

2021

RESTAURACION DE EQUIPOS MINEROS UTILIZADOS EN MINERIA A BAJA ESCALA

PARRA BUSTAMANTE, MARIO ANTONIO LI

<https://hdl.handle.net/11673/50712>

Repositorio Digital USM, UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA**

**RESTAURACION DE EQUIPOS MINEROS UTILIZADOS
EN MINERIA A BAJA ESCALA**

Trabajo de Titulación para
optar al Título de Técnico
Universitario en MINERIA Y
METALURGIA

Alumnos:
Mario Antonio Li Parra
Bustamante
Diego Andrés Quezada

Profesor Guía:
Luis Gutiérrez Meneses

DEDICATORIA

A mis padres y familiares

Ustedes han sido siempre el motor que impulsa mis sueños y esperanzas, quienes estuvieron siempre a mi lado en los días y noches más difíciles durante mis años de estudio. Siempre han sido mis mejores guías de vida. Hoy cuando concluyo mis estudios, les dedico a ustedes este logro.

Mario Parra

A la familia y educadores; si bien el mérito de un logro es propio, uno no debe olvidar de donde vino, quien le enseñó todos los valores que te formaron y te hacen quién eres hoy en día.

Diego Quezada

RESUMEN

Keywords: MANTENIMIENTO, RESTAURACIÓN, TRAPICHE

La problemática que nos llevó a realizar este trabajo va de la mano de la disponibilidad operacional de equipos usados en minería a baja escala, los cuales normalmente se encuentran en desuso debido a una mala mantención de estos. También debido a los bajos presupuestos que maneja la minería a baja escala la cual está compuesta por mineros artesanales o pirquineros, no se les aplica un mantenimiento necesario a los equipos por falta de dinero o conocimientos previos, terminando en su abandono. Esto lo sabemos más cercanamente ya que nosotros tenemos a nuestra disposición un equipo minero el cual está abandonado y no funciona debido al nulo mantenimiento, la información de presupuestos la sabemos gracias a un estudio realizado por COCHILCO referido a la minería a baja escala.

Nuestro trabajo se compone de 3 capítulos, "Minería a baja escala", "Fallas y acciones", "Restauración y mantenimiento".

En el capítulo 1 empezamos con la historia de la minería a baja escala, hablamos de los pirquineros y como se relacionan con el trapiche minero agregando su importancia en la minería artesanal. Luego continuamos con la actualidad de la minería para caracterizar la labor de la minería a baja escala hoy en día. Caracterizamos el trapiche minero mediante sus requerimientos técnicos y mecánicos entregando figuras para complementar la información y terminamos nombrando las fallas más comunes que este presenta.

En el capítulo 2 jerarquizamos las fallas previamente descritas mediante matriz de criticidad para generar acciones de mantenimiento y restauración, también mencionamos la disponibilidad inicial que presentaba el trapiche, ya que este dato va de la mano con el mantenimiento de este.

En el capítulo 3 establecemos las acciones de mantenimiento y restauración, indicando como se realizó y como proceder en el caso de las acciones de mantenimiento, terminamos entregando el dato de disponibilidad operacional final el cual aumento.

INDICE

DEDICATORIA

INDICE

INDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1: MINERÍA A BAJA ESCALA

1.1. PIRQUINEROS Y EL TRAPICHE MINERO

1.2 ACTUALIDAD EN LA MINERÍA A BAJA ESCALA EN CHILE

1.3 CARACTERIZAR TRAPICHE MINERO EN LA MINERA A BAJA ESCALA DE ACUERDO CON REQUERIMIENTOS TÉCNICOS Y MECÁNICOS.

1.3.1 Aspectos técnicos del trapiche:

1.4 FALLAS MÁS COMUNES EN EL TRAPICHE.

CAPÍTULO 2: FALLAS Y ACCIONES

2.1 JERARQUIZACIÓN DE FALLAS MEDIANTE MATRIZ DE CRITICIDAD:

2.1.2 Lista de fallas a considerar:

2.1.2 Matriz de criticidad:

2.2 ACCIONES DE RESTAURACIÓN Y MANTENIMIENTO

2.2.1 Acciones de mantenimiento

2.2.2 Acciones de restauración para el trapiche

2.2.3 Disponibilidad operacional antes de restauración

CAPÍTULO 3: ACCIONES DE RESTAURACION Y MANTENIMIENTO

3.1 ESTABLECIMIENTO DE ACCIONES DE RESTAURACIÓN

3.1.1 Análisis del estado del equipo

3.1.2 Limpieza externa

3.1.3 Análisis de componentes

3.1.4 Revisión de ejes y discos

3.1.5 Puesta en marcha

3.2 GUÍA PASO A PASO PARA ACCIONES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

3.3 ACCIONES Y PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

3.3.1 Acciones del mantenimiento del generador

3.3.2 Acciones de mantenimiento del Motor

3.3.3 Disponibilidad Operacional final

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

INDICE DE FIGURAS

[Figura 1-1 Pirquinero chileno, 1980.](#)

[Figura 1-2 Pirquineros junto a la iglesia de Andacollo Circa, 1950](#)

[Figura 1-3 Pirquineros cargando un camión, Circa, 1940.](#)

[Figura 1-4 Trapiche Chileno, tomado en Simonin, Atacama. 1867](#)

[Figura 1-5 Participación en la producción de cobre total de la pequeña minería.](#)

[Figura 1-6 Participación laboral de la pequeña minería.](#)

[Figura 1-7 Producción de oro pequeña minería \(kg\).](#)

[Figura 1-8 Producción de cobre de la pequeña minería por regiones en el 2013.](#)

[Figura 1-9 Trapiche.](#)

[Figura 1-10 Base del trapiche.](#)

[Figura 1-11 Discos del trapiche.](#)

[Figura 1-12 Motor del trapiche.](#)

[Figura 1-13 Especificaciones del motor.](#)

[Figura 1-14 Generador eléctrico a gasolina.](#)

[Figura 1-15 Sulfatación de batería.](#)

[Figura 2-1 Megohmetro](#)

[Figura 2-2 Instrucciones para el aceite](#)

[Figura 2-3 Partes de un motor eléctrico](#)

[Figura 3-1 Trapiche](#)

[Figura 3-2 Limpieza con agua](#)

[Figura 3-3 Limpieza con esponja](#)

[Figura 3-4 Limpieza con escobilla metálica](#)

[Figura 3-5 Generador](#)

[Figura 3-6 Puesta de gasolina](#)

[Figura 3-7 Motor](#)

[Figura 3-8 Discos internos](#)

[Figura 3-9 Cambio de discos](#)

[Figura 3-10 Puesta en marcha](#)

[Figura 3-11 Adaptación para salida de agua](#)

ÍNDICE DE TABLAS

[Tabla 1.1 Definiciones legales de pequeña minería y minería artesanal](#)

[Tabla 1.2 Principales indicadores de la pequeña minería](#)

[Tabla 1.3 Precio de gasolina en la zona de Valparaíso](#)

[Tabla 1.4 Fallas del motor](#)

[Tabla 1.5 Causas de falla del motor](#)

[Tabla 2-1 Fallas a considerar para matriz de criticidad](#)

[Tabla 2-2 Criterio matriz de criticidad](#)

[Tabla 2-3 Matriz de criticidad](#)

[Tabla 2-4 Ejemplo de criterio 1](#)

[Tabla 2-5 Ejemplo de criterio 2](#)

[Tabla 2-6 Ejemplo de criterio 3](#)

[Tabla 2-7 Orden de criterio](#)

[Tabla 2-8 Fallas generador según criticidad](#)

[Tabla 2-9 Fallas del motor según criticidad](#)

[Tabla 3-1 Análisis del trapiche](#)

[Tabla 3-2 Limpieza con agua](#)

[Tabla 3-3 Limpieza con esponja](#)

[Tabla 3-4 Limpieza con escobilla metálica](#)

[Tabla 3-5 Revisión generador](#)

[Tabla 3-6 Puesta de gasolina](#)

[Tabla 3-7 Falla de batería](#)

[Tabla 3-8 Revisión motor](#)

[Tabla 3-9 Puesta en marcha](#)

[Tabla 3-10 Revisión discos](#)

[Tabla 3-11 Cambio de discos](#)

[Tabla 3-12 Revisión eje](#)

[Tabla 3-13 Puesta en marcha total](#)

[Tabla 3-14 Adaptación para salida de agua](#)

[Tabla 3-15 guía paso a paso](#)

[Tabla 3-16 Mantenimiento del generador](#)

[Tabla 3-17 Mantenimiento del motor](#)

[Tabla 3-18 Acciones de mantenimiento del trapiche](#)

[Tabla 3.19 Disponibilidad operacional final](#)

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

MAPE = minería artesanal y de pequeña escala

SERNAGEOMIN = Servicio nacional de geología y minería

COCHILCO = Comisión chilena del cobre

INTRODUCCIÓN

La restauración surge como solución a nuestra problemática debido a que, si bien muchos equipos se encuentran abandonados, al restaurarlos recuperamos su disponibilidad operacional la cual favorece a los pequeños mineros que cuentan con un bajo presupuesto para comprar otro equipo. Los objetivos planteados son:

Objetivo general: Restaurar equipos mineros usados en minería a baja escala mediante mantenimiento aumentando su disponibilidad operacional.

Objetivos específicos:

- 1.- Caracterizar equipos mineros utilizados en minería a baja escala de acuerdo a sus requerimientos técnicos y mecánicos indicando sus fallas más comunes.
- 2.- Jerarquizar las fallas en el trapiche de acuerdo a la matriz de criticidad generando acciones de mantenimiento y restauración
- 3.- Establecer acciones de mantenimiento y procedimientos de restauración de equipos de acuerdo con su funcionalidad indicando protocolos de uso.

CAPÍTULO 1: MINERIA A BAJA ESCALA

1.1. PIRQUINEROS Y EL TRAPICHE MINERO

En Chile la historia de la minería a baja escala en general se remonta al período colonial, donde pequeños grupos de personas explotaban una mina a cargo de un jefe, a los que les llamaban "por hacendados", estas operaciones mineras que se hacían eran pequeñas y muy rudimentarias. Esta acción minera respondía a las demandas económicas de su tiempo, lo que atrajo a otros mineros que trabajaban de forma independiente a crear un "empresariado" minero, activando la economía en su sector aumentando la población y expandiendo la explotación misma.

