



**Facultad de Ingeniería y Ciencias**



# **Diseño del proceso de mantenimiento y control de equipos en Climbers**

**Mariela Arantza Núñez Pérez**

**Proyecto para optar a los títulos de Ingeniería Civil Industrial e Ingeniería Civil**

**Diciembre 2023, Santiago de Chile**

## Resumen Ejecutivo

Climbers es una empresa chilena fundada el año 2015, dedicada al desarrollo y entrega de soluciones en lugares de difícil acceso mediante trabajos verticales. Esta se destaca por realizar trabajos de estabilización de taludes mediante el uso de mallas, anclajes y shotcrete, trabajos de sostenimiento de excavaciones mediante micropilotes y montajes en altura.

Uno de los problemas que enfrenta la empresa es la falta de un procedimiento para la planificación, programación y control de la mantención de los equipos utilizados en sus proyectos, lo que repercute en interferencias en obra por tiempos de inproductividad por equipos inoperativos y los costos asociados a eso. Es por esto que se identifica la oportunidad de implementar una metodología de trabajo con el fin de disminuir esos tiempos de inoperatividad de equipos en obra que corresponden hoy en día al 9% de la duración total de las obras en promedio.

Ante esto, el objetivo principal recae en reducir a un 5% las horas improductivas causadas por la inoperatividad de los equipos en obra en un plazo de 3 meses, lo cual se busca lograr mediante la solución de diseñar un sistema de mantenimiento y control de equipos, con el cual se establezca un enfoque estructurado para la integración de todas las etapas del control de equipos involucradas en el proceso. Por otra parte, se pretende obtener el seguimiento de los equipos, generar las revisiones preventivas de los equipos previo a iniciar trabajos y analizar las fallas más frecuentes de los equipos críticos.

Luego de implementar las soluciones de estandarización de procesos de obra y control de seguimiento para la trazabilidad e historial de los equipos, se pudo verificar el cumplimiento de la mayoría de los objetivos, logrando así una reducción a un 4,8% de horas improductivas por equipos inoperativos, un 69% de trazabilidad de equipos en cuanto a ubicación, historial de mantenimientos y operatividad. También se logró la implementación y desarrollo de las revisiones preventivas propuestas en obra y un análisis de las fallas frecuentes de un equipo crítico utilizado en obras de fortificación. Todo lo anterior dentro del plazo de la pasantía.

Por último, se concluye la importancia de adoptar un sistema de gestión para todos los activos de la empresa como parte de su cultura para aumentar la eficiencia de sus equipos, tomar decisiones de manera ágil y eficiente, así como ampliar el acceso a la información para el correcto funcionamiento de estos en obra.

## Abstract

Climbers is a Chilean company founded in 2015, dedicated to the development and delivery of solutions in hard-to-reach locations through vertical works. The company specializes in stabilizing slopes using mesh, anchors, and shotcrete, as well as providing excavation support through micropiles and high-altitude industrial assemblies.

One of the challenges faced by the company is the lack of a procedure for planning, scheduling, and controlling the maintenance of the equipment used in its projects. This results in on-site disruptions due to unproductive downtime caused by inoperative equipment and the associated costs. Hence, there is an identified opportunity to implement a methodology aimed at reducing the current 9% average duration of unproductive equipment downtime during projects.

The primary objective is to reduce unproductive hours caused by equipment downtime to 5% within a 3-month period. This is sought to be achieved through the design and implementation of a maintenance and equipment control system, establishing a structured approach for integrating all stages of equipment control in the process. Additionally, the goal is to track equipment, conduct preventive equipment checks before commencing work, and analyze the most common failures of critical equipment.

After implementing standardized construction process solutions and monitoring controls for traceability and equipment history, compliance with the majority of objectives was verified. This resulted in a reduction to 4.8% in unproductive hours due to inoperative equipment, a 69% traceability of equipment in terms of location, maintenance history, and operability. The proposed preventive checks were also implemented, along with an analysis of frequent failures in critical equipment used in fortification projects—all achieved within the internship timeframe.

In conclusion, the importance of adopting an asset management system for all company assets is emphasized as part of its culture. This is crucial for increasing the efficiency of equipment, making prompt and effective decisions, and enhancing access to information for their proper functioning on-site.

## Índice

Resumen Ejecutivo .....	1
Abstract .....	2
1. Introducción .....	4
1.1. Contexto empresa.....	4
1.2. Diagnóstico del problema .....	6
1.3. Proceso constructivo en Climbers .....	8
1.4. Evaluación de la situación actual .....	9
1.5. Identificación de la oportunidad.....	10
2. Objetivos .....	11
2.1. Objetivo general.....	11
2.2. Objetivos específicos .....	11
3. Estado del arte .....	11
4. Propuestas y elección de solución .....	13
4.1. Alternativas de solución.....	13
4.2. Criterios de selección de solución.....	15
4.3. Solución escogida.....	16
4.4. Análisis de riesgo y mitigaciones .....	16
5. Evaluación Económica .....	18
6. Metodología .....	19
7. Medidas de desempeño .....	20
8. Desarrollo del proyecto .....	21
9. Resultados .....	25
10. Conclusiones y discusiones .....	28
10.1. Conclusiones .....	28
10.2. Discusiones .....	29
11. Referencias.....	31
12. Anexos .....	32

## 1. Introducción

### 1.1. Contexto empresa

Climbers es una empresa chilena fundada el año 2015, dedicada al desarrollo y entrega de soluciones en lugares de difícil acceso mediante trabajos verticales. Esta ha mantenido un crecimiento exponencial con el manejo y estudio de proyectos de ingeniería, control de riesgos naturales, montajes y trabajos estructurales en la industria minera, vial y civil.

Esta empresa se especializa en dos áreas principales de negocio:

Fortificación:

- Ofrecen soluciones para la estabilización de taludes<sup>1</sup> mediante la instalación de mallas, perforación e instalación de anclajes pasivos y/u hormigón proyectado.
- Proporcionan protección contra caídas de rocas y aluviones utilizando barreras dinámicas.
- Llevan a cabo sostenimiento de excavaciones mediante micropilotes.
- Realizan levantamientos 3D a través de aerofotogrametría.
- Ofrecen servicios de topografía y elaboración de planos as built.

Estructural:

- Se dedican a trabajos de montaje en altura de alta complejidad.

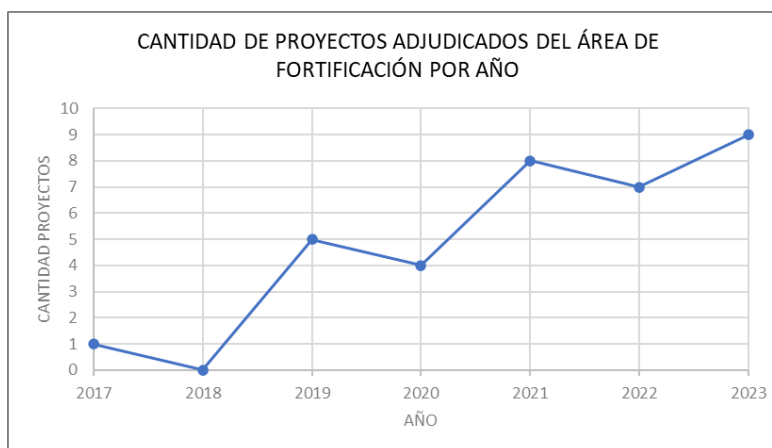
La duración de los proyectos es de aproximadamente 1 a 6 meses en el caso de fortificación y de 1 a 4 semanas en el área estructural.

Para los procesos de estudio y ejecución de proyectos se encuentran presentes las áreas de proyectos y operaciones de la empresa (ver anexo 1). La primera se encarga del proceso de estudio de trabajos solicitados, análisis de factibilidad y entrega de cotizaciones con respectivas soluciones y precios para los clientes que solicitan su servicio, mientras que la segunda se encarga de la puesta en marcha, ejecución y entrega final de los proyectos realizados (ver anexo 2).

---

<sup>1</sup> Talud: Superficie de terreno, de origen natural o artificial, que posee una pendiente o inclinación con respecto a la superficie horizontal del terreno. Para la estabilización de taludes se emplean técnicas de ingeniería geotécnica con el fin de fortalecer sus componentes, incrementar sus fuerzas internas de resistencia, reducir las fuerzas desestabilizantes y asegurar su integridad y permanencia a lo largo del tiempo.

Durante sus 8 años de actividad, la empresa ha logrado hitos significativos, incluyendo la expansión a operaciones estructurales y de fortificación, incursión en operaciones mineras, y asociaciones clave. Estos logros han impulsado un aumento en el número de proyectos y márgenes brutos de la empresa (ver anexo 3), particularmente en el área de fortificación, la cual constituye la principal fuente de ingresos para la empresa. Hasta la fecha, se han adjudicado 9 proyectos del área de fortificación en lo que va del año, como se muestra en el gráfico 1.



*Gráfico 1: Cantidad de proyectos adjudicados en el área de fortificación desde la apertura de operaciones de fortificación hasta el día de hoy. (Fuente: Elaboración propia 2023)*

Los proyectos se dividen en tres segmentos: minería, obras civiles y vialidad. En 2023, la mayoría (8 de 9) de los proyectos adjudicados pertenecen al estándar minero, como se puede ver en el gráfico 2, debido a su especialización y calidad de trabajo en este campo. Esto se traduce en márgenes de utilidad más amplios debido a la relevancia y complejidad del segmento, el cual requiere una inversión significativa en recursos humanos, equipos, logística, y para la sustentabilidad del departamento de I+D. Asimismo, se deben cumplir estrictas normativas y estándares para gestionar los riesgos asociados con el trabajo en alturas y el uso de equipos y maquinarias pesadas.

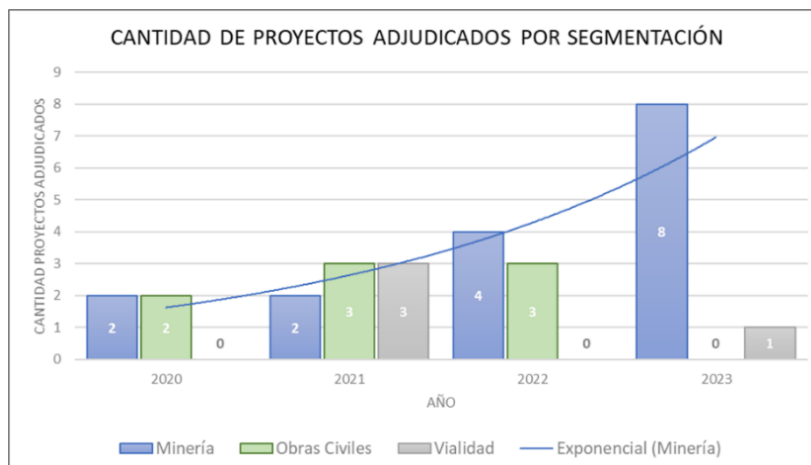


Gráfico 2: Cantidad proyectos adjudicados de cada segmentación entre 2020 y 2023. (Fuente: Elaboración propia 2023)

## 1.2. Diagnóstico del problema

Al analizar detenidamente los estados de resultados de los proyectos del segmento minero de los últimos cuatro años (ver anexo 4), se evidencia que en el 80% (4 de 5) de los proyectos ya finalizados del año 2023 no se alcanzó la utilidad proyectada conforme al estándar establecido por la empresa que oscila entre un 35% y un 40%. Como se logra ver en el gráfico 3, existe un promedio del -7,6% de desviación con el mínimo esperado.

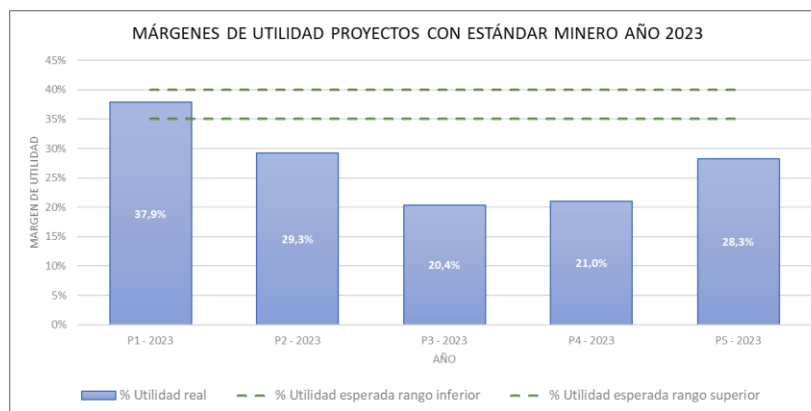


Gráfico 3: Margen de utilidad de los proyectos con estándar minero año 2023. (Fuente: Elaboración propia 2023)

Es importante destacar que, si bien las utilidades de los proyectos dependen de ingresos y costos, los costos son más susceptibles de mejora operativa, ya que los ingresos están determinados por las cotizaciones entregadas por cada proyecto.

Se llevó a cabo un análisis de causa raíz con el fin de identificar el origen del problema, investigando las causas subyacentes, como se puede ver en la figura 1. Este proceso involucró la colaboración del área de estudios, gerente de proyectos y jefe técnico de operaciones, donde se analizaron los patrones recurrentes que han surgido en la ejecución de dichos proyectos.

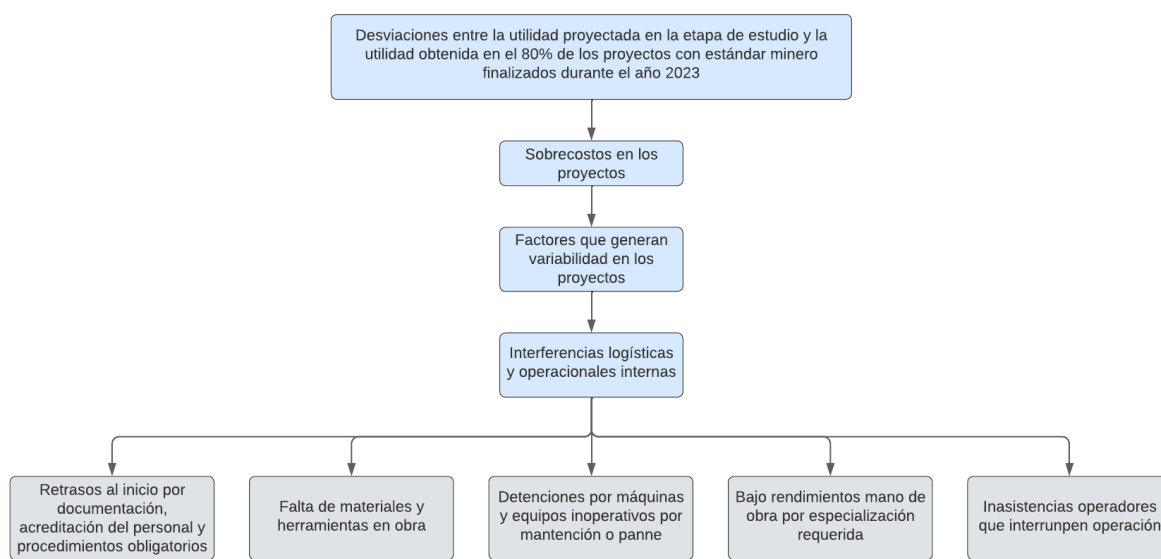
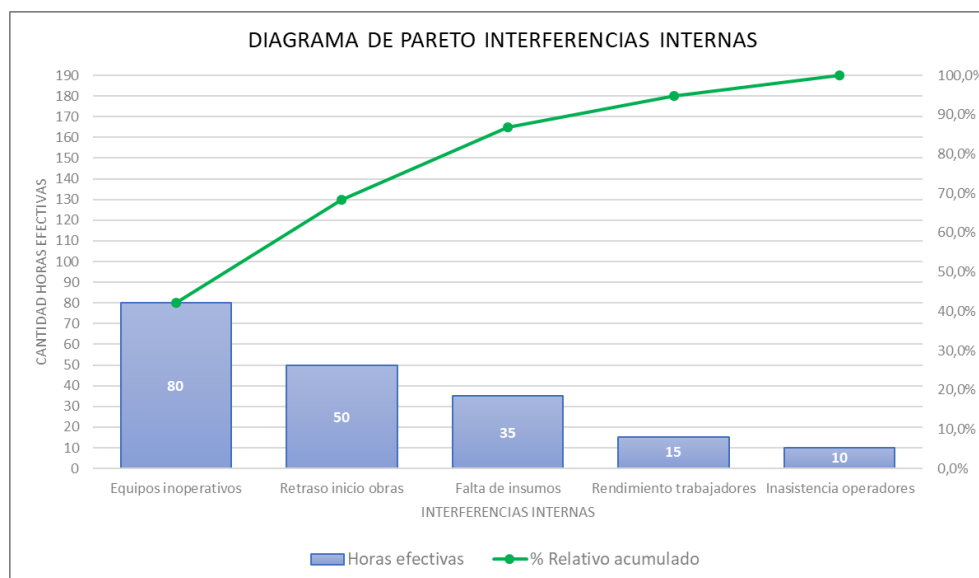


Figura 1: Diagrama Análisis Causa-raíz de interferencias en obras mineras año 2023. (Fuente: Elaboración propia 2023)

A pesar de que estas interferencias no detienen por completo el progreso de la obra, se midió el promedio de horas efectivas en las que estas impactan, para lograr identificar la causa con mayor peso e impacto. Esto se calcula considerando los proyectos del segmento minero finalizados el año 2023 mostrados en el gráfico 3, con un tiempo promedio de 3 meses de duración y jornadas laborales de 10 horas efectivas. La dotación total de trabajadores es variable por lo que se prefiere no realizar la medición en horas-hombre. Mediante el principio de Pareto o también conocido como la regla del 80/20, se logró determinar y priorizar las interferencias con mayor impacto como se logra ver en el gráfico 4, a partir de los cálculos realizados (ver anexo 5).





