

# **Mecanización y gestión en empresa minera**

**Juan David Arias Lizcano**



**Práctica para optar al título de  
Ingeniero Mecánico**

**Universidad Pontificia Bolivariana**

**Escuela de Ingenierías**

**Ingeniería Mecánica**

**Bucaramanga**

**2025**

**Mecanización y gestión en empresa minera**

**Juan David Arias Lizcano**

**Práctica para optar al título de  
Ingeniero Mecánico**

**Director**

**MSc Juan Manuel Argüello Espinosa**

**Universidad Pontificia Bolivariana**

**Escuela de Ingenierías**

**Ingeniería Mecánica**

**Bucaramanga**

**2025**

### **Dedicatoria.**

A Dios y la virgen, por permitirme llegar hasta donde hoy en día he llegado, porque gracias a sus bendiciones, me ha permitido conocer grandes personas y proyectos, que me han ayudado a crecer.

El presente trabajo de grado se lo dedico en especial a mis padres María Lizcano y Edwar Arias, junto con mi hermana Alejandra Arias y mis abuelos que en paz descansan, por brindarme el apoyo necesario en los momentos en que más los necesite, y por estar siempre presentes para mí, brindándome ese calor de familia que en algunos momentos fue crucial para sobrellevar los problemas.

JUAN DAVID

### **Agradecimientos.**

A los profesores de ingeniería mecánica, ya que gracias a ellos adquirí un conocimiento que me está permitiendo alcanzar mis metas. Al profesor Juan Manuel Argüello por ser un gran guía como tutor y como persona.

Agradezco a mi supervisor de practica Hamel Roy Bello, por el apoyo que me brindo dentro del proyecto, y por las enseñanzas que me permitieron crecer como persona e ingeniero. También extiendo mi agradecimiento a la empresa Calimineros por brindarme la oportunidad de realizar mi práctica profesional y trabajar de la mano con su equipo.

Agradezco a la empresa Proyecto Soto Norte S.A.S. Así como al equipo de trabajo social y de contratación, por brindarme la oportunidad de trabajar junto a tan extraordinario talento humano, y permitirme el acceso a la información necesaria para el desarrollo de mi trabajo de grado.

**Contenido**

Introducción.....	15
Generalidades de la empresa.....	17
Nombre de la empresa.....	17
Logo de la empresa.....	17
Actividad económica.....	17
Situación actual.....	17
Información de contacto.....	17
Teléfono de contacto.....	17
Dirección de contacto.....	18
Organigrama.....	18
Planteamiento del problema.....	19
Empresa objetivo.....	19
Problema de la empresa objetivo.....	19
Justificación.....	20
Objetivos.....	21
Objetivo general.....	21
Objetivos específicos.....	21
Marco teórico.....	23
Mantenimiento preventivo.....	23
Mantenimiento productivo total.....	23
Mantenimiento centrado en confiabilidad.....	23
Análisis de modos y efecto de fallas.....	24
Operación o función.....	26

Fallo o Modo de fallo .....	26
Efectos del fallo.....	26
Causas del modo de fallo.....	26
Índice de Prioridad de Riesgo (IPR) .....	26
Detectabilidad. ....	27
Gravedad.....	28
Frecuencia.....	29
Hoja de vida.....	29
Plan de mantenimiento. ....	30
Antecedentes de la empresa: .....	31
Metodología.....	33
Resultados y discusiones .....	36
Creación de correos.....	36
Realización de inventario.....	37
Creación de formatos de hoja de vida. ....	39
Ubicación y especificaciones.....	39
Datos del proveedor o contratista.....	40
Mantenimiento empleado por la empresa. ....	41
Hoja de vida de perforadora YT – 28.....	41
Hoja de vida de bomba 666250-XXX-C.....	43
Hoja de vida del Taladro Makita HR5212C.....	45
Formularios preoperativos o listas de chequeo.....	47
Perforadora YT – 28.....	47

Bomba 666250-XXX-C.....	48
Makita HR5212-C. ....	49
Implementación de prácticas de TPM y RCM. ....	50
Implementación practica de TPM.....	50
Manuales de operación. ....	53
Implementación practica de RCM (AMEF).....	56
Perforadora YT – 28. ....	56
Bomba de avance 666250-XXX-C.....	57
Taladro Makita HR 5212 -C.....	58
Índice de prioridad de riesgo. ....	59
Acta de validación de formatos. ....	60
Conclusiones. ....	61
Referencias.....	62
Apéndice.....	64

## Lista de tablas

Tabla 1 Análisis Modal de Fallos y Efectos (A.M.F.E.) .....	25
Tabla 2 Indicador de detectabilidad .....	27
Tabla 3 Indicador de gravedad.....	28
Tabla 4 Indicador de frecuencia .....	29
Tabla 5 Tarjeta maestra.....	30
Tabla 6 Manual de tareas de mantenimiento.....	31
Tabla 7 Inventario de herramientas y equipos .....	33
Tabla 8 <i>Inventario de herramientas generales.</i> .....	38
Tabla 9 Hoja de vida, ubicación y especificaciones .....	40
Tabla 10 Datos del proveedor o contratista .....	40
Tabla 11 Mantenimiento empleado por la empresa .....	41
Tabla 12 Hoja de vida perforadora, datos proveedor .....	42
Tabla 13 Hoja de vida perforadora, mantenimientos .....	43
Tabla 14 Hoja de vida Bomba 666250-XXX-C.....	44
Tabla 15 Hoja de vida Bomba 666250-XXX-C, mantenimientos.....	45
Tabla 16 Hoja de vida de Makita HR5212C.....	46
Tabla 17 Hoja de vida de Makita HR5212C, mantenimientos.....	47

## Lista de figuras

Figura 1 Logo de PSN .....	17
Figura 2 <i>Estructura organizacional</i> .....	18
Figura 3 <i>Creación de correo electrónico para almacén</i> .....	36
Figura 4 Creación de correo electrónico para mantenimiento.....	37
Figura 5 Herramientas antes de la implementación del TPM.....	51
Figura 6 Zona de mantenimiento y almacén. ....	52
Figura 7 Nueva área de mantenimiento y almacén. ....	53

## Listado de Apéndices

Apéndice A Lista de chequeo Perforadora YT-28.....	64
Apéndice B Lista de chequeo Perforadora YT-28.....	65
Apéndice C Lista de chequeo Bomba 666250-XXX-C.....	66
Apéndice D Lista de chequeo Bomba 666250-XXX-C.....	67
Apéndice E Lista de chequeo makita HR5212C.....	68
Apéndice F Lista de chequeo makita HR5212C.....	69
Apéndice G Lista de chequeo makita HR5212C.....	70
Apéndice H Lista de chequeo makita HR5212C.....	71
Apéndice I Mantenimiento diario YT – 28.....	72
Apéndice J Mantenimiento semanal YT-28.....	73
Apéndice K Mantenimiento mensual YT – 28.....	74
Apéndice L Mantenimiento diario Bomba neumática.....	75
Apéndice M Mantenimiento semanal Bomba neumática.....	76
Apéndice N Mantenimiento mensual Bomba neumática.....	77
Apéndice O Mantenimiento diario HR 5212C.....	78
Apéndice P Mantenimiento semanal HR 5212C.....	79
Apéndice Q Mantenimiento mensual / trimestral HR5212C.....	80
Apéndice R AMEF de perforadora YT – 28.....	81
Apéndice S AMEF de perforadora YT – 28.....	82
Apéndice T AMEF de Bomba neumática 66250-XXX-C.....	83
Apéndice U AMEF de Bomba neumática 66250-XXX-C.....	84
Apéndice V AMEF de Makita HR 5212 C.....	85

Apéndice W AMEF de Makita HR 5212 C. ....	86
Apéndice X AMEF de Makita HR 5212 C. ....	87
Apéndice Y Índices de frecuencia y detectabilidad. ....	88
Apéndice Z Índice de gravedad y escala de criticidad. ....	89
Apéndice AA Acta de validación de formatos. ....	90
Apéndice BB Acta de validación de formatos. ....	91

## Glosario

AMEF / AMFE	Análisis de Modos y Efectos de Fallas. Es una herramienta del RCM que sirve para determinar posibles daños en una operación o equipo
CDMB	Corporación de Defensa de la Meseta de Bucaramanga
EIA	Estudio de Impacto Ambiental
PTO	Plan de Trabajo y Obras
RCM	Reliability Centered Maintenance (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad).
TPM	Total Productive Maintenance (Mantenimiento Productivo Total). Es una metodología de mantenimiento utilizada en empresas.



## RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

**TITULO:** Mecanización y gestión en empresa minera

**AUTOR(ES):** Juan David Arias Lizcano

**PROGRAMA:** Facultad de Ingeniería Mecánica

**DIRECTOR(A):** Juan Manuel Argüello Espinosa

### RESUMEN

En este trabajo de grado, se diseñaron formatos clave para la gestión de activos en una empresa en desarrollo. Se creó un práctico inventario para el almacén y una hoja de vida para activos aplicada a tres equipos mineros (taladro rotativo, perforadora y bomba de diafragma), con datos de mantenimiento, especificaciones y estado actual de cada uno. Estos formatos apoyan el sistema de Mantenimiento Productivo Total (TPM), facilitando el control y monitoreo de los equipos. Además, se desarrolló una lista de chequeo para inspecciones preoperacionales, complementando el Análisis Modal de Efectos y Fallas (AMEF), una herramienta esencial del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM). Esta lista permite identificar fallos potenciales, asegurando condiciones óptimas de operación y reduciendo riesgos de fallos inesperados.

### PALABRAS CLAVE:

Hoja de vida - TPM - AMEF - RCM

**Vº Bº DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**



## GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

**TITLE:** Machining and management in mining company

**AUTHOR(S):** Juan David Arias Lizcano

**FACULTY:** Facultad de Ingeniería Mecánica

**DIRECTOR:** Juan Manuel Argüello Espinosa

### ABSTRACT

In this thesis project, essential formats were developed for asset management in growing companies. A practical inventory format was created for the warehouse, and an asset record was designed for three mining machines (rotary drill, pneumatic drill, and diaphragm pump). This record includes each machine's maintenance history, technical details, and current condition. These formats support the Total Productive Maintenance (TPM) system by making it easier to monitor and control equipment. Additionally, a checklist was created for pre-operational inspections, complementing the Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), an important tool in Reliability-Centered Maintenance (RCM). This checklist helps identify potential issues, ensuring the equipment is in good condition and reducing unexpected breakdowns.

### KEYWORDS:

Asset record - TPM - FMEA - RCM

**V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK**

## Introducción

La empresa Proyecto Soto Norte S.A.S. en el ámbito de crear espacios de formalización con pequeños mineros de la región que realizan trabajos de explotación dentro del título minero de la compañía, creo el área de integración minera en la cual surgen las unidades productivas mineras, creadas con el fin de incentivar a la comunidad a explotar industrialmente en la región, luego de una concertación con la comunidad en el 2017 se crea un comité y censo por parte de una unidad productiva minera, en 2018 se realiza un convenio con la federación colombiana de municipios y la empresa MINESA S.A.S llamada así en ese entonces, creando así la empresa Calimineros S.A.S, empresa constituida por mineros artesanales del municipio(CALIMINEROS, 2023a).

Desde el área de integración minera se busca el apoyo técnico y financiero a las unidades productivas mineras, brindando exploraciones, estudios geotécnicos, estudios ambientales, equipos de pequeña minería y apoyo técnico para el manejo administrativo de la empresa. El área de integración minera con el fin de avanzar en la Unidades Productivas Mineras se enfocó en realizar toda la documentación necesaria para obtener el Plan de Trabajo y Obras, en conjunto con la aprobación del Estudio de Impacto Ambiental en la empresa Calimineros, empresa insignia de Proyecto Soto Norte. El Plan de Trabajo y Obras, actualmente se encuentra aprobado y se espera la aprobación de Estudio de Impacto Ambiental por parte de la Corporación de Defensa de la Meseta de Bucaramanga y obtener el auto de inicio (CDMB, 2023).

Con la aprobación del Plan de Trabajo y Obras aprobado y a la espera del licenciamiento ambiental por parte de la Corporación de Defensa de la Meseta de Bucaramanga, la empresa Calimineros busca estar preparada para las labores mineras, con

la adecuación de caminos, infraestructura, equipos mineros, equipos de oficina y adecuación de servicios de agua y energía para la mina llamada Donde Nace el Sol, por lo que en el transcurso de la pasantía por parte del área de integración minera se brinda el apoyo técnico en la creación de un formato de inventario destinado para el área de almacén, así como formatos de hoja de vida, listas de chequeo, Análisis Modal y Efectos de Falla.

Estos formatos anteriormente mencionados serán de gran utilidad para la empresa una vez se encuentre en funcionamiento ya que sentara la bases para un buen manejo de equipos y control sobre los mismos ya que no contaban con ningún formato en concreto que les ayudara a llevar un registro de los equipos que llegaban a la empresa, y solo se contaba con los registros por parte de Proyecto Soto Norte.

## Generalidades de la empresa

### Nombre de la empresa.

- PSN (Proyecto Soto Norte S.A.S.) bajo el control y operación de ARIS MINING Colombia.

### Logo de la empresa.

- En este apartado se presenta el logo de la empresa como se muestra en la **Figura 1**, este logo tiene como significado Proyecto Soto Norte.

### Figura 1

*Logo de PSN*



Nota. Adaptado de PSN, s/f, <https://Proyectosotonorte.Com/Sobre-Nosotros/>.

### Actividad económica.

- Minería a mediana escala con extracción de cobre rico en oro; concentrados de pirita (ARIS MINING, s/f).

### Situación actual.

- Esta es una empresa de la región de Soto Norte, donde actualmente el proyecto está bajo la dirección de MUBADALA y ARIS MINING, actualmente la empresa se tramita la licencia ambiental, por lo que sus actividades mineras están en pausa (ARIS MINING & MUBADALA, s/f) .

### Información de contacto.

#### *Teléfono de contacto.*

- +607 6971200

### Dirección de contacto.

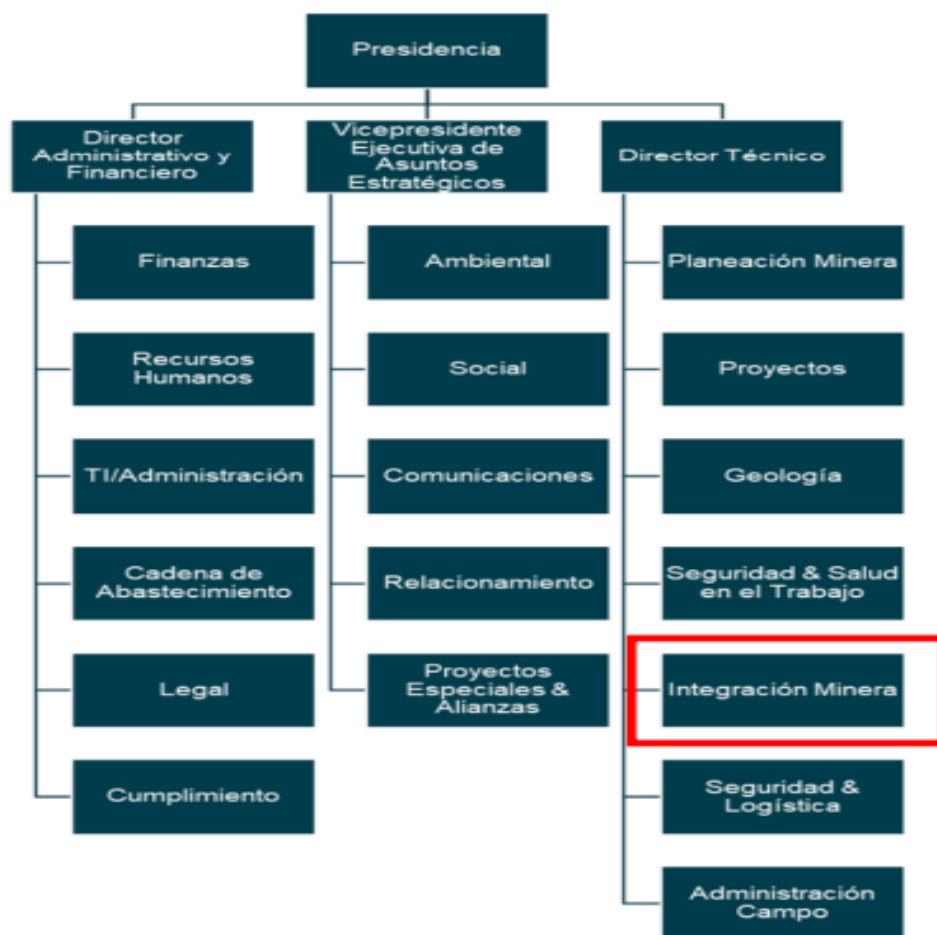
- Transversal Oriental # 90 – 102, torre empresarial Cacique piso 11, Bucaramanga, Santander, Colombia, Santander 680003.

### Organigrama.

En la Figura 2 se muestra la ubicación de las áreas de la empresa y se hace énfasis en donde se va a realizar la práctica empresarial.

### Figura 2

*Estructura organizacional*



*Nota.* Documentación interna adaptada de Proyecto Soto Norte S.A.S, 2024.