En este contexto salen los pirquineros, los cuales son trabajadores que no estaban adscritos a faenas normales y trabajaban de forma arcaica, estaban caracterizados por tener un estilo de vida y trabajo precario. Llegando a la década de los 70 los pirquineros se encontraban en la categoría de "trabajadores marginales", esto significa que no tenían seguro social o previsión, ya en 1984 según la ley "D.F.L. N° 19." se incorporaron a la categoría de "pirquineros independientes" por lo que tenían acceso a un seguro social contra accidentes de trabajo y enfermedades mentales.

Los pirquineros al comienzo carecían de tecnologías y por lo general sus prácticas habían generado una construcción negativa alrededor de ellas ya que estaban asociados a malas prácticas. Según Carmagnani, un historiador que ha realizado trabajos acerca de la historia de la minería en el Norte Chico nos afirma que entre los factores existentes para el bajo rendimiento de las minas estaba la presencia de pirquineros en la explotación a quienes se les castigaba con cárcel, para afirmar lo que dice nos cita las palabras de un bando de trabajadores que los denunciaron diciendo:

"Andan echando abajo los puentes y estribos de las minas desiertas, imposibilitando así el que puedan ser reconocidas y trabajadas por mineros honrados"

Como se ve en las figuras 1, 2 y 3 los pirquineros por lo general no tenían buen aspecto en lo que se refiere a vestir o higiene, ya que por lo general eran de pocos recursos y vestían con sus ropas de trabajo como se puede apreciar en la figura 1 y 2, su vestimenta y calzado son precarios a comparación con el chileno promedio de los años 1940. En la figura x podemos ver un grupo de pirquineros realizando una labor minera, cargando un camión.



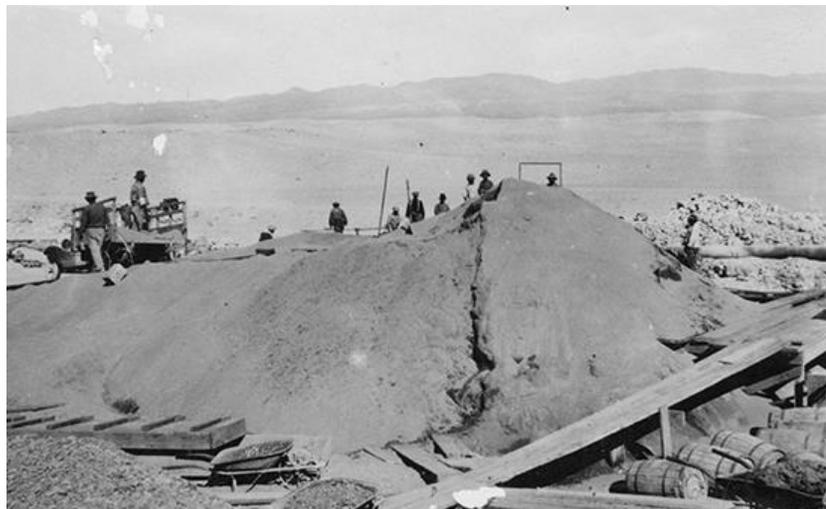
Fuente: Archivo Fotográfico Museo Histórico Nacional.

Figura 1-1 Pirquinero chileno, 1980.



Fuente: Archivo Fotográfico Museo Histórico Nacional

Figura 1-2 Pirquineros junto a la iglesia de Andacollo Circa, 1950.



Fuente: Archivo Fotográfico Museo Histórico Nacional.

Figura 1-3 Pirquineros cargando un camión, Circa, 1940.

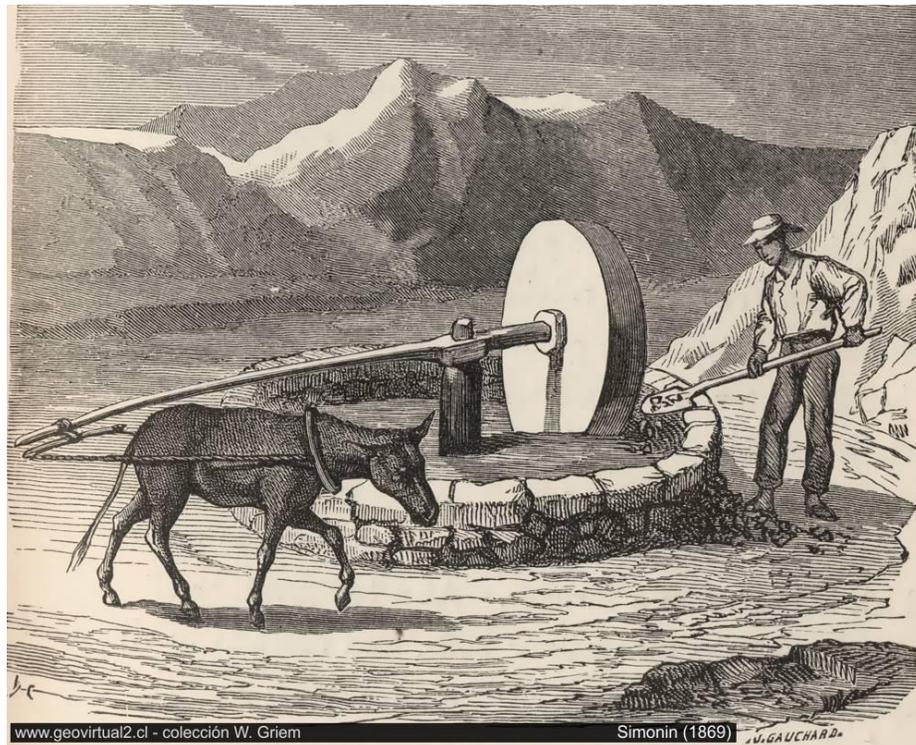
El nombre "pirquinero" se entiende que proviene del mapudungun pirquen o pilquen lo cual significa trapos o andrajos, pero según otros entendidos en el tema es poco probable que esta palabra venga del mapudungun. Rodrigo Lenz viene a refutar este argumento diciendo que los mapuches tenían una conexión casi nula con la minería por lo que era muy difícil que este concepto se originara del mapudungun, nos dice que:

"si no me equivoco, ningún término de minería es de origen mapuche [...] es probable que pirquén como tantos otros términos de mina, sea de origen aimara o quechua"

El escenario más temprano de los pirquineros fue en el Norte Chico, donde su tradición minera antecede a la presencia española ubicados en el centro metalúrgico diaguita-inca de Viña del cerro, con una ocupación que data de los años 1.470-1.536 d.c También hay data en el sector sur de Chile predominado por mapuches donde existieron lavaderos esporádicos de oro y donde no llegó la minería más compleja hasta avanzado el siglo XIX, específicamente en la región carbonífera de Lota donde más tarde aparecería este concepto de "pirquineros".

El trapiche minero es un equipo utilizado por los pirquineros más visto en el sector aurífero. Según la historiografía nacional, la difusión del trapiche empezó durante la época colonial como un equipo hidráulico capaz de moler el oro y en menores medidas la plata y el cobre. El uso del trapiche aumentó por el siglo XVIII cuando se aumentó la producción de oro en Chile, este equipo era movido con agua como nos describe el Ingeniero militar Frances Amédée François Frezier, este ingeniero realizó viajes de exploración a costas chilenas entre los años 1712 y 1714, describió los trapiches mineros de oro en las cercanías de Santiago de Chile y señaló que funcionaban con mercurio y agua.

En la figura 1-4 se nos muestra un trapiche del año 1867 que para esa época era moderno, el cual es accionado por un animal mientras el operario deposita el mineral. Los trapiches modernos llevan un motor, por lo que el concepto en sí ha quedado en el tiempo, solo se ha ido mejorando mecánicamente.



Fuente: Archivo Geo virtual

Figura 1-4 Trapiche Chileno, tomado en Simonin, Atacama. 1867

En la actualidad el trapiche es usado por la pequeña minería, en la figura x podemos ver un trapiche actual, que funciona con un motor para rotar en vez de con la acción de un animal o una persona.

1.2 ACTUALIDAD EN LA MINERÍA A BAJA ESCALA EN CHILE

La Comisión Chilena del Cobre (Cochilco) realizó un monitoreo de la mediana y pequeña minería a mediados del año 2014, su objetivo era conocer el aporte que ésta tenía en la industria minera, su importancia en la economía nacional y las políticas de fomento para promover su desarrollo, esta información fue entregada por varias entidades mineras y gubernamentales.

En este estudio se caracteriza a la pequeña minería en 2 sectores: la pequeña minería como tal y la minería artesanal. La minería artesanal la define como una faena con un máximo de 5 personas dependientes, en un contexto más informal y precario. La pequeña minería la define como una faena con una dotación inferior a 80 trabajadores teniendo menos de 200.000 horas trabajadas al año.