*Gráfico 4: Diagrama de Pareto con interferencias internas en obra. (Fuente: Elaboración propia 2023)*

En promedio, las obras presentan 19 días de interferencias internas, lo que corresponde al 21% de su duración total. La interferencia que tiene el mayor impacto en la ejecución de proyectos corresponde a la inoperatividad de los equipos con un total aproximado de 80 horas efectivas, lo que equivale a 8 días y al 9% de la duración total de la obra. Esto se presenta como un obstáculo crítico para el cumplimiento efectivo de las operaciones de los proyectos y es un desafío relevante dado que la empresa ha experimentado un constante aumento en la adquisición de activos y arriendos a lo largo de los años.

### 1.3. Proceso constructivo en Climbers

El proceso constructivo llevado a cabo para los trabajos de estabilización de taludes en Climbers se estructura en los siguientes pasos:

1. Perforación de anclajes en la corona de talud para la instalación de líneas de vida.
2. Instalación y despliegue de malla.
3. Perforación e instalación de anclajes interiores.
4. Inyección de lechada de cemento para anclajes.
5. Tensado de malla, apriete de anclajes y remates.
6. Proyección de hormigón proyectado por vía húmeda.
7. Instalación de drenes (en caso de ser necesarios y considerados en solución).

Este proceso requiere de la utilización de equipos específicos, como perforadoras con sistema de perforación manual, con viga neumáticas (martillo de fondo o martillo de cabeza), lechadoras neumáticas y compresores. Entre ellos, las perforadoras constituyen la mayor proporción, representando aproximadamente el 60% del total de equipos utilizados en obra. Estas son indispensables para iniciar las obras, ya que permiten las instalaciones de anclajes<sup>2</sup> para que el personal pueda trabajar con los equipos de manera vertical (colgado) y contribuyen a los trabajos de instalación de elementos para fortificar laderas, ya sea con anclajes Autoperforante R32, Helicoidal o Titan. Las perforadoras utilizadas para estos trabajos incluyen modelos como las perforadoras manuales Y26 e YT27, y las perforadoras de viga/martillo tipo BBC120 y Tamrock L400.

#### 1.4. Evaluación de la situación actual

Actualmente, en Climbers no se dispone de un procedimiento formal para la planificación, programación y control del mantenimiento de los equipos utilizados en sus proyectos. La carencia de un departamento encargado y especializado del mantenimiento ha ocasionado la falta de procedimientos estandarizados para abordar problemas en los equipos y sus respectivas reparaciones. Las hojas de cálculo que anteriormente se empleaban para llevar la trazabilidad, se encuentran incompletas desde principios de año (ver anexo 6), lo que demuestra la ausencia de seguimiento y continuidad por parte del área de operaciones.

En consecuencia, los equipos son enviados a los sitios de trabajo sin haber recibido revisiones de estado de sus componentes, según un procedimiento establecido de verificación a la entrada o salida de los proyectos. Solo se generan check list al comienzo del día en obra por regulación de las mineras y revisiones esporádicas tras la desmovilización.

Por otra parte, no existe un sistema de elección de perforadoras en función al tipo de terreno. En la práctica, la elección se basa en la experiencia de trabajos previos y facilidad de uso. Es importante destacar que las perforadoras son equipos críticos y tienden a ser los más propensos a fallos en la

---

<sup>2</sup> Ucar, R. (2004), señala en su texto que el propósito fundamental del anclaje es proporcionar soporte y fortalecer las masas de suelo que, debido a su baja capacidad de carga, son susceptibles a fallos. Estas masas, por lo tanto, pueden estar en riesgo de inestabilidad, pero la aplicación de anclajes tiene el potencial de estabilizarlas. Esto se debe a que los anclajes generan un aumento en las tensiones normales y en la resistencia al esfuerzo cortante del terreno al transmitir fuerzas externas a profundidades específicas. Por ende, resulta crucial poseer un conocimiento detallado de las características geotécnicas del suelo involucrado en el proceso.

obra. Sin embargo, no se cuenta con información sobre cómo el tipo de suelo afecta a estos equipos, y no se realiza un seguimiento detallado de las razones detrás de las fallas frecuentes.

Según Juste, A. (2021), “Las características geotécnicas del terreno condicionan los trabajos de perforación. El primer requisito es que sea posible ejecutar la perforación, bien por una extrema dureza del material, una intensa fracturación o un terreno con nula cohesión, la perforación puede ser muy compleja. El segundo requisito es que entre perforación, anclaje e inyección se consiga un resultado final de resistencia, calidad y aportación al sistema que sea acorde a las exigencias para conseguir un talud estable.” La elección de maquinaria apropiada depende en gran medida de las características del suelo en el lugar de trabajo, ya que diferentes tipos de suelos pueden tener un impacto significativo en el rendimiento de estas.

En este contexto, la falta de mantenimiento adecuado y la carencia de respaldo para seleccionar las perforadoras adecuadas han resultado en fallas y averías constantes en el 100% de los proyectos.

### 1.5. Identificación de la oportunidad

Mejorar el proceso de mantenimiento y control de equipos, y así mantener un sistema que permita seguir el historial, ubicación y estado de los equipos utilizados por la empresa, además de manejar la información necesaria para la elección de los equipos a utilizar según el tipo de terreno. Para abordar este desafío, se propone desarrollar una metodología de trabajo que mejore la eficiencia y calidad de los recursos disponibles, reduciendo las horas improductivas y así aumentar el margen operativo a largo plazo. Además, esto representa una oportunidad ya que la empresa está incrementando la adquisición de activos con el fin de reducir la necesidad de arrendar equipos para cada proyecto.

## 2. Objetivos

### 2.1. Objetivo general

Reducir a un 5% las horas improductivas causadas por la inoperatividad de las máquinas y equipos en proyectos de fortificación de Climbers, en un plazo de 3 meses.

### 2.2. Objetivos específicos

- Lograr un 90% de trazabilidad de los equipos de la empresa.
- Incrementar a 3 el número de revisiones formales de estado al ingreso y salida de cada proyecto.
- Evaluar el comportamiento de los equipos críticos en la siguiente obra y cómo impacta cada tipo de suelo en estos.

## 3. Estado del arte

En el contexto de la industria de la construcción, la adecuada selección de la maquinaria a emplear y la efectiva gestión del mantenimiento de estas, desempeñan un papel fundamental en el éxito y la eficiencia de cualquier proyecto. La maquinaria pesada y otros equipos utilizados en obras de ingeniería representan inversiones significativas, y su funcionamiento confiable es esencial para garantizar la programación y finalización oportuna de proyectos de envergadura. Sin embargo, se estima que el 80% del mantenimiento de equipos es reactivo, cuando debería ser preventivo (Fractal, 2021).

El mantenimiento reactivo es un enfoque donde las reparaciones y acciones correctivas se llevan a cabo después de que un equipo o sistema ha fallado. Implica abordar los problemas una vez que se han manifestado, lo que puede resultar en tiempos de inactividad no planificados y costos más altos asociados con las reparaciones de emergencia. Este enfoque no anticipa ni previene problemas, sino que reacciona a ellos después de su ocurrencia.

Sin embargo, en 1950 se originó el concepto de mantenimiento preventivo por un grupo de ingenieros japoneses en el que se seguía las recomendaciones de los fabricantes acerca de los cuidados que se debían tener en la operación y en el mantenimiento de equipos (Faundez &

Miranda, 2017). El mantenimiento preventivo se enfoca en evitar fallos predecibles en equipos e instalaciones mediante una planificación y programación adecuada de intervenciones periódicas, para así aumentar su confiabilidad. En este tipo de mantenimiento se genera un conjunto de planes que deben realizarse en fechas programadas, siendo estos muy completos debido a que se detallan todos los materiales, herramientas, repuestos a emplearse en dicho mantenimiento y detalle del personal a cargo de la reparación (Chang, 2008).

La compañía Inggepro Ltda. ilustra esta situación al implementar un programa de mejoras en las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de su flota de camiones Vactor. Antes de la introducción de este plan, el proceso se centraba en la información y requerimientos del conductor, careciendo de una filosofía que incluyera revisiones regulares o verificaciones diarias para prevenir problemas. Como resultado, el enfoque de mantenimiento se limitaba principalmente a medidas correctivas.

En la actualidad, existen diversas técnicas de mantenimiento de equipos tales como el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) y el Mantenimiento Productivo Total (TPM).

Juan Carlos Darté (2006) señala que el RCM se aplica a equipos críticos para la producción, la seguridad y el medio ambiente, especialmente cuando los costos de mantenimiento son altos o existe incertidumbre sobre la efectividad del mantenimiento actual. Su objetivo es desarrollar estrategias que mejoren la seguridad y el rendimiento de los activos, mejorando la relación entre costos y riesgos, y asegurando su adecuación a las características de las fallas.

Este tipo de mantenimiento fue exitosamente logrado para el caso de la empresa Construcciones Reyes S.R.L dedicada a la fabricación y reparación de piezas para las industrias petroleras, pesqueras y mineras, ya que se logró reducir la frecuencia de fallas, el tiempo en detención de sus equipos y aumento de la productividad (Alban Salazar, N. E, 2017).

Por otro lado, la técnica TPM es un enfoque de gestión que se centra en la mejora continua de la eficiencia y la confiabilidad de los equipos de producción. Fue desarrollada en Japón como parte de la filosofía Lean Manufacturing y tiene como objetivo disminuir las pérdidas asociadas con el tiempo de inactividad y los defectos en la producción, tomando en cuenta la participación de todos los miembros del equipo, desde operadores de máquinas hasta gerentes.

Implementar la técnica del TPM implica un cambio cultural y una inversión en la formación y desarrollo de los empleados, pero puede conducir a mejoras significativas en la eficiencia y la rentabilidad de la producción. Un caso de éxito de utilización de esta herramienta fue el caso de la empresa de ingeniería, construcción y montaje CICSA, en el que se implementó un plan piloto de mantenimiento para sus equipos críticos a partir de esta estrategia (Villena Andia, A. O, 2017).

En la mayoría de los casos de éxito revisados en la literatura, se implementa una segunda etapa utilizando tecnologías de gestión de mantenimiento CMMS/GMAO (Sistema computarizado de gestión de mantenimiento) para facilitar la medición y visualización de las mejoras obtenidas a partir de los planes de mantenimientos implementados. Estos softwares sirven para identificar y adelantarse a los problemas, y buscar una solución rápida reduciendo los tiempos de inactividad.

## 4. Propuestas y elección de solución

### 4.1. Alternativas de solución

Según el contexto del problema planteado, existe una serie de alternativas de solución utilizadas en el mercado que permitirán resolverlo.

#### **a) Implementación de un plan de mantenimiento preventivo:**

Busca prevenir averías, prolongar la vida útil de los equipos, reducir costos y mejorar la disponibilidad y seguridad laboral. Requiere de un equipo específico conformado por mecánicos y eléctricos para desarrollar programas de mantenimiento y supervisar su ejecución, garantizando estándares de calidad y seguridad.

#### **b) Desarrollo de un programa de capacitación al personal en obra**

Busca proporcionar a los empleados las habilidades y conocimientos necesarios para llevar a cabo tanto el mantenimiento, como la limpieza de los equipos de manera efectiva y segura. Los beneficios incluyen el aumento de la eficiencia en la operación, el correcto mantenimiento de equipos en obra, la prolongación de la vida útil de los equipos y la reducción de costos asociados a reparaciones no planificadas. Esto se realizaría identificando las necesidades de capacitación para posteriormente implementar un plan de capacitación a todos los trabajadores.

### **c) Diseño de un sistema del mantenimiento y control de equipos**

Busca establecer un enfoque estructurado para gestionar los procesos de la operación y el mantenimiento de los activos de la empresa. Los beneficios incluyen la disminución del tiempo improductivo al prevenir fallas y el aumento de la disponibilidad de equipos. Una metodología de trabajo con una planificación y programación adecuada de las actividades y los recursos contribuirá a mejorar la gestión de los equipos y los procesos de mantenimiento.

Este diseño puede emplear el estándar de notación gráfica BPMN utilizada para modelar, visualizar y documentar procesos mediante flujogramas. Según Pacheco. J (2017), el BPMN se caracteriza por ser un enfoque sistemático que abarca la definición, documentación, diseño y control de procesos, tanto manuales como automatizados. En este contexto, se inicia identificando los roles de los procesos de negocio, seguido por la creación de un mapa de dichos procesos. Luego, se procede a la identificación y descripción detallada de cada proceso, y finalmente se elabora diagrama representativo del diseño.

### **d) Tecnología avanzada encargada de la gestión de los activos**

La introducción de un software de gestión de activos tiene como objetivo la organización y eficiencia del mantenimiento de equipos. La posibilidad de automatizar los procesos proporciona un sólido respaldo y simplifica la administración, procesamiento y control de datos para respaldar la toma de decisiones basada en informes e indicadores. Esto facilita el acceso a información en tiempo real, mejora la comunicación entre las partes involucradas y agiliza los tiempos de respuesta. Además, el registro de mantenimientos correctivos permite una mejor planificación preventiva. En la actualidad existe una gran variedad de herramientas especializadas en la gestión del mantenimiento, y entre ellos se encuentran los CMMS/GMAO como *Fracttal* o *SoftExpert Mantenimiento*, que además ofrecen informes, análisis de operaciones y KPIs relevantes de fácil visualización.

## 4.2. Criterios de selección de solución

Para elegir la mejor solución para abordar el problema planteado en el proyecto, se utiliza una matriz de evaluación que tiene en cuenta varios criterios, como se puede ver en la tabla 1, los cuales fueron evaluados de manera conjunta con miembros de la empresa.

Tabla 1: Criterios utilizados para la elección de la solución. (Fuente: Elaboración propia 2023)

Criterios	Definición
Factibilidad	Mide la viabilidad técnica y operativa de cada alternativa, teniendo en cuenta los recursos disponibles asociados a las capacidades y conocimientos que se requieren para implementar la solución.
Impacto/Alcance	Analiza cuánto satisface la mayoría de las necesidades y expectativas de la empresa, y cuán significativos y profundos serán los cambios tras implementar la solución.
Trazabilidad de activos	Evalúa la capacidad de seguimiento y registro detallado de la ubicación, estado e historial de mantenimiento de los activos a lo largo de su vida útil.
Tiempo	Mide el tiempo necesario para implementar cada alternativa y alcanzar los resultados deseados. A menor tiempo, mayor nota.
Costo	Evalúa el costo total de implementar cada alternativa, incluyendo costos iniciales y costos en curso. A menor costo, mayor nota
Sostenibilidad	Considera la capacidad de proyección y de mantener la solución a largo plazo.

Se asignan puntuaciones del 1 al 5, donde 1 representa la calificación más baja y 5 la calificación más alta, basándose en el rendimiento de acuerdo con los criterios establecidos, como se puede ver en la tabla 2.

Tabla 2: Matriz con criterios de selección de solución (Fuente: Elaboración propia 2023)

Soluciones	Plan de mantenimiento preventivo	Programa de capacitación al personal en obra	Diseño de un sistema de mantenimiento y control de equipos	Tecnología avanzada encargada de la gestión activos
<b>Criterio</b>				
Factibilidad	3	3	5	4
Impacto/alcance	5	3	5	5
Trazabilidad de activos	4	2	5	5
Tiempo	3	3	3	4
Costo	3	3	4	1
Sostenibilidad	3	3	5	5
Ponderación	3,5	2,8	4,5	4,0



### 4.3. Solución escogida

La solución con mayor ponderación es diseñar un sistema de mantenimiento y control de equipos que se adapte a los requisitos de la empresa. Aunque la tecnología de gestión del mantenimiento es una solución rápida y completa, su idoneidad depende de la madurez tecnológica y la base para el sustento de información con respecto a los equipos de la empresa. En este momento, la empresa carece de estos requisitos.

Este enfoque integral implica la creación y planificación estructurada de procesos y procedimientos para mantener y garantizar la eficiencia de los equipos en obra. El objetivo principal es mejorar el control, seguimiento y vida útil de los equipos, previniendo tiempos de inactividad no planificados.

La mejora del plan se realiza mediante herramientas como listas de chequeo para la revisión de equipos, registros, fichas técnicas, solicitudes, reportes y un programa de mantenimientos. Estas herramientas facilitarán la gestión eficiente del mantenimiento, permitirán supervisión continua, y posibilitarán ajustes y mejoras para mejorar el rendimiento de los equipos con el tiempo.

