de mantención son mui pocas para la importancia que tienen los equipos de perforación frontal de tal manera que se opta por el desarrollo de un mejor plan de mantenimiento predictivo y no correctivo como se viene realizando ya que al trabajar solo con este tipo de mantenimiento siempre se atacaran las fallas de manera superficial y no analizando más a ya el deterioro de los equipos y sus sistemas involucrados.

Ilustración 6.1 Pauta de mantención 125 Hrs desarrollada por el fabricante.

Turno		INFORME DE MANTENCIÓN PREVENTIVA		
Hrs. Motor		PAUTA DE MANTENCIÓN 125 HRS. BOOMER 282	Equipo N°	
Hrs. Bomba 1			Ubicación	
Hrs Bomba 2			Operador	
Fecha Inicio			Fecha Termino	
Jefe Turno			Jefe Mant	
Tecnico 1			Tecnico 3	
Técnico 2			Tecnico 4	
NOTA				
SI	NO	ACTIVIDADES		
-----	-----	<b>A) INSPECCIÓN PRELIMINAR</b>		
-----	-----	Lave el equipo		
-----	-----	Realice levantamiento del equipo y genere BACKLOG		
-----	-----	<b>B) MOTOR DIESEL</b>		
-----	-----	Cambie aceite motor		
-----	-----	Cambie Filtro combustible		
-----	-----	Tome muestra de aceite motor		
-----	-----	Revise empaquetaduras de tapa válvula		
-----	-----	Revise tensado de correas trapezoidales de la turbina		
-----	-----	Revise presión aceite motor		
-----	-----	Revise estado de mangueras combustibles		
-----	-----	Cambie filtro de aire		
-----	-----	<b>C) TRANSVERTER</b>		
-----	-----	Cambio de filtros 500hrs		
-----	-----	Revise fugas de aceites		
-----	-----	<b>D) SISTEMA ELECTRICO</b>		
-----	-----	Revise cable conexiones del motor arranque		
-----	-----	Revise conexiones del alternador		
-----	-----	Revise carga del alternador		
-----	-----	Revise estado de correa alternador		
-----	-----	<b>H) VEHÍCULO S2</b>		
-----	-----	Revisar apriete ruedas		
-----	-----	Reapriete general de pernos		
-----	-----	Verificar daños chasis (choque, fisuras)		
-----	-----	Revisar nivel aceite diferenciales		
-----	-----	Revisar nivel aceite planetarios		
-----	-----	<b>Engrasar:</b>		
-----	-----	Crucetas cardanes		
-----	-----	Cojinetes de apoyo cardanes		
-----	-----	Soporte diferencial lado motor		
-----	-----	Pasadores cilindro de dirección		
-----	-----	Articulación central		

Fuente: Realizado por los planificadores de la empresa Minera SCM Carola

## 6.2 Registros de fallas reiterativas

Tabla N ° 6.2 Registro de fallas reiterativas en un periodo de 8 meses para una flota de 4 equipos Boomer en un total de 5760 Hrs de trabajo.

REGISTRO DE FALLAS	Horas de fallas	Reparaciones recomendadas por el fabricante.
Cilindro avance viga con fuga de aceite	430 hrs	Cambio de cilindro
Sellos de cámara de barrido malos	60 hrs	Cambio de sellos y cámara de barrido
Problema sobre carga motor eléctrico	40 hrs	Revisar tensión eléctrica de motor
Falla en ventilados cabina de operador	24 hrs	Cambio de ventilador y circuito encendido
Flexibles desgastados y perdida de aceite	120 hrs	Cambio de flexibles y chequeo
Casquillos de gomas desgastados	360 hrs	Regular distancia de perforación
Culatín desgastado	360hrs	Alinear carro y cop
Tope de viga desgastado	70 hrs	Realizar cambio mas pernos de sujeción
Tambor porta flexibles agripados	120 hrs	Cambiar y engrasar
Patines desgastados o sin seguros	80 hrs	Cambiar según procedimiento manual
Unidad telescópica pierde fuerza	340 hrs	Chequear lubricación y estado de esta
Destorcedor de mangueras defectuoso	60 hrs	Chequear funcionamiento y reparar
Motor carrete eléctrico poca fuerza	75 hrs	Ajustar torque
Acumuladores de alta y baja presión descargados ( cop )	120 hrs	Chequear estado de carga de estos
Botón de apb no funciona	140 hrs	Cambio de botón
Mesa o carro móvil dañado }	130 hrs	Cambiar y chequear recorrido cilindro
Cilindro z con juego (en pasadores y bujes)	360 hrs	Realizar cambio o dejar registro
Lubricación de cop defectuosa	180 hrs	Chequear bobinas y cabezal
Piolas de avance y retroceso defectuosas	230 hrs	Revisar rigidez y estados de estas

Fuentes: Elaboración Propia

### 6.3 Componentes y fallas más comunes.

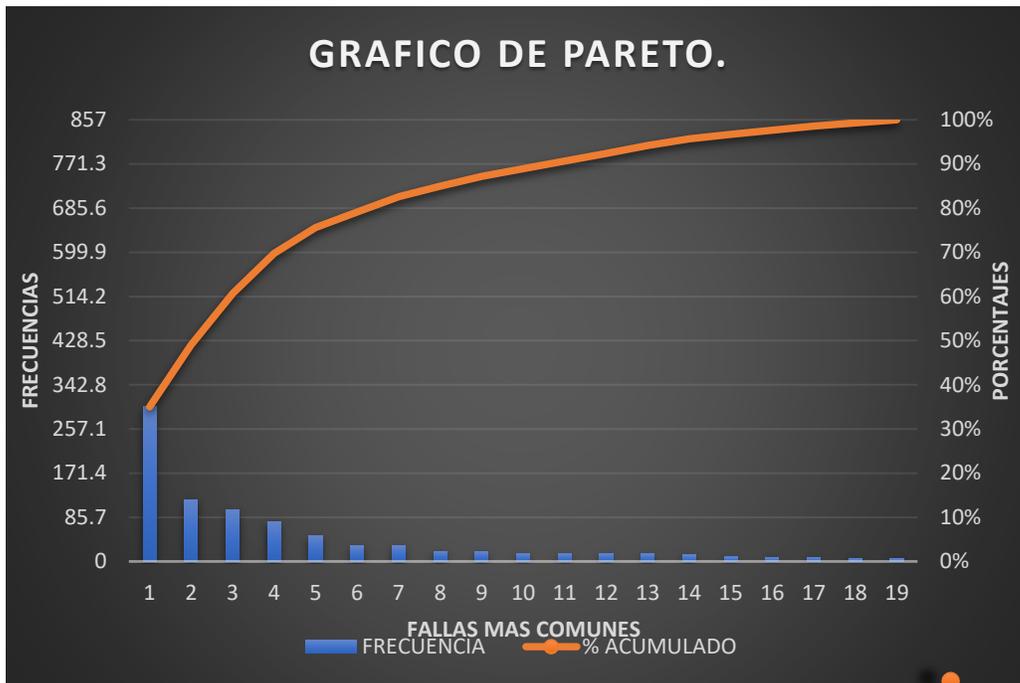
Tabla N° 6.3 Fallas más comunes en la operación