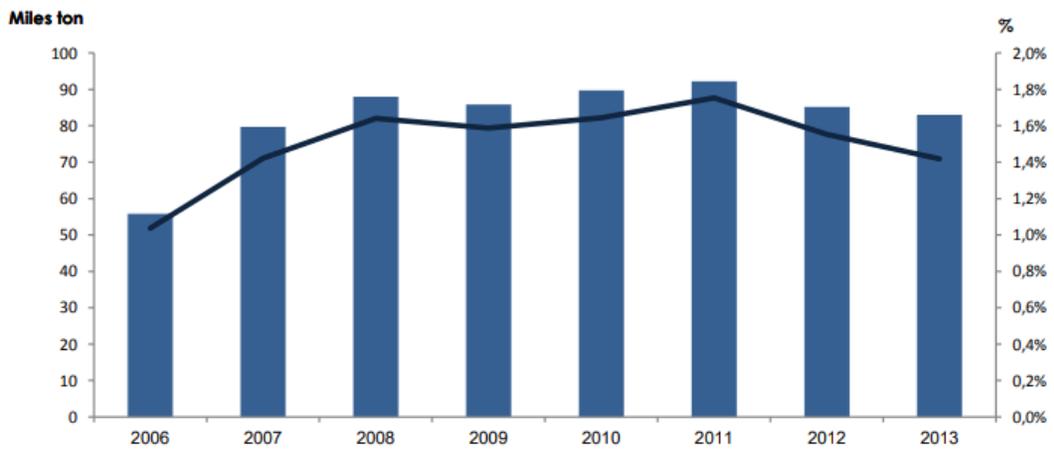
En la parte legal, nos exponen las definiciones legales respecto a la pequeña minería y la minería artesanal a pequeña escala, las cuales se presentan en la siguiente tabla 1:

Tabla 1-1: Definiciones legales de pequeña minería y minería artesanal

Sernageomin	Código de Minería	Ley de Impuesto a la renta (Minería Artesanal)	ENAMI
Definición en base a Trabajadores y Horas Trabajadas	Definición en base a Trabajadores	Definición en base a Trabajadores	Definición en base a Producción
Menor a 80 trabajadores	Menor a 12 trabajadores	Menor a 5 trabajadores	Son los productores que en forma individual venden o benefician mensualmente hasta 10.000 toneladas de minerales o su equivalente en productos mineros.
Menor a 200.000 horas trabajadas			

Fuente: Cochilco

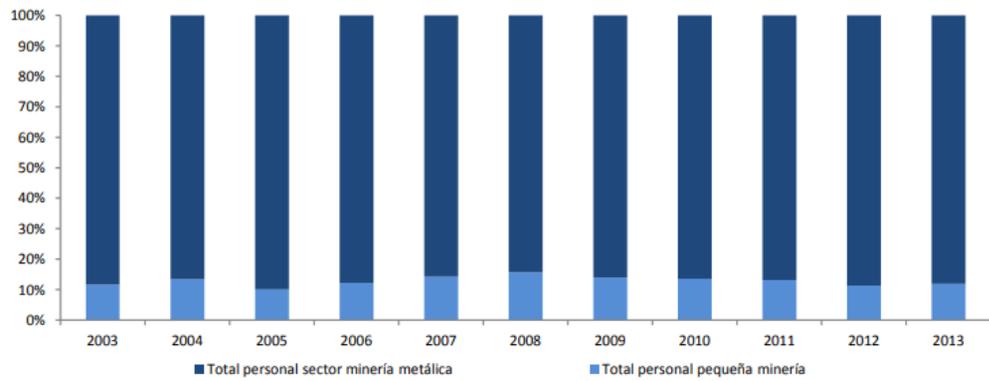
La producción que representa la pequeña minería a nivel nacional es poca, equivale al 1,4% de la producción nacional de cobre lo que serían 83,3 mil toneladas, llegando a tener una participación total de un 1,5% desde el año 2006, como se presenta en la siguiente figura 5:



Fuente: Cochilco

Figura 1-5 Participación en la producción de cobre total de la pequeña minería.

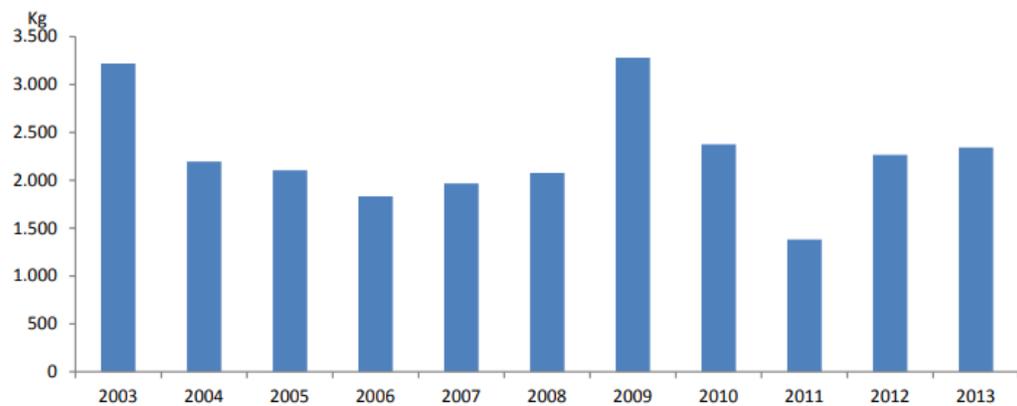
Si bien la producción de mineral en la pequeña minería es baja, se ve una mayor importancia en la parte de empleabilidad, ya que el número de trabajadores en el sector cuprífero y aurífero llega a representar un 13,5% del total de trabajadores del sector de la minería metálica, lo que se puede consultar en la figura 6. Estas cifras representan las faenas legales constituidas y fiscalizadas por el Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile (Sernageomin), aunque no pueden llegar a representar el valor real ya que existen pequeñas faenas mineras sin fiscalizar.



Fuente: Sernageomin

Figura 1-6 Participación laboral de la pequeña minería.

Respecto al sector de la minería de oro, la pequeña minería tiene una pequeña participación, llegando a tener un 4,6% de la producción total de oro lo cual son 2.343 kg, esta información se puede consultar en la figura 7.



Fuente: Sernageomin.

Figura 1-7 Producción de oro pequeña minería (kg).

El estudio también nos entrega cifras de Sernageomin en relación a la producción y el empleo, dándonos a conocer que a pesar que sea poca la producción a nivel nacional, da oportunidades de empleo a muchas personas y a microempresarios para emprender en ese rubro, lo cual mediante instrumentos de fomento que Enami propone como :

“la capacitación, reconocimiento de recursos y reservas, asistencia técnica, realización de estudios distritales, asistencia crediticia y arriendos de propiedad minera a pequeños mineros”,

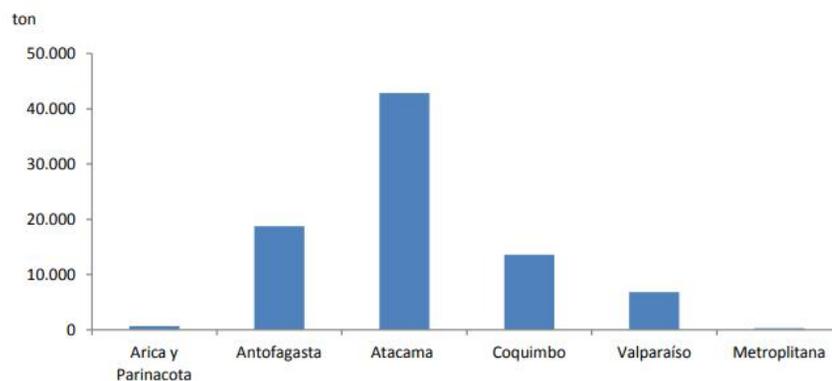
puede llegar a mejorar y ayudar a desarrollar estas actividades mineras, ya que existen muchos factores estructurales que afectan negativamente a la pequeña minería, como el menor acceso a la propiedad minera y al financiamiento, bajos niveles de economías de escala y de uso de tecnología lo que genera mayores costos de producción y genera un estancamiento en la producción. En la siguiente tabla se nos presenta las principales estadísticas del sector de la pequeña minería (Tabla 2):

Tabla 1-2 Principales indicadores de la pequeña minería

Indicadores	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Producción cobre (miles de toneladas)	80	88	86	90	92	85	83
Valor de la producción de cobre a precio promedio 2013 (M US\$)	567.721	611.761	443.434	676.300	812.489	677.037	609.833
Producción oro (kg)	1.968	2.079	3.282	2.375	1.383	2.268	2.343
Producción plata (kg)	26.162	34.486	33.287	15.869	14.355	18.210	20.505
Número de trabajadores directos minería del cobre, oro y plata	8.438	10.278	8.653	8.998	8.998	7.950	8.746
Número total de trabajadores totales (directos y subcontratados de la pequeña minería)	36.321	38.759	39.035	44.405	46.801	53.582	51.686

Fuente: Sernageomin Cochilco

Por último, se nos entrega una comparación de producción en regiones, lo cual nos da a entender donde se concentran estos pequeños grupos mineros. La región con más producción es la de Atacama, con 42.829 toneladas de cobre representando el 51,7% total de producción del año 2013. Esta información se representa en la siguiente figura:



Fuente: Sernageomin

Figura 1-8 Producción de cobre de la pequeña minería por regiones en el 2013.

1.3 CARACTERIZAR TRAPICHE MINERO EN LA MINERA A BAJA ESCALA DE ACUERDO CON REQUERIMIENTOS TÉCNICOS Y MECÁNICOS.

1.3.1 Aspectos técnicos del trapiche:

- i) Foto referencial, medidas generales y peso aproximado:



Fuente: Foto propia

Figura 1-9 Trapiche.

Altura:92 cm

Ancho:104 cm

Largo:

Peso aproximado:400kg

- ii) Medidas de la base (Figura 10):



Fuente: Foto propia

Figura 1-10 Trapiche.

Espacio entre centro y exterior (Línea roja figura x):18 cm

Diámetro externo:80 cm

Diámetro interno:60 cm

iii) Medida de los discos (Figura 11):



. Fuente: Foto propia

Figura 1-11 Trapiche

Diámetro:30 cm

iv) Características técnicas del motor:

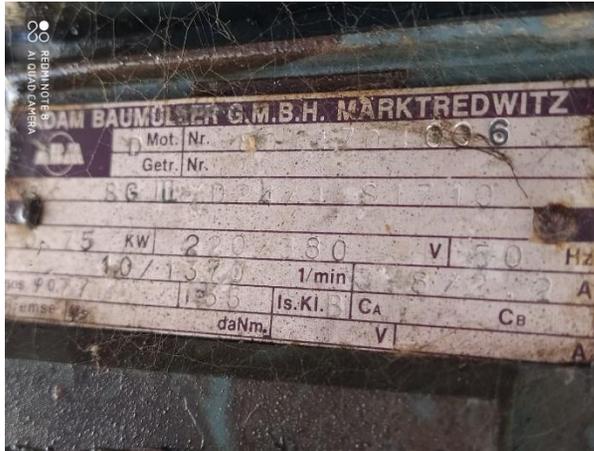
- Foto del motor:



Fuente: Foto propia

Figura 1-12 Motor del trapiche.

