

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

ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTO OPERACIONAL PARA CHANCADOR TIPO
CONO EN COMPAÑÍA MINERA CERRO NEGRO

Trabajo de titulación para optar
al título de Técnico Universitario
en MINERÍA Y METALURGIA

Alumnos:

Catalina Elizabeth Lagos Casanova

Patricio Nicolás Zamora Olivares

Profesor guía:

Mg. Ing. Luis Gutiérrez Meneses

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos Catalina Lagos Casanova:

Primero que todo, quiero agradecer a mis padres Juan Lagos y Sylvia Casanova por haberme brindado una buena educación y valores, por apoyarme cuando más lo necesitaba, por darme amor, cariño y por estar ayudándome constantemente para que pueda terminar bien este proceso universitario. Agradezco también a mi hermano Camilo Lagos que gracias a él me he podido tomar las cosas con más calma, me ha sacado hartas risas y me ha ayudado en lo que más puede.

También agradezco a mi pareja Matías Frez que gracias a él he podido estudiar tranquila, gracias por la contención y por el apoyo con nuestro bebé. Este esfuerzo que estoy haciendo es dedicado para mi hijo, Matías León, sé que todo esto servirá para un mejor futuro para ti y nosotros como familia. Los amo mucho.

Finalmente, pero no menos importante, agradecer a nuestro profesor guía Luís Gutiérrez, que, gracias a su sabiduría, paciencia y apoyo pudimos terminar este trabajo de título, muchas gracias por confiar en nosotros.

Agradecimientos Patricio Zamora Olivares:

Agradecer especialmente a mi madre Sandra Olivares, quién ha logrado sacarnos adelante a mí y a mis hermanas con esfuerzo, perseverancia y amor, nunca podremos pagarte lo que has hecho por nosotros. Agradecer a mi pareja María José por el apoyo, el amor y por siempre creer en mí, cuando ni siquiera yo lograba hacerlo. A mis hermanas Camila y Pamela por cada ayuda y consejo que me han brindado hasta el día de hoy. Agradezco a mis abuelos José y María por todo el amor y las enseñanzas que desde pequeño me han dado, las portaré con orgullo para toda la vida.

Al cielo agradezco a mi padre, todos me decían que yo era tu más grande orgullo, donde sea que te encuentres, espero veas lo que tu cachorro ha logrado.

Por último y no menos importante, agradezco a mi persona por seguir adelante y nunca desistir.

RESUMEN

KEYWORDS: PROCEDIMIENTO-CHANCADOR- CHECK LIST- FALLA- DIAGRAMA DE DECISIONES

En el presente trabajo de título se realizará la elaboración y propuesta de un protocolo operacional para un chancador de cono en su etapa secundaria, para poder entender y llegar a cumplir los objetivos propuestos, para esto se abordará cada tema en un orden específico.

En el primer capítulo se da a conocer los datos técnicos del equipo, sus componentes y características propias de la operación (como funciona), flowsheet de la empresa y de la etapa secundaria, así como también descripción completa del área de chancado, con el fin de poner en contexto para luego abordar temas más específicos como parámetros que el equipo posee y la selección de aquellos más críticos para la operación.

El segundo capítulo, brinda información sobre el historial de fallas ocurridas en el período 2022, abordando y analizando cada una de ellas de forma individual mediante tablas e historial de repuestos.

Se relaciona cada falla con indicadores críticos de producción, con la finalidad de evidenciar la importancia de estos dentro de todo momento en la operación.

Se mencionan y describen los minerales que el equipo debe procesar, para relacionar las características de estos con los atollos que el equipo puede sufrir y que hacen que esté mas susceptible a fallas de mayor importancia.

En el tercer y último capítulo, se exponen diferentes clasificaciones para los indicadores críticos de producción mediante una tabla. También se propone un protocolo para la operación del chancador secundario, lo que conlleva puesta en marcha, operación y atollos con mineral.

Se mencionan los riesgos asociados al área y sus medidas de control.

