

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Trabajo de Suficiencia Profesional

# **Implementación de estrategias de mantenimiento para incrementar la disponibilidad en los equipos trackles de la empresa Seprocal unidad El Porvenir**

Jorge Antonio Andia Sanchez

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Mecánico

Huancayo, 2025

---

---

---

Repositorio Institucional Continental  
Trabajo de suficiencia profesional



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

## **INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

**A** : Decano de la Facultad de Ingeniería  
**DE** : Steve Robert Torres Rojas  
Asesor de trabajo de investigación  
**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación  
**FECHA** : 24 de mayo de 2025

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

**Título:**

Implementación de estrategias de mantenimiento para incrementar la disponibilidad en los equipos Trackles de la empresa SEPROCAL unidad El Porvenir

**Autor:**

Jorge Antonio Andía Sanchez – EAP. Ingeniería Mecánica

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 18 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- |                                                                                                           |                             |                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------|
| • Filtro de exclusión de bibliografía                                                                     | SI <input type="checkbox"/> | NO <input checked="" type="checkbox"/> |
| • Filtro de exclusión de grupos de palabras menores<br>Nº de palabras excluidas (en caso de elegir "SI"): | SI <input type="checkbox"/> | NO <input checked="" type="checkbox"/> |
| • Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante                                           | SI <input type="checkbox"/> | NO <input checked="" type="checkbox"/> |

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

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

Atentamente,

**La firma del asesor obra en el archivo original**  
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

## **ASESOR**

Ing. Steve Robert Torres Rojas

## **DEDICATORIA**

El presente informe lo dedico a mis hijos: John, Antonio y Kerim, quienes me motivaron a continuar mis estudios superiores. A mi esposa, por el amor que le tengo y a mis padres, quienes me dieron mucho amor y me inculcaron valores

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por darme la oportunidad y las fuerzas para continuar a alcanzar mis objetivos.

A mi esposa, quien estuvo en cada episodio de mi formación universitaria.

A mis padres y hermanos, quienes me brindaron el apoyo incondicional para culminar los estudios.

Por último, a todos mis docentes de la Universidad Continental quienes transmitieron los conocimientos necesarios para ser un buen profesional.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|                                                                                         |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|------|
| DEDICATORIA .....                                                                       | v    |
| AGRADECIMIENTO.....                                                                     | vi   |
| ÍNDICE DE CONTENIDO.....                                                                | vii  |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                                                                  | x    |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                                                                  | xi   |
| RESUMEN EJECUTIVO .....                                                                 | xii  |
| INTRODUCCIÓN .....                                                                      | xiii |
| CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA Y/O INSTITUCIÓN.....                       | 14   |
| 1.1. Datos generales de la institución .....                                            | 14   |
| 1.2. Actividades principales de la institución y/o empresa .....                        | 14   |
| 1.3. Reseña histórica de la institución y/o empresa .....                               | 14   |
| 1.4. Organigrama de la institución y/o empresa .....                                    | 15   |
| 1.5. Visión y misión .....                                                              | 15   |
| 1.5.1. Visión.....                                                                      | 15   |
| 1.5.2. Misión.....                                                                      | 16   |
| 1.6. Bases legales o documentos administrativos .....                                   | 16   |
| 1.6.1. Bases legales .....                                                              | 16   |
| 1.6.2. Documentos administrativos .....                                                 | 18   |
| 1.7. Descripción del área donde realiza sus actividades profesionales .....             | 19   |
| 1.8. Descripción del cargo y responsabilidades del bachiller en la empresa.....         | 20   |
| 1.8.1. Cargo del bachiller .....                                                        | 20   |
| 1.8.2. Descripción del cargo.....                                                       | 20   |
| 1.8.3. Responsabilidades del bachiller.....                                             | 20   |
| CAPÍTULO II: ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES<br>PROFESIONALES .....               | 22   |
| 2.1. Antecedentes o diagnóstico situacional .....                                       | 22   |
| 2.2. Identificación de oportunidad o necesidad en el área de actividad profesional..... | 24   |
| 2.3. Objetivos de la actividad profesional.....                                         | 24   |
| 2.3.1. Objetivo general.....                                                            | 24   |
| 2.3.2. Objetivos específicos.....                                                       | 24   |
| 2.4. Justificación de la actividad profesional .....                                    | 25   |
| 2.4.1. Justificación teórica.....                                                       | 25   |
| 2.4.2. Justificación práctica .....                                                     | 25   |
| 2.5. Resultados esperados.....                                                          | 25   |
| CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO .....                                                       | 27   |

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1. Bases teóricas de las metodologías o actividades realizadas .....           | 27 |
| 3.1.1. Jumbos electrohidráulicos .....                                           | 27 |
| 3.1.1.1. Jumbo electrohidráulico S1D – EPIROC .....                              | 27 |
| 3.1.1.2. Jumbo electrohidráulico Bolter 99 – Resemin .....                       | 30 |
| 3.1.2. Desatador mecánico Scaler.....                                            | 36 |
| 3.1.2.1. Desatador mecánico 853-S8 – Paus.....                                   | 36 |
| 3.1.3. Manipulador telescópico .....                                             | 40 |
| 3.1.3.1. Manipulador telescópico MT-X 1030ST – Manitou.....                      | 40 |
| 3.1.4. Equipo de carga, acarreo y descarga.....                                  | 42 |
| 3.1.4.1. Equipo de carga Scoop R1600H – Caterpillar. ....                        | 43 |
| 3.2. Estrategias de mantenimiento.....                                           | 46 |
| 3.2.1. Plan de mantenimiento .....                                               | 47 |
| 3.3. Tipos de estrategias de mantenimiento .....                                 | 47 |
| 3.3.1. Mantenimiento correctivo: .....                                           | 47 |
| 3.3.2. Mantenimiento preventivo.....                                             | 48 |
| 3.3.3. Mantenimiento predictivo .....                                            | 48 |
| 3.3.4. Mantenimiento centrado a la confiabilidad (RCM) .....                     | 48 |
| 3.3.5. Mantenimiento basado a la condición .....                                 | 49 |
| 3.4. Disponibilidad mecánica .....                                               | 49 |
| 3.4.1. Cálculo de la disponibilidad mecánica .....                               | 49 |
| 3.5. Tiempo medio para reparar (MTTR).....                                       | 50 |
| 3.6. Tiempo medio entre fallas (MTBF).....                                       | 50 |
| 3.7. Disponibilidad inherente (A).....                                           | 50 |
| CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES.....                   | 51 |
| 4.1. Descripción de actividades profesionales .....                              | 51 |
| 4.1.1. Enfoque de las actividades profesionales .....                            | 51 |
| 4.1.2. Alcance de las actividades profesionales .....                            | 52 |
| 4.1.3. Entregables de las actividades profesionales .....                        | 52 |
| 4.2. Aspectos técnicos de la actividad profesional.....                          | 53 |
| 4.2.1. Metodologías.....                                                         | 53 |
| 4.2.2. Técnicas .....                                                            | 53 |
| 4.2.3. Instrumentos .....                                                        | 53 |
| 4.2.4. Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades ..... | 54 |
| 4.3. Ejecución de las actividades profesionales .....                            | 54 |
| 4.3.1. Cronograma de actividades realizadas.....                                 | 54 |
| 4.3.2. Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales.....       | 54 |
| 4.3.2.1 Fase 1. Evaluación de área de mantenimiento .....                        | 55 |

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| 4.3.2.2 Fase 2. Implementación de estrategias de mantenimiento ..... | 63 |
| CAPÍTULO V: RESULTADOS .....                                         | 77 |
| 5.1. Resultados finales de las actividades realizadas .....          | 77 |
| 5.2. Logros alcanzados .....                                         | 79 |
| 5.2.1. Logros a nivel corporativo.....                               | 79 |
| 5.2.2. Logros a nivel contrato.....                                  | 79 |
| 5.2.3. Logros a nivel técnico. ....                                  | 80 |
| 5.2.4. Logros a nivel personal. ....                                 | 80 |
| 5.3. Dificultades encontradas .....                                  | 80 |
| 5.4. Planteamiento de mejoras.....                                   | 80 |
| 5.4.1. Metodologías propuestas .....                                 | 80 |
| 5.4.2. Descripción de la implementación.....                         | 81 |
| 5.5. Aporte del bachiller en la empresa y/o institución.....         | 81 |
| CONCLUSIONES .....                                                   | 82 |
| RECOMENDACIONES .....                                                | 83 |
| BIBLIOGRAFÍA .....                                                   | 84 |
| ANEXOS .....                                                         | 86 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Master de equipos Seprocal .....                       | 22 |
| Tabla 2. Especificaciones técnicas Jumbo S1D .....              | 29 |
| Tabla 3. Especificaciones técnicas Paus 853 S8(3) .....         | 38 |
| Tabla 4. Manitou MTX-1030ST- Especificaciones técnicas (4)..... | 41 |
| Tabla 5. Scoop R1600H – Ficha técnica (5).....                  | 45 |
| Tabla 6. Cronograma de actividades .....                        | 54 |
| Tabla 7.Master de equipos Operaciones Seprocal .....            | 55 |
| Tabla 8. Indicadores generales iniciales 2023 .....             | 55 |
| Tabla 10. Organigrama de mantenimiento actual .....             | 66 |
| Tabla 11. Cartilla de mantenimiento Jumbos .....                | 66 |
| Tabla 12. Herramientas manuales .....                           | 69 |
| Tabla 13. Back log .....                                        | 71 |
| Tabla 14. Proyección de consumibles de filtros .....            | 73 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Organigrama Gerencial operaciones Seprocal.....              | 15 |
| Figura 2. Organigrama manto mecánico El Porvenir .....                 | 20 |
| Figura 3. Equipo Jumbo Boomer S1D.....                                 | 28 |
| Figura 4. Partes equipo Jumbo Boomer S1D (1) .....                     | 29 |
| Figura 5. Dimensiones Equipo Jumbo S1D (1) .....                       | 30 |
| Figura 6. Equipo Jumbo Boomer S1D (2) .....                            | 31 |
| Figura 7. Sostenimiento con Split set (2).....                         | 31 |
| Figura 8. Componentes principales del carrier lado derecho (2) .....   | 32 |
| Figura 9. Componentes principales del carrier lado izquierdo (2) ..... | 33 |
| Figura 10. Componentes principales del boom lado derecho. (2).....     | 33 |
| Figura 11. Componentes principales Boom lado izquierdo .....           | 34 |
| Figura 12. Especificaciones técnicas Bolter 99. (2).....               | 35 |
| Figura 13. Dimensiones Equipo Bolter 99 (2).....                       | 36 |
| Figura 14. Desatador mecánico Paus 853-S8 (3).....                     | 37 |
| Figura 15. Vista delantera izquierda de la máquina (3) .....           | 37 |
| Figura 16. Vista trasera derecha de la máquina (3).....                | 38 |
| Figura 17. Dimensiones equipo Paus S8 (3).....                         | 39 |
| Figura 18. Área de trabajo y viraje equipo Paus S8 (3) .....           | 39 |
| Figura 19. Manitou MTX-1030ST. (4).....                                | 40 |
| Figura 20. Manitou MTX-1030ST- Partes principales. (4).....            | 41 |
| Figura 21. Manitou MTX-1030ST- Dimensiones y ábaco de carga (4).....   | 42 |
| Figura 22. Scoop R1600H – Caterpillar. (5).....                        | 43 |
| Figura 23. Scoop R1600H – Partes Principales. (5) .....                | 44 |
| Figura 24. Scoop R1600H – Dimensiones del equipo. (5) .....            | 46 |
| Figura 25. Análisis de falla por subsistema Empernadores .....         | 59 |
| Figura 26. Análisis de falla por subsistema Jumbos .....               | 59 |
| Figura 27. Porcentaje de mantenimientos emperadores.....               | 60 |
| Figura 28. Porcentaje de mantenimientos Jumbos.....                    | 61 |
| Figura 29. Análisis de falla de los equipos .....                      | 61 |
| Figura 30. Diagrama Jack Knife – Equipos Seprocal .....                | 62 |
| Figura 31. Análisis de falla por sistema.....                          | 63 |

## RESUMEN EJECUTIVO

En el presente trabajo de suficiencia profesional se realiza la implementación de estrategias de mantenimiento para incrementar la disponibilidad mecánica en la flota de equipos Trackles de la empresa Seprocal en la unidad El porvenir perteneciente a la compañía Nexa en el departamento de Cerro de Pasco.

Se realizó una evaluación de la flota de equipos de la empresa Seprocal donde se encontró la baja disponibilidad de los equipos por debajo del 85 %, no se cuenta con un historial, no cuenta con una base de datos, el mayor porcentaje de mantenimiento corresponde a correctivos no programados, luego se tiene correctivos programados y en un bajo porcentaje los mantenimientos preventivos.

Se tiene como objetivo implementar estrategias de mantenimiento para incrementar la disponibilidad mecánica de la flota de equipos Trackles de la empresa operaciones Seprocal en la unidad El porvenir, también se desarrolló una base de datos funcional, se realizó el análisis causa raíz para implementar estrategias de mantenimiento y por último un programa de cambio de componentes mayores.

Se implementaron estrategias de mantenimiento, basado en el mantenimiento preventivo en la que se procederá a hacer un análisis causa raíz, implementación de la base de datos, organigrama de mantenimiento, implementación de las cartillas de mantenimiento, *check list* de equipos. Se detalla las herramientas usadas, control de componentes mayores, programa de mantenimiento preventivo y la implementación de un *back log*. Se logró incrementar la disponibilidad mecánica, teniendo el reporte de los indicadores actualizada constantemente.

Palabras clave: equipos trackles, disponibilidad mecánica, base de datos, estrategias de mantenimiento, flota de equipos, KPI, unidad minera, análisis de causa raíz, Check list, back log, cartillas de mantenimiento, componentes mayores, jumbo, Scoop, desatador mecánico, manipulador telescópico, empernador. muestras de aceite, Jack Knife.

## INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de suficiencia profesional en la empresa de operaciones Seprocal de la compañía minera Nexa, se implementó estrategias de mantenimiento preventivo, análisis causa raíz con la finalidad de incrementar la disponibilidad mecánica de los equipos Trackles.

En el capítulo I se describen los aspectos generales de la empresa Seprocal, se describen los aspectos generales de la empresa, se detalla la misión y visión de la empresa, que documentos legales hacen uso, y también se describen las actividades profesionales del bachiller y las responsabilidades del bachiller.

En el capítulo II se describe la situación actual de la empresa donde se identifica la oportunidad o necesidad de la actividad profesional, de acuerdo con esta evaluación se realiza el planteamiento del objetivo general y los objetivos específicos, por último, se plantea las justificaciones y el resultado esperado.

En el capítulo III se procede a describir el marco teórico definido en el presente trabajo, las bases teóricas se tienen de los equipos Trackles de la empresa Seprocal, de las estrategias de mantenimiento usadas en este trabajo y de los indicadores de mantenimiento.

En el capítulo IV se describe las actividades profesionales realizadas por el profesional, se desarrolla un cronograma de actividades, se describe la evaluación inicial del área de mantenimiento, la evaluación de los equipos Trackles y el desarrollo de la implementación de las estrategias de mantenimientos.

En el capítulo V se describen los resultados finales de la presente, la implementación de estrategias de mantenimiento, cuáles fueron los logros alcanzados, cuáles fueron las dificultades encontradas para el desarrollo del presente trabajo, por último, se propone el planteamiento de mejoras y cuál es el aporte profesional.

## **CAPÍTULO I**

### **ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA Y/O INSTITUCIÓN**

#### **1.1. Datos generales de la institución**

Nombre comercial : Seprocal  
Nombre fiscal : Operaciones Seprocal SAC  
RUC : 20508009977  
Dirección fiscal : Calle los Jazmines Mz. “R” Lt. 4 urb. San Francisco de Asís Ate Lima  
Página Web : [www.seprocal.pe](http://www.seprocal.pe)  
Teléfonos : 016508246 / 949117670

#### **1.2. Actividades principales de la institución y/o empresa**

Seprocal es una empresa de servicios integrales para la minería, especializada en excavaciones subterráneas.

- Labores verticales. Diseño construcción, sostenimiento y revestimiento de piques y chimeneas mecanizadas. Ampliación de chimeneas RB con plataformas trepadoras en forma ascendente y descendente.
- Labores horizontales. Exploración, preparación, desarrollo y explotación minera mecanizada.
- Actividades conexas y servicio integral subterráneo. Relleno hidráulico, acarreo y evacuación de desmonte, ventilación y bombeo, obras civiles, etc.

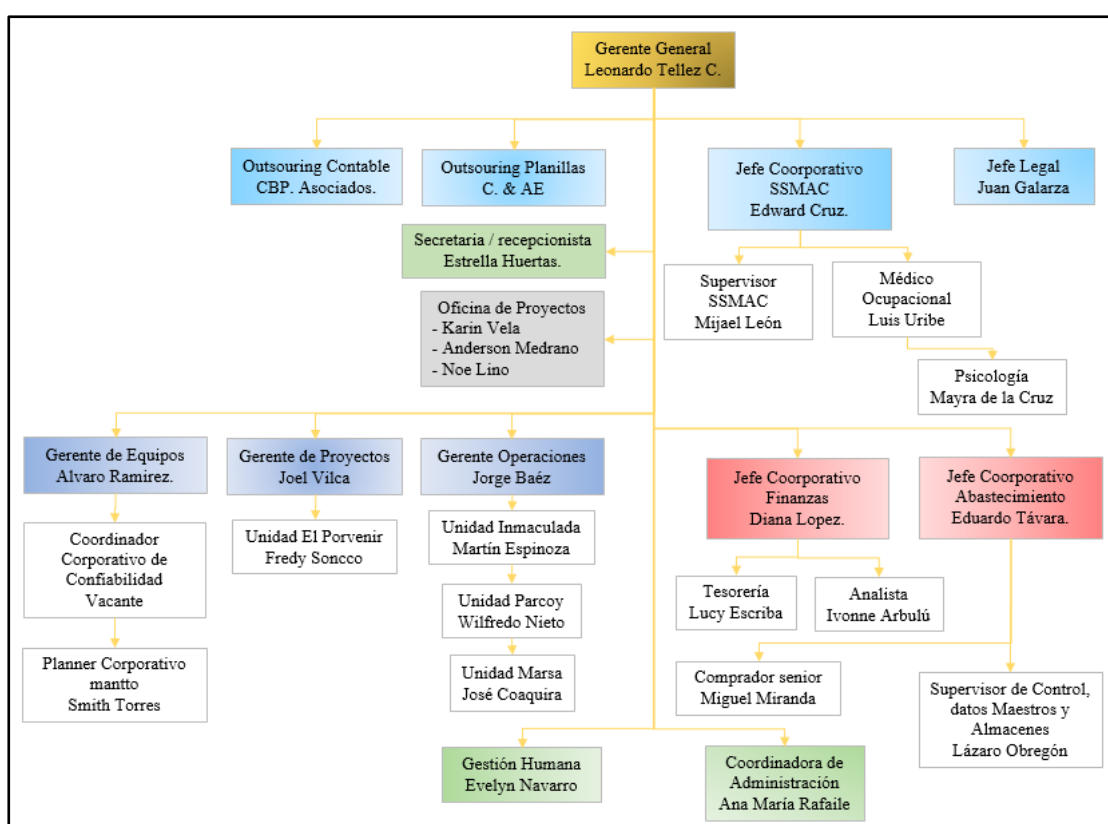
#### **1.3. Reseña histórica de la institución y/o empresa**

Seprocal es una empresa de servicios integrales para la minería, especializada en excavaciones subterráneas.

Constituida en 2004, Seprocal desarrolló inicialmente proyectos de construcción de chimeneas con equipo trepador, actividad en la que la empresa fue pionera en el Perú, siendo actualmente indiscutible líder del mercado en esta actividad.

Posteriormente, Seprocal incorporó diversos servicios complementarios, ejecutando labores horizontales desde el año 2010. En la actualidad, Seprocal brinda servicios especializados para diversos clientes mineros, generando casi un millar de empleos directos y operando un parque de más de 60 equipos.

#### 1.4. Organigrama de la institución y/o empresa



**Figura 1. Organigrama Gerencial operaciones Seprocal Tomada Operaciones Seprocal SAC**

#### 1.5. Visión y misión

##### 1.5.1. Visión.

Ser referente de excelencia en nuestros servicios como empresa contratista. Aspiramos a contribuir activamente, con nuestro trabajo y experiencia, al progreso de forma responsable y sostenidamente.

### **1.5.2. Misión.**

- **Ser aliados estratégicos.**

Sabemos que formamos parte de una cadena de valor muy importante para el crecimiento y progreso de nuestro país.

- **Crecimiento y desarrollo.**

Incentivamos el crecimiento y desarrollo profesional de nuestros colaboradores. Creemos firmemente que el trabajo no solo es un derecho, sino que además es un medio para ser mejores personas.

- **Trabajo con seguridad.**

Sabemos que nuestras actividades son de alto riesgo, somos exigentes en los estándares de seguridad y en el cumplimiento de la legislación.

## **1.6. Bases legales o documentos administrativos**

### **1.6.1. Bases legales**

- Decreto Supremo N°034-2023-EM.

Decreto Supremo que modifica diversos artículos e incorpora un capítulo, artículos y anexos al Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, aprobado por Decreto Supremo N°024-2016-EM

- Artículo 23° de la Constitución Política Del Perú.
- Ley N° 26842 “Ley General de la Salud”.
- Ley N° 29783 “Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo”.
- Ley N° 29733 “Ley de Protección de Datos Personales”.
- D.S. N° 005-2012 TR “Reglamento de la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo”.

- **Estándares de cumplimiento en seguridad y salud Seprocal**

Seprocal es una empresa con una sólida gestión SSMAC, la cual se encuentra certificada con SGS del Perú desde el año 2020.

Estamos certificados en:

- **ISO 9001**

1. Ejecutamos servicios eficientes y de calidad.
2. Contamos con procesos estratégicos alineados a la ejecución de nuestros servicios.
3. Gestionamos preventivamente los riesgos contractuales.

- **ISO 14001**

1. Monitoreamos los impactos ambientales de nuestras actividades.
2. Propiciamos la buena gestión ambiental: eficiencia en uso de recursos, minimizamos la generación de residuos y emisiones, etc.
3. Evaluamos continuamente nuestro cumplimiento de los requisitos legales ambientales que nos son aplicables.

- **ISO 45001**

1. Propiciamos un ambiente de trabajo seguro para nuestros colaboradores.
2. Verificamos continuamente nuestro nivel de cumplimiento de las normas en materia de seguridad y salud en el trabajo.
3. Propiciamos un enfoque basado en la gestión de riesgos en el lugar de trabajo y una visión proactiva y preventiva con respecto a la seguridad y la salud de nuestros colaboradores.

- Política integral de seguridad, salud, medio ambiente y calidad

Somos una empresa de servicios especializados que atiende a los sectores de minería, energía y construcción.

Los principios que rigen la ejecución de nuestras operaciones son:

La centralidad de la persona. En Seprocal, cada persona es importante. Proporcionamos condiciones de trabajo seguras y saludables, eliminando los peligros y reduciendo los riesgos. Asimismo, fomentamos la participación y consulta de nuestros trabajadores en la planificación y gestión SSMAC.

Somos conscientes que nuestras operaciones pueden generar impactos negativos en el medio ambiente; por ello, nos comprometemos a prevenir la contaminación, proteger el medio ambiente y velar por el correcto uso y deshecho de nuestros materiales.

Cumplir con cabalidad, la legislación vigente en nuestro país y otros requisitos que suscribe nuestra organización, difundiéndola a todo el personal y ejerciendo un control permanente a través de comités de Gestión SSMAC y otras instancias pertinentes.

Somos socialmente responsables al contribuir en mejorar las condiciones de vida de nuestros trabajadores y de sus familias y cooperar en el desarrollo de las áreas de influencia en donde operamos.

Brindamos servicios orientados a la efectividad y eficiencia, siempre bajo el ciclo de la mejora continua en el desempeño de nuestro Sistema Integrado de Gestión SSMAC; logrando así la satisfacción de nuestros clientes y partes interesadas con la entrega de servicios de calidad.

### **1.6.2. Documentos administrativos**

- **Propuesta de valor**

Seguridad, productividad y calidad en servicios para la minería. Apostamos por brindar servicios seguros que cautelen la salud de nuestros colaboradores y no afecten al medio ambiente. Garantizamos servicios eficientes en los que buscamos maximizar los recursos y reducir costos, sin comprometer la seguridad ni el cuidado ambiental. Nos comprometemos en ofrecer servicios especializados de alta calidad que garanticen el éxito integral de nuestros clientes.

- **Valores institucionales**

En Seprocal incentivamos el aporte individual de las personas y el aporte colectivo de los equipos de trabajo en cualquier área o proyecto. En ese sentido, valoramos especialmente los siguientes aspectos en nuestra gestión cotidiana:

- **Respeto a la persona**

El trabajo que se realiza en la empresa Seprocal se combina del talento de la persona y de la entrega del personal por el trabajo que realizan, se respeta el trabajo de cada uno de los personales, cada personal tiene su rol, sus objetivos y metas que debe de cumplir.

Uno de los máximos objetivos de la empresa Seprocal es ayudar a desarrollar a nuestros colaboradores, lo cual les permite que mejoren sus aptitudes y aprovechar al máximo sus capacidades y explotar todo su potencial, por último, hay un respeto para cada uno de nuestros colaboradores.

- **Liderar con el ejemplo**

Cada uno de los trabajadores de Seprocal tiene la responsabilidad de ayudar a los demás compañeros, independientemente de la jerarquía que se tenga dentro de la organización. En Seprocal el liderazgo se demuestra con el ejemplo desde los gerentes, mandos medios y la parte operativa de nuestra organización, el liderazgo nos hace mejorar nuestras actitudes, en el campo laboral, lo cual permite mejorar el clima laboral.

- **Delegación**

La delegación de los trabajos dentro de la empresa se basa en las actividades para la cual se contrató a cada personal de la empresa, la empresa procura formar y capacitar a todos sus colaboradores.

- **Trabajo en equipo**

En Seprocal se procura realizar un trabajo en equipo para contribuir con el objetivo de la empresa, se busca el aporte de todo el personal para la mejora continua, se busca afianzar los conocimientos del personal por medio de las experiencias del personal más antiguo, así mismo de busca mejorar las habilidades del personal por medio de capacitaciones.

### **1.7. Descripción del área donde realiza sus actividades profesionales**

El Área de Mantenimiento Mecánico de la empresa Seprocal en la unidad minera de Nexa El porvenir, está estructurado con; 01 jefe de mantenimiento mecánico, 01 asistente de jefe de mantenimiento mecánico, 02 planner de mantenimiento, 03 supervisores técnicos (01 supervisor para cada guardia), 06 técnicos de Nivel I, 09 técnicos de nivel II, 06 técnicos de nivel III, 06 técnicos electricistas, 03 técnicos soldadores y 03 técnicos en reparación de llantas. Haciendo un total de 41 profesionales en el área. Profesionales que asisten a 20 quipos Trackles.

Se cuenta con un taller de mantenimiento en interior mina en el nivel -100 y con una zona de inspección en el nivel -80 de don Ernesto. Para el traslado del personal a interior mina se cuenta con una camioneta 4x4 Hilux.

Cada personal técnico cuenta con herramientas personales entregados según el cargo que tienen, del mismo modo el taller cuenta con herramientas colectivas de mayores dimensiones al igual que equipos de precisión.

En el Área de la Supervisión, el jefe de mantenimiento y el asistente poseen una computadora portátil entregadas por la empresa, del mismo modo el área de planeamiento posee una computadora estacionaria para el manejo de la información.

Diariamente la jefatura de mantenimiento (jefe / asistente) asisten a las reuniones de coordinación por parte de Seprocal a las 04:30 hrs y a las 16:30 hrs. con un periodo de 30 min. En estas reuniones se reporta los pormenores de la guardia saliente, en estas reuniones también se reportan el estado de los equipos y los planes que se tiene para el inicio de la guardia.

|                              |                            |                                                                 |  |                                   |                               |
|------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------|-------------------------------|
|                              |                            | <b>ORGANIGRAMA<br/>MANTENIMIENTO<br/>MECÁNICO</b>               |  | Edgardo Efraín Parraguez Mucha C  |                               |
|                              |                            |                                                                 |  | <b>Jefe de Mantenimiento 1</b>    |                               |
|                              |                            | 1 Paul Canto Nuñuvero A                                         |  | Asistente Jefe Mantenimiento 1    |                               |
|                              |                            | <b>Jorge Andía Sanchez B</b>                                    |  | Coonislla Castro Alexander C      |                               |
|                              |                            | Asistente Jefe Mantenimiento /<br>Confiabilidad Mantenimiento 1 |  | Planner de Mantenimiento 1        |                               |
|                              |                            |                                                                 |  |                                   |                               |
|                              |                            | <b>GUARDIA "A"</b>                                              |  | <b>GUARDIA "B"</b>                |                               |
|                              |                            | <b>Supervisor Técnico Omar Murillo Pinto 1</b>                  |  | <b>Rusvel Bruno Palacios 1</b>    |                               |
|                              |                            |                                                                 |  | <b>Ángel Paita Mendoza 1</b>      |                               |
| TALLER<br>Nivel -100         | <b>Mecanico I</b>          | Lozano Aliaga Luis 1                                            |  | Ramos Coronel Sandro (M1) 1       | Cajahuaman Ventura Rossmel 1  |
|                              | <b>Mecanico I</b>          | Ventura Rivera Juan (M1) 1                                      |  |                                   |                               |
|                              | <b>Mecanico II</b>         | Chacón Cuellar Jhon (M2) 1                                      |  | Huere Parra Jefferson (M2) 1      | Colqui Buenalaya Fredy (M2) 1 |
|                              | <b>Mecanico III</b>        |                                                                 |  |                                   | Rapri Yacolca Juan (M3) 1     |
|                              | <b>Electricista Senior</b> | Espinoza Pariona Antony 1                                       |  |                                   |                               |
|                              | <b>Soldador</b>            | Guerra Uñapiplco Jhon 1                                         |  | Aparco Méndez Kayner 1            | Delgado Gallardo Gilmer 1     |
| ZONA<br>DON<br>ERNESTO       | <b>Mecanico I</b>          |                                                                 |  | Barrera Espinoza Cristian (M1) 1  |                               |
|                              | <b>Mecanico II</b>         | Crispin Sinche Brandon (M2) 1                                   |  |                                   | Echpas Huarcaya Wilber (M2) 1 |
|                              | <b>Mecanico III</b>        | Mendoza Carhuariara Jhon (M2) 1                                 |  | Almerco Eufracio Gluber (M3) 1    | Miranda Curo Edgar (M2) 1     |
| ZONA<br>INTERMEDIA<br>NV-340 | <b>Electricista</b>        | Durand Flores Ender 1                                           |  | Ssencho Espinoza Cesar 1          | Meza Verastegui Mario 1       |
|                              | <b>Mecanico I</b>          |                                                                 |  | Flores Cabreaara Gerson 1         | Garcia Salas Wilmer (M1) 1    |
|                              | <b>Mecanico II</b>         | Ayala Capcha Cristian (M2) 1                                    |  | Reyes Vasquez Luis Alberto (M2) 1 | Delgado Rimac Yojan (M2) 1    |
|                              | <b>Llantero</b>            |                                                                 |  | Chamorro Dueñas Edwin 1           | Paliza Huavchao Wilber Oscar  |

- Apoyar a elaborar una programación de actividades de mantenimiento preventivo, correctivo de todos los equipos pesados de interior en mina en función a las horas de trabajo de los equipos de manera semanal, mensual y anual.
- Entregar un reporte diario de las principales actividades desarrolladas por equipo, así como las tareas pendientes al residente de obra y/o jefe de planeamiento.
- Auditar la operatividad de todos los equipos, así como la disponibilidad de recursos materiales necesarios para el cumplimiento de las actividades.
- Generar solicitudes de requisición cuando se requieren materiales, herramientas, accesorios y otros que no son de reposición automática.
- Coordina oportunamente con el personal a su cargo (supervisor de mantenimiento y mecánicos, electricistas y soldadores), sobre las necesidades, aprovisionamiento y estándares de materiales, repuestos, instrumentos y/o herramientas necesarias para el desarrollo normal de las actividades programadas e imprevistas
- Gestionar programas de capacitación técnica para el personal operativo del área.
- Apoyar a gestionar todos los recursos asignados a su área como: personas, materiales, equipos, etc.