El diseño del sistema se basará en la notación BPMN para modelar y prototipar los procesos. En este se identifican roles, se crea un mapa de procesos, se detallan y describen cada uno, culminando con la elaboración de diagramas representativos. La notación BPMN refuerza la estructura del sistema, asegurando un enfoque sistemático y orientado a resultados en todas las etapas.

### 4.4. Análisis de riesgo y mitigaciones

Se elabora una tabla de riesgos para evaluar la probabilidad e impacto de estos en la implementación del proyecto, además de incluir medidas de mitigación detalladas en la tabla 3, utilizando escalas de probabilidad baja – media – alta, y el impacto para evaluar la gravedad de las consecuencias de cada riesgo, utilizando la escala de impacto bajo – medio – alto.

Tabla 3: Tabla de riesgos y acciones de mitigación (Fuente: Elaboración propia 2023)

Riesgo	Detalle del riesgo	Probabilidad	Nivel de impacto	Acciones de mitigación
1. Resistencia al cambio	Resistencia por parte del personal a adoptar nuevos procesos y herramientas.	Baja	Medio	- Desarrollar un programa de comunicación y capacitación exhaustivo. - Involucrar a los empleados en la planificación e implementación del sistema. - Demostrar los beneficios tangibles del nuevo sistema.
2. Falta de datos históricos precisos	Datos históricos inexactos pueden afectar la eficacia de la planificación en base a propuestas de mejora del proceso actual.	Alta	Medio	- Recabar información de la mayor cantidad de personal involucrado en los procesos - Establecer procedimientos claros para la recopilación y mantenimiento de datos precisos.
3. Errores en el diseño del sistema ideal	Errores en la implementación de procesos del modelado pueden afectar negativamente la eficiencia.	Media	Alto	- Realizar revisiones periódicas de los procesos implementados. - Fomentar un entorno de colaboración para que los empleados informen sobre posibles mejoras.
4. Problemas técnicos y tecnológicos	Problemas con la codificación de los equipos o la infraestructura tecnológica pueden causar interrupciones.	Media	Medio	- Implementar un plan de respaldo para garantizar la continuidad del sistema. - Realizar pruebas exhaustivas antes de la implementación completa.
5. Falta de constancia	Uso de plataformas y actualización de información	Media	Alto	- Calendarización para registros de traslados, revisiones y mantenciones, en caso de no realizar el registro en el momento de ocurrencia

Luego se genera la matriz de riesgo representada en la tabla 4, donde se tienen 3 niveles: verde indica un bajo impacto, amarillo indica un impacto medio y rojo indica un impacto alto. Este corresponde al impacto que ocasionará no prevenir o mitigar el riesgo.

Tabla 4: Matriz de riesgo (Fuente: Elaboración propia 2023)

	Probabilidad baja	Probabilidad media	Probabilidad alta
Impacto bajo			
Impacto medio	Resistencia al cambio	Problemas técnicos	Falta de datos históricos precisos
Impacto alto		Errores en el diseño del sistema ideal - Falta de constancia	

De allí se desprende que se debe actuar con mayor precaución para los riesgos n°2, n°3 y n°5, teniendo en cuenta el factor tiempo para la implementación del proyecto.

## 5. Evaluación Económica

Para analizar la viabilidad económica de la solución, se analizan los costos de diseño e implementación en un plazo de 3 meses, considerando las horas de trabajo del personal involucrado en cada etapa y los costos de codificación de los equipos como parte del proyecto. Por otra parte, se calcula la diferencia en base a los gastos con y sin proyecto para obtener el ahorro proyectado a partir de los distintos escenarios existentes (ver anexo 7).

Se utilizan los indicadores de proyectos VAN (Valor Actual Neto) y ROI (Retorno de la inversión) en base a una tasa de descuento mensual del 0,8% mediante la conversión de una tasa anual del 10%. Esta es comúnmente utilizada en la industria de la construcción para los análisis financieros por su costo de oportunidad, historial y simplicidad al tratarse de un número redondo. En la tabla 5 se puede observar un VAN de \$5.012.080 y un ROI del 149% para el escenario esperado. Sin embargo, los tres escenarios afirman la viabilidad del proyecto. Las altas cifras del ROI se deben a que el costo de implementación es considerablemente menor que el ahorro proyectado en base a los costos diarios de obra, mantenciones correctivas y los fletes asociados a la movilización de equipos.

Tabla 5: Análisis de sensibilidad para la viabilidad económica del proyecto. (Fuente: Elaboración propia 2023)

Costos/Ahorros en plazo de 3 meses	Escenarios		
	Pesimista	Esperado	Optimista
Costo diseño solución	\$ -1.930.104	\$ -1.930.104	\$ -1.930.104
Costo implementación	\$ -1.439.800	\$ -1.439.800	\$ -1.439.800
Ahorro día equipo inoperativo	\$ 4.189.732	\$ 6.982.886	\$ 9.776.040
Ahorro mantenciones correctivas	\$ 518.459	\$ 864.098	\$ 1.209.737
Ahorro fletes obra a bodega central	\$ 225.000	\$ 375.000	\$ 525.000
Ahorro fletes bodega central a taller	\$ 96.000	\$ 160.000	\$ 224.000
<b>VAN</b>	\$ 1.659.286	\$ 5.012.080	\$ 8.364.873
<b>ROI</b>	49%	149%	248%

## 6. Metodología

Para el desarrollo del proyecto se analizó metodologías centradas en la implementación en fases de manera secuencial dentro de la gestión de proyectos usando un enfoque estructurado. Entre estas se seleccionó el Modelo de Cascada, el Ciclo PDCA o también conocido como Ciclo de Deming, y la metodología extraída de la Guía PMBOK (Project Management Body of Knowledge) desarrollada por el Project Management Institute (PMI). Sin embargo, la primera fue descartada ya que es comúnmente utilizada para desarrollo de softwares y la segunda trata de una metodología de gestión que tiene como objetivo la mejora continua de los procesos, lo cual no corresponde al presente proyecto por tratarse de uno que tiene inicio y fin establecido.

Debido a lo anterior, se aplicó la metodología extraída de la Guía PMBOK (Project Management Body of Knowledge) desarrollada por el Project Management Institute (PMI), la cual proporciona un marco de trabajo estándar y un conjunto de directrices que se pueden aplicar a una amplia variedad de proyectos en diferentes industrias. Similar al modelo de cascada, este se centra en la implementación de fases de manera secuencial dentro de la gestión de proyectos usando un enfoque estructurado. Está compuesta por cinco etapas, como se puede apreciar en la figura 2:



*Figura 2: Etapas para la gestión de proyectos PMBOK*

- I. **Iniciación:** Se define el proyecto a través del análisis detallado de los procesos y la identificación de las partes involucradas. Se realiza un levantamiento del proceso de planificación y control de equipos no estructurado de la empresa para realizar un análisis de problemas o áreas que requieran mejoras, y así luego reestructurar el proceso.
- II. **Planificación:** Se elabora el diseño del sistema, abordando el alcance y la planificación detallada. Cada etapa del proceso se define minuciosamente, especificando el personal o las áreas responsables y sus roles. Se crea un plan de implementación, diseñando el nuevo flujo de procesos y compilando la documentación necesaria.

- III. **Ejecución:** Se implementa el plan, ejecutando los cambios propuestos en los procesos. Es importante documentar todas las actividades y modificaciones realizadas. Además, se realizará un análisis del estado de operatividad de los componentes de equipos críticos junto a un análisis de fallas.
- IV. **Seguimiento y control:** Se establece un proceso de seguimiento para medir y supervisar el progreso. Se evalúa el cumplimiento de los objetivos y la efectividad de las acciones tomadas.
- V. **Cierre:** Se formaliza la propuesta, consolidando los resultados obtenidos.

## 7. Medidas de desempeño

- a) **Porcentaje de horas improductivas:** Se medirá la variación de horas improductivas por equipos inoperativos entre el promedio del estudio inicial y la siguiente obra a ejecutar del mismo segmento y tipo de proyecto.

$$\text{Horas improductivas (\%)} = \frac{\text{Horas improductivas por equipo inoperativo}}{\text{Duración total de obra}} * 100$$

- b) **Porcentaje de trazabilidad de equipos:** Se medirá el porcentaje de trazabilidad que se logre obtener durante la implementación en base a la cantidad de equipos adquiridos, logrando tener su codificación, ubicación, estado e historial de revisión y mantenimiento e información del mantenimiento programado.

$$\text{Trazabilidad de equipos (\%)} = \frac{\text{nº de equipos con trazabilidad}}{\text{total de equipos adquiridos}} * 100$$

- c) **Porcentaje de revisiones formales realizadas:** Se medirá en base a la totalidad de revisiones preventivas de salida y entrada a obra y bodega que se deberán realizar según procedimiento establecido en los siguientes proyectos.

$$\text{Revisiones preventivas realizadas (\%)} = \frac{\text{nº de revisiones}}{\text{total de revisiones}} * 100$$

- d) **Porcentaje de operatividad equipo crítico y causas de no operatividad:** Se medirá el porcentaje de componentes en buen estado de las perforadoras YT27 siendo el equipo en mayor cantidad en base a check list diarios realizados en obra, para utilizar como un indicador de desempeño en la implementación del sistema propuesto.

$$\text{Operatividad equipo (\%)} = \frac{n^{\circ} \text{ de componentes en buen estado}}{n^{\circ} \text{ total de componentes}} * 100$$

Posterior a la recolección de la información durante las primeras semanas, se realizará un análisis con respecto componentes que fallan frecuentemente con el fin de proponer mejoras y poder prevenirlas a futuro. Además de ver cómo impacta el tipo de suelo en cada tipo de sistema de perforación.

## 8. Desarrollo del proyecto

En base a la metodología escogida, se explica cada etapa que contempló el desarrollo del proyecto:

### I. Iniciación

La situación actual de la empresa con respecto a los equipos se encuentra descrita en detalle en el punto 1.4. *Evaluación de la situación actual*. Se realizó el levantamiento del flujo de trabajo o proceso de planificación y control de equipos sin ningún flujo o estructura preestablecida de la empresa mediante la metodología de modelamiento BPMN en Bizagi para identificar los procesos y etapas faltantes o que requerían mejoras como se puede ver en la figura 3.

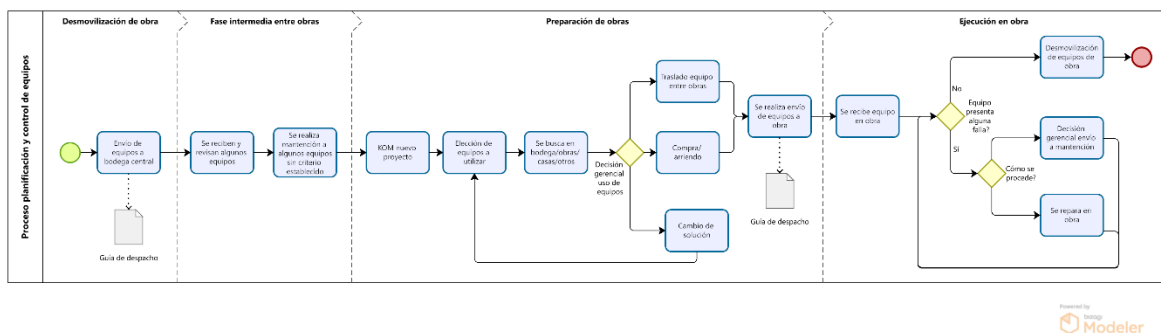


Figura 3: Flujograma del proceso de planificación y control de equipos actual. (Fuente: Elaboración propia 2023)

Allí queda en evidencia la falta de procedimientos de mantenciones preventivas a todos los equipos, revisiones previo a iniciar trabajos y al termino de obras para conocer el estado de estos, además de una fuente de información relevante para la trazabilidad de equipos.

## **II. Planificación**

Se elaboró el diseño del sistema en base a propuestas de mejora del flujo con la información del proceso levantado, mediante el plan de implementación detallado a continuación:

Se comenzó definiendo actividades, procesos y roles a partir de lo establecido en reuniones con el gerente de proyectos y jefe técnico de operaciones. En bodega central, el responsable será en primera instancia el Encargado de compras y logística, quien hoy se encarga del envío y recepción de equipos. Además, se otorgará tareas y responsabilidades sobre revisiones en bodega central y en obra a los operadores de bodega y a supervisores de las obras adjudicadas y prontas a comenzar. Luego se identificaron los procesos y actividades claves para el mantenimiento y control de los equipos para así posteriormente, realizar el diseño del flujograma del sistema de procesos esperados mediante la metodología de modelamiento BPMN en Bizagi (ver anexo 8).

Se elaboraron formularios mediante Visual Basic (ver anexo 9) para automatizar el ingreso de información para la base de datos de las planillas de ingreso de equipos nuevos, traslado de equipos, registro de revisiones formales antes de salir y entrar a obras, y el registro de mantenciones correctivas y preventivas, estos con el fin de generar trazabilidad al proyectar toda esa información en un tablero resumen (ver anexo 10). Posterior al inventariado de equipos con su respectivo número identificador, se realizará el grabado en su exterior con placa o grabado, a lo largo del plazo de tres meses, ya que ninguno se encuentra con un código identificador en sus piezas clave.

Además, se elaboraron las planillas con el listado de revisión de los componentes de compresores, perforadoras de viga, perforadoras manuales y lechadoras. Estas fueron elaboradas en base a los criterios técnicos establecidos en los manuales de mantenimiento, así como los criterios internos de la empresa, tomando como base las listas de verificación diarias empleadas en obra, las cuales derivan de la información proporcionada por el área de SSOMA (Seguridad y Salud Ocupacional y Medio Ambiente) para cada uno de estos equipos por regulación de las mineras (ver anexo 11).

En paralelo, se llevó a cabo la creación e implementación de un reporte a través de la herramienta Power Bi con el contenido de las planillas, con el objetivo de tener una mejor visualización del historial de los equipos y para la toma de decisiones por parte de las áreas involucradas, con respecto al programa de mantención de cada equipo.

A partir de los listados de revisión durante la operación, se realizará un análisis del estado de operatividad de los componentes de las perforadoras manuales YT27, correspondientes a los equipos que se encuentran en mayor cantidad y de mayor criticidad, para proponer mejoras mediante el análisis de sus fallas. Las partes que componen una perforadora YT27 se encuentran adjuntos (ver anexo 12).

Finalmente, se redactó el manual de *“Procedimiento de mantenimiento y control de equipos”* (ver anexo 13) en base al flujograma y metodología de trabajo establecida, para ser entregado a las áreas involucradas de forma virtual y como respaldo del nuevo flujo de trabajo.

### **III. Ejecución**

El plan fue implementado el lunes 30 de octubre, comenzando con el inventariado de equipos presentes en cada obra, bodega central y en talleres de mantención junto al jefe técnico de operaciones, quien tiene el conocimiento de los equipos existentes, para posteriormente otorgarle un código identificador (ID) a cada uno.

Paralelamente, se identificó el taller adecuado *Cisterna y Compañía*, para el grabado de equipos, comenzando con la codificación asignada a cada uno con una máquina de grabado llamada *Flymaker*. Dicho taller se rige bajo la norma de calidad ISO 9001:2015, certificando los equipos para su uso en minería y proporcionando informes detallados de mantenimiento. Las perforadoras de viga y manuales también recibirán mantenimiento preventivo en este taller después de la desmovilización de las obras. Debido a esto, se comenzó codificando las perforadoras manuales presentes en bodega, además de realizarles el mantenimiento preventivo con respectivos informes y certificados (ver anexo 14) para dejarlas en perfecto estado para un siguiente uso en obras.

Durante esa misma semana se comenzó con las capacitaciones a los involucrados en los procesos. Estas sesiones se dirigieron al encargado de compras y logística, quien recibió instrucciones sobre



el uso de las planillas de trazabilidad. También se informó a los operadores de bodega para utilizar el listado de revisión de equipos al salir de la bodega, una tarea que ya conocían debido a los requisitos de check list en obra. Simultáneamente, se entregó información del procedimiento y del uso de planillas de revisión de equipos a supervisores de obra pronta a desmovilizar y para la obra con la movilización programada el lunes 06 de noviembre mediante la plataforma Teams. Durante estas sesiones, se entregó la documentación de “Procedimientos para el mantenimiento y control de equipos.”

Debido a la fecha de implementación, se inició con la desmovilización de los equipos de la obra “F236FEEN”, realizando revisiones de salida antes de enviarlos a la bodega central, con el objetivo de obtener detalles sobre el estado final de los equipos en terreno. Paralelamente, se llevaron a cabo revisiones de salida de bodega y entrada a obra para el nuevo proyecto “F238CB”, que comenzó con la movilización el lunes 06 de noviembre. A partir de la primera desmovilización, se realizó el primer registro de datos de traslados guiado junto al Encargado de compras y logística y asegurando la correcta información.

Tras el inicio de las perforaciones de la nueva obra “F238CB” el día 09 de noviembre, se comenzó con el seguimiento del comportamiento y estado de operatividad de los componentes de perforadoras manuales modelo YT27, como equipo en estudio, a partir del registro en check list diarios realizados al comienzo del día.