Se brindan consideraciones para cada mineral en específico, sus características y los cuidados que se deben tener para una operación con el menor número de contratiempos posibles.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
PROBLEMÁTICA	2
OBJETIVO GENERAL	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	5
CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES	7
1.1 ÁREA DE CHANCADO PARA SULFURO	9
1.2. CHANCADOR DE CONO	12
1.2.1 Descripción del equipo	12
1.2.2 Componentes principales	14
1.2.3 Datos técnicos del equipo	15
1.2.4 Principales indicadores	17
CAPÍTULO 2: HISTORIAL DE FALLAS Y RELACIÓN ENTRE INDICADORES	23
2. HISTORIAL DE FALLAS	24
2.1 Corte de correa de transmisión en chancador	24
2.2 Falla en conjunto de eje principal	25
2.3 Falla de flexible en sistema de lubricación.....	26
2.4. Modo de falla	27
2.5. Historial de repuestos.....	27
2.6. Relación entre indicadores críticos e historial de fallas y repuestos	30
2.7. Minerales procesados y las fallas que pueden provocar.....	37
CAPÍTULO 3: PROCEDIMIENTO OPERACIONAL CHANCADOR TIPO CONO	42
3. OBJETIVO	44
3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	44
3.2 ALCANCE	44
3.3 ACTIVIDADES PREVIAS.....	44
3.4 RIESGOS ASOCIADOS Y MEDIDAS DE CONTROL	45
3.4.1 Riesgo de atrapamiento por partes móviles	45
3.4.2 Riesgo de caídas a mismo y distinto nivel en plataformas de trabajo, pasillos y escaleras	46

3.4.3 Riesgo por choques y/o golpes contra estructuras u objetos	47
3.4.4 Riesgo por exposición a polvo sílice.....	47
3.4.5 Riesgo por exposición a ruido	49
3.5 PROCEDIMIENTO DE CHANCADOR SECUNDARIO	51
3.5.1 Elementos y equipos	51
3.5.2 Puesta en marcha	51
3.5.3 Funcionamiento del electroimán.....	61
3.5.4 Deberes del operador.....	62
3.6 MEDIDAS DE CONTROL PARA ATOLLOS Y POSIBLES FALLAS	64
3.6.1 Atollo por sobre tamaño dentro de la cámara del chancador	64
3.6.2 Atollo por detención repentina del equipo.....	65
3.6.3 Atollo por sobrecarga en cinta auxiliar 2.....	65
3.6.4 Atollo por sobrecarga en cinta S-4.....	66
3.7 MINERALES A PROCESAR Y SUS CONSIDERACIONES	66
3.7.1 Sulfuro 620.....	67
3.7.2 Sulfuro Portales	69
3.7.3 Óxido 620	70
CONCLUSIONES	72
RECOMENDACIÓN.....	73
ANEXOS	74
PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN Y CONTROL DE CHANCADOR SECUNDARIO	74
Anexo A: Tolva de alimentación y brazo hidráulico.	84
Anexo B: Cinta fija y auxiliar.....	85
Anexo C: Motor de chancador secundario	85
Anexo D: Silo andarivel	86
Anexo E: Cinta 16	86
Anexo F: Cinta 15	87
Anexo G: Cinta 11.....	88
Anexo H: Cinta 10.....	88
Anexo I: Chute de cinta 9	89
Anexo J: Cinta 7	89
Anexo K: Cinta 1 (izquierda) y cinta 2 (derecha)	90
Anexo L: Chancador 2 y harnero 2	90

Anexo M: Chancador 1 y harnero 1	91
Anexo N: Cinta 3.....	91
Anexo Ñ: Cinta 6.....	92
BIBLIOGRAFÍA	93

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1-1. Mapa ubicación de la empresa CMCN.
- Figura 1-2. Flowsheet planta de procesos.
- Figura 1-3. Vista desde caseta chancador primario
- Figura 1-4. Flowsheet chancador secundario.
- Figura 1-5. Vista de chancado terciario desde silos de molienda
- Figura 1-6. Chancador secundario
- Figura 1-7. Despiece de un chancador tipo cono
- Figura 1-8. Sistema de lubricación.
- Figura 1-9. Amperímetro digital.
- Figura 1-10. Amperímetro análogo.
- Figura 1-11. Temperatura de aceite
- Figura 2-1. Correa de transmisión con desgaste y cortada.
- Figura 2-2. Eje principal dañado por impacto reiterado a cubiertas
- Figura 2-3. Rotura de flexible en la superficie.
- Figura 2-4. Diagrama de decisiones para falla de corte de correa de transmisión
- Figura 2-5. Inchancable de acero al manganeso
- Figura 2-6. Diagrama de decisiones para falla por inchancable
- Figura 2-7. La flecha indica rotura del flexible
- Figura 2-8. Diagrama de decisiones para fuga de aceite en flexible
- Figura 2-9. Sulfuro Portales
- Figura 2-10. Sobretamaño de sulfuro 620 en cinta auxiliar 2
- Figura 2-11. Chute de chancador terciario atollado con fino húmedo de óxido 620
- Figura 3-1. Riesgo por atrapamiento.
- Figura 3-2. Asesoría riesgo laboral caídas a un mismo nivel.
- Figura 3-3. Golpes y choques contra objetos y elementos inmóviles.
- Figura 3-4. Zona de alta exposición a sílice.
- Figura 3-5. Uso obligatorio de protector auditivo