## **Planteamiento del problema**

### **Empresa objetivo**

Calimineros, operando bajo el amparo de Proyecto Soto Norte (PSN), ya tiene aprobado el Plan de Trabajo y Obras (PTO) y espera el auto de inicio del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para obtener la licencia ambiental necesaria para comenzar operaciones. En vista de la espera, la empresa se ha venido preparando con la infraestructura necesaria, tanto física, formatos y sistemas de gestión, así como el abastecimiento de equipos mineros, lo que ha revelado varios desafíos significativos en la gestión de mantenimiento.

### **Problema de la empresa objetivo.**

Uno de los principales problemas es la ausencia de un sistema de mantenimiento preventivo estructurado. La empresa no cuenta con procedimientos sistemáticos para realizar el mantenimiento sus equipos, lo que en un futuro podría resultar en fallos y tiempos de inactividad no planificados. Esta situación no solo interrumpirá las operaciones diarias, sino que también incrementará significativamente los costos operativos debido a la necesidad de reparaciones de emergencia y la sustitución prematura de componentes, al no tener un sistema de planeamiento de mantenimientos, ya sean mantenimientos pequeños realizados por los mismos operarios o por contratistas especializados.

## **Justificación**

La empresa PSN en su proceso de apoyo con la formalización de Calimineros, enfrenta la necesidad de mejorar la gestión y el mantenimiento de sus equipos mineros. Actualmente la falta de un sistema de mantenimiento preventivo bien estructurado en Calimineros representa un riesgo para la operación eficiente de la empresa. La implementación de metodologías avanzadas, como el Mantenimiento Productivo Total (TPM) y el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) es crucial para asegurar la continuidad y la eficiencia operativa.

Contar con un enfoque técnico adecuado permitirá identificar y prevenir fallas a tiempo, prolongando la vida útil de los equipos. El uso de herramientas como el Análisis de Modos y Efectos de Fallos (AMEF) es vital para diagnosticar posibles problemas que se presenten a lo largo de su ciclo de vida o por un mal uso del equipo, evitando así paradas no planificadas que puedan afectar gravemente la productividad. Además, un adecuado manejo de la instalación y puesta en marcha de la maquinaria garantizará la seguridad y eficiencia de las operaciones.

La implementación de estos sistemas y metodologías permitirá que la empresa gestione sus activos de manera más organizada, minimizando costos operativos y reduciendo la dependencia de intervenciones externas. Esto posicionará a Calimineros en un camino hacia la autosuficiencia operativa, asegurando un crecimiento sostenido y una mejora continua en sus procesos productivos.

## Objetivos

### Objetivo general

Generar un sistema de mantenimiento preventivo centrado en confiabilidad en una empresa minera. A partir de la implementación de las metodologías de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) y mantenimiento productivo total (TPM), para maximizar la producción y minimizar los costos operativos.

### Objetivos específicos

- Realizar un inventario de los equipos y herramientas de la empresa minera para el área del almacén. **Resultado:** Formato en Excel con el inventario de los activos y herramientas de la empresa que ya se encuentren referenciados. **Indicador:** El inventario en Excel servirá para la gestión y catalogación eficiente de la maquinaria.
- Desarrollar registros y guía preoperativa para los equipos: taladro YT28, Bomba 666250-XXX-C, Makita HR5212C. **Resultado:** Formato en Excel con hoja de vida de equipos anteriormente mencionados y registro de equipos en Google formularios **Indicador:** Estos documentos proporcionarán pautas claras y procedimientos específicos para garantizar la operación segura y eficiente de los equipos.
- Generar propuesta de Mantenimiento Productivo Total (TPM) y Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) en la empresa minera, con el objetivo de mejorar la eficiencia operativa y reducir las pérdidas asociadas a fallos en los equipos. **Resultado:** protocolo de mantenimiento basado en las metodologías TPM y RCM, complementando así los documentos de Excel y Google formularios

anteriormente mencionados. **Indicador:** Formatos claros y aplicables a la empresa Calimineros, que serán implementados dentro de sus protocolos.

- Buscar la aprobación por parte de los ingenieros de minas e industrial de la empresa Calimineros. **Resultado:** Carta de aprobación de formatos por parte de los ingenieros de Calimineros y PSN **Indicador:** Aprobación de formatos con firma de los ingenieros.

## **Marco teórico**

### **Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo es aquel que se realiza cuando un activo cumple determinadas horas de trabajo ya que se debe realizar un mantenimiento para que éste no sufra un desgaste Y provoqué daños permanentes, este tipo de mantenimiento se fija en cronogramas predispuestos por el fabricante o por la empresa en donde está siendo usado los que determinan la cantidad de horas mínima y máxima antes de realizar un cambio como lo es, cambio de repuestos, lubricantes o cambio de personal especializado, etcétera, esto ayuda a minimizar el costo e impacto que puede generar la detención del activo (Montoya Arias et al., 2020).

### **Mantenimiento productivo total**

El mantenimiento productivo total (TPM) es una técnica japonesa donde busca organizar los activos y darle una administración a equipo nuevos, un estudio de los posibles problemas que pueda tener y entrenamiento a los operadores, este tipo de mantenimiento busca que todo el personal esté enterado del activo y busca minimizar los fallos y mantener la empresa en funcionamiento, el TPM ayuda a disminuir los costos de mantenimiento y tener organizado todos los activos, dentro del mantenimiento productivo (García Alcaráz et al., 2011; Montoya Arias et al., 2020).

### **Mantenimiento centrado en confiabilidad**

El mantenimiento centrado en confiabilidad o por sus siglas en inglés (RCM) es una metodología altamente usada por su gran efectividad en las industrias ya que contiene muchas estrategias de mantenimiento, preventivo, predictivo, búsqueda de fallas, entre otras. Diseñadas para proteger a los equipos ante posibles fallos, donde esta herramienta

también mide la criticidad de los equipos, así como los componentes que los componen, esta metodología también permite mediante los análisis buscar oportunidades de mejora (Campos Lopez et al., 2019).

### **Análisis de modos y efecto de fallas**

El análisis de modo y efecto de falla AMEF es una herramienta utilizada en el área de mantenimiento dónde detecta las posibles fallas que pueda tener un equipo, las categoriza según su criticidad, detecta qué procedimientos están realizando hasta el momento, quién está a cargo del equipo, se dan posibles efectos que puedan desencadenar estas fallas y se establecen las soluciones que se le dan a estas fallas y como prevenir un nuevo acontecimiento como el enunciado en la falla, seguido esto se realiza una continua revisión de las actividades planteadas (Dr. Gonzáles Sosa et al., 220d. C.).

Dentro del AMEF o AMFE se identifican ciertos criterios necesarios para su desarrollo y con estos buscar la aplicación adecuada del formato, ya que una buena aplicación de esta herramienta permite en el área de mantenimiento tener un gran control de los fallos que puedan ocurrir o que ya han sucedido y la manera en que se pueden resolver o como los han resuelto según el registro, el AMEF es aplicable a procesos, softwares o productos. En la **Tabla 1** se muestra un ejemplo de un análisis modal de fallos y efectos aplicado a un proceso de soldadura MIG, donde se evidencian los fallos potenciales que se dividen en tres partes: Modo de fallo, Efectos y causas del modo de fallo. Se evidencia su estado actual y se calcula el IPR, así como la acción correctiva (Belloví Bestratén et al., 2004).

Tabla 1

## Análisis Modal de Fallos y Efectos (A.M.F.E.)

AMFE DE PROYECTO <input type="checkbox"/>		AMFE DE PROCESO <input type="checkbox"/>			DENOMINACIÓN DEL COMPONENTE / PARTE DEL PROCESO				CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DEL COMPONENTE				Hoja:				
NOMBRE Y DPTO. DE LOS PARTICIPANTES Y/O PROVEEDOR:					COORDINADOR: (Nombre / Dpto.)				MODELO/SISTEMA/FABRICACIÓN				FECHA INICIO: FECHA REVISIÓN:				
OPERACIÓN O FUNCIÓN	FALLO N°	FALLOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL					ACCIÓN CORRECTORA	RESPONSABLE / PLAZO	SITUACIÓN DE MEJORA					
		MODOS DE FALLO	EFFECTOS	CAUSAS DEL MODO DE FALLO	MEDIDAS DE ENSAYO Y CONTROL PREVISTAS	F	G	D	IPR			ACCIONES IMPLANTADAS	F	G	D	IPR	
Soldadura MIG	1.1	Falta soldadura	Retrabajos, ruidos, falta de rigidez	Defectos de acoplamiento	Ninguna	8	8	2	128	Previstos grupos y aprietes en zona MIG	Proceso Chapa / Anteproyecto						
	1.2			Pestañas fuera de geometría	Ninguna	8	8	2	128	Pestañas bien diseñadas para gar antizar geometría	Proyectos / Anteproyecto						
	1.3	Soldadura defectuosa	Agujeros en chapa	Desacoplamiento chapas	Ninguna	8	8	2	128	Garantizar geometrías y acoplamientos	Proceso Chapa / Anteproyecto						
	1.4	Mala calidad de soldadura	Retrabajos, ruidos, grietas	Parámetros de soldadura incorrectos	Ninguna	2	9	8	144	Acceso restringido a los parámetros de máquina. Control periódico de los mismos.	Proceso Chapa / Anteproyecto						
	1.5	Proyecciones suciedad poros	Óxido, suciedad en bajos en pinturas	Falta de gas. Malos parámetros	Ninguna	6	8	7	336	Incorporar medios en la estación para eliminar suciedad.	Proceso Chapa / Anteproyecto						
	1.6	Deslumbramiento	Problemas de visión de los operarios	Ausencia de vallas oscuras	Ninguna	10	8	2	160	Colocar pantallas de protección en zonas de soldadura MIG	Proceso Chapa / Anteproyecto						
				Ausencia de puertas oscuras	Ninguna	10	8	2	160	Colocar puertas de protección para no deslumbrar	Proceso Chapa / Anteproyecto						
	1.8	Exceso de humos	Exposición a agentes químicos	Campanas de humos ubicadas muy alejadas de la zona de emanación del humo.	Ninguna	6	8	4	192	Colocar campanas de aspiración justo al lado de la fuente del humo.	Proceso Chapa / Anteproyecto						
	1.9	Exceso de fuego	Proyecciones	No hay protección	Ninguna	6	5	6	180	Caja de latón que protege chapa y la máquina, todo ello en sus partes vistas.	Proceso Chapa / Anteproyecto						

Nota. Adaptado de Belloví Bestratén et al., 2004, *Análisis modal de fallos y efectos. AMFE.*

### ***Operación o función***

Esta información se completa según el AMFE que se esté realizando ya que este puede basarse en un diseño o en un proceso, en el AMFE de diseño se incluye una zona de componentes por la parte de operación o función que aparece en la **Tabla 1** (Belloví Bestratén et al., 2004).

### ***Fallo o Modo de fallo***

En el modo de fallo se pueden introducir los fallos que ya han sucedido en el equipo o proceso, en el caso de diseño o producto se pueden insertar los fallos que pueden generar inconvenientes al cliente o empresa, estos fallos se pueden guiar entorno al rendimiento o expectativas de la empresa (Belloví Bestratén et al., 2004).

### ***Efectos del fallo***

Se describe como los efectos que puede provocar en el sistema, proceso u operación, se busca describir los efectos no deseados del modo de fallo y las consecuencias que puede generar en la operación, estos efectos se deben describir de manera simple y entendible para el usuario final (Belloví Bestratén et al., 2004).

### ***Causas del modo de fallo***

Las causas del modo de fallo están intrínsecamente relacionadas con el fallo en sí, dado que en esta parte del formato se busca destacar las debilidades de diseño, producto o proceso que pueden llegar a desencadenar un fallo y una inconformidad del cliente o detención de la producción (Belloví Bestratén et al., 2004).

### ***Índice de Prioridad de Riesgo (IPR)***

El IPR es el indicador que permite al formato mostrar la prioridad que puede llegar a tener una falla y que nivel de riesgo genera, ya que entre este indicador sea más alto puede

llegar a afectar mucho la productividad de equipo y a su vez la de la empresa, el IPR se compone de tres partes que son gravedad, frecuencia y detectabilidad, estos factores generan la siguiente formula (Belloví Bestratén et al., 2004).

$$IPR = D * G * F$$

**Detectabilidad.** La detectabilidad como se muestra en **la Tabla 2** es el factor que indica la capacidad que tiene el usuario, empresa u operario para encontrar el modo de falla y con que facilidad, en este apartado mientras la falla sea más fácil de detectar el peso en la escala es menor, donde 1 es muy detectable y 10 es casi indetectable y se deben usar otros medios para la detención de la falla (Belloví Bestratén et al., 2004).

**Tabla 2**

*Indicador de detectabilidad*

DETECTABILIDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes	1
Alta	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posteriori.	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estadios de producción	4-6
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7-8
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final	9-10

*Nota.* Adaptado de Belloví Bestratén et al., 2004, *Análisis modal de fallos y efectos. AMFE.*

**Gravedad.** La gravedad como se muestra en la **Tabla 3** es el índice de seriedad que puede llegar a tener un fallo y como este puede llegar a afectar el funcionamiento de una operación, función o equipo en si. Entre mayor sea el nivel de gravedad en proporcionalidad el daño que puede llegar a generar en la producción puede ser elevado, llegando hasta el punto de la detención de las operaciones, lo cual para un cliente o empresa puede significar grandes pérdidas (Belloví Bestratén et al., 2004).

**Tabla 3**

*Indicador de gravedad*

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Repercusiones imperceptibles	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1
Baja Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observara un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable	2-3
Moderada Defectos de relativa importancia	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema	4-6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy Alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10	9-10

*Nota.* Adaptado de Belloví Bestratén et al., 2004, *Análisis modal de fallos y efectos.* AMFE.

**Frecuencia.** Es la probabilidad con la que un modo de fallo se pueda llegar a presentar, en un equipo u operación, en este apartado se suele basar de los registros que se tengan del equipo, así como de la experiencia que puede ser proporcionada por el proveedor o por operarios que hayan ocupado anteriormente este tipo de equipos o que hayan trabajado en operaciones similares, de esto se puede presentar un ejemplo a continuación en la **Tabla 4** (Belloví Bestratén et al., 2004).

**Tabla 4**

*Indicador de frecuencia.*

FRECUENCIA	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos , ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos . Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-5
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	6-8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9-10

*Nota. Tabla con los criterios de frecuencia, adaptado de Belloví Bestratén et al., 2004, Análisis modal de fallos y efectos. AMFE.*

**Hoja de vida.** También conocida como tarjeta maestra, en esta se inserta toda la información de la máquina de manera detallada, aunque esta puede variar dependiendo de la necesidad de la empresa, dentro de esta hoja de vida o tarjeta maestra se consignan datos que son necesarios para mantenimientos preventivos, como se muestra en la **Tabla 5**. Se deben tener los datos para una buena gestión del equipo dentro de la empresa (DIVISION SECTOR INDUSTRIA Y DE LA CONSTRUCCION, 1991).

Tabla 5

## Tarjeta maestra

**TARJETA MAESTRA**

---

DESCRIPCION	REMISION
MAQUINA: _____ No. _____	PEDIDO No. _____
MARCA: _____ TIPO: _____	FECHA: _____
MODELO: _____ No. SERIE: _____	INSTALADA: _____
CAPACIDAD DE TRABAJO (hora): _____ VALOR \$ _____	OTROS DATOS: _____
FABRICANTE: _____	_____
DIRECCION: _____	_____
CODIGO DPTO. DE COSTOS _____	_____

SERVICIOS	TRABAJO
AIRE <input type="checkbox"/> PRESION _____ CAUDAL _____	CRITICO <input type="checkbox"/>
ELECTRICIDAD <input type="checkbox"/> VOLTIOS _____ AMPERIOS _____	3 - TURNOS <input type="checkbox"/>
VAPOR <input type="checkbox"/> PRESION _____ CAUDAL _____	2 - TURNOS <input type="checkbox"/>
AGUA <input type="checkbox"/> PRESION _____ CAUDAL _____ TEMP. _____ °C	1 - TURNO <input type="checkbox"/>
GAS <input type="checkbox"/> TIPO _____ PRESION _____ CAUDAL _____	INTERMITENTE <input type="checkbox"/>

**MOTORES ELECTRICOS**

No.	H P	R. P. M.	V	A M P	UBICACION	MARCA	MODELO	TIPO	SERIE

*Nota.* Adaptado de División Metalmecánica de Carvajal S.A., 1991,


[https://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal\\_manual\\_mantenimiento/pdf/Manual\\_de\\_Mantenimiento.pdf](https://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal_manual_mantenimiento/pdf/Manual_de_Mantenimiento.pdf)

### Plan de mantenimiento.

En el plan de mantenimiento busca que por medio de mantenimientos preventivos se logre proteger al equipo de posibles daños que puedan ocurrir por uso, uso inadecuado o inclusive inactividad, este plan de mantenimiento se escala dependiendo la necesidad de la empresa y las condiciones de trabajo a las que este expuesta el equipo, en la **Tabla 6** se muestra un ejemplo de plan de mantenimiento al cual llaman manual de tareas de mantenimiento (Betancourt Basallo & Trebilcock Castillo, 2018).