FALLAS MAS COMUNES				
FALLAS	FRECUENCIA	%	ACUMULADO	% ACUMULADO
CASQUILLOS DE GOMAS DESGASTADOS	300	35%	300	35%
FLEXIBLES DESGASTADOS	120	14%	420	49%
PATINES DESGASTADOS	100	12%	520	61%
ACUMULADORES DE COP REVENTADOS	78	9%	598	70%
PIOLAS DE AVANCE Y RETROCESO MALAS	50	6%	648	76%
SELLOS DE CAMARA DE BARRIDO	30	4%	678	79%
DESTOCEDOR DE MANGUERAS QUEBRADO	30	4%	708	83%
CULATIN DESGASTADO O QUEBRADO	20	2%	728	85%
LUBRICACION COP NO ADECUADA	19	2%	747	87%
FALLA VENTILADOR CABINA	15	2%	762	89%
UNIDAD TELESCOPICA SIN FUERZA	15	2%	777	91%

MOTOR DE CARRETE ELECTRICO DEFECTUSO	15	2%	792	92%
BOTON APB PEGADO	15	2%	807	94%
TAMBOR PORTA FLEXIBLES DEFECTUOSO	13	2%	820	96%
TOPE DE VIGA DESGASTADO	9	1%	829	97%
CILINDRO AVANCE VIGA	8	1%	837	98%
CARRO MOVIL DAÑADO	8	1%	845	99%
SOBRE CARGA MOTOR ELECTRICO	6	1%	851	99%
CILINDRO Z CON JUEGO	6	1%	857	100%
TOAL	857	1		

Fuentes: Elaboración Propia

Gráficos 6.3 de fallas más comunes



Fuentes: Elaboración Propia de los datos de la Tabla N°6.3

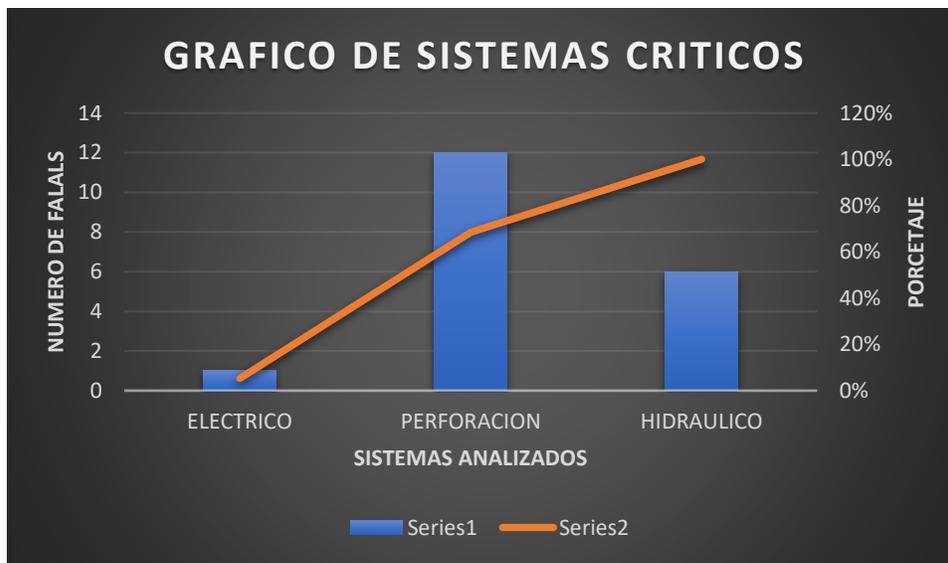
Como podemos analizar en el gráfico de Pareto se visualiza que las fallas más comunes y reiterativas se enfocan y desarrollan con mayor frecuencia en los componentes que están involucrados en la perforación diaria del equipo por ende se deben enfocar las mantenciones y chequeos más en estos puntos, en donde la implementación de un buen plan de mantenimiento enfocado en terreno, enfocado en solucionar todos estos puntos de manera rápida y efectiva.

Tabla N°6.3.1 Análisis de sistemas críticos en los equipos de perforación

ANALISIS SEGÚN SISTEMAS DE TRABAJO DE LOS EQUIPOS				
SISTEMAS	N° DE FALLAS	% FALLAS	N° FALLAS ACUM	% ACUMULADA
ELECTRICO	1	5%	1	5%
PERFORACION	12	63%	13	68%
HIDRAULICO	6	32%	19	100%
TOTAL	19	100%		

Fuentes: Elaboración propias de análisis del grafico

Gráfico 6.3.1 de Sistema críticos



Fuentes: Elaboración propia por análisis de tabla 6.3.1

Como podemos analizar con la información recopilada y expuesta se observa que el sistema de perforación es el más crítico el cual presenta más componentes y fallas involucradas en las detenciones correctivas de los equipos de perforación lo que lleva a analizar y desarrollar una pauta enfocada en estas condiciones de trabajo.

### 6.3.1 Fotos de las fallas más comunes

- ✓ Culatín quebrado se produce netamente por una falla operacional o por un mal alineamiento del centro de perforación del equipo.

Figura 6.3 Culatín quebrado



- ✓ Flexibles desgastados y sobre medida con pérdidas de aceite, al encontrarse fuera de estándar producen un roce con otros componentes fuera de lo habitual lo que provoca pérdidas de aceite y contaminación en el lugar de trabajo.