- **Gestión y seguimiento de estándares de SIG - SSOMA**

- Liderar el cumpliendo con la política sistema de gestión integrado y los estándares de seguridad enfocados en el objetivo de cero accidentes.
- Participar de los Programas de seguridad y los comités internos realizados en la unidad.
- Utilizar todos los elementos de protección personal cuyo uso haya sido determinado como requisito de permanencia en el trabajo.
- Participar de forma efectiva en las campañas de medio ambiente.
- Participar activamente en la campaña de orden y limpieza de nuestras labores.
- Cumplir la cultura de la calidad, la prevención, protección ambiental y de seguridad y salud ocupacional.
- Identificar los riesgos para el SSMAC, informar y aportar en el cumplimiento de las acciones establecida.
- Participar en las capacitaciones, asesorías y seguimientos relacionados con el SG-SSMAC ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001.

## CAPÍTULO II

### ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

#### 2.1. Antecedentes o diagnóstico situacional

Actualmente, la empresa Seprocal brinda servicios a las compañías mineras Nexa en la unidad de El Porvenir y Cerro Lindo. Cía. minera Volcan unidad San Cristóbal, Consorcio Minero Horizonte, unidad Parcoy, Cía. minera MARSA unidad Parcoy, CIA minera Hochschild unidad Inmaculada. Cía. minera Lincuna, unidad Aija.

En el año 2015, Seprocal gana el contrato con la Cía. minera Nexa en la unidad El porvenir, Seprocal brindaría los servicios de construcción de chimeneas con equipo trepador, debido al buen servicio brindado, en enero del 2021 Nexa acepta la propuesta de realizar trabajos de excavación subterránea para la preparación, producción y desarrollo de 04 frentes de trabajo en distintos niveles, donde propone trabajar con una flota significativa de equipos. Esta flota debería estar conformada por 03 Jumbos frontoneros de marca Epiroc, 03 Bolters de la marca Resemin, 03 equipos desatadores de la marca PAUS, 03 equipos de acarreo Scoops marca CAT y 03 equipos auxiliares Telehandler de la marca Manitou. Estos equipos fueron completados al 100% en febrero del 2022.

**Tabla 1. Master de equipos Seprocal**

| ITEM | EQUIPO     | CODIGO INTERNO SEPROCAL | PROPIEDAD | CÓDIGO SIG SEPROCAL | FLOTA       | MARCA   | MODELO       | SERIE      | AÑO FAB. |
|------|------------|-------------------------|-----------|---------------------|-------------|---------|--------------|------------|----------|
| 01   | Bolter 03  | SB-38                   | SEPROCAL  | BOL-204             | EMPERNADOR  | Resemin | Bolter 99    | JMC-664    | 2020     |
| 02   | Bolter 04  | SB-04                   | SEPROCAL  | BOL-205             | EMPERNADOR  | Resemin | Bolter 99    | JMC-748    | 2021     |
| 03   | Bolter 05  | SB-05                   | SEPROCAL  | BOL-207             | EMPERNADOR  | Resemin | Bolter 99    | JMC-842    | 2021     |
| 04   | Manitou 03 | TL-03                   | SEPROCAL  | MTM-103             | TELEHANDER  | Manitou | MT X 1030 ST | 0L01025970 | 2019     |
| 05   | Manitou 04 | TL-04                   | SEPROCAL  | MTM-104             | TELEHANDER  | Manitou | MT X 1030ST  | 0E01037653 | 2020     |
| 06   | Manitou 05 | TL-05                   | SEPROCAL  | MTM-106             | TELEHANDER  | Manitou | MT X 1030ST  | 0V01029286 | 2020     |
| 07   | Paus 06    | SC-06                   | SEPROCAL  | SCA-103             | DESATADORES | Paus    | 853-S8       | 419P439    | 2020     |
| 08   | Paus 07    | SC-07                   | SEPROCAL  | SCA-104             | DESATADORES | Paus    | 853-S8       | 421P049    | 2021     |
| 09   | Paus 08    | SC-08                   | SEPROCAL  | SCA-106             | DESATADORES | Paus    | PScale8-T    | 421P513    | 2021     |

|    |          |       |          |         |        |             |            |              |      |
|----|----------|-------|----------|---------|--------|-------------|------------|--------------|------|
| 10 | Jumbo 03 | J-03  | SEPROCAL | JUM-003 | JUMBOS | Atlas Copco | Boomer S1D | TMG16URE0333 | 2020 |
| 11 | Jumbo 04 | J-04  | SEPROCAL | JUM-005 | JUMBOS | Atlas Copco | Boomer S1D | TMG21URE0412 | 2021 |
| 12 | Jumbo 05 | J-05  | SEPROCAL | JUM-006 | JUMBOS | Atlas Copco | Boomer S1D | TMG21URE0543 | 2021 |
| 13 | Scoop 03 | SO-03 | SEPROCAL | SCO-303 | SCOOP  | Caterpillar | R1600H     | 9SD00589     | 2021 |
| 14 | Scoop 06 | SO-06 | SEPROCAL | SCO-305 | SCOOP  | Caterpillar | R1600H     | 9SD00618     | 2021 |
| 15 | Scoop 08 | SO-08 | SEPROCAL | SCO-309 | SCOOP  | Caterpillar | R1600H     | 9SD00732     | 2021 |

Aceptada la propuesta, los equipos inician sus labores manteniendo una disponibilidad mecánica promedio mayor al 88.5 %. Cumpliendo con el programa de 400 metros de avances en los primeros 11 meses.

Entre los meses de enero a agosto del año 2022, la flota de equipos presentaba una disponibilidad mecánica promedio de entre 77.5 % a 84.2 %, evidenciando una disponibilidad mecánica en descenso. Esto provocó que en estos meses no se cumplieran con los 400 metros según programa, llegando incluso a tener un avance mínimo de 310 metros en el mes de junio, y un promedio general de avances de 365.3 metros. Esto provocó que la empresa Nexa penalizara económicamente a Seprocal por no cumplir los acuerdos del contrato, donde indica que la flota de equipos debe mantener una disponibilidad mecánica mínima de 85 %.

Para setiembre del año 2022, los equipos de Seprocal presentaban exceso de desgaste en todos los sistemas estructurales y articulados, los sistemas de motor presentaban pérdidas de fuerza y exceso de emisión de monóxido, los sistemas de transmisión presentaban fugas de aceite y desgaste prematuro de componentes internos, los sistemas hidráulicos presentaban caídas de presión y exceso de fuga de aceite en actuadores y válvulas.

Evidenciada esta problemática, la gerencia de unidad conjuntamente con la gerencia Lima deciden realizar el remplazo de los equipos en mal estado por equipos nuevos y reparar los equipos más críticos en interior mina. Este plan de acción favoreció al contrato en los próximos 05 meses (setiembre 2022 a enero 2023). Incrementando y manteniendo la disponibilidad mecánica entre 83% a 86%. Cumpliendo en parte con los avances solicitados por Nexa.

Identificado el problema en el mes de febrero del año 2023, el directorio de la empresa Seprocal instala en Lima la gerencia de mantenimiento y abastecimiento, el área estaría a cargo del Ing. Homar Ramos. Esta nueva gerencia sería el responsable de dar el soporte necesario a todos los contratos que desarrollaban sus actividades con equipos mecanizados.

En los meses de marzo a junio del 2023, nuevamente la empresa Seprocal experimenta un descenso en la disponibilidad mecánica llegando a tener un promedio del 79 %, en toda la flota de equipos, incumpliendo de esta manera los avances solicitados por el cliente Nexa.

En julio del año 2023, el Ing. Homar Ramos me propone incorporarme al Área de Mantenimiento de la unidad El porvenir con el cargo de asistente de jefe de mantenimiento mecánico con la orden de realizar el análisis de la problemática que acogía el Área de Mantenimiento en esa unidad. Evidencié que en el contrato El Porvenir esta área presentaba problemas con el manejo de la información en la base de datos. Seprocal no contaba con una base de datos propia se había improvisado cuadros y programas de otras empresas contratistas, no se desarrollaban análisis de efecto y modo de falla, por desconocimiento del personal, no se contaba con las cartillas de mantenimiento específicas para cada equipo (se tenía cartillas improvisadas de equipos similares), no se contaba con programas de mantenimiento de corto mediano y largo plazo (mantenimiento preventivo y mantenimiento predictivo) no se contemplaban presupuestos de gastos para los componentes de los equipos. (opex / capex).

## **2.2. Identificación de oportunidad o necesidad en el área de actividad profesional**

Según la evaluación inicial de los equipos, se identifica una baja disponibilidad en los equipos de la empresa Seprocal. Se identifica la necesidad de mejorar la disponibilidad mecánica de los equipos, con esto lograríamos un mayor avance, así cumplir con el avance requerido por la compañía minera Nexa, para mejorar la disponibilidad mecánica mayor a 85%, se identifica las siguientes oportunidades:

- Mejorar la base de datos
- Desarrollar cuadros de análisis de causa raíz
- Desarrollar cartillas de mantenimiento con tareas aplicadas a cada equipo.
- Desarrollar y definir los tiempos para los programas de mantenimiento de la flota
- Desarrollar programas de servicios de reparación y cambio de componentes mayores.
- Desarrollar presupuestos opex – capex

## **2.3. Objetivos de la actividad profesional**

### **2.3.1. Objetivo general.**

Implementar estrategias de mantenimiento para incrementar la disponibilidad en los equipos Trackles de la empresa Seprocal unidad El Porvenir.

### **2.3.2 Objetivos específicos.**

- Desarrollar una base de datos funcional integrada para implementar estrategias de mantenimiento en la empresa operaciones Seprocal en la unidad El Porvenir.

- Desarrollar cuadros de análisis causa raíz (ACR) para implementar estrategias de mantenimiento en la empresa operaciones Seprocal en la unidad El Porvenir.
- Desarrollar un programa de cambio de componentes mayores para implementar estrategias de mantenimiento en la empresa operaciones Seprocal en la unidad El Porvenir.

## **2.4. Justificación de la actividad profesional**

### **2.4.1. Justificación teórica**

La justificación teórica establece la importancia de aplicar una estrategia de mantenimiento el cual apoye a mejorar la disponibilidad mecánica, siendo este un indicador muy importante dentro de la empresa por este indicador nos mide la compañía minera, por tanto, se busca incrementar la disponibilidad de la flota de equipos Trackles especialmente en los equipos de perforación en la empresa Seprocal unidad El porvenir.

### **2.4.2. Justificación práctica**

En los meses de febrero a agosto del año 2023, la disponibilidad mecánica de la flota de equipos Trackles en la empresa Seprocal, unidad El porvenir Cerro de Pasco descendió de un 87 % a un 79 %, con la implementación de estrategias de mantenimiento este porcentaje se incrementaría a un indicador mayor al 85% de disponibilidad mecánica.

Manteniendo una disponibilidad mecánica del 85 % se podrán cumplir con las metas operacionales de 400 metros de avances mensual solicitados por la empresa NEXA. Incrementar texto.

## **2.5. Resultados esperados**

Con la implementación de estrategias de mantenimiento que se aplicaran a los problemas identificados en el área de mantenimiento mecánico, se tendrá los siguientes resultados.

- Se incrementará la disponibilidad mecánica mayor a 85 % de la flota de equipos de la empresa Seprocal en la unidad minera Nexa - El Porvenir.
- Se tendrá una base de datos funcional integrada en un programa informático como el Excel, esta base de datos almacenará y procesará el historial de trabajos realizados en cada equipo y las incidencias que se podría tener.
- Se tendrá un análisis causa raíz (ACR), esto ayudará a identificar los sistemas que presentan mayor incidencia de fallas en los equipos e identificará las causas de cada problema.

- Se tendrá un programa de cambio de componentes mayores, con la finalidad de realizar los cambios antes de que falle, esto ayudará a que los tiempos de reparación (MTTR) de los equipos se reduzcan significativamente menores. Con la implementación de las estrategias de mantenimiento y el cumplimiento de tareas específicas en las cartillas de mantenimiento se prolongará los tiempos de falla en cada equipo (MTBF), esto permitirá incrementar este indicador, con lo cual el equipo tendrá mayores horas de trabajo continuo.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. Bases teóricas de las metodologías o actividades realizadas**

En el siguiente capítulo se presentarán las bases conceptuales, teorías, estrategias de mantenimiento para entender un poco más sobre las funciones, aplicaciones, partes, entre otros de la flota de equipos que posee la empresa Operaciones Seprocal en la unidad de El Porvenir.

Del mismo modo, se definirán los conceptos básicos del proceso de estrategias de mantenimiento que se tomó para la mejora de la disponibilidad mecánica.

##### **3.1.1. Jumbos electrohidráulicos**

Se define Jumbo electrohidráulico a todo equipo diseñado para realizar perforaciones en roca, tanto vertical u horizontalmente. operan principalmente con energía eléctrica y aceite sometido a grandes presiones.

##### **3.1.1.1. Jumbo electrohidráulico S1D – EPIROC**

Epiroc define al jumbo frontonero como Boomer S1, que es un equipo de perforación hidráulico, el cual cuenta con un motor diésel que sirve para traslación al equipo, este motor tiene un potente rendimiento con un bajo impacto ambiental; este equipo está diseñado para secciones de interior mina pequeños menores a 33 m<sup>2</sup>. Este equipo cuenta con un sistema hidráulico potente, rápido y preciso, con un rápido posicionamiento manteniendo un paralelismo hidráulico en todas las direcciones. Si necesita un equipo fiable con gran impacto en la perforación en túneles y galerías pequeñas tiene que confiar en el Boomer S1 (1).



**Figura 3. Equipo Jumbo Boomer S1D**  
**Tomada de Epiroc S.A**

- **Jumbo electrohidráulico S1D – funciones**

La función de este equipo es trasladarse a las galerías, cámaras y frentes. Este traslado lo realiza por medio de un motor de combustión interna, impulsado con un sistema de transmisión hidrostática.

Llegada a la zona de trabajo cumple con la función de realizar perforaciones verticales de 14 pies. Esta función es realizada por un operador capacitado para la manipulación del equipo (1).

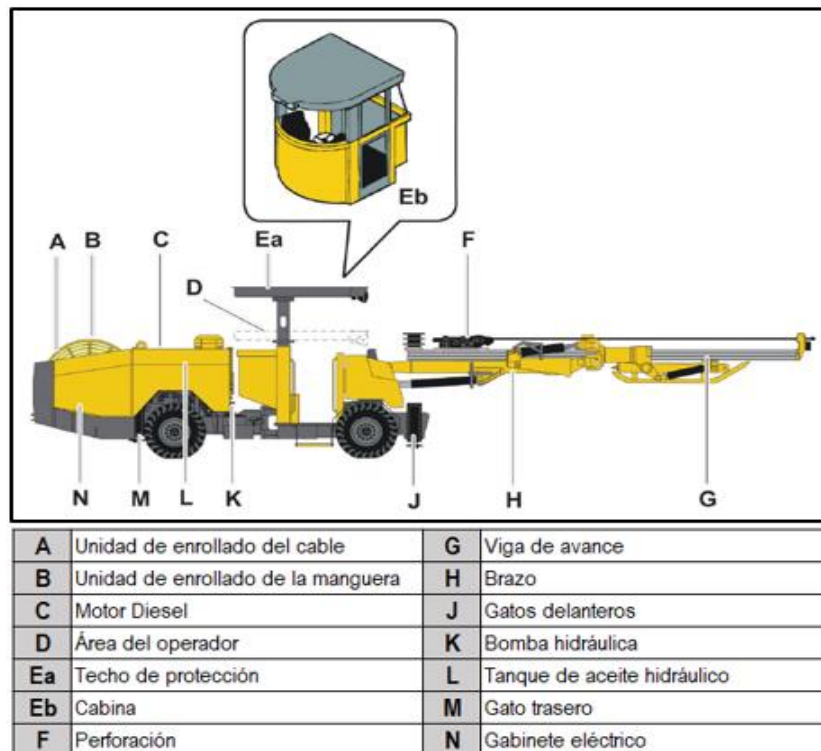
- **Jumbo electrohidráulico S1D – aplicaciones**

Las aplicaciones que tiene este equipo en la unidad minera El porvenir es.

- Realizar perforaciones para el desarrollo de galerías,
- Realizar perforaciones para la implementación de cámaras de salvataje.
- Realizar perforaciones para la implementación de cámaras de volteo y refugio.
- Realizar perforaciones en los frentes de mineral (1).

- **Jumbo electrohidráulico S1D – partes principales**

Epiroc define como partes principales lo siguiente.



**Figura 4. Partes equipo Jumbo Boomer S1D (1)**  
Tomada de Epiroc S.A

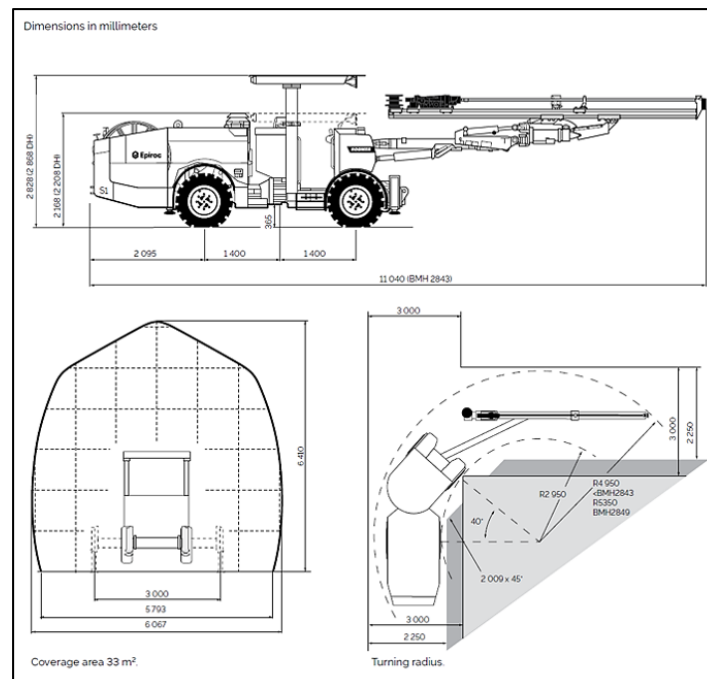
#### - Jumbo Electrohidráulico S1D – Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas en estos equipos detallan información sobre los modelos de los componentes principales del equipo, esto para tener en cuenta la aplicación en el área de trabajo.

**Tabla 2. Especificaciones técnicas Jumbo S1D**

| Especificaciones técnicas |                                                                                                                                                               |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Perforadora               | COP 1838HD+                                                                                                                                                   |
| Brazo                     | BUT 29                                                                                                                                                        |
| Viga de avance            | BMH 2840, longitud de la barra de perforación 4000 mm                                                                                                         |
| Compresor                 | Epiroc GAR30*                                                                                                                                                 |
| Bomba de agua             | Accionado por motor hidráulico                                                                                                                                |
| Motor Diesel              | Deutz BF4L 914, Tier II, 72 kW                                                                                                                                |
| Motor Eléctrico           | Total, installed Power 59 kW* (main motor 1x55 kW)<br>Voltaje 380-1 000 V<br>Frecuencia 50 Hz or 60 Hz<br>Arranque star/delta 380–690 V, directo start 1000 V |
| Cabina de Operador        | ROPS y FOPS<br>Foco controlado por joystick, 70 W (lado izquierdo)<br>Aire acondicionado, solo refrigeración                                                  |

|                          |                                                                                                                                       |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sistema eléctrico Diesel | Sistema Eléctrico 24 V<br>Baterías 2x12 V, 70 Ah<br>Luces trabajo, 4x80 W LED 24 V DC<br>Luces de traslado, 4x40 W+2x80 W LED 24 V DC |
| Diferenciales            | Bloqueo automático del diferencial en el eje delantero<br>Llantas, 9.00xR20<br>Distancia al suelo de los ejes traseros 15°            |
| Sistema hidráulico       | Gatos hidráulicos delanteros y traseros<br>Filtración 16 µm<br>Bomba de llenado de aceite eléctrica                                   |



**Figura 5. Dimensiones Equipo Jumbo S1D (1)**  
**Tomada de Epiroc S.A**

### 3.1.1.2. Jumbo electrohidráulico Bolter 99 – Resemin

El Bolter 99 de la marca Resemin, es un equipo electrohidráulico que está diseñado para realizar perforaciones en sentido horizontal y vertical en minería subterránea, posee un motor de combustión interna del cual le permite trasladarse a los frentes o galerías donde se lo requiera, para la opción de perforación este equipo cuenta con un motor eléctrico de 75 HP del cual es accionado con corriente 440VAC, este motor acciona la bomba principal de todo el sistema hidráulico.

Este equipo refuerza de manera eficiente y segura las estructuras de los techos de las minas subterráneas y túneles, está equipado con un brazo adicional que le permite soportar la malla de sostenimiento en el techo (2).

Posee 02 perforadoras HC50-MONTABERT una para la opción de perforado y la otra perforadora para realizar la instalación pernos Split Set, Helicoidales con resina y cemento, Hydrabolt, Swellex y Python.

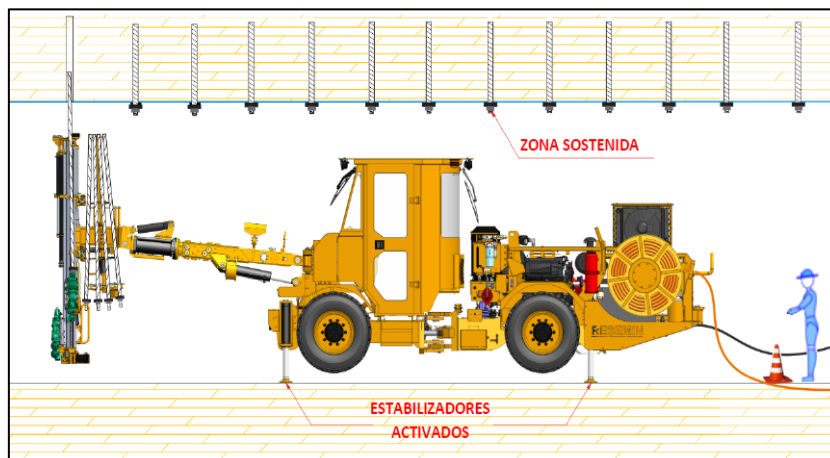
Posee una viga de empernado conjuntamente con un carrusel para el almacenamiento de 10 unidades de materiales de sostenimiento. Este carrusel funciona automáticamente para evitar la exposición de personal al frente de trabajo.



*Figura 6. Equipo Jumbo Boomer S1D (2)  
Tomada de Resemin S.A*

**- Jumbo electrohidráulico BOLTER 99 – funciones**

La función de este equipo es trasladarse independientemente a las galerías, cámaras y frentes para realizar trabajos de fortificación de techos en interior mina, en el caso de la unidad El Porvenir el sostenimiento se realiza de 02 formas, la primera con perno Split set y la segunda que es con pernos helicoidales y resinas de secado rápido. Estas recomendaciones de sostenimiento las realiza el área de geomecánica. Dada estas indicaciones el operador del equipo procede a realizar el sostenimiento (2).



*Figura 7. Sostenimiento con Split set (2)  
Tomada de Resemin S.A*

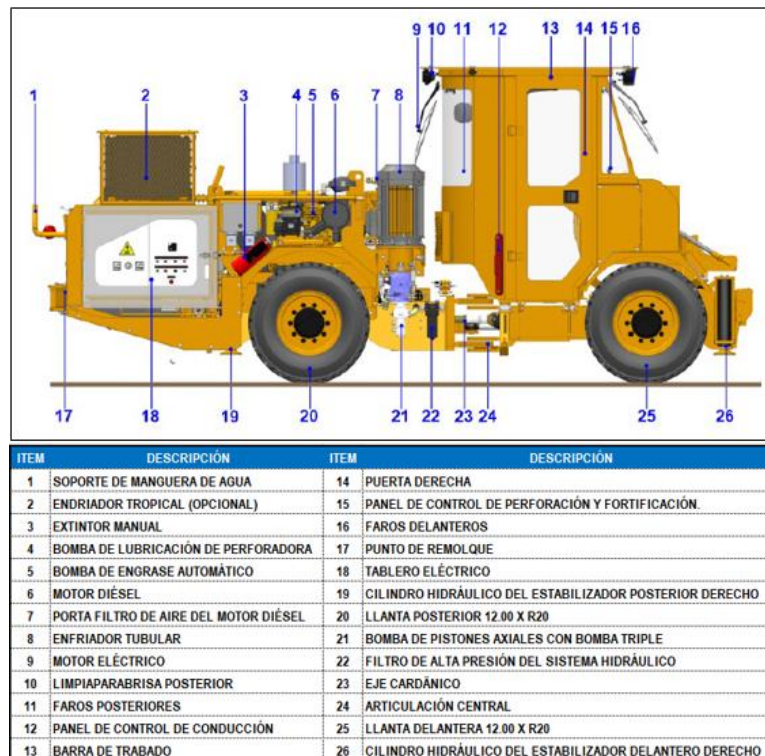
- **Jumbo Electrohidráulico Bolter 99 – Aplicaciones**

Las aplicaciones que tiene este equipo en la unidad minera El porvenir son:

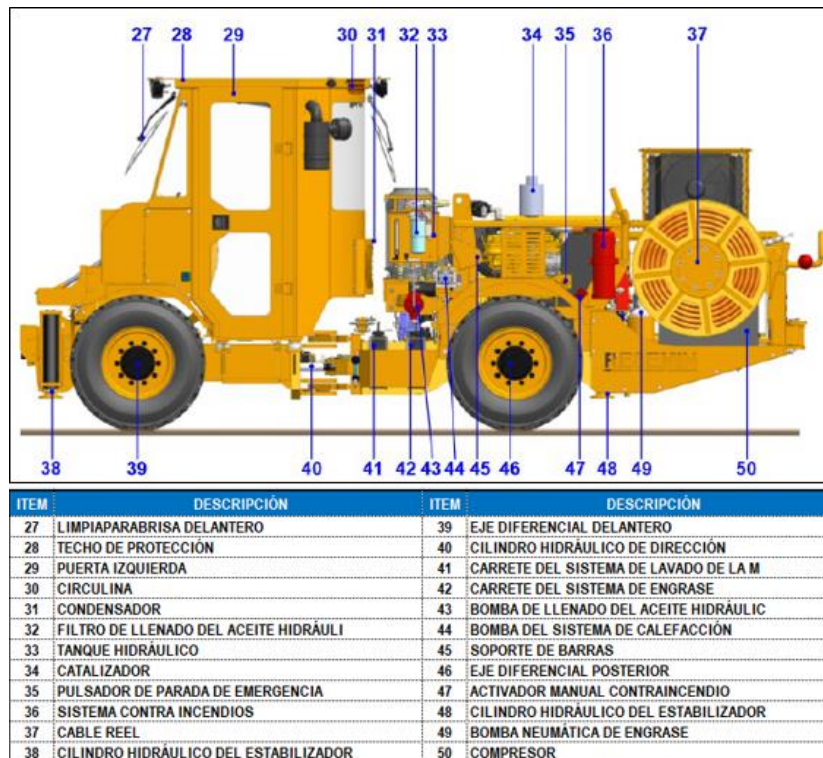
- Realizar perforaciones en sentido vertical y horizontal para la instalación de Split set en galerías principales y cámaras de salvataje.
- Realizar perforaciones en sentido vertical y horizontal para la instalación de perno helicoidal e inyectado de resina en cámaras de volteo y refugio (2).

- **Jumbo electrohidráulico Bolter 99 – Partes principales**

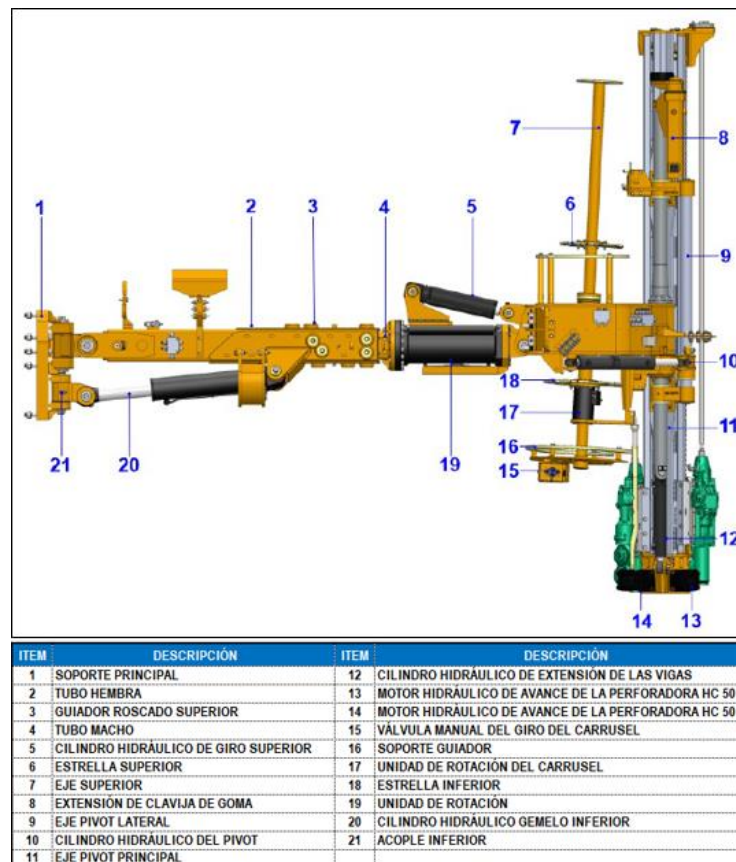
Las partes principales se observan en la siguiente figura:



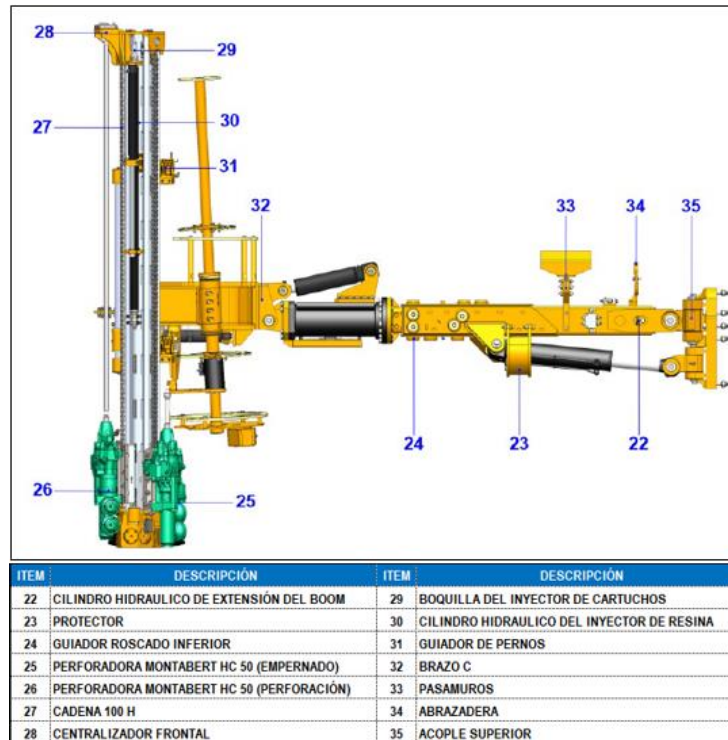
**Figura 8. Componentes principales del carrier lado derecho (2)**  
**Tomada de Resemin S.A**



**Figura 9. Componentes principales del carrer lado izquierdo (2)**  
Tomada de Resemin S.A



**Figura 10. Componentes principales del boom lado derecho. (2)**  
Tomada de Resemin S.A



**Figura 11. Componentes principales Boom lado izquierdo**  
Tomada de Resemin S.A

#### - Jumbo Electrohidráulico Bolter 99 – Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas detallan los modelos y los tipos de componentes principales que tienen el equipo. Menciona los sistemas de motor, sistema eléctrico 24VDC, sistema de perforación, Sistema eléctrico 440 VAC, sistema de brazo, sistema de control hidráulico, sistema de barrido, sistema de torreta.