- Figura 3-6: Horómetro de chancador secundario
- Figura 3-7: Tablero de chancador secundario
- Figura 3-8: AST
- Figura 3-9: Cámara de chancador en condiciones de puesta en servicio.
- Figura 3-10: Cinta S-4 en condiciones para puesta en servicio
- Figura 3-11: Tolva Blake y cinta auxiliar 2 en condiciones para puesta de servicio.
- Figura 3-12: Botonera ubicada en la caseta de operación
- Figura 3-13: Zona de lubricación
- Figura 3-14: Llave mariposa
- Figura 3-15: Llave en la parte inferior del estanque
- Figura 3-16: Tercera llave para el paso del aceite
- Figura 3-17: Botonera para ajustar setting del equipo
- Figura 3-18: Electroimán de cinta auxiliar 2.
- Figura 3-19: F80 de alimentación en cinta auxiliar 2 favorable para el equipo y en proporción con mano del operador
- Figura 3-20: Producto de descarga con P80 favorable en cinta S-4 en proporción con mano del operador.
- Figura 3-21: Report chancador secundario
- Figura 3-22: Candado y tarjeta de bloqueo.
- Figura 3-23: Tapa de registro de chancador secundario
- Figura 3-24: Sulfuro 620 acopiado en cancha 6
- Figura 3-25: Llave de paso del agua para el área.
- Figura 3-26: Primera llave en chute de traspaso
- Figura 3-27: Llave sobre cinta S-4
- Figura 3-28: Sulfuro Portales acopiado en cancha 6.
- Figura 3-29: Óxido 620 en cancha 4

ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1-1. Componentes de chancador secundario.
- Tabla 1-2. Tabla representativa de datos técnicos de chancador de cono
- Tabla 1-3. Indicadores críticos de chancador y bomba de aceite
- Tabla 2-1. Tabla de modo de falla con datos obtenidos de la Compañía Cerro Negro
- Tabla 2-2. Componente dañado a reemplazar en cambio de correas de transmisión.
- Tabla 2-3. Componentes dañados a reemplazar en cambio de eje principal.
- Tabla 2-4. Insumos para cambio de manto
- Tabla 2-5. Insumos para cambio de revestimiento.
- Tabla 2-6. Insumos para cambio de flexible en sistema de lubricación.
- Tabla 2-7: Resumen de principales tipos de falla asociadas de acuerdo a indicadores.
- Tabla 3-1: Clasificación de indicadores de producción.
- Tabla 3-2: Clasificación de elementos y equipos

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

SIGLAS

S.A : Sociedad anónima
Etc : Etcétera
AST : Análisis seguro de trabajo
CMCN : Compañía minera cerro negro

SIMBOLOGIA

Tpm : Tonelada por mes
Ton/h : Tonelada por hora
kW : kilowatt
A : Amper
Psi : Libra por pulgada cuadrada
V : Voltaje
Hz : Herz
Hp : Horse power
mm : Milímetros
“ : Pulgadas
USD : Dólar estadounidense

INTRODUCCIÓN

La minería en Chile es uno de los pilares fundamentales para el desarrollo del país, este tiene como objetivo obtener el mayor mineral posible en un tiempo determinado, todo esto se produce mediante distintos procesos, dentro de estos se encuentra el chancado, que su objetivo es reducir el tamaño de grandes rocas a fragmentos que tengan una granulometría menor, esta varía dependiendo de la empresa, es por esto que los chancadores deben estar en óptimas condiciones para poder realizar con éxito sus labores y no retrasar la producción.

El rendimiento de un chancador se mide por la cantidad de toneladas por hora (ton/h) que este procesa, por lo tanto, este parámetro operacional es el más importante dentro de la producción, aunque puede verse afectado por diversas condiciones (generalmente relacionadas al mineral procesado) que pueden causar contratiempos o en el peor de los casos una falla mecánica.