Figura 6.3 Flexibles fuera de medidas y pérdidas de aceite.



- ✓ Sellos y cámara de barrido mala, netamente por una mala mantención, calidad mala del agua de la mina y el desgaste por vida útil de componente interno de la perforadora, y el roce de estos con el culatín.

Figura 6.3 Sellos y cámara de barrido desgastados



- ✓ Tope de viga delantero gastado por el roce al momento de perforar y entrar en contacto con el macizo rocoso.

Figura 6.3 Tope de viga delantero



- ✓ Botón APB se encuentra pegado por suciedad externa e interna del componente botón que ayuda a realizar de manera más coordinada los movimientos horizontales del but.

Figura 6.3. Botón APB



- ✓ Teflones desgastados por el roce y por las horas de trabajo alas que están sometidos turnos de 12 horas, provocando que el centro de perforación se encuentre desalineado.

Figura 6.3 Teflones desgastados



- ✓ Cilindro Z con juego producto de la vida útil de sus pasadores o alojamiento, por otra parte el mal funcionamiento de sus válvulas check .

Figura 6.3 Cilindro Z



- ✓ Ventilador de cabina en malas condiciones por corte eléctrico o por funcionamiento interno.

Figura 6.3 Ventilador



- ✓ Acumulador de nitrógeno reventado ya sea porque la membrana interna se rompió por fatiga de materia o el acumulador esta defectuoso.

Figura 6.3 Acumulador



- ✓ Motor hidráulico de carrete eléctrico con poca fuerza por fuga interna o falta de torque para realizar movimientos del mismo.

Figura 6.3 Motor hidráulico



Fuentes: Fotos de los componentes de los equipos de Minera SCM Carola.

## CAPITULO VII: METODOLOGÍA

### 7.1 Metodología de trabajo para dar solución al problema

Primero que nada con los datos obtenidos de la empresa se llegó al análisis de que se debe desarrollar e implementar una pauta de mantenimiento de 50 horas de trabajo en interior mina la cual será desarrollada en terreno y presentada al área de planificación mecánica electrohidráulico para que ellos la analicen coordinen con el área de planificación mina de la empresa , de tal manera no se produzca ninguna intervención en el proceso de desarrollo diario de las labores mineras , por tanto un punto muy importante que se analizó son los reportes diarios realizados por los operadores de los equipos y de igual manera las observaciones que puedan realizar el personal de mantenimiento mina .

Debido a que estos equipos son de una alta necesidad en el desarrollo de las labores diarias de la mina es de suma urgencia desarrollar y llevar a cabo una pauta de mantenimiento la cual sea efectiva y se enfoque en los sistemas y componentes más críticos analizados anteriormente por lo tanto las áreas de mantenimiento y desarrollos minas deberán estar ambos al tanto de estos para realizar buenas coordinaciones al momento de la intervención de los equipos , como se analizó anterior mente en base a la información se solicitó constar con el personal adecuado para realizar buenas mantenciones a los equipos de perforación .

Como se mencionó anterior mente se implementó una metodología la cual se debe cumplir al pie de la letra para que los equipos pueden funcionar de la manera más eficaz e idónea.

Ilustración 7.1 de metodología de mantenimiento

1		<b>Diagnóstico y análisis del estado del equipo de perforación</b>
2		Diagnóstico y análisis por medio de check list de operador y reporte de intervenciones del mecánico
3		Separar por fallas más comunes para tomar una determinación

4		Análisis de la pauta desarrollada en la empresa y a raíz de eso confeccionar una en otra cantidad de horas trabajadas
5		Análisis modo efecto, falla y criticidad del equipo
6		Desarrollo de un plan de mantenimiento programado para aumentar el funcionamiento y vida útil de los equipos de perforación en interior mina
7		Conclusiones y recomendaciones

Fuente: tabla de elaboración propia

## 7.2 Carta Gantt

La Carta Gantt es una herramienta que define las actividades necesarias para completar el trabajo de un proyecto en un plazo determinado, y la relación lógica de ejecución entre ellas. Es muy usada en la planificación y gestión de proyectos. Ejecutando las actividades podremos completar los diferentes resultados y entregables del proyecto, y así, cumplir los objetivos trazados. Es por esto, que la Gantt es reconocida como la carta fundamental de navegación que nos guía para acometer cualquier iniciativa.

Permite visualizar conocer, con solo una mirada, el tiempo requerido para hacer una actividad y la fecha en que debe iniciar y terminar. Además, hace posible entender qué actividades dependen de otras para partir y cuales pueden ejecutarse en forma simultánea.

En una Carta Gantt, las actividades están representadas por barras horizontales y el calendario de tiempo en el eje de las x.

### 7.2.1 Beneficios de hacer una Carta Gantt

Hay muchas razones por las cuales es recomendable hacer una Carta Gantt para tu proyecto. Resumimos seis que nos parecen relevantes:

Alinear a la organización y generar compromiso del equipo de trabajo en torno a los objetivos del proyecto, sus resultados y las tareas con sus fechas de inicio y término, para cumplir el trabajo en

el tiempo estimado y planificado por las áreas involucradas, este punto es vital para evitar confusiones y no generar que el equipo a intervenir entorpezca el desarrollo de la producción diaria de la mina , la carta Gantt siempre se debe desarrollar con el personal idóneo e instruido en las tareas a realizar .

Tener el resumen de un proyecto en una página única. Siempre es mucho más útil poder explicar a terceros y a nuestro equipo el proyecto en forma muy simple. La Carta Gantt ofrece una mirada sencilla y poderosa de un proyecto y sus actividades.

Entender la relación que tienen las distintas actividades entre sí, e identificar las “actividades críticas”. En un proyecto las actividades críticas son aquellas en las cuales un retraso en su fecha de inicio o un aumento de su duración afecta el inicio de las actividades sucesoras, y más importante, retrasa el proyecto completo.

Para asignar los recursos en forma eficaz, Una carta Gantt permite asignar responsables y recursos a cada actividad. Así, es posible conocer el uso de los recursos disponibles, la capacidad utilizada de cada uno, y, en consecuencia, saber si un recurso sub o sobre utilizado. Dado que los recursos tienen costos, la carta Gantt permite determinar el flujo de costos del proyecto en el tiempo a medida que se va realizando el trabajo.