#### **IV. Seguimiento y control**

Durante el transcurso del mes, se llevaron a cabo observaciones continuas con el objetivo de identificar el cumplimiento o posibles fallos en los procesos. Después de recabar suficiente información de las primeras semanas, se procedió a compilar y clasificar los datos sobre los elementos que presentan fallas recurrentes en las perforadoras YT27, Además, de ver cómo afectan los tipos de suelo en las perforaciones.

#### **V. Cierre**

Se realizó el levantamiento de resultados de implementación hasta la fecha para poder medir la efectividad del desarrollo del plan y evaluar el cumplimiento de los objetivos propuestos.

## 9. Resultados

Durante la primera semana de ejecución, se llevó a cabo el levantamiento del inventario total de los equipos presentes en obras, talleres y bodega central, incluyendo la asignación de códigos correspondientes como fase inicial en el proceso de implementación (ver anexo 15). Hasta la fecha 12-12-2023, se logró obtener una trazabilidad del 69% de los equipos registrados en el inventario, teniendo en cuenta la realización de las revisiones previo a traslados entre bodega y obras, como se logra ver en la planilla resumen del anexo 16. Sin embargo, al proyectar estos resultados hasta la culminación de las obras en curso, se anticipa alcanzar el 100% de trazabilidad, englobando la codificación, ubicación, estado de operatividad y el historial completo de mantenimientos y verificaciones de los equipos, tanto en la bodega central como en las obras de la empresa. Como parte del proceso de generación del inventario para la trazabilidad de los equipos, se registró el código identificador en las piezas clave de todos los equipos que pasaron por bodega central durante la fase de implementación, correspondiente 31% de los equipos. En el anexo 17, se logra ver un ejemplo de la codificación realizada a dos perforadoras modelo Y26 e YT27, con los códigos “CLI-PM-Y26-005” y “CLI-PM-YT27-007”.

En referencia a las revisiones de estado de equipos, a pesar de no llevar a cabo las tres revisiones programadas en una misma obra, se realizaron revisiones conforme al avance de los proyectos. Primero, se efectuó la revisión de salida de los equipos antes de la desmovilización de la obra "F236FEEN", marcando el inicio del plan, junto con revisiones y chequeos de equipos al salir de la bodega e ingresar a la obra en los dos proyectos iniciados en noviembre. Además, se implementaron listados de comprobación de la operatividad de los componentes de los equipos durante las revisiones diarias en obra para abordar cualquier falla potencial.

Toda la información recopilada en la base de datos fue ingresada a la herramienta visual *de Power Bi* (ver anexo 18), para una mejor visualización de los traslados, historial de revisiones y mantenciones, y Carta Gantt del programa de mantención propuesto para cada uno de los equipos, desde la base que no se tenía ningún registro de mantenciones previo al inicio de este proyecto.

De acuerdo con la información recopilada de las dos primeras semanas, se obtuvo un promedio del 63% de componentes en buen estado y un 37% en estado regular. Se registraron fallas en 8 de los 19 componentes a lo largo del período, como se muestra en el gráfico 5.

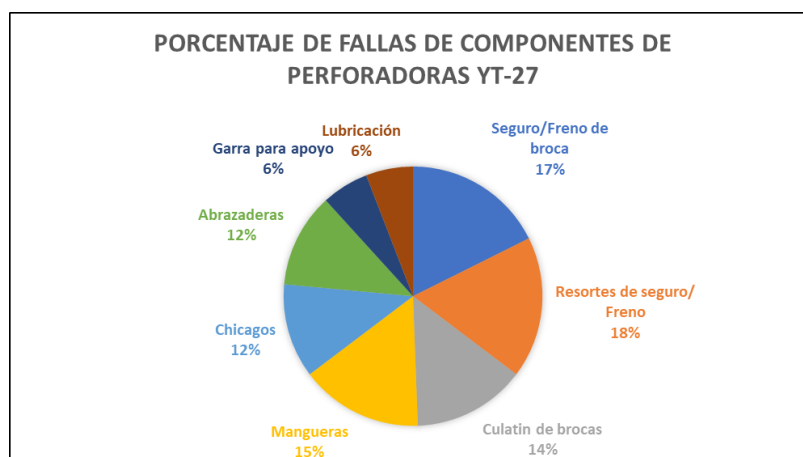


Gráfico 5: Porcentaje de fallas de componentes perforadora YT27 (Fuente: Elaboración propia)

Por otra parte, según la tipología de los suelos, se logró identificar que el desempeño de los equipos puede variar. Los equipos muestran un mejor rendimiento al encontrarse con un suelo homogéneo, ya sea exclusivamente arena limosa, según la clasificación USCS o A-4 (Suelo limoso) según la clasificación AASHTO. En contraste, cuando se enfrentan a suelos más heterogéneos, es decir, que contienen además de la arena limosa, materiales como lodo y roca, los rendimientos tienden a ser inferiores.

Algunos de los tipos de suelos más comunes y que afectan a las maquinarias son:

- ✓ Suelo Cohesivo (Arcilla o Limos): tienden a retener agua y pueden volverse pegajosos cuando están húmedos. Esto puede dificultar la movilidad de las maquinarias y aumentar la resistencia al corte.
- ✓ Suelo Granular (Arena o Grava): tienden a ser más permeables y menos cohesivos. Sin embargo, pueden ser inestables si no se compactan adecuadamente.
- ✓ Rocas: Las rocas presentan desafíos de excavación y fracturamiento. La resistencia al corte varía según el tipo de roca.
- ✓ Suelo Orgánico o Turba: Este tipo de suelo es ligero y puede tener una baja capacidad de carga. Además, puede comprimirse fácilmente.

Además, se logró obtener información acerca del sistema de perforación según el tipo de terreno para los sistemas de perforación con tecnología del martillo de fondo, de cabeza y autoperforante, como se puede ver en la tabla 6.

Tabla 6: Matriz tipo de terreno vs sistema de perforación (Fuente: Juste, A. (2021))

TIPO DE TERRENO	EJEMPLOS	MARTILLO EN FONDO	MARTILLO EN CABEZA	AUTOPERFORANTE
Roca Sana	Granito Mármol	Óptimo	Óptimo	No aconsejable
Roca fracturada o meteorizada	Filitas Calizas Areniscas Margas	Óptimo	Con limitación	Con limitación
Gravas y arenas gruesas, Arenas y arcillas arenosas	Escoria Volcánica Coluviales Aluviales Depósitos Debris	No aconsejable	No aconsejable	Óptimo
Arcillas Consolidadas	Lutitas Arcillitas	Con limitación	Con limitación	Óptimo
Arcillas no Consolidadas	Depósitos fluviales Depósitos Lacustres	No aconsejable	No aconsejable	Óptimo

■ Óptimo  
■ Con limitación  
■ No aconsejable

La tecnología de martillo en fondo se caracteriza por realizar el golpeo directamente en profundidad sobre la roca, lo que mejora tanto el rendimiento como la calidad de la perforación, siendo ideal para terrenos con mayor dureza. Por otro lado, los martillos de cabeza tradicionales son eficientes para diámetros menores y perforaciones poco profundas. En cuanto a los anclajes autoperforantes, cumplen la doble función de anclajes y barrenas de perforación con un bit/broca de perforación perdida. Este método resulta altamente eficaz en terrenos muy fracturados o suelos poco cohesivos, donde las paredes de la perforación no son estables y podrían dificultar la introducción de los anclajes después de extraer las barrenas de perforación. Además, el uso de los autoperforantes permite la inyección simultánea durante el proceso de perforación.

Finalmente, en relación con el objetivo general, no se logró obtener el porcentaje de tiempo improductivo en la totalidad de una obra debido a que su duración excedía el periodo de la pasantía. Por lo tanto, se llevó a cabo la medición basada en los primeros 25 días de ejecución del proyecto "F238CB", equivalentes a 250 horas de trabajo efectivas. Según la información extraída del libro de obra del proyecto, se observaron un total de 12 horas de improductividad debido a máquinas inoperativas por mantenimiento correctivo o panne durante dicho período. Esta cifra equivale a una

reducción del 9% al 4,8% de la duración total de la implementación, cumpliendo así con el objetivo general propuesto al proyectarse a la duración completa de la obra.

## 10. Conclusiones y discusiones

### 10.1. Conclusiones

La implementación de la metodología de trabajo ha permitido satisfacer las necesidades fundamentales de la empresa en relación con el control de los equipos utilizados en obra. Esto se logró mediante una planificación estratégica que incluye la programación de mantenimientos preventivos y revisiones de salida de los equipos antes de ser enviados y utilizados en obra, facilitando una rápida y eficiente visualización del estado operativo de los mismos. La consolidación del plan de trabajo se ha llevado a cabo a partir de la definición detallada de etapas, tareas y roles en el proceso, identificando y optimizando aquellos procesos que no cumplían eficientemente con las necesidades de la empresa.

En relación con el cumplimiento de los objetivos, el porcentaje de trazabilidad se midió a partir de los registros de revisiones y mantenimientos de los equipos. Aunque no se alcanzó el 100% de trazabilidad, este proceso continuará mejorando con las revisiones y mantenimientos preventivos posteriores a la desmovilización de cada obra. El eficiente uso de las planillas de traslado por parte del encargado de logística ha desempeñado un papel crucial en este logro.

Por otra parte, las exhaustivas revisiones de los equipos destinados a obras por parte de los operadores de bodega han sido efectivas para prevenir el envío de equipos en mal estado desde la bodega. La implementación de revisiones de salida de obra para proyectos iniciados en noviembre se proyecta como una práctica continua debido a la alta aceptación y uso de las órdenes de trabajo y su seguimiento.

El análisis de los componentes con frecuentes fallas ha revelado que muchas de estas se deben a la actividad misma de las perforadoras manuales YT27 utilizadas, como la pérdida de componentes debido a vibraciones, el tiempo de uso o a una limpieza inadecuada de estas. Se destaca la importancia de contar con kits de repuestos específicos para cada equipo, con suficiente stock en

bodega central y una mayor capacitación sobre las limpiezas de carácter diario, para mitigar las detenciones por falta de componentes esenciales y por el cuidado que se les otorga a estos.

Además, es crucial realizar un análisis del suelo en el sitio con respecto al equipo a utilizar antes de comenzar cualquier trabajo. Esto permitirá seleccionar las maquinarias adecuadas y tomar medidas de seguridad necesarias para abordar las condiciones específicas del suelo y minimizar los riesgos asociados.

El objetivo general del proyecto se ha alcanzado con el porcentaje esperado, lo cual era previsible dada la propuesta de reducción poco ambiciosa en vista de los resultados que podría implicar dicha mejora. Respecto a la disminución de las horas improductivas, aunque aún se necesitan más datos para una conclusión definitiva, se observa un progreso significativo. El ahorro de tiempo obtenido equivale a 10,5 horas efectivas, traducido en 115,5 horas hombre y un ahorro económico aproximado de \$715.000 en costos directos, considerando a los 11 trabajadores directos en la obra.

## 10.2. Discusiones

Debido a los resultados obtenidos, se concluye la importancia de adoptar un sistema de seguimiento para todos los activos de la empresa como parte de su cultura para aumentar la eficiencia en sus trabajos, tomar decisiones de manera ágil y eficiente, así como ampliar el acceso a la información para el correcto funcionamiento de estos en obra. Tras finalizar la pasantía y entregar la propuesta de proyecto, se recalcó la importancia de tener a un encargado del mantenimiento y control de los equipos enfocado directamente en este problema.

Por otra parte, la mejora en el tiempo no sólo se debe a la metodología de trabajo implementada, sino que al sistema completo y a la evaluación de las fallas más frecuentes en los equipos para poder anteponerse a ellas. Lo que comenzó siendo solo para un equipo, podría expandirse para el análisis de falla del resto de equipos que impactan en la producción.

Es de gran relevancia para la sostenibilidad de este proyecto a largo plazo, mantener actualizadas las planillas para el control y seguimiento de equipos. Es por esto la importancia del manual de

procedimiento de mantenimiento y control de equipos que otorga todas las directrices para el correcto funcionamiento de la propuesta a la problemática planteada inicialmente.

Adicionalmente, al llevar a cabo la planificación de un proyecto, es esencial examinar tanto el diseño de los planos como otros elementos cruciales. Esto incluye la evaluación de la geología local para comprender las características del suelo durante las perforaciones, así como la revisión de las condiciones del sitio donde se llevará a cabo el proyecto, centrado especialmente en la actividad de perforación, que es el foco principal de los proyectos estudiados.

En vista al nivel de aceptación que tuvo la propuesta de solución, se visualiza la oportunidad de expandir dicho proyecto y procedimientos para los demás segmentos del área de fortificación debido a la utilización de los mismos equipos en obra, además de ampliarlo al área estructural que utilizan equipos de menor calibre, pero donde el flujo de trabajo para el control de equipos no variaría en cuanto a composición y beneficios.

Por último, una herramienta tecnológica para la gestión de activos no era una prioridad inicial para la empresa sin antes tener una base de trabajo y control de los equipos, y la trazabilidad de estos mediante un código único. Sin embargo, a lo largo de la implementación se consideró la posibilidad de implementar un software de gestión del mantenimiento de activos llamado Fracttal para poder proponerlo como una segunda etapa de proyecto, que facilite la administración de la información para el control y seguimiento del estado de operatividad de los equipos.

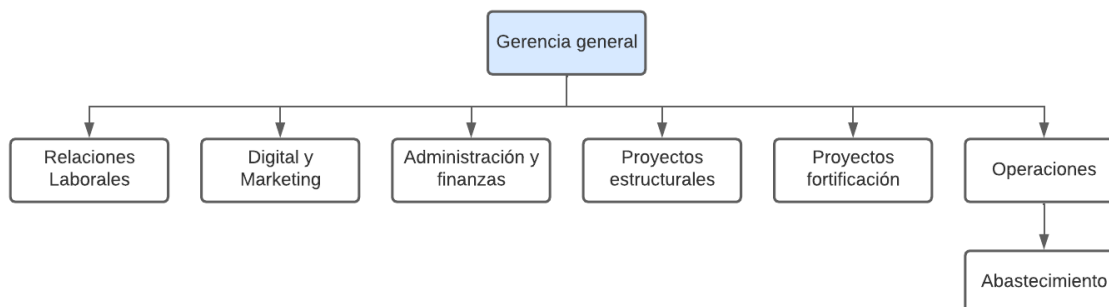
## 11. Referencias

- Juste, A. (2021). *Relación entre sistemas de perforación y tipos de terreno*. Grupo Desnivel.  
<https://grupodesnivel.com/relacion-entre-sistemas-de-perforacion-y-tipos-de-terreno/>
- Ucar, R. (2004). *Manual de anclajes en ingeniería civil*.
- Rojas Torres, L. K. (2020). Análisis de rendimientos de equipos en el proceso de perforaciones de anclajes para taludes según el tipo de suelo e imprevistos.
- Fracttal (2021). *¿Cómo hacer un plan de mantenimiento?* Fracttal.  
<https://www.fracttal.com/es/como-hacer-un-plan-de-mantenimiento>
- Faúndez Castro, F., & Miranda Sáez, M. (2017). *Desarrollo de un plan de mejora en mantenciones preventivas y correctivas en camiones combinados vector en empresa inggepro Ltda.*
- Chang Nieto, E. (2008). *Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento preventivo para una pequeña empresa del rubro de minería para reducción de costos del servicio de alquiler.*
- Alban Salazar, N. E. (2017). *Implementación de un plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad de las maquinarias en la Empresa Construcciones Reyes SRL para incrementar la productividad.*
- Aguaiza Loja, J. E. (2016). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para la planta de producción de la empresa electrificaciones del Ecuador SA "Elecdor"*
- Villena Andia, A. O. (2017). *Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento de equipos bajo las técnicas del TPM en una empresa constructora.*
- Pacheco, J (2017). *Estandarización de procesos y BPM.*
- Laoyan (2022). *Metodologías de mejora de procesos y cómo hacer una propuesta*. Asana.  
<https://asana.com/es/resources/process-improvement-methodologies>