## ESPECIFICACIONES

Diagrama de la perforadora Jumbo Electrohidráulico Bolter 99. El diagrama muestra la estructura completa de la máquina, incluyendo la torreta superior, el brazo de perforación (boom) articulado, el sistema de rotación y el chasis con motor y ruedas. Las etiquetas indican las siguientes partes:

- Torreta T99
- Boom 12.2
- Carusel de pernos
- Montabert HC 28
- Montabert HC 50
- Caterpillar C4.4 ACERT, Tier 3
- Cable Reel

### PERFORADORA

- Modelo (perforación)
- Potencia de impacto
- Presión de percusión
- Frecuencia de percusión
- Velocidad de rotación
- Torque de rotación
- Diámetros de perforación
- Shank adapter
- Peso
- Modelo (empennado)
- Potencia de impacto
- Shank adapter
- Peso

Montabert HC 50

14 kW  
130 bar  
62 Hz  
0 - 195 rpm  
415 Nm  
33 - 64 mm  
R32 hembra  
104 kg

Montabert HC 28

9.5 kW  
103 kg  
R32 hembra

### CARRIER

- Modelo
- Motor diesel
- Potencia
- Catalizador de escape
- Transmisión
- Bomba de Transmisión
- Motores Hidrostáticos
- Oscilante posterior
- Velocidad de desplazamiento
- Capacidad de subida rampa
- Bomba de posicionamiento
- Frenos de servicio
- Frenos de emergencia y

C44.4

Caterpillar C4.4 ACERT, Tier 3  
106 kW @ 2200 rpm  
Estándar  
Hidrostático  
Sauer Danfoss  
Poclain, MSE 11  
± 8°  
Plano - 7.5 km/h  
15° - 6.5 km/h  
15°  
Parker, PGP511  
Hidrostático  
SAHR (Spring Applied)

## TORRETA

- Modelo T99
- Capacidad de carrusel y planchuela 10 pernos con planchuela de 20 cm
- 12 pernos con planchuela de 15 cm
- Viga doble RE 5000 Series
- Extensión de viga 350 mm
- Avance por cadena Motor hidráulico y cadena
- Acople sujetador de malla en viga de perforación
- Tipo de pernos Split Set, Hydrabolt, Helicoidal, Swellex

### Opciones:

| Perno | Longitud de Torreta |
|-------|---------------------|
| 5'    | 2.66 m              |
| 6'    | 2.96 m              |
| 7'    | 3.32 m              |

## SISTEMA DE CONTROL HIDRÁULICO

- Válvula de control directo Parker KA-18
- Bomba de percusión Rexroth A10VO71 (Presión compensada) Parker, PGP620-511
- Bomba de rotación triple 180 bar
- Presión de trabajo 33 gal / 126 l
- Tanque de aceite hidráulico 22 gal / 86 l
- Tanque de aceite hidrostático Parker, 10j
- Filtro hidráulico de retorno Parker, 10j
- Filtro hidráulico de alta Parker, 10j
- Indicador de saturación del filtro hidráulico Parker
- Indicador de bajo nivel de aceite Hydac
- Indicador de temperatura de aceite Hydac

## SISTEMA DE AIRE Y AGUA

- Compresor LE7-10UV
- Capacidad máxima 13.6 l/s (28 CFM)
- Presión de trabajo 10 bar
- Bomba de agua motor hidráulico Grundfoss, CR5 - 9
- Caudal Máximo 6.9 m³/h (115 l/m)@3500rpm
- Presión de entrada de agua min. 2 bar
- Enfriador tubular Bowman FG-120, 48.6 GPM, 20 bar
- Tanque de aire 60 l

## parqueo

- Dirección hidráulica (Carrier articulado) ±38°
- Llantas 8.25 x R15
- Gatos hidráulicos 2 delanteros extensible, 2 posterior
- Cabina de operador (canopy) FOPS / ROPS
- Tanque de combustible 15.8 gal / 60 l
- Baterías 2x12 V, 90 Ah
- Sistema eléctrico 24 VDC
- Luces de marcha 8X, Halógeno 65W HD, 24 V
- Sistema centralizado de engrase SKF
- Sistema de lubricación de perforación SKF
- Sistema automático de supresión de incendios ANSUL, 4 boquillas
- Extintor manual 1x5kg, Tipo ABC
- Sistema de lavado de alta presión Manual
- Pistola de engrase con carrete Manual

## SISTEMA ELÉCTRICO

- Motor eléctrico ABB - 55kW (75 HP)
- Voltaje 380 - 440 - 550 - 690 - 1000 VAC
- Frecuencia 50 - 60 Hz
- Método de arranque Estrella - Triángulo
- Opción a 1000 VAC Arranque directo
- Protección contra sobrecarga y falla a tierra Schneider, Module VIGI
- Horómetro de percusión VDO 24V
- Indicador de secuencia de fase Siemens
- Cargador de batería 32 VAC, 300W 13A
- Transformador principal 1.5 kVA
- Luces de trabajo 2X, LED 6900 lm, 24V
- Carrete de cable eléctrico 90 m
- Cable eléctrico 3x2 - AWG (35 mm)
- Grado de protección IP 55

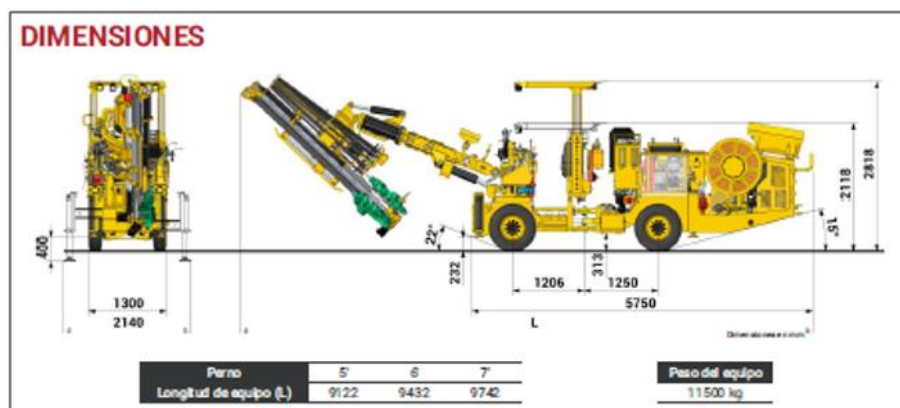
## BOOM

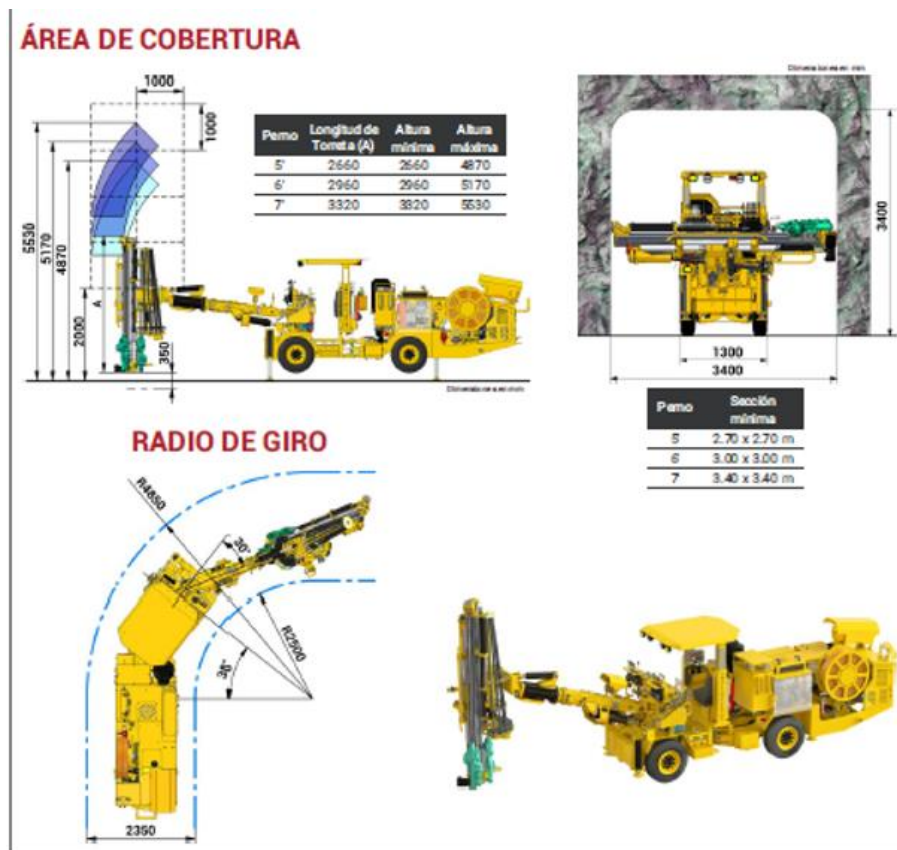
- Modelo Boom 12.2
- Extensión de boom 700 mm
- Angulo de levante +46° / -20°
- Angulo de giro ±30°
- Rotación 360°
- Cilindros hidráulicos Parker

**Figura 12. Especificaciones técnicas Bolter 99. (2)**  
**Tomada de Resemin S.A**

#### - Jumbo Electrohidráulico Bolter 99 – Dimensiones y área de trabajo

Las dimensiones detallan la altura, el ancho y el largo del equipo del mismo modo el área de cobertura en que el equipo desarrolla su trabajo, también indica el radio de giro que se requiere para un buen viraje. Esta información es importante al área de operaciones (2).





*Figura 13. Dimensiones Equipo Bolter 99 (2)  
Tomada de Resemin S.A*

### 3.1.2. Desatador mecánico Scaler

Se define desatador mecánico a todo equipo diseñado para realizar la liberación de rocas que han quedado sueltas o desestabilizadas después del proceso de voladura en minería subterránea. Estos equipos poseen un brazo telescópico mecánico y un martillo Hidráulico del cual le permite llegar a alturas mayores de 4 metros. En el caso de la empresa Seprocal se tiene el modelo 853-S8 equipo que llega a alturas de 7.7 metros.

#### 3.1.2.1. Desatador mecánico 853-S8 – Paus

El desatador mecánico Paus 853-S8 es un equipo diseñado para el desatado de rocas en minería subterránea, tiene un brazo telescópico de longitud de 7.7 metros, posee un martillo hidráulico TB-202 de la marca Epiroc. Este equipo ingresa a la labor luego que el equipo Scoop haya realizado la limpieza de la labor, este equipo percute la roca desestabilizada para hacerla caer, de esta manera garantiza de que no haya caída de roca en el proceso.



**Figura 14. Desatador mecánico Paus 853-S8 (3)**  
Tomada de EPAUS S.A

**- Desatador mecánico 853-S8 PAUS – funciones**

Luego de que una labor en minería subterránea haya tenido el proceso de voladura, este equipo es el indicado para realizar el desatado de rocas, con su brazo telescópico y un martillo hidráulico percutan la roca con una potencia de 16Kw y una frecuencia de 62 Hz.

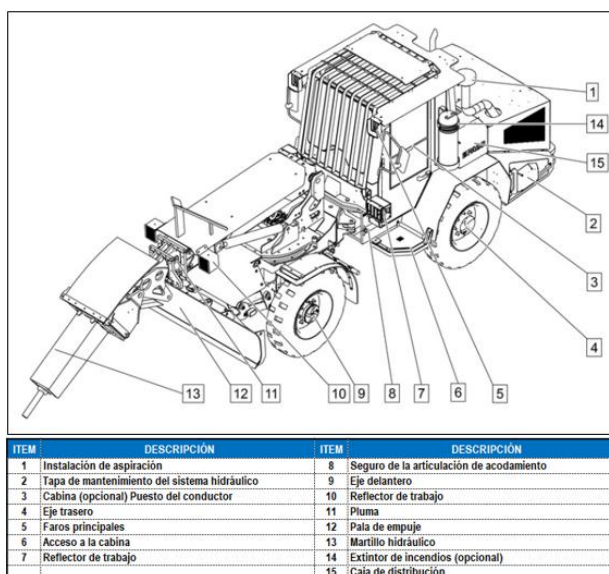
**- Desatador mecánico 853-S8 PAUS – Aplicaciones.**

Las aplicaciones que tiene este equipo en la unidad minera El porvenirson:

- Realizar el desatado de rocas en galerías principales de la zona de Don Ernesto.
- Realizar el desatado de rocas en cámaras de volteo y refugio del Nv-100
- Realizar el desatado de rocas en galerías principales de la zona del Nv-80
- Realizar el desatado de rocas en galerías principales y frentes de mineral en las labores de la zona de Don Lucho.

**- Desatador mecánico 853-S8 PAUS – Partes principales**

Las partes principales se observan en la siguiente figura:

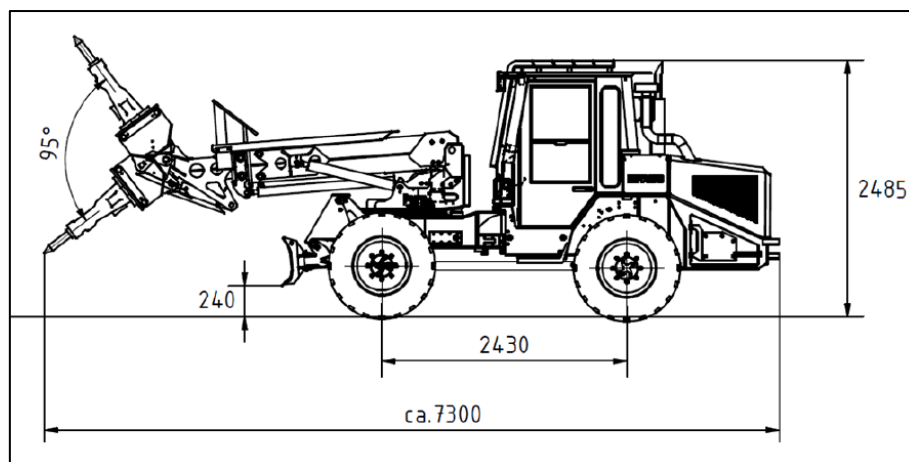


**Figura 15. Vista delantera izquierda de la máquina (3)**  
Tomada de Epaus S.A

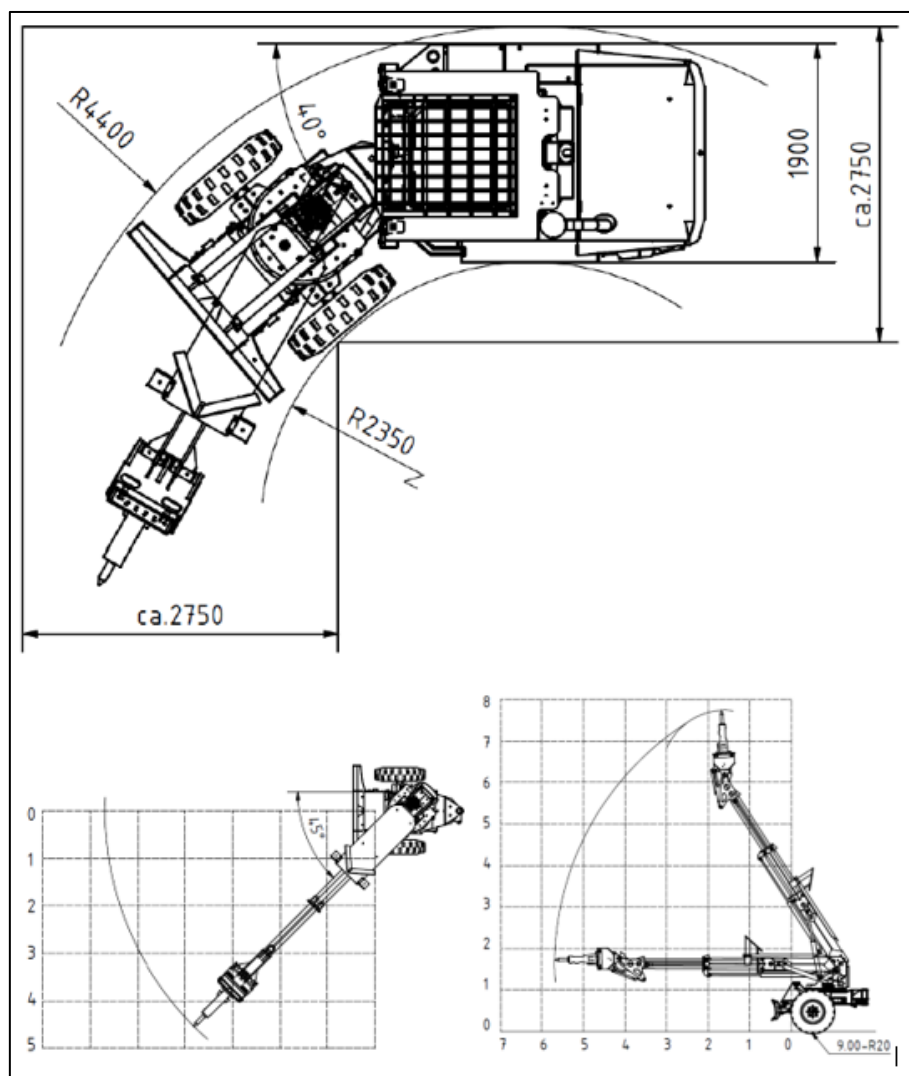


- **Desatador mecánico 853-S8 PAUS – Dimensiones y área de trabajo**

Las dimensiones de este equipo se detallan según gráfico.



*Figura 17. Dimensiones equipo Paus S8 (3)  
Tomada de Epaus S.A*



*Figura 18. Área de trabajo y viraje equipo Paus S8 (3)  
Tomada de Epaus S.A*

### 3.1.3. Manipulador telescópico

Un manipulador telescópico es una máquina que realiza el trabajo de levantar, mover y colocar materiales en lugares donde serían difíciles o inaccesibles para otros equipos. Esta máquina es aplicada en muchas industrias gracias a su brazo telescópico y una canastilla puede alcanzar alturas mayores a los 4 metros.

#### 3.1.3.1. Manipulador telescópico MT-X 1030ST – Manitou.

El manipulador telescópico MT-X 1030 ST – Manitou, es un equipo que se emplea mucho en minería subterránea, este equipo posee un brazo telescópico con una elevación de 10 metros, tiene una capacidad de carga de 3 toneladas, las cualidades en la transmisión hacen de que sea todo terreno, brinda 02 alternativas de trabajo tales como la carga, transporte e instalación de componentes mayores a 02 toneladas. La segunda opción permite al operario realizar trabajos en alturas inaccesibles (4).



*Figura 19. Manitou MTX-1030ST. (4)  
Tomada de Manitou group.*

#### - Manipulador telescópico Manitou MT-X 1030ST – funciones

La función principal del manipulador telescópico en la unidad el Porvenir es de garantizar la seguridad de los operarios al realizar trabajos en alturas mayores a 1.80 metros; este equipo en la unidad cuenta con canastilla de esta manera los operarios están seguros (4).

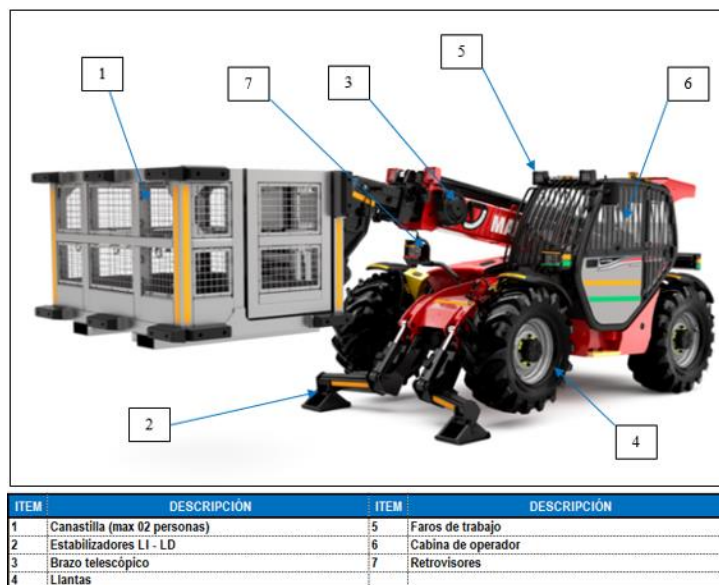
La instalación de ventiladores es también una de sus principales funciones ya que puede suspender el componente y coordinadamente se realiza el montaje sobre una plataforma.

#### - Manipulador telescópico Manitou MT-X 1030ST – Aplicaciones.

Las aplicaciones que tiene este equipo en la unidad minera El porvenir son:

- Realizar la carga, transporte y montaje de ventiladores en las galerías Principales de la zona de Don Ernesto y Don Lucho.
- Realizar la instalación de mangas de ventilación en todas las galerías, cámaras de toda la zona del Nv-80, Nv-100, Don Ernesto y Don Lucho.
- También realiza la carga y el traslado de componentes pesados, así como llantas, bombas, cables eléctricos en tambora entre otros. A taller de mantenimiento mecánico del Nv-100

- **Manipulador telescópico Manitou MT-X 1030ST – Partes principales**



**Figura 20. Manitou MTX-1030ST- Partes principales. (4)**  
Tomada de Manitou group

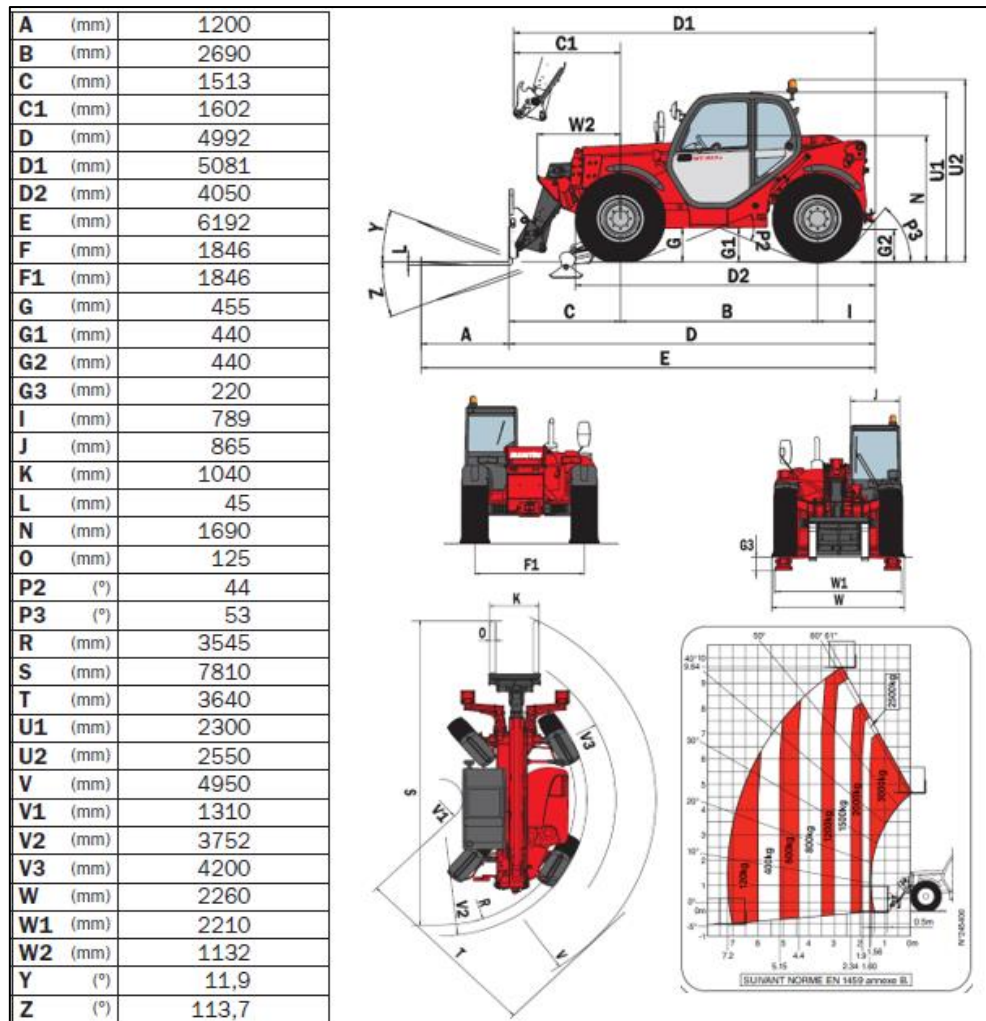
- **Manipulador telescópico Manitou MT-X 1030ST – Especificaciones técnicas**

**Tabla 4. Manitou MTX-1030ST- Especificaciones técnicas (4)**

| FICHA TECNICA MANITOU MT-X 1030 ST |                                                                                   |                      |                                                 |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------------------|
| ELEVACIÓN                          | Capacidad de elevación máx. 3000 kg                                               | MOTOR                | PERKINS                                         |
|                                    | Altura de elevación máx. 9.64 m                                                   |                      | Tipo 1104D-44 TA                                |
|                                    | Alcance a altura máx. 2 m                                                         |                      | Cilindrada 4400 cm3                             |
| TIEMPO DE CARGA                    | Fuerza de arranque con cuchara 5330 daN                                           | TRANSMISIÓN          | Potencia 101 cv/74.5 kW                         |
|                                    | Subida 6.7 s                                                                      |                      | Par máx. 410 Nm - 1400 rev/min                  |
|                                    | Descenso 5.4 s                                                                    |                      | Inyección directa                               |
|                                    | Salida telescópico 13.6 s                                                         |                      | Refrigeración por agua                          |
|                                    | Entrada telescópico 8.7 s                                                         |                      | Esfuerzo de tracción con carga 9100 daN         |
| NEUMÁTICOS                         | Volteo 2.7 s                                                                      | RUIDOS Y VIBRACIONES | convertidor de par                              |
|                                    | Descarga 2.3 s                                                                    |                      | Inversor de marcha pedido electrohidráulico     |
| FRENADO                            | 400/80-24                                                                         |                      | Número de relaciones (delantera/trasera) 4/4    |
| HIDRÁULICO                         | freno hidráulico multidisco en baño de aceite en los puentes posterior y anterior | RUIDOS Y VIBRACIONES | Velocidad de desplazamiento máx.                |
|                                    | Bomba por engranaje con divisor de débito                                         |                      | (puede cambiar según la reglamentación) 27 km/h |
| DEPÓSITO                           | 106 l/min - 250 bar                                                               |                      | Ruido en el puesto de conducción (LpA) 76 dB    |
| PESO SIN CARGA                     | Aceite hidráulico 128 l                                                           | RUIDOS Y VIBRACIONES | Ruido en el entorno (LwA) 104 dB                |
|                                    | Carburante 120 l                                                                  |                      | Vibración en el conjunto manos/brazos <2.5 m/s2 |
|                                    | (con horquillas) 7525 kg                                                          |                      | Vibración en el cuerpo del conductor 1.015 m/s2 |

- **Manipulador telescópico Manitou MT-X 1030ST – Dimensiones y área de trabajo**

Las dimensiones de este equipo se detallan según gráfico



**Figura 21. Manitou MTX-1030ST- Dimensiones y ábacó de carga (4)**  
Tomada de Manitou group

### 3.1.4. Equipo de carga, acarreo y descarga.

Es un equipo de carga, acarreo y descarga de minerales diseñado para minería subterránea, se le conoce comúnmente como Scoop su diseño es la combinación de una pala hidráulica y un camión, estos equipos realizan trabajos de limpieza de mineral o desmonte luego de una voladura.

El tamaño de estos equipos se mide gracias al volumen de su cuchara o lampón estos están dados en yardas cúbicas (yd<sup>3</sup>) o metros cúbicos (m<sup>3</sup>) dependerán mucho de la necesidad de la mina donde realizara su trabajo.

Hay 02 versiones de estos equipos, los equipos con impulsados por un motor de combustión interna, y los Scoop impulsados con motor eléctrico. Este último se emplea en labores cautivas y donde no existe suficiente ventilación.

#### **3.1.4.1. Equipo de carga Scoop R1600H – Caterpillar.**

El cargador subterráneo R1600H Caterpillar posee un sistema de transmisión optimizado específicamente para las velocidades en pendientes, Permite superar las irregularidades del terreno. Tiene una potencia de motor de 202Kw el motor C11 está diseñado para trabajar en condiciones difíciles.

El sistema de control es hidráulico con sistema de pilotaje, tiene la mejor estabilidad al momento de levantar el lampón, el Scoop R1600H tiene una cabina de operador certificada FOPS (Falling Object Protective Structure), es una estructura que cuida de la caída de cualquier objeto; ROPS (Rollover Protective Structure), es una estructura que cuida en caso de vuelcos y parabrizas de protección (5).



*Figura 22. Scoop R1600H – Caterpillar. (5)  
Tomada de Ferreyros S.A.*

#### **- Equipo de carga Scoop R1600H CAT – Funciones**

Las funciones principales del Scoop R1600H en la unidad El Porvenir son las de realizar la limpieza de los frentes, galerías y cámaras que quedan con material mineralizado y no mineralizado. Estos materiales son generados por el proceso de voladura.

El equipo Scoop R1600H evacua la carga a las cámaras de acumulación y luego las carga a los camiones de acarreo.