Controlar el proyecto, La carta Gantt es un elemento fundamental para controlar los plazos y costos del proyecto durante la fase de ejecución. Cuando está correcta y dinámicamente vinculada con el presupuesto, es posible aplicar la metodología de valor ganado, un estándar de clase mundial para disminuir el riesgo y aumentar la disponibilidad para contar con un plan flexible y dinámico.

Hoy más que nunca, los proyectos están sometidos a cambios de cualquier índole durante su desarrollo. La información y supuesta planificación pueden alterarse por nueva información disponible. Si el plan queda desactualizado, ya no es útil para guiar el desarrollo del proyecto. Independiente de cómo se originen, contar con una carta Gantt dinámica e inteligente que se pueda adaptar a dichos cambios y mantenerse actualizada en todo momento es vital para guiar la ejecución y mantener un control permanente, habilidad de concluir exitosamente cualquier iniciativa.



Como se puede observar en la carta Gantt expuesta se desarrollan muchas tareas distribuidas en los dos turnos para realizar la mantención, dichos turnos son de 12 horas cada uno tanto día como de noche, por lo que se deben coordinar todos los repuestos y recursos necesarios con anterioridad y eficacia, el desarrollo de la pauta de mantención será llevada a cabo por 4 personas en total las cuales serán divididas dos en el turno de día y las otras dos en el turno de la noche. El desarrollo de la pauta debe ser llevada a cabo con la mayor responsabilidad ya que depende de esto que el equipo o los equipos a los cuales se les implementaron dichas pautas tengan un mayor tiempo de trabajo de perforación directa. No se desarrollan tareas en paralelo ya que todas las tareas están divididas para los dos turnos por lo que se tratara de avanzar y cumplir cada ítem expuesto.

## 7.4 Análisis de modo Efecto, Falla y Criticidad

Tabla N° 7.4 FMCA de sistemas más críticos

Identificación De ítem	Funciones	Modo de fallas y causas	Daño o efecto local	Efectos finales	Método de detección de la falla	Acciones correctivas	Calificación de gravedad	Tiempos de reparación
Casquillo de goma	Alinear barra con el centro de perforación	Mala alineación de la barra lo que produce desviación de la barra	Casquillos desgastados y perforación desgastada	Una detención para realizar cambio de casquillos y alinear el centro de perforación	Casquillos con desgaste en el centro	Cambiar componente por uno nuevo	Ocasional	30 minutos dependiendo del estado de este y su alojamiento
Cilindro avance de viga	Deslizar la viga y darle recorrido en la perforación	Retenes y sellos internos malos con desgaste	Perdida excesiva de aceite , más perdida de avance de la viga	Mal funcionamiento de la perforación poco recorrido para perforar	Perdida de aceite al momento de perforar	Realizar detención del equipo, analizar y cambiar componente	Ocasional	1.50 minutos
Sellos de cámara de barrido malos	Tener hermética la cámara de barrido la cual ayuda a la limpieza del tiro al momento de perforar	Perdida excesiva del agua al momento de perforar	Perdida de presión de agua el momento de perforar	Consumo excesivo de sellos de cámara de barrido	Perdida de agua por el cabezal de la perforadora	Cambio de sellos de cámara de barrido	Regularmente probable	35 minutos por but
Falla en ventilador de cabina de operador	Ventilar al operador al momento de la perforación	Corte en línea de alimentación o en los ventiladores	Mal uso del ventilador	Detener la perforación y chequear líneas eléctricas	Ventiladores detenidos	Testear líneas de alimentación y ventiladores	Regularmente probable	1.30 minutos

Flexibles desgastado y perdida de aceite	Encargado de transportar el aceite hidráulico para realizar movimientos	Flexibles largos y fuera de estándar	Cambio reiterativo de flexibles y perdida de aceite	Detener el equipo en perforación para realizar un cambio de flexibles y estandarizar las condiciones de uso	Flexibles largos fuera de medida correspondiente	Cambiar flexibles y instalar los adecuados	Probable	2 a 3 horas
Problema sobre carga motor eléctrico	Dar partida al tren de bombas hidráulicas	No encienden las bombas hidráulicas de ambos brazos	Sobre carga eléctrica	Detener equipo analizar aislación y tensión eléctrica de los motores	Chequeando tensión y relé fuga a tierra del equipo	Testear aislación de cable de perforación y tensión en ambos motores eléctricos	Regularmente probable	3 horas
Culatín desgastado	Encargado de transmitir el movimiento que realiza la cop	Desgaste en hilos y fisuras	Culatín quebrado y cámara de barrido dañado	Cambio de culatín y chequeo cámara de barrido	Culatín con hilos desgastado y sin giro en la barra	Cambiar culatín	Regularmente probable	60 minutos
Tope de vida desgastado	Apoyar viga contra el macizo rocoso	Desgaste proporcional por mal uso operacional	Golpear tope delantero con el macizo rocoso y dañar otros componentes	Detener el equipo para cambiar tope y otros componentes (como pernos, insertos etc. )	Tope con desgaste	Cambiar tope y pernos de fijación de este	Ocasionalmente probable	45 minutos
Tambor porta flexibles agripados y desgastado	Encargado de tener tensión entre los flexibles y la cop del primer tramo	Tambor agripado por lubricación insuficiente	Tambor se encuentra desgastado por uso y por falta de lubricación	Detener para cambiar tambor porta flexibles y chequeo de piola de	Tambor porta flexible no gira	Cambiar tambor porta flexible y pernos de anclaje	Regularmente probable	120 minutos