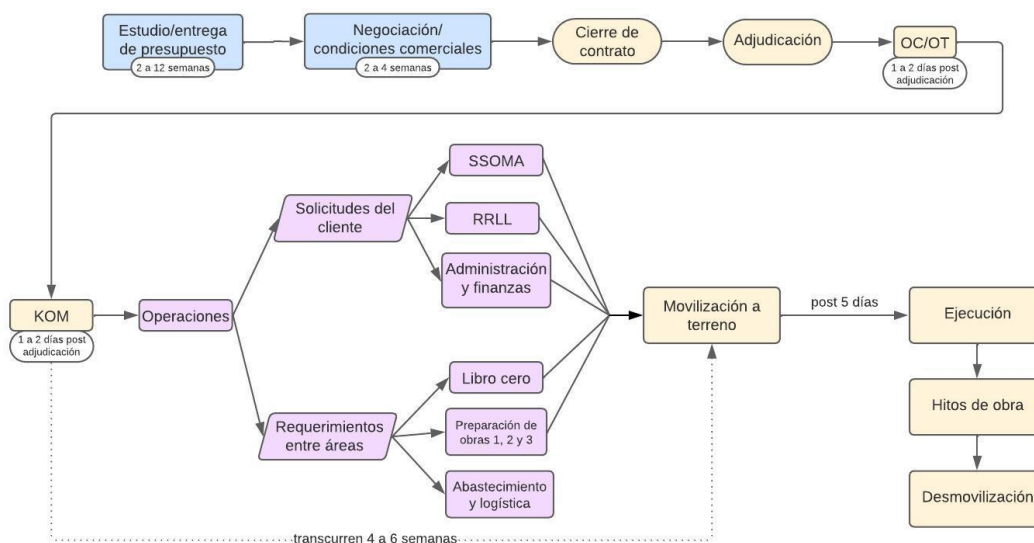
## 12. Anexos

Anexo 1: Organigrama simplificado entre las áreas de Climbers 2023



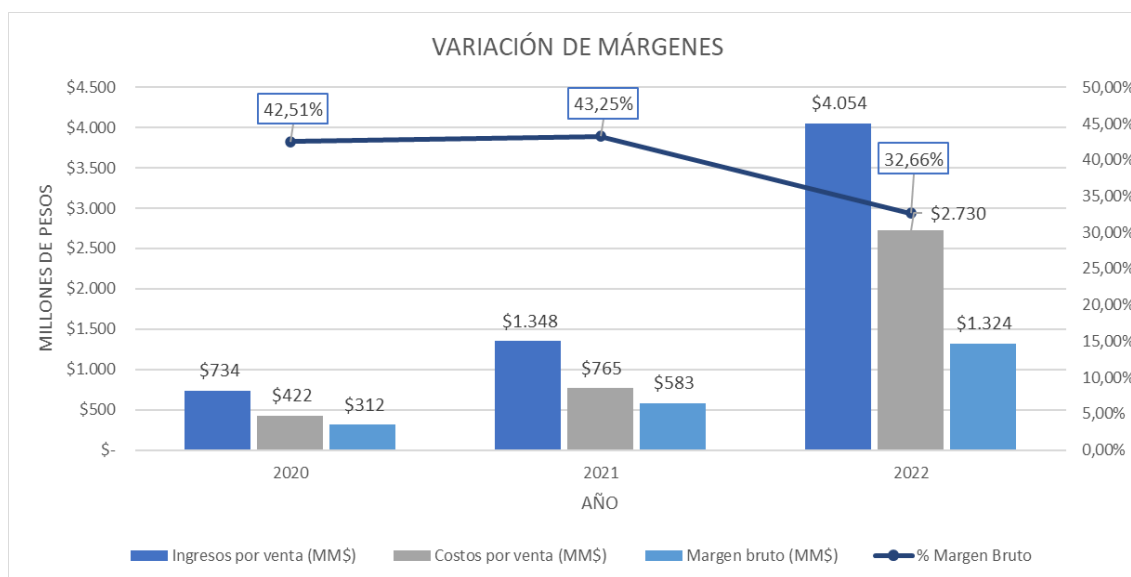
(Fuente: Elaboración propia 2023)

Anexo 2: Flujo de procesos desarrollados entre el área de proyectos y el área de operaciones



(Fuente: Elaboración propia 2023)

### Anexo 3: Margen de beneficio bruto de estados de resultados de los años 2020, 2021 y 2022



(Fuente: Elaboración propia 2023)

### Anexo 4: Estados de resultados de proyectos de fortificación adjudicados entre los años 2020 y 2023 del segmento minero.

SEGMENTACION	AÑO	PROYECTOS ADJUDICADOS	REAL	ESPERADA	DESVIACIÓN CON MÍNIMO ESPERADO
Minería	2020	PROYECTO 1 - 2020	36,6%	35% - 40%	1,6%
Minería	2020	PROYECTO 2 - 2020	28,2%	35% - 40%	-6,8%
Minería	2021	PROYECTO 1 - 2021	32,0%	35% - 40%	-3,0%
Minería	2021	PROYECTO 2 - 2021	3,7%	35% - 40%	-31,3%
Minería	2022	PROYECTO 1 - 2022	36,0%	35% - 40%	1,0%
Minería	2022	PROYECTO 2 - 2022	38,3%	35% - 40%	3,3%
Minería	2022	PROYECTO 3 - 2022	23,0%	35% - 40%	-12,0%
Minería	2022	PROYECTO 4 - 2022	23,1%	35% - 40%	-11,9%
Minería	2023	PROYECTO 1 - 2023	37,9%	35% - 40%	2,9%
Minería	2023	PROYECTO 2 - 2023	29,3%	35% - 40%	-5,7%
Minería	2023	PROYECTO 3 - 2023	20,4%	35% - 40%	-14,6%
Minería	2023	PROYECTO 4 - 2023	21,0%	35% - 40%	-14,0%
Minería	2023	PROYECTO 5 - 2023	28,3%	35% - 40%	-6,7%
Minería	2023	PROYECTO 6 - 2023	en ejecución	35% - 40%	-
Minería	2023	PROYECTO 7 - 2023	en ejecución	35% - 40%	-
Minería	2023	PROYECTO 8 - 2023	en ejecución	35% - 40%	-

(Fuente: Elaboración propia 2023)

Anexo 5: Cálculo de horas de interferencias totales para obra de estándar minero con un promedio de duración de 3 meses y 10 horas efectivas.

Duración promedio obras (días)	90
Cantidad horas efectivas:	10

INTERFERENCIAS INTERNAS	DÍAS	HORAS EFECTIVAS	% RELATIVO	% RELATIVO ACUM	% RESPECTO A DURACIÓN TOTAL DE OBRA
Equipos inoperativos	8	80	42,1%	42,1%	8,9%
Retraso inicio obras	5	50	26,3%	68,4%	5,56%
Falta de insumos	3,5	35	18,4%	86,8%	3,89%
Rendimiento trabajadores	1,5	15	7,9%	94,7%	1,67%
Inasistencia operadores	1	10	5,3%	100,0%	1,11%
<b>TOTAL INTERFERENCIAS</b>	<b>19</b>	<b>190</b>	<b>100%</b>	-	<b>21,11%</b>

(Fuente: Elaboración propia 2023)

Anexo 6: Planillas incompletas con información de ciertos equipos utilizada hasta 5 meses atrás.

Item N°	Descripción	Marca	Modelo	N/Serie	Motor o Bomba	Código Interno	Observación
1	Lechadora		Neumatica		Graco / King	CS-Lec-001	
2	Lechadora					CS-Lec-002	
3	Lechadora					CS-Lec-003	
4	Lechadora					CS-Lec-004	
5	Perforadora		YT-26	CS-YT-26-01		CS-Y26-001	
6	Perforadora		YT-26	CS-YT-26-02		CS-Y26-002	
7	Perforadora		YT-26			CS-Y26-003	
8	Perforadora		YT-26			CS-Y26-004	
9	Perforadora		YT-26			CS-Y26-005	
10	Perforadora		YT-26			CS-Y26-006	
11	Perforadora		YT-26			CS-Y26-007	
12	Perforadora		YT-27	CS-YT-27-01		CS-Y27-001	
13	Perforadora		YT-27	CS-YT-27-02		CS-Y27-002	
14	Perforadora		YT-27	CS-YT-27-03		CS-Y27-003	
15	Perforadora		YT-27	CS-YT-27-04		CS-Y27-004	
16	Perforadora		YT-27			CS-Y27-005	
17	Perforadora		YT-27			CS-Y27-006	
18	Perforadora		YT-27			CS-Y27-007	
19	Perforadora		YT-27			CS-Y27-008	
20	Perforadora		YT-27			CS-Y27-009	
21	Perforadora		YT-27			CS-Y27-010	
22	Perforadora		YT-27			CS-Y27-011	
23	Perforadora		YT-27			CS-Y27-012	
24	Perforadora		YT-27			CS-Y27-013	
25	MiniTroner		Barra de Perforación			CS-MT-001	
26							
27							
28							
29							
30							

(Fuente: Área de compras y abastecimiento de la empresa, febrero 2023)

EQUIPO	TIPO	UDM	CANTIDAD TOTAL	UBICACIÓN			OBSERVACIÓN
				BODEGA CENTRAL	OBRA TUBERÍA	OBRA MLP	
PERFORADORA	YT 26	UNI	7	3	0	4	
PERFORADORA	YT 27	UNI	12	3	0	9	
LECHADORA		UNI	4	2	0	2	
PERFORADORA	MINITRONER	UNI	1			1	
PERFORADORA	TAMROCK	UNI	1				En reparación para MLP
PERFORADORA	VIGA CON YT 27	UNI	1				En reparación
EQUIPO DE PERFORACIÓN	BBC 120	UNI	1				En reparación
EQUIPO DE PERFORACIÓN	MARTILLO DE FONDO	UNI	1				En reparación

(Fuente: Área de compras y abastecimiento de la empresa, febrero 2023)

## Anexo 7: Evaluación económica del proyecto, considerado costos de diseño, implementación y ahorros asociados a partir de los distintos escenarios.

Detalle sueldos	Mensual (líquido)	Mensual (costo empresa)	Diario	Hora
Gerente proyectos	\$ 10.000.000	\$ 12.100.000	\$ 403.333	\$ 44.815
Jefe técnico operaciones	\$ 6.000.000	\$ 7.260.000	\$ 242.000	\$ 26.889
Enc. compra y logística	\$ 1.100.000	\$ 1.331.000	\$ 44.367	\$ 4.930
Operador bodega	\$ 800.000	\$ 968.000	\$ 32.267	\$ 3.585
Supervisor turno	\$ 900.000	\$ 1.089.000	\$ 36.300	\$ 4.033
Supervisor contraturno	\$ 900.000	\$ 1.089.000	\$ 36.300	\$ 4.033
Pasante	\$ 300.000	\$ 363.000	\$ 12.100	\$ 1.344

Proyecto	Costo diario	Costo diario directo	Costo diario indirecto
P1 - 2023	\$ 3.915.017	\$ 3.613.142	\$ 301.875
P2 - 2023	\$ 1.857.510	\$ 1.542.197	\$ 315.313
P3 - 2023	\$ 5.616.952	\$ 4.074.971	\$ 1.541.981
P4 - 2023	\$ 2.648.820	\$ 1.710.620	\$ 938.200
P5 - 2023	\$ 3.418.916	\$ 2.978.916	\$ 440.000
<b>Promedio</b>	<b>\$ 3.491.443</b>	<b>\$ 2.783.969</b>	<b>\$ 707.474</b>

Mantenciones correctivas proyecto modelo (P5-2023)	Monto
Mantención 1	\$ 400.454
Mantención 2	\$ 1.193.638
Mantención 3	\$ 629.938
Mantención 4	\$ 199.920
Mantención 5	\$ 273.700
Mantención 6	\$ 172.962
Mantención 7	\$ 116.620
Mantención 8	\$ 469.159
<b>Total</b>	<b>\$ 3.456.391</b>

Beneficios/Ahorros	Reducción del 0%		Reducción del 25%		Reducción del 15%		Reducción del 35%	
	Sin proyecto		Con proyecto escenario esperado		C/proyecto escenario pesimista		C/proyecto escenario optimista	
	cantidad	costo total	cantidad	costo	cantidad	costo	cantidad	costo
Días máquina inoperativa	8	\$ 27.931.543	6	\$ 20.948.658	6,8	\$ 23.741.812	5,2	\$ 18.155.503
Mantenciones correctivas	8	\$ 3.456.391	6	\$ 2.592.293	6,8	\$ 2.937.932	5,2	\$ 2.246.654
Fletes de obra a bodega	6	\$ 1.500.000	4,5	\$ 1.125.000	5,1	\$ 1.275.000	3,9	\$ 975.000
Fletes de bodega a taller	8	\$ 640.000	6	\$ 480.000	6,8	\$ 544.000	5,2	\$ 416.000
<b>Ahorro total</b>				<b>\$ 8.381.984</b>		<b>\$ 5.029.190</b>		<b>\$ 11.734.777</b>

FLUJO CASO ESPERADO	Meses			
	0	1	2	3
Costo diseño solución	\$ -965.052	\$ -965.052		
Costo implementación		\$ -466.000	\$ -419.400	\$ -419.400
Costo grabados equipos		\$ -45.000	\$ -45.000	\$ -45.000
Ahorro día equipo inoperativo		\$ 2.327.629	\$ 2.327.629	\$ 2.327.629
Ahorro mantenciones correctivas		\$ 288.033	\$ 288.033	\$ 288.033
Ahorro fletes obra a bodega central		\$ 125.000	\$ 125.000	\$ 125.000
Ahorro fletes bodega central a taller		\$ 53.333	\$ 53.333	\$ 53.333
<b>Flujo de caja</b>	<b>\$ -965.052</b>	<b>\$ 1.317.943</b>	<b>\$ 2.329.595</b>	<b>\$ 2.329.595</b>

tasa descuento mensual	0,8%
VAN	\$4.870.795
TIR	163%
ROI	149%

FLUJO CASO PESIMISTA	Meses			
	0	1	2	3
Costo diseño solución	\$ -965.052	\$ -965.052		
Costo implementación		\$ -466.000	\$ -419.400	\$ -419.400
Costo grabados equipos		\$ -45.000	\$ -45.000	\$ -45.000
Ahorro día equipo inoperativo		\$ 1.396.577	\$ 1.396.577	\$ 1.396.577
Ahorro mantenciones correctivas		\$ 172.820	\$ 172.820	\$ 172.820
Ahorro fletes obra a bodega central		\$ 75.000	\$ 75.000	\$ 75.000
Ahorro fletes bodega central a taller		\$ 32.000	\$ 32.000	\$ 32.000
<b>Flujo de caja</b>	<b>\$ -965.052</b>	<b>\$ 200.345</b>	<b>\$ 1.211.997</b>	<b>\$ 1.211.997</b>

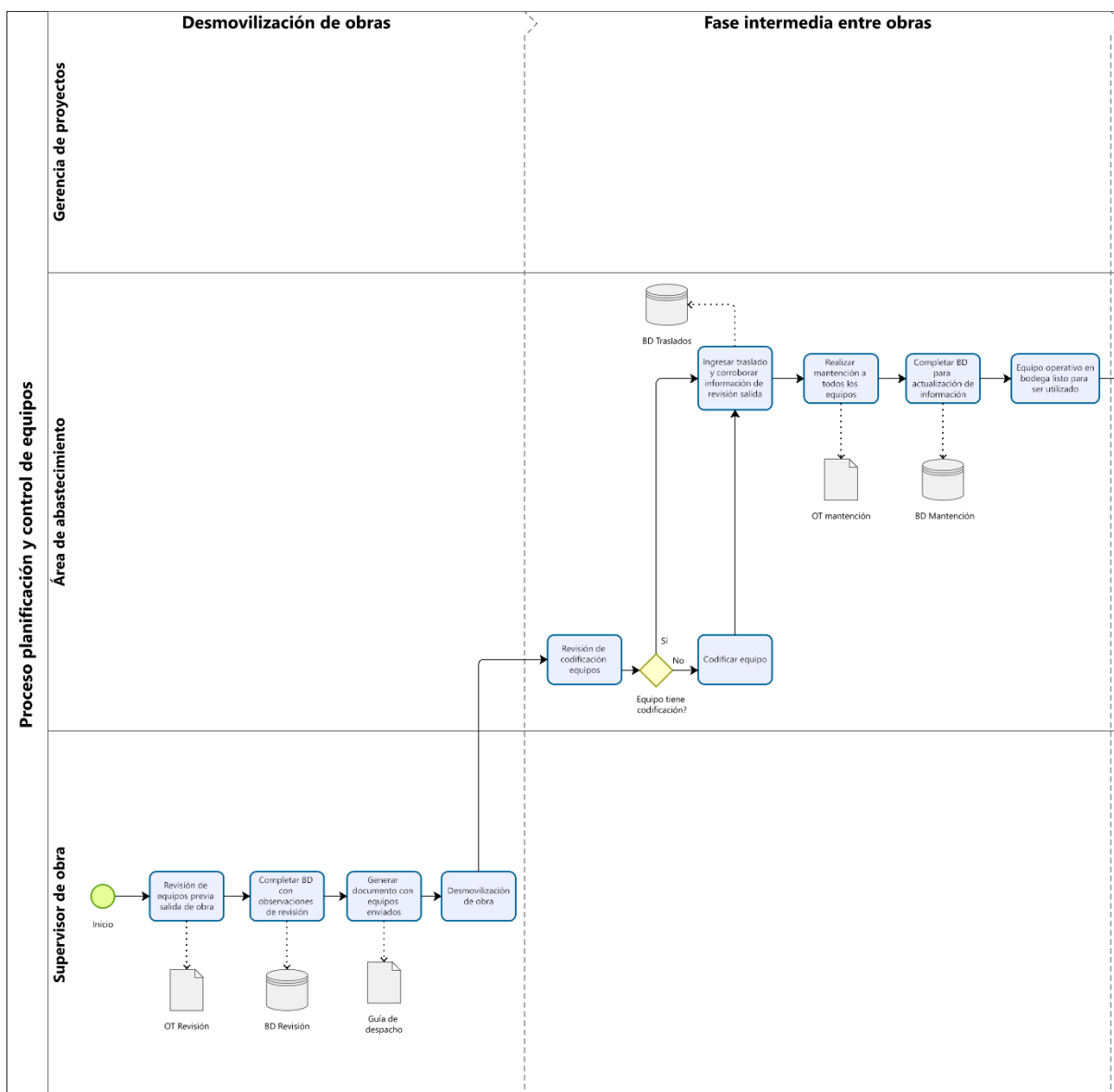
tasa descuento mensual	0,8%
VAN	\$1.597.129
TIR	55%
ROI	49%