- **Equipo de carga Scoop R1600H CAT – Aplicaciones**

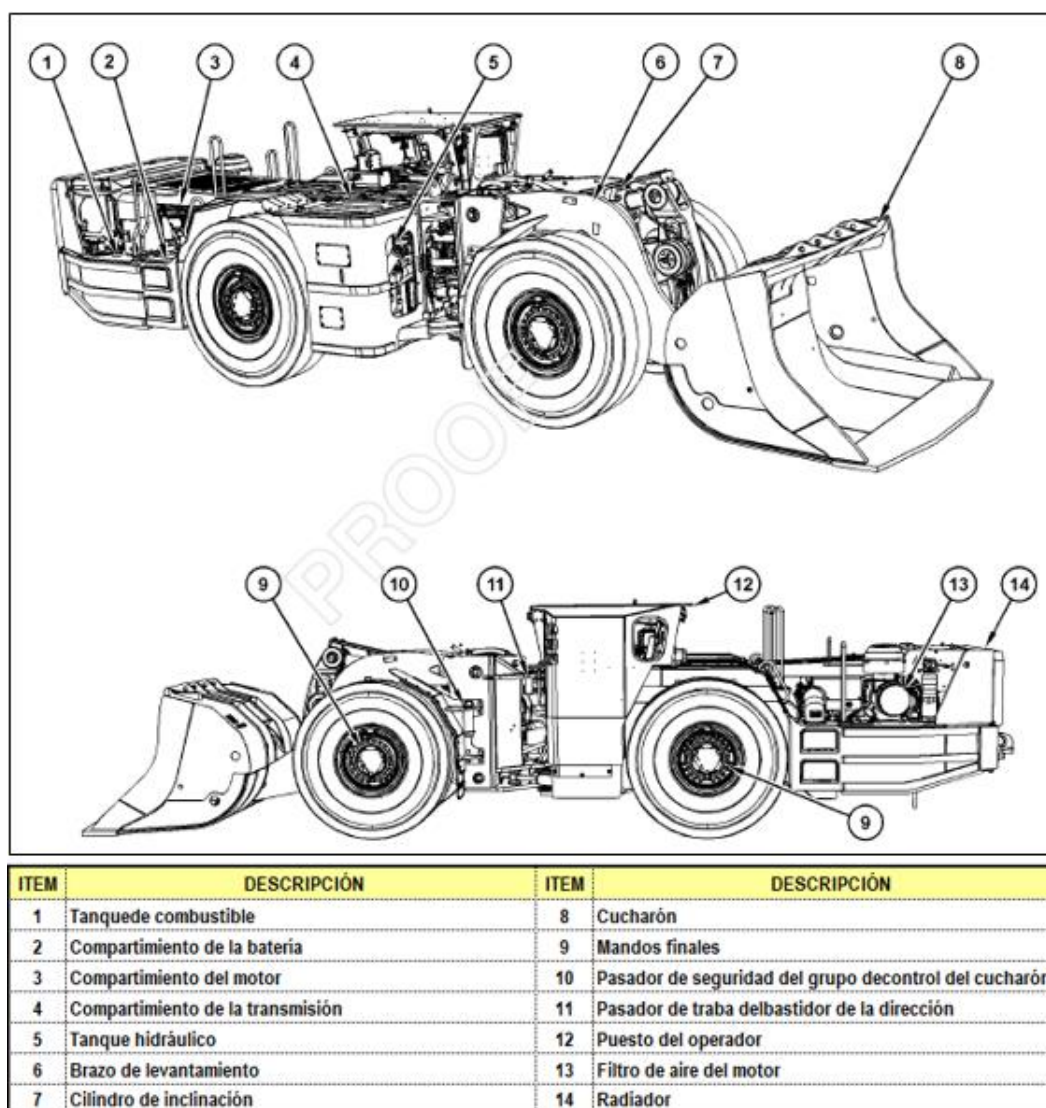
Realizar la limpieza de material mineralizado y no mineralizado de los frentes y galerías de la zona de Don Ernesto y Don Lucho y el Nv-100.

Realizar la limpieza de las vías que presentan material que puedan provocar daños a las llantas de otros equipos.

- **Equipo de carga Scoop R1600H CAT – Partes principales**

El grafico siguiente muestran las partes principales del equipo Scoop R1600H, equipo de carga, traslado y descarga.

Es obligación de todo operario conocer las partes principales del equipo a operar



**Figura 23. Scoop R1600H – Partes Principales. (5)**  
Tomada de Ferreyros S.A.

- **Equipo de carga Scoop R1600H CAT – Especificaciones técnicas**

Las especificaciones técnicas de este equipo detallaran los modelos, tipos y formas en los sistemas de motor y transmisión, también especifica datos de operación, tiempos de ciclo hidráulico, capacidad de cuchara (lampón), dimensiones de giro entre otros (5).

**Tabla 5. Scoop R1600H – Ficha técnica (5)**

Tiempo de ciclo hidráulico

Levantamiento7,6 segundos

Descarga1,6 segundos

Descenso, vacío, libre2 segundos

Tiempo total de ciclo11,2 segundos

Capacidades del cucharón

Cucharón del camión: 14,2 m³5,5 yd³

Cucharón de descarga: 2 (cucharón estándar)4,8 m³6,3 yd³

Cucharón de descarga: 35,6 m³7,3 yd³

Cucharón del camión: 45,9 m³7,7 yd³

Cucharón expulsor4,8 m³6,3 yd³

Cucharón empuñado5,3 m³6,9 yd³

Dimensiones de giro

Radio de espacio libre exterior\*6.638 mm261,3"

Radio de espacio libre interior\*3.291 mm129,6"

Oscilación del eje10°

Ángulo de articulación42,5°

Neumáticos

Tamaño del neumático18 × R25

Capacidades de llenado de servicio

Cárter del motor con filtro34 L8,98 gal EE.UU.

Transmisión47 L12,4 gal EE.UU.

Tanque hidráulico125 L33 gal EE.UU.

Sistema de enfriamiento61 L16,1 gal EE.UU.

Diferencial y mandos finales delanteros80 L21,1 gal EE.UU.

Diferencial y mandos finales traseros80 L21,1 gal EE.UU.

Tanque de combustible400 L105,7 gal EE.UU.

Tanque de combustible secundario (si tiene)330 L87,2 gal EE.UU.

Normas

Cabina certificada con Estructura de Protección en Caso de Vuelcos (ROPS)/Estructura de Protección contra la Caída de Objetos (FOPS)

Motor

Modelo de motorCat® C11

Potencia del motor: motor con reducción de ventilación (VR) – ISO 14396:2002202 kW271 hp

Potencia del motor: motor Tier 3 de la EPA de EE.UU., ISO 14396:2002202 kW271 hp

Calibre130 mm5,1"

Carrera140 mm5,5"

Cilindrada11,1 L680,4<sup>ms</sup>

Especificaciones de operación

Capacidad de carga útil nominal10.200 kg22.487 lb

Peso bruto de la máquina44.204 kg97.453 lb

Brazos de levantamiento horizontal rectos hacia delante de carga de equilibrio estático25.905 kg57.110 lb

Brazos de levantamiento horizontal de giro pleno y de carga de equilibrio estático21.803 kg46.067 lb

Fuerza de desprendimiento (ISO), inclinación17.928 kg39.524 lb

Fuerza de desprendimiento (ISO), levantamiento19.202 kg42.333 lb

Pesos

Peso en orden de trabajo\*30.150 kg66.469 lb

Eje delantero12.884 kg28.404 lb

Eje trasero17.266 kg38.065 lb

Peso en orden de trabajo + carga útil nominal\*40.350 kg88.956 lb

Eje delantero28.128 kg62.011 lb

Eje trasero12.222 kg26.944 lb

\* Peso calculado.

Transmisión

Avance 14,5 km/h2,8 mph

Avance 29 km/h5,6 mph

Avance 316,8 km/h10,4 mph

Avance 427,5 km/h17,1 mph

Retroceso 15 km/h3,1 mph

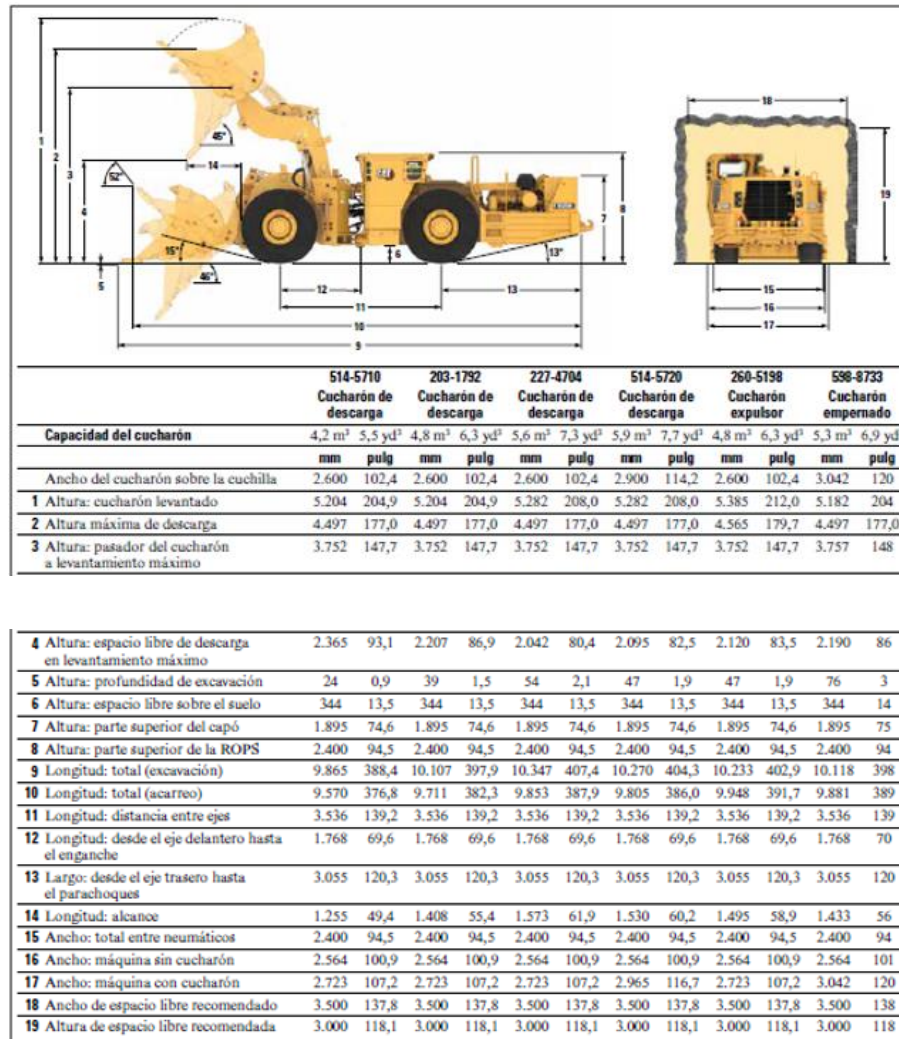
Retroceso 211 km/h6,8 mph

Retroceso 319 km/h11,8 mph

Retroceso 429,3 km/h18,2 mph

- **Equipo de carga Scoop R1600H CAT – Dimensiones y área de trabajo**

Las dimensiones del Scoop R1600H son las indicadas para las secciones que tiene la mina de Nexa El Porvenir. Estas secciones son de 4 m x 5 m.



**Figura 24. Scoop R1600H – Dimensiones del equipo. (5)**  
**Tomada de Ferreyros S.A.**

### 3.2. Estrategias de mantenimiento

Mainiox (2023) define que una estrategia de mantenimiento es la creación de procedimientos, desarrollo de tareas de mantenimiento, estos son los pilares fundamentales dentro de las estrategias, también se debe de realizar y garantizar el mantenimiento periódico de los equipos, para así garantizar un rendimiento óptimo y por último proponer un reemplazo de componentes según la vida útil de los mismos (6).

Asimismo, IBM (2019) define que la estrategia de mantenimiento busca minimizar el tiempo de inoperatividad de los equipos por medio de un plan para aplicar mantenimientos, controlar los costos de mantenimiento así garantizar la operatividad de los equipos y cumplan con el plan de fabricación (6).

En resumen, una estrategia de mantenimiento es el conjunto de planes, acciones, procedimientos y tareas de mantenimiento que se emplean para poder recuperar y garantizar el

performance de los equipos, asumiendo estas estrategias podemos reducir el tiempo de inactividad de equipos, también se debe de tener en cuenta que indicadores de mantenimiento se debe de manejar.

### **3.2.1. Plan de mantenimiento**

García (2004) define que un plan de mantenimiento son la agrupación de tareas de mantenimiento, los cuales se deben de ejecutar con cierta frecuencia para asegurar la disponibilidad que se tenga establecido. Es un documento que se puede ir mejorando constantemente, se pueden agregar diferentes metodologías de mantenimiento, los cuales nos permiten mejorar el plan de mantenimiento también con que indicadores nos vamos a medir y así realizar una mejor gestión (8).

Según la definición de Eurofins (2021), un plan de mantenimiento son los trabajos realizados de manera preventiva a los equipos o instalaciones, estos trabajos preventivos se basan en los protocolos de mantenimiento, que son realizados para cada equipo, o instalación, esto nos permitirá cumplir con los indicadores y mantener en un estándar alto, estos indicadores son la disponibilidad, fiabilidad y los costos, así mismo nos permitirá llegar a la vida útil de los equipos (9).

Considerando lo anterior, un plan de mantenimiento son acciones prácticas, de las tareas de mantenimiento, que son detalladas y documentadas que se toman para aplicar a un grupo de equipos o sistemas, esto con la finalidad de mantenerlos operativos para su uso, tomando en cuenta que nos guiamos por el documento y se debe de gestionar por indicadores para evaluarnos constantemente y saber cómo está la gestión de mantenimiento.

### **3.3. Tipos de estrategias de mantenimiento**

Los tipos de estrategias de mantenimiento a asumir para la mejora en la disponibilidad mecánica de la flota de equipos El Porvenir se definen de la siguiente manera.

#### **3.3.1. Mantenimiento correctivo:**

García (2004) define mantenimiento correctivo como un trabajo destinado a corregir las fallas que se van presentando en los equipos o instalaciones, en este tipo de mantenimiento se aplica a los equipos o sistemas del más bajo nivel de criticidad que cuando falle el equipo o sistema no genere ningún problema de producción, no se prevé nada, cuando falle recién se evalúa y se corrige el problema (8).

Por su parte Mora (2009) indica que el mantenimiento correctivo se basa en la corrección inmediata de la falla y debe ser en el menor plazo posible, generalmente el operador es quien reporta inmediatamente la falla ocurrida y el personal de mantenimiento mecánico es el encargado de la reparación inmediata (10).

### **3.3.2. Mantenimiento preventivo**

García (2004) define mantenimiento preventivo como un tipo de mantenimiento es mantener o controlar el estado del equipo, que debe cumplir con sus respectivas funciones, este tipo de mantenimiento se debe de realizar con una frecuencia periódica, esto se establece según el tipo de equipo, y es guiado por las indicaciones del fabricante (8).

Para Mainiox (2023) mantenimiento preventivo significa establecer un programa de tareas que se deben de basar en patrones de tiempo y uso, se deben de planificar las tareas para su estricto cumplimiento (7).

El mantenimiento preventivo es una estrategia indispensable de la que se tendrá que cumplir al 100% en el proceso de incrementar los indicadores de la flota de equipos de Operaciones Seprocal.

### **3.3.3. Mantenimiento predictivo**

El mantenimiento predictivo se define que este tipo de mantenimiento busca recopilar datos de forma constante o periódica, buscar recopilar datos de forma permanente, con estos datos se genera la información necesaria para la toma de decisiones, se debe de tener conocimiento de variables físicas, las variables nos indican el estado del equipo y su operatividad, con esto se pueden programar trabajos preventivos y/o correctivos (8).

En el caso de equipos para minería, el mantenimiento predictivo aplica la tecnología de análisis en los sistemas de un equipo, gracias a esto podemos prever futuras fallas en componentes y sistemas.

### **3.3.4. Mantenimiento centrado a la confiabilidad (RCM)**

Según Moubray (2004): “es un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer, para asegurar que cualquier activo continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que hagan en su contexto operacional actual” (11).

La norma (SAE JA1011,2009) indica que el RCM es “un proceso específico usado para identificar las políticas que deben implementarse para manejar los modos de falla que pudiesen provocar la falla funcional de cualquier activo físico en un contexto operacional dado” (12).

Al contexto de dichas definiciones, podemos definir que el RCM es una estrategia que analiza el modo de falla de un equipo o sistema, asumir y solucionar estos modos fallas garantiza que el equipo realice lo que se quiere en un tiempo determinado.

### **3.3.5. Mantenimiento basado a la condición**

Definitivamente esta estrategia de mantenimiento lleva a realizarnos una pregunta: por qué un componente no llega a cumplir las horas de vida útil en su periodo de trabajo. La Norma ISO 14224 (2026) define: “está basado en la valoración física de la condición del activo, donde la observación de la condición puede ser por observación del operador” “el conjunto de condiciones reales del proceso bajo las cuales opera el equipo” (12).

El mantenimiento basado a la condición es una herramienta muy importante ya que por medio de esta se realizaron análisis sobre las condiciones en donde la flota de equipos de la empresa Operaciones Seprocal desarrolla sus actividades, estas condiciones son el estado de vías (traslado de equipos), calidad del ambiente (oxígeno), Temperatura del ambiente, entre otros.

### **3.4. Disponibilidad mecánica**

La disponibilidad mecánica es la probabilidad de que un equipo o instalación cumpla con su función en el momento que requiera la parte productiva, para así cumplir con la producción estimada (13).

La idea de la disponibilidad mecánica en la unidad El Porvenir es que los equipos de la flota de Operaciones Seprocal estén siempre disponibles (operativos) para realizar el trabajo asignado.

#### **3.4.1. Cálculo de la disponibilidad mecánica**

Según Sierra (2021), se toma en cuenta las horas totales de un día se descuenta las horas por trabajos rutinarios, de mantenimiento preventivo y predictivo, y también se debe de considerar las horas de mantenimiento correctivo o fallos imprevistos (14). Esta fórmula aplica a todo sistema o equipo que se desea ser medido.

$$DM = \frac{Ht - (Hmd + Hmp + Hmc)}{Ht}$$

Donde:

- \* DM = disponibilidad mecánica
- \* Ht = Horas totales (el periodo de estas horas las da el área de operaciones)
- \* Hmd = Horas de mantenimiento diario
- \* Hmp = Horas de mantenimiento preventivo.
- \* Hmc = Horas de mantenimiento correctivo.

Esta fórmula evalúa el tiempo en que los el equipo o sistema estuvieron indisponibles, en sus sistemas.

### 3.5. Tiempo medio para reparar (MTTR)

El tiempo medio de reparación, es un indicador en el cual indica el tiempo medio en que se repara una máquina, después de una falla.

$$MTTR = \frac{\textit{Total de horas de reparaciones correctivas}}{\textit{N° de fallas}}$$

### 3.6. Tiempo medio entre fallas (MTBF)

El tiempo promedio entre fallas, es un indicador en el cual nos indica el tiempo de trabajo promedio entre falla y falla, como ejemplo tenemos un MTBF de 80 horas, esto quiere decir que, si hoy un equipo sale de su mantenimiento preventivo, tendré un tiempo de trabajo sin fallar de 80 horas.

$$MTBF = \frac{\textit{N° de horas de Operación}}{\textit{N° de fallas}}$$

### 3.7. Disponibilidad inherente (A)

Es la disponibilidad que depende del diseño del equipo.

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

## **CAPÍTULO IV**

### **DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES**

#### **4.1. Descripción de actividades profesionales**

En este capítulo se abarcará las actividades implicadas en la implementación de las estrategias de mantenimiento para así mejorar la disponibilidad en la flota de equipos, el cual se enfocará en la búsqueda de información, de datos iniciales, se realiza la evaluación inicial de los equipos, se desarrollará una base de datos funcional, un análisis causa raíz y un programa de cambio de componentes mayores.

##### **4.1.1. Enfoque de las actividades profesionales**

Se inicia el análisis en 2 fases: la fase 1 contemplaría procesar la información de la base de datos que se tenía a la fecha esta información debía procesar indicadores de disponibilidad y utilización en un plazo de 06 meses anteriores; también se procesó el historial de mantenimientos para realizar los cuadros de dispersión para cada equipo, se evidenció que los mantenimientos preventivos no se realizaban en la ratio recomendado por el fabricante. Además, se realizaría la evaluación de los recursos de la mano de obra (personal técnico), ya que estos no eran lo suficiente para cubrir la atención, esta falta de personal hacía de que el personal asignado a realizar mantenimientos preventivos tenía que dejar el mantenimiento para atender problemas suscitados a otros equipos, debido a este caso los mantenimientos no se realizaban al 100%. La evaluación culminaría evaluando las condiciones del área de trabajo, En el Nv-100 las condiciones de un taller en interior mina si prestaba los estándares requeridos, pero en la zona de inspección del Nv-380 no presentaba los estándares requeridos esto provocaba que los equipos programados para mantenimiento preventivo tenían que trasladarse más de 6 Km, este problema se tomó como un factor de demoras. Con el tema de recursos, solo se contaba con una camioneta para el traslado de técnicos se sustentó la incorporación de una

camioneta adicional por las distancias que se tenía que recorrer para la atención de un equipo con problemas.

La fase 2 incluye la implementación de las estrategias de mantenimiento, se contemplaría el análisis causa raíz (ACR), este análisis se realizó de la información de los indicadores del tiempo promedio entre fallas (MTBF) y el tiempo promedio para reparar (MTTR), indicadores que informaron las incidencias de todos los equipos; en esta fase se evidenció que no se registraban las incidencias al 100% y en casos no se informaban las causas de los problemas suscitados, de tal manera se tuvo que realizar la entrevista a mecánicos y operadores. En este análisis también se evidenció que la flota de Jumbos y Bolter llegaban a tener hasta 3 incidencias (fallas) por día y que algunos problemas tenían tiempos prolongados de reparación. Encontradas todas estas fallencias se realizó el informe 032-2023 el 08 de agosto dando a conocer toda esta problemática a la gerencia del proyecto y la gerencia Corporativa de SEPROCAL, en este informe se presentaron planes de acción para cada problema encontrado.

#### **4.1.2. Alcance de las actividades profesionales**

El alcance de las actividades profesionales comienza desde la evaluación inicial al área de mantenimiento de la empresa Seprocal, en la cual se recaba la información necesaria, buscando el historial de los trabajos realizados que tipos de mantenimiento vienen aplicando en la empresa, con que indicadores trabajan y en cuanto estamos en los últimos 6 meses.

Luego se procede a analizar la información recepcionada, se va realizando un programa de mantenimiento, se va ejecutando las estrategias de mantenimiento aplicando a la empresa, se realiza un análisis causa raíz, se propone los indicadores de mantenimiento que se van a trabajar en la empresa, se evalúa la cantidad optima de trabajadores que se debe de contar en el área de mantenimiento; por último, se evalúa el taller de mantenimiento que es lo que debe de contar con que equipos menores debe de tener, las herramientas que debe de contar.

#### **4.1.3. Entregables de las actividades profesionales**

Los entregables son documentos y resultados tangibles tales como informes, desarrollo de cartillas, *check list*, procedimientos, es importante el valor de la documentación lo cual nos permite llevar una buena gestión de mantenimiento con lo cual podemos cumplir con los objetivos del área de mantenimiento de la empresa Seprocal y así ayudar que cumpla los objetivos operativos, se detalla los entregables en la actividad profesional:

- Informe de evaluación
- Cartillas de mantenimiento

- Check list
- Procedimientos
- Análisis causa raíz
- Bases de datos

## **4.2. Aspectos técnicos de la actividad profesional**

### **4.2.1. Metodologías**

La metodología aplicada en este trabajo fue una evaluación y análisis profundo de la gestión del área de mantenimiento, luego se realizó una revisión bibliográfica, luego una implementación de estrategias de mantenimiento al área, por último, un análisis mediante indicadores.

Además, es necesario cumplir con los objetivos así cumplir con los estándares de la empresa, cumpliendo con el indicador de disponibilidad mayor a 85%, se va a lograr cumplir con el avance mensual que solicita la empresa.

### **4.2.2. Técnicas**

- **Observación:** por medio de la observación se toma atención las diferentes actividades, tareas que se realizan en el área, así determinar si se están realizando correctamente, si se están cumpliendo con las normas, estándares y procedimientos.
- **Coordinación:** por medio de la coordinación se determina el acuerdo entre el área de operaciones y el área de mantenimiento, para la programación de los trabajos de mantenimiento que se deben de realizar.
- **Verificación:** por medio de la verificación se determina y se prueba la veracidad y exactitud de una determinada actividad, tomando datos y verificando el procedimiento de trabajo.

### **4.2.3. Instrumentos**

Los instrumentos usados en el presente trabajo son:

- Check list
- Procedimientos
- Cartillas de mantenimientos.
- Base de datos en Excel.
- Análisis causa raíz.

#### 4.2.4. Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades

La lista de equipos y materiales usados son:

- Computadora de escritorio.
- Multímetro digital Fluke 117
- Número y letras de marcado automático a golpe
- Pirómetro digital
- Calibrador pie de rey
- Manómetro de presión digital
- Manómetro de presión analógico quadrigage
- Máquina de soldar
- Equipo oxicorte

#### 4.3. Ejecución de las actividades profesionales

##### 4.3.1. Cronograma de actividades realizadas

| DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES |                                                         | MES / AÑO |        |        |        |        |        |        |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                                |                                                         | Ene-23    | Jul-23 | Ago-23 | Set-23 | Oct-23 | Nov-23 | Dic-23 |
| <b>FASE 01</b>                 | <b>Evaluación de la situación Actual</b>                |           |        |        |        |        |        |        |
| 1.1                            | Recopilación de información con el área de planeamiento |           |        |        |        |        |        |        |
| 1.2                            | Proceso de la información                               |           |        |        |        |        |        |        |
| 1.3                            | Entrevistas al personal técnico                         |           |        |        |        |        |        |        |
| 1.4                            | Verificación de tiempos de traslado                     |           |        |        |        |        |        |        |
| 1.5                            | Evaluación de las condiciones del área de trabajo       |           |        |        |        |        |        |        |
| 1.6                            | Informe Final                                           |           |        |        |        |        |        |        |
| <b>FASE 02</b>                 | <b>Implementación de las Estrategias</b>                |           |        |        |        |        |        |        |
| 2.1                            | Creación de una nueva base de datos                     |           |        |        |        |        |        |        |
| 2.2                            | Proyección de filtros / consumibles                     |           |        |        |        |        |        |        |
| 2.3                            | Implementación de formatos ACR                          |           |        |        |        |        |        |        |
| 2.4                            | Base de control de componentes                          |           |        |        |        |        |        |        |
| 2.5                            | Estandarización de indicadores KPIs                     |           |        |        |        |        |        |        |
| 2.6                            | Implementación de cartillas de Mantto                   |           |        |        |        |        |        |        |
| 2.7                            | Implementación de cartillas de reporte diario.          |           |        |        |        |        |        |        |
| 2.8                            | Seguimiento de Mantto preventivos                       |           |        |        |        |        |        |        |
| 3.8                            | Informe mensual de estatus de equipos                   |           |        |        |        |        |        |        |

##### 4.3.2. Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales.

El proceso de implementación de estrategias de mantenimiento tiene 2 fases. La fase 1 contemplaría procesar la información de la base de datos que se tenía a la fecha esta información

debía procesar indicadores de disponibilidad y utilización en un plazo de 06 meses anteriores; también se procesó el historial de mantenimientos para realizar los cuadros de dispersión para cada equipo, se evidenció que los mantenimientos preventivos no se realizaban en la ratio recomendada por el fabricante.

En la siguiente tabla se tiene los equipos de la empresa Seprocal en la unidad el porvenir, las cuales se detallan por la marca, modelo y serie, en esta empresa se tiene los jumbos frontoneros, equipos de sostenimiento empernador y enmallador (Bolter) desatador mecánico Scaler, manipulador telescópico y los equipos de limpieza y acarreo (Sccoptram).

**Tabla 7. Master de equipos Operaciones Seprocal**

| Flota de equipos.          | Código interno Nexa | Código interno Seprocal | Código sig seprocal | Marca       | Modelo     | Serie        |
|----------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|-------------|------------|--------------|
| Jumbo electro hidráulico   | EP-SEP-JU-01        | J-09                    | JUM-002             | EPIROC      | Boomer S1D | AVO14A214    |
|                            | EP-SEP-JU-04        | J-04                    | JUM-005             | EPIROC      | Boomer S1D | TMG21URE0412 |
|                            | EP-SEP-JU-05        | J-05                    | JUM-006             | EPIROC      | Boomer S1D | TMG21URE0543 |
|                            | EP-SEP-BO-03        | SB-38                   | BOL-204             | RESEMIN     | Bolter 99  | JMC-664      |
|                            | EP-SEP-BO-04        | SB-04                   | BOL-205             | RESEMIN     | Bolter 99  | JMC-748      |
|                            | EP-SEP-BO-05        | SB-05                   | BOL-207             | RESEMIN     | Bolter 99  | JMC-842      |
| Desatador mecánico Scailer | EP-SEP-SC-06        | SC-06                   | SCA-103             | PAUS        | 853-S8     | 419P439      |
|                            | EP-SEP-SC-07        | SC-07                   | SCA-104             | PAUS        | 853-S8     | 421P049      |
|                            | EP-SEP-SC-08        | SC-08                   | SCA-106             | PAUS        | 853-S8     | 421P513      |
| Manipulador telescópico    | EP-SEP-MA-03        | TL-03                   | MTM-103             | MANITOU     | MTX 1030ST | 0L01025970   |
|                            | EP-SEP-MA-04        | TL-04                   | MTM-104             | MANITOU     | MTX 1030ST | 0E01037653   |
|                            | EP-SEP-MA-05        | TL-05                   | MTM-106             | MANITOU     | MTX 1030ST | 0V01029286   |
| Equipo de acarreo          | EP-SEP-SO-03        | SO-03                   | SCO-303             | CATERPILLAR | R1600H     | 9SD00589     |
|                            | EP-SEP-SO-06        | SO-06                   | SCO-305             | CATERPILLAR | R1600H     | 9YZ78013     |
|                            | EP-SEP-SO-08        | SO-08                   | SCO-309             | CATERPILLAR | R1600H     | 9SD00618     |

#### 4.3.2.1 Fase 1. Evaluación de área de mantenimiento

En el caso del año 2023, se realizó el análisis desde el mes de enero teniendo un significativo descenso hasta julio del 2023, mes donde la disponibilidad mecánica llegó al porcentaje más bajo de 73.3 %, porcentaje general de toda la flota, a partir del mes de agosto se inicia con la evaluación y se inicia con la implementación de estrategias, dando como prioridad a los equipos de perforación, a continuación, se presenta la disponibilidad mecánica, hasta el mes de julio donde se evidencia que esta crítico la disponibilidad, motivo por el cual se plantea un plan de mantenimiento.