**Tabla 6**

*Manual de tareas de mantenimiento.*

PROGRAMA MANTENIMIENTO PRODEHOGAR LTDA.			
MANUAL TAREAS DE MANTENIMIENTO			
Actividad		Procedimiento	
Inspección y Limpieza		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desconectar el equipo.</li> <li>• Al iniciar jornada:               <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Realizar inspección visual del equipo: revisar el estado de las correas y las poleas, y demás elementos del equipo.</li> </ul> </li> <li>• Al finalizar jornada:               <ul style="list-style-type: none"> <li>Haciendo uso de bayetillas o una brocha realizar una limpieza profunda al equipo.</li> </ul> </li> </ul>	
		Persona a Cargo	Operario
		Frecuencia	Diario
Código	M1	Tiempo estimado	5 minutos
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hacer uso de los elementos de seguridad industrial dotados. (Botas, gafas, tapa oídos, tapa bocas, guantes, etc.)</li> <li>• Notificar al personal de mantenimiento cualquier tipo de falla evidenciada.</li> <li>• Inspeccionar detalladamente cada una de las partes que componen al equipo.</li> </ul>			

*Nota.* Adaptado de Betancourt Basallo & Trebilcock Castillo, 2018,

<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6906/1/4131610-2018-2-IM.pdf>

### **Antecedentes de la empresa:**

La empresa MINESA ahora PSN ha demostrado un compromiso continuo con la mejora de sus procesos y la optimización de su maquinaria y equipos. Dos estudiantes de ingeniería mecánica de la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB), en colaboración con esta empresa, realizaron previamente prácticas empresariales en las instalaciones. Sus proyectos se enfocaron en la aplicación de métodos de mantenimiento preventivo y estos resultaron en contribuciones significativas al funcionamiento eficiente de la empresa. Uno de los

estudiantes aplicó la metodología del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM, por sus siglas en inglés) al equipo Sandvik LHD410, donde aplico el recurso de Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF) donde se le dio la respectiva criticidad a cada sistema y los repuestos necesarios para este equipo (Lizcano Guerrero, 2019).

El otro estudiante uso esta metodología para abarcar todos los equipos de la empresa. Estos proyectos proporcionaron valiosas ideas y recomendaciones para mejorar la disponibilidad, confiabilidad y eficiencia operativa de los equipos, así como para minimizar el riesgo de fallas y tiempos de inactividad no planificados (Diaz Villamizar, 2017).

## Metodología

Con el objetivo de organizar el almacén y llevar un registro preciso de las herramientas y equipos con los que cuenta actualmente la empresa minera, se implementará una tabla en Excel. La **Tabla 7** será utilizada en conjunto con el personal encargado de recibir los insumos y gestionar el control de todas las herramientas disponibles. De esta manera, se logrará mantener un registro adecuado, ya que hasta el momento no se dispone de un inventario preciso.

**Tabla 7**

*Inventario de herramientas y equipos*

		INTEGRACIÓN MINERA									
		INVENTARIO DE HERRAMIENTAS									
	Nombre	Cant	Fecha de ingreso	Estado	Codigo de activo	Ubicación	Plazos de garantías (días)	Tiempo establecido vencimiento	Tiempo para vencimiento	Mantenimientos previos	Manual
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											

Se acompañará la instalación de la maquinaria proyectada y se diseñarán esquemas para implementar los métodos de mantenimiento más adecuados para esta área minera. En primer lugar, se buscará destacar los beneficios del mantenimiento preventivo en el área de mantenimiento, ya que este enfoque ayuda a proteger tanto los equipos como al personal que los maneja.

Se mostrará cómo crear planes de mantenimiento preventivo para los equipos que actualmente estén en funcionamiento, definiendo los equipos críticos en los que se debe

enfocar este sistema. Esto facilitará un enfoque específico y ordenado para comenzar el proceso. Los equipos con mayor criticidad serán aquellos donde la vida humana o la operación de la empresa estén en riesgo. Para los equipos que ya cuenten con registros de mantenimiento, se actualizarán para aumentar su efectividad.

En el caso de equipos que no tengan ningún registro, se deberá comenzar a crear uno desde cero utilizando parámetros estandarizados que ayuden a prevenir posibles fallas futuras. Se utilizarán técnicas como el AMEF (Análisis de Modo y Efecto de Falla) para preservar la seguridad del equipo y garantizar su uso óptimo.

Una vez completados los registros, se buscarán fallas anteriores y las soluciones que se les dieron en ese entonces, adjuntándolas al archivo del activo. Esto permitirá generar un control sobre lo que sucede con el activo y definir indicadores de desempeño del mantenimiento preventivo.

Registro de antecedentes del equipo: búsqueda de los fallos, además de la toma del tiempo fuera de servicio también se deberán tener en cuenta otros parámetros como, que desencadenó la falla, que daños causó al equipo, qué piezas fueron sustituidas por daños o mejoras y cómo fue el procedimiento para la puesta en marcha del activo nuevamente, todo esto con el fin de que en caso tal de que se vuelva a presentar el mismo incidente basándose en este registro el área de mantenimiento pueda utilizar este conocimiento para disminuir el tiempo fuera de funcionamiento y así ayudar a la empresa en general, y en caso de que el equipo sea nuevo, se debe buscar que daños pueden ocurrir en este tipo de maquinaria.

Estandarización e implementación de técnicas de mantenimiento: una vez demostrado los avances se estandarizarán los pasos a seguir para la correcta manipulación de los equipos, se establecerá como requisito en la empresa un adecuado seguimiento de los

formularios para que así el área siga en constantes avances y reduzcan los costos de mantenimiento, además con los métodos de mantenimiento preventivo se prevé disminuir los costos operativos de la empresa.

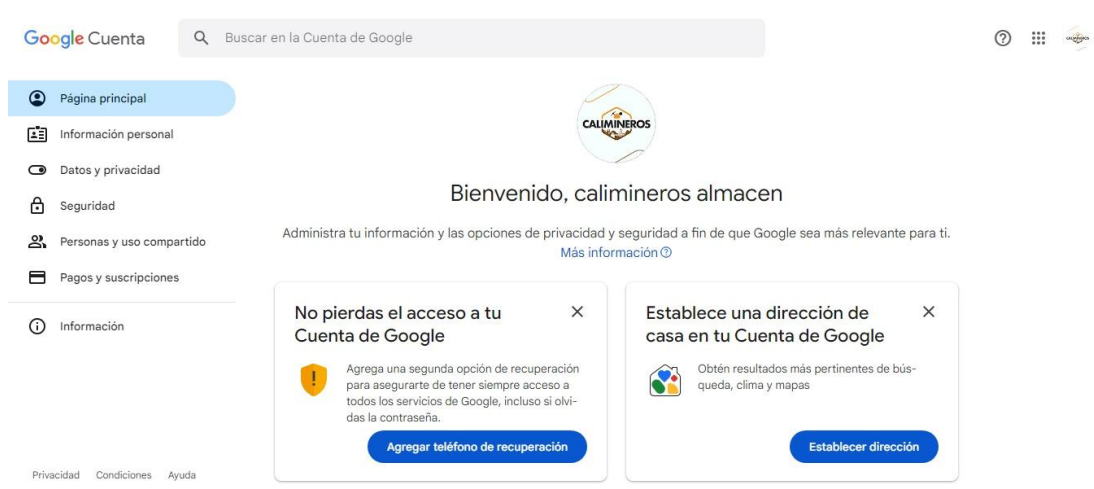
## Resultados y discusiones

### Creación de correos

En vista de la necesidad de la empresa lo primero que se realizó fue la creación de dos correos electrónicos en *Gmail*, debido a que la organización no cuenta con un dominio propio y eran necesarios para tener acceso a la nube llamada *Drive* donde se almacenaron los datos del inventario y los formatos, el primer correo creado es el del área de almacén como se muestra en la **Figura 3** ya que esta es la encargada de recibir insumos y debe familiarizarse con el entorno, el segundo correo creado fue el de mantenimiento como se muestra en la **Figura 4** con el fin de utilizar los servicios de nube y almacenar los datos de los equipos, esto se realiza con el fin de llevar un control computarizado más efectivo en la organización, ya que el área de almacén tenía los registros anotados en una bitácora no muy organizada y solo contenía la fecha de llegada y cantidades .

### Figura 3

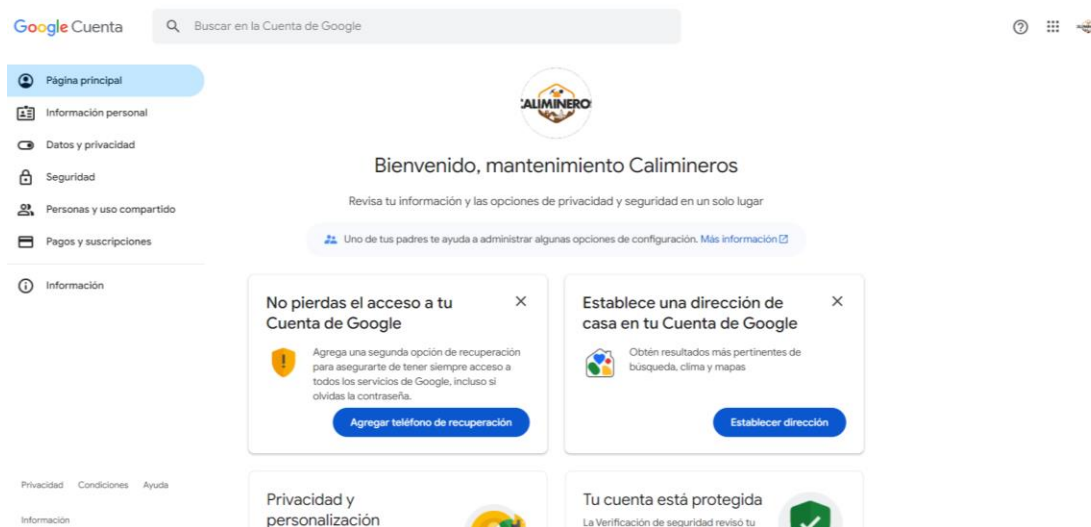
#### Creación de correo electrónico para almacén



*Nota.* Gmail. <https://www.google.com/gmail/>

## Figura 4

### Creación de correo electrónico para mantenimiento



*Nota.* Gmail. <https://www.google.com/gmail/>

## Realización de inventario


En el marco durante la pasantía junto el apoyo del área de almacén en Calimneros y el área de compras por PSN, se realizó un inventario con los datos que se tienen de proveedores, así como los datos de llegada al área de almacén en Calimneros, con estos datos y la información brindada por los proveedores se logra conseguir un inventario con datos precisos como fecha de entrega, si estos equipos o herramientas cuentan con garantías, si estos insumos son propios o son parte de préstamo por parte de PSN, esto último debido a que la estrecha relación entre empresas permite que área de almacén de Proyecto Soto Norte mediante actas de comodato, realice préstamos por lapsos de tiempo grandes con posibilidad de extensión.

Con la creación de este inventario se logra tener un orden establecido de donde se tienen las herramientas o equipos y en que condición se encuentran, ya que muchas veces

no se podía llevar con certeza el estado de las herramientas que se tenían, como por ejemplo, picas las cuales por el desgaste del tiempo y el uso continuo comienzan a verse afectadas en el cabo, lo cual puede generar daños a los operadores, con este inventario se puede llevar un registro y ver cuantas veces se han cambiado los elementos y si se es más específico con la descripción del insumo, ver que marca se adapta más a las condiciones de trabajo. En la **Tabla 8** que se presenta a continuación se podrán evidenciar como se clasifican los elementos entre herramientas y equipos.

**Tabla 8**

*Inventario de herramientas generales.*

		INTEGRACIÓN MINERA										
		INVENTARIO DE HERRAMIENTAS GENERALES										
Nombre	Cant	Estado	Fecha de ingreso	Estado	Código de activo	Ubicación	Plazos de garantías (días)	Tiempo establecido para vencimiento	Tiempo para vencimiento	Mantenimientos previos	Manual	
1	picas	3	Propia (Insumos)	x	Malo	N/A	Mina( Donde nace el sol)	Según uso	x	x	Cambio	N/A
2	picas	3	Propia (Insumos)	x	Bueno	N/A	Mina (Donde nace el sol)	Según uso	x	x	N/A	N/A
3	pallas	4	Propia (Insumos)	x	Bueno	N/A	Mina (Donde nace el sol)	Según uso	x	x	N/A	N/A
4	Paladruga	1	Propia (Insumos)	x	Bueno	N/A	Mina (Donde nace el sol)	Según uso	x	x	N/A	N/A
5	Barras	3	Propia (Insumos)	x	Bueno	N/A	Mina (Donde nace el sol)	N/A	x	x	N/A	N/A
6	Escobas	2	Propia (Insumos)	x	Regular	N/A	Mina (Donde nace el sol)	Según uso	x	x	N/A	N/A
7	Machetas con funda	2	Propia (Insumos)	x	Bueno	N/A	Mina (Donde nace el sol)	Según uso	x	x	N/A	N/A
8	Macheta sin funda	1	Propia (Insumos)	x	Regular	N/A	Mina (Donde nace el sol)	Según uso	x	x	N/A	N/A
9	Macheta mazo	4	Propia (Insumos)	x	Bueno	N/A	Mina (Donde nace el sol)	N/A	x	x	N/A	N/A
10	Martillos DE CABO DE MADERA	4	Propia (Insumos)	x	Bueno	N/A	Mina (Donde nace el sol)	N/A	x	x	N/A	N/A
11	Palustres	3	Propia (Insumos)	x	Bueno	N/A	Mina (Donde nace el sol)	N/A	x	x	N/A	N/A
12	Serruchos	2	Propia (Insumos)	x	Bueno	N/A	Mina (Donde nace el sol)	N/A	x	x	N/A	N/A
13	Siagueta	1	Propia (Insumos)	x	Bueno	N/A	Mina (Donde nace el sol)	N/A	x	x	N/A	N/A
14	Decametro 50 mts	1	Propia (Insumos)	x	Bueno	N/A	Mina (Donde nace el sol)	N/A	x	x	N/A	N/A
15	Alcates	3	Propia (Insumos)	x	Bueno	N/A	Mina (Donde nace el sol)	N/A	x	x	N/A	N/A
16	Limas	5	Propia (Insumos)	x	Bueno	N/A	Mina (Donde nace el sol)	N/A	x	x	N/A	N/A
17	Escudra	1	Propia (Insumos)	x	Bueno	N/A	Mina (Donde nace el sol)	N/A	x	x	N/A	N/A
18	Llana	1	Propia (Insumos)	x	Bueno	N/A	Mina (Donde nace el sol)	N/A	x	x	N/A	N/A
19	Llanas	2	Propia (Insumos)	x	Malo	N/A	Mina (Donde nace el sol)	N/A	x	x	Cambio	N/A
20	Nivel	1	Propia (Insumos)	x	Bueno	N/A	Mina (Donde nace el sol)	N/A	x	x	N/A	N/A
21	Zuela	1	Propia (Insumos)	x	Bueno	N/A	Mina (Donde nace el sol)	N/A	x	x	N/A	N/A
22	Plomo	1	Propia (Insumos)	x	Regular	N/A	Mina (Donde nace el sol)	N/A	x	x	N/A	N/A
23	Manguera nivel	1	Propia (Insumos)	x	Bueno	N/A	Mina (Donde nace el sol)	N/A	x	x	N/A	N/A
24	Cable verde 50 mts	1	Propia (Insumos)	x	Bueno	N/A	Mina (Donde nace el sol)	N/A	x	x	N/A	N/A
25	Cable blanco 50 mts	1	Propia (Insumos)	x	Bueno	N/A	Mina (Donde nace el sol)	N/A	x	x	N/A	N/A
26	Extintor CO2	1	Propia (Insumos)	10/1/2023	Bueno	N/A	Mina (Donde nace el sol)	365	9/30/2024	10	N/A	N/A
27	Extintor químico	1	Propia (Insumos)	10/1/2023	Bueno	N/A	Mina (Donde nace el sol)	365	9/30/2024	10	N/A	N/A
28	Escalera 50 cm	1	Propia (Insumos)	x	Bueno	N/A	Mina (Donde nace el sol)	N/A	x	x	N/A	N/A
29	Reflector led tablet 150 w	2	Propia (Insumos)	x	Bueno	N/A	Mina (Donde nace el sol)	N/A	x	x	N/A	N/A
30	Makita HRS212C	1	Propia (Insumos)	13/10/23	Bueno	Mitrac	Mina (Donde nace el sol)	365	10/12/2024	22	Nuevo	Manual
31	Kaesar Kompresoren ( Unidad compresora)	1	Propia (Insumos)	11/29/2023	Bueno	IM0011	Mina (Donde nace el sol)	730	11/28/2025	434	Nuevo	Mitrac
32	Kaesar Kompresoren ( Motor)	1	Propia (Insumos)	11/29/2023	Bueno	N/A	Mina (Donde nace el sol)	365	11/28/2024	69	Nuevo	Mitrac
33	Hombre solo	2	Propia (Insumos)	x	Bueno	N/A	Las Mercedes	N/A	x	x	N/A	N/A
34	Fluorometro 5m	1	Propia (Insumos)	x	Bueno	N/A	Las Mercedes	N/A	x	x	N/A	N/A
35	Martillos	2	Propia (Insumos)	x	Bueno	N/A	Las Mercedes	N/A	x	x	N/A	N/A
36	Escalera 50 cm	1	Propia (Insumos)	x	Bueno	N/A	Las Mercedes	N/A	x	x	N/A	N/A
37	rache con juego de copas	1	Propia (Insumos)	x	Bueno	N/A	Las Mercedes	N/A	x	x	N/A	N/A
38	Reflector led tablet 150 w	1	Propia (Insumos)	x	Bueno	N/A	Las Mercedes	N/A	x	x	N/A	N/A
39	Bomba 666250-XXX-C	1	Propia (Insumos)	3/19/2024	Bueno	Mitrac	Coexistencia minera	365	3/19/2025	180	0	Manual
40	Motor de bomba pearl	1	Propia (Insumos)	11/8/2023	Bueno	Mitrac	Coexistencia minera	0	11/8/2023	-117	0	Manual
41	Bomba pearl 4PWP 35G100	1	Propia (Insumos)	11/9/2023	Bueno	Mitrac	Coexistencia minera	0	11/9/2023	-116	0	Especificaciones
42	Hilux 2013, diesel, 4x4	1	Propia (Insumos)	Mitrac	Regular	Mitrac	Movil	Vencida	Indeterminable	Indeterminable	No es posible determinar	Mitrac
43	Perforadora YT 28	2	Propia (Insumos)	11/29/2023	Bueno	IM0014-IM0015	Coexistencia minera	365	11/28/2024	69	Nuevo	Manual
44	Martillo neumatico picador	2	Propia (Insumos)	11/20/2023	Bueno	IM0008-IM0009	Coexistencia minera	0	11/20/2023	-305	Nuevo	Manual
45	Destornilladores de pala	6	Propia (Insumos)	11/23/2023	Bueno	N/A	Las Mercedes	N/A	x	x	N/A	N/A

### **Creación de formatos de hoja de vida.**

En vista de que el avance de esta pequeña empresa de formalización ha venido en crecimiento desde el año 2023, no cuenta con formatos administrativos para el manejo de equipos, donde se almacene la información importante, formato conocido como hoja de vida, ya que en él se plasman datos necesarios para el equipo, como la fecha de adquisición, proveedores, dirección, ubicación del equipo. Todos apartados necesarios para comprender de donde proviene el equipo y a quien se debe consultar en caso de que no se cuente con área de mantenimiento, se presenta un formato a los ingenieros de Calimineros para que se almacene toda la valiosa información necesaria de los equipos.