FLUJO CASO OPTIMISTA	Meses			
	0	1	2	3
Costo diseño solución	\$ -965.052	\$ -965.052		
Costo implementación		\$ -466.000	\$ -419.400	\$ -419.400
Costo grabados equipos		\$ -45.000	\$ -45.000	\$ -45.000
Ahorro día equipo inoperativo		\$ 3.258.680	\$ 3.258.680	\$ 3.258.680
Ahorro mantenciones correctivas		\$ 403.246	\$ 403.246	\$ 403.246
Ahorro fletes obra a bodega central		\$ 175.000	\$ 175.000	\$ 175.000
Ahorro fletes bodega central a taller		\$ 74.667	\$ 74.667	\$ 74.667
<b>Flujo de caja</b>	<b>\$ -965.052</b>	<b>\$ 2.435.540</b>	<b>\$ 3.447.192</b>	<b>\$ 3.447.192</b>

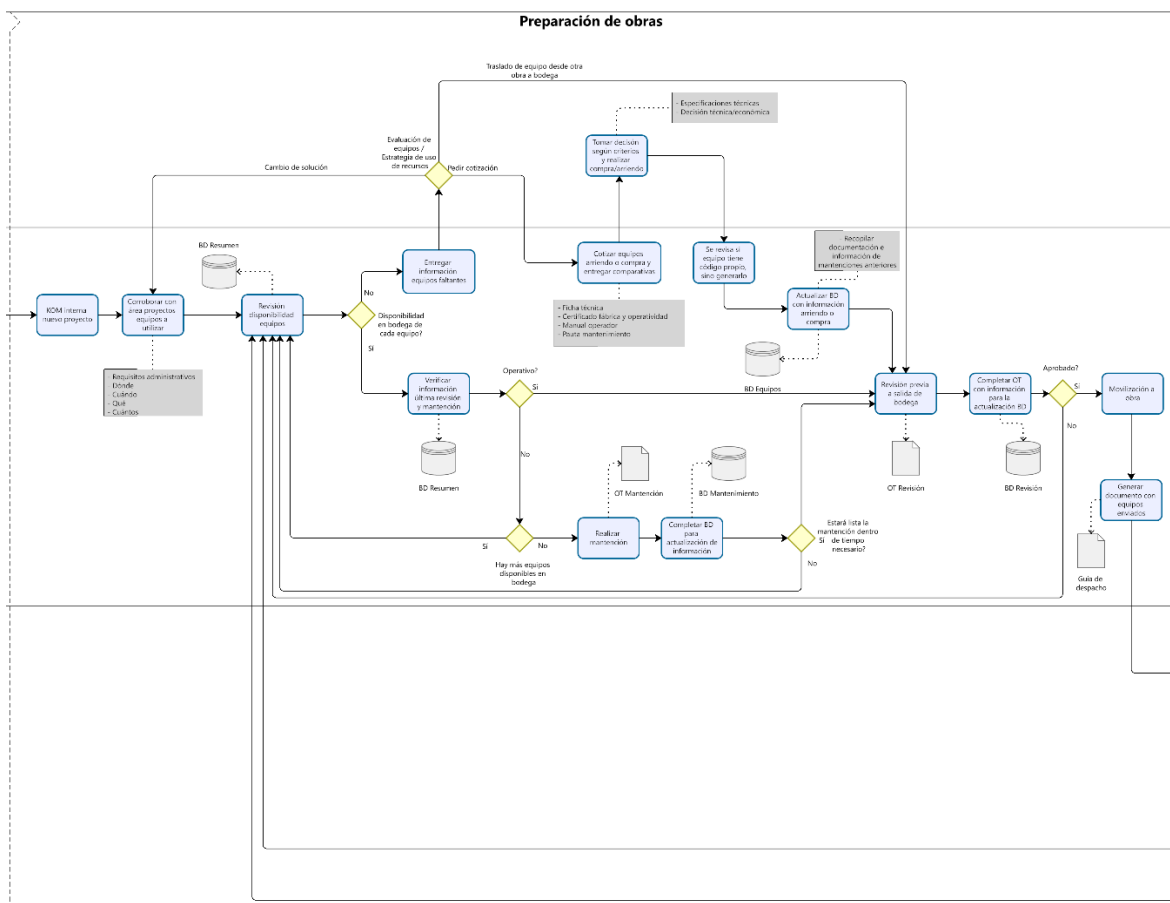
tasa descuento mensual	0,8%
VAN	\$8.144.461
TIR	274%
ROI	248%

(Fuente: Elaboración propia 2023)

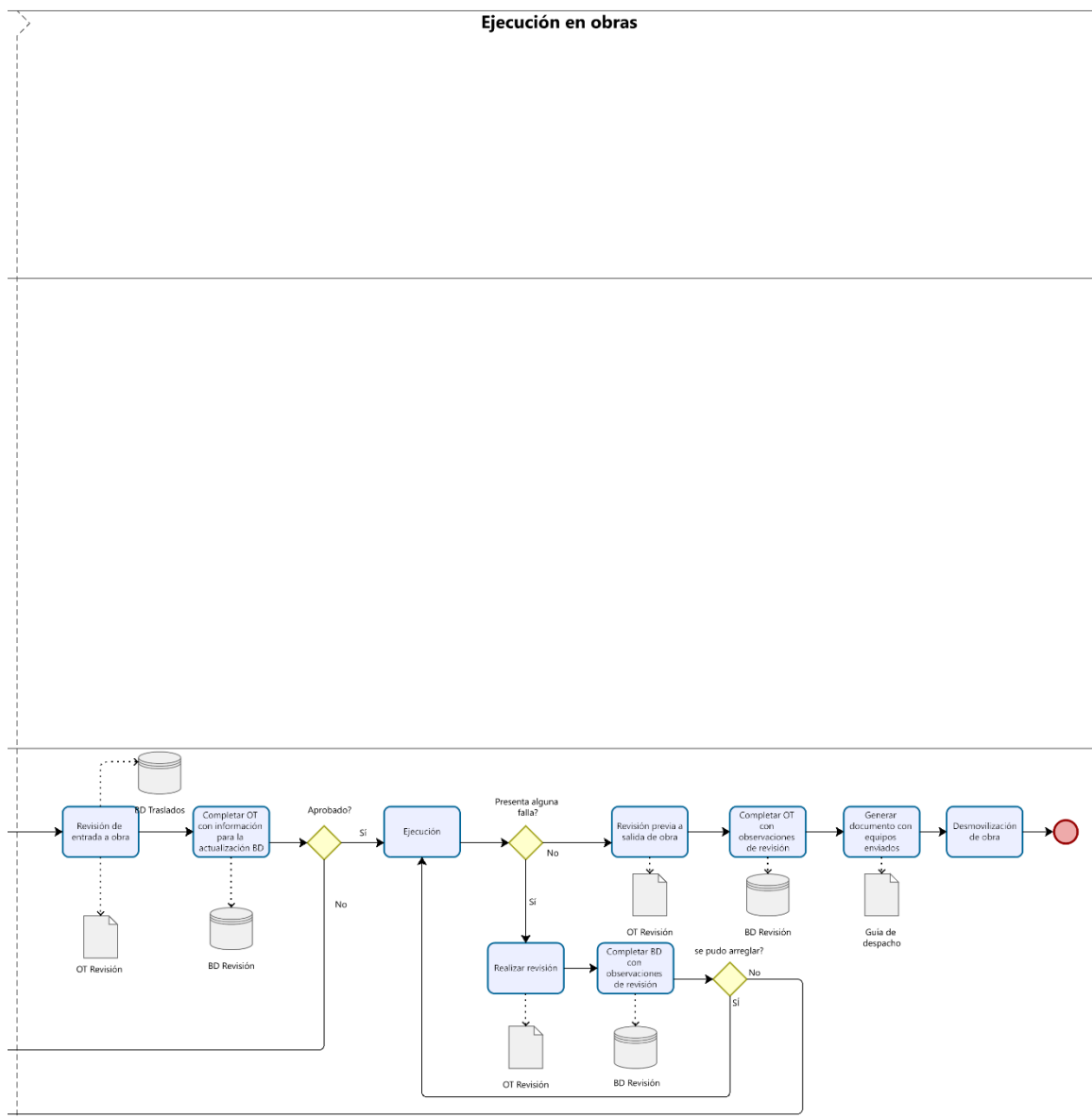
## Anexo 8: Flujoograma del proceso propuesto del mantenimiento y control de equipos.



(Fuente: Elaboración propia 2023)




(Fuente: Elaboración propia 2023)



(Fuente: Elaboración propia 2023)



## Anexo 9: Formularios de ingreso de información


**RESUMEN HISTORIAL EQUIPOS**

Archivo	MANT-01-01
Revisión	00
Fecha Rev. Doc.	01-nov.-23

**Botones de acción:**

Registrar nuevo equipo
Registrar traslado
Revisión equipos
Mantencción equipos

**Registro de nuevo equipo**

En caso de no aparecer opción, escribir manualmente

ID

ITEM

MARCA

MODELO

DESCRIPCION

FABRICANTE

FECHA REGISTRO [dd-mm-aaaa]

PERIODICIDAD MANTENIMIENTO [DIAS]

PROPIO/ARRIENDO

ID GRABADO?

Agregar Salir

**Registro traslado de equipos**

En caso de no aparecer opción, escribir manualmente

ID


FECHA ENVIO [dd-mm-aa]

ORIGEN

DESTINO

Agregar Salir

(Fuente: Elaboración propia 2023)


**RESUMEN HISTORIAL EQUIPOS**

Archivo	MANT-01-01
Revisión	00
Fecha Rev. Doc.	01-nov.-23

**Botones de acción:**

Registrar nuevo equipo
Registrar traslado
Revisión equipos
Mantencción equipos

**Registro revision de equipos**

En caso de no aparecer opción, escribir manualmente

ID

PROYECTO

ENCARGADO REVISIÓN

FECHA REVISION [dd-mm-aa]

TIPO REVISION

ESTADO FINAL

OBSERVACIONES

Agregar Salir

**Registro mantencion de equipos**

En caso de no aparecer opción, escribir manualmente

ID

PROYECTO

TALLER/ENCARGADO MANTENCION

FECHA REVISION [dd-mm-aa]

TIPO MANTENCION

ESTADO FINAL

OBSERVACIONES

Agregar Salir

(Fuente: Elaboración propia 2023)

[illegible][illegible][illegible]

*Planilla registro mantención de equipos (Fuente: Elaboración propia 2023)*

*Cuadro resumen a partir de planillas a rellenar (Fuente: Elaboración propia 2023)*

## Anexo 11: Lista de chequeo de equipos para revisiones

	<b>LISTA DE CHEQUEO PERFORADORA MANUAL</b>				
Nombre Observador: _____ Fecha: _____ Marca y modelo : _____ Responsable: _____					
<b>Revisión condiciones de los componentes</b>					
Nº	Accesorios	Estado			Observaciones
		B	R	M	
1	Manillas de perforadora				
2	Pato lubricador				
3	Seguro/Freno de broca				
4	Resortes de seguro/ Freno				
5	Silenciador				
6	Culatin de brocas				
7	Barras				
8	Bits				
9	Mangueras				
10	Chicagos				
11	Piolas de seguridad				
12	Abrazaderas				
13	Cabezal Embolo				
14	Manilla Embolo				
15	Garra para apoyo				
16	La perforadora presenta ruidos extraños al comenzar los trabajos				
17	El embolo cumple con normalidad su función (Empuje)				
18	Las barras de perforación rotan y perforan con normalidad				
19	La lubricación es la adecuada para no generar fallas internas				
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">Firma Observador</div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px;">Firma Responsable</div>			
Nº	Acciones correctivas	Cuando	Quien		

(Fuente: Elaboración propia 2023)



## LISTA DE CHEQUEO PERFORADORA VIGA

Nombre Observador: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Marca y modelo : \_\_\_\_\_ Responsable: \_\_\_\_\_

### Revisión condiciones de los componentes

N°	Accesorios	Estado			Observaciones
		B	R	M	
1	Tablero comando				
2	Estado de cinturón de seguridad				
3	Jaula interlock				
4	Plataforma de trabajo				
5	Silenciador				
6	Protección de seguridad superior (techo)				
7	Barras				
8	Bits				
9	Mangueras aire				
10	Chicagos				
11	Piolas de seguridad				
12	Abrazaderas				
13	Oruga				
14	Cortacorriente				
15	Parada de emergencia				
16	Baliza de movimiento				
17	Bocina				
18	Las barras de perforación rotan y perforan con normalidad				
19	La lubricación es la adecuada para no generar fallas internas				
20	Señalética				
21	Extintor				
22	Nivel de aceite motor				
23	Nivel de combustible				
24	Nivel de agua radiador				
24	Nivel de aceite hidráulico				
25	Bandeja antiderrame				
26	Nivel de aceite para partillo				

Firma Observador

Firma Responsable

N°	Acciones correctivas	Cuando	Quien

(Fuente: Elaboración propia 2023)



## LISTA DE CHEQUEO COMPRESOR

Nombre Observador: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Marca y modelo: \_\_\_\_\_ Responsable: \_\_\_\_\_

### Revisión condiciones de los componentes


Nº	Niveles	Estado			Observaciones
		B	M	A	
1	Combustible				
2	Aceite de Motor				
3	Agua radiador				
4	Aceite Hidraulico				
Nº	Accesorios	Estado			Observaciones
		B	R	M	
1	Corta corriente				
2	Extintor				
3	Parada de emergencia				
4	cables flexibles				
5	Numero de identificación				
6	Acoples de línea de aire				
7	Puesta a tierra				
8	Seguro antilátigo				
9	Interruptores				
10	Manómetro de control				
11	Llaves de paso de aire				
12	Tierras de puerta y tapas				
13	Adhesivos informativos de seguridad				
14	Bandeja antiderrame				
15	Luces y micas traseras del equipo				
16	Barras de apoyo				
17	Estructura del compresor				
18	Batería				
19	Neumaticos				
20	Cuñas				
21	Manual del fabricante				
22	Estado de las mangueras				

Firma Observador

Firma Responsable

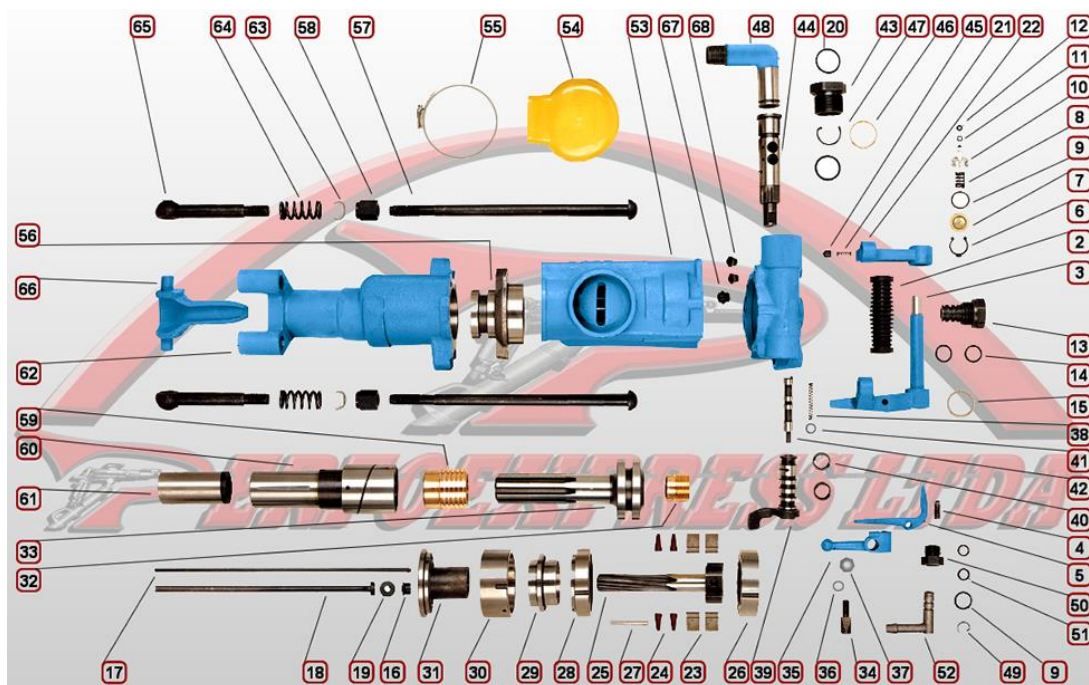
Nº	Acciones correctivas	Cuando	Quien

(Fuente: Elaboración propia 2023)