**Tabla 8. Indicadores generales iniciales 2023**

| MES          | D. M. | UTI   | H. TRABA |
|--------------|-------|-------|----------|
| Enero 2023   | 83.5% | 31.0% | 3456.2   |
| Febrero 2023 | 83.2% | 29.9% | 3015.2   |

|            |       |       |        |
|------------|-------|-------|--------|
| Marzo 2023 | 78.6% | 31.5% | 3516.3 |
| Abril 2023 | 80.7% | 27.5% | 2967.4 |
| Mayo 2023  | 75.9% | 38.6% | 3370.7 |
| Junio 2023 | 77.6% | 38.8% | 3507.7 |
| Julio 2023 | 73.6% | 38.2% | 3474.0 |

**Tabla 10. Indicadores enero 2023 por flota**

| Año            | 2023               |       |             |           |
|----------------|--------------------|-------|-------------|-----------|
| Mes año        | Ene-23             |       |             |           |
| Semana año     | (Todas)            |       |             |           |
| Fecha          | (Todas)            |       |             |           |
| Equipo         | (Varios elementos) |       |             |           |
| Propietario    | (Varios elementos) |       |             |           |
| Equipo         | D. M.              | UTI   | IDEAL D. M. | IDEAL UTI |
| Jumbos         | 81%                | 21%   | 85%         | 35%       |
| Empernador     | 83%                | 23%   | 85%         | 35%       |
| Desatadores    | 85%                | 26%   | 85%         | 35%       |
| Telehandler    | 84%                | 28%   | 85%         | 35%       |
| Scoop          | 85%                | 57%   | 85%         | 35%       |
| Total, general | 83.5%              | 31.0% | 85%         | 35%       |

**Tabla 11. Indicadores febrero 2023 por flota**

| Año           | 2023               |       |             |           |
|---------------|--------------------|-------|-------------|-----------|
| Mes año       | Feb-23             |       |             |           |
| Semana año    | (Todas)            |       |             |           |
| Fecha         | (Todas)            |       |             |           |
| Equipo        | (Varios elementos) |       |             |           |
| Propietario   | (Varios elementos) |       |             |           |
| Equipo        | D. M.              | UTI   | IDEAL D. M. | IDEAL UTI |
| Jumbos        | 80.0%              | 20.0% | 85%         | 35%       |
| Empernador    | 82.3%              | 21.0% | 85%         | 35%       |
| Desatadores   | 84.0%              | 25.0% | 85%         | 35%       |
| Telehandler   | 84.3%              | 27.0% | 85%         | 35%       |
| Scoop         | 85.0%              | 55.9% | 85%         | 35%       |
| Total general | 83.1%              | 29.8% | 85%         | 35%       |

**Tabla 12. Indicadores marzo 2023 por flota**

|         |        |  |  |  |
|---------|--------|--|--|--|
| Año     | 2023   |  |  |  |
| Mes año | Mar-23 |  |  |  |

| Semana año    | (Todas)            |       |             |           |
|---------------|--------------------|-------|-------------|-----------|
| Fecha         | (Todas)            |       |             |           |
| Equipo        | (Varios elementos) |       |             |           |
| Propietario   | (Varios elementos) |       |             |           |
| Equipo        | D. M.              | UTI   | IDEAL D. M. | IDEAL UTI |
| Jumbos        | 77.9%              | 24.0% | 85%         | 35%       |
| Empernador    | 75.9%              | 25.0% | 85%         | 35%       |
| Desatadores   | 76.5%              | 26.0% | 85%         | 35%       |
| Telehandler   | 75.9%              | 26.0% | 85%         | 35%       |
| SCOOP         | 87.0%              | 57.0% | 85%         | 35%       |
| Total general | 78.6%              | 31.6% | 85%         | 35%       |

**Tabla 13. Indicadores abril 2023 por flota**

| Año            | 2023               |       |             |           |
|----------------|--------------------|-------|-------------|-----------|
| Mes año        | Abr-23             |       |             |           |
| Semana año     | (Todas)            |       |             |           |
| Fecha          | (Todas)            |       |             |           |
| Equipo         | (Varios elementos) |       |             |           |
| Propietario    | (Varios elementos) |       |             |           |
| Equipo         | D. M.              | UTI   | IDEAL D. M. | IDEAL UTI |
| Jumbos         | 80.0%              | 21.1% | 85%         | 35%       |
| Empernador     | 74.3%              | 20.3% | 85%         | 35%       |
| Desatadores    | 80.1%              | 21.3% | 85%         | 35%       |
| Telehandler    | 82.0%              | 25.0% | 85%         | 35%       |
| Scoop          | 87.0%              | 50.0% | 85%         | 35%       |
| Total, general | 80.7%              | 27.5% | 85%         | 35%       |

**Tabla 14. Indicadores mayo 2023 por flota**

| Año         | 2023               |       |             |           |
|-------------|--------------------|-------|-------------|-----------|
| Mes año     | May-23             |       |             |           |
| Semana año  | (Todas)            |       |             |           |
| Fecha       | (Todas)            |       |             |           |
| Equipo      | (Varios elementos) |       |             |           |
| Propietario | (Varios elementos) |       |             |           |
| Equipo      | D. M.              | UTI   | IDEAL D. M. | IDEAL UTI |
| Jumbos      | 76.3%              | 29.0% | 85%         | 35%       |
| Empernador  | 74.0%              | 36.0% | 85%         | 35%       |

|                |       |       |     |     |
|----------------|-------|-------|-----|-----|
| Desatadores    | 74.1% | 31.0% | 85% | 35% |
| Telehandler    | 70.5% | 32.0% | 85% | 35% |
| Scoop          | 84.6% | 65.0% | 85% | 35% |
| Total, general | 75.9% | 38.6% | 85% | 35% |

**Tabla 14. Indicadores junio 2023 por flota**

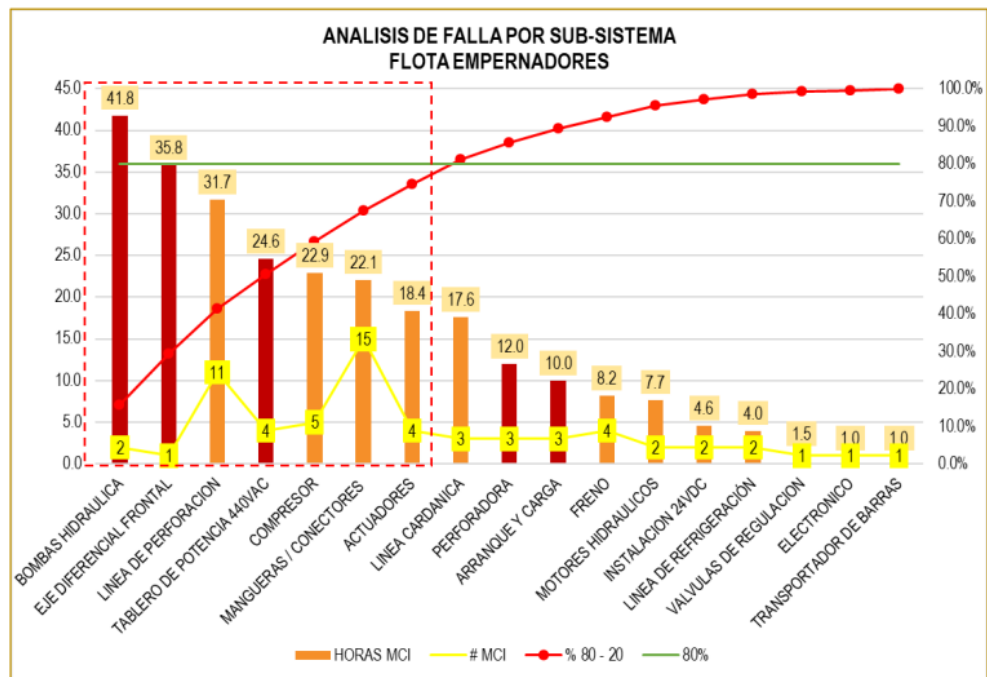
| Año            | 2023               |       |             |           |
|----------------|--------------------|-------|-------------|-----------|
| Mes año        | Jun-23             |       |             |           |
| Semana año     | (Todas)            |       |             |           |
| Fecha          | (Todas)            |       |             |           |
| Equipo         | (Varios elementos) |       |             |           |
| Propietario    | (Varios elementos) |       |             |           |
| Equipo         | D. M.              | UTI   | IDEAL D. M. | IDEAL UTI |
| Jumbos         | 78.9%              | 28.9% | 85%         | 35%       |
| Empernador     | 76.8%              | 37.5% | 85%         | 35%       |
| Desatadores    | 76.0%              | 29.6% | 85%         | 35%       |
| Telehandler    | 70.6%              | 42.8% | 85%         | 35%       |
| Scoop          | 85.0%              | 54.7% | 85%         | 35%       |
| Total, general | 77.5%              | 38.7% | 85%         | 35%       |

**Tabla 15. Indicadores julio 2023 por flota**

| Año            | 2023               |       |             |           |
|----------------|--------------------|-------|-------------|-----------|
| Mes año        | Julio 2023         |       |             |           |
| Semana año     | (todas)            |       |             |           |
| Fecha          | (todas)            |       |             |           |
| Equipo         | (varios elementos) |       |             |           |
| Propietario    | (varios elementos) |       |             |           |
| Equipo         | D. M.              | Uti   | Ideal d. M. | Ideal uti |
| Jumbos         | 70%                | 28%   | 85%         | 35%       |
| Empernador     | 69%                | 28%   | 85%         | 35%       |
| Desatadores    | 72%                | 36%   | 85%         | 35%       |
| Telehandler    | 71%                | 36%   | 85%         | 35%       |
| Scoop          | 84%                | 60%   | 85%         | 35%       |
| Total, general | 73.3%              | 38.2% | 85%         | 35%       |

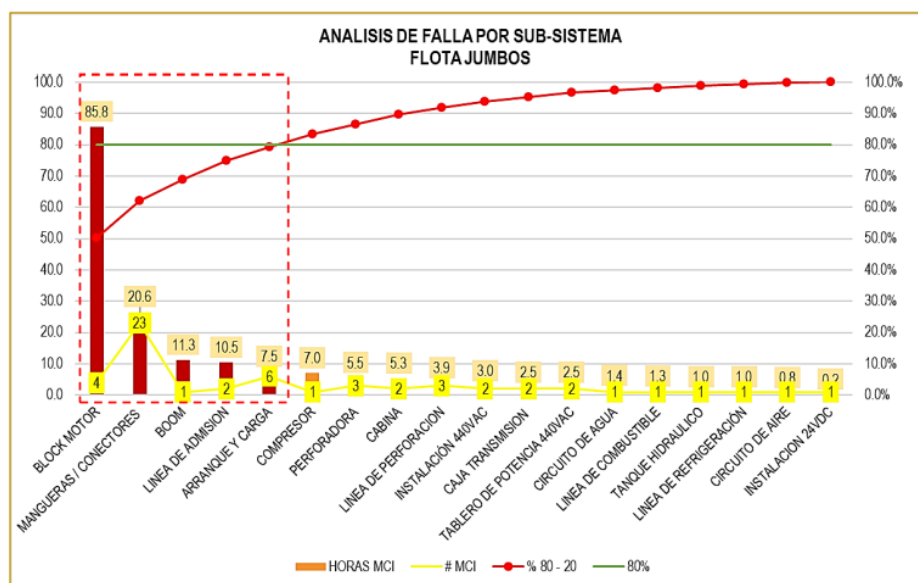
Se procede a realizar la evaluación de los equipos, se realiza el análisis de falla por subsistema de la flota de empernadores donde se puede evaluar que el sistema hidráulico es la que presenta más cantidad de fallas, y el principal componente es la bomba hidráulica, el

segundo punto importante es el sistema de transmisión dentro de estos encontramos el eje diferencial frontal, como se muestra en la siguiente imagen:



**Figura 25. Análisis de falla por subsistema Empennadores**  
Tomada de base de datos Seprocal – El porvenir

Luego, se procede a realizar una evaluación de los jumbos donde se pudo encontrar que el principal factor de paradas es el motor diésel, después, el sistema hidráulico donde se encuentra las mayores paradas es por mangueras hidráulicas, entonces podemos ver que no se están realizando los mantenimientos preventivos, a continuación, se presenta la imagen de la evaluación de paradas de los jumbos.

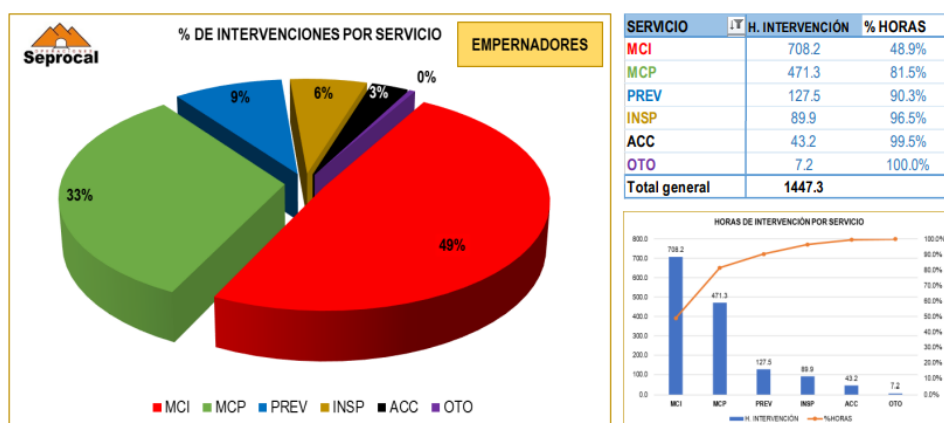


**Figura 26. Análisis de falla por subsistema Jumbos**  
Tomada de base de datos Seprocal – El porvenir

Luego se procede a la evaluación de los trabajos que mantenimiento que realiza la empresa, donde se encuentra que los mantenimientos correctivos se realizan en un 49%, en segundo lugar, se realizan los mantenimientos correctivos programados en un 33%, y solo teniendo un 9% de mantenimientos preventivos, motivo por el cual se puede ver que hay tantas fallas y parada de los equipos empernadores.

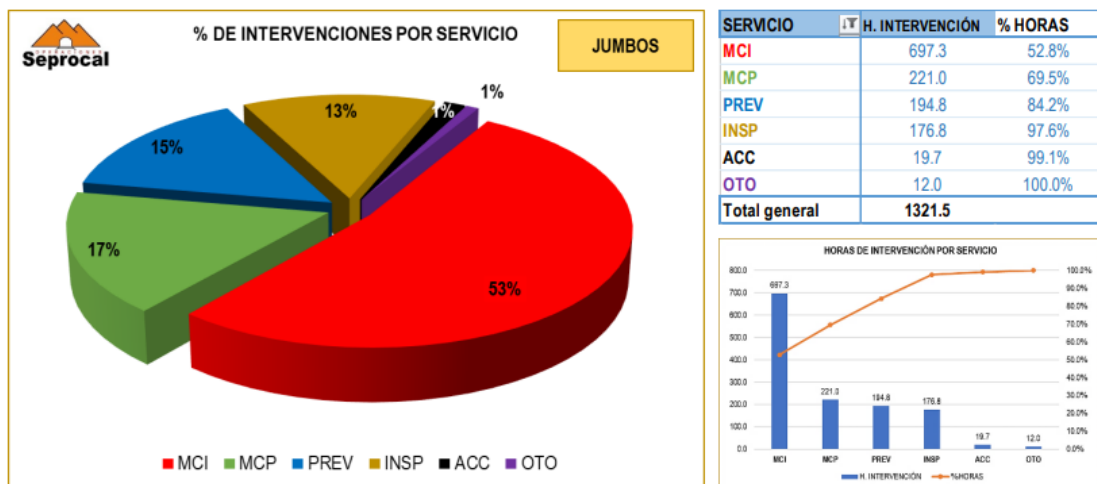
**Tabla 16. Tipos de mantenimientos**

| TIPO DE PARADA |                              |                                                                                                |
|----------------|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| INSP           | INSPECCIÓN                   | Cuando se hace inspección y engrase maximo 30 min de tiempo                                    |
| PREV           | MANTTO PREVENTIVO            | Cuando se realiza el mantenimiento preventivo enviado co unprograma por planeamiento           |
| MCI            | MANTTO CORRECTIVO INESPERADO | Cuando el operador llama para atención de algun problema suscitado (parada)                    |
| MCP            | MANTTO CORRECTIVO PROGRAMADO | Cuando el equipo haya terminado su trabajo y se realizan trabajos adicionales en hoars muertas |
| OTO            | OTROS                        | Cambio de shanck, cincel, cambio de llantas,                                                   |
| ACC            | ACCIDENTES OPERACIÓN         | Daños operacionales provocados por la mala operación o las condiciones anormales               |
| REP            | REPARACIÓN DE COMPONENTES    | Cuando los técnicos realizan trabajos de evaluación y reparación de componentes                |



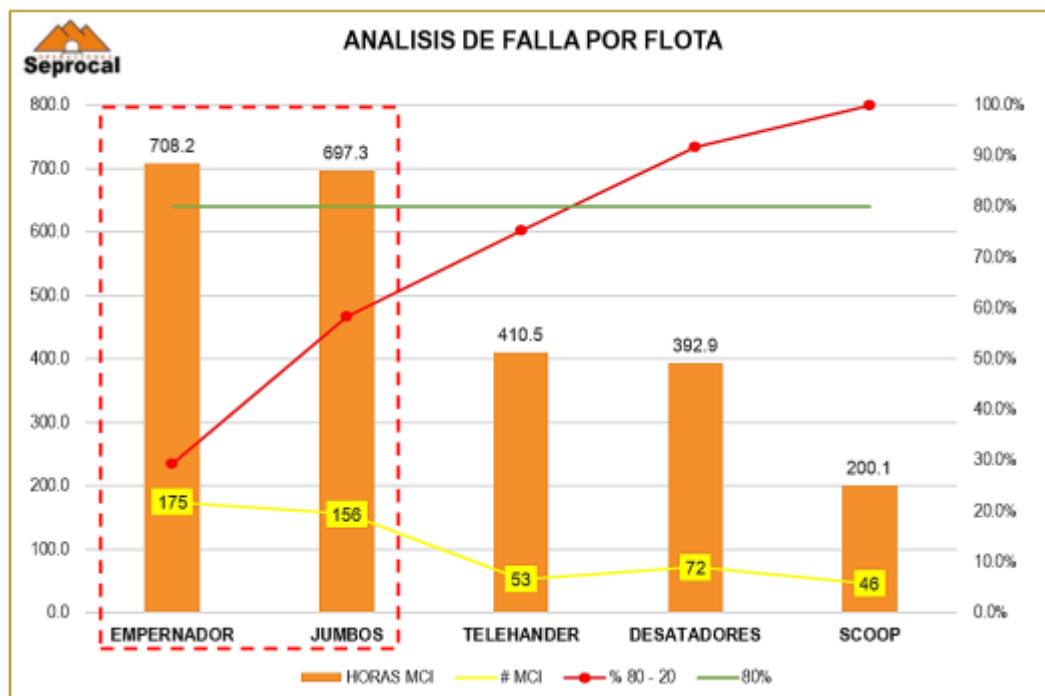
**Figura 27. Porcentaje de mantenimientos empernadores**  
Tomada de base de datos Seprocal – El porvenir

También se realizó una evaluación de jumbos, donde se encontró que los mantenimientos correctivos se tienen en un 53%, esto es muy alto, correctivos programados se tiene en un 17%, y los mantenimientos preventivos se tienen en un 15%, se detalla en la siguiente imagen.



**Figura 28. Porcentaje de mantenimientos Jumbos**  
Tomada de base de datos Seprocal – El porvenir

Por último, se hace un análisis de falla de la flota de equipos encontrándose que los equipos que presenta más fallas recurrentes son los empernadores y los jumbos como se muestra en la siguiente imagen, por este motivo enfocaremos en estos dos equipos para aplicar una estrategia de mantenimiento.

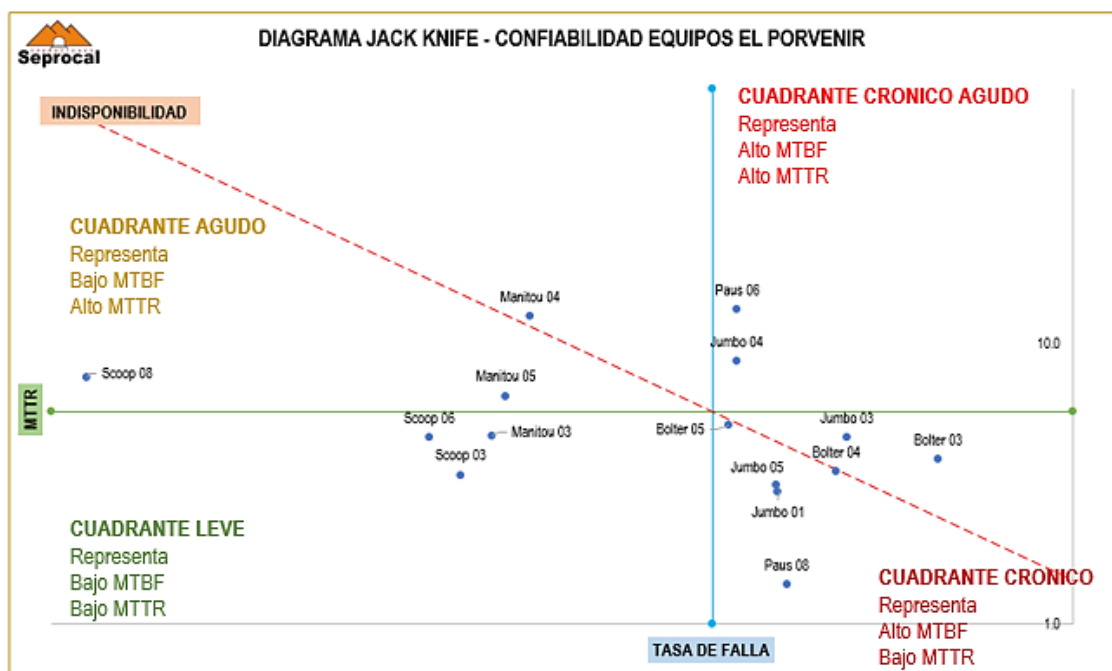


**Figura 29. Análisis de falla de los equipos**  
Tomada de base de datos Seprocal – El porvenir

- **Análisis de la situación actual en la flota de equipos Seprocal**

En agosto del 2023, se realiza el informe N° 32 dirigido al gerente de mantenimiento el Ing. Homar Ramos, en este informe doy a conocer la situación actual de toda la flota de equipos. En esta se informa lo siguiente:

La flota de equipos de operaciones Seprocal tiene una dispersión alta en los periodos de mantenimiento esto se debe a la falta de personal para realizar los mantenimientos, a tiempo. Se identificó también que el porcentaje de inspecciones en el Nv.340 no se realizan debido a las condiciones de la zona de inspección, esta zona solo puede albergar 2 equipos. Las paradas prolongadas por falla hacen que se realicen los mantenimientos antes del tiempo estandarizado. Identificamos que los mantenimientos no se están realizando en el tiempo necesario a falta de personal, estos se limitan a realizar trabajos puntuales por la demora que pueden provocar realizar un trabajo con poco personal. El análisis de servicio a los equipos nos indica que el personal pasa más tiempo atendiendo fallas suscitadas en el proceso de la operación, reduciendo el tiempo de servicios de inspección y mantenimientos preventivos. Las Fallas más frecuentes son en los equipos Electrohidráulicos (Jumbos y Bolter). Según análisis realizado al diagrama de Jack Knife indica que tasa de falla y el tiempo de respuesta a la solución de la falla suscitada son más altas en los equipos Jumbo 04 y Paus 06.



**Figura 30. Diagrama Jack Knife – Equipos Seprocal**  
**Tomada de base de datos Seprocal – El porvenir**

I. Cuadrante leve. Indica que, los equipos que están dentro de este cuadrante son equipos con una baja tasa de falla y una respuesta inmediata a la solución del problema; son equipos que siempre están disponibles y confiables.

II. Cuadrante agudo. Los equipos en este cuadrante indican que tienen una baja tasa de falla, pero el tiempo de reparación es prolongado. Nos indica que son confiables si están de la línea roja para abajo.

III. Cuadrante crónico. Este cuadrante representa a los equipos que tienen una tasa de falla muy alta o constante pero el tiempo de respuesta para solucionar es relativamente rápida.

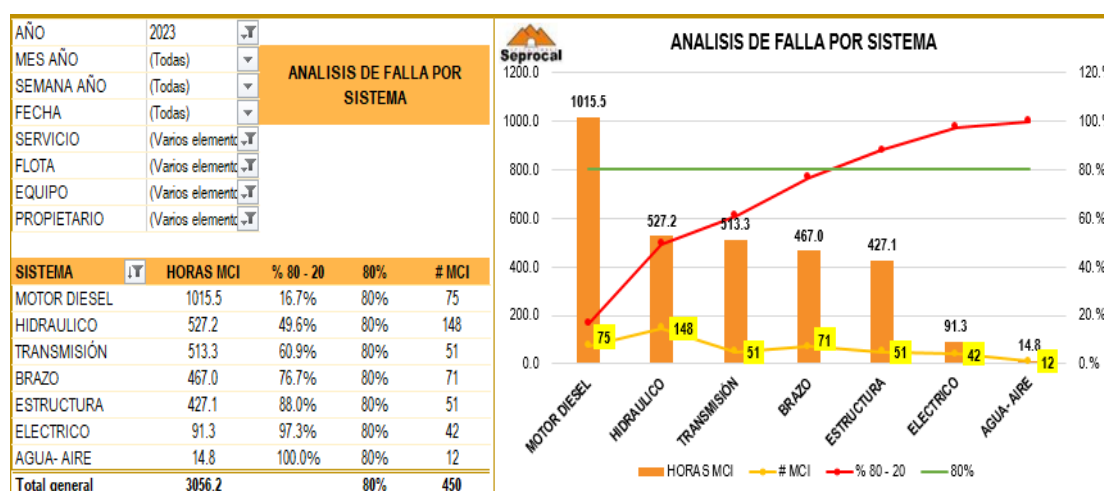
IV. Cuadrante crónico agudo. Estos equipos definitivamente no son confiables ya que tienen una alta tasa de falla y un tiempo de reparación también alto, estos equipos en su mayoría son equipos electrohidráulicos.

#### 4.3.2.2 Fase 2. Implementación de estrategias de mantenimiento

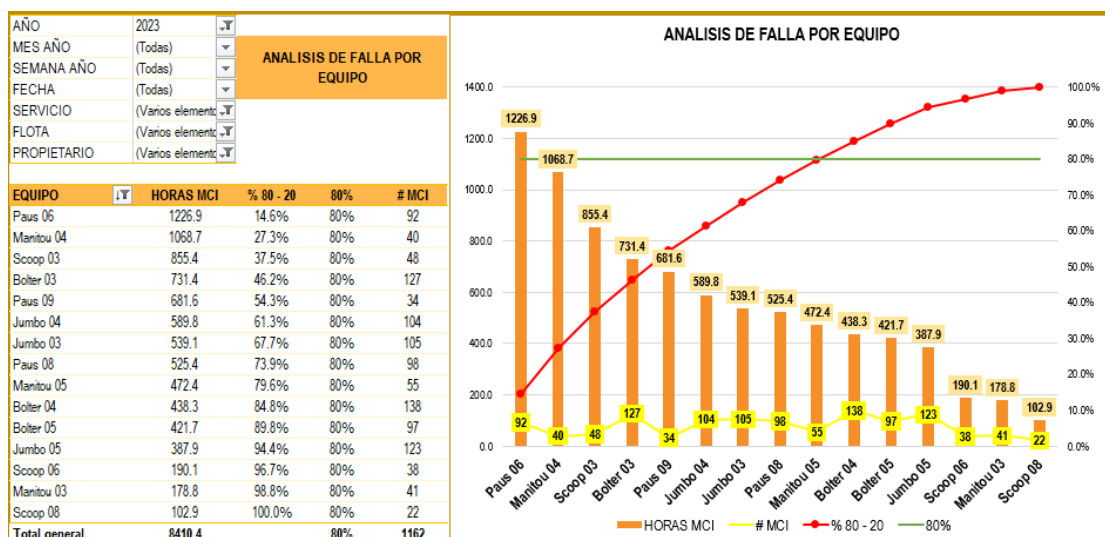
La fase 2 de la implementación de las estrategias de mantenimiento, basado en el mantenimiento preventivo en la que se procederá a hacer un análisis causa raíz, implementación de la base de datos, organigrama de mantenimiento, implementación de las cartillas de mantenimiento, *check list* de equipos, se detalla las herramientas usadas, control de componentes mayores, programa de mantenimiento preventivo, implementación de un back log, se implementó los indicadores de mantenimiento con los que se va a trabajar y por ultimo un cuadro de proyección del consumo de filtros, se procede a detallar cada uno de estos elementos.

- **Análisis causa raíz (ACR)**

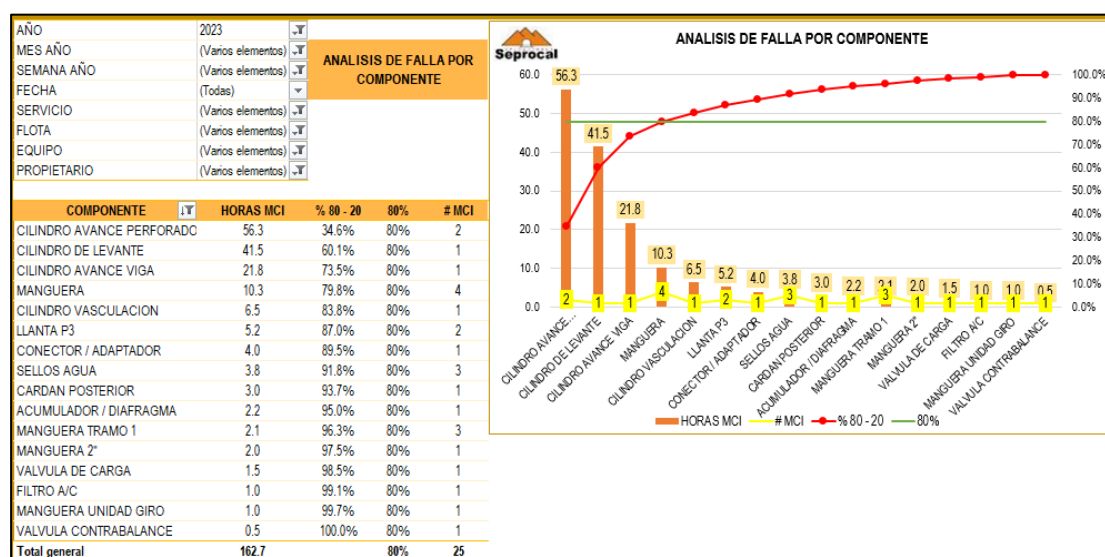
Se realizó el análisis causa raíz (ACR) de diferentes tipos de fallas, por ejemplo, en la siguiente imagen se muestra ACR de la pérdida de fuerza y exceso de emisión de gases del motor Diesel, se realiza la evaluación encontrándose que el tapón del sistema de admisión se encontró fuera de su alojamiento evidenciando no tener aditivo de sellado. En este análisis también se evidenció que la flota de Jumbos y Bolter llegaban a tener hasta 03 incidencias (falla) por día y que algunos problemas tenían tiempos prolongados de reparación.