- Especificaciones:



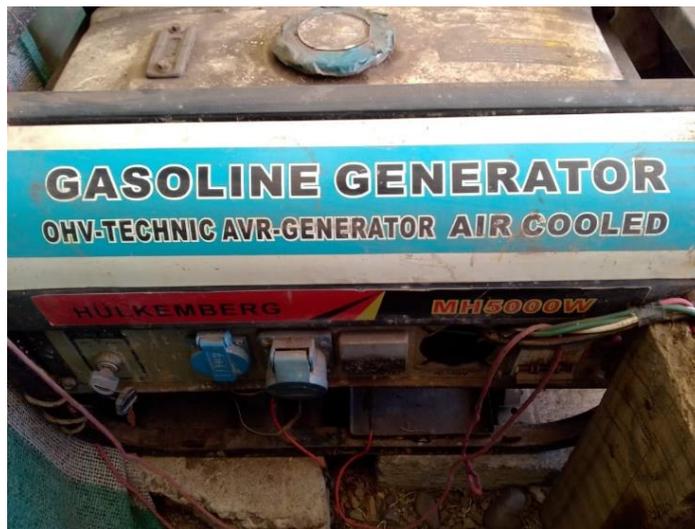
Fuente: Foto propia

Figura 1-13 Especificaciones del motor.

Potencia del eje: 0,75 kW
Frecuencia: 50 Hz

- v) Alimentación:

Para la alimentación del motor usamos un generador eléctrico a gasolina (Figura 14):



Fuente: Foto propia

Figura 1-14 Generador eléctrico a gasolina.

En este caso contamos con este modelo de generador, cabe destacar que cualquier generador que cumpla con la alimentación mínima del motor va a cumplir la función, pero en este caso contamos con 5kw, lo cual cumple con el mínimo de poder que requiere el motor.

vi) Funcionamiento general:

El funcionamiento de esta máquina consta de la energía que produce el generador para que el motor mueva los ejes y las ruedas giren a una velocidad constante para hacer que la molienda sea lo más efectiva posible

1.4 FALLAS MÁS COMUNES EN EL TRAPICHE.

Como se ha dicho anteriormente el trapiche es una herramienta costosa por lo tanto si no se tiene una mantención o un cuidado correspondiente la maquina va a fallar y va a detener el equipo por un tiempo, esto hará que la inversión sea más costosa.

Las fallas más comunes que se presentan en esta máquina son las siguientes:

- Falla del motor.
- Falla del generador.
- Mal uso del equipo.

- Fallas del motor:

Las fallas del motor las presentamos en la siguiente tabla:

Tabla 1-4 Fallas del motor

Fallas mas comunes del motor electrico
Falla de rotor
Falla de estator
Falla en los cojinetes

Fuente: Apuntes electrotecnica

También incluimos los modos de fallas, los cuales se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 1-5 Causas de falla del motor

Modos de Falla	Causas posibles
Motor no arranca en vacío	Bobinas de excitación en cortocircuito. Fallo en el automatismo de arranque. Portaescobillas fuera de la zona neutra.
El motor arranca con un movimiento oscilante o con interrupciones	Cortocircuito entre las láminas del colector. Cortocircuito entre las espiras del bobinado de excitación. Fallo en el automatismo de arranque.
El motor se frena cuando se le conecta carga	Caída de tensión en el circuito eléctrico. Escobillas desplazadas. Cortocircuito entre las espiras del bobinado de excitación.
Calentamiento anormal	Sobrecarga. Cortocircuito en los bobinados de excitación y/o inducido. Volumen de aire refrigerante insuficiente.
Calentamiento anormal en el rodamiento o eje	Exceso de grasa. Rodamiento en mal estado. Velocidad o carga excesiva.
Chispeo en las escobillas	Colector ovalizado. Suciedad en el colector. Presión insuficiente en las escobillas. Cortocircuito entre las láminas del colector Escobillas defectuosas.

. Fuente: Apuntes electrotecnia

- Fallas del generador:

Investigamos sobre fallas y sus causas probables, las cuales explicamos a continuación:

- Falla: Si no arranca el generador

Causas:

a) Falla de la batería:

Se produce por la acumulación de sulfatos de plomo en sus placas lo que termina por dañarla totalmente. Lo podemos visualizar de la siguiente manera como ejemplo:(



Fuente: Autobateria.cl

Figura 1-15 Sulfatación de batería.

b) Aire en el sistema de combustible:

Si el generador no se ha usado por mucho tiempo puede que, entre aire en el sistema de combustible, lo que hará que no parta como se debe. Esta falla se puede evitar haciendo pruebas regularmente al generador.

c) Fuga de combustible:

Esta falla puede ocurrir si hay alguna rotura o grieta en el depósito de combustible del generador o en alguna manguera que se use para la alimentación de combustible lo que lleva a la pérdida de combustible. También estas roturas pueden producir que entre aire al sistema.

d) Carbonización:

Si el generador funciona con una carga baja durante un periodo prolongado de tiempo puede que acumule residuos de combustible en forma de partículas carbonizadas y otro tipo de residuos como agua condensada y ácidos. Si es que se presentara esta falla se recomienda que el motor funcione a plena carga para así quemar el exceso de combustible.

e) Bajo nivel de combustible:

Si por alguna razón no tuviéramos la cantidad necesaria de combustible para el arranque el generador no va a partir, lo que primero hay que revisar si esta con combustible.

CAPÍTULO 2: FALLAS Y ACCIONES

2.1 JERARQUIZACIÓN DE FALLAS MEDIANTE MATRIZ DE CRITICIDAD:

2.1.2 Lista de fallas a considerar:

En la siguiente tabla ordenamos las fallas que vamos a considerar para la matriz de criticidad:

Tabla 2-1 Fallas a considerar para matriz de criticidad

Fallas de motor	i) Falla de estator ii) Falla de rotor iii) Falla en los cojinetes
Fallas del generador	i) Falla en la batería ii) Aire en sistema de combustible iii) Fuga de combustible iv) Carbonización v) Bajo nivel de combustible vi) Falla del alternador
Fallas del trapiche	i) Mal uso que lleva a la detención del equipo ii) Falla del motor iii) Falla del generador iv) Falla de rotación de los ejes v) Rotura de ejes vi) Rotura de discos

Fuente propia

2.1.2 Matriz de criticidad:

Factores para considerar:

Tabla 2-2 Criterio matriz de criticidad

MATRIZ DE CRITICIDAD					
CRITERIO	Puntaje				Multiplicador por frecuencia de falla
	1	4	6	10	
					X1 , 1 falla al mes
Detencion del equipo	No hay detencion del equipo.	Se detiene el equipo por 1 hora o menos.	Se detiene el equipo entre 1 y 8 horas.	Se detiene el equipo por mas de 8 horas.	X2 , 2 fallas consecutivas al mes
Costo de mantención	\$0 CLP a \$10.000 CLP	\$10.000CLP a \$50.000CLP	\$50.000CLP a \$100.000 CLP	Mayor a \$100.000 CLP	X3 , 3 fallas consecutivas al mes
Seguridad y ambiente	No provoca impacto a la seguridad y al ambiente	Afecta levemente a la seguridad y al ambiente	Afecta de forma considerable la seguridad y el ambiente.	Afecta a la segura y al ambiente de forma peligrosa	X4 , 4 fallas consecutivas al mes
				Total	Suma Puntaje x Frecuencia

Fuente propia

Con estos factores creamos la matriz de criticidad:

Tabla 2-3 Matriz de criticidad

MATRIZ DE CRITICIDAD							
	X4	16-20	21-40	41-60	61-80	76-100	91-120
	X3	11-15	16-30	31-45	41-60	51-75	61-90
	X2	6-10	11-20	21-30	21-40	41-50	51-60
Frecuencia	X1	0-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30
		Consecuencia					

Fuente: Propia

El sector de color verde representa el área de fallas no críticas.

El sector de color amarillo representa el área de fallas de media criticidad, las cuales tienen un impacto mayor en la operación.

El sector de color rojo representa al área de fallas críticas, las cuales tienen un impacto grave en la operación.

Para entender la matriz de criticidad podemos ejemplificarla de la siguiente forma:

Falla 1, no crítica. Falla de batería generador

Tabla 2-4 Ejemplo de criterio 1

MATRIZ DE CRITICIDAD					
CRITERIO	Puntaje				Multiplicador por frecuencia de falla
	1	4	6	10	
Detención del equipo	No hay detención del equipo.	Se detiene el equipo por 1 hora o menos.	Se detiene el equipo entre 1 y 8 horas.	Se detiene el equipo por más de 8 horas.	X1, 1 falla al mes
Costo de mantención	\$0 CLP a \$10.000 CLP	\$10.000CLP a \$50.000CLP	\$50.000CLP a \$100.000 CLP	Mayor a \$100.000 CLP	X3, 3 fallas consecutivas al mes
Seguridad y ambiente	No provoca impacto a la seguridad y al ambiente	Afecta levemente a la seguridad y al ambiente	Afecta de forma considerable la seguridad y el ambiente.	Afecta a la seguridad y al ambiente de forma peligrosa	X4, 4 fallas consecutivas al mes
				Total	Suma Puntaje x Frecuencia

Fuente propia

MATRIZ DE CRITICIDAD					
CRITERIO	Puntaje				Multiplicador por frecuencia de falla
	1	4	6	10	
Detención del equipo	X				X2
Costo de mantención		X			X3
Seguridad y ambiente	X				X4
				Total	6

Ubicamos 6 en la matriz de criticidad:

MATRIZ DE CRITICIDAD							
Frecuencia	X4	16-20	21-40	41-60	61-80	76-100	91-120
	X3	11-15	16-30	31-45	41-60	51-75	61-90
	X2	6-10	11-20	21-30	21-40	41-50	51-60
	X1	0-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30
		Consecuencia					

La falla se encuentra en el sector verde de criticidad entre 6 y 10, por lo que es una falla no critica. Para asegurarnos que esta falla no se presente, debemos revisar el estado de la batería y planificar una revisión cada cierto tiempo, para así analizar si es necesario o no comprar una nueva.