				retroceso según estado				
Patines desgastados y teflones malos	Desliza carro o viga hacia adelante o atrás	Mala alineación de la cop con respecto al centro de perforación y desgaste de teflones	Daño de patines, mesa, viga, por el desgaste del teflón de este.	Detención para cambiar los patines y teflones, inspeccionar estado de mesa y regular centro perforación	Teflones de patines desgastado	Cambio de teflones y seguros de esta y regulación de patines	Regularmente probable	80 minutos
Unidad telescópica ¿pierde fuerza	Realizar movimiento de avance de but	Cilindro telescópico no avanza	Poco movimiento y poca fuerza al mover el cilindro	Detener para chequear si es el cilindro o alguna válvula en mal estado	Cilindro con fuga interna o válvulas en mal estado	Cambiar cilindro o válvulas	Regularmente probables	1440 minutos
Destorcedor de mangueras defectuoso	Mantener flexibles en si posición	Perno guía cortado o con poca lubricación	Perno guía cortado y los flexibles andan fuera de posición	Cambiar destorcedor y lubricar	Flexibles fuera de posición	Cambiar destorcedor de mangueras	Regularmente probables	120 minutos
Motor carrete eléctrico poca fuerza	Encargado de realizar movimiento hidráulico para soltar cable eléctrico	Poca fuerza para soltar y enrollar el cable de perforación	Motor hidráulico con fuga interna	Poca fuerza para enrollar el cable	Motor sin fuerza para realizar movimientos	Cambiar motor o darle más torque	Regularmente probable	180 minutos
Acumuladores de alta y baja presión descargados	Encargados de absorber los impactos realizados al momento de realizar la perforación	Poca presión hidráulica el momento de perforar	Vibración excesiva la perforar y perdida de presión	Detener el equipo para chequear si es un tema de presión o hay alguna fuga en los acumuladores	Vibración en las mangueras al perforar	Cambio de acumuladores y chequeo de presión hidráulica	Probablemente	30 minutos

Botón de APB no funciona	Botón encargado de ayudar en el paralelismo del but	Movimiento horizontal defectuoso	Botón se está pasando internamiento o se encuentra pegado	Movimiento de but defectuoso	Paralelismo del but incorrecto	Cambiar botón APB y testear presión adecuada	Regularmente	180 minutos
Mesa y carro móvil dañado	Encargada de alojar la cop y los centralizadores fijos del equipo	Desgasta por regulación de recorrido cilindro avance cop	Mesa fisurada	Detener equipo chequear regulación de piolas de avance y retroceso más recorrido de cilindro avance	Desgaste en alojamiento de cilindro avance cop , e insertos en malas condiciones	Cambiar mesa y chequear recorrido de cilindro	Probablemente	720 minutos
Cilindro Z con juego	Encargado de dar la basculación a la viga	Se puede estar pasando internamente o alojamientos se encuentran desgastado	Viga de mueve de manera no adecuada	Desgaste en bujes de alojamiento o perdida de movimientos al accionar el cilindro	Viga se deja de manera horizontal y después de unos minutos se mueve sola y queda vertical	Cambiar cilindro, pasador o chequear válvulas check del cilindro	Regularmente	1440 minutos
Lubricación de cop defectuosa	Encargado de mantener los componentes internos de la perforadora lubricados	Bobinas o electroválvulas defectuosa o señales eléctricas bajas , compresor defectuoso	Parte delanteras de las cop ( cabezal secos )	Cabezal sin lubricación interna	No hay lubricación en las cop	Testear componentes del sistema de lubricación	Regularmente	360 minutos
Piolas de avance y retroceso defectuosa	Encargadas de dar la regulación del recorrido de la cop para realizar perforación	Piolas desgastadas por el uso o condiciones de trabajo	Bit se sale por el tope de viga delantero	Piolas en mal estado	Alineamiento y regulación del tensado de las piolas desregulado	Cambiar piolas según estado	Probablemente	180 minutos

### **7.5 Plan de mantenimiento necesario según las necesidades vistas.**

Se deben realizar las pautas de evaluación técnicas por el personal especializado para tener menos demora en el tiempo de reparación y así tener una visión predictiva del equipo y componentes; para cuando se realice la siguiente mantención.

Tener y solicitar repuestos adecuados según manual para disminuir costo de mantenimiento y producción.

Realizar mantenciones según horómetro de motor diésel para chequear estado de aceite de motor, filtro y transmisión.

Chequear sistemas hidráulicos, posicionamiento para realizar mejoras en los componentes más críticos, regulando presiones y chequeando componentes para tener el estado crítico de este.

Realizar pauta de mantenciones diarias donde observemos la criticidad de los componentes mientras se está entregando el servicio.

Utilizar repuesto adecuados e indicados por catálogo para evitar pérdida de tiempo y vida útil del equipo.

### **7.6 Pauta de mantenimiento preventivo de 50 HRS interior mina**

Como se puede observar en el anexo Tabla A pagina 73 se realizaron varias modificaciones a la pauta que se implementaba anteriormente la cual no tenía las condiciones o ITEM necesarios para realizar las actividades adecuadas para mantener los equipos de perforación en óptimas condiciones ya que había varios puntos que no se podían desarrollar por no contar con repuestos o condiciones adecuadas. Se pretende dar una mayor funcionalidad de los sistemas y componentes involucrados en el desarrollo de las labores de equipo de perforación de tal manera de continuar con el estándar adecuado de mantenimiento preventivo y no solo en el mantenimiento correctivo.

Se tomo en cuenta y de manera muy importante la información entregada por el personal mecánico en pautas anteriores y en BACKGOLG ya que varias observaciones realizadas por ellos no eran tomadas en cuenta por el personal de planificación, de tal manera que con esta información se analizó se confecciono una que se puédesse realizar en terreno.

Ilustración 7.7 Pauta de mantenimiento de 50 horas interior mina

Turno	INFORME DE MANTENCIÓN PREVENTIVA			
Hrs. Motor	PAUTA DE MANTENCIÓN 50HRS.		Equipo N°	
Hrs. Bomba 1	BOOMER 282		Ubicación	
Hrs Bomba 2	INTERIOR MINA		Operador	
Fecha Inicio			Fecha Termino	
Jefe Turno			Jefe Mant	
Tecnico 1			Tecnico 3	
Técnico 2			Tecnico 4	
NOTA				
SI	NO	ACTIVIDADES		
-----	-----	<b>A) INSPECCIÓN PRELIMINAR</b> Lave el equipo Realice levantamiento del equipo y genere BACKLOG		
-----	-----	<b>B) Perforadora (1838 hd)</b> Chequear y torquear pernos anclaje cop Chequear lubricación de cop (cantidad de pulsaciones y salida de cabezal) Chequear estado de bobinas de lubricación Chequear nivel de aceite de compresor y cambiar filtro de compresor Cambiar sellos de cámara de barrido Chequear estado de anillo de tope Chequear estado pistón amortiguador Chequear estado de cámara de barrido Chequear pieza de arrastre Chequear estado de culatín ( si presenta hilos gastado cambiar ) Tomar presión a acumulador de alta y baja presión Verificar estado de membrana de acumulador de retorno ( si esta rota cambiar) Realizar engrase a la perforadora		
-----	-----	<b>C) Transmisión</b> Revise nivel aceite de transmisión Revise fugas de aceites		
-----	-----	<b>D) BUT 28</b> Chequear cilindros y respectivas válvulas Revisar estados de guías de cilindros telescópicos y reapretar pernos Reapretar pernos de caja de cojinetes Revisar estados de mangueras y si están en mal estado cambiarlas		