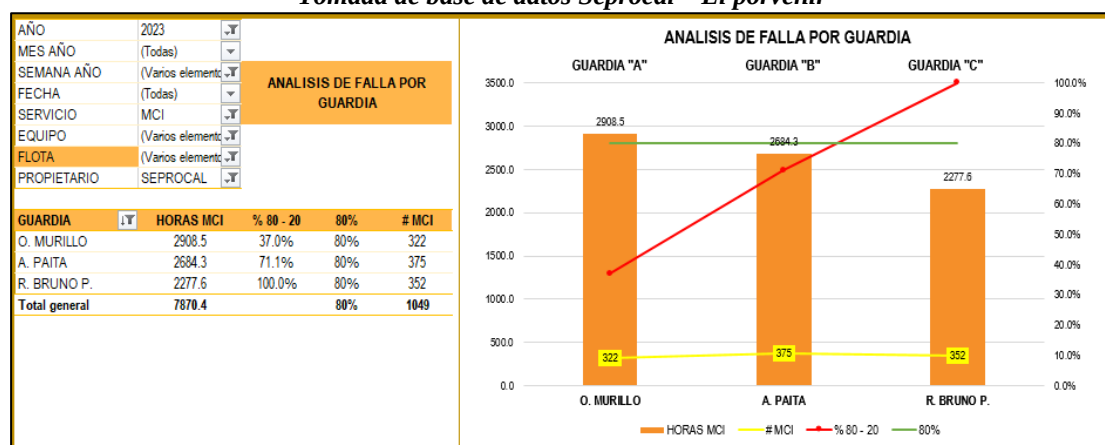
**Figura 31. Análisis de falla por sistema**  
Tomada de base de datos Seprocal – El porvenir



**Figura 31. Análisis de falla por Equipo**  
Tomada de base de datos Seprocal – El porvenir

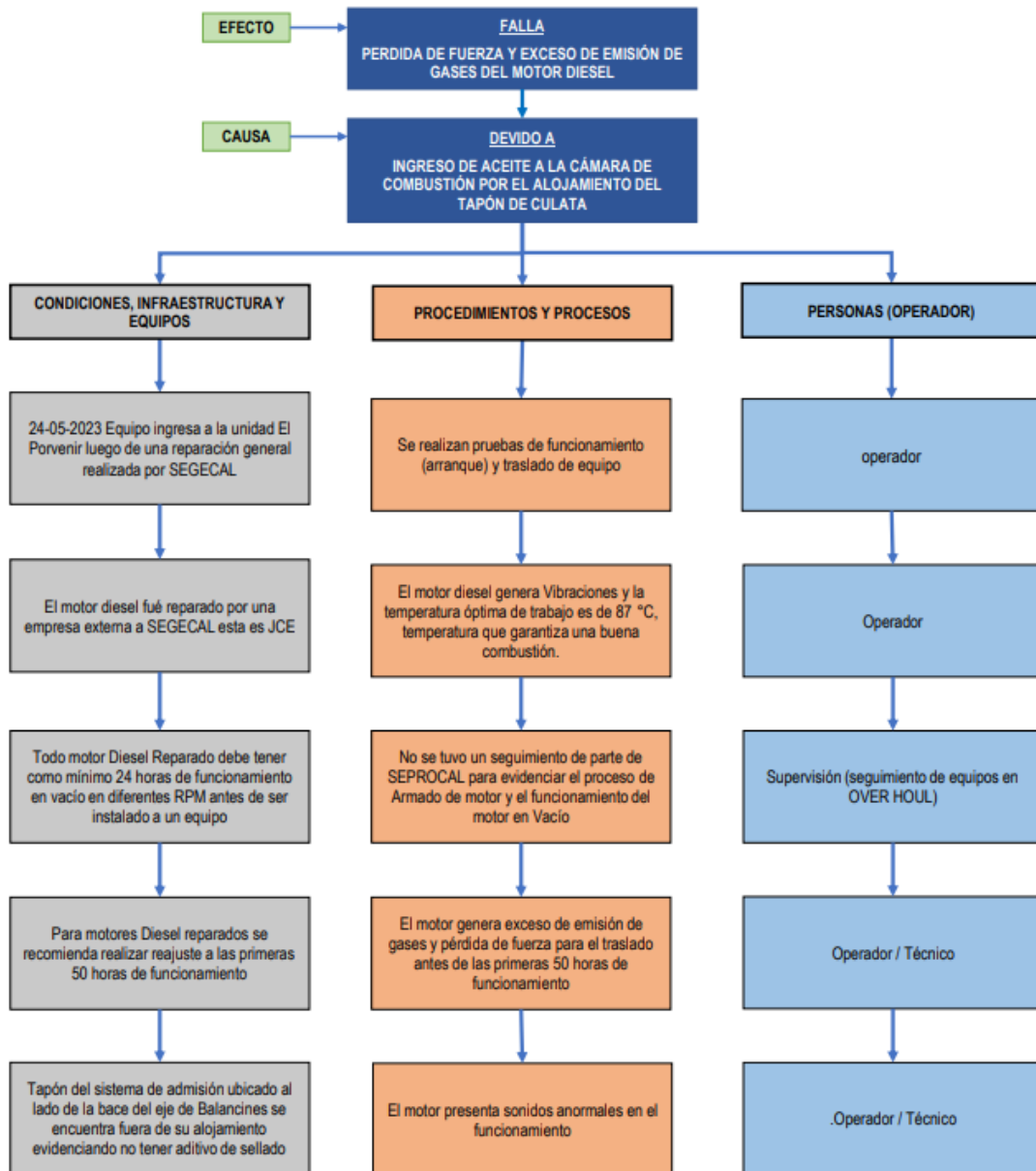


**Figura 32. Análisis de falla por Componente**  
Tomada de base de datos Seprocal – El porvenir



**Figura 33. Análisis de falla por Componente**  
Tomada de base de datos Seprocal – El porvenir

**Tabla 17. Análisis causa raíz**



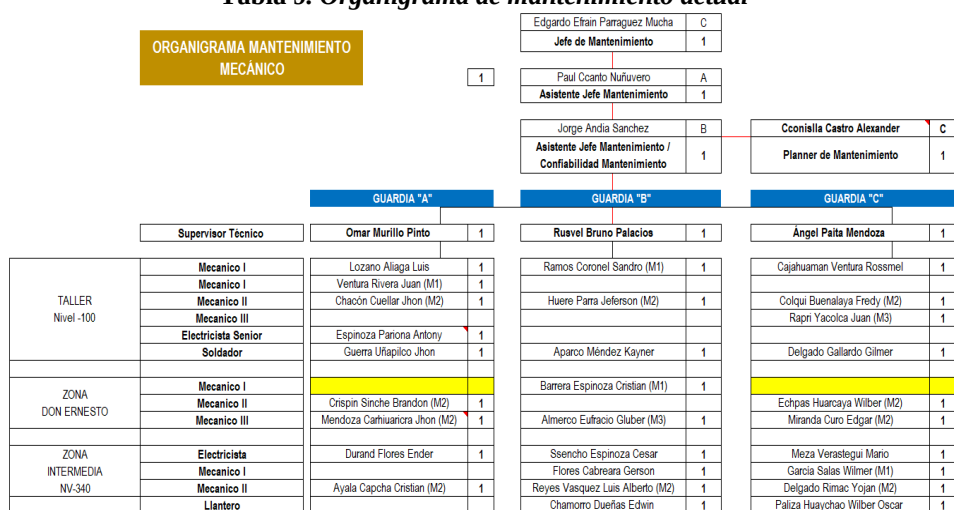
Se realizó los siguientes ACR de las siguientes fallas:

- Fisura en viga de avance de perforadora.
- Rotura de diferencial de Bolter
- Rotura de link de soporte de viga
- Falla prematura de perforadora
- Falla prematura de motor diésel
- Rotura de alabes de ventilador del motor diésel
- Rotura de cilindro de avance
- Rotura de cilindro de basculación
- Caja de transmisión

- **Personal de mantenimiento**

Se evidenció que los recursos de la mano de obra (personal técnico) no eran lo suficiente para cubrir la atención, esta falta de personal hacía de que el personal asignado a realizar mantenimientos preventivos tenía que dejar el mantenimiento para atender problemas suscitados a otros equipos. Debido a este caso los mantenimientos no se realizaban al 100%, por lo cual se llegó a implementar el área de mantenimiento con personal técnico mecánico como electricista, se adjunta el organigrama de mantenimiento en la unidad el Porvenir de la empresa Seprocal.

**Tabla 9. Organigrama de mantenimiento actual**



- **Cartillas de mantenimiento**

Se procede a realizar las cartillas de mantenimiento, las cuales servirán para llevar un control sobre las actividades realizadas, el tipo de mantenimiento realizado, que repuestos se usan, que trabajos pendientes se tiene y cuál es el motivo, se apunta quienes realizaron el trabajo, se toma en cuenta las horas de trabajo, se muestra imagen de la cartilla de mantenimiento preventivo del jumbo de 125 horas.

**Tabla 10. Cartilla de mantenimiento Jumbos**

|          |                 |                                                     |  |                                                                                     |  |
|----------|-----------------|-----------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Código:  | FM-MTTO-000-003 | <b>FORMATO</b>                                      |  |  |  |
| Fecha:   | 01/07/23        | <b>CARTILLA DE MANTENIMIENTO - JUMBO BOOMER S1D</b> |  |                                                                                     |  |
| Versión: | 002             | Pag 01 de 02                                        |  |                                                                                     |  |

| HOJA DE RUTA MP1 / MP3 / MP5 / MP7 -- 125 HORAS SISTEMA ELECTRICO |   |             |                      |   |                |
|-------------------------------------------------------------------|---|-------------|----------------------|---|----------------|
| Código:                                                           | : | BOOMER      | Fecha de Inicio:     | : | ____/____/____ |
| Descripción:                                                      | : | ATLAS COPCO | Fecha de Término:    | : | ____/____/____ |
| Marca:                                                            | : | S1D         | Horómetro diesel:    | : | ____ Hr.       |
| Modelo:                                                           | : |             | Horómetro Eléctrico: | : | ____ Hr.       |
| N° de serie del equipo:                                           | : |             | Horómetro Percusión: | : | ____ Hr.       |
| Marca de motor:                                                   | : | DEUTZ       | Horómetro Compresor: | : | ____ Hr.       |
| N° de Serie del Motor:                                            | : |             |                      | : |                |

| Item | Descripción                       | Atlas Copco | Alternativo 1 | Alternativo 2 | Cantidad | Unidad |
|------|-----------------------------------|-------------|---------------|---------------|----------|--------|
| 01   | Filtro de Compresor               | 1503018900  | P600951       |               | 1.0      | UND    |
| 02   | Mobil Delvac MX 15W40 (Compresor) |             |               |               | 0.3      | GL     |

| N° B*              | TRABAJO A REALIZAR                                                                                    | TIEMPO | OBSERVACIONES |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------------|
| <b>SEGURIDAD</b>   |                                                                                                       |        |               |
| ( )                | Revisar Estado de Extintor                                                                            |        |               |
| ( )                | Revisar cinta reflectiva                                                                              |        |               |
| ( )                | Revisar conos de seguridad                                                                            |        |               |
| <b>GENERAL</b>     |                                                                                                       |        |               |
| ( )                | Inspeccionar pernos y tuercas en general                                                              |        |               |
| ( )                | Inspeccionar mangueras en general                                                                     |        |               |
| <b>PERFORADORA</b> |                                                                                                       |        |               |
| ( )                | Inspeccionar shank adapter (recalentamiento, rosca)                                                   |        |               |
| ( )                | Verificar salida de aire y aceite por el shank y guía delantera                                       |        |               |
| ( )                | Inspeccionar y/o cambiar sellos de agua                                                               |        |               |
| ( )                | Verificar torque de pernos anclaje                                                                    |        |               |
| ( )                | Controlar la presión de aire de lubricación en la perforadora ( 2 a 3 bar )                           |        |               |
| ( )                | Verificar torque tuercas de pernos tirantes (300 Nm - 220 Lbs/pie)                                    |        |               |
| ( )                | Comprobar y/o recargar acumuladores ( 90 Bar alta) (25 Bar - Baja), cambiar diafragma si es necesario |        |               |
| ( )                | Inspeccionar fuga de aceite por tapon de acumulador de retorno                                        |        |               |
| ( )                | Controlar la temperatura de funcionamiento ( 20 a 150 °C )                                            |        |               |
| ( )                | Controlar nivel de aceite de lubricación de perforadora                                               |        |               |

- Se detalla las cartillas de mantenimiento usados en la empresa Seprocal:
- Cartilla de Jumbo mantenimiento preventivo de 125 horas
  - Cartilla de Jumbo mantenimiento preventivo de 250 horas
  - Cartilla de Jumbo mantenimiento preventivo de 500 horas
  - Cartilla de Jumbo mantenimiento preventivo de 1000 horas
  - Cartilla de Bolter mantenimiento preventivo de 125 horas
  - Cartilla de Bolter mantenimiento preventivo de 250 horas
  - Cartilla de Bolter mantenimiento preventivo de 500 horas
  - Cartilla de Bolter mantenimiento preventivo de 1000 horas

#### • Chek list de equipos

Se procede a realizar los chek list de los equipos a nuestro cargo:

- Check list de Bolter
- Check list de jumbo
- Inspección de llantas

**Tabla 20. Check list diario**

|                                                                                   |                                                                      |  |  |               |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--|--|---------------|--------------|
|  | <b>CHECK LIST DIARIO DE BOLTER</b><br>DOCUMENTO DE GESTION SEGURIDAD |  |  | Código:       | OPS-OP-RG-04 |
|                                                                                   |                                                                      |  |  | Actualización | 1/09/2023    |
|                                                                                   |                                                                      |  |  | Versión:      | Ver. 002     |

|               |  |  |  |                   |     |       |
|---------------|--|--|--|-------------------|-----|-------|
| FECHA         |  |  |  | TURNO             | Día | Noche |
| N° Equipo     |  |  |  | Area de trabajo   |     |       |
| Operador      |  |  |  | Horometro Inicial |     |       |
| N° de permiso |  |  |  | Horometro Final   |     |       |

|                            |      |     |     |
|----------------------------|------|-----|-----|
| Condicion de Equipo (nota) | Bien | Mal | N/A |
|----------------------------|------|-----|-----|

NOTA: EL EQUIPO NO TRABAJA SI ALGUN PUNTO ESTÁ MARCADO COMO CRITICO

| 1 NIVELES                            | Observacion |
|--------------------------------------|-------------|
| Aceite de motor                      |             |
| Aceite hidraulico                    |             |
| Aceite de Comprensora                |             |
| Aceite de Lubricacion de perforadora |             |
| Refrigerante de Motor                |             |
| Combustible                          |             |

| 2. ENGRASE                                                  | Observacion |
|-------------------------------------------------------------|-------------|
| Pines y bocinas de direccion y brazo                        |             |
| Pines y bocinas de articulacion central / Cruzetas y cardan |             |
| Pines y bocinas linea perforación / apernado / Torreta      |             |
| Sistema de lubricación automática                           |             |

| 3. MANOMETROS Y COMPONENTES          | Observacion |
|--------------------------------------|-------------|
| Presion de aceite de motor           |             |
| Temperatura de aceite del motor      |             |
| Temperatura de refrigerante de motor |             |
| Contador de horas                    |             |
| Tablero de control 440V (Voltmetro)  |             |
| Goma de apoyo                        |             |
| Centralizadores                      |             |
| Cadena de Avance                     |             |
| Fajas de alternador / ventilador     |             |
| Presión de aire / agua               |             |
| Cilindros Estabilizadores            |             |

- Herramientas**

Se realiza el listado de herramientas necesarias para el área de mantenimiento, en el cual se debe de tener herramientas para el taller y también herramientas para cada uno de los técnicos mecánicos y técnicos electricistas, así mismo el llantero debe tener sus propias herramientas de trabajo.



- **Control de componentes mayores**

Se realizó en control de componentes mayores, donde se tiene registrado a los principales componentes de los equipos, teniendo la fecha de servicio, el horómetro al cual se realizó el cambio, se actualiza el horómetro actual, se tiene el horómetro de reparación y la vida útil del equipo, se adjunta la imagen del control de componentes desarrollado.

**Tabla 23. Control de componentes mayores**

| EQUIPO   | Jumbo 03               |         | CONTROL DE COMPONENTES MAYORES |           |           |                |                          |           |        |        |        |        |
|----------|------------------------|---------|--------------------------------|-----------|-----------|----------------|--------------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|
| CODIGO   | 2                      |         |                                |           |           |                |                          |           |        |        |        |        |
| CODIGO 1 | COMPONENTE 1           | TIPO H. | FECHA SERVICIO                 | H. CAMBIO | H. ACTUAL | H. ACUMULADA S | FRECUENCIA REP. / CAMBIO | VIDA UTIL | FECHA  | Dic-24 | Ene-25 | Feb-25 |
| BA2      | BOMBA DE AGUA          | E       | 3/07/2023                      | 179.5     | 1966.2    | 1786.7         | 2000                     | 2000      | Feb-25 |        |        |        |
| CTM2     | MOTOR HIDROSTATICO     | D       | 24/05/2023                     | 0.0       | 831.3     | 831.3          | 4000                     | 8000      | Oct-28 |        |        |        |
| MD2      | MOTOR DIESEL           | D       | 24/05/2023                     | 0.0       | 831.3     | 831.3          | 2000                     | 8000      | May-26 |        |        |        |
| MD2      | INYECTORES             | D       | 24/05/2023                     | 0.0       | 831.3     | 831.3          | 2000                     | 2000      | May-26 |        |        |        |
| MDR2     | ENFRIADOR ACEITE MOTOR | D       | 30/05/2024                     | 820.1     | 831.3     | 11.2           | 1000                     | 2000      | Mar-26 |        |        |        |
| CTR2     | CAJA REDUCTORA         | D       | 24/05/2023                     | 0.0       | 831.3     | 831.3          | 2000                     | 4000      | May-26 |        |        |        |
| DF2      | DIFERENCIAL FRONTAL    | D       | 24/05/2023                     | 0.0       | 831.3     | 831.3          | 2000                     | 8000      | May-26 |        |        |        |
| MDT2     | TURBO COMPRESOR        | D       | 24/05/2023                     | 0.0       | 831.3     | 831.3          | 2000                     | 4000      | May-26 |        |        |        |
| ME2      | MOTOR ELECTRICO        | E       | 24/05/2023                     | 0.0       | 1966.2    | 1966.2         | 4000                     | 8000      | Ene-26 |        |        |        |
| DP2      | DIFERENCIAL POSTERIOR  | D       | 24/05/2023                     | 0.0       | 831.3     | 831.3          | 2000                     | 8000      | May-26 |        |        |        |
| COE2     | COLECTOR               | E       | 24/05/2023                     | 0.0       | 1966.2    | 1966.2         | 2000                     | 4000      | Ene-25 |        |        |        |
| CT2      | BOMBA HIDROSTATICA     | D       | 24/05/2023                     | 0.0       | 831.3     | 831.3          | 4000                     | 8000      | Oct-28 |        |        |        |
| PE2      | PERFORADORA            | P1      | 29/02/2024                     | 1051.5    | 1333.62   | 282.1          | 400                      | 4000      | Feb-25 |        |        |        |
| UG2      | UNIDAD DE GIRO         | E       | 24/05/2023                     | 0.0       | 1966.2    | 1966.2         | 2000                     | 4000      | Ene-25 |        |        |        |
| BH2      | BOMBA HIDRAULICA       | E       | 13/12/2023                     | 1086.6    | 1966.2    | 879.6          | 2000                     | 4000      | Jul-25 |        |        |        |
| CE2      | CABLE GGC 440VAC       | E       | 24/05/2023                     | 0.0       | 1966.2    | 1966.2         | 2000                     | 2000      | Ene-25 |        |        |        |
| CO1      | COMPRESOR              | E       | 19/11/2023                     | 989.0     | 1966.2    | 977.2          | 2000                     | 8000      | Jul-25 |        |        |        |

- **Programa de mantenimiento preventivo**

Se realizó el programa de mantenimiento preventivo, en este cuadro va dando las alertas respectivas de cuántos días faltan para que llegue a su próximo mantenimiento, manda un aproximado con esto cuadro podemos controlar y programar los mantenimientos preventivos de los equipos según las horas de trabajo de los mismos, se adjunta la imagen de programa de mantenimiento preventivo.

Tabla 24. Programa de mantenimiento preventivo

| EQUIPO        | CODIGO | TIPO | HOROMETRO | FECHA SERVICIO | HOROMETRO | HORO ACTUAL | PROMEDIO HORAS | HORAS | DÍAS | FECHA      | PM PROG | HORAS PROG. | 30/12/2025 | 40/12/2025 | 50/12/2025 | 60/12/2025 | 70/12/2025 | 80/12/2025 | 90/12/2025 | 100/12/2025 | 120/12/2025 | 130/12/2025 | 140/12/2025 | 150/12/2025 | 160/12/2025 |
|---------------|--------|------|-----------|----------------|-----------|-------------|----------------|-------|------|------------|---------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Jumbo 04      | 1      | D    | MP7       | 16/11/2024     | 2832.5    | 2875.0      | 2.8            | 82.5  | 29   | 1/02/2025  | MP8     | 1000        |            |            |            |            |            |            |            |             |             |             |             |             |             |
| Jumbo 04      | 1      | E    | MP1       | 25/10/2024     | 4649.4    | 4799.8      | 5.3            | -25.4 | -5   | 29/12/2024 | MP2     | 250         |            |            |            |            |            |            |            |             |             |             |             |             |             |
| Jumbo 04      | 1      | P1   | MP8       | 25/10/2024     | 4324.3    | 4380.9      | 4.6            | -6.6  | -1   | 2/01/2025  | MP1     | 50          |            |            |            |            |            |            |            |             |             |             |             |             |             |
| Jumbo 05      | 1      | D    | MP5       | 7/11/2024      | 2254      | 2368.5      | 2.4            | 10.5  | 4    | 7/01/2025  | MP6     | 250         |            |            |            |            |            |            |            |             |             |             |             |             |             |
| Jumbo 05      | 1      | E    | MP5       | 2/12/2024      | 4830      | 4959.5      | 4.6            | -4.5  | -1   | 2/01/2025  | MP6     | 250         |            |            |            |            |            |            |            |             |             |             |             |             |             |
| Jumbo 05      | 1      | P1   | MP5       | 20/12/2024     | 3578.7    | 3609.5      | 3.2            | 19.2  | 6    | 9/01/2025  | MP6     | 300         |            |            |            |            |            |            |            |             |             |             |             |             |             |
| Bolter 04     | 1      | D    | MP2       | 19/08/2024     | 4488.9    | 4577.0      | 4.0            | 36.9  | 9    | 12/01/2025 | MP3     | 125         |            |            |            |            |            |            |            |             |             |             |             |             |             |
| Bolter 04     | 1      | E    | MP4       | 30/11/2024     | 6644.5    | 6688.7      | 4.2            | 80.8  | 19   | 22/01/2025 | MP5     | 125         |            |            |            |            |            |            |            |             |             |             |             |             |             |
| Bolter 04     | 1      | P1   | MP8       | 24/10/2024     | 1995.4    | 2018.2      | 2.2            | 27.2  | 12   | 15/01/2025 | MP1     | 50          |            |            |            |            |            |            |            |             |             |             |             |             |             |
| Bolter 05     | 1      | D    | MP3       | 16/12/2024     | 4334      | 4368.8      | 5.4            | 90.2  | 17   | 20/01/2025 | MP4     | 500         |            |            |            |            |            |            |            |             |             |             |             |             |             |
| Bolter 05     | 1      | E    | MP7       | 17/12/2024     | 6508.4    | 6552.1      | 6.8            | 81.3  | 12   | 15/01/2025 | MP8     | 1000        |            |            |            |            |            |            |            |             |             |             |             |             |             |
| Bolter 05     | 1      | P1   | MP4       | 17/12/2024     | 2065.5    | 2078.5      | 2.8            | 37.0  | 13   | 16/01/2025 | MP5     | 250         |            |            |            |            |            |            |            |             |             |             |             |             |             |
| Paus 06       | 1      | D    | MP6       | 19/11/2024     | 3033.9    | 3140.6      | 4.1            | 18.3  | 4    | 7/01/2025  | MP7     | 125         |            |            |            |            |            |            |            |             |             |             |             |             |             |
| Paus 06       | 1      | P1   | MP2       | 5/12/2024      | 495.6     | 506.7       | 1.2            | 8.9   | 7    | 10/01/2025 | MP3     | 48          |            |            |            |            |            |            |            |             |             |             |             |             |             |
| Scoop 06      | 1      | D    | MP8       | 27/12/2024     | 13919.1   | 13919.1     | 13.0           | 125.0 | 10   | 13/01/2025 | MP1     | 125         |            |            |            |            |            |            |            |             |             |             |             |             |             |
| Scoop 08      | 1      | D    | MP8       | 19/12/2024     | 7070.1    | 7130.2      | 12.5           | 64.9  | 5    | 8/01/2025  | MP1     | 125         |            |            |            |            |            |            |            |             |             |             |             |             |             |
| Manitou 04    | 1      | D    | MP7       | 8/08/2024      | 8715.4    | 8732.0      | 11.0           | 108.4 | 10   | 13/01/2025 | MP8     | 1000        |            |            |            |            |            |            |            |             |             |             |             |             |             |
| Manitou 05    | 1      | D    | MP4       | 16/12/2024     | 9108.3    | 9203.6      | 12.0           | 29.7  | 2    | 5/01/2025  | MP5     | 125         |            |            |            |            |            |            |            |             |             |             |             |             |             |
| Anfoloader 01 | 1      | D    | MP6       | 19/11/2024     | 4835      | 4968.2      | 3.6            | -8.2  | -2   | 1/01/2025  | MP7     | 125         |            |            |            |            |            |            |            |             |             |             |             |             |             |
| Anfoloader 01 | 1      | E    | MP3       | 15/12/2024     | 3382.9    | 3418.6      | 2.2            | 89.3  | 41   | 13/02/2025 | MP4     | 500         |            |            |            |            |            |            |            |             |             |             |             |             |             |
| Anfoloader 01 | 1      | C    | MP7       | 9/11/2024      | 927       | 1008.2      | 2.0            | 43.8  | 22   | 25/01/2025 | MP8     | 1000        |            |            |            |            |            |            |            |             |             |             |             |             |             |
| Anfoloader 02 | 1      | D    | MP3       | 10/12/2024     | 4439      | 4492.0      | 2.6            | 72.0  | 28   | 31/01/2025 | MP4     | 500         |            |            |            |            |            |            |            |             |             |             |             |             |             |
| Anfoloader 02 | 1      | E    | MP6       | 29/11/2024     | 2735.1    | 2795.5      | 3.3            | 64.6  | 20   | 23/01/2025 | MP7     | 125         |            |            |            |            |            |            |            |             |             |             |             |             |             |
| Anfoloader 02 | 1      | C    | MP5       | 9/11/2024      | 1666.2    | 1753.4      | 2.2            | 37.8  | 17   | 20/01/2025 | MP6     | 250         |            |            |            |            |            |            |            |             |             |             |             |             |             |
| Anfoloader 03 | 1      | D    | MP3       | 8/07/2024      | 3387      | 3428.0      | 2.2            | 84.0  | 38   | 10/02/2025 | MP4     | 500         |            |            |            |            |            |            |            |             |             |             |             |             |             |

## • Back Log

Se realiza el back log de los equipos o trabajos pendientes, en el cual se realiza por sistemas de cada equipo, se digita el trabajo pendiente al cual se va haciendo seguimiento, primero del repuesto necesario para el mantenimiento correctivo y luego si ya ha sido ejecutado, también se puso el costo del repuesto, se adjunta la imagen respectiva del back log realizado.