### ***Ubicación y especificaciones.***

Dentro de la necesidad de la creación de la hoja de vida de los equipos, se incorpora toda aquella información necesaria para la organización, la cual permita a los usuarios conocer el equipo como se muestra en la **Tabla 9**, dentro de esta tabla se ingresa el nombre del equipo, la ubicación del equipo, la marca del equipo, el modelo, el serial del equipo (opcional) y aún más importante, la fecha de puesta en funcionamiento, ya que este último dato permite al usuario tener claridad de cómo ponerlo en funcionamiento debido a que si este no ha sido operado en mucho tiempo puede acarrear problemas de arranque.

**Tabla 9***Hoja de vida, ubicación y especificaciones*

<b>HOJA DE VIDA DE EQUIPOS CALIMINEROS</b>		F. creacion:
		Version:
	<b>IMAGEN DE REFERENCIA DEL EQUIPO:</b>	
<b>UBICACIÓN Y ESPECIFICACIONES:</b>		
Nombre del equipo:		
Ubicación del equipo:		
Marca:		
Modelo:		
Serie:		
Fecha de puesta en funcionamiento		

***Datos del proveedor o contratista***

Como se muestra en la **Tabla 10** en esta sección se ingresan datos esenciales para la organización y gestión del equipo. Estos datos proporcionan al personal encargado, ya sea del almacén, área de mantenimiento o administrativos, la información necesaria para contactar a proveedores, contratistas o al fabricante. Esta información es crucial para la adquisición de refacciones, obtener soporte técnico o recibir más información relacionada con el equipo. Además, se incluye si el equipo cuenta con un manual de uso, ya sea en formato físico o virtual, y si este especifica algún tipo de mantenimiento requerido.

**Tabla 10***Datos del proveedor o contratista*

<b>DATOS DEL PROVEEDOR O CONTRATISTA</b>	
Fabriante y lugar de origen:	
Fecha de adquisicion:	
Nombre de proveedor y dirección:	
Datos de contacto E-mail, teléfono:	
catálogo de maejo u operación:	
Mantenimiento indicado por el fabricante:	

### ***Mantenimiento empleado por la empresa.***

Como se muestra en la **Tabla 11**, en esta sección se identifican las condiciones operativas del equipo, incluyendo la frecuencia de mantenimiento establecida por la empresa y la periodicidad con la que se verifica el estado del equipo. Además, se detalla si el proveedor ofrece una garantía, indicando la fecha de inicio y de finalización de esta.

También se debe registrar todas las actividades realizadas en el equipo, tales como calibraciones, verificaciones o mantenimientos, junto con una descripción detallada del trabajo efectuado y el nombre del responsable de la actividad.

**Tabla 11**

### ***Mantenimiento empleado por la empresa.***

<b>MANTENIMIENTO EMPLEADO POR LA EMPRESA:</b>					
Condiciones de operación:					
Frecuencia de mantenimiento:					
Frecuencia de verificación:					
Garantía: SI ___ NO ___		Fecha de Inicio:			
		Fecha de terminación:			
<b>ACTIVIDADES</b>					
C: Calibración, V: Verificación, M: Mantenimiento.					
Fecha	C	V	M	Descripción (detalle del trabajo que se realiza)	Responsable

### **Hoja de vida de perforadora YT - 28.**

En la **Tabla 12** se completan los datos para la hoja de vida de la perforadora YT - 28, los datos son suministrados por el área de compras de la compañía e información suministrada por el colaborador de acompañamiento por parte de PSN.

Tabla 12

Hoja de vida perforadora, datos proveedor

HOJA DE VIDA DE EQUIPOS CALIMINEROS		F. creación:	lunes, 1 de julio de 2024
		Version:	<b>1,0</b>
	<b>IMAGEN DE REFERENCIA DEL EQUIPO:</b>		
			
UBICACIÓN Y ESPECIFICACIONES:			
Nombre del equipo:	Perforadora		
Ubicación del equipo:	Casa de coexistencia		
Marca:	MA		
Modelo:	YT 28		
Serie:	JB/T1674-2014		
Fecha de puesta en funcionamiento	Nuevo		
DATOS DEL PROVEEDOR O CONTRATISTA			
Fabriante y lugar de origen:	MA, Sanhe, China		
Fecha de adquisición:	29/11/23		
Nombre de proveedor y dirección:	Dyceq		
Datos de contacto E-mail, teléfono:	Christian Celis, +57 311 2140389, gerencia@dyceq.co		
catálogo de maejo u operación:	Físico, en idioma original chino		
Mantenimiento indicado por el fabricante:	Chequeos previos, lubricación, ajuste y remplazo de piezas		

El ingeniero colaborador en Calimineros indica que tareas se deben realizar a este equipo cuando se encuentre en funcionamiento, pese a que se espera que la intervención no sea mayor, el ingeniero indica que se deben realizar inspecciones de rutina y cambios a pizas de desgaste como se muestra en la **Tabla 13**.

**Tabla 13***Hoja de vida perforadora, mantenimientos*

MANTENIMIENTO EMPLEADO POR LA EMPRESA:					
Condiciones de operación:		Por definir, debido al estado actual de la empresa			
Frecuencia de mantenimiento:					
Frecuencia de verificación:		Revisión semanal			
Garantía: SI <input checked="" type="checkbox"/> X ___ NO ___		Fecha de Inicio:	29/11/2023		
		Fecha de terminación:	28/11/2024		
ACTIVIDADES					
C: Calibración, V: Verificación, M: Mantenimiento.					
Fecha	C	V	M	Descripción (detalle del trabajo que se realiza)	Responsable

Todos estos datos serán de vital importancia para el equipo directivo de Calimineros ya que en este documento se plasmaron todos los datos clave para consultas y compras. Así como un apartado para incluir las futuras intervenciones que le realicen al equipo y con que contratista se realice, punto clave en caso de que el equipo no funcione correctamente y se quiera conocer cuál fue el último mantenimiento.

### **Hoja de vida de bomba 666250-XXX-C**

En la hoja vida de la bomba 66250 - XXX - c se reunieron los datos del formato como se realizó con el anterior equipo generando la **Tabla 14** , integrándolos para un manejo sencillo en las áreas de almacén y compras en Calimineros, actualmente el equipo se encuentra nuevo y con garantía vigente por parte del fabricante y proveedor.

Tabla 14

Hoja de vida Bomba 666250-XXX-C

<b>HOJA DE VIDA DE EQUIPOS CALIMINEROS</b>		F. creacion:	lunes, julio 01, 2024
		Version:	1.0
	<b>IMAGEN DE REFERENCIA DEL EQUIPO:</b>		
			
<b>UBICACIÓN Y ESPECIFICACIONES:</b>			
Nombre del equipo:	BOMBA NEUMATICA 66250-XXX-C		
Ubicación del equipo:	CASA DE COEXISTENCIA		
Marca:	ARO		
Modelo:	666250-EEB		
Serie:	637432-22		
Fecha de puesta en funcionamiento	NUEVO		
<b>DATOS DEL PROVEEDOR O CONTRATISTA</b>			
Fabriante y lugar de origen:	ARO, 209 N. Main Street, Av. 2 #5-36, Cúcuta		
Fecha de adquisición:	19/02/2024		
Nombre de proveedor y dirección:	DYCEQ TECNOLOGÍA		
Datos de contacto E-mail, teléfono:	Christian Celis, +57 311 2140389, gerencia@dyceq.co		
catálogo de maejo u operación:	<a href="#">Catalogo</a>		
Mantenimiento indicado por el fabricante:	No indica		

Debido a que el equipo se encuentra inactivo, no se define condición de operación ya que se espera su uso más adelante en el proyecto cuando el nivel freático de la mina sea alto y sea necesaria la extracción del agua, pero se establecen periodos de verificación y un mantenimiento acordes, una vez sea puesta en marcha la bomba, así como se muestra en la Tabla 15.

**Tabla 15**

*Hoja de vida Bomba 666250-XXX-C, mantenimientos.*

MANTENIMIENTO EMPLEADO POR LA EMPRESA:					
Condiciones de operación:		Por definir, debido al estado actual de la empresa			
Frecuencia de mantenimiento:		Mensual, verificación interna			
Frecuencia de verificación:		Semanal - Espera a puesta en marcha			
Garantía: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		Fecha de Inicio:	2/16/2024		
		Fecha de terminación:	2/14/2025		
ACTIVIDADES					
C: Calibración, V: Verificación, M: Mantenimiento.					
Fecha	C	V	M	Descripción (detalle del trabajo que se realiza)	Responsable

### Hoja de vida del Taladro Makita HR5212C

Se realizo la hoja de vida del taladro Makita HR5212C como se muestra en la **Tabla 16**, Para el caso de este equipo el cual es un rotomartillo, este es usado frecuentemente por la empresa Calimineros en reparaciones locativas, ya sea en arreglos de caminos, realizar demoliciones de estructuras, arreglos menores en la bocamina, entre otras actividades.

**Tabla 16***Hoja de vida de Makita HR5212C.*

<b>HOJA DE VIDA DE EQUIPOS CALIMINEROS</b>		F. creación:	lunes, julio 01, 2024
		Versión:	1.0
	<b>IMAGEN DE REFERENCIA DEL EQUIPO:</b>		
			
<b>UBICACIÓN Y ESPECIFICACIONES:</b>			
Nombre del equipo:	Martillo Rotativo		
Ubicación del equipo:	Las Mercedes		
Marca:	Makita		
Modelo:	HR5212C		
Serie:	N/A		
Fecha de puesta en funcionamiento	13/10/23		
<b>DATOS DEL PROVEEDOR O CONTRATISTA</b>			
Fabricante y lugar de origen:	Makita, Japon		
Fecha de adquisición:	09/10/23		
Nombre de proveedor y dirección:	Prago investments, Lebrija, Santander		
Datos de contacto Email, teléfono:	JEZ INGENIERIA Y SERVICIOS LTDA, 304 3831683, Av. Quebrada Seca #13-62, Centro, Bucaramanga, Santander		
catálogo de manejo u operación:	En físico		
Mantenimiento indicado por el fabricante:	No indica, mantenimiento debe ser realizado en Centro de Servicio		

El equipo fue adquirido el 13 de octubre de 2023, con una garantía por un año, debido a su uso, el desgaste en las escobillas género que el equipo comenzara a perder fuerza y trabajara de manera ineficiente, por ende, como se muestra en la **Tabla 17** se le realiza mantenimiento en un centro de servicio autorizado por makita, acobijándose dentro de la garantía.

**Tabla 17**

*Hoja de vida de Makita HR5212C, mantenimientos.*

MANTENIMIENTO EMPLEADO POR LA EMPRESA:					
Condiciones de operación:		El equipo se encuentra en operaciones varias, principalmente uso dentro de túnel, nivel de humedad baja			
Frecuencia de mantenimiento:		Mensual lubricación			
Frecuencia de verificación:		Semanal verificación de componentes			
Garantía: SI <u>X</u> NO ___		Fecha de Inicio:		09/10/23	
		Fecha de terminación:		08/10/24	
ACTIVIDADES					
C: Calibración, V: Verificación, M: Mantenimiento.					
Fecha	C	V	M	Descripción (detalle del trabajo que se realiza)	Responsable
06/06/24			X	Mantenimiento por desgaste en carbones	Centro de servicios Makita, Quebradaseca

### **Formularios preoperativos o listas de chequeo.**

Se crea un formulario en “Google forms” con el fin de realizar un registro del estado de los equipos al momento de hacer uso de ellos, esto servirá para captar cualquier daño que no haya sido detectado en las verificaciones o en los mantenimientos previos, ya que este preoperacional debe ser realizado por los operarios antes de hacer uso del equipo, dentro de los espacios que se llenan en todos los formularios son los siguientes: el correo de la persona que realizo el registro y la fecha en el que se realizó. Con esto se tendrá un control sobre daños e inconvenientes que se puedan llegar a presentar.

### ***Perforadora YT - 28.***

Este formulario permitirá a los operadores tener conocimiento del estado en que se encuentran los componentes de la perforadora. Y con esto llegar a reducir significativamente

el riesgo que se puede llegar a tener con el uso de una perforadora neumática en mal estado, los puntos que se tuvieron en cuenta para la lista de chequeo fueron los siguientes:

- Chequeo visual: como se muestra en el **Anexo A** dentro de la lista de chequeo esta un apartado visual en el cual se verifican puntos en los cuales el operario tenga acceso, y que por medio de la observación logre identificar que todas las líneas y el equipo se encuentre en óptimas condiciones.
- Inspección en funcionamiento: como se muestra en el **Anexo B** en este apartado se ratifica el estado de las líneas de aire y agua, además se chequea las presiones normales que deben tener las líneas, ya que si las presiones varían puede indicar un mal funcionamiento del equipo.
- Programación de mantenimiento y evidencia: En caso de que se observe un mal funcionamiento se crea este apartado, así como aparece en el **Anexo B** en donde el operario si evidencia una falla en el equipo lo reporte y suba evidencia fotográfica.

### ***Bomba 666250-XXX-C.***

Con este formulario los operadores e ingenieros a cargo podrán llevar un control sobre el estado en que se encuentren los componentes de la bomba de avance neumático. Con esta lista de chequeo se reducirá significativamente los riesgos que puede causar el funcionamiento de la bomba en mal estado, tanto para el personal como para la operación, los puntos que se tuvieron en cuenta fueron los siguientes:

- Chequeo visual: Como se muestra en el **Anexo C** esta sección permite verificar visualmente los componentes accesibles de la bomba, para que el operario pueda confirmar que todo está en condiciones óptimas mediante observación directa.

- Inspección en funcionamiento: En el **Anexo D**, se indica las verificaciones que se deben realizar con el equipo en funcionamiento, para esto se chequean los manómetros y sonidos que puede generar el equipo, y comprobar que estos estén dentro del rango que indica el fabricante.
- Programación de mantenimiento y evidencia: Como se muestra en el **Anexo D**, se debe realizar una valoración por parte del operario sobre la bomba neumática, en caso de que se encuentre alguna anomalía debe informar inmediatamente, cargar un archivo y dar su opinión sobre el estado en que se encuentra el equipo.

### ***Makita HR5212-C.***

En el primer apartado se llena el formato con la información del operario a cargo y la fecha de operación, así como se muestra en el **Anexo E**, este formulario permitirá a los operadores e ingenieros llevar un control del estado del Makita HR5212C. Con esta lista de chequeo se busca minimizar los riesgos de operar con un equipo en mal estado, lo cual puede afectar tanto al personal como a la operación.

- Chequeo visual: En este apartado como se muestra en el **Anexo F**, busca que el operario se cerciore que el equipo se encuentra en óptimas condiciones de trabajo, ya que el equipo al ser eléctrico representa un riesgo, por lo que se deben tener ciertas consideraciones, como lo es tener una zona seca, y tener el equipo en óptimas condiciones, ya que esto puede llegar a afectar gravemente la salud del operador por las posibles descargas eléctricas.
- Inspección en funcionamiento: Como se muestra en el **Anexo G**, y para garantizar la seguridad del operario debe tener los elementos de protección personal a la hora de realizar tareas con el equipo, además que el equipo cuente con sus

elementos de seguridad, una vez ya estos parámetros se encuentren bien, revisar que los elementos móviles funcionen con normalidad.