Fuente: Elaboración propia

Primero que nada la pauta de mantenimiento de 50 horas de trabajo en interior mina tiene poca relación con la expuesta más arriba ya que esta se desarrolla en base a los datos obtenidos y al análisis de fallas más comunes de la flota de Boomer es muy diferente a la implementada por el fabricante ya que esta tiene un tiempo de ejecución más corto, la pauta se desarrolló mucho mejor ya que los ítems críticos se desarrollaron por sistemas, tomando en cuenta y dando mayor importancia a los componentes y sistemas más críticos, uno de los ítems más críticos y donde se puso mayor énfasis fue la perforadora la cual presenta fallas muy reiterativas como falta de lubricación en componentes o baja presión para la perforación, otro punto muy importante que se implementó en la pauta de 50 horas la revisión del brazo ( brazo del equipo ) en el cual se implementó el chequeo de los cilindros y las válvulas del mismo, y por último la realización de un torque general a los componentes principales del brazo.

La manera adecuada de ir rellenando la pauta de mantenimiento implementada es de una manera técnica y efectiva dando aviso al personal de planificación de alguna condición anómala o funcionamiento incorrecto que no sea el adecuado de los sistemas indicados en el ÍTEM expuestos, para tomarlos en consideración para la próxima pauta a realizar ya que de esta manera se podrán prevenir y aumentar la vida útil tanto de los componentes como de los sistemas de los equipos de perforación ROCKET BOOMER.

## CONCLUSIÓN

Dentro de las conclusiones obtenidas y con los datos analizados y expuestos podemos ver que la flota de Boomer 282 presenta una problemática la cual afecta en su disponibilidad y confiabilidad al momento de trabajar esta se ve interrumpida por las falles reiterativas producidas por la falta de mantenimiento y chequeo de los equipos de perforación , dado lo cual se desarrolló e implemento una pauta de mantenimiento de 50 horas de trabajo en interior mina que es donde más se presentan las fallas los problemas mencionados , también dentro de esto se analizó la calidad del personal que realizo las mantención los cuales constaban con todas las competencias correspondientes para el desarrollo de la pauta y el mantenimiento a aplicar en el tiempo adecuado y analizado , finalmente con la implementación de la pauta de 50 horas ya en proceso se verifico que se le puede dar una mayor continuidad a los equipos de perforación en lo que es la vida útil de los componentes y sistemas de perforación .

Otro punto mui importante fue que si se cumplieron los objetivos expuestos se dio a conocer una descripción general y breve de los equipos de perforación Boomer 282 para así analizar el funcionamiento de sus principales componentes y de tal manera saber cómo influyen las fallas más reiterativas y de esa manera tomar buenas decisiones en su reparación y mantenimiento.

En el trabajo se mostraron las modalidades o procedimientos para realizar las tareas estipuladas en la pauta de mantención de manera eficaz y segura, de tal forma que se disminuya el tiempo entre dichas reparaciones.

Como se presentó en las tablas y listas de falas cueles eran los sistemas más afectados al no tener la pauta adecuada, por lo cual se enumeraron componentes que estuvieran sometidos a cambios o reparación si de esa manera fuese necesario, con la ayuda de la planificación adecuada se puedo realizar un seguimiento más constante de los sistemas más críticos que debieron ser atacados de manera inmediata.

Los beneficios obtenidos con la pauta implantada en comparación a la pauta recomendada por el fabricante es que se lleva un control más exacto del estado de los equipos de perforación ya que se analizó por sistemas más críticos y componentes los cuales presentaban más fallas e inconvenientes en su funcionamiento disminuyendo muchos los tiempos entre una reparación con esto se da por

confirmado y analizado que con los datos expuestos si se pudo dar una mayor vida útil componentes y sistemas de los equipos Boomer tomando en consideración que estos son mui importante para el desarrollo de las labores mineras .

## RECOMENDACIONES

Según el análisis realizado se llegó a la conclusión de que al no poseer un programa de mantenimiento en interior mina la vida útil de los equipos de perforación se acorta de manera muy considerable, por lo que realizar una pauta preventiva de 50 HRS de trabajo se hace muy necesaria y de vital importancia ya que se pasaban muchos puntos importantes por altos hasta la siguiente mantención.

Por otra parte, una de las recomendaciones muy importante para que este plan de mantenimiento se pueda desarrollar de manera adecuada y efectiva primero que nada es tener la coordinación adecuada con el área de producción MINA, luego de eso coordinar el stock de repuestos necesarios para realizar la mantención y por último que el personal encargado de realizar la mantención posea las condiciones y conocimientos adecuados para realizar dichas labores.

## ANEXO

Mejoras de mantenimiento según análisis de fallas más comunes y reiterativas.

Tabla N° A Evaluación de acción de mantenimiento

Acción	Valoración de acción (1 a10)	Clasificación (Alta, Baja, Moderada, Remota)
Cambio de casquillo de goma de mejor calidad	3-4	Alta
Cambio Cilindro avance de viga	4-6	Moderada
Cambiar Sellos de cámara de barrido de mejor calidad	7-8	Alta
Instalar ventilador en cabina	3-4	Moderada
Cambio de Flexibles desgastados	8-10	Alta
Testear carga motor eléctrico	3-4	Moderada
Cambio de Culatín desgastado	5-8	Alta
Cambio Tope de viga delantero desgastado	6-7	Moderada

Cambio Tambor porta flexibles desgastado	5-6	Moderada
Cambo de Teflones desgastados	7-9	Alta
Chequeo Unidad telescópica por perdida de fuerza	8-6	Moderada
Cambio Destorcedor de mangueras defectuoso	3-5	Baja
Cambio Motor hidráulico carrete eléctrico sin fuerza	1-2	Baja
Cambio Acumuladores de perforadoras con baja presión	5-7	Alta
Cambio Botón APB pegado	4-6	Moderada
Reparación de Mesa de carro móvil dañado	5-7	Moderada
Cambio Cilindro Z	5-8	Moderada
Lubricación de perforadora defectuosa	8-9	Baja
Cambio Piola de avance y retroceso malas	8-9	Alta

Fuente: Tabla de elaboración propia

## ANEXO 2

Documentación obtenida desde la empresa.