		LISTA DE CHEQUEO LECHADORA				
Nombre Observador: _____		Fecha: _____				
Marca y modelo: _____		Responsable: _____				
Revisión condiciones de los componentes						
N°	Motor	Cumple			Observaciones	
		SÍ	NO	N/A		
1	Nivel de aceite					
2	Nivel de agua motor					
3	Nivel de combustible					
4	Fugas de aceite					
5	Estado de mangueras de agua del motor					
6	Estado de correas del motor					
N°	Sistema Hidráulico	Cumple			Observaciones	
		SÍ	NO	N/A		
1	Revisar nivel de aceite hidráulico					
2	Revisar fugas de aceite hidráulico					
3	Revisar estado de flexibles hidráulicos					
4	Revisar estado de enfriador de aceite hidráulico					
5	Revisar funcionamiento del equipo					
6	Revisar carga del acumulador					
N°	Estructura del equipo	Cumple			Observaciones	
		SÍ	NO	N/A		
1	Inspección visual					
2	Revisar fisuras Cañerías de bombeo					
3	Revisar pernos de sujeción de batería					
4	Revisar esparrago de trompa					
5	Revisar seguros de collarines de tubería					
6	Revisar al tacto la tubería (espesor)					
7	Revisar cadena de seguridad del flexible de descarga					
8	Revisar conexiones Chicago de lanza bola					
9	Revisar gomas de agitador					
N°	Sistema Eléctrico	Cumple			Observaciones	
		SÍ	NO	N/A		
1	Revisar terminales de batería					
2	Revisar carga del alternador					
3	Revisar estado de luces panel					
4	Revisar bocina de comunicación					
5	Revisar motor de enfriador hidráulico					
6	Revisar telecomando y cordón control a distancia					
N°	Otros	Cumple			Observaciones	
		SÍ	NO	N/A		
1	Cuñas					
2	Patas estabilizadoras					
3	Neumáticos					
4	Señaléticas					
5	Estado de mangueras de agua del motor					
6	Pernos de ruedas					
<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%; position: relative;"> <div style="position: absolute; top: 5px; left: 5px; font-size: 8px; font-weight: bold;">Firma Observador</div> </div>		<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%; position: relative;"> <div style="position: absolute; top: 5px; left: 5px; font-size: 8px; font-weight: bold;">Firma Responsable</div> </div>				
N° Acciones correctivas					Cuando	Quien

(Fuente: Elaboración propia 2023)


## Anexo 12: Partes que componen una perforadora YT27



- |                               |                                 |
|-------------------------------|---------------------------------|
| 2. Manilla Amortiguadora      | 35. Manilla de Operación        |
| 3. Soporte Manilla Izquierda  | 36. Golilla Presión             |
| 4. Oring                      | 37. Tuerca Lateral              |
| 5. Gatillo                    | 38. Resorte                     |
| 6. Aro de Sujeción media luna | 39. Válvula Presión             |
| 7. Tapa Resorte               | 40. Anillo Expansión            |
| 8. Resorte                    | 41. Aro Atascador               |
| 9. Oring                      | 42. Válvula de Cambio           |
| 10. Válvula Jeringa           | 43. Oring                       |
| 11. Oring                     | 44. Válvula de Operación        |
| 12. Golilla de Goma           | 45. Golilla                     |
| 13. Jeringa Agua              | 46. Aro de Retención            |
| 14. Oring                     | 47. Tuerca Tubo Aire            |
| 15. Golilla Cobre             | 48. Codo Tubo Aire              |
| 16. Goma Bombilla             | 49. Aro Atascador para Conector |
| 17. Bombilla de Agua          | 50. Tuerca Tubo Agua            |
| 18. Combinación Aguja Aire    | 51. Oring                       |
| 19. Golilla Bombilla Aire     | 52. Conector Tubo Agua          |
| 20. Culata                    | 53. Estanque Cilindro           |
| 21. Varita Fijación           | 54. Silenciador                 |
| 22. Resorte                   | 55. Abrazadera Silenciador      |
| 23. Uñeta                     | 56. Guía Cabezal                |
| 24. Resorte Torre             | 57. Perno Lateral               |
| 25. Barra Rifle               | 58. Golilla                     |
| 26. Corona                    | 59. Tuerca Chuck                |
| 27. Varita de Fijación        | 60. Tubo Rotación               |



Anexo 13: Imágenes del Manual de “Procedimiento de mantenimiento y control de equipos”. El documento cuenta con 15 páginas y será utilizado de forma virtual por parte de las áreas involucradas.



**MANUAL DE MANTENIMIENTO Y CONTROL DE EQUIPOS**

CLM-MAN-001-001-00

Equipo	Ubicación	Responsable	Fecha

**4.3. Mantenimiento preventivo de equipos**

4.3.1. Inspección visual de los equipos

4.3.2. Limpieza de los equipos

4.3.3. Verificación de los niveles de aceite

4.3.4. Verificación de los niveles de agua

4.3.5. Verificación de los niveles de aceite

4.3.6. Verificación de los niveles de agua

4.3.7. Verificación de los niveles de aceite

4.3.8. Verificación de los niveles de agua

4.3.9. Verificación de los niveles de aceite

4.3.10. Verificación de los niveles de agua

4.3.11. Verificación de los niveles de aceite

4.3.12. Verificación de los niveles de agua

4.3.13. Verificación de los niveles de aceite

4.3.14. Verificación de los niveles de agua

4.3.15. Verificación de los niveles de aceite

4.3.16. Verificación de los niveles de agua

4.3.17. Verificación de los niveles de aceite

4.3.18. Verificación de los niveles de agua

4.3.19. Verificación de los niveles de aceite

4.3.20. Verificación de los niveles de agua

4.3.21. Verificación de los niveles de aceite

4.3.22. Verificación de los niveles de agua

4.3.23. Verificación de los niveles de aceite

4.3.24. Verificación de los niveles de agua

4.3.25. Verificación de los niveles de aceite

4.3.26. Verificación de los niveles de agua

4.3.27. Verificación de los niveles de aceite

4.3.28. Verificación de los niveles de agua

4.3.29. Verificación de los niveles de aceite

4.3.30. Verificación de los niveles de agua

4.3.31. Verificación de los niveles de aceite

4.3.32. Verificación de los niveles de agua

4.3.33. Verificación de los niveles de aceite

4.3.34. Verificación de los niveles de agua

4.3.35. Verificación de los niveles de aceite

4.3.36. Verificación de los niveles de agua

4.3.37. Verificación de los niveles de aceite

4.3.38. Verificación de los niveles de agua

4.3.39. Verificación de los niveles de aceite

4.3.40. Verificación de los niveles de agua

4.3.41. Verificación de los niveles de aceite

4.3.42. Verificación de los niveles de agua

4.3.43. Verificación de los niveles de aceite

4.3.44. Verificación de los niveles de agua

4.3.45. Verificación de los niveles de aceite

4.3.46. Verificación de los niveles de agua

4.3.47. Verificación de los niveles de aceite

4.3.48. Verificación de los niveles de agua

4.3.49. Verificación de los niveles de aceite

4.3.50. Verificación de los niveles de agua

4.3.51. Verificación de los niveles de aceite

4.3.52. Verificación de los niveles de agua

4.3.53. Verificación de los niveles de aceite

4.3.54. Verificación de los niveles de agua

4.3.55. Verificación de los niveles de aceite

4.3.56. Verificación de los niveles de agua

4.3.57. Verificación de los niveles de aceite

4.3.58. Verificación de los niveles de agua

4.3.59. Verificación de los niveles de aceite

4.3.60. Verificación de los niveles de agua

4.3.61. Verificación de los niveles de aceite

4.3.62. Verificación de los niveles de agua

4.3.63. Verificación de los niveles de aceite

4.3.64. Verificación de los niveles de agua

4.3.65. Verificación de los niveles de aceite

4.3.66. Verificación de los niveles de agua

4.3.67. Verificación de los niveles de aceite

4.3.68. Verificación de los niveles de agua

4.3.69. Verificación de los niveles de aceite

4.3.70. Verificación de los niveles de agua

4.3.71. Verificación de los niveles de aceite

4.3.72. Verificación de los niveles de agua

4.3.73. Verificación de los niveles de aceite

4.3.74. Verificación de los niveles de agua

4.3.75. Verificación de los niveles de aceite

4.3.76. Verificación de los niveles de agua

4.3.77. Verificación de los niveles de aceite

4.3.78. Verificación de los niveles de agua

4.3.79. Verificación de los niveles de aceite

4.3.80. Verificación de los niveles de agua

4.3.81. Verificación de los niveles de aceite

4.3.82. Verificación de los niveles de agua

4.3.83. Verificación de los niveles de aceite

4.3.84. Verificación de los niveles de agua

4.3.85. Verificación de los niveles de aceite

4.3.86. Verificación de los niveles de agua

4.3.87. Verificación de los niveles de aceite

4.3.88. Verificación de los niveles de agua

4.3.89. Verificación de los niveles de aceite

4.3.90. Verificación de los niveles de agua

4.3.91. Verificación de los niveles de aceite

4.3.92. Verificación de los niveles de agua

4.3.93. Verificación de los niveles de aceite

4.3.94. Verificación de los niveles de agua

4.3.95. Verificación de los niveles de aceite

4.3.96. Verificación de los niveles de agua

4.3.97. Verificación de los niveles de aceite

4.3.98. Verificación de los niveles de agua

4.3.99. Verificación de los niveles de aceite

4.3.100. Verificación de los niveles de agua

(Fuente: Elaboración propia 2023)



# Anexo 15: Planilla con inventario de equipos hasta la fecha 12/12/2023

CLIMBERS										
INVENTARIO DE EQUIPOS										
ID	ITEM	MARCA	MODELO	DESCRIPCION	FABRICANTE	FECHA REGISTRO	PERIODICIDAD	PROPIO/	ARRIENDO	ID GRABADO
ARR-01-BHP	COMPRESOR	ATLAS COPCO	V 900SQE, 900 CFM, 20 BAR	DIESEL DE AIRE SECO MOVIL	N/A	30-10-23	180	ARRIENDO	NO	
ARR-02-BHP	COMPRESOR	DENAR	DACY-34-25, 1200 CFM, 22 BAR	DIESEL DE AIRE SECO MOVIL	N/A	30-10-23	180	ARRIENDO	NO	
ARR-03-COLBUN	COMPRESOR	KAESER	M250 SIGMA 706-928 CFM, 125-21 DIESEL DE AIRE SECO MOVIL	N/A	30-10-23	180	ARRIENDO	NO		
CL-C-AC-001	COMPRESOR	ATLAS COPCO	XAS400 PACE, 360-410 CFM, 72-1 DIESEL DE AIRE SECO MOVIL	ATLAS COPCO	30-10-23	180	PROPIO	NO		
CL-C-AC-002	COMPRESOR	ATLAS COPCO	XAS 400	DIESEL DE AIRE SECO MOVIL	ATLAS COPCO	30-10-23	180	PROPIO	NO	
CL-C-HW-001	COMPRESOR	HENGWANG	31/25, 1095 CFM, 20 BAR	DIESEL DE AIRE SECO MOVIL	HENGWANG	30-10-23	180	PROPIO	NO	
CL-L-G-001	LECHADORA	SIN MARCA	GRACO	INVECTORA DE PISTON BOMBA LINCO ELASTOMEROS	30-10-23	120	PROPIO	NO		
CL-L-G-002	LECHADORA	SIN MARCA	GRACO	INVECTORA DE PISTON BOMBA LINCO ELASTOMEROS	30-10-23	120	PROPIO	NO		
CL-L-GK-001	LECHADORA	SIN MARCA	GRACO KING	INVECTORA DE PISTON BOMBA LINCO ELASTOMEROS	30-10-23	120	PROPIO	NO		
CL-L-PSS-001	LECHADORA	PULZMASTER	PULZMASTER S5	INVECTORA ELECTRICA, BOMBA HELIC N/A	30-10-23	120	PROPIO	NO		
CL-PM-GDS83-001	PERFORADORA	GARDNER DENVER	GARDNER DENVER S83	NEUMATICA	N/A	30-10-23	90	PROPIO	SI	
CL-PM-GDS83-002	PERFORADORA	GARDNER DENVER	GARDNER DENVER S83	NEUMATICA	N/A	30-10-23	90	PROPIO	SI	
CL-PM-GDS83-003	PERFORADORA	GARDNER DENVER	GARDNER DENVER S83	NEUMATICA	N/A	30-10-23	90	PROPIO	SI	
CL-PM-GDS83-004	PERFORADORA	GARDNER DENVER	GARDNER DENVER S83	NEUMATICA	N/A	30-10-23	90	PROPIO	SI	
CL-PM-GDS83-005	PERFORADORA	GARDNER DENVER	GARDNER DENVER S83	NEUMATICA	N/A	30-10-23	90	PROPIO	SI	
CL-PM-Y26-001	PERFORADORA	SIN MARCA	Y26	MANUAL DE AIRE TIPO JACKLAGGER	N/A	30-10-23	60	PROPIO	NO	
CL-PM-Y26-002	PERFORADORA	SIN MARCA	Y26	MANUAL DE AIRE TIPO JACKLAGGER	N/A	30-10-23	60	PROPIO	NO	
CL-PM-Y26-003	PERFORADORA	SIN MARCA	Y26	MANUAL DE AIRE TIPO JACKLAGGER	N/A	30-10-23	60	PROPIO	NO	
CL-PM-Y26-004	PERFORADORA	SIN MARCA	Y26	MANUAL DE AIRE TIPO JACKLAGGER	N/A	30-10-23	60	PROPIO	NO	
CL-PM-Y26-005	PERFORADORA	SIN MARCA	Y26	MANUAL DE AIRE TIPO JACKLAGGER	N/A	30-10-23	60	PROPIO	SI	
CL-PM-Y26-006	PERFORADORA	SIN MARCA	Y26	MANUAL DE AIRE TIPO JACKLAGGER	N/A	30-10-23	60	PROPIO	NO	
CL-PM-YT27-001	PERFORADORA	SIN MARCA	YT27	MANUAL DE AIRE TIPO JACKLAGGER	N/A	30-10-23	60	PROPIO	SI	
CL-PM-YT27-002	PERFORADORA	SIN MARCA	YT27	MANUAL DE AIRE TIPO JACKLAGGER	N/A	30-10-23	60	PROPIO	SI	
CL-PM-YT27-003	PERFORADORA	SIN MARCA	YT27	MANUAL DE AIRE TIPO JACKLAGGER	N/A	30-10-23	60	PROPIO	SI	
CL-PM-YT27-004	PERFORADORA	SIN MARCA	YT27	MANUAL DE AIRE TIPO JACKLAGGER	N/A	30-10-23	60	PROPIO	SI	
CL-PM-YT27-005	PERFORADORA	SIN MARCA	YT27	MANUAL DE AIRE TIPO JACKLAGGER	N/A	30-10-23	60	PROPIO	SI	
CL-PM-YT27-006	PERFORADORA	SIN MARCA	YT27	MANUAL DE AIRE TIPO JACKLAGGER	N/A	30-10-23	60	PROPIO	SI	
CL-PM-YT27-007	PERFORADORA	SIN MARCA	YT27	MANUAL DE AIRE TIPO JACKLAGGER	N/A	30-10-23	60	PROPIO	SI	
CL-PM-YT27-008	PERFORADORA	SIN MARCA	YT27	MANUAL DE AIRE TIPO JACKLAGGER	N/A	30-10-23	60	PROPIO	NO	
CL-PM-YT27-009	PERFORADORA	SIN MARCA	YT27	MANUAL DE AIRE TIPO JACKLAGGER	N/A	30-10-23	60	PROPIO	NO	
CL-PM-YT27-010	PERFORADORA	SIN MARCA	YT27	MANUAL DE AIRE TIPO JACKLAGGER	N/A	30-10-23	60	PROPIO	NO	
CL-PV-BBC120-001	PERFORADORA	EPROC	BBC120	MARTILLO NEUMATICO	EPROC	30-10-23	90	PROPIO	NO	
CL-PV-BBC120-002	PERFORADORA	EPROC	BBC120	MARTILLO NEUMATICO	EPROC	30-10-23	90	PROPIO	SI	
CL-PV-L400-001	PERFORADORA	TAMROCK	TAMROCK L400	MARTILLO NEUMATICO	SANDVIK	30-10-23	90	PROPIO	NO	
CL-PV-L400-002	PERFORADORA	TAMROCK	TAMROCK L400	MARTILLO NEUMATICO	SANDVIK	30-10-23	90	PROPIO	NO	
CL-TD-HOZ220L-001	PERFORADORA	HENGWANG	HOZ 220L	TRACK DRILL, EQUIPO DE PERFORACION HENGWANG	30-10-23	150	PROPIO	NO		
CL-TD-HOZ220L-002	PERFORADORA	HENGWANG	HOZ 220L	TRACK DRILL, EQUIPO DE PERFORACION HENGWANG	30-10-23	150	PROPIO	NO		
CL-AP-TR-001	TRINEO	SIN MARCA	SIN MODELO	ACCESORIO PERFORACION	N/A	30-10-23	180	PROPIO	NO	
CL-AP-TR-002	TRINEO	SIN MARCA	SIN MODELO	ACCESORIO PERFORACION	N/A	30-10-23	180	PROPIO	NO	
CL-AP-TR-003	TRINEO	SIN MARCA	SIN MODELO	ACCESORIO PERFORACION	N/A	30-10-23	180	PROPIO	NO	
CL-AP-TR-004	TRINEO	SIN MARCA	SIN MODELO	ACCESORIO PERFORACION	N/A	30-10-23	180	PROPIO	NO	
CL-AP-WD-001	TRINEO	SIN MARCA	TRINEO WAGON DRILL	ACCESORIO PERFORACION	N/A	30-10-23	180	PROPIO	NO	
CL-AP-VI-001	VIGA	SIN MARCA	SIN MODELO	ACCESORIO PERFORACION	N/A	30-10-23	180	PROPIO	NO	
CL-AP-VI-002	VIGA	SIN MARCA	SIN MODELO	ACCESORIO PERFORACION	N/A	30-10-23	180	PROPIO	NO	
CL-AP-VI-003	VIGA	SIN MARCA	SIN MODELO	ACCESORIO PERFORACION	N/A	30-10-23	180	PROPIO	NO	