- Programación de mantenimiento y evidencia: Como se muestra en el **Anexo H**, se debe realizar una valoración por parte del operario sobre el rotomartillo, en caso de que se encuentre alguna anomalía debe informar inmediatamente, cargar un archivo y dar su opinión sobre el estado en que se encuentra el equipo.

### **Implementación de prácticas de TPM y RCM.**

#### ***Implementación practica de TPM.***

Dentro de la empresa se crea la necesidad de realizar un análisis en el orden y aseo que se tiene sobre la herramienta ya que esta se encuentra en desorden, por eso desde la aplicación del TPM, se buscó generar un espacio, apto y seguro para los colaboradores, por eso como primer paso se da la creación de un inventario con los equipos y herramientas de la empresa, como se mostró en la **Tabla 8**.

Como siguiente paso se realiza un análisis en conjunto con los ingenieros de Calimineros, generando un sistema para ordenar la herramienta ya que como se muestra en la **Figura 5** esta se encontraba desordenada ocasionando un ambiente de trabajo inadecuado.

**Figura 5**

*Herramientas antes de la implementación del TPM*



Con los ingenieros a cargo, se propone destinar el área debajo de la casa de los compresores **Figura 6** para zona de mantenimiento y almacenamiento de herramientas, con el fin de tener un mayor control sobre estas. Además de tenerlas resguardadas del deterioro y la humedad.

**Figura 6**

*Zona de mantenimiento y almacén.*



Una vez establecida el área destinada para mantenimiento y almacén, se disponen los elementos que allí se albergaban a otras zonas, y se ordenan las herramientas como se muestra en la **Figura 7**.

**Figura 7**

*Nueva área de mantenimiento y almacén.*

**Manuales de operación.**

Con el fin de complementar una de las bases del mantenimiento productivo total (TPM) se busca que todo operario cuente con las habilidades que le permitan tener un control óptimo sobre el equipo, por esto se concluye la necesidad de crear un manual para el usuario que se adapte fácilmente a las condiciones de trabajo dentro de la compañía, para esto se realiza un estudio a los manuales proporcionados por el fabricante y conocimientos previos de los ingenieros a cargo.

***Manual de mantenimiento perforadora YT - 28.***

Dentro del mantenimiento de la perforadora YT-28 se busca que el operario en conjunto con la lista de chequeo (**Anexo A y B**) tenga los conocimientos previos de lo que se

le debe revisar en el equipo cada vez que se le de uso. También los elementos que se deben tener en cuenta con respecto al equipo son mantenimientos semanales (**Anexo I**) estos son mantenimientos realizados por los operarios del equipo, donde las funciones principales son de limpieza y chequeo, los cuales se dividen en dos partes, el sistema de aire comprimido y el hidráulico.

Dentro del mantenimiento preventivo de la perforadora también se incluye el semanal como se muestra en el **Anexo J**, donde estos mantenimientos buscan ser más rigurosos en busca de posibles daños que se hayan presentado dentro de la semana, debido al trabajo en condiciones adversas.

El mantenimiento preventivo mensual busca a través de la apropiación de los operadores del equipo, una limpieza minuciosa y un chequeo total al equipo en busca de fisuras, desgastes de componentes, purgas de líneas de aire y agua, así como de los depósitos de aceite, con el fin de mantener la integridad del equipo, tal como se muestra en el Anexo K.

#### ***Manual de mantenimiento bomba neumática.***

En el mantenimiento de la bomba neumática se busca la protección del equipo por exceso de presiones o elementos que puedan llegar a dañar el equipo. Esto debido a el entorno en donde se encuentra ubicado el equipo, ya que esta mina presenta ácidos, sulfatos y elementos que producen corrosión en los componentes internos y externos de la bomba. Por esto y debido a la naturaleza del trabajo se implementa un mantenimiento semanal como se muestra en el **Anexo L**, donde se formulan los puntos a tener en cuenta para la protección del equipo, como lo son las limpiezas, las cuales deben ser rigurosas.

Otro de los factores más significativos, tanto para las perforadoras, bombas o cualquier otro equipo dentro de la mina que sea de carácter neumático, es la verificación

constante de las líneas de aire comprimido, ya que estas son fundamentales en la operación, y también pueden llegar a poner en riesgo a los colaboradores de la mina, por ende se toman estos puntos y se plasma como aparece en el **Anexo M**, junto con los mantenimientos a las líneas hidráulicas.

Debido a la complejidad y condiciones en la que opera el equipo, dependiendo del personal con el que se cuente a la hora de operación se estipula en mantenimiento mensual, realizar una limpieza exhaustiva a los elementos móviles, filtros tanto hidráulicos como de aire, y una limpieza al elemento más delicado de este tipo de bombas, los cuales son los dos diafragmas que permiten el movimiento del fluido, con esto contemplado se plasma en el documento como aparece en el **Anexo N**.

#### ***Manual de mantenimiento HR5212C.***

En el plan de mantenimiento del rotomartillo makita, se tuvo muy en cuenta el tipo de equipo con el que se está trabajando, ya que como se puede evidenciar en el **Anexo O**, al ser un equipo eléctrico, diariamente se deben realizar verificaciones a las conexiones, realizar pruebas de funcionamiento sin carga, y una revisión en general buscando posibles fallos, que no se hubiesen podido detectar en el anterior chequeo, y una vez finalizada la jornada de funcionamiento del equipo, realizar una limpieza, ya que al igual que con la bomba y la perforadora, estos equipos se encuentran en condiciones donde se produce alta corrosión.

En el **Anexo P**, se puede evidenciar el mantenimiento semanal, donde se busca, realizar un chequeo al equipo, así como una limpieza a los conductos de ventilación, un engrase al porta brocas, un chequeo para la revisión de todas las prestaciones del

rotomartillo y una revisión a los cinceles o brocas que se vayan a usar, esto con el fin de mantener el equipo en óptimas condiciones de funcionamiento.

En el mantenimiento mensual o trimestral ( según uso), se busca que el equipo se mantenga con una lubricación adecuada de todos sus componentes ya que esto permite el correcto funcionamiento. Otro punto clave a tener en cuenta es que, según las horas de trabajo en el equipo, se deben realizar cambio de escobillas, ya que este cambio previene detenciones en la operación como se muestra en la **Tabla 17**, donde fue necesario realizar un mantenimiento en un centro de servicio, una vez recopilada la información se plasma el Anexo Q.

### ***Implementación practica de RCM (AMEF).***

Con el fin de complementar las buenas prácticas del mantenimiento productivo total y crear un área segura para los colaboradores y operarios, se decide implementar la herramienta AMEF (Análisis de Modo y Efecto de Falla), del mantenimiento centrado en confiabilidad. Lo cual permitirá a los operarios tener un mayor conocimiento sobre el equipo con el que están laborando.

#### **Perforadora YT – 28.**

##### ***Sistema de aire comprimido.***

Se realizo un estudio al manual de usuario proporcionado por la empresa fabricante, en donde menciona los puntos claves que se deben tener en cuenta a la hora de operar el equipo, así como los rangos en que se manejan las presiones de entrada de aire.

Con estos puntos clave otorgados por el fabricante, junto con el conocimiento de fallas en proyectos previos en los cuales los ingenieros estuvieron presentes, se determinaron los modos y efectos de fallas en los componentes claves del equipo como se muestra en el **Anexo**

**R**, y como ellos resolvieron estos problemas en las perforadoras, ya que un mantenimiento oportuno y el conocimiento previo puede ayudar a los usuarios de las perforadoras a actuar rápido y no detener operaciones.

### ***Sistema hidráulico.***

En el sistema hidráulico de la perforadora, al igual que en el sistema de aire comprimido, se toma como referencia el manual que entrega el fabricante donde da puntos clave acerca de la lubricación, la presión de agua que se debe tener en las líneas de lubricación, así como los cuidados que se deben tener con el mezclador de aire y aceite del equipo.

Para complementar este formato junto con los ingenieros a cargo, se analizan situaciones previas que habían tenido en otras empresas y proyectos, donde el sistema hidráulico había desencadenado una falla en el equipo y como ellos lograron solucionar el problema, estos modos y efectos de falla se presentan en el **Anexo S**.

Con la información recopilada se crean estrategias para la prevención de estas fallas y se dan puntos clave para solucionar las fallas, esta información es de vital importancia para los operadores de los equipos.

### **Bomba de avance 666250-XXX-C.**

#### ***Sistema de aire comprimido.***

Para el sistema de aire comprimido de la bomba de avance se realizó un análisis similar al de la perforadora, con la guía para el usuario que incluye el fabricante, se estipulan las fallas que se pueden presentar y como notarlas, ya sea por una presión de aire deficiente, o un funcionamiento errático del equipo.

Como se muestra en el **Anexo T**, y con ayuda de los ingenieros a cargo, se encontraron las fallas más probables que podría tener el equipo enfrentando las condiciones adversas que se pueden presentar en el área minera, con todo esto claro se plasmaron las fallas y se estipularon los pasos o la manera en que se pueden solventar estos problemas.

### ***Sistema hidráulico.***

Al ser una bomba hidráulica, una falla en este sistema puede significar un riesgo para el equipo y las personas que estén laborando en la zona, debido a que esta bomba esta pensada para cuando el nivel de agua sea elevado. Un mal funcionamiento puede significar daños en otros equipos y un mal funcionamiento en otros elementos dentro de la mina lo que conlleva riesgos para el personal.

Con los ingenieros de Calimineros se establecieron cuáles son las fallas más comunes que presentan este tipo de bombas neumáticas y se plasmaron en este formato, como se muestra en el **Anexo U**, con esto tanto los operarios como los ingenieros a cargo, tendrán bases para solventar dificultades.

### **Taladro Makita HR 5212 -C.**

#### ***Sistema de transmisión mecánica.***

En el sistema de transmisión mecánica se analiza los componentes del taladro, aunque este tipo de taladros no suelen presentar este tipo de fallos, las posibilidades existen, por lo que se plasman en el formato dejando claro que componente puede presentar este fallo y como se puede solucionar, tal como se muestra en el **Anexo V**.

#### ***Sistema eléctrico.***

En este sistema se evidencian los componentes críticos que pueden llegar a fallar en el taladro, durante la práctica se presenta un fallo sobre un componente (escobillas de

carbón) las cuales son críticas para el funcionamiento del motor, como se muestra en el **Anexo W** el equipo comenzó a perder fuerza y tubo una detención total del motor, una vez presentada la falla fue llevado el equipo a un centro de mantenimiento certificado para hacer valer la garantía. Con esto en mente se estipula realizar un mantenimiento o cambio de escobillas trimestral, o según el uso, esto se plantea debido a que el equipo fue comprado en octubre de 2023, más sin embargo el uso fue muy poco, pero en el segundo trimestre del 2024, se comenzó a laborar sobre el camino que conducía a la mina por lo que su uso se intensificó desgastando las escobillas y parando el motor en el mes de junio de 2024.

En el sistema eléctrico de este taladro también se tiene muy en cuenta los componentes más importantes del motor, los cuales son el estator y el rotor. Los cuales en caso de un mal funcionamiento puede llegar a dañar todo el equipo, realizar un trabajo deficiente, o incluso poner en riesgo al operario, por eso como se muestra en el **Anexo W y Anexo X**, se realiza el estudio de modos y efectos de falla, así como las soluciones que se le pueden dar para mitigar el fallo.

#### **Índice de prioridad de riesgo.**

En este apartado se presenta un elemento clave del Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF): el Índice de Prioridad de Riesgo (IPR). Este índice permite clasificar las fallas a partir de tres criterios principales: frecuencia, detectabilidad y gravedad, los cuales se encuentran en una escala de 1 a 10. Los detalles de esta clasificación pueden consultarse en el **Anexo Y**, donde se especifican las pautas a considerar en cada criterio.

La gravedad es un factor determinante, ya que permite identificar si un modo de falla afecta la velocidad de una operación o incluso provoca una parada total de las actividades. Al combinar los factores de gravedad, frecuencia y detectabilidad, mediante la fórmula:

IPR= frecuencia X gravedad X detectabilidad

se obtiene un valor que clasifica la falla en un nivel de riesgo específico. Esta clasificación de riesgos se detalla en el **Anexo Z**.

#### **Acta de validación de formatos.**

Con el fin de realizar la implementación de los formatos de mantenimiento en la empresa Calimineros, se crea un acta de validación en conjunto con los ingenieros a cargo y el equipo de integración minera. Con este documento se formaliza la aceptación y aprobación de los formatos entregados, para posteriormente durante la etapa productiva de la empresa estos formatos sean usados con el fin de mejorar las condiciones de los equipos, esto queda plasmado en el **Anexo AA y Anexo BB**, donde se especifican que puntos fueron tomados para la validación de los formatos.

### **Conclusiones.**

Dentro de las necesidades fundamentales de cualquier empresa se encuentra el orden de los activos y herramientas, debido a que esto permite una mejor optimización de los recursos. con esto claro los inventarios generados, permiten mejorar el desempeño en la organización.

En esta empresa que se encuentra en etapa de desarrollo, es esencial crear sistemas de mantenimiento adecuados a las capacidades operativas y específicas del entorno, debido a que el proyecto se enfoca en pequeña minería, donde los participantes son personas de la región.

La aplicación de estos formatos dentro de la compañía les permitirá tener un enfoque hacia la industrialización y autonomía empresarial, ya que dentro del mantenimiento productivo total, se busca que los operarios estén muy familiarizados tanto con el orden y aseo, así como con el conocimiento de los equipos de la empresa, permitiendo que se optimicen los procesos.

En conjunto con el TPM, el análisis modal de efectos y fallas le permitirá tanto a los ingenieros a cargo, como a los operarios, tener una claridad sobre los posibles fallos que se pueden dar en sus equipo, y como se puede llegar a solucionar los inconvenientes.

## Referencias

- Aris Mining. (s/f). *Soto Norte Project*. <https://aris-mining.com/operation/soto-norte/>.
- Aris Mining, & Mubadala. (s/f). *Proyecto Soto Norte*. <https://proyectosotonorte.com>.
- Belloví Bestratén, M., Orriols Ramos, R., CNCT, & Mata París, C. (2004). *Análisis modal de fallos y efectos*. AMFE.
- Betancourt Basallo, G. D., & Trebilcock Castillo, M. F. (2018). *Desarrollo e implementación del plan de mantenimiento para los equipos de la empresa prodehogar ltda*. [Programa de ingeniería mecánica]. Fundación Universidad de América. <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6906/1/4131610-2018-2-IM.pdf>.
- Calimineros. (2023a). *Formalización*. <https://calimineros.com.co/formalizacion/>.
- Calimineros. (2023b). *¿Quiénes somos?* <https://calimineros.com.co/quienes-somos/>.
- Campos Lopez, O., Tolentino Eslava, G., Toledo Velázquez, M., & Tolentino Eslava, R. (2019). Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos. *Científica*, 23, 51–59. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61458265006>
- CDMB. (2023, abril 20). *19514 Licencia ambiental*. <https://visorsuit.funcionpublica.gov.co/auth/visor?fi=19514>.
- Diaz Villamizar, J. D. (2017). Implementación de la metodología mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para los equipos mineros a cargo del área de mantenimiento de la empresa MINESA Universidad Pontificia Bolivariana escuela de ingeniería Facultad de Ingeniería Mecanica Bucaramanga 2017.

División Sector Industria y de la construcción. (1991). *Manual de Mantenimiento*

[Divulgación Tecnológica].

[https://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal\\_manual\\_mantenimiento/pdf/Manual\\_de\\_Mantenimiento.pdf](https://repositorio.sena.edu.co/sitios/fedemetal_manual_mantenimiento/pdf/Manual_de_Mantenimiento.pdf)

Dr. Gonzáles Sosa, J. V., Jiménez Díaz, D. L., Loyo Quijada, J., & Dr. Lopez Ontiveros, Á.

(2020d. C.). AMEF como herramienta de la Industria 4.0 en el mantenimiento.

*AcademiaJournals.com*, 14.

García Alcaráz, J. L., Rico Pérez, L., & Romero González, J. (2011). Factores tecnológicos asociados al éxito del mantenimiento preventivo total (tpm) en maquilas. *CULCyT*.

Lizcano Guerrero, J. A. (2019). Elaboración de una Propuesta de Mantenimiento Mediante la Metodología RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad) para Los cargadores frontales de bajo perfil sandvik LHD410. Universidad Pontificia Bolivariana.

Montoya Arias, M. E., Arango Marín, J. A., & Rosero Otero, S. L. (2020). Programación de mantenimiento preventivo usando algoritmos genéticos. *Lámpsakos*, 23, 37.

<https://doi.org/10.21501/21454086.3112>

## Apéndice.

### Apéndice A

*Lista de chequeo Perforadora YT-28.*

## Lista de chequeo de Perforadora YT - 28

En el siguiente formulario se describen los elementos con los que se debe tener precaución a la hora de tener el equipo en funcionamiento, partes que se deben verificar antes de operación y durante la operación.

Si se observa algún elemento fuera de lugar, o alguna parte del equipo en mal estado informar al supervisor o encargado de almacén.