Figura A Anexo 2: Control Turno Equipo Rocket Boomer.



**CAROLA-COEMIN**

NOMBRE OPERADOR: Paula Yvonne  
 NOMBRE JEFE DE TURNO: Paula Yvonne  
 EMPRESA: Carola Coemin

DIA	MES	AÑO
17	07	2012

USO DE RADIO:  SI  NO

INCIDENTE OPERACIONAL:  SI  NO

HOROMETRO	MARCAS
MOTOR	1234567890
BOMBA N° 1	1234567890
BOMBA N° 2	1234567890
COMPRESOR	1234567890

CONTROL TURNO EQUIPO ROCKET BOOMER

3 4 5 6 7 8

TURNO	20:00		22:00		23:00		24:00		1:00		2:00		3:00		4:00		5:00		6:00		7:00		
	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	
OPERACION																							
REVISION OPERADOR CHECKLIST																							
ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE																							
SIN OPERADOR																							
SIN AGUA																							
SIN ENERGIA ELECTRICA																							
SIN USO																							
IMPRESISTO																							
COLACION																							
PERFORACION DE AVANCE																							
PERFORACIONES VARIAS																							
PERFORACION ESCARADO																							
REGADURA																							
CAMBIO PUNTO DE OPERACION																							
LAVADO DE EQUIPO																							
ESPERA DE TRONADURA/ VENTILACION																							
ESPERANDO POSTURA																							
ESPERANDO MARCAS																							
SIN MATERIAL, BIT, BARRA, ETC.																							
MANTENCION																							
REPARACION																							
ESPERA DE MANTENCION/ REPARACION																							

LITROS LUBRICANTE	TIRO		TIRO		TIRO		LABOR	ACERO	BRAZO N° 1	BRAZO N° 1	BRAZO N° 2	BRAZO N° 2
	FEF	LONG	FEF	LONG	FEF	LONG						
CANTIDAD DE MANGUERAS CAMBIADAS												
OTROS COMPONENTES CAMBIADOS												
HORA DE ANISO DE AVENA												
HORA COMIENZO TRABAJOS MECANICOS												
HORA TERMINO TRABAJOS MECANICOS												
NOMBRE MECANICO												
RUT												
EMPRESA												

OBSERVACIONES:

separar aceite de los pistones y partes reducidas

comprobar aceite sobre el fuel de las

Fuente : Elaboración de Empresa

Figura B Anexo 2: Check List Diario De Equipo.

**GRUPO MINERO CAROLA-COEMIN EQUIPO ROCKET BOOMER 3... 4... 6... 7... 8...**

NOMBRE OPERADOR Juan Cuervo HOROMETRO MOTOR DIESEL 89225  
 FECHA 10/07/2012 TURNO A (B) NIVEL 602 HOROMETRO B1 42361 B2 15799  
 Estado Inicial Operativo..... / F/Servicio..... / Estado Final Operativo..... / F/Servicio..... HOROMETRO COMPRESOR

CAMION DC 15 MOTOR DIESEL		BUENO	MALO	REGULAR
1	REVISAR NIVEL DE ACEITE MOTOR	/		
2	REVISAR CORRECTO TENSADO DE CORREAS Y ESTADO DE ESTAS	/		
3	REVISAR QUE NO HAYA FILTRACION DE ACEITE EN MOTOR DIESEL	/		
4	REVISAR NIVEL DE ACEITE DE TRANSMISION	/		
5	REVISAR ESTADO DE NEUMATICOS	/		
6	REVISAR LUCES DE TRASLADO BALIZA COLOR AMBAR	/		
7	REVISAR LUCES DE ALARMA PANEL DE CONDUCCION (INSTRUMENTOS)	/		
8	REVISAR FRENOS DE SERVICIO Y PARQUEO	/		
9	REVISAR CORRECTO GIRO DE DIRECCION DE EQUIPO	/		
10	REVISAR CORRECTO FUNCIONAMIENTO DE SELECTOR DE VELOCIDAD Y DESPLAZAMIENTO	/		
11	REVISAR FUNCIONAMIENTO DE PALANCA DE TECHO	/		
12	REVISAR FUNCIONAMIENTO DE PALANCAS GATOS DE APOYO Y BUEN FUNCIONAMIENTO DE ESTOS	/		
13	REVISAR NIVEL DE ACEITE HIDRAULICO	/		
14	REVISAR NIVEL DE COMBUSTIBLE	/		
15	REVISAR MANIOBRA DEL TAMBOR DE CABLE ELECTRICO	/		
16	REVISAR CORRECTO FUNCIONAMIENTO DE CORTA CORRIENTE	/		
17	REVISAR LUCES DE TRABAJO	/		
18	REVISAR LUCES DE ADVERTENCIA DE PANEL A	/		
19	DRENAR FILTRO SARCO	/		
20	DRENE EL ESTANQUE DE AGUA ANTES DE TRASLADAR EL EQUIPO	/		
BRAZO BUT 28				
21	Chequeo de Estado De Cilindro A - E - z	/		
22	Chequeo de Unidades Telescopica	/		
23	Chequeo de Desplazamiento de Cilindros de Avance Telescopico	/		
24	Chequeo de Correcto Funcionamiento de Dispositivo de Giro	/		
25	Chequeo de Correcto Funcionamiento de Cilindro Avance Viga / Perforadora	/		
26	Chequeo de Correcto Funcionamiento de Palanca de Cilindro de Basculación / Telescopio / Avance Viga / Avance Perforadora	/		
27	Chequeo de correcto funcionamiento de botón para antiparalelismo	/		
28	Chequeo de correcto funcionamiento de palanca de posicionamiento de los brazos	/		
29	Chequeo de botones de paradas de bombas hidráulicas / puesta en marcha de bombas hidráulicas	/		
30	Chequeo de correcto funcionamiento de palanca de rotación / percusión / avance	/		
31	Chequeo de manómetros de presión de rotación, percusión, avance, lubricación, amortiguación, aire, agua	/		
32	Chequeo de manómetro de aceite hidráulico saturado	/		
33	Chequeo de palancas de agua / aire	/		
VIGA BMH 2843				
34	REVISAR NIVEL DE ACEITE DE LUBRICACION	/		
35	REVISAR CORRECTA LUBRICACION DE PERFOTADORA	/		
36	REVISAR TENSADO DE PIOLA DE AVANCE Y RETROCESO	/		
37	REVISAR ESTADO DE CENTRALIZADORES FIJOS, MOVIL, TOPE, VIGA	/		
38	REVISAR ESTADO DE MANGUERAS HIDRAULICAS 1° 2° 3° TRAMO	/		
39	REVISAR TAMBOR DE MANGUERAS	/		
PERFORADORA COP 1838 ME				
40	REVISAR LUBRICACION POR CUERPO DELANTERO	/		
41	DURANTE LA PERFORACION OBSERVAR QUE NO VIBREN LAS MANGUERAS	/		
42	REVISAR CULATIN, COPLA, BARPA	/		
COMPRESOR GX 22				
43	CHEQUEAR NIVEL DE ACEITE COMPRESOR	/		
44	CHEQUEAR BUEN FUNCIONAMIENTO DE MANOMETRO DE PRESION AIRE	/		
45	CHEQUEAR BUEN FUNCIONAMIENTO DE SELECTO DE ENCENDIDO Y APAGADO DE COMPRESOR	/		
46	DRENAR ESTANQUE ACUMULADOR DE AIRE	/		
47	CHEQUEAR ESTADO DE EXTINTOR (MANUAL DE POLVO QUIMICO SECO)	/		
48	CHEQUEAR SISTEMA SUPRESOR CONTRA INCENDIOS	/		