Falla 2, Fuga de combustible generador

Tabla 2-5 Ejemplo de criterio 2

MATRIZ DE CRITICIDAD					
CRITERIO	Puntaje				Multiplicador por frecuencia de falla
	1	4	6	10	
					X1 , 1 falla al mes
Detencion del equipo	No hay detencion del equipo.	Se detiene el equipo por 1 hora o menos.	Se detiene el equipo entre 1 y 8 horas.	Se detiene el equipo por mas de 8 horas.	X2 , 2 fallas consecutivas al mes
Costo de mantención	\$0 CLP a \$10.000 CLP	\$10.000CLP a \$50.000CLP	\$50.000CLP a \$100.000 CLP	Mayor a \$100.000 CLP	X3 , 3 fallas consecutivas al mes
Seguridad y ambiente	No provoca impacto a la seguridad y al ambiente	Afecta levemente a la seguridad y al ambiente	Afecta de forma considerable la seguridad y el ambiente.	Afecta a la segura y al ambiente de forma peligrosa	X4 , 4 fallas consecutivas al mes
				Total	Suma Puntaje x Frecuencia

Fuente propia

MATRIZ DE CRITICIDAD					
CRITERIO	Puntaje				Multiplicador por frecuencia de falla
	1	4	6	10	
Detencion del equipo		X			X1
Costo de mantención				X	X3
Seguridad y ambiente		X			X4
				Total	18

Ubicamos 18 en la matriz de criticidad:

MATRIZ DE CRITICIDAD							
Frecuencia	X4	16-20	21-40	41-60	61-80	76-100	91-120
	X3	11-15	16-30	31-45	41-60	51-75	61-90
	X2	6-10	11-20	21-30	21-40	41-50	51-60
	X1	0-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30
		Consecuencia					

La falla se encuentra en el sector amarillo o de media criticidad entre 16 y 20, por lo que es una falla de mayor consideración, en este caso, para evitar la fuga de combustible es importante hacer mantenimiento preventivo al depósito de combustible y/o revisar las mangueras de alimentación si es que se usa una.

Falla 3, de alta criticidad

Tabla 2-6 Ejemplo de criterio 3

MATRIZ DE CRITICIDAD					
CRITERIO	Puntaje				Multiplicador por frecuencia de falla
	1	4	6	10	
					X1 , 1 falla al mes
Detencion del equipo	No hay detencion del equipo.	Se detiene el equipo por 1 hora o menos.	Se detiene el equipo entre 1 y 8 horas.	Se detiene el equipo por mas de 8 horas.	X2 , 2 fallas consecutivas al mes
Costo de mantención	\$0 CLP a \$10.000 CLP	\$10.000CLP a \$50.000CLP	\$50.000CLP a \$100.000 CLP	Mayor a \$100.000 CLP	X3 , 3 fallas consecutivas al mes
Seguridad y ambiente	No provoca impacto a la seguridad y al ambiente	Afecta levemente a la seguridad y al ambiente	Afecta de forma considerable la seguridad y el ambiente.	Afecta a la segura y al ambiente de forma peligrosa	X4 , 4 fallas consecutivas al mes
				Total	Suma Puntaje x Frecuencia

Fuente propia

Ubicamos 24 en la matriz de criticidad:

MATRIZ DE CRITICIDAD							
Frecuencia	X4	16-20	21-40	41-60	61-80	76-100	91-120
	X3	11-15	16-30	31-45	41-60	51-75	61-90
	X2	6-10	11-20	21-30	21-40	41-50	51-60
	X1	0-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30
		Consecuencia					

Esta falla se encuentra en el sector de alta criticidad, por lo que es una falla que tiene

MATRIZ DE CRITICIDAD					
CRITERIO	Puntaje				Multiplicador por frecuencia de falla
	1	4	6	10	
Detencion del equipo				X	X2
Costo de mantención				X	X3
Seguridad y ambiente		X			X4
				Total	24

un impacto alto en nuestra operación, por lo que debemos aplicar programas de mantenimiento preventivo y predictivo.

Aplicamos el criterio a las fallas restantes y las ordenamos en la siguiente tabla:

Tabla 2-7 Orden de criterio

Fallas de alta criticidad	<ul style="list-style-type: none"> i) Rotura de ejes ii) Rotura de discos
Fallas de media criticidad	<ul style="list-style-type: none"> i) Fuga de combustible ii) Falla del alternador / Generador iii) Falla del motor / Trapiche iv) Falla del generador / Trapiche v) Falla en la rotación de los ejes / Trapiche vi) Falla de estator vii) Falla de rotor viii) Falla en los cojinetes
Fallas de baja criticidad	<ul style="list-style-type: none"> i) Bajo nivel de combustible / Generador ii) Carbonización / Generador iii) Aire en el sistema de

	combustible / Generador iv) Falla de batería / Generador
--	---

Fuente propia

2.2 ACCIONES DE RESTAURACIÓN Y MANTENIMIENTO

2.2.1 Acciones de mantenimiento

Descripción de tipos de mantenimiento a considerar

i) Mantenimiento Preventivo

Se define como mantenimiento preventivo a la acción de revisar de manera sistemática y bajo ciertos criterios a los equipos o aparatos de cualquier tipo (mecánicos, eléctricos, informáticos, etc.) para evitar fallas ocasionadas por uso, desgaste o paso del tiempo.

El mantenimiento preventivo se adelanta a las fallas antes de que ocurran o hace que sean menos graves, por lo que disminuye el gasto en reparaciones y el tiempo en el que los equipos dejan de estar operativos debido a las mismas.

Existen tres tipos de mantenimientos preventivos y el conjunto de todos ellos forma un plan de mantenimiento; el cuál es indispensable para realizar una labor de mantenimiento de calidad y profesional. Estos son los tres tipos principales de mantenimiento preventivo:

- Mantenimiento programado: Se realizan por tiempo, kilómetros u horas de funcionamiento.
- Mantenimiento predictivo: Es realizado al final del período estimado máximo de utilización.
- Mantenimiento de oportunidad: Se aprovecha el período en el que no se está utilizando el equipo para realizar el mantenimiento y evitar cortes de producción.

Todos estos tipos de mantenimiento dan lugar al plan de mantenimiento, que es base para poder ofrecer un servicio de mantenimiento puntual, de calidad y rentable.

ii) Mantenimiento Correctivo

Se trata de un conjunto de tareas técnicas, destinadas a corregir las fallas del equipo que demuestren la necesidad de reparación o reemplazo.

Este tipo de mantenimiento corrige los errores del equipo que dependen de la intervención para volver a su función inicial. Estas prácticas de mantenimiento no dependen de los planes de mantenimiento y, por consiguiente, la posibilidad de que no haya piezas de repuesto en existencia es alta.

Además, es posible que no encuentre ningún técnico de mantenimiento disponible para resolver el problema en este momento, ya que las fallas son totalmente imprevistas.

Aunque en algunos casos es inevitable, el mantenimiento correctivo acaba teniendo un mayor impacto financiero, ya que suele implicar la indisponibilidad prolongada del equipo. Estas fallas se pueden evitar aplicando planes de mantenimiento preventivo. Este modelo se aplica a niveles de criticidad muy bajos, cuyas fallas no interfieran con la productividad de la empresa.

iii) Mantenimiento correctivo no planificado

También conocido como impredecible se produce cuando los equipos sufren realmente una avería que a menudo da lugar a un tiempo de inactividad.

Este mantenimiento no planificado puede ser el resultado de un fallo prematuro de las piezas o de la falta de supervisión del rendimiento del equipo.

iv) Mantenimiento correctivo planificado

La corrección planificada, o predicha, es el tipo que se produce cuando se detecta una caída en el rendimiento de un equipo. Por lo tanto, las intervenciones no son de emergencia y pueden ser programadas.

Sin embargo, mientras que la máquina funciona con un rendimiento menor, se pierde de dos maneras. En primer lugar, está la caída de la productividad debido al mal rendimiento. Y, por último, la máquina en cuestión es virtualmente una bomba de tiempo, lo que significa que puede detenerse en cualquier momento.

Después de restaurar nuestro trapiche minero, nos tenemos que enfocar en el plan de mantenimiento que esté ocupado, para ello nos enfocaremos en un mantenimiento preventivo ya que consideramos que lo relevante es disminuir los tiempos por fallas imprevistas, ya que finalmente las fallas que ocurren por no tener un mantenimiento preventivo terminan siendo de alta y mediana criticidad, por eso no optamos por un

mantenimiento correctivo porque finalmente son detenciones más largas y más costosas que las detenciones programadas.

A) Mantenimiento del trapiche

Fallas del trapiche según criticidad:

Fallas de alta criticidad	i) Rotura de ejes ii) Rotura de discos
Fallas de media criticidad	iii) Falla en la rotación de los ejes

Nos concentramos en las fallas de alta criticidad de la tabla para definir las acciones de mantenimiento del trapiche, agregando recomendaciones. La fuente de estas acciones es la experiencia y la recopilación de información sobre empresas que han trabajado con trapiche como la minera Incahuasi.

- Revisión de los discos y ejes (Para fallas de alta criticidad)

Los discos y ejes del trapiche son una parte muy importante ya que si se llegan a dañar la maquina quedaría fuera de funcionamiento, entonces se debe aplicar un mantenimiento preventivo de este cada cierto tiempo, en el caso de encontrarse algún daño en discos o ejes se debe aplicar un mantenimiento correctivo de inmediato.

- Limpieza

El trapiche minero se debe mantener con una limpieza adecuada después que se utilice para el proceso de molienda ya que si no se mantiene limpio puede dañar la recuperación de oro con el mercurio

- Funcionamiento adecuado

La persona que está encargada del uso del trapiche debe estar capacitada y saber el funcionamiento de este ya que si su uso es prolongado o la maquina no presenta la humedad adecuada puede llegar a dañar los discos o ejes del trapiche por lo cual la maquina quedaría detenida produciendo una pérdida para la empresa

- Lubricación

El trapiche tiene que permanecer debidamente lubricado para evitar el desgaste excesivo de sus componentes, consumir menos potencia y alargar su vida útil. Es recomendable que los engranajes estén protegidos del medio ambiente con una cubierta metálica que permita a la vez permanecer lubricados.