(Fuente: Elaboración propia 2023)

Anexo 16: Cuadro resumen de equipos

RESUMEN HISTORIAL EQUIPOS														MANT-01-01	
														00	01-11-2023
CLIMBERS															
Botones de acción:															
Registrar nuevo equipo															
Registrar traslado															
Revisión equipos															
Mantencción equipos															
ID	ITEM	MARCA	MODELO	FECHA REGISTRO	FECHA DE TRASLADO	UBICACION	ULTIMA REVISION	TIPO REVISION	STATUS REVISION	ULTIMA MANTENCIÓN	TIPO MANTENCIÓN	STATUS MANTENCIÓN	PROGRAMA MANTENCIÓN	ID GRABADO	
ARR-01-BHP	COMPRESOR	ATLAS CORCO	V3003GE, 900 CFM, 20 BAR	30-10-2023	01-10-2023	F237TSABHP	01-10-2023	SAUIDA DE BODEGA	OPERATIVO	SIN MANTENCIÓN	-	-	27-04-2024	NO	
ARR-02-BHP	COMPRESOR	DENAIR	DACY-34-25, 1200 CFM, 22 BA	30-10-2023	01-10-2023	F237TSABHP	01-10-2023	SAUIDA DE BODEGA	OPERATIVO	SIN MANTENCIÓN	-	-	27-04-2024	NO	
ARR-03-COLBUN	COMPRESOR	KAESER	M250 SIGMA, 706-928 CFM, 12	30-10-2023	03-11-2023	F238CB	15-11-2023	ENTRADA A OBRA	OPERATIVO	SIN MANTENCIÓN	-	-	27-04-2024	NO	
CU-C-AC-001	COMPRESOR	ATLAS CORCO	X45400 PACE, 360-410 CFM,	30-10-2023	03-11-2023	F238CB	25-11-2023	ENTRADA A OBRA	OPERATIVO	SIN MANTENCIÓN	-	-	27-04-2024	NO	
CU-C-AC-002	COMPRESOR	ATLAS CORCO	X45400	30-10-2023	24-11-2023	F239MUP	25-11-2023	ENTRADA A OBRA	OPERATIVO	SIN MANTENCIÓN	-	-	27-04-2024	NO	
CU-C-HW-001	COMPRESOR	HENGWANG	3125, 1095 CFM, 20 BAR	30-10-2023	01-10-2023	SAMTA MARTINA	SIN REVISION	-	-	30-10-2023	CORRECTIVO OBRA	OPERATIVO	27-04-2024	NO	
CU-L-G-001	LECHAODRA	SIN MARCA	GRACO	30-10-2023	03-11-2023	F238CB	04-11-2023	ENTRADA A OBRA	OPERATIVO	SIN MANTENCIÓN	-	-	27-02-2024	NO	
CU-L-G-002	LECHAODRA	SIN MARCA	GRACO	30-10-2023	07-12-2023	F238CB	06-11-2023	SAUIDA DE OBRA	OPERATIVO	SIN MANTENCIÓN	-	-	05-04-2024	NO	
CU-L-GK-001	LECHAODRA	SIN MARCA	GRACO KING	30-10-2023	07-12-2023	TIO MANUEL	25-11-2023	ENTRADA A OBRA	OPERATIVO	SIN MANTENCIÓN	-	-	05-04-2024	NO	
CU-L-P55-001	LECHAODRA	PITZMEISTER	PITZMEISTER S5	30-10-2023	01-10-2023	F237TSABHP	01-10-2023	SAUIDA DE BODEGA	OPERATIVO	SIN MANTENCIÓN	-	-	27-02-2024	NO	
CU-PM-GD583-001	PERFORADORA	GARDNER DENVER	GARDNER DENVER S83	30-10-2023	15-11-2023	CISTENNA	SIN REVISION	-	-	15-11-2023	PREVENTIVA BODEGA	OPERATIVO	13-02-2024	SI	
CU-PM-GD583-002	PERFORADORA	GARDNER DENVER	GARDNER DENVER S83	30-10-2023	15-11-2023	CISTENNA	SIN REVISION	-	-	15-11-2023	PREVENTIVA BODEGA	OPERATIVO	13-02-2024	SI	
CU-PM-GD583-003	PERFORADORA	GARDNER DENVER	GARDNER DENVER S83	30-10-2023	15-11-2023	CISTENNA	SIN REVISION	-	-	15-11-2023	PREVENTIVA BODEGA	OPERATIVO	13-02-2024	SI	
CU-PM-GD583-004	PERFORADORA	GARDNER DENVER	GARDNER DENVER S83	30-10-2023	15-11-2023	CISTENNA	SIN REVISION	-	-	15-11-2023	PREVENTIVA BODEGA	OPERATIVO	13-02-2024	SI	
CU-PM-GD583-005	PERFORADORA	GARDNER DENVER	GARDNER DENVER S83	30-10-2023	15-11-2023	CISTENNA	SIN REVISION	-	-	15-11-2023	PREVENTIVA BODEGA	OPERATIVO	13-02-2024	SI	
CU-PM-V26-001	PERFORADORA	SIN MARCA	V26	30-10-2023	03-11-2023	F238CB	04-11-2023	ENTRADA A OBRA	OPERATIVO	SIN MANTENCIÓN	-	-	29-12-2023	NO	
CU-PM-V26-002	PERFORADORA	SIN MARCA	V26	30-10-2023	24-11-2023	F239MUP	25-11-2023	ENTRADA A OBRA	OPERATIVO	SIN MANTENCIÓN	-	-	29-12-2023	NO	
CU-PM-V26-003	PERFORADORA	SIN MARCA	V26	30-10-2023	24-11-2023	F239MUP	25-11-2023	ENTRADA A OBRA	OPERATIVO	SIN MANTENCIÓN	-	-	29-12-2023	NO	
CU-PM-V26-004	PERFORADORA	SIN MARCA	V26	30-10-2023	24-11-2023	F239MUP	25-11-2023	ENTRADA A OBRA	OPERATIVO	SIN MANTENCIÓN	-	-	29-12-2023	NO	
CU-PM-V26-005	PERFORADORA	SIN MARCA	V26	30-10-2023	15-11-2023	CISTENNA	06-11-2023	SAUIDA DE OBRA	OPERATIVO	15-11-2023	PREVENTIVA BODEGA	OPERATIVO	14-01-2024	SI	
CU-PM-V26-006	PERFORADORA	SIN MARCA	V26	30-10-2023	07-12-2023	F238CB	06-11-2023	SAUIDA DE OBRA	OPERATIVO	15-11-2023	PREVENTIVA BODEGA	OPERATIVO	14-01-2024	SI	
CU-PM-V27-001	PERFORADORA	SIN MARCA	V27	30-10-2023	07-12-2023	F238CB	06-11-2023	SAUIDA DE OBRA	OPERATIVO	15-11-2023	PREVENTIVA BODEGA	OPERATIVO	14-01-2024	SI	
CU-PM-V27-002	PERFORADORA	SIN MARCA	V27	30-10-2023	07-12-2023	F238CB	06-11-2023	SAUIDA DE OBRA	OPERATIVO	15-11-2023	PREVENTIVA BODEGA	OPERATIVO	14-01-2024	SI	
CU-PM-V27-003	PERFORADORA	SIN MARCA	V27	30-10-2023	07-12-2023	F238CB	06-11-2023	SAUIDA DE OBRA	OPERATIVO	15-11-2023	PREVENTIVA BODEGA	OPERATIVO	14-01-2024	SI	
CU-PM-V27-004	PERFORADORA	SIN MARCA	V27	30-10-2023	07-12-2023	F238CB	06-11-2023	SAUIDA DE OBRA	OPERATIVO	15-11-2023	PREVENTIVA BODEGA	OPERATIVO	14-01-2024	SI	
CU-PM-V27-005	PERFORADORA	SIN MARCA	V27	30-10-2023	15-11-2023	CISTENNA	06-11-2023	SAUIDA DE OBRA	OPERATIVO	15-11-2023	PREVENTIVA BODEGA	OPERATIVO	14-01-2024	SI	
CU-PM-V27-006	PERFORADORA	SIN MARCA	V27	30-10-2023	24-11-2023	F239MUP	25-11-2023	ENTRADA A OBRA	OPERATIVO	15-11-2023	PREVENTIVA BODEGA	OPERATIVO	14-01-2024	SI	
CU-PM-V27-007	PERFORADORA	SIN MARCA	V27	30-10-2023	03-11-2023	F238CB	04-11-2023	ENTRADA A OBRA	OPERATIVO	SIN MANTENCIÓN	-	-	29-12-2023	NO	
CU-PM-V27-008	PERFORADORA	SIN MARCA	V27	30-10-2023	03-11-2023	F238CB	04-11-2023	ENTRADA A OBRA	OPERATIVO	SIN MANTENCIÓN	-	-	29-12-2023	NO	
CU-PM-V27-009	PERFORADORA	SIN MARCA	V27	30-10-2023	03-11-2023	F238CB	04-11-2023	ENTRADA A OBRA	OPERATIVO	SIN MANTENCIÓN	-	-	29-12-2023	NO	
CU-PM-V27-010	PERFORADORA	SIN MARCA	V27	30-10-2023	03-11-2023	F238CB	04-11-2023	ENTRADA A OBRA	OPERATIVO	SIN MANTENCIÓN	-	-	29-12-2023	NO	
CU-PV-BBC120-001	PERFORADORA	EPHOC	BBC120	30-10-2023	12-12-2023	BODEGA	SIN REVISION	-	-	15-11-2023	PREVENTIVA BODEGA	OPERATIVO	13-02-2024	NO	
CU-PV-BBC120-002	PERFORADORA	EPHOC	BBC120	30-10-2023	07-12-2023	INCEPTEL	18-11-2023	ENTRADA A OBRA	OPERATIVO	07-12-2023	PREVENTIVA BODEGA	OPERATIVO	06-03-2024	SI	
CU-PV-L400-001	PERFORADORA	TAMROCK	TAMROCK L400	30-10-2023	12-12-2023	F238CB	08-11-2023	ENTRADA A OBRA	OPERATIVO	17-11-2023	CORRECTIVO OBRA	OPERATIVO	15-02-2024	NO	
CU-PV-L400-002	PERFORADORA	TAMROCK	TAMROCK L400	30-10-2023	12-12-2023	F238CB	08-11-2023	ENTRADA A OBRA	OPERATIVO	17-11-2023	CORRECTIVO OBRA	OPERATIVO	15-02-2024	NO	
CU-PV-L400-003	PERFORADORA	HENGWANG	HQZ 20L	30-10-2023	01-10-2023	F237TSABHP	01-10-2023	SAUIDA DE BODEGA	OPERATIVO	SIN MANTENCIÓN	-	-	28-03-2024	NO	
CU-TO-HQZ20L-001	PERFORADORA	HENGWANG	HQZ 20L	30-10-2023	01-10-2023	F237TSABHP	01-10-2023	SAUIDA DE BODEGA	OPERATIVO	SIN MANTENCIÓN	-	-	28-03-2024	NO	
CU-TO-HQZ20L-002	PERFORADORA	HENGWANG	HQZ 20L	30-10-2023	01-10-2023	F237TSABHP	01-10-2023	SAUIDA DE BODEGA	OPERATIVO	SIN MANTENCIÓN	-	-	28-03-2024	NO	
CU-AB-TR-001	TRINIO	SIN MARCA	SIN MODELO	30-10-2023	17-12-2023	INCEPTEL	08-11-2023	ENTRADA A OBRA	OPERATIVO	SIN MANTENCIÓN	-	-	15-05-2024	NO	
CU-AB-TR-002	TRINIO	SIN MARCA	SIN MODELO	30-10-2023	17-12-2023	INCEPTEL	08-11-2023	ENTRADA A OBRA	OPERATIVO	SIN MANTENCIÓN	-	-	15-05-2024	NO	
CU-AB-TR-003	TRINIO	SIN MARCA	SIN MODELO	30-10-2023	21-11-2023	BODEGA	SIN REVISION	-	-	30-10-2023	CORRECTIVO OBRA	OPERATIVO	27-04-2024	NO	
CU-AB-TR-004	TRINIO	SIN MARCA	SIN MODELO	30-10-2023	21-11-2023	BODEGA	SIN REVISION	-	-	30-10-2023	CORRECTIVO OBRA	OPERATIVO	27-04-2024	NO	
CU-AP-VD-001	TRINIO	SIN MARCA	TRINIO VAGON DRILL	30-10-2023	07-11-2023	F238CB	08-11-2023	ENTRADA A OBRA	OPERATIVO	SIN MANTENCIÓN	-	-	27-04-2024	NO	
CU-AP-VI-001	VIGA	SIN MARCA	SIN MODELO	30-10-2023	12-12-2023	F238CB	SIN REVISION	-	-	30-10-2023	CORRECTIVO OBRA	OPERATIVO	27-04-2024	NO	
CU-AP-VI-002	VIGA	SIN MARCA	SIN MODELO	30-10-2023	12-12-2023	F238CB	SIN REVISION	-	-	30-10-2023	CORRECTIVO OBRA	OPERATIVO	27-04-2024	NO	
CU-AP-VI-003	VIGA	SIN MARCA	SIN MODELO	30-10-2023	22-11-2023	BODEGA	SIN REVISION	-	-	30-10-2023	CORRECTIVO OBRA	OPERATIVO	27-04-2024	NO	

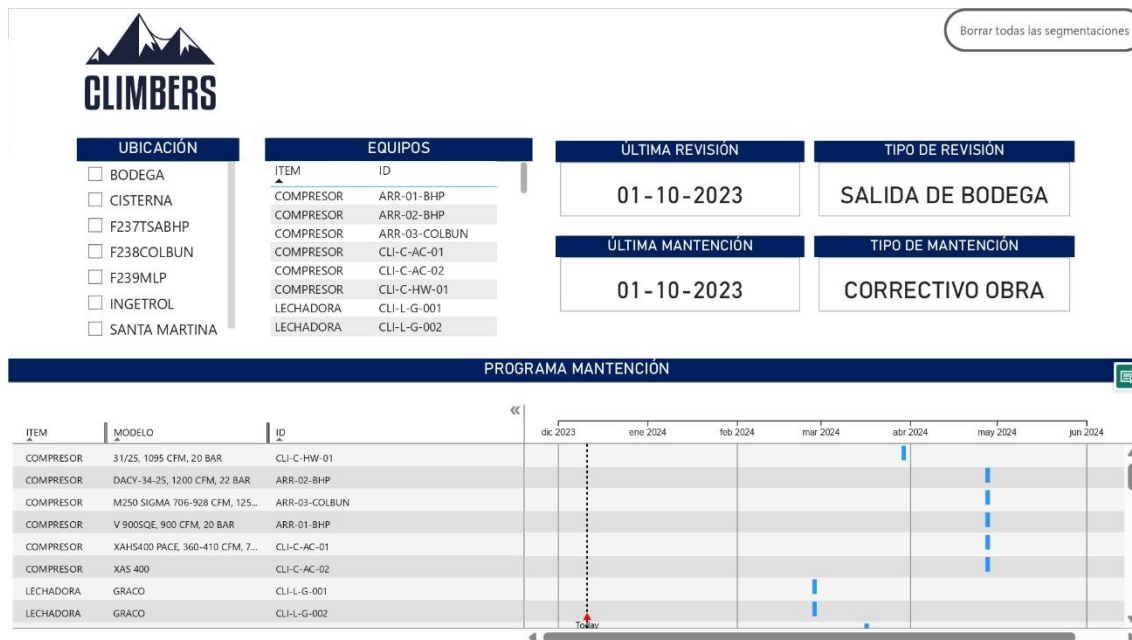
(Fuente: Elaboración propia 2023)

Anexo 17: Ejemplo de grabado a dos perforadoras modelo Y26 e YT27 en el taller Cisterna y Cía.





Anexo 18: Visualización del Power Bi con datos recopilados de los equipos y el respectivo programa de mantenimiento.



(Fuente: Elaboración propia 2023)