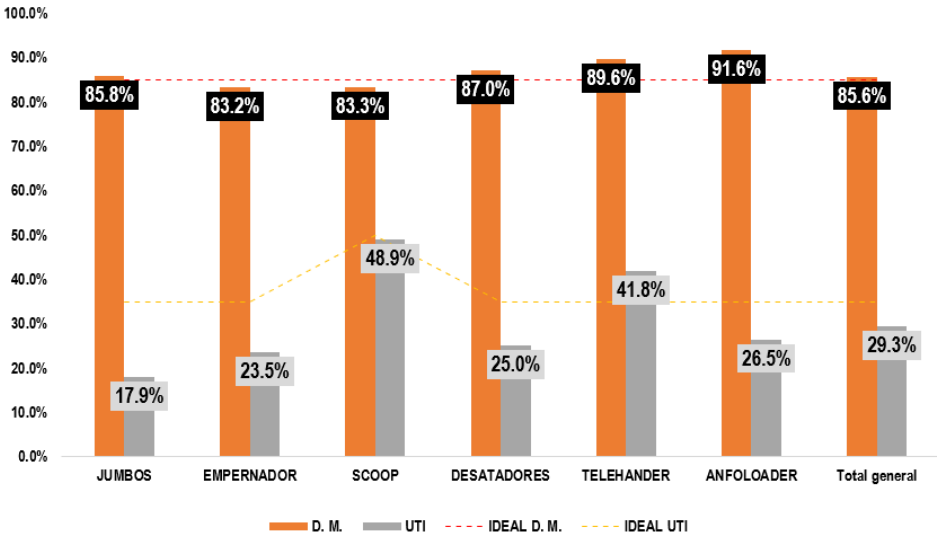
Tabla 12. Back log

| STATUS EQUIPOS UNIDAD EL PORVENIR |            |               |                                                                |                      |                |             |
|-----------------------------------|------------|---------------|----------------------------------------------------------------|----------------------|----------------|-------------|
| SISTEMA                           | FECHA      | ID ORDEN      | TRABAJO PENDIENTE (JOBS LOG)                                   | ESTADO REQUERIMIENTO | STATUS BACKLOG | TOTAL USD   |
| AGUA- AIRE                        | 1/01/2024  | BL-SEP-24-001 | CAMBIO DE VALVULA BARRIDO DE AGUA                              | DISPONIBLE           | PENDIENTE      | \$ 662.5    |
|                                   | 29/03/2024 | BL-SEP-24-086 | CAMBIO DE VALVULA SOLENOIDE DE BARRIDO AGUA                    | DISPONIBLE           | EJECUTADO      | \$ 662.5    |
|                                   | 4/12/2024  | BL-SEP-24-322 | CAMBIO DE BOMBA DE AGUA                                        | EN PROCESO           | PENDIENTE      | \$ 580.5    |
|                                   |            | BL-SEP-24-323 | SERVICIO DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE LA UNIDAD DE GIRO    | SOLICITAR            | PENDIENTE      | \$ -        |
| BRAZO                             | 13/01/2024 | BL-SEP-24-018 | CAMBIO DE PORTACENTRALIZADOR FRONTAL DE VIGA                   | DISPONIBLE           | EJECUTADO      | \$ 1,500.0  |
|                                   |            | BL-SEP-24-019 | CAMBIO DE PORTACENTRALIZADOR FRONTAL                           | DISPONIBLE           | EJECUTADO      | \$ 3,470.0  |
|                                   | 19/09/2024 | BL-SEP-24-214 | SERVICIO DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE PERFORADORA COP 1838 | EN PROCESO           | EJECUTADO      | \$ 16,990.0 |
|                                   | 23/10/2024 | BL-SEP-24-266 | CAMBIO DE PERNOS DE MOTOR DE ROTACIÓN DE PERFORADORA           | EN PROCESO           | EJECUTADO      | \$ 155.2    |
| ELECTRICO                         | 27/10/2024 | BL-SEP-24-271 | SERVICIO DE REPARACION DE BRAZO COMPLETO                       | EN PROCESO           | EJECUTADO      | \$ 39,472.5 |
|                                   | 18/04/2024 | BL-SEP-24-114 | SERVICIO DE REPARACIÓN DE ALTERNADOR                           | DISPONIBLE           | EJECUTADO      | \$ 360.9    |
|                                   | 5/08/2024  | BL-SEP-24-169 | SERVICIO DE REPARACION DE ARRANCADOR                           | DISPONIBLE           | EJECUTADO      | \$ 409.8    |
|                                   | 8/09/2024  | BL-SEP-24-205 | CAMBIO DE BATERÍAS                                             | DISPONIBLE           | EJECUTADO      | \$ 380.4    |
| ESTRUCTURA                        | 15/10/2024 | BL-SEP-24-261 | CAMBIO DE BOBINA                                               | DISPONIBLE           | EJECUTADO      | \$ 90.0     |
|                                   | 4/04/2024  | BL-SEP-24-092 | SERVICIO DE REPARACION CILINDRO DE VASCULACIÓN.                | EN PROCESO           | EJECUTADO      | \$ 680.0    |
|                                   | 6/07/2024  | BL-SEP-24-149 | SERVICIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE SISTEMA ANSUL          | EN PROCESO           | EJECUTADO      | \$ 2,936.8  |
|                                   | 28/11/2024 | BL-SEP-24-311 | SERVICIO DE REPARACIÓN DE ESTABILIZADOR                        | SOLICITAR            | PENDIENTE      | \$ -        |
| HIDRAULICO                        | 6/02/2024  | BL-SEP-24-053 | CAMBIO DE CILINDRO DE VASCULACIÓN                              | DISPONIBLE           | EJECUTADO      | \$ 2,560.0  |
|                                   |            | BL-SEP-24-054 | SERVICIO DE REPARACION CILINDRO DE VASCULACIÓN.                | EN PROCESO           | EJECUTADO      | \$ 680.0    |
|                                   | 11/04/2024 | BL-SEP-24-098 | SERVICIO DE REPARACIÓN DE BOMBA POWER PACK                     | DISPONIBLE           | EJECUTADO      | \$ 2,999.9  |
|                                   | 18/04/2024 | BL-SEP-24-102 | SERVICIO DE REPARACION CILINDRO DE VASCULACIÓN.                | DISPONIBLE           | EJECUTADO      | \$ 680.0    |
| TRANSMISIÓN                       | 5/09/2024  | BL-SEP-24-202 | SERVICIO DE REPARACIÓN DE BOMBA HIDRÁULICA                     | DISPONIBLE           | EJECUTADO      | \$ 3,502.6  |
|                                   | 12/06/2024 | BL-SEP-24-128 | CAMBIO DE LLANTAS POSTERIORES P3 - P4                          | DISPONIBLE           | EJECUTADO      | \$ 2,080.0  |
| Total general                     |            |               |                                                                |                      |                | \$ 80,853.7 |

## • Indicadores de mantenimiento

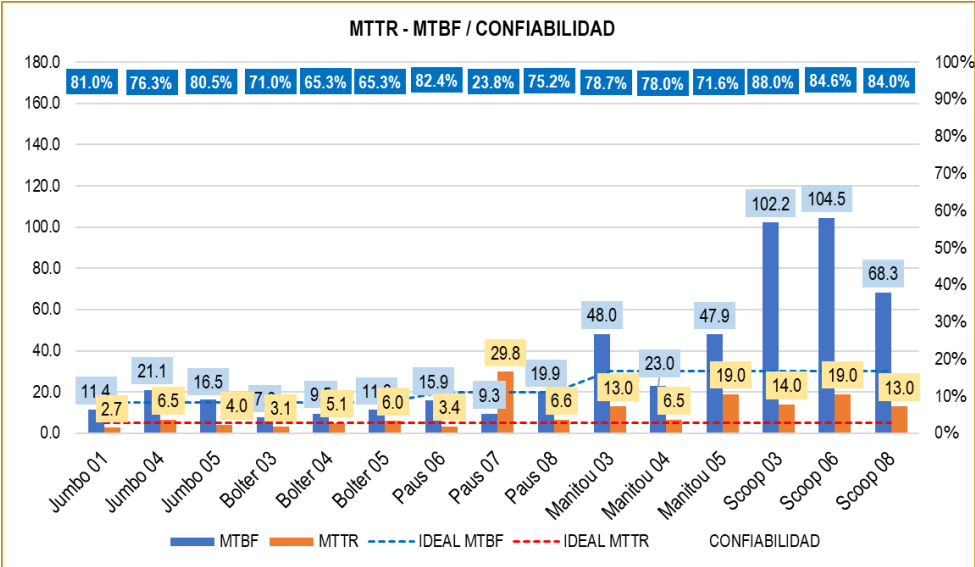
Se realizó los indicadores con los que se va a trabajar en la empresa Seprocal, teniendo como principal indicador a la disponibilidad mecánica (DM), el otro indicador que nos sirve para

saber cuan continuo está trabajando el equipo y cuantas horas está siendo utilizado el equipo este indicador es la utilización (UTI), adjunto la imagen de estos dos indicadores dentro de la empresa.



**Figura 34. Disponibilidad mecánica**  
Tomada de base de datos Seprocal – El porvenir

Los otros dos indicadores son el tiempo medio entre fallas (MTBF) y el tiempo medio entre reparaciones (MTTR), en el siguiente cuadro podemos observar estos indicadores de cada uno de los equipos de la empresa Seprocal.



**Figura 35. MTTR – MTBF**  
Tomada de base de datos Seprocal – El porvenir

- **Filtros y consumibles**

Implementación de cuadros Excel para proyectar el consumo de filtros y componentes consumibles, este cuadro sirve también para realizar los pedidos mensuales, de esta manera los componentes no se repiten y no quedan como inmovilizados. Del mismo modo facilita el pedido de componentes para realizar los mantenimientos preventivos por horas.

**Tabla 13. Proyección de consumibles de filtros**

| FLOTA         | JUMBOS                                      |  | PROYECCIÓN DE CONSUMO DE FILTROS |             |      |             |      |             |       |
|---------------|---------------------------------------------|--|----------------------------------|-------------|------|-------------|------|-------------|-------|
| EQUIPO        | (Varios elementos)                          |  |                                  |             |      |             |      |             |       |
| MODELO        | (Todas)                                     |  |                                  |             |      |             |      |             |       |
| COD. SIG      | DESCRIPCION                                 |  | 30 D                             | COSTO \$ 30 | 60 D | COSTO \$ 60 | 90 D | COSTO \$ 90 | STOCK |
| EQM0001262    | FILTRO DE AIRE PRIMARIO                     |  | 4                                | \$ 72.1     | 7    | \$ 144.1    | 11   | \$ 216.2    | 4     |
| EQM0001395    | FILTRO DE AIRE SECUNDARIO                   |  | 4                                | \$ 59.0     | 7    | \$ 118.1    | 11   | \$ 177.1    | 3     |
| EQM0001900    | FILTRO DE ACEITE MOTOR                      |  | 2                                | \$ 16.4     | 4    | \$ 32.7     | 5    | \$ 49.1     | 4     |
| EQM0002078    | FILTRO DE COMBUSTIBLE                       |  | 2                                | \$ 11.5     | 4    | \$ 23.0     | 5    | \$ 34.5     | 5     |
| EQM0005147    | FILTRO HIDRAULICO DE RETORNO                |  | 1                                | \$ 88.9     | 2    | \$ 177.8    | 3    | \$ 266.6    | 4     |
| EQM0005247    | FILTRO DE COMBUSTIBLE SEDAZO                |  | 2                                | \$ 182.0    | 4    | \$ 364.0    | 5    | \$ 546.0    | 6     |
| EQM0007384    | O-RING DE TAPA DE FILTRO HIDRAULICO IN      |  | 1                                | \$ 14.8     | 2    | \$ 29.6     | 3    | \$ 44.5     | 6     |
| EQM0009079    | O-RING DE TAPA DE FILTRO HIDRAULICO         |  | 2                                | \$ 50.0     | 4    | \$ 100.0    | 5    | \$ 150.0    | 7     |
| EQM0013885    | RESPIRADERO DE TANQUE HIDRAULICO            |  | 1                                | \$ 34.7     | 2    | \$ 69.3     | 3    | \$ 104.0    | 5     |
| EQM0014026    | FILTRO DE ACEITE DE TRANSMISION             |  | 1                                | \$ 111.7    | 2    | \$ 223.3    | 3    | \$ 335.0    | 5     |
| EQM0014027    | TAMIZ, CIERRE, JUNTA TORICA                 |  | 2                                | \$ 155.5    | 4    | \$ 311.0    | 5    | \$ 466.5    | 4     |
| EQM0014028    | FILTRO DE RECIRCULACIÓN DE CABINA           |  | 4                                | \$ 156.8    | 7    | \$ 313.7    | 11   | \$ 470.5    | 4     |
| EQM0014029    | FILTRO AIRE FRESCO DE CABINA                |  | 4                                | \$ 278.8    | 7    | \$ 557.7    | 11   | \$ 836.5    | 4     |
| EQM0014030    | FILTRO DE EVAPORADOR AIRE ACONDICIONADO     |  | 4                                | \$ 597.9    | 7    | \$ 1,195.8  | 11   | \$ 1,793.7  | 4     |
| EQM0014031    | FILTRO AIRE DE COMPRESOR                    |  | 4                                | \$ 38.9     | 7    | \$ 77.9     | 11   | \$ 116.8    | 4     |
| EQM0014032    | FILTRO ACEITE COMPRESOR                     |  | 4                                | \$ 170.8    | 7    | \$ 341.7    | 11   | \$ 512.5    | 5     |
| EQM0014033    | FILTRO SEPARADOR DE ACEITE COMPRESOR        |  | 4                                | \$ 724.2    | 7    | \$ 1,448.4  | 11   | \$ 2,172.6  | 4     |
| (en blanco)   | FILTRO HIDRAULICO DE ALTA PRESION           |  | 1                                | \$ -        | 2    | \$ -        | 3    | \$ -        | 0     |
|               | SEAL KIT                                    |  | 1                                | \$ -        | 2    | \$ -        | 3    | \$ -        | 0     |
| EQM0011214    | GULF SUPREME DUTY ULE SAE 15W-40 (CIL 55GL) |  | 0                                | \$ 77.8     | 0    | \$ 155.6    | 0    | \$ 233.4    | 3     |
| EQM0012148    | ACEITE COMPRESOR RIF NDURANCE - 5 LITROS    |  | 4                                | \$ 184.4    | 7    | \$ 368.9    | 11   | \$ 553.3    | 0     |
| EQM0011219    | GULF HARMONY AW PLUS 68 (CIL 55GL)          |  | 0                                | \$ 226.6    | 1    | \$ 453.1    | 1    | \$ 679.7    | 0     |
| EQM0011299    | GULF GEAR MP SAE 80W-90 (CIL 55GL)          |  | 0                                | \$ 51.2     | 0    | \$ 102.4    | 0    | \$ 153.6    | 4     |
| Total general |                                             |  | 47                               | \$ 3,304.0  | 93   | \$ 6,608.1  | 140  | \$ 9,912.1  | 7     |

- **Análisis de aceite**

Se implementó el análisis de aceite para la flota de equipos donde se realiza el muestreo de aceite de los componentes del equipo como son: motor, mandos finales, diferenciales, caja de transmisión, convertidor y aceite hidráulico, esto se realiza cada 250 horas de trabajo.

Se realizó un procedimiento detallado para poder realizar el muestreo de aceite de cada uno de los componentes correctamente, se detalla en la siguiente tabla el procedimiento realizado en la empresa.

Tabla 27. *Pets muestra de aceite*

|                                                                                   |                           |  |                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--|--------------------------|
|  | PETS                      |  | CÓDIGO: PETS-MTTO-200-58 |
|                                                                                   | TOMA DE MUESTRA DE ACEITE |  | VERSIÓN: 00              |
|                                                                                   |                           |  | PÁGINA: 1 de 4           |

|                                                                                                         |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| <b>1. PERSONAL</b>                                                                                      |  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Técnico Mecánico I ó</li> <li>• Técnico Mecánico II</li> </ul> |  |  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                    |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>2. EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL</b>                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                    |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Casco de seguridad tipo jockey.</li> <li>• Barbiquejo.</li> <li>• Protector auditivo tipo orejeras.</li> <li>• Lentes de seguridad.</li> <li>• Respirador de O2 vías 3M</li> <li>• Overol con cinta reflectiva.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guantes de Showa.</li> <li>• Correa porta lámpara.</li> <li>• Auto rescatador.</li> <li>• Lámpara minera.</li> <li>• Botas de jebe metatarsal.</li> </ul> |  |

|                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>3. EQUIPO</b>                                                                                                                                                                               | <b>HERRAMIENTAS/ACCESORIOS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>MATERIALES</b>                                                                                                                                                  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipos JUMBOS</li> <li>• Equipos BOLTER</li> <li>• Equipos DESATADORES</li> <li>• Equipos SCOOP</li> <li>• Equipos TELEHANDER</li> <li>• </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartilla de mantenimiento del equipo.</li> <li>• Caja de herramientas para mecánicos.</li> <li>• Extractor de filtros</li> <li>• Bandejas</li> <li>• Bomba de Vacío.</li> <li>• Manguera de diámetro de 3/8"</li> <li>• Frascos para muestras</li> <li>• Etiquetas para frascos.</li> <li>• Conos de seguridad</li> <li>• Candados y tarjetas de bloqueo (tag out, lock out).</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aceites, grasa, desengrasante</li> <li>• Kit de filtros</li> <li>• Trapo industrial</li> <li>• Kit Antiderrame</li> </ul> |

Cada 250 horas de trabajo, se realiza el muestreo de aceites, se manda al laboratorio de monitoreo, esta empresa realiza la evaluación del aceite, tanto de las propiedades del aceite como de las partículas que aparecen en el aceite, en su reporte de análisis nos indica las condiciones fisicoquímicas, contaminantes externos, el contenido metálico, densidad ferrosa y metales de aditivo; además de sus recomendaciones finales, en la siguiente tabla se tiene el reporte del análisis.

Tabla 28. Reporte de análisis

LUBLAB 2.0

Laboratorio de Monitoreo  
de Aceites en Servicio  
lublab@isopetrol.com.pe

REPORTE DE ANALISIS

OPERACIONES SEPROCAL S.A.C.

**ISOpetrol**  
Especialistas en Lubricación

|                               |                    |                 | NORMAL                                  |
|-------------------------------|--------------------|-----------------|-----------------------------------------|
| CODIGO EQUIPO                 | EP-SEP-MA-05       | CODIGO ASIGNADO | 054635                                  |
| DESCRIPCION EQUIPO            | TELEHANDER         | FECHA MUESTREO  | 03/11/2023                              |
| MARCA EQUIPO                  | MANITOU            | FECHA RECEPCION | 11/12/2023                              |
| MODELO/SERIE EQUIPO           | MT X 1030 ST       | FECHA REPORTE   | 13/12/2023                              |
| CODIGO COMPONENTE             | EP-SEP-MA-05-MOTOR | LUBRICANTE      | GULF SUPREME DUTY ULE<br>SAE 15W-40 CK4 |
| DESCRIPCION COMPONENTE        | MOTOR              |                 |                                         |
| MODELO/SERIE COMPONENTE       | NO INDICA          | SAE O ISO       | 15W-40                                  |
| MARCA COMPONENTE              | PERKINS            | HR ACEITE       | 185.00                                  |
| CAPACIDAD TANQUE ACEITE (gal) | 4.50               | KM ACEITE       | -                                       |
| VOLUMEN DE RELLENO (gal)      | 0.00               | HR EQUIPO       | 5767.90                                 |
| FRECUENCIA DE RELLENO         | OTROS              | KM EQUIPO       | -                                       |

|                                           |                         | ENSAYOS | METODOS    | RESULTADOS |
|-------------------------------------------|-------------------------|---------|------------|------------|
| <b>CONDICIONES FISICOQUÍMICAS</b>         |                         |         |            |            |
|                                           | Viscosidad a 100°C, cSt |         | ASTM D7279 | 14.49      |
|                                           | Oxidación, A/cm         |         | ASTM E2412 | 8.06       |
|                                           | Nitración, A/cm         |         | ASTM E2412 | 9.06       |
|                                           | Sulfatación, A/cm       |         | ASTM E2412 | 0          |
|                                           | Número Básico, mg KOH/g |         | ASTM D2896 | 8.8        |
| <b>CONTAMINANTES EXTERNOS</b>             |                         |         |            |            |
|                                           | Hollín, A/cm            |         | ASTM E2412 | 23.44      |
|                                           | Agua, % peso            |         | ASTM E2412 | 0          |
|                                           | Glicol, % peso          |         | ASTM E2412 | 0          |
|                                           | Diluyente, % peso       |         | ASTM E2412 | 0          |
|                                           | Silicio, ppm            |         | ASTM D6595 | 5          |
|                                           | Sodio, ppm              |         | ASTM D6595 | 5          |
| <b>CONTENIDO METÁLICO</b>                 |                         |         |            |            |
|                                           | Aluminio, ppm           |         | ASTM D6595 | 2          |
|                                           | Cobre, ppm              |         | ASTM D6595 | 0          |
|                                           | Cromo, ppm              |         | ASTM D6595 | 0          |
|                                           | Hierro, ppm             |         | ASTM D6595 | 6          |
|                                           | Plomo, ppm              |         | ASTM D6595 | 0          |
|                                           | Estaño, ppm             |         | ASTM D6595 | 0          |
|                                           | Níquel, ppm             |         | ASTM D6595 | 0          |
|                                           | Cadmio, ppm             |         | ASTM D6595 | 0          |
|                                           | Vanadio, ppm            |         | ASTM D6595 | 0          |
|                                           | Plata, ppm              |         | ASTM D6595 | 0          |
| <b>DENSIDAD FERROSA</b>                   |                         |         |            |            |
|                                           | PQ Index                |         | ASTM D8184 | 8          |
| <b>METALES DE ADITIVO (REFERENCIALES)</b> |                         |         |            |            |
|                                           | Calcio, ppm             |         | ASTM D6595 | 1543       |
|                                           | Fósforo, ppm            |         | ASTM D6595 | 667        |
|                                           | Zinc, ppm               |         | ASTM D6595 | 885        |
|                                           | Magnesio, ppm           |         | ASTM D6595 | 539        |
|                                           | Boro, ppm               |         | ASTM D6595 | 56         |
|                                           | Bario, ppm              |         | ASTM D6595 | 0          |
| <b>OTROS METALES</b>                      |                         |         |            |            |
|                                           | Titanio, ppm            |         | ASTM D6595 | 0          |
|                                           | Molibdeno, ppm          |         | ASTM D6595 | 1          |
|                                           | Manganeso, ppm          |         | ASTM D6595 | 1          |

**COMENTARIOS**

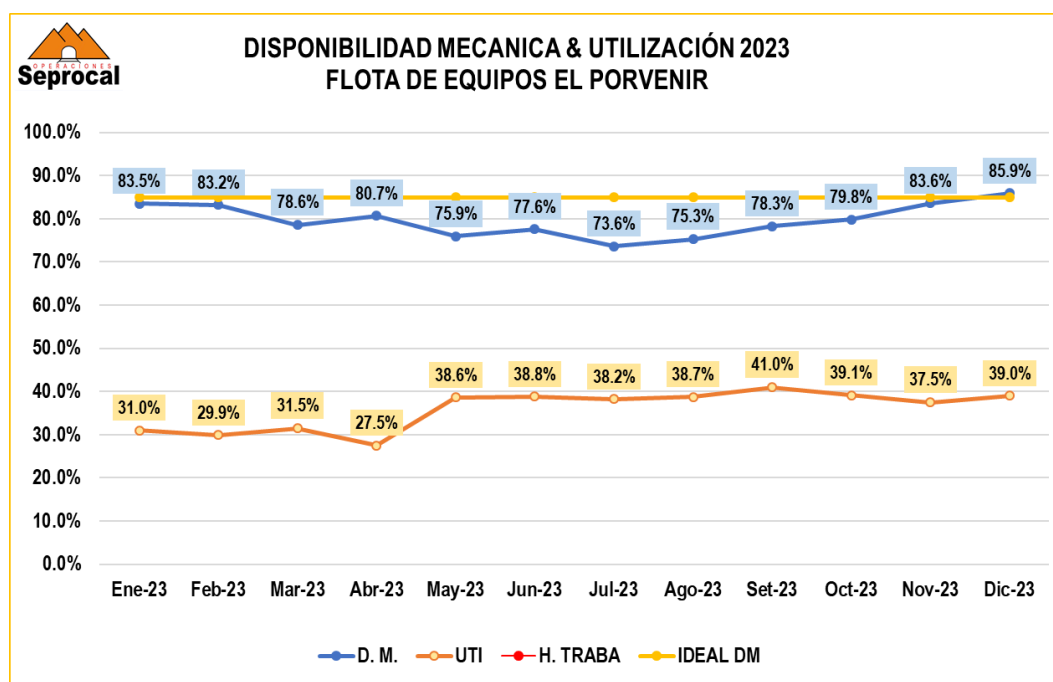
Los resultados evaluados están en valores permisibles para el lubricante en servicio. Continuar monitoreando el lubricante para evaluar cambios en las tendencias.

- **Disponibilidad**

El último mes de la implementación se pudo evidenciar que sube este indicador gradualmente, para fines de noviembre se incrementó la disponibilidad en 10%, para finalizar el año 2023 se incrementó otros 2.3% adicionales, se muestra la siguiente tabla con la disponibilidad anual.

**Tabla 9. Disponibilidad mecánica**

| MES            | D. M. | UTI   | H. TRABA | IDEAL DM |
|----------------|-------|-------|----------|----------|
| Enero 2023     | 83.5% | 31.0% | 3456.2   | 85.0%    |
| Febrero 2023   | 83.2% | 29.9% | 3015.2   | 85.0%    |
| Marzo 2023     | 78.6% | 31.5% | 3516.3   | 85.0%    |
| Abril 2023     | 80.7% | 27.5% | 2967.4   | 85.0%    |
| Mayo 2023      | 75.9% | 38.6% | 3370.7   | 85.0%    |
| Junio 2023     | 77.6% | 38.8% | 3507.7   | 85.0%    |
| Julio 2023     | 73.6% | 38.2% | 3474.0   | 85.0%    |
| Agosto 2023    | 75.3% | 38.7% | 3346.8   | 85.0%    |
| Setiembre 2023 | 78.3% | 41.0% | 3203.8   | 85.0%    |
| Octubre 2023   | 79.8% | 39.1% | 3019.4   | 85.0%    |
| Noviembre 2023 | 83.6% | 37.5% | 2608.3   | 85.0%    |
| Diciembre 2023 | 85.9% | 39.0% | 2859.9   | 85.0%    |



**Figura 36. Disponibilidad mecánica 2023**  
Tomada de base de datos Seprocal – El porvenir

## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS**

#### **5.1. Resultados finales de las actividades realizadas**

A continuación, se detallarán los resultados obtenidos en el presente trabajo de suficiencia profesional.

- Implementación de una base de datos funcional en formato Excel para los equipos de la empresa Operaciones Seprocal. Esta base de datos detalla las actividades diarias realizadas a los equipos por parte del área técnica, resume bajo tablas dinámicas el estatus en horas de trabajo de todos los componentes mayores y la proyección de cambio en cada equipo, proyecta mantenimientos preventivos semanal y mensualmente, se tiene control de componentes menores y consumibles, procesa información del estado de trabajos pendientes en cada equipo (Back Log); procesa información de indicadores de gestión tales como disponibilidad mecánica, utilización, MTTR y MTBF por flota y por equipo en diferentes fechas, procesa información para el análisis de causa raíz (ACR) detallando sistemas, sub sistemas, componentes y la causa del problema suscitado. Del mismo modo procesa el consumo de lubricantes y el consumo de mangueras hidráulicas.
- Implementación de cuadros Excel para proyectar el consumo de filtros y componentes consumibles, este cuadro sirve también para realizar los pedidos mensuales, de esta manera los componentes no se repiten y no quedan como inmovilizados. Del mismo modo facilita el pedido de componentes para realizar los mantenimientos preventivos por horas.
- Implementación de formatos para el análisis de causa raíz, este formato posee la cualidad de realizar el análisis con el concepto de efecto y causa, estos a su vez toman 3 criterios que son condiciones e infraestructura, este primer criterio busca identificar si alguna de las causas del accidente se debe a las condiciones de trabajo (iluminación, herramientas, zona

de trabajo) o infraestructura (taller, rampa, galería y otros); El segundo criterio procedimientos y procesos, Describe si la tarea que se estaba ejecutando y sucedió el accidente cuenta con un procedimiento escrito de trabajo o si por los usos y costumbres se puede inducir como debió procederse. Muestra si se tenía la Supervisión adecuada según los procedimientos; El tercer criterio Personas, Se enfoca en el actuar del personal en el accidente, también describe su experiencia, capacitaciones y récord de accidentabilidad o algún hecho relevante.

- Implementación de cuadros para la designación de sistemas, subsistemas y componentes. Esta designación ayudó bastante a definir los problemas que más incidencias presentaba cada equipo, de esta manera se tomaron acciones para la intervención y solución de problemas.
- Implementación de herramientas de planificación para los programas de reparación en toda la flota de equipos. Esta implementación se dio en un tiempo promedio de 03 meses; luego de realizar el análisis de incidencias a cada equipo; se procedió a realizar diagramas de Gantt donde especificaban las tareas, el tiempo de ejecución y el personal técnico necesario para la ejecución de cada trabajo.
- Implementación de equipos y herramientas de precisión. Uno de los problemas que presentaba el personal técnico era la falta de certeza para el diagnóstico de fallas, la mayoría de los técnicos asumía diagnósticos que en muchas veces eran erróneos, esta situación llevó a incrementar la compra de componentes y a almacenar componentes no usados en los almacenes del contrato, provocando de que estos componentes pasen a ser componentes inmovilizados.
- Se modificaron todos los formatos de mantenimiento preventivo. Fue necesario actualizar los formatos de mantenimiento ya que las tareas no aplicaban a la marca ni al modelo del equipo que se tenía en operación, asumiendo de que estos formatos fueron copia de otra marca de equipos y de otras empresas del mismo rubro.
- Se establecieron flujogramas para la atención de urgencias. No se tenía claro que hacer en una situación de incidencia a problemas donde un equipo quedaba inoperativo, en la mayoría de las situaciones esto hacía que se solicitaran componentes erróneos provocando que los plazos de envío sean entre 04 a 07 días estas demoras provocaban que el equipo prolongue su inoperatividad.

- Se estableció la definición de componentes en Almacén. El almacén de la unidad contaba con un Stock elevado de repuestos debido a que el área de planeamiento realizaba los pedidos sin catalogar los componentes.
- Se estandarizó la asignación de herramientas para todo el personal técnico según la especialidad. Los técnicos mecánicos y electricistas no poseían una lista estándar de herramientas, solo se les entregaban herramientas básicas como llaves mixtas, destornilladores alicates entre otros, adicional a esto las herramientas que poseían ya tenían un periodo de antigüedad mayor a 02 años. Y no los renovaban; esto también fue uno de los motivos para que el personal presente periodos extensos de reparación porque no contaban con la cantidad y la herramienta indicada.

## **5.2. Logros alcanzados**

Los logros alcanzados en el área de mantenimiento mecánico de la empresa Operaciones Seprocal se dieron en 04 Aspectos

### **5.2.1. Logros a nivel corporativo.**

La gerencia de mantenimiento mecánico Lima y la gerencia de proyectos Lima Lograron conocer la situación real que aquejaba el contrato de El Porvenir. Gracias a esto se logró gestionar muchas propuestas de solución ante los problemas.

### **5.2.2. Logros a nivel contrato.**

- Se logró culminar y estandarizar la base de datos en el formato excel, a partir de esto se llegó a capacitar a 07 personas para poder procesar y presentar los indicadores KPIs, status de componentes, programas de mantenimiento, trabajos pendientes, entre otros.
- Se logró tener una data confiable para la solicitud y seguimiento del consumo de filtros y lubricantes y se evitó solicitar filtros repetitivamente.
- Se logro estandarizar y capacitar en un nuevo formato de ACR las incidencias a equipos ante un problema, bajo este formato los compromisos y planes adaptados por cada área evitaron suceda nuevamente el problema.
- A partir de la definición de sistemas y componentes se lograron realizar interpretaciones y análisis más detallados de todos los problemas suscitados. Esta información se estandarizó para las presentaciones semanales.

- Se logro culminar con todos los trabajos del programa de reparaciones utilizando componentes que tenían más de 180 días de inmovilizados.
- Se logro cumplir con los trabajos de mantenimiento preventivo según recomendaciones del fabricante, gracias a la modificación de tareas en los formatos de mantenimiento.

### **5.2.3. Logros a nivel técnico.**

- A nivel técnico se lograron tener diagnósticos de fallas más precisas gracias a la asignación de herramientas de precisión a cada guardia.
- Se logro realizar la renovación de herramientas a todos los técnicos de la unidad en un plazo de 6 meses.

### **5.2.4. Logros a nivel personal.**

- Luego de que se implementaron los planes de acción como estrategias de mantenimiento logre comprobar que toda información bien detallada dirigida a una gerencia asume como resultado un respaldo integro.

## **5.3. Dificultades encontradas**

- Como en toda organización las dificultades que se tuvo en este proceso fue la resistencia al cambio de parte del área técnica y el área de operaciones. El personal técnico y los operadores ya tenían formas de trabajo establecidas.
- De parte de la gerencia de operaciones solo les interesaba tener resultados con los recursos existentes. No querían tener más inversión para revertir el problema. Definitivamente no se practicaba el mantenimiento productivo total (TPM). Se logro cambiar este pensamiento.

## **5.4. Planteamiento de mejoras**

### **5.4.1. Metodologías propuestas**

La metodología adoptada en el presente informe es la cuantitativa ya que por medio de este método se extrajo datos cuantificables; estos datos fueron disponibilidad mecánica, utilización, tiempo medio de reparación, tiempo medio entre fallas y confiabilidad.

Del mismo modo, la información y los planes de acción tomados tuvieron un conjunto de procesos que según el método cuantitativo, nos menciona que cada etapa continua con la siguiente y no podríamos eludir alguno.

#### **5.4.2. Descripción de la implementación**

La implementación adoptada como estrategias tuvieron procesos que comprendieron:

- Análisis de la situación real del área de mantenimiento. Gracias al análisis realizado se pudo plantear los problemas que aquejaba el área de mantenimiento mecánico.
- Planes de acción. Este proceso permitió plantear la solución a cada problema encontrado en el área, definitivamente cada solución adoptó un plazo de ejecución dado en coordinación con las áreas involucradas. Entre los planes de acción propuestos es necesario mencionar que se implementaron formatos, flujogramas, nuevas tareas.
- Elaboración de informes y resultados. Se estandarizaron semanalmente la entrega de informes y los resultados obtenidos a la fecha, se realizaron cuadros comparativos del antes y el después del estatus de los equipos, y el fin de cada informe es tener informado a toda la organización de lo acontecido en el contrato El porvenir.