Mantenimiento General

- i) Verificar que los pernos guías se encuentren en buenas condiciones para evitar vibraciones

- ii) Limpiar el polvo acumulado en el recipiente de aceite de los engranajes
- iii) Controlar el desgaste de las masas
- iv) Revisión del Motor
- v) revisión del generador

Se debe tomar mayor atención al desgaste de los elementos como engranajes, masas y ejes, ya que esto depende del tiempo entre cada periodo de reparación y mantenimiento. Se recomienda que los primeros periodos realizarlos en periodos cortos, para poder realizar un registro adecuado del estado de la máquina. Posteriormente se recomienda que la periodicidad del mantenimiento sea:

Preventivo: Cada dos meses revisión parcial del equipo y cada 6 meses general.

1. Generador:

Las fallas del generador descritas previamente son las siguientes:

Tabla 2-8 Fallas generador según criticidad

Fallas de media criticidad	<ul style="list-style-type: none"> • Fuga de combustible • Falla de alternador
Fallas de baja criticidad	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo nivel de combustible • Carbonización • Aire en sistema de combustible • Falla de batería

Fuente: Propia

Al ser de media y baja criticidad, lo que se recomienda es hacer mantenimiento preventivo del generador. Sabiendo esto, podemos describir las acciones de mantenimiento para las fallas según su criticidad:

- Revisión de alimentación de combustible (Para fuga de combustible):

Cada cierto tiempo debemos revisar el depósito de combustible y/o la manguera de

alimentación, si por desgaste o alguna rozadura con algo filoso el depósito y/o manguera empieza a botar combustible se convierte en una pérdida energética y un riesgo para las personas presentes, ya que al ser inflamable puede prenderse y provocar un incendio, dejando pérdidas materiales que no solo nos pueden afectar a nosotros, sino que también a nuestro alrededor.

Debemos tener combustible extra por si el generador se queda bajo en el nivel de combustible, así no paramos la operación por mucho tiempo para recargar.

También para evitar la carbonización es importante limpiar los desechos que quedan en el depósito regularmente.

- Revisión de batería (Para falla de batería):

La sulfatación de las baterías es una de las causas más comunes de fallas en baterías, esto ocurre cuando la batería no tiene carga completa por mucho tiempo y se va acumulando.

Para evitar que esto pase es importante cargarla lo suficiente por si se va a almacenar y limpiarla de la corrosión regularmente.

- Pruebas regulares al generador (Para falla de media criticidad):

Si no usamos el generador en mucho tiempo es importante hacerle pruebas de vez en cuando para que al momento de usarlo tengamos noción de que funciona correctamente.

- Comprobación de ventilación y calentamiento (Para falla de media criticidad):

En el uso, se recomienda que al final de cada día o periodo de uso se chequee las temperaturas para así comprobar que el sistema de ventilación funciona correctamente. Si se llegara a sobrecalentar podría traer problemas a los componentes.

- Mantenimiento del alternador (Para falla de alternador):

Mensualmente o luego de mucho tiempo sin usarse se recomienda la revisión del estado de los devanados, cojinetes y escobillas

La revisión de los devanados se realiza midiendo la resistencia de aislamiento a tierra de la carcasa de la máquina, la resistencia que obtenemos se trastorna cuando existe suciedad o humedad en los devanados. Si la resistencia de aislamiento es menor que la del devanado, entonces tenemos que secarlos y sacarles la suciedad o humedad que presenten. La herramienta que usamos es el megóhmetro.



Fuente: Foto de distribuidor

Figura 2-1 Megohmetro

Para la inspección de los cojinetes comprobamos el desgaste o la pérdida de aceite. En caso de que los cojinetes se recalienten, produzcan ruido excesivo o muchas vibraciones se recomienda reemplazarlos. Como referencia del fabricante, se recomienda que deben cambiarse luego de 40.000 horas de uso.

Finalmente verificamos el estado de las escobillas, las cuales se desgastan y pierden parte de su longitud, si llegan a perder más de una cuarta parte de su longitud se recomienda cambiarlos. También los anillos rozantes deben limpiarse profundamente si se llegan a cambiar las escobillas.

- Limpieza externa (Falla de baja criticidad)

La limpieza externa del generador es importante para minimizar las partículas de polvo y suciedad que entra al equipo, por lo que es una acción que debemos hacer todos los días o luego de cada uso.

2. Motor

Las fallas del motor según criticidad son las siguientes:

Tabla 2-9 Fallas del motor según criticidad

Fallas de media criticidad	i)	Falla en el estator
	ii)	Falla en el rotor
	iii)	Falla en los cojinetes

Fuente propia

Las fallas que se presentan son de media criticidad, por lo que estas acciones de mantenimiento están enfocadas a evitar las fallas de media criticidad:

- Limpieza:

Se debe mantener el motor limpio libre de suciedades como polvo y aceite, ya que esta suciedad se puede meter en los componentes.

- Verificar calentamiento:

Si el motor se calienta rápidamente hay que verificar y limpiar los filtros de aire por si hay alguna obstrucción para así mantener el flujo de aire adecuado.

- Verificar lubricación:

Es importante que el rodamiento este correctamente lubricado con el lubricante prescrito, así nos evitamos problemas como la corrosión. También debemos tener cuidado con la cantidad ya que si se le aplica demasiado o poco podríamos provocar un daño en los componentes.

Para nuestro motor se nos especifican instrucciones para el aceite, las cuales son las siguientes:



Fuente propia

Figura 2-2 Instrucciones para el aceite

- Verificar humedad dentro o alrededor del motor

Si el motor no ha estado en uso mucho tiempo acumula humedad dentro y fuera de sí mismo, esto puede reducir la resistencia de aislamiento del bobinado del motor lo que nos puede llevar a un daño a los componentes. Se recomienda hacer funcionar el motor por un par de horas para que se seque la humedad.

- Inspección del motor

Cada cierto tiempo inspeccionaremos y analizaremos varios aspectos del motor como las vibraciones, la alineación de los ejes y el funcionamiento de los rodamientos.

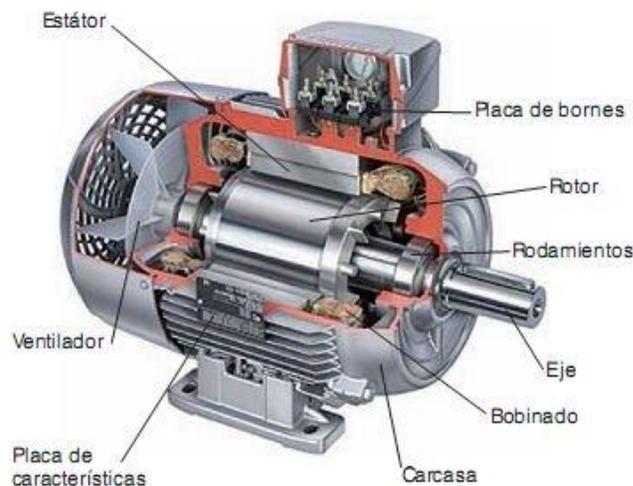
Respecto a las vibraciones si se presentan de forma excesiva acompañado de ruidos anormales debemos analizar las vibraciones para así saber que parte es la que está

provocando este problema, el cual puede afectar a su óptimo funcionamiento.

Respecto a los rodamientos debemos mantenerlos lubricados y limpios ya que la causa más común de la falla de estos es la mala lubricación y la acumulación de polvo, si es que se llegaran a cambiar habría que conocer los requisitos correspondientes para el tipo de rodamiento que vamos a usar

Finalmente, respecto a la alineación de ejes tenemos que la alineación de ejes entre la carga y el eje del motor debe ser adecuada, por lo que como operadores debemos revisarlo periódicamente.

Las partes que se mencionan se pueden ver en la siguiente figura:



Fuente: apuntes electrotecnia

Figura 2-3 Partes de un motor eléctrico

2.2.2 Acciones de restauración para el trapiche

El estado actual del trapiche es de abandono, está deteriorado y sus piezas no sabemos si funcionan correctamente, no sabemos tampoco si las piezas tienen alguna fractura o esta quemado algún componente eléctrico, por lo que proponemos las siguientes acciones de restauración:

- I) Analizar estado del equipo:

Primero debemos analizar las condiciones del equipo, por lo que lo llevaremos a un lugar limpio y que tenga espacio para poder observarlo bien.

El equipo pesa aproximadamente 400kg, por lo que para moverlo necesitaremos algún carro de carga más la ayuda de más personas.

II) Limpieza externa:

Realizaremos una limpieza externa del trapiche y las componentes para eliminar suciedades y polvo que ha acumulado con los años.

Para realizar esta limpieza externa a los componentes pequeños usaremos un paño con alguna espuma de limpieza o agua para asegurarnos que no quede grasa o polvo pegado. Para el trapiche al tener mucha tierra y suciedad pegada necesitaremos algo más abrasivo para limpiarlo, como una hidro lavadora.

III) Análisis de componentes:

Es importante chequear si el generador funciona correctamente por lo que primero le haremos una limpieza interna y una puesta en marcha, si funciona correctamente seguimos con el motor.

Para el motor al igual que el generador le haremos una limpieza profunda para luego hacerlo funcionar, si funciona bien podemos seguir, si no habría que analizar la falla que se presenta y solucionarla.

IV) Análisis de eje y discos:

Analizaremos el eje y los discos para ver si no tienen alguna fractura u obstrucción para poder proseguir. Si encontramos alguna falla debemos analizarla y solucionarla.

V) Puesta en marcha:

Si llegamos a realizar todos los pasos lo último sería la puesta en marcha y la prueba con alguna piedra de oro para ver si cumple su función correctamente.

2.2.3 Disponibilidad operacional antes de restauración

La disponibilidad operacional del equipo es de 0% ya que ha registrado horas de trabajo.