*\* Indica que la pregunta es obligatoria*

#### 1. Correo electrónico \*

---

#### 2. Indique la fecha de revisión del equipo

---

*Ejemplo: 7 de enero de 2019*

#### 3. Chequeo visual \*

*Selecciona todas las opciones que correspondan.*

- Verificación de filtro de aire de compresor
- Verificación estado manguera de aire comprimido
- Verificación de conexiones y sujeciones de sistema de aire comprimido
- Revisión de acumulación de sedimentos o líquidos en puntos de purga ( válvulas de drenaje) en línea de aire comprimido
- Verificación de nivel de agua en tanques
- Verificación estado de línea de agua
- Verificación estado general de carcasa
- Verificación de pierna expansora
- Verificación estado de lubricante y cantidad ( ajuste de regulador de aceite)

## Apéndice B

### Lista de chequeo Perforadora YT-28.

#### 4. Inspección en funcionamiento \*

*Selecciona todas las opciones que correspondan.*

- Inspección de fugas de aire comprimido en red de aire y componentes
- Verificación de presión de entrada de aire comprimido máximo 0.4 -0.7 MPa (58 - 102 PSI)
- Verificación de presión normal de agua 0.2 - 0.3 MPa (29 - 44 PSI) "Presión excesiva puede generar daños"
- Inspección de fugas de agua en manguera y componentes

#### 5. Según la verificación se debe programar un mantenimiento preventivo. \*

*Marca solo un óvalo.*

- Inmediatamente
- Programar fecha de mantenimiento
- No es necesario

#### 6. En caso de presentarse alguna novedad adjuntar imágenes de referencia para tener un control sobre las eventualidades

Archivos enviados:

---

## Apéndice C

### Lista de chequeo Bomba 666250-XXX-C.

# Lista de chequeo de bomba neumática de lodos

En el siguiente formulario se describen los elementos con los que se debe tener precaución a la hora de tener el equipo en funcionamiento, partes que se deben verificar antes de operación y durante la operación.

Si se observa algún elemento fuera de lugar, o alguna parte del equipo en mal estado informar al supervisor o encargado de almacén.

*\* Indica que la pregunta es obligatoria*

---

1. Correo electrónico \*

\_\_\_\_\_

2. Indique la fecha de revisión del equipo \*

\_\_\_\_\_  
*Ejemplo: 7 de enero de 2019*

3. Chequeo visual \*

*Selecciona todas las opciones que correspondan.*

- Verificación de filtro de aire en compresor
- Verificación de estado de manguera de aire comprimido
- Verificación de conexiones y sujeciones de sistema de aire comprimido
- Revisión de acumulación de sedimentos o líquidos en puntos de purga ( válvulas de drenaje) en línea de aire comprimido
- Verificación de filtro en la entrada de agua de la bomba
- Verificación de estado de manguera de salida de agua-lodo
- Otros: \_\_\_\_\_

## Apéndice D

### Lista de chequeo Bomba 666250-XXX-C.

#### 4. Inspección en funcionamiento \*

*Selecciona todas las opciones que correspondan.*

- Inspección de fugas de aire comprimido en red de aire y componentes
- Verificación de presión de entrada de aire comprimido máximo 120 psi
- Caudal máximo con entrada inundada 172 GPM
- Inspección de fugas de agua en manguera y componentes
- Sonido de trabajo normal ( 70 psi) no superior a 85,3 db (equiparable a una sirena de bomberos)
- Verificación de vibraciones ( Nivel normal de vibración casi imperceptible)
- Otros: \_\_\_\_\_

#### 5. Según la verificación se debe programar un mantenimiento preventivo \*

*Marca solo un óvalo.*

- Inmediatamente
- Programar fecha de mantenimiento
- No es necesario

#### 6. En caso de presentarse alguna novedad adjuntar imágenes de referencia para tener un control sobre las eventualidades

Archivos enviados:

---

## Apéndice E

### *Lista de chequeo makita HR5212C.*

## Lista de chequeo de Makita HR5212C

En el siguiente formulario se describen los elementos con los que se debe tener precaución a la hora de tener el equipo en funcionamiento, partes que se deben verificar antes de operación y durante la operación.

Si se observa algún elemento fuera de lugar, o alguna parte del equipo en mal estado informar al supervisor o encargado de almacén.

*\* Indica que la pregunta es obligatoria*

---

1. Correo electrónico \*

---

2. Indique la fecha de revisión del equipo

---

*Ejemplo: 7 de enero de 2019*

## Apéndice F

### Lista de chequeo makita HR5212C.

#### 3. Chequeo visual \*

*Selecciona todas las opciones que correspondan.*

- Las clavijas de conexión no han sido modificadas y se encuentran en buen estado.
- Las condiciones ambientales son optimas para el trabajo con el taladro (poca humedad, trabajo en seco)
- En caso de condiciones humedas el equipo cuenta con un alimentador protegido con interruptor de circuito de falla en tierra (ICFT).
- Verifique que los tornillos no se encuentren sueltos (estos se pueden soltar por las vibraciones).
- Verifique que el equipo no tenga llaves de ajuste o llaves de apriete antes de encender el equipo.
- Comprobación de que las partes móviles no se encuentren desalineadas o atascadas.
- El equipo no tiene piezas rotas en la carcaza o en las partes moviles.
- Verifique que las brocas y herramientas de corte se encuentran en buen estado y afiladas.
- El equipo cuenta con los magos auxiliares y protecciones adecuadas.
- Las agarraderas del equipo se encuentran secas y limpias de aceite y grasa.
- En caso de tener extensiones estas se encuentran en estado optimo y bien protegidas.
- Otros: \_\_\_\_\_

## Apéndice G

### Lista de chequeo makita HR5212C.

#### 4. Inspección en funcionamiento \*

*Selecciona todas las opciones que correspondan.*

- El operario cuenta con los EPP'S correspondientes.
- Verifique que cuando se accione el gatillo el equipo encienda y apague con normalidad, en caso de que no funcione correctamente abstenerse de usar el equipo.
- Verifique que la broca se encuentre bien afilada y fija, cuando se encienda el equipo la broca no este suelta.
- Se precalentó el equipo debidamente, dejando funcionar el equipo sin carga aproximadamente por 1 minuto.
- Verifique que el suelo donde este operando se encuentre firme.
- Revise la selección de velocidad adecuada para la tarea.
- El nivel de vibraciones cuando el equipo se encuentre sin carga debe ser bajo.
- El equipo cuenta con fuerza a la hora de hacer la perforación.
- Otros: \_\_\_\_\_

## Apéndice H

### *Lista de chequeo makita HR5212C.*

5. Según la verificación se debe programar un mantenimiento preventivo. \*

*Marca solo un óvalo.*


- Inmediatamente
- Programar fecha de mantenimiento
- No es necesario

6. En caso de presentarse alguna novedad adjuntar imágenes de referencia para tener un control sobre las eventualidades

Archivos enviados:

## Apéndice I

### Mantenimiento diario YT - 28.

Integración Minera/ Calimineros		
Plan de mantenimiento		
Perforadora YT - 28		
Mantenimiento diario.		
Mantenimiento a cargo de:		Operario
Actividad	Procedimiento	
Limpieza, revisión y ajuste de sistema de aire comprimido.	1. Inspección de carcasa, en busca de agritamientos o fisuras, en caso de que el equipo se encuentre embarrado, limpiar las posibles zonas que se pueden ver afectadas por el trabajo.	
	2. Revisión del sistema automatico de drenaje KAESER AMD 6550	
	3. Comprobar la presión del aire comprimido en la entrada de la perforadora. Asegurar de que esté dentro del rango recomendado (0.4 a 0.63 MPa). Ajusta la fuente de aire si es necesario.	
	4. Revisión visualmente todas las mangueras de aire por posibles daños, como cortes, abrasiones o signos de desgaste, si encuentra un signo alarmante usar una solución jabonosa para comprobar estado y caso de ser necesario, cambiar el tramo.	
	5. Ejecuta la perforadora durante unos minutos y escucha cualquier sonido inusual que pueda indicar un problema en el sistema de aire comprimido.	
Limpieza, revisión y ajuste de sistema hidraulico.	1. Revisión de aceite y lubricación con aceite Hidráulico Chevron Rando 46, que es equivalente al recomendado por el fabricante L-AN-46.	
	2. Revisión de todas las mangueras hidráulicas por posibles fugas, desgastes o daños. Asegurar que las conexiones estén bien apretadas	
	3. Encender la bomba de agua y escuchar atentamente a que no cuente con ruidos anormales, ya que estos pueden indicar intervención a la bomba	
	4. Revisión de fugas por sellos en la carcasa, en caso de presentar fugas informar inmediatamente y apretar tornillos, en caso de que no se detengan cambiar sellos u empaques.	
	5. En operación verificar la cantidad de agua que sale por la broca, ya que debido al sistema se suele tapan la aguja que suministra el agua, o también se suele romper.	
Observaciones		Firma.

## Apéndice J

### Mantenimiento semanal YT-28.

Mantenimiento semanal.	
Mantenimiento a cargo de:	Operario
Actividad	Procedimiento
Limpieza, revisión y ajuste de sistema de aire comprimido.	1. Limpiar o reemplazar los filtros de aire para evitar que partículas ingresen al sistema neumático en caso de ser necesario retirar, inspeccionar, limpiar o reemplazar los filtros si están obstruidos.
	2. Realizar una purga a todos los ductos de aire comprimido donde se pueda acumular.
	3. Realiza una revisión más detallada de todas las mangueras y conexiones de aire. Busca posibles desgastes, cortes o fugas menores que no se detectaron durante las inspecciones diarias.
	4. Comprobar que los manómetros y otros indicadores de presión del sistema de aire comprimido están funcionando correctamente y caso de ser necesario calibrar los manómetros si es necesario y asegurarse de que las lecturas sean precisas.
Limpieza, revisión y ajuste de sistema hidráulico.	1. Revisión de filtros de agua, debido a que estos se suelen tapar con facilidad y pueden llegar a forzar la bomba.
	2. Asegurar que los niveles de aceite en los sistemas de lubricación automática estén dentro de los parámetros recomendados. Rellena o cambia si es necesario.
	3. Asegúrate de que todos los controles manuales, palancas y botones funcionen correctamente y sin resistencia. Lubrica los mecanismos de control si es necesario.
	4. Comprobar el nivel de aceite (L-AN-46) en el mezclador y verificar que la mezcla de aceite y aire funcione correctamente de ser necesario rellenar con aceite si es necesario y asegurarse de que el aceite esté mezclándose adecuadamente.
	5. Verificar que el tubo de barrido de agua esté limpio y libre de obstrucciones en caso de ser necesario limpiar el tubo si es necesario y asegurarse de que tenga la longitud mínima requerida (40 cm).
Observaciones	Firma.


## Apéndice K

### Mantenimiento mensual YT – 28.

Mantenimiento mensual.	
Mantenimiento a cargo de:	
Operario	
Actividad	Procedimiento
Limpieza, revisión y ajuste de sistema de aire comprimido.	1. Realizar una purga a todos los ductos de aire comprimido donde se pueda acumular agua, ya que estos pueden obstruir el aire comprimido y ocasionar un accidente .
	2. Limpieza de los filtros de aire y verificación de su condición. Si los filtros muestran acumulación de polvo o suciedad, realizar limpieza o reemplazo si es necesario para garantizar un flujo de aire limpio y adecuado.
	3. Revisión más detallada de todas las mangueras y conexiones de aire. Buscar posibles desgastes, cortes o fugas menores que no se detectaron durante las inspecciones diarias.
	4. Comprobar el funcionamiento de todas las válvulas y reguladores del sistema de aire comprimido y lubricar las válvulas si es necesario y reemplazar reguladores defectuosos.
	5. Realizar pruebas de presión en el sistema de aire comprimido para detectar fugas que no sean visibles a simple vista y reparar cualquier fuga detectada.
Limpieza, revisión y ajuste de sistema hidráulico.	1. Inspeccionar y limpiar completamente el mezclador de aceite y aire, asegurándose de que no haya acumulaciones ni fallos para esto desmontar y limpiar el mezclador, reemplazar juntas o sellos si es necesario, y comprobar la correcta mezcla de aceite (L-AN-46) y aire.
	2. Inspeccionar el tubo de barrido de agua para detectar signos de desgaste, obstrucción o corrosión y en caso de ser necesario reemplazar el tubo si muestra signos de desgaste significativo o si no cumple con la longitud mínima.
	3. Reemplazar el fluido hidráulico si ha alcanzado el intervalo de servicio recomendado o si se observa contaminación y en caso de ser necesario drenar el fluido hidráulico, limpiar el tanque y rellenar con fluido nuevo.
Observaciones	Firma.

## Apéndice L

### Mantenimiento diario Bomba neumática.

Integración Minera/ Calimineros	
Plan de mantenimiento	
	
Bomba neumática 66250-XXX-C	
<b>Mantenimiento diario.</b>	
Mantenimiento a cargo de:	Operario
Actividad	Procedimiento
Inspección de sistema de aire	1. Revisión de presión generada en el compresor
	2. Revisión de presión en manómetros de acumuladores
	3. Revisión de acoples en la red de aire
	4. Revisión de fugas en manguera de aire comprimido
	5. Revisión de manómetros y controles de flujo en la bomba
Revisión y limpieza	1. Revisión de salida de caudal
	2. Limpieza de filtro de agua
	3. Revisión de manguera de agua
	4. Revisión y limpieza de exhosto
	5. Limpieza de la carcasa de la bomba
Observaciones	Firma.

## Apéndice M

### Mantenimiento semanal Bomba neumática.

Mantenimiento semanal.	
Mantenimiento a cargo de:	Operario
Actividad	Procedimiento
Inspección y ajuste de sistema de aire comprimido.	1. Revisión de manguera de aire comprimido, donde se vea desgaste usar una solución jabonosa para detectar fugas y remplazar el tramo
	2. Revisión de juntas y acoples, utilizar solución jabonosa para detectar las fugas, en caso de que se encuentren fugas ajustar los acoples o cambiarlos.
	3. Revisión y limpieza de exhosto, limpiar el escape
	4. Medición y calibración de aire comprimido, revisar en los manómetros la presión de aire y en caso de ser necesario ajustar a la recomendada por fabricante.
	5. Ajuste de tornillos, se deben ajustar todos los tornillos que sostienen al difragama y demás elementos del sistema de aire comprimido ya que con la vibración estos se suelen soltar.
Inspección de sistema hidráulico.	1. Revisión de conexiones y mangueras hidráulicas, revisar la manguera que no tenga signos de desgaste, fugas o agrietamientos, en caso de hallarlos remplazar el tramo.
	2. Inspección de filtros hidráulicos, revisar el estado de estos, realizar limpieza y caso de que se presente una oxidación excesiva realizar cambio.
	3. Verificación de sellos, con el equipo en funcionamiento realizar inspección visual externa para observar si algún sello o empaque se encuentre roto y deje filtrar el agua.
	4. Inspeccionar entrada de agua, y en caso de que se encuentre mucho sedimento realizar limpieza
	5. Inspeccionar salida de agua de la bomba, en caso de que se encuentre mucho sedimento realizar limpieza.
Observaciones	Firma.


## Apéndice N

### Mantenimiento mensual Bomba neumática.

Mantenimiento mensual.	
Mantenimiento a cargo de:	Operario
Actividad	Procedimiento
Inspección, limpieza y ajuste de sistema de aire comprimido.	1. Retira los filtros de aire y límpialos con aire comprimido para eliminar el polvo y los residuos acumulados. Si los filtros están demasiado sucios o dañados, reemplázalos de inmediato.
	2. Verifica que el regulador de presión de aire esté funcionando correctamente y ajustado a la presión recomendada por el fabricante. Un regulador defectuoso o mal calibrado puede causar un rendimiento ineficiente o daño a la bomba.
	3. Limpieza del escape y verificación de que no haya obstrucciones que puedan causar contrapresión en la bomba. Asegurar que el aire esté siendo expulsado libremente y sin resistencia.
	4. Se debe purgar todas las líneas de aire comprimido saliendo desde el compresor, los acumuladores y las líneas después de los acumuladores, ya que estas suelen acumular agua por condensación.,
	5. Apertura, revisión y limpieza de diafragmas y compartimiento de aire comprimido, en caso de que el diafragma se encuentre roto, realizar el cambio inmediatamente.
Inspección de sistema hidráulico.	1. Desmonta y limpia el depósito hidráulico para asegurarte de que no haya acumulación de sedimentos o contaminantes. Asegúrate de que el depósito esté en buen estado, sin grietas ni corrosión.
	2. Desarme, Inspección y limpieza de las válvulas hidráulicas para asegurar que no estén obstruidas por residuos o partículas. Verifica el funcionamiento adecuado de las válvulas, asegurándote de que abren y cierran correctamente sin pérdidas de presión.
	3. Limpieza de sistema hidráulico, tuberías y partes móviles, si alguna pieza presenta alguna fisura alertar al área de almacén, de estar en stock realizar cambio inmediatamente.
	4. Lubricación de orings con el lubricante especial que viene de fábrica, en caso de que algún oring se encuentre en mal estado informar al área de almacén y realizar cambio.
	5. Ajuste todos los tornillos según la secuencia de torque que indica el manual, ajustar todos los tornillos, encender y comprobar fugas.
Observaciones	Firma.