N° de Culatin Cop N° 1 \_\_\_\_\_ Cop N° 2 \_\_\_\_\_  
 N° de Culatin Cop N° 1 \_\_\_\_\_ Cop N° 2 \_\_\_\_\_  
 OBSERVACION: chequeo solo al engel

Fuente: Elaboración de Empresa

Figura C Anexo 2: Orden De Trabajo Realizada Por El Personal Técnico.



GRUPO MINERO  
CAROLA-COEMIN

## ORDEN DE TRABAJO

**Nº 17658**

TIPO INTERVENCIÓN	CORRECTIVA <input checked="" type="checkbox"/>	PREVENTIVA <input type="checkbox"/>	FALLA OPERACIONAL	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	SUPERVISOR	M. Tirado
Nº EQUIPO	E	HORILLAMADO			JEFE TURNO	S. Caspola
DESCRIPCIÓN	Boomer	FECHA	15-7-22		OPERADOR	JOOO
HORIMETRO LECTIME	MD 175	B1	169	B2	171	7600
UBICACIÓN DE INTERVENCIÓN	INTERIOR MINA 153	SUPERFICIE			CODIGO SUBSISTEMA	7600
	HORA INICIO		2:30		CODIGO COMPONENTE	7609
	HORA TERMINO		3:30			

CODIGOS MODO DE FALLA: **17** Rotu

CODIGOS DE CAUSA: **21** V. ot.1

CODIGOS DE TRABAJOS A REALIZAR: **23** Reemplazo

Descripción del Servicio:

*se cambia flexible*  
*se chepcean niveles*

Observaciones

CONDICIÓN DE EQUIPO OPERATIVO	TECNICOS	REPUESOS UTILIZADOS	Nº DE PARTE	CANTIDAD
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
<p>E. Perera M. Cortello</p>				

RELLENO DE ACEITE		80W90		ALMO 529	
424	15W-40				
RARUS 46	ATF 550		COOLANT		ALMO 527
Hd30	85W140		ATF 220		

CONTROL PERSONAL MECANICO	TIEMPO	20:00				21:00				22:00				23:00				24:00				1:00				2:00				3:00				4:00				5:00				6:00				7:00				TOTAL
		15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60									

\_\_\_\_\_  
FIRMA TÉCNICO

\_\_\_\_\_  
FIRMA OPERADOR

\_\_\_\_\_  
Vº Bº JEFE DE TURNO MANTENCIÓN

Fuente : Elaboración de Empresa

## **BIBLIOGRAFÍA**

**Carola, Empresa minera.** *Procedimientos de Mantenimiento y datos Internos de la empresa .*

**Chavez, Jerson Jair Riera. 2013.** *Diseño e implementación de un sistema de mantenimiento industrial asistido por computador para las empresas cubiertas de Ecuador KUBIEC S.A en la planta Esthela.* Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí : s.n., 2013.

**-coemin, Minera Carola.** Grupo Minero Carola -coemin. [En línea] <https://carola-coemin.cl/>.

**copco, Atlas. 2005.** *Manual de mantenimiento de Boomer 282.* 2005.

**cuevas, Bryan. 2015.** *Mejoramiento y análisis técnico-económico del estado de las labores en desarrollo.* Copiapo : s.n., 2015. Proyecto de titulación .

**industrial, Reportero.** <https://www.reporteroindustrial.com/blogs/Los-principales-objetivos-del-mantenimiento+114923>. [En línea]

*LA CONFIABILIDAD, LA DISPONIBILIDAD Y LA MANTENIBILIDAD, DISCIPLINAS.*

**PINZÓN, MANUEL , ORTIZ SÁNCHEZ, YESID y MESA GRAJALES, DAIRO. 2006.** 2006.

**Renovetec.** Ingeniería en mantenimiento . [En línea]

<http://ingenieriadelmantenimiento.com/index.php/5-la-ingenieria-del-mantenimiento>.

**Riveros, Alan. 2017.** *Mantenimiento de jumbo.* Centro Formación Técnica UDA. Copiapo : s.n., 2017. Informe de práctica .

**web, Reliability.** <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/el-calculo-de-la-confiabilidad/>. [En línea]