CAPÍTULO 3: ACCIONES DE RESTAURACION Y MANTENIMIENTO

3.1 ESTABLECIMIENTO DE ACCIONES DE RESTAURACIÓN

3.1.1 Análisis del estado del equipo

El trapiche se encontraba en un lugar casi abandonado por lo que primero que hicimos fue limpiar el lugar alrededor, para moverlo requería de mucho esfuerzo por lo que decidimos dejarlo en el lugar, las observaciones y las figuras correspondientes se presentan a continuación:

Tabla 3-1 Análisis del trapiche

Parte	Observación
Trapiche	1. Se encuentra con bastante suciedad por encima referido a oxido, barro y polvo, incluso encontramos un nido de pájaro dentro de una caja de interruptor.
	2. En la base del trapiche se nota mucho barro pegado, la cual no debería ser difícil sacar.
	3. La pintura está un poco corroída, lo cual no es un problema grave, es algo más estético
	4. Los discos se ven gastados y pueden tener daños por lo que consideraremos hacer un cambio para realizar la restauración, buscando algún repuesto.
	5. El eje y la parte superior no se ven dañadas, por lo que haremos pruebas posteriormente

Fuente propia



Fuente propia

Figura 3-1 Trapiche

3.1.2 Limpieza externa

La limpieza para la restauración del trapiche es uno de los primeros pasos que planteamos, si bien es algo simple de hacer debemos tener en cuenta que lleva muchos años acumulando tierra, por lo que el nivel de suciedad es bastante grande. A continuación, presentamos tablas con las acciones y figuras correspondientes

Tabla 3-2 Limpieza con agua

Acción	Desarrollo	Observación
Limpieza con agua	Limpiamos externamente el trapiche con agua mediante una manguera para botarle el barro y la suciedad que tenía pegada.	La mayoría de la suciedad que tenía pegada salió de esta forma, por lo que nos ahorra tiempo de limpiarlo a mano. Se nota una gran diferencia del antes y después a simple vista.

Fuente propia



Fuente propia

Figura 3-2 Limpieza con agua

Tabla 3-3 Limpieza con esponja

Acción	Desarrollo	Observación
Limpieza con esponja	Limpiamos la suciedad que no salía con la manguera mediante una esponja con desengrasante, luego lubricaremos la parte como corresponde.	Si bien tomo mas tiempo se logro quitar la suciedad , la cual era barro mas que nada. Tambien usamos la esponja para limpiar la base y posteriormente drenar el agua.

Fuente propia



Fuente propia

Figura 3-3 Limpieza con esponja

Tabla 3-4 Limpieza con escobilla metálica

Acción	Desarrollo	Observación
Limpieza con escobilla metálica	Sacamos de nuestras herramientas una escobilla metálica para sacar la suciedad que más estaba pegada, ya que es más abrasivo.	Logramos sacar los detalles de la suciedad y dejar más limpio el trapiche

Fuente propia



Fuente propia

Figura 3-4 Limpieza con escobilla metálica

3.1.3 Análisis de componentes

Al igual que el trapiche, las componentes que tenía ya están viejas por lo que debemos revisarlas para encontrar algún desperfecto o falla que puedan afectar a la parte funcional del componente, más allá de lo estético de que este sucio.

Revisamos las componentes:

Tabla 3-5 revisión generador

Parte	Observación
Generador	1. Tiene mucha suciedad por encima y dentro ya que no es cerrado del todo.
	2. No se observa rotura en el depósito de combustible.
	3. La batería puede estar descargada por el paso del tiempo, lo que comprobaremos luego

Fuente propia



Fuente propia

Figura 3-5 Generador

Para ver si el generador funcionaba bien decidimos ponerlo a prueba encendiéndolo, por lo que primero lo limpiamos e hicimos las siguientes acciones generando observaciones:

Tabla 3-6 Puesta de gasolina

Acción	Desarrollo	Observación
Puesta de gasolina	Comparamos gasolina en una bomba cercana y se la pusimos en el depósito como se ve en la figura 3-6. Luego procedimos a encenderlo dando el paso de la gasolina para así girar la llave de encendido	El generador no funciono de primeras, por lo que debe tener alguna falla como de la batería u otra parte de este, por lo que lo tenemos que revisar

Fuente propia



Fuente propia

Figura 3-6 puesta de gasolina

Al llevar mucho tiempo sin usarse la batería se descargó, por lo que probamos con otra batería que teníamos y si prendió, por lo que la causa de la falla era que la batería estaba descargada.

En la siguiente tabla exponemos las fallas encontradas y la resolución:

Tabla 3-7 Falla de batería

Falla	Causa	Resolución
Falla de batería	Mucho tiempo sin uso y mantenimiento	Usar batería de repuesto y cambiar la batería en mal estado

Fuente propia

Al realizar esto no tuvimos más problemas al encenderlo de nuevo.

Seguimos con el motor, el cual al igual que el generador se encontraba mucho tiempo sin uso, lo revisamos y generamos observaciones que colocamos en la siguiente tabla:

Tabla 3-8 revisión motor

Parte	Observación
Motor	<ol style="list-style-type: none"> <li data-bbox="409 1589 1453 1726">1. Presenta suciedad por encima <li data-bbox="409 1726 1453 1856">2. El motor es cerrado por lo que debemos revisar la ventilación por si hay alguna obstrucción

Fuente propia



Fuente propia

Figura 3-7 Motor

Al realizar la limpieza decidimos colocarlo a prueba, por lo que las observaciones fueron las siguientes:

Tabla 3-9 Puesta en marcha

Acción	Desarrollo	Observación
Puesta en marcha del motor	Conectamos el motor al generador para ver si no presentaba fallas al encenderse.	El motor funciono sin problemas

Fuente propia

Al funcionar sin problemas, debemos seguir los planes de mantenimiento presentados más adelante para que no presenten fallas en su uso.

3.1.4 Revisión de ejes y discos

Al estar mucho tiempo sin usarse el equipo no sabemos si pueden fallar en el transcurso de la operación por lo que los revisamos y generamos las siguientes observaciones:

Tabla 3-10 revisión discos

Parte	Observación
Discos internos	1. Presentan corrosión y barro por encima
	2. Están visiblemente gastados por el uso, por lo que lo mejor para la restauración es cambiarlos

Fuente propia



Fuente propia

Figura 3-8 Discos internos

Al ver el estado de los discos y disponer de un repuesto decidimos cambiarlos para completar la restauración del equipo, esta acción la describimos en la siguiente tabla:

Tabla 3-11 Cambio de discos

Acción	Desarrollo	Observación
Cambio de discos internos	Sacamos los discos dañados del trapiche y colocamos un repuesto, el cual no estaba dañado, solo sucio.	No tuvimos problemas para encajarlo y pudimos completar la acción.

Fuente propia



Fuente propia

Figura 3-9 Cambio de discos

Revisamos el eje y las observaciones que realizamos las presentamos en la siguiente tabla:

Tabla 3-12 revisión eje

Parte	Observación
Eje	1. Presenta suciedad y barro que limpiaremos para luego lubricarlo nuevamente, fuera de eso no parece tener ningún desperfecto, si llegara a tener alguno, lo sabremos en la puesta a prueba

Fuente propia

3.1.5 Puesta en marcha

Finalizando con las acciones previas podemos empezar la prueba en marcha para ver si se logró la restauración deseada del equipo, las acciones las describimos en la siguiente tabla:

Tabla 3-13 Puesta en marcha total

Acción	Desarrollo	Observación
Puesta en marcha	Conectamos el motor al generador y activamos el interruptor para poner el marcha el trapiche, le agregamos agua para simular su funcionamiento.	El trapiche funciono sin problemas, lo tuvimos encendido un buen rato y no se detuvo en ningun momento, por lo que cumplimos nuestro objetivo de restauracion

Fuente propia



Fuente propia

Figura 3-10 puesta en marcha

Como extra, teníamos un problema con la salida del agua ya que era muy lenta, por lo que le hicimos un arreglo al trapiche que describimos en la siguiente tabla:

Tabla 3-14 adaptación para salida de agua

Acción	Desarrollo	Observación
Adaptación para salida de agua	Con una herramienta de corte hicimos una pequeña abertura en la base y le agregamos una pieza de metal para que el agua logre salir más rápido.	La adaptación de salida de agua tuvo éxito y no supuso un problema para el funcionamiento.

Fuente propia



Fuente propia

Figura 3-11 Adaptación para salida de agua

3.2 GUÍA PASO A PASO PARA ACCIONES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Para poder establecer las acciones de mantenimiento de forma adecuada creamos una guía donde se presenta el paso a paso para la realización del mantenimiento, basándonos en varias referencias de mantenimientos preventivos. Este plan consta de la pieza, herramienta o medio, tiempo de duración, frecuencia y un check list para marcar cuando cada una de estas acciones sea realizada por el trabajador.

Tabla 3-15 guía paso a paso

PASO A PASO					
MOTOR					
Pieza	Tarea	Herramienta o medio	Tiempo de duración	Frecuencia	Check
Estator	Inspección visual del estator	visual	15 minutos	Anual	
	Control de limpieza	Implementos de limpieza (Paño, escobilla)	1 hora	Anual	
	Inspección de las cuñas de ranura	Visual	15 minutos	3 años	
	Control de los terminales del estator	Multítester	15 minutos	Anual	
	Medir la resistencia del aislamiento del rodamiento	Multítester	15 minutos	Anual	
Cojinetes	Control de ruido, vibraciones, perdida de aceite, fugas y temperatura	Termómetro digital, visual.	10 minutos	Semanal	
	Lubricación	Lubricante	40 minutos	Semestral	
	Inspección de los casquillos y ejes de la pista	Visual	15 minutos	3 años	
Rotor	Control de limpieza	Implementos de limpieza (Paño, escobilla)	1 hora	Anual	
	Inspección visual del eje	Visual	20 minutos	3 años	
GENERADOR	Revisión de temperaturas y ventilación	Tacto o termómetro digital, implementos de limpieza y Visual	10 minutos	Diario	
	Limpieza externa	Implementos de limpieza (Paño, esponja, solución de limpieza)	25 minutos	Antes y después de usar el equipo	
	Observar ruidos anormales o vibraciones	Visual	10 minutos	Diario	
	Observar nivel de lubricación	Varilla medidora	5 minutos	Mensual	
	Comprobar estado general	Manual	20 minutos	Trimestral	
	Limpieza interior	Aire comprimido, paños de limpieza	30 minutos	Semanal	
TRAPICHE	Verificar ejes	Llave inglesa	25 minutos	Mensual	
	Verificar Discos	Llave inglesa	25 minutos	Mensual	
	Limpieza Externa	Implementos de limpieza (Paño, esponja, solución de limpieza), Agua a presión (hidro lavadora)	40 minutos	Antes y después de usar el equipo	
	Lubricación	Visual y lubricante	15 minutos	Semanal	