## Apéndice O

### Mantenimiento diario HR 5212C.

Integración Minera/ Calimineros		
Plan de mantenimiento		
Roto Martillo Makita HR5112C		
<b>Mantenimiento diario.</b>		
Mantenimiento a cargo de:		Operario
Actividad	Procedimiento	
Inspección Visual General	1. Revisar el estado general del taladro, asegurándose de que no haya daños visibles o piezas sueltas.	
	2. Ajustar cualquier tornillo o componente suelto y revisar que no haya grietas o daños en la carcasa.	
Verificación del Cable de Alimentación y Conectores	1. Inspeccionar el cable de alimentación en busca de cortes, desgastes, o daños, y asegurarse de que los conectores estén en buen estado.	
	2. Reemplazar o reparar cualquier cable o conector que esté dañado para evitar riesgos eléctricos.	
Comprobación de los Mandriles y Brocas	1. Verificar que las brocas estén firmemente sujetas en el mandril y que no presenten signos de desgaste excesivo.	
	2. Ajustar o reemplazar las brocas si es necesario y asegurarse de que el mandril funcione correctamente.	
Prueba de Funcionamiento Sin Carga	1. Dejar el taladro funcionar durante unos minutos sin carga, especialmente en condiciones frías o después de un largo periodo de inactividad, para que la lubricación interna se distribuya adecuadamente.	
	2. Encender el taladro y permitir que funcione sin carga, escuchando ruidos inusuales y asegurándose de que la lubricación es efectiva.	
Limpieza Externa	1. Limpiar la carcasa del taladro para eliminar polvo, suciedad y residuos de la operación.	
	2. Utilizar un paño seco o ligeramente humedecido, evitando el uso de agua directa o productos químicos fuertes.	
Observaciones		Firma.




## Apéndice Q

### Mantenimiento mensual / trimestral HR5212C.

Mantenimiento mensual / trimestral (según uso)	
Mantenimiento a cargo de:	Operario calificado / contratista
Actividad	Procedimiento
Revisión Completa del Sistema de Engranajes ( Según uso)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Desmontar y revisar el sistema de engranajes para asegurarse de que esté en buen estado y debidamente lubricado.</li> <li>2. Aplicar grasa de alta calidad a los engranajes según las especificaciones del fabricante y reemplazar cualquier engranaje que muestre signos de desgaste.</li> </ol>
Reemplazo de la Grasa Interna (mensual)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Realizar el reemplazo de la grasa interna del taladro según lo recomendado para asegurar la durabilidad del equipo.</li> <li>2. Desmontar la carcasa según las instrucciones del manual, limpiar la grasa vieja y reemplazarla con grasa Makita genuina, asegurándose de no exceder la cantidad especificada (60g para el HR5212C).</li> </ol>
Revisión Completa del Sistema de Engranajes ( según uso)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Desmontar y revisar el sistema de engranajes para asegurarse de que esté en buen estado y debidamente lubricado.</li> <li>2. Aplicar grasa de alta calidad a los engranajes según las especificaciones del fabricante y reemplazar cualquier engranaje que muestre signos de desgaste.</li> </ol>
Inspección y Ajuste de las Escobillas de Carbón (trimestral)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Realizar una inspección detallada de las escobillas de carbón y asegurarse de que estén bien asentadas.</li> <li>2. Reemplazar las escobillas si es necesario y ajustar para asegurar un contacto óptimo.</li> </ol>
Verificación del Interruptor y los Controles Electrónicos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Probar el interruptor de encendido/apagado, los controles de velocidad y otras funciones electrónicas del taladro.</li> <li>2. Reemplazar o ajustar cualquier componente que no funcione correctamente.</li> </ol>
Observaciones	Firma.


Apéndice R

AMEF de perforadora YT – 28

 <b>CALIMINEROS</b>																		
<b>FORMATO DE ANALISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA (A.M.E.F)</b>																		
<b>PERFORADORA YT-28</b>																		
EQUIPO:		IM0014-IM0015			Proveedor:		Dyceq			Fecha de creación:		01/07/24						
PLACA:		Casa de coexistencia			Área encargada:		Operario calificado			Fecha de actualización:								
UBICACIÓN:		El equipo se encuentra sin utilizar por el momento			Encargado:		Almacen			Versión:		1						
OBSERVACIONES:																		
SISTEMA	COMPONENTE	FALLO N°	MODOS DE FALLO	FALLOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL					ACCIÓN CORRECTIVA	RESPONSABLE	SITUACIÓN DE MEJORA				
				EFECTOS	CAUSAS DEL MODO DE FALLA	CONTROLES PREVIOS	F	G	D	IPR	ACCIONES IMPLANTADAS			F	G	D	IPR	
Sistema de aire comprimido	Manguera de aire comprimido	1	Falta de presión de aire	Perdida de fuerza en perforadora y pierna expansiva	Desconexión de manguera de aire comprimido	Ninguno	3	2	3	16	Revisión y conexión de acople de manguera de aire.	Operario					0	
		2	Desconexión Accidental	Interrupción del suministro de aire, paradas inesperadas, posibles riesgos de seguridad para los operarios.	Acoples en mal estado o sueltos	Ninguno	4	5	5	100	Se debe verificar la conexión del acople y en dado caso realizar un cambio.	Operario calificado / Almacen					0	
		3	Fugas de Aire	Reducción en la presión del sistema, disminución en la eficiencia de los componentes neumáticos, mayor consumo de energía.	Desgaste natural del material, abrasión debido al roce constante con superficies duras, envejecimiento del material.	Ninguno	4	6	6	192	Reemplazo preventivo de mangueras viejas o dañadas, uso de protectores en áreas de alta abrasión.	Operario calificado / Almacen					0	
		4	Obstrucción Interna	Pérdida de eficiencia del sistema neumático, posible fallo en la operación de los cilindros y válvulas, sobrecarga del compresor.	Contaminación del aire con partículas, residuos acumulados dentro de la manguera, pliegues o dobleces que restringen el flujo.	Ninguno	4	7	6	166	Implementar un programa de limpieza regular para el sistema de aire, utilizar filtros más finos si es necesario, evitar la instalación en áreas con riesgo de aplastamiento.	Operario calificado / Almacen					0	
	Cilindro de Aire y piston	1	Fugas de Aire	Pérdida de presión que afecta la potencia de perforación, reducción en la eficiencia operativa.	Desgaste de sellos, juntas dañadas, o componentes mal instalados	Ninguno	5	6	4	120	Reemplazo regular de sellos y juntas, mejor control de calidad del aire comprimido.	Operario calificado / Almacen / Contratista					0	
		2	Obstrucción Interna	Movimiento errático o fallido del mecanismo de perforación, posibles daños en el sistema debido a sobrecarga.	Acumulación de partículas, corrosión interna, o daño en los componentes móviles.	Ninguno	4	6	6	192	Implementar un programa de limpieza regular, instalación de filtros adicionales si es necesario.	Operario calificado / Contratista					0	
		3	Daño en el Pistón o Cuerpo del Cilindro	Pérdida completa de funcionalidad del cilindro, necesidad de reparación mayor o reemplazo del cilindro.	Exceso de carga en la operación, uso de materiales de baja calidad, golpes o vibraciones excesivas.	Ninguno	3	9	5	135	Utilizar materiales de alta resistencia, evitar operaciones fuera de los límites de diseño.	Operario calificado / Contratista					0	
		4	Fallo en el Retorno del Pistón	Inhabilitación del ciclo de perforación, lo que puede llevar a paradas inesperadas de la máquina.	Desgaste mecánico, problemas en la alineación del pistón.	Ninguno	4	7	5	140	Inspección y monitoreo continuo de la operación del cilindro.	Operario calificado					0	
Manguera	1	Obstrucción en las Línea	Aumento de la fricción, posible daño a los componentes por falta de lubricación, sobrecalentamiento.	Contaminación, falta de mantenimiento, fallo en los filtros.	Ninguno	5	7	5	175	Parada de la lubricación, riesgo de daño severo a los componentes por sobrecalentamiento o desgaste.	Operario					0		
	2	Fugas en las Líneas o Conexiones	Pérdida de lubricante, reducción en la eficiencia, riesgo de daños a los componentes.	Desgaste natural, conexiones incorrectas, daños físicos.	Ninguno	4	6	3	72	Verificar y ajustar las conexiones regularmente, y reemplazar las líneas desgastadas.	Operario					0		


Apéndice S

AMEF de perforadora YT – 28.

	CALIMINEROS																
	FORMATO DE ANALISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA (A.M.E.F)																
EQUIPO:	PERFORADORA YT-28																
PLACA:	IM0014-IM0015			Proveedor:		Dyceq					Fecha de creación:		01/07/24				
UBICACIÓN:	Casa de coexistencia			Área encargada:		Operario calificado					Fecha de actualización:						
OBSERVACIONES:	El equipo se encuentra sin utilizar por el momento			Encargado:		Almacen					Versión:		1				
SISTEMA	COMPONENTE	FALLO N°	FALLOS POTENCIALES		CAUSAS DEL MODO DE FALLA	CONTROLES PREVIOS	ESTADO ACTUAL				ACCIÓN CORRECTIVA	RESPONSABLE	SITUACIÓN DE MEJORA				
			MODOS DE FALLO	EFECTOS			F	G	D	IPR			ACCIONES IMPLANTADAS	F	G	D	IPR
Sistema Hidraulico	Mezclador de aceite hidraulico	3	Fallo en la Bomba	Parada de la lubricación, riesgo de daño severo a los componentes por sobrecalentamiento o desgaste.	Sobrecarga, falta de mantenimiento, desgaste de componentes internos.	Ninguno	3	8	6	144	Realizar inspecciones periódicas y mantenimiento preventivo de la bomba.	Operario calificado/ Contratista				0	
		1	Fallo en la Mezcla de Aceite y Aire	Lubricación inadecuada de los componentes, lo que puede llevar a un desgaste acelerado, sobrecalentamiento, y fallos prematuros en las partes neumáticas.	Acumulación de contaminantes, selección incorrecta del tipo de aceite, desgaste de los componentes internos del mezclador.	Ninguno	5	8	6	240	asegurarse de usar el aceite correcto (L-AN-46), y verificar regularmente la integridad del sistema.	Operario calificado/ Contratista				0	
		2	Fugas de Aceite en el Mezclador	Pérdida de aceite que reduce la lubricación, riesgo de daños en los componentes y posible contaminación del entorno de trabajo.	Sellos defectuosos, daño físico al mezclador, desgaste natural de las juntas.	Ninguno	4	7	5	140	Inspección y reemplazo regular de sellos y juntas, uso de conectores y componentes de alta calidad.	Operario calificado/ Contratista				0	
		3	Bloqueo en la Línea de Aceite	Falta de suministro de aceite al mezclador, lo que puede causar una lubricación insuficiente o nula, provocando fallos en el sistema neumático.	Contaminación, residuos acumulados en la línea, aceite inadecuado para las condiciones de operación.	Ninguno	4	8	6	192	monitorear la viscosidad y el estado del aceite	Operario calificado/ Contratista				0	
	Aguja	1	Tubo de Barrido de Agua Demasiado Corto	Proliferación de polvo en la zona de perforación, riesgo de daños internos al martillo debido a la entrada de agua, desgaste acelerado del martillo por lubricación inadecuada.	Errores en la selección del tamaño del tubo, desgaste natural, daño físico que acorta el tubo.	Ninguno	3	9	5	135	Establecer un protocolo para verificar la longitud mínima del tubo antes de cada operación (40 cm), usar tubos que cumplan con los estándares especificados.	Operario calificado/ Contratista				0	
		2	Obstrucción en el Tubo de Barrido	Flujo de agua reducido o nulo, lo que resulta en una inadecuada eliminación de polvo y posibles daños al equipo.	Falta de limpieza, agua con alta carga de sedimentos, falta de filtros adecuados.	Ninguno	6	8	6	288	Implementar un programa de limpieza y mantenimiento regular del tubo, asegurarse de que el agua utilizada esté filtrada adecuadamente.	Operario calificado/ Contratista				0	
		3	Fugas en el Tubo de Barrido	Reducción en la cantidad de agua que llega a la barrena, disminución en la efectividad del barrido, incremento en el desgaste del martillo.	Grietas por desgaste, conexiones mal instaladas, uso de materiales inadecuados.	Ninguno	4	7	4	112	Inspección y mantenimiento regular de las conexiones y del tubo, reemplazo de tubos y juntas que presenten desgaste.	Operario calificado/ Contratista				0	


Apéndice T

AMEF de Bomba neumática 66250-XXX-C.

 <b>CALIMINEROS</b>																					
<b>FORMATO DE ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA (A.M.E.F)</b>																					
<b>BOMBA NEUMÁTICA 66250-XXX-C</b>																					
EQUIPO:		Por aplicar			Proveedor:					DYCEQ TECNOLOGÍA					Fecha de creación:		1/5/24				
PLACA:		Casa de coexistencia			Área encargada:					Almacén					Fecha de actualización:						
UBICACIÓN:		Equipo nuevo			Encargado(a):					Gloria Vera					Versión:		1				
OBSERVACIONES:		FALLOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL					ACCIÓN CORRECTIVA					RESPONSABLE		SITUACIÓN DE MEJORA				
SISTEMA	COMPONENTE	FALLO N°	MODOS DE FALLO	EFECTOS	CAUSAS DEL MODO DE FALLA	CONTROLES PREVIOS	F	G	D	IPR	ACCIÓN CORRECTIVA	RESPONSABLE	ACCIONES IMPLANTADAS	F	G	D	IPR				
Sistema de aire comprimido	Manguera	1	Desconexión o fuga en las conexiones	Pérdida de aire comprimido, reducción de presión, para de la bomba.	Conexiones sueltas, vibraciones excesivas, instalación incorrecta	Ninguno ya que el equipo es nuevo	4	2	3	24	Verificar y ajustar las conexiones, reemplazar las conexiones desgastadas, asegurar la manguera con abrazaderas o soportes.	Operario						0			
		2	Obstrucción o bloqueo en la manguera	reducción de flujo de aire, aumento de presión a la salida del compresor.	Contaminación por partículas o líquidos, instalación incorrecta, flexión o torsión excesiva.	Ninguno ya que el equipo es nuevo	3	5	5	75	Limpiar o reemplazar la manguera, inspeccionar y limpiar las conexiones, verificar la instalación y ajustar según sea necesario.	Operario						0			
		3	Deterioro o desgaste en la manguera	reducción de flujo de aire, aumento de presión a la salida del compresor.	Exposición a químicos o temperaturas extremas, falta de mantenimiento	Ninguno ya que el equipo es nuevo	7	3	2	42	Reemplazar la manguera, inspeccionar y limpiar la zona de conexión, verificar la instalación y ajustar según sea necesario.	Operario						0			
		4	Rotura o agrietamiento de la manguera	Pérdida de aire comprimido, reducción de presión, para de la bomba.	Desgaste por uso, flexión o torsión excesiva.	Ninguno ya que el equipo es nuevo	6	5	3	90	Reemplazar la manguera, inspeccionar y limpiar la zona de conexión, verificar la instalación y ajustar según sea necesario.	Operario						0			
	Válvula de entrada y salida de aire	1	Atasco o obstrucción en la válvula	reducción de flujo de aire, aumento de presión, sobrecalentamiento de la bomba	Contaminación por partículas o líquidos, desgaste de los sellos o asientos, ajuste incorrecto, instalación incorrecta.	Ninguno ya que el equipo es nuevo	3	7	7	147	Limpiar o reemplazar la válvula, inspeccionar y limpiar las conexiones, verificar el ajuste y la instalación.	Contratista de mantenimiento						0			
		2	Fuga en la válvula o sus conexiones	pérdida de aire comprimido, reducción de presión, parada de la bomba	Desgaste de los sellos o asientos, ajuste incorrecto, instalación incorrecta,	Ninguno ya que el equipo es nuevo	3	8	5	120	Reemplazar los sellos o asientos desgastados, ajustar la válvula correctamente, verificar la instalación y las conexiones.	Contratista de mantenimiento						0			
		3	Falla en la apertura o cierre de la válvula	parada de la bomba, pérdida de control del flujo de aire	Desgaste de los componentes internos, ajuste incorrecto, instalación incorrecta.	Ninguno ya que el equipo es nuevo	3	9	3	81	Reemplazar los componentes internos desgastados, ajustar la válvula correctamente, verificar la instalación y las conexiones.	Contratista de mantenimiento						0			
		4	Deterioro o desgaste de los sellos o asientos de la válvula	fuga, reducción de la eficiencia, aumento del riesgo de falla	Exposición a químicos o temperaturas extremas, desgaste por uso, instalación incorrecta.	Ninguno ya que el equipo es nuevo	4	7	4	112	Reemplazar la válvula, verificar la instalación y las conexiones.	Contratista de mantenimiento						0			

Apéndice U

AMEF de Bomba neumática 66250-XXX-C.