#### **5.5. Aporte del bachiller en la empresa y/o institución**

Las actividades realizadas en la empresa operaciones Seprocal en la unidad de El Porvenir, fueron desafíos que se superaron con mucha perseverancia. Los aportes dados al contrato fueron.

- Capacitaciones constantes a la supervisión y jefaturas para el manejo de nuevos procesos digitales con la finalidad de mejorar la información de la base de datos de la flota de equipos Seprocal.
- Capacitaciones constantes al personal técnico para la elaboración de Reportes diarios, Informes técnicos, back log. Gracias a esto la reportabilidad se convirtió en un hábito.
- Se estandarizaron formatos de cartillas de mantenimiento preventivo para los equipos de perforación.
- Se estandarizaron los informes y las presentaciones semanales del estado de los equipos a la jefatura de unidad, y las gerencias en Lima.
- Se estandarizo el pedido de componentes mensuales, según stock existente en el almacén de unidad. De esta manera se fijaron cantidades críticas en stock para la reposición.
- La selección y designación de componentes en almacén de unidad (consumibles, críticos y estratégicos).

## CONCLUSIONES

1. Se implemento las estrategias de mantenimiento preventivo y el análisis causa raíz con lo cual se logró incrementar la disponibilidad mecánica mayor a 85 %, llegando a 85.9 % en el mes de diciembre del 2023 de la flota de equipos trackles de la empresa operaciones Seprocal en la unidad el porvenir en el departamento de Cerro de Pasco.
2. Se desarrollo una base de datos funcional en el software Excel, en el cual se implementó el programa de mantenimiento, control y proyección del suministro de filtros, control de indicadores como la disponibilidad, el MTTR y MTBF con diagramas, se implementó un back log.
3. Se implemento el análisis causa raíz, de las principales fallas de los equipos, también se implementó en la base de datos el análisis de fallos con su cuadro estadístico, el cual esta implementado en la base de datos, según se va actualizando los datos se va llevando el control de los fallos por los diferentes sistemas que tienen los equipos Trackles.
4. Por último, se desarrolló un programa de cambio de componentes mayores, el cual nos permite llevar un mejor control de los componentes mayores, así se programan los trabajos de mantenimiento preventivo según las horas de trabajo, y también la proyección de cambio de estos componentes.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda complementar con otra estrategia de mantenimiento como puede ser un mantenimiento predictivo, un mantenimiento productivo total (TPM) o mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM) con el fin de integrar mayor eficiencia en las tareas de mantenimiento.
2. Se recomienda complementar inicialmente con un análisis por medio del Power Bi, el cual puede ayudar a mejorar la toma de decisiones, luego ya se puede proceder a la implementación de un software de mantenimiento lo que les pueda ayudar a tomar en la toma de decisiones.
3. Se tiene implementado un análisis causa raíz por lo que se recomienda complementar con un análisis modal de fallos, esto sería parte de la estrategia del mantenimiento basado en la confiabilidad, nos va a dar todo un análisis de tareas que se deben de realizar para mantener y mejorar los indicadores de mantenimiento.
4. Se debe de complementar el cambio de componentes mayores para todos los equipos de la flota de la empresa Seprocal, así mismo se puede integrar muy bien a la estrategia de mantenimiento basado en la confiabilidad.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ATLAS COPCO. Instrucciones de mantenimiento Boomer S1D. Suecia: Atlas Copco, 2014. [Consultado 10 de diciembre 2024].
2. RESEMIN. Manual de mantenimiento Bolter 99. Perú: Resemin, 2018. [Consultado 10 de diciembre 2024].
3. PAUS. Instrucciones de servicio. 853 S8. Maschinenfabrick GmbH, 2017. [Consultado 12 de diciembre 2024].
4. MANITOU. Catálogo de piezas MT932 S.E-E3. Francia: Manitou, 2010. [Consultado 12 de diciembre 2024].
5. CAT. Parts manual R1600H Load Haul Dump. CAT, 2017. [Consultado 10 de diciembre 2024].
6. MAINIOX Software de mantenimiento, enero 2023. Qué es una Estrategia de Mantenimiento. [Consultado 15 de diciembre 2024]. Disponible en: <https://mainiox.fi/es/recursos/que-es-estrategia-de-mantenimiento>
7. IBM International Business Machines, marzo 2019. Qué es la estrategia de mantenimiento. [Consultado 18 de diciembre 2024]. Disponible en: <https://www.ibm.com/es-es/topics/maintenance-strategy>
8. GARCÍA, Santiago, & E-libro Corp. 2004. Organización y gestión integral de mantenimiento. Ediciones Díaz de Santos S.A. ISBN: 84-7978-548-9. consultado diciembre 15 2024. Disponible en: <http://www.diazdesantos.es/ediciones>
9. EUROFINS Environment Testing Spain. Cómo crear un plan de mantenimiento preventivo. [Consultado 20 de diciembre 2024]. Disponible en: <https://www.eurofins-environment.es/es/como-crear-plan-mantenimiento-preventivo/>
10. MORA, Luis. Mantenimiento. planeación, ejecución y control. Primera Edición México 2009. Alfaomega Grupo Editor, S.A., ISBN: 978-958-682-769-0.
11. MOUBRAY, Jhon. Mantenimiento Centrado En Confiabilidad: Aladon Network Founder. Artículo [en línea]. Diciembre, 2021, [Consultado 22 de diciembre del 2024]. Disponible en: <https://www.educacioneningenieria.org/index.php/edi/article/view/896/360>
12. NORMA SAE JA1011, 2009. Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad. Científica, vol. 23, núm. 1, págs. 51-59, 2019. [Consultado 22 de diciembre 2024] Disponible: <https://www.redalyc.org/journal/614/61458265006/html/>
13. MESA, D., ORTIZ, Y. y PINZÓN, M. La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. Scientia et Technica Año XII, No 30, mayo de 2006 UTP. ISSN: 0122-1701. Disponible:

file:///F:/UNI\_CONTINENTAL/1.%20TITULACION/TSP-UC-2024/Dialnet-LaConfiabilidadLaDisponibilidadYLaMantenibilidadDi-4830901.pdf

14. SIERRA, Javier. El indicador disponibilidad en mantenimiento. [Consultado 8 de junio 2023]. Disponible en: <https://www.linkedin.com/pulse/sobre-el-indicador-disponibilidad-en-mantenimiento-sierra-porta/?originalSubdomain=es>

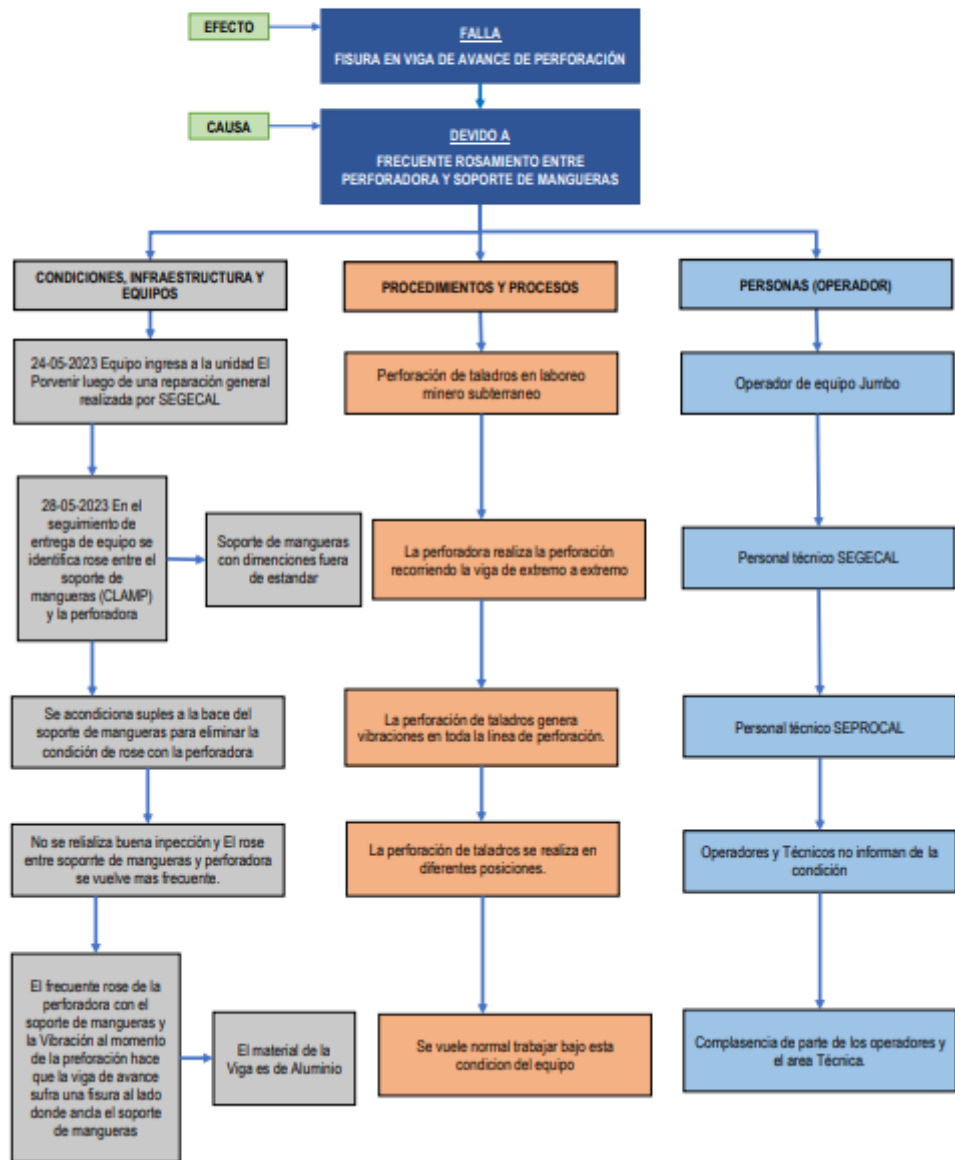
## **ANEXOS**

## Anexo 1

### Análisis causa raíz de viga fisurada

|          |               |                                       |  |  |  |                                                                                                 |  |
|----------|---------------|---------------------------------------|--|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Código:  | ACR-MTTO-SEP- | ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ<br>ACR         |  |  |  | <br>Seprocal |  |
| Fecha:   | Jul-23        |                                       |  |  |  |                                                                                                 |  |
| Versión: | Ver.001       | DOCUMENTO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO |  |  |  |                                                                                                 |  |

|                      |  |                     |  |                   |  |             |  |                       |  |            |  |
|----------------------|--|---------------------|--|-------------------|--|-------------|--|-----------------------|--|------------|--|
| NUMERO DE ACR:       |  | ACR2023-SE-MAN-001  |  | PROYECTO:         |  | EL PORVENIR |  | FECHA:                |  | 14/07/2023 |  |
| REPORTADO POR:       |  | OMAR MURILLO        |  | EQUIPO:           |  | JUMBO       |  | CÓDIGO:               |  |            |  |
| RESPONSABLE ACR:     |  | JORGE ANDIA SANCHEZ |  | MARCA:            |  | EPIROC      |  | MODELO:               |  | S1D        |  |
| COSTO DEL DAÑO USD:  |  | \$ 6,500.00         |  | FECHA DEL EVENTO: |  | 10/07/2023  |  | HORAS INOPERATIVIDAD: |  | 25 Horas   |  |
| HORÓMETRO DE EQUIPO: |  | DIESEL:             |  | ELÉCTRICO:        |  | COMPRESOR:  |  | PERCUSIÓN:            |  |            |  |
|                      |  | 106.3               |  |                   |  | 238.6       |  | 141.9                 |  |            |  |



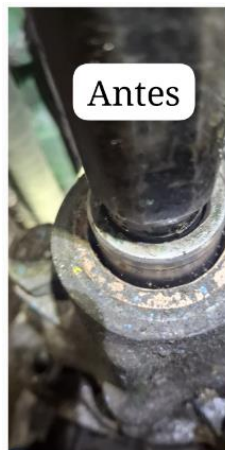
## Anexo 2

### Mejora del vestuario de mantenimiento y taller Nv-100



### Anexo 3

#### Equipos Trackles



## Anexo 4

### Cartilla de mantenimiento de Jumbo Boomer S1D

|          |                 |                                                     |  |
|----------|-----------------|-----------------------------------------------------|--|
| Código:  | FM-MTTO-000-003 | <b>FORMATO</b>                                      |  |
| Fecha:   | 01/07/21        | <b>CARTILLA DE MANTENIMIENTO - JUMBO BOOMER S1D</b> |  |
| Versión: | 002             | Pag 01 de 02                                        |  |

**HOJA DE RUTA MP1 / MP3 / MP5 / MP7 – 125 HORAS MOTOR**

|                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Código :</b><br><b>Descripción :</b><br><b>Marca :</b><br><b>Modelo :</b><br><b>N° de serie del equipo :</b><br><b>Marca de motor :</b><br><b>N° de Serie del Motor :</b> | <b>Fecha de inicio :</b> <b>Hora de Inicio :</b><br><b>Fecha de término :</b> <b>Hora de término :</b><br><b>Horómetro diesel :</b> Hr.<br><b>Horómetro percusión :</b> Hr.<br><b>Nivel de Combustible :</b> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex-grow: 1; border-bottom: 1px solid black; position: relative;"> <span style="position: absolute; left: 0; bottom: -5px;">H</span> <span style="position: absolute; right: 0; bottom: -5px;">F</span> <span style="position: absolute; left: 50%; transform: translateX(-50%); bottom: -5px;">1/2</span> </div> </div> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| Items | Descripción                   | Atlas Copco  | Alternativo 1     | Cantidad | Unidad |                          |
|-------|-------------------------------|--------------|-------------------|----------|--------|--------------------------|
| 01    | Filtro de Aceite de Motor     | 0118 2001    | P959418           | 1.0      | UND    | <input type="checkbox"/> |
| 02    | Filtro de Combustible         | 0118 1917    | P953004           | 1.0      | UND    | <input type="checkbox"/> |
| 03    | Filtro de Aire Primario       | 5112 3052 42 | P628889 / P772580 | 1.0      | UND    | <input type="checkbox"/> |
| 04    | Filtro de Aire Secundario     | 5112 3052 43 | P775302 / P629333 | 1.0      | UND    | <input type="checkbox"/> |
| 05    | Mobil Delvac MX 15W40 (Motor) |              |                   | 4.5      | GL     | <input type="checkbox"/> |

| TOMAR MUESTRA DE ACEITE |         |                          |
|-------------------------|---------|--------------------------|
| MOTOR                   | 125 hrs | <input type="checkbox"/> |
| CAJA DE TRANSFERENCIA   | 125 hrs | <input type="checkbox"/> |
| DIFERENCIAL DEL         | 125 hrs | <input type="checkbox"/> |
| DIFERENCIAL POST        | 125 hrs | <input type="checkbox"/> |
| MANDO FINAL P1          | 125 hrs | <input type="checkbox"/> |
| MANDO FINAL P2          | 125 hrs | <input type="checkbox"/> |
| MANDO FINAL P3          | 125 hrs | <input type="checkbox"/> |
| MANDO FINAL P4          | 125 hrs | <input type="checkbox"/> |

| V° B°                                       | TRABAJO A REALIZAR                                                                                                                                                                         | SEGURIDAD | TIEMPO | OBSERVACIONES |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------|---------------|
| ( )                                         | Revisar Estado de Extintor                                                                                                                                                                 |           |        |               |
| ( )                                         | Revisar cinta reflectiva                                                                                                                                                                   |           |        |               |
| ( )                                         | Revisar conos de seguridad                                                                                                                                                                 |           |        |               |
| <b>GENERAL</b>                              |                                                                                                                                                                                            |           |        |               |
| ( )                                         | Antes de realizar trabajos de mantenimiento el equipo deberá ser lavado, teniendo en cuenta la protección de los componentes eléctricos, evitando el contacto directo con chorros de agua. |           |        |               |
| ( )                                         | Inspeccionar pernos y tuercas en general                                                                                                                                                   |           |        |               |
| ( )                                         | Inspeccionar mangueras en general                                                                                                                                                          |           |        |               |
| <b>MOTOR</b>                                |                                                                                                                                                                                            |           |        |               |
| ( )                                         | Cambiar filtro de admisión primario (si es necesario)                                                                                                                                      |           |        |               |
| ( )                                         | Cambiar filtro de admisión secundario (si es necesario)                                                                                                                                    |           |        |               |
| ( )                                         | Limpieza del portafiltro de aire                                                                                                                                                           |           |        |               |
| ( )                                         | Chequear hermetismo de refrigeración aire de motor                                                                                                                                         |           |        |               |
| ( )                                         | Limpieza del ventilador y ajustes de pernos si es necesario.                                                                                                                               |           |        |               |
| ( )                                         | Limpieza del enfriador de aceite de motor                                                                                                                                                  |           |        |               |
| ( )                                         | Sacar muestra de aceite de motor                                                                                                                                                           |           |        |               |
| ( )                                         | Cambio de aceite de motor                                                                                                                                                                  |           |        |               |
| ( )                                         | Cambio de filtros de aceite de motor                                                                                                                                                       |           |        |               |
| ( )                                         | Cambio de filtro de petróleo                                                                                                                                                               |           |        |               |
| ( )                                         | Limpieza sedazo de la bomba de alimentación                                                                                                                                                |           |        |               |
| ( )                                         | Verificar hermeticidad del múltiple de escape y admisión                                                                                                                                   |           |        |               |
| ( )                                         | Verificar desgaste de fajas y cambiar si es necesario, revisar polea del alternador                                                                                                        |           |        |               |
| <b>SISTEMA DE TRANSMISIÓN HIDROSTÁTICO</b>  |                                                                                                                                                                                            |           |        |               |
| ( )                                         | Tomar muestra de aceite de caja de transferencia, dif delantero y posterior, mandos finales DI, DD, PI, PD                                                                                 |           |        |               |
| ( )                                         | Inspeccionar nivel de aceite de caja de transmisión, rellenar de ser necesario                                                                                                             |           |        |               |
| ( )                                         | Verificar nivel de aceite de mandos finales y diferenciales                                                                                                                                |           |        |               |
| ( )                                         | Inspeccionar y limpiar el respiradero de la caja de transferencia                                                                                                                          |           |        |               |
| ( )                                         | Inspeccionar cardanes y crucetas, torquar pernos, cambiar pernos si es necesario                                                                                                           |           |        |               |
| ( )                                         | Verificar y ajustar pernos de bomba hidrostática                                                                                                                                           |           |        |               |
| <b>SISTEMA DE FRENO, SERVICIO Y PARQUEO</b> |                                                                                                                                                                                            |           |        |               |
| ( )                                         | Limpieza del pedal de freno.                                                                                                                                                               |           |        |               |
| ( )                                         | Chequeo del accionamiento de freno de parqueo                                                                                                                                              |           |        |               |
| ( )                                         | Realizar limpieza y cambio si es necesario de los terminales de la bobina del accionamiento de freno de parqueo                                                                            |           |        |               |
| ( )                                         | Verificar funcionamiento del pedal de freno de servicio                                                                                                                                    |           |        |               |
| ( )                                         | Verificar presión de freno de servicio (80 +/- 5bar)                                                                                                                                       |           |        |               |
| ( )                                         | Verificar presión de freno de parqueo (25 bar max)                                                                                                                                         |           |        |               |
| <b>SISTEMA ELÉCTRICO</b>                    |                                                                                                                                                                                            |           |        |               |
| ( )                                         | Limpieza general de la cabina del operador.                                                                                                                                                |           |        |               |
| ( )                                         | Limpieza de interna de panel de instrumentos.                                                                                                                                              |           |        |               |
| ( )                                         | Revisar componentes eléctricos de tablero de control por partes sueltas.                                                                                                                   |           |        |               |
| ( )                                         | Revisar el estado de los terminales y aislamiento de contactores e interruptores.                                                                                                          |           |        |               |
| ( )                                         | Limpieza y secado de conectores eléctricos en la parte posterior de cabina.                                                                                                                |           |        |               |
| ( )                                         | Revisar buen acoplamiento de conectores del equipo.                                                                                                                                        |           |        |               |
| ( )                                         | Comprobar que los switch de presión este libres de suciedad y humedad.                                                                                                                     |           |        |               |
| ( )                                         | Revisar la luces de tránsito, perforación y emergencia                                                                                                                                     |           |        |               |
| ( )                                         | Revisar panel, luces precaución y switches de seguridad                                                                                                                                    |           |        |               |
| ( )                                         | Ajustar bornes de la batería                                                                                                                                                               |           |        |               |
| ( )                                         | Revisar carga de Baterías                                                                                                                                                                  |           |        |               |
| ( )                                         | Revisar alternador y arrancador.                                                                                                                                                           |           |        |               |
| ( )                                         | Revisar condición de baterías, cables, bornes y guarda de baterías                                                                                                                         |           |        |               |
| ( )                                         | Verificar estado y tensión de las fajas de alternador                                                                                                                                      |           |        |               |
| ( )                                         | Inspeccionar estado y templado de faja de ventilador                                                                                                                                       |           |        |               |
| ( )                                         | Verificar funcionamiento de sensores de temperatura de motor                                                                                                                               |           |        |               |
| <b>CHASIS</b>                               |                                                                                                                                                                                            |           |        |               |
| ( )                                         | Limpieza de la grasa sobresaliente en los puntos de engrase.                                                                                                                               |           |        |               |
| ( )                                         | Limpieza General del Equipo                                                                                                                                                                |           |        |               |
| ( )                                         | Revisar gatas                                                                                                                                                                              |           |        |               |
| ( )                                         | Verificar estado de pines y bocinas de articulación central                                                                                                                                |           |        |               |
| ( )                                         | Verificar estado de pines de dirección                                                                                                                                                     |           |        |               |
| ( )                                         | Verificar estado de pines de cilindros de levante de techo                                                                                                                                 |           |        |               |
| ( )                                         | Verificar parantes y techo de cabina de operador                                                                                                                                           |           |        |               |

[illegible]

## Anexo 5

### Check List de Jumbo

|  |                                   |  |  |               |              |
|--|-----------------------------------|--|--|---------------|--------------|
|  | <b>CHECK LIST DIARIO DE JUMBO</b> |  |  | Código:       | OPS-OP-RG-03 |
|  |                                   |  |  | Actualización | 1/09/2023    |
|  | DOCUMENTO DE GESTION SEGURIDAD    |  |  | Versión:      | Ver. 002     |

|                                                                         |                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| FECHA _____<br>N° Equipo _____<br>Operador _____<br>N° de permiso _____ | TURNO      Día <input type="checkbox"/> Noche <input type="checkbox"/><br>Area de trabajo _____<br>Horometro Inicial _____<br>Horometro Final _____ |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                            |      |     |     |  |
|----------------------------|------|-----|-----|--|
| Condicion de Equipo (nota) | Bien | Mal | N/A |  |
|----------------------------|------|-----|-----|--|

**NOTA: EL EQUIPO NO TRABAJA SI ALGUN PUNTO ESTÁ MARCADO COMO CRITICO**

| 1 NIVELES                            |                          |                          |                          | Observacion |
|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|
| Aceite de motor                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Aceite hidraulico                    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Aceite de Compresora                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Aceite de Lubricacion de perforadora | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Refrigerante de Motor                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Combustible                          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |

| 2. ENGRASE                                                  |                          |                          |                          | Observacion |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|
| Pines y bocinas de direccion                                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Pines y bocinas de articulacion central / Cruzetas y cardan | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Pines y bocinas de brazo derecho / Izquierdo                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |

| 3. INDICADORES Y COMPONENTES         |                          |                          |                          | Observacion |
|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|
| Presion de aceite de motor           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Temperatura de aceite del motor      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Temperatura de refrigerante de motor | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Presion de Aire / Agua               | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Tablero de control 440V (Voltmetro)  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Goma de apoyo                        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Centralizadores                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Polea de avance                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Cable de Avance, Cable de retorno    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Unidad de giro                       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Sistema de posicionamiento           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Fajas de alternador / ventilador     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |

| 4. SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE                   |         |                          |                          | Observacion |
|-------------------------------------------------|---------|--------------------------|--------------------------|-------------|
| Faros (Delanteros y Posteriores)                | CRITICO | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Switch master                                   | CRITICO | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Circulina                                       | CRITICO | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Alarma de retroceso                             | CRITICO | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Freno de servicio                               | CRITICO | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Freno de Parqueo                                | CRITICO | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Parada de emergencia                            | CRITICO | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Correa de seguridad                             | CRITICO | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Linea tierra (cadena)                           | CRITICO | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Alarma Gatas estabilizadoras                    | CRITICO | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| claxon                                          |         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Cintas reflectivas                              |         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Orden y Limpieza del equipo                     |         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Extintor, cuñas de seguridad, conos             |         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Asiento del operador                            |         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Llantas                                         |         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Tambora de cable electrico y conector electrico |         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Cable de alimentacion (5 emplames max.)         |         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Limitador de enrollamiento de cable             |         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Cilindros Hidraulicos                           |         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Mangueras, abrazaderas y conectores             |         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Camara de retroceso                             |         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Radio                                           |         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Existen fugas de aceites y/o petroleo           |         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |

| 5. ESTADO DE COMPONENTES PRINCIPALES      |                          |                          |                          | Observacion |
|-------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|
| Motor de combustible (Diesel)             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Motor electrico                           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Compresor                                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Perforadora                               | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Viga de avance                            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Estado del equipo (presenta choques)      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Empernado y fijacion de tapas y/o guardas | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Bomba de agua                             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |
| Grupo bomba hidraulica                    | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |             |

| 6. OBSERVACIONES GENERALES |
|----------------------------|
|                            |
|                            |

|                          |                                          |                               |
|--------------------------|------------------------------------------|-------------------------------|
| _____<br>Operador N° Aut | _____<br>Supervisor Mantto mecanico mina | _____<br>Jefe de Guardia Mina |
|--------------------------|------------------------------------------|-------------------------------|

## Anexo 6

### Análisis de aceite

LUBLAB 2.0  
Laboratorio de Monitoreo  
de Aceites en Servicio  
lublab@isopetrol.com.pe

#### REPORTE DE ANALISIS

#### OPERACIONES SEPROCAL S.A.C.



|                               |                             |                 | ALERTA                          |
|-------------------------------|-----------------------------|-----------------|---------------------------------|
| CODIGO EQUIPO                 | EP-SEP-MA-03                | CODIGO ASIGNADO | 054631                          |
| DESCRIPCION EQUIPO            | TELEHANDER                  | FECHA MUESTREO  | 01/11/2023                      |
| MARCA EQUIPO                  | MANITOU                     | FECHA RECEPCION | 11/12/2023                      |
| MODELO/SERIE EQUIPO           | MT X 1030 ST                | FECHA REPORTE   | 13/12/2023                      |
| CODIGO COMPONENTE             | EP-SEP-MA-03-MANDO FINAL P1 | LUBRICANTE      | GULF GEAR MP SAE 80W-90<br>GL-5 |
| DESCRIPCION COMPONENTE        | MANDO FINAL                 |                 |                                 |
| MODELO/SERIE COMPONENTE       | NO INDICA                   | SAE O ISO       | 80W-90                          |
| MARCA COMPONENTE              | DANA                        | HR ACEITE       | 500.00                          |
| CAPACIDAD TANQUE ACEITE (gal) | 1.50                        | KM ACEITE       | -                               |
| VOLUMEN DE RELLENO (gal)      | 0.00                        | HR EQUIPO       | 8867.50                         |
| FRECUENCIA DE RELLENO         | OTROS                       | KM EQUIPO       | -                               |

|                                    |  | ENSAYOS                 | METODOS    | RESULTADOS |
|------------------------------------|--|-------------------------|------------|------------|
| CONDICIONES FISICOQUIMICAS         |  |                         |            |            |
|                                    |  | Viscosidad a 100°C, cSt | ASTM D7279 | 20.79      |
|                                    |  | Oxidación, A/cm         | ASTM E2412 | *          |
| CONTAMINANTES EXTERNOS             |  |                         |            |            |
|                                    |  | Agua, % peso            | ASTM E2412 | 0.2        |
|                                    |  | Silicio, ppm            | ASTM D6595 | 141        |
|                                    |  | Sodio, ppm              | ASTM D6595 | 7          |
| CONTENIDO METÁLICO                 |  |                         |            |            |
|                                    |  | Aluminio, ppm           | ASTM D6595 | 23         |
|                                    |  | Cobre, ppm              | ASTM D6595 | 2          |
|                                    |  | Cromo, ppm              | ASTM D6595 | 4          |
|                                    |  | Hierro, ppm             | ASTM D6595 | 554        |
|                                    |  | Plomo, ppm              | ASTM D6595 | 0          |
|                                    |  | Estaño, ppm             | ASTM D6595 | 0          |
|                                    |  | Niquel, ppm             | ASTM D6595 | 1          |
|                                    |  | Cadmio, ppm             | ASTM D6595 | 0          |
|                                    |  | Vanadio, ppm            | ASTM D6595 | 1          |
|                                    |  | Plata, ppm              | ASTM D6595 | 0          |
| DENSIDAD FERROSA                   |  |                         |            |            |
|                                    |  | PQ Index                | ASTM D8184 | 8347       |
| METALES DE ADITIVO (REFERENCIALES) |  |                         |            |            |
|                                    |  | Calcio, ppm             | ASTM D6595 | 201        |
|                                    |  | Fosforo, ppm            | ASTM D6595 | 389        |
|                                    |  | Zinc, ppm               | ASTM D6595 | 8          |
|                                    |  | Magnesio, ppm           | ASTM D6595 | 8          |
|                                    |  | Boro, ppm               | ASTM D6595 | 3          |
|                                    |  | Bario, ppm              | ASTM D6595 | 0          |
| OTROS METALES                      |  |                         |            |            |
|                                    |  | Titanio, ppm            | ASTM D6595 | 2          |
|                                    |  | Molibdeno, ppm          | ASTM D6595 | 1          |
|                                    |  | Manganeso, ppm          | ASTM D6595 | 8          |

#### COMENTARIOS

Los elementos de composición (calcio, magnesio y zinc) se encuentran en valores anormales para el lubricante indicado. Viscosidad elevada para el aceite indicado. Viscosidad elevada para el aceite indicado. Presencia de agua elevada podría deberse a sellos defectuosos, condensación o contaminación externa. Silicio elevado. Revisar filtros, sellos, ajustes, evitar ingreso de polvo del ambiente. Presencia de silicio acelera el desgaste abrasivo. Desgaste de Aluminio elevado. Podría indicar desgaste en arandelas de empuje. Bujes de bomba. Desgaste de Hierro elevado. Podría indicar desgaste en engranajes, tomas de fuerza, arboles, cojinetes, carcasas. Densidad Ferrosa en alerta. Se requiere tomar acción correctiva antes de cambiar el aceite. Sugerimos identifique y corrija las condiciones que pueden haber contribuido al estado del lubricante. Continuar monitoreando.

(\*) No se reporta oxidación por no corresponder a la referencia indicada.

## Anexo 7

### Capacitación al personal técnico manto mecánico



## Anexo 8

### Entrega de Fotochecks para autorización de oficiales de bloqueo



## Anexo 9

### Renovación de equipos Bolter