Fuente propia

3.3 ACCIONES Y PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

3.3.1 Acciones del mantenimiento del generador

Tabla 3-16 Mantenimiento del generador

Acciones de mantenimiento del generador	
Acción	Procedimiento
Revisión de temperaturas y ventilación	El límite de temperatura establecido por el fabricante es de 40°C, por lo que para verificar la temperatura usaremos un termómetro digital o bien el tacto, si sentimos alguna dolencia al tocarlo prolongadamente concluimos que está a más temperatura de lo normal. También lo podemos realizar con un termómetro digital, apuntamos a la superficie del generador y sacamos conclusiones. Para la ventilación revisamos que no haya ninguna obstrucción y limpiamos el polvo o suciedad que tenga.
Limpieza externa	Con un paño o esponja agregándole agua o solución de limpieza pasamos por encima del generador para limpiar alguna suciedad como polvo o algún resto de gasolina que haya quedado.
Observar ruidos anormales o vibraciones	Observamos el generador en busca de ruidos anormales o vibraciones que se produzcan. Cuando hablamos de ruidos anormales nos referimos a algún ruido que no se produzca por la acción del generador sino por alguna rozadura o algo suelto. También esto se aplica a las vibraciones, si escuchamos este tipo de sonido de vibración es porque hay algo suelto o rozando con otra pieza.
Observar nivel de lubricación	Para verificar el aceite del motor mientras se apaga el generador a intervalos regulares con una varilla medidora. Permita que el aceite en las partes superiores del motor se drene nuevamente dentro del cárter y siga las recomendaciones del fabricante del motor para la clasificación de aceite
Comprobar estado general	Hacer un drenaje de gasolina, esto se hace cuando el equipo tiene mucho tiempo sin funcionar, primero se debe colocar en off el filtro de gasolina y soltar el perno de la gasolina para que drene todo lo que tenga. También hay que limpiar el filtro de aire, el cual con la llave adecuada se saca el perno, se extrae el filtro y se sopla con aire a presión. Luego se vuelve a instalar
Limpieza interior	Para la limpieza interna del generador se debe desarmar cuidadosamente con las llaves adecuadas y con aire comprimido sacar el polvo que tenga dentro, luego con paños limpiar la suciedad que el aire no pueda sacar

Fuente propia

3.3.2 Acciones de mantenimiento del Motor

Tabla 3-17 Mantenimiento del motor

Acciones de mantenimiento del motor	
Estator	
Acción	Procedimiento
Inspección visual del estator	Revisamos el estator en busca de suciedad o rastros de que se haya quemado. Esto ocurre por la misma acción del estator de giro. Si encontramos este rastro de suciedad o de quemadura podemos tener problemas con el paso de corriente eléctrica provocando que no funcione adecuadamente.
Control de limpieza	Con un paño y una escobilla limpiamos meticulosamente las partes internas del motor para eliminar cualquier suciedad que presente, teniendo cuidado de tener el motor desconectado totalmente de la electricidad.
Inspección de las cuñas de ranura	Revisamos las cuñas en busca de algún desgaste o polvo rojizo pegado en las cuñas o alrededor, esto es signo de oxidación del hierro contenido en las cuñas, puede llevar a la pérdida de las cuñas y de potencia.
Control de los terminales del estator	Con el multítester chequeamos que exista continuidad, conectamos el multítester de la forma (x) y vemos los resultados, por lo general no deben ser muy altos. Si no existe continuidad entonces hay algún fallo.
Medir la resistencia del aislamiento del rodamiento	Tomamos el multítester para medir la aislación, la parte positiva y negativa la colocamos en el conmutador (x), si tenemos continuidad no tenemos problemas y la resistencia que nos da debe rondar entre los 1 a 10 mega ohm.
Rotor	
Control de limpieza	Revisamos el rotor en busca de suciedad o algún residuo provocado por oxidación de las partes. (x)
Inspección visual del eje	Revisamos en busca de signos de desgaste, incrustaciones y quemaduras que se hayan producido en el eje(x)
Cojinetes	
Control de ruido, vibraciones, pérdida de aceite, fugas y temperatura	Revisamos la temperatura que se produce en los cojinetes apuntando con el termómetro digital a él cojinete, luego registramos la temperatura la cual no deben pasar los 40°C según la temperatura límite de fabricante. También si se presentan vibraciones o ruidos anormales puede darnos a entender que hay alguna obstrucción o desgaste excesivo en el cojinete lo que nos puede dar a entender que hay falta de lubricación por el exceso de fricción
Lubricación	Agregamos lubricante como nos indica la referencia (x), al hacer esta acción disminuimos la fricción así disminuyendo desgastes y corrosión que se presenten, disminuyendo la probabilidad de fallas.
Inspección de los casquillos y ejes de la pista	Revisamos buscando signos de desgastes o incrustaciones como la referencia (x)

Fuente propia

3.3.3 Acciones de mantenimiento del trapiche

Tabla 3-18 Acciones de mantenimiento del trapiche

Acciones de mantenimiento del trapiche	
Acción	Procedimiento
Verificar ejes	Se debe observar si el eje presenta algún ruido o presenta algún movimiento extraño, en caso de tener alguna de estas con la llave inglesa se procede a soltar el perno que afirma al eje y ver que ocurre. Generalmente solo se debe apretar ese tornillo
Verificar Discos	Si el disco presenta algún movimiento extraño se debe verificar que los pernos que tiene estén bien apretados, en caso de estar sueltos se recomienda desarmar el disco y armar nuevamente.
Limpieza Externa	Con agua a presión se limpia el trapiche para soltar y remover el barro que queda después de la molienda, luego con los paños y esponja se limpia hasta remover toda impureza.
Lubricación	La lubricación del trapiche se ve a simple vista ya que si los ejes suenan o hacen algún rose al girar, se debe aplicar la lubricación necesaria para que este no sufra ningún daño.

Fuente propia

3.3.3 Disponibilidad Operacional final

Final= Teniendo en cuenta una jornada de 8 horas y solo días laborales tomamos la cantidad de horas totales trabajadas del equipo y el tiempo de mantenimiento en 1 año de la guía paso a paso.

Tabla 3.19 Disponibilidad operacional final

Disponibilidad Operacional		
Horas totales por año	Tiempo de mantenimiento(horas)	Disponibilidad Operacional
2016	7,8	99,61%

Fuente: Propia

CONCLUSIONES Y **RECOMENDACIONES**

- Conclusiones:

Para finalizar con este trabajo de tesis, se mostrará las conclusiones obtenidas a lo largo del trabajo en este proyecto. Esto con el fin de mostrar los beneficios obtenidos.

El objetivo de esta tesis era restaurar un trapiche minero y que fuera capaz de tener la misma disponibilidad operacional como cuando fue fabricado. Poder optimizar el costo de las pequeñas mineras que al tener no tener un conocimiento avanzado en el área se les presenta un gasto mayor al arrendar este tipo de maquinaria y tiene un costo muy elevado o la empresa al comprar esta máquina no la sabe cuidar y tener un plan de mantenimiento como corresponde, presentando una falla que se puede evitar.

Un aspecto importante para la restauración en analizar el trapiche de una forma general y específica para tener claro que piezas se deben cambiar o se pueden reutilizar, en nuestro caso nuestro motor estaba en muy mal estado, por lo que se tuvo que comprar otro motor y reemplazar el antiguo. Por otro lado, nuestro generador no funcionaba, al hacerle la revisión nos damos cuenta de que la batería que tenía estaba sin carga por el tiempo en desuso, así que decidimos hacer un cambio de batería para que no presentara problemas.

Finalmente, el trapiche necesitaba una limpieza externa e interna ya que presentaba mucho óxido y barro, al realizar esto como se apreciaba en las fotos quedó en buen estado, lo único que le realizó al trapiche en sí, fue un cambio de discos ya que encontramos que los que tenía estaban muy dañados y esto puede afectar a la molienda.

Se logró el objetivo principal de esta tesis el cual era darle una segunda oportunidad a este trapiche minero, para que fuera usado en una pequeña empresa minera, así ahorrando algo de dinero y disminuyendo el trabajo de los pirquineros. El trapiche logró tener una disponibilidad mecánica casi igual que a sus inicios, no presento ninguna falla más. La idea es que los trabajadores sigan nuestras acciones de mantenimiento preventivo para que el trapiche se mantenga en buen estado.

- Recomendaciones:

Al terminar este proyecto encontramos que siempre se puede tener una mejora continua, por lo tanto, recomendamos a los estudiantes futuros que tengan en mente mejorar este proyecto, las siguientes recomendaciones.

Lo primero que planteamos para que haya una mejora en el proyecto es implementar un plan de mantenimiento completo del equipo. Como puede ser el tipo de lubricación que use el equipo, o intentar crear una nueva forma de extracción del oro. También sugerimos la implementación mejor para poder botar el agua del trapiche ya que nosotros tuvimos que hacerle una adaptación para poder botar el exceso de agua.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Milton Godoy (2012) Historia de los pirquineros chilenos.
<https://www.mch.cl/reportajes/los-pirquineros-del-norte-chico/#>
- 2.- Milton Godoy (2016) Minería popular.
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-12432016000200002
- 3.- Calameo revisión técnica del motor estator.
<https://es.calameo.com/read/00317049352f347531b57>
- 4.- Demaquinas y herramientas Mantenimiento preventivo de un generador.
<https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-electricas-y-accesorios/mantenimiento-generador-electrico>.
- 5.- Grupel Fallas comunes en un generador.
<https://grupel.eu/es/grupel-es/posibles-causas-de-fallas-del-generador/>
- 6.- Reportero industrial (2016)
<https://www.reporteroindustrial.com/blogs/Formulas-de-calculo-de-indicadores-de-disponibilidad+115450>
- 7.- Apuntes electrotecnia (2020/2021) Profesor Claudio Romero
- 8.- Monitoreo de la mediana y pequeña minería (diciembre 2014)
<https://www.cochilco.cl/Listado%20Temtico/Informe%20Med%20Min%2028%2010%202014.pdf>
- 9.- 10 Pasos para crear un mantenimiento preventivo (Marzo 2018)
<https://www.datadec.es/blog/pasos-plan-mantenimiento-preventivo>
- 10.- Análisis de criticidad
<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5311/fichero/5-+Analisis+de+criticidad.pdf>