 <span style="float: right; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">CALIMINEROS</span>																	
FORMATO DE ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA (A.M.E.F)																	
BOMBA NEUMÁTICA 66250-XXX-C																	
EQUIPO:		Por aplicar			Proveedor:		DYCEQ TECNOLOGÍA					Fecha de creación:		1/8/24			
UBICACIÓN:		Casa de coexistencia			Área encargada:		Almacén					Fecha de actualización:					
OBSERVACIONES:		Equipo nuevo			Encargado(a):		Gloria Vera					Versión:		1			
SISTEMA	COMPONENTE	FALLO N°	FALLOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL					ACCIÓN CORRECTIVA	RESPONSABLE	SITUACIÓN DE MEJORA				
			MODOS DE FALLO	EFFECTOS	CAUSAS DEL MODO DE FALLA	CONTROLES PREVIOS	F	G	D	IPR			ACCIONES IMPLANTADAS	F	G	D	IPR
Sistema hidráulico	Diafragma	1	Ruptura o Pérdida de Integridad.	Fuga de fluido, pérdida de presión, posible contaminación del aire comprimido o gas.	Desgaste por uso prolongado, exposición a productos químicos agresivos, alta presión o temperatura.	Ninguno ya que el equipo es nuevo	6	10	3	180	Implementar sistemas para detectar cambios en la presión o fugas que puedan indicar un fallo inminente del diafragma.	Contratista de mantenimiento / Operario calificado					0
		2	Desgaste por Fatiga	Reducción en la eficiencia de bombeo, posibles pequeñas fugas.	Ciclos repetidos de expansión y contracción, materiales inadecuados para las condiciones de operación.	Ninguno ya que el equipo es nuevo	8	7	5	280	Programar reemplazos del diafragma según las horas de operación recomendadas por el fabricante	Contratista de mantenimiento / Operario calificado					0
		3	Deformación	Desajuste en la operación de la bomba, presión de salida inconsistente.	Exposición a temperaturas extremas, materiales inapropiados.	Ninguno ya que el equipo es nuevo	5	6	4	120	Revisar visualmente el estado del diafragma durante las inspecciones de mantenimiento programadas.	Contratista de mantenimiento / Operario calificado					0
	Válvula interna	1	Fuga en la Válvula Antirretorno	Pérdida de presión y flujo inverso, reducción en eficiencia.	Desgaste de los sellos, acumulación de contaminantes.	Ninguno ya que el equipo es nuevo	5	8	6	240	Inspección y reemplazo regular de sellos y componentes.	Contratista de mantenimiento / Operario calificado					0
		2	Bloqueo de la Válvula	La válvula no se cierra, permitiendo el flujo inverso del fluido.	Contaminación en el fluido, daño mecánico, obstrucción por partículas.	Ninguno ya que el equipo es nuevo	4	7	5	140	Uso de filtros adecuados, inspección y limpieza periódica.	Contratista de mantenimiento / Operario calificado					0
		3	Daño en los Componentes de la Válvula	La válvula puede fallar al abrir o cerrar correctamente.	Fatiga del material, corrosión, exceso de presión.	Ninguno ya que el equipo es nuevo	3	9	4	108	Selección de materiales resistentes, inspección regular.	Contratista de mantenimiento / Operario calificado					0

Apéndice V

AMEF de Makita HR 5212 C.

CALIMINEROS																
FORMATO DE ANALISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA (A.M.E.F)																
EQUIPO:		No cuenta					Proveedor:					Prago Investments				
PLACA:		Casa de coexistencia					Área encargada:					Encargado de mantenimiento				
UBICACIÓN:		El equipo se encuentra sin utilizar por el momento					Encargado:					Almacen / Operario calificado				
OBSERVACIONES:		Versión: 1														
SISTEMA	COMPONENTE	FALLO N°	FALLOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL				ACCIÓN CORRECTIVA	RESPONSABLE	SITUACIÓN DE MEJORA				
			MODOS DE FALLO	EFECTOS	CAUSAS DEL MODO DE FALLA	CONTROLES PREVIOS	F	G	D			IPR	ACCIONES IMPLANTADAS	F	G	D
Sistema de Transmisión Mecánica	Engranaje Principal	1	Desgaste de Dientes del Engranaje	Pérdida de eficiencia en la transmisión de potencia, reducción en la velocidad de perforación y en la fuerza de impacto.	Lubricación insuficiente, contaminación del sistema con partículas abrasivas, operación continua bajo alta carga.	Ninguno	5	7	4	140	Realizar inspecciones visuales frecuentes y mantener un régimen de lubricación adecuado.	Operario calificado / Contratista				0
		2	Ruptura de Dientes del Engranaje	Fallo total del sistema de transmisión, lo que lleva a la parada del taladro.	Sobrecarga frecuente, impactos excesivos, material de baja calidad.	Ninguno	3	8	8	192	Implementar un monitoreo más riguroso de las condiciones de operación y reemplazar engranajes antes de que alcancen el punto de ruptura.	Operario calificado / Contratista				0
		3	Desalineación del Engranaje	Vibraciones excesivas, desgaste acelerado de otros componentes, ruido elevado durante la operación.	Fallo en los cojinetes, instalación incorrecta, deformación de componentes por uso excesivo.	Ninguno	4	9	5	180	Inspeccionar y ajustar regularmente la alineación, y mantener los cojinetes en buen estado.	Operario calificado / Contratista				0
		4	Corrosión	Debilitamiento del engranaje, riesgo de fallo catastrófico bajo carga.	Exposición prolongada a ambientes húmedos, lubricación inadecuada, falta de uso regular.	Ninguno	4	6	5	120	Usar lubricantes anticorrosivos y garantizar un almacenamiento adecuado del taladro.	Operario calificado / Contratista				0
	Cojinete de Soporte	1	Desgaste del Cojinete	Aumento de vibraciones y ruido durante la operación, desgaste acelerado del eje y otros componentes, posible desalineación.	Lubricación insuficiente, contaminación con partículas abrasivas, operación continua bajo alta carga.	Ninguno	5	7	4	140	Implementar un régimen de lubricación adecuado y realizar inspecciones visuales.	Operario calificado / Contratista				0
		2	Fallo del Cojinete (Bloqueo o Rotura)	Parada súbita del taladro, riesgo de daño catastrófico al sistema de transmisión.	Sobrecarga, impactos repetidos, fatiga del material, falta de lubricación.	Ninguno	3	8	8	192	Monitorear más rigurosamente las condiciones de operación y reemplazar los cojinetes antes de que alcancen el punto de fallo.	Operario calificado / Contratista				0
		3	Desalineación del Cojinete	Aumento de la fricción, vibraciones excesivas, fallo prematuro del cojinete y del eje.	Instalación incorrecta, deformación del soporte, impactos mecánicos.	Ninguno	4	9	5	180	Inspeccionar y ajustar regularmente la alineación del eje y del cojinete, mantener los soportes en buen estado.	Operario calificado / Contratista				0
		4	Corrosión Interna	Dificultad en la rotación, aumento de la fricción, desgaste acelerado y riesgo de fallo total del cojinete.	Exposición a humedad, falta de mantenimiento, uso de lubricantes inadecuados o contaminados.	Ninguno	4	6	5	120	Usar lubricantes anticorrosivos y garantizar un almacenamiento adecuado del taladro.	Operario calificado / Contratista				0

Apéndice W

AMEF de Makita HR 5212 C.

CALIMINEROS																	
FORMATO DE ANALISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA (A.M.E.F)																	
EQUIPO:		MAKITA HR 5212 C															
PLACA:		No cuenta			Proveedor:		Prago Investments					Fecha de creación:					
UBICACIÓN:		Casa de coexistencia			Área encargada:		Encargado de mantenimiento					Fecha de actualización:					
OBSERVACIONES:		El equipo se encuentra sin utilizar por el momento			Encargado:		Almacen / Operario calificado					Versión: 1					
SISTEMA	COMPONENTE	FALLO N°	FALLOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL					ACCIÓN CORRECTIVA	RESPONSABLE	SITUACIÓN DE MEJORA				
			MODOS DE FALLO	EFECTOS	CAUSAS DEL MODO DE FALLA	CONTROLES PREVIOS	F	G	D	IPR			ACCIONES IMPLANTADAS	F	G	D	IPR
Sistema Eléctrico	Escobillas de Carbón	1	Desgaste Excesivo de las Escobillas	Pérdida total de contacto eléctrico, lo que resulta en la parada del motor y del taladro.	Operación prolongada bajo alta carga, fricción constante, falta de mantenimiento regular.	Mantenimiento por garantía	6	8	4	192	Implementar un programa de reemplazo regular de escobillas basado en las horas de uso y el desgaste observado.	Operario calificado / Contratista	3	7	4	84	
		2	Fallo en el Contacto de las Escobillas	Chisporroteo, sobrecalentamiento del motor, reducción en la vida útil del conmutador / colector.	Contaminación, resorte debilitado o mal ajustado, desgaste desigual.	Ninguno	4	7	5	140	Ajustar los resortes regularmente, limpiar el conmutador y las escobillas para asegurar un buen contacto.	Operario calificado / Contratista				0	
		3	Fragmentación o Ruptura de las Escobillas	Daño al conmutador, fallo eléctrico total, riesgo de cortocircuito.	Material defectuoso, impactos, calor excesivo generado por una alta resistencia de contacto.	Ninguno	3	9	6	162	Usar escobillas de alta calidad, evitar impactos durante la operación y el mantenimiento, monitorear la temperatura del motor.	Operario calificado / Contratista				0	
	Rotor	1	Sobrecalentamiento del Embobinado del Rotor.	Degradación del aislamiento, pérdida de eficiencia, eventual fallo total del motor.	Sobrecarga, falta de ventilación adecuada, operación prolongada bajo alta carga.	Ninguno	5	9	6	270	Mejorar la ventilación del motor, implementar monitoreo continuo de temperatura, asegurar descansos regulares durante el uso intensivo.	Operario calificado / Contratista				0	
		2	Cortocircuito en el Embobinado del Rotor	Fallo inmediato del motor, posible daño al estator, alto riesgo de cortocircuito.	Daño o desgaste del aislamiento, acumulación de calor, exposición a contaminantes.	Ninguno	4	10	7	280	Realizar pruebas regulares de resistencia y aislamiento, mantener el rotor limpio y seco, evitar condiciones de sobrecarga.	Operario calificado / Contratista				0	
		3	Desequilibrio en el Rotor	Vibraciones excesivas, desgaste acelerado de otros componentes, posible daño a los cojinetes y al estator.	Desgaste mecánico, acumulación de residuos, impactos durante la operación.	Ninguno	4	8	5	160	Implementar un programa de balanceo regular, inspeccionar y mantener los cojinetes, limpiar el rotor para evitar acumulaciones.	Operario calificado / Contratista				0	
		4	Desgaste del Aislamiento del Embobinado	Aumento de la probabilidad de cortocircuito, fallos intermitentes, sobrecalentamiento.	Vibraciones, fricción constante, exposición a temperaturas extremas.	Ninguno	4	7	5	140	Reforzar el mantenimiento preventivo y el monitoreo del estado del aislamiento, realizar reemplazos proactivos del aislamiento si se detectan signos de desgaste.	Operario calificado / Contratista				0	

## Apéndice X

### AMEF de Makita HR 5212 C.

CALIMINEROS		FORMATO DE ANALISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA (A.M.E.F)															
EQUIPO:		MAKITA HR 5212 C															
PLACA:		No cuenta				Proveedor:		Prago investments				Fecha de creación:					
UBICACIÓN:		Casa de coexistencia				Área encargada:		Encargado de mantenimiento				Fecha de actualización:					
OBSERVACIONES:		El equipo se encuentra sin utilizar por el momento				Encargado:		Almacén / Operario calificado				Versión:		1			
SISTEMA	COMPONENTE	FALLO N°	FALLOS POTENCIALES			ESTADO ACTUAL					ACCIÓN CORRECTIVA	RESPONSABLE	SITUACIÓN DE MEJORA				
			MODOS DE FALLO	EFECTOS	CAUSAS DEL MODO DE FALLA	CONTROLES PREVIOS	F	G	D	IPR			ACCIONES IMPLANTADAS	F	G	D	IPR
Estator	1	Sobrecalentamiento del Embobinado del Estator	Degradación del aislamiento, pérdida de eficiencia, eventual fallo del motor, posible "quemado" del embobinado.	Sobrecarga prolongada, ventilación insuficiente, acumulación de calor por operación continua.	Ninguno	5	9	5	225	Mejorar la ventilación, implementar un sistema de monitoreo de temperatura, y asegurar descansos adecuados durante operaciones prolongadas.	Operario calificado / Contratista				0		
	2	Cortocircuito en el Embobinado del Estator	Fallo inmediato del motor, daño irreversible al estator y potencialmente a otros componentes del sistema eléctrico.	Deterioro del aislamiento por sobrecalentamiento, contaminación, exposición a alta humedad o partículas metálicas.	Ninguno	4	10	6	240	Realizar inspecciones regulares del aislamiento, mantener el motor limpio y seco, y utilizar pruebas eléctricas periódicas para detectar problemas tempranos.	Operario calificado / Contratista				0		
	3	Desgaste del Aislamiento del Embobinado	Aumento del riesgo de cortocircuito, fallos intermitentes, sobrecalentamiento del motor.	Vibraciones constantes, envejecimiento natural del aislamiento, exposición a temperaturas extremas.	Ninguno	4	8	5	160	Reforzar el mantenimiento preventivo y monitoreo del estado del aislamiento, reemplazar el aislamiento cuando se detecten signos de desgaste.	Operario calificado / Contratista				0		
	4	Corrosión del Embobinado	Reducción en la resistencia eléctrica, aumento de la probabilidad de fallos eléctricos, operación ineficiente.	Presencia de humedad, falta de mantenimiento preventivo, almacenamiento en ambientes no controlados.	Ninguno	3	7	4	84	Almacenar el taladro en ambientes controlados, aplicar revestimientos protectores, y realizar mantenimientos regulares para prevenir la corrosión.	Operario calificado / Contratista				0		

## Apéndice Y

### Índices de frecuencia y detectabilidad.

Frecuencia	Criterio	Valor
Muy baja	No se han presentado casos anteriores o relacionados, pero cabe la posibilidad.	1
Baja	Se han presentado casos en maquinas similares, se puede preveer que suceda en la vida útil de la maquina, aunque puede que no suceda.	2-3
Moderada	Falla que se presenta ocasionalmente en máquinas similares, puede que suceda algunas veces en la vida de la máquina.	4-6
Alta	El fallo se ha presentado en el mismo tipo de máquina y puede suceder varias veces en la vida útil de la máquina.	7-8
Muy alta	Fallo muy altamente probable en este tipo de máquinas, el fallo se genera frecuentemente.	9-10
Detectabilidad	Criterio	Valor
Muy alta	La falla es evidente, con chequeos rutinarios es notable la falla.	1
Alta	La falla puede ser evidente y detectable, más sin embargo por omisiones de chequeos o por omisión humana no se detecta en primera instancia, pero con seguridad es detectable.	2-3
Mediana	La falla es detectable, con revisión rutinaria y chequeos, se puede encontrar la falla.	4-6
Pequeña	La falla no es detectable con los chequeos y revisiones establecidas hasta el momento.	7-8
Baja	La falla no es detectable, sólo a través de mantenimientos predictivos.	9-10



## Apéndice AA

### *Acta de validación de formatos.*

**Lugar:** California , Santander.

**Fecha:** 30 de ago. de 24

**Responsable:** Juan David Arias Lizcano

#### **Documentos Presentados y Verificados:**

1. **Se realiza la creación de formatos, necesarios para el correcto mantenimiento de los equipos.**
2. **Se ejecutan sobre los siguientes equipos:**
  - Bomba de avance neumática 66250 XXX-C
  - Makita HR 5212C
  - Perforadora YT-28
3. **Descripción de documentos:**
  - **AMEF (Análisis de Modo y Efecto de Fallos):**  
Descripción: Documento que detalla el análisis de los posibles modos de fallo de los equipos y sus efectos, proporcionando medidas preventivas para reducir la probabilidad de ocurrencia.
  - **Hoja de Vida del Equipo:**  
Descripción: Documento que contiene la información técnica y de proveedor de cada equipo, incluyendo especificaciones, historial de mantenimiento, y contactos del proveedor.
  - **Plan de Mantenimiento:**  
Descripción: Documento que establece el cronograma de mantenimiento del equipo, dividido en tres niveles de frecuencia: diario, semanal, y mensual. Para los mantenimientos especializados, se establece la necesidad de contratar servicios externos de contratistas.
  - **Lista de Chequeo de Equipos:**  
Descripción: Documento que proporciona una lista detallada de verificación para el mantenimiento y revisión rutinaria de los equipos, asegurando que se cumplan todos los pasos necesarios para su correcto funcionamiento.

## Apéndice BB

### Acta de validación de formatos.

#### 4. Motivo de la Elección de los Equipos:

La elección de estos equipos se basó en su frecuente uso por parte de los operarios, así como en la relativa facilidad de su mantenimiento. Se considera que la implementación de estos documentos mejorará significativamente la eficiencia y seguridad en su operación.

#### 5. Proceso de Validación:

Los documentos fueron enviados por correo electrónico a los responsables correspondientes para su verificación. Se solicitó la revisión detallada de cada uno de ellos, asegurando que cumplan con los estándares de la empresa y las mejores prácticas de la industria.

#### Conclusión:

Después de la verificación, se concluye que los documentos presentados son válidos y cumplen con los requisitos establecidos para su implementación. Los documentos serán incorporados en el sistema de gestión de mantenimiento de la empresa y se utilizarán como guías en las actividades operativas.

#### Firma de Aprobación:

DocuSigned by:  
  
 2FBFE953DB05451...  
**HAMEL ROY BELLO ROCHA**  
 C.C. 11.321.579  
 Supervisor de practica  
 Coordinador Integración Minera

Firmado por:  
  
 73B4937381F244F...  
**WANDHERLEY TORRES PARADA**  
 C.C. 88.249.782  
 Ingeniero de minas - Calimineros

DocuSigned by:  
  
 BD5BF6AE8F6419...  
**JUAN DAVID ARIAS LIZCANO**  
 C.C. 1005238667  
 Practicante de Ingeniería mecánica