Una falla mecánica puede ser prevenida o puede ser anticipada por el operador si éste pone atención a las condiciones que se presentan al operar y que pueden ser causantes de una falla más grave, ya sea por el estado del mineral (húmedo, presencias de finos o inchancables) o por las condiciones en las que se encuentra el equipo (desgaste de cubiertas, pérdidas de aceite, etc).

El presente trabajo buscará relacionar parámetros operacionales con las fallas que afectan al equipo, analizando diversas condicionantes que puedan gatillar en una falla para poder minimizarlas lo máximo posible.

PROBLEMÁTICA

El área de chancado dentro de la compañía es muy susceptible a fallas debido al poco control y también la antigüedad de las máquinas. El equipo en cuestión y que se tomó para realizar esta investigación es un chancador de cono de la marca Allis Chalmers actualmente operando dentro de la compañía Cerro Negro en su etapa secundaria que es alimentado por un chancador de mandíbula. La importancia de esto se da debido a la poca información directa que entrega la máquina hacia el operador que resulta insuficiente para identificar alguna anomalía haciendo que la mayoría de estas se logre confirmar de forma sensorial (vibraciones, sonidos) o directamente visual, además de la poca capacitación que se les da a los operadores por parte de la empresa respecto al funcionamiento y partes del equipo lo que limita su control sobre éste, pudiendo hacer que ese conocimiento haga una gran diferencia en el proceso productivo, puesto que no hay un plan de contingencia en caso de que este equipo falle de forma repentina. Este chancador tiene un tiempo de operación de 10 horas efectivas en un turno de 12 horas y en ese tiempo procesa entre 1000 y 1200 toneladas de forma ideal, siendo vital el poder relacionar los parámetros con las condiciones que puedan facilitar cualquier falla en cuestión, debido a que estos perjudican el rendimiento del equipo en temas de producción de mineral (ton/h).

Durante el año 2023 el chancador ha tenido solo una falla importante que ha detenido la producción a causa de la alimentación que se realizaba mediante retroexcavadora debido a que el chancador primario se encontraba fuera de servicio. Esta forma de alimentación causaba grandes golpes de carga que sometían al equipo a una gran presión de forma continua, además de un mal parrillado de mineral que contribuía al paso de sobretamaños hacia el equipo. Esto causó una falla en el eje principal haciendo que el manto girara más rápido de lo normal lo que llevaba a un consumo de amperaje más alto de lo normal estando el equipo en vacío, por lo que se tuvo que optar por detener la producción y desarmar el chancador.

Nuestra propuesta en general ayudará a poder disminuir costos asociados a repuestos o reparaciones por parte de empresas externas (en caso de ser necesarias), alargar la vida

útil de las partes que sufren desgaste y por supuesto para no retrasar la entrega del producto final y cumplir con las metas de producción a final de mes.

OBJETIVO GENERAL

Elaborar un procedimiento operacional para chancador secundario tipo cono de la Compañía Minera Cerro Negro, de acuerdo a indicadores críticos y fallas relacionándolo con los tiempos de producción.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Reconocer la importancia del chancador dentro del proceso productivo de acuerdo a diagrama de flujo y datos reales determinando los indicadores críticos de producción.

Relacionar de forma empírica los indicadores críticos de producción y las fallas de acuerdo a historial de repuestos determinando la o las posibles soluciones.

Proponer un protocolo para la utilización del chancador relacionándolo con los indicadores de producción para disminuir tiempos de producción.

DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

La compañía minera cerro negro S.A se ubica en el sector de Pitipeumo, en la provincia de Petorca, Quinta región. Su exploración y excavación comenzó en 1920, sin embargo, en 1980 inició una recesión económica en Chile que provocó el cierre de esta compañía. En 1996 fue el cambio de dueño y gracias a esto hoy en día la faena tiene una capacidad de 55.000 tpm de minerales oxidados, y adicional posee una capacidad de procesamiento de 70.000 tpm de minerales sulfurados.

Esta compañía consta con una mina rajo media luna, planta de lixiviación, planta de extracción por solventes y planta de sulfuro.

Su principal yacimiento es el Rajo Media Luna, con reservas de óxidos y sulfuros por 3.7 millones de toneladas, con una ley de cobre de 0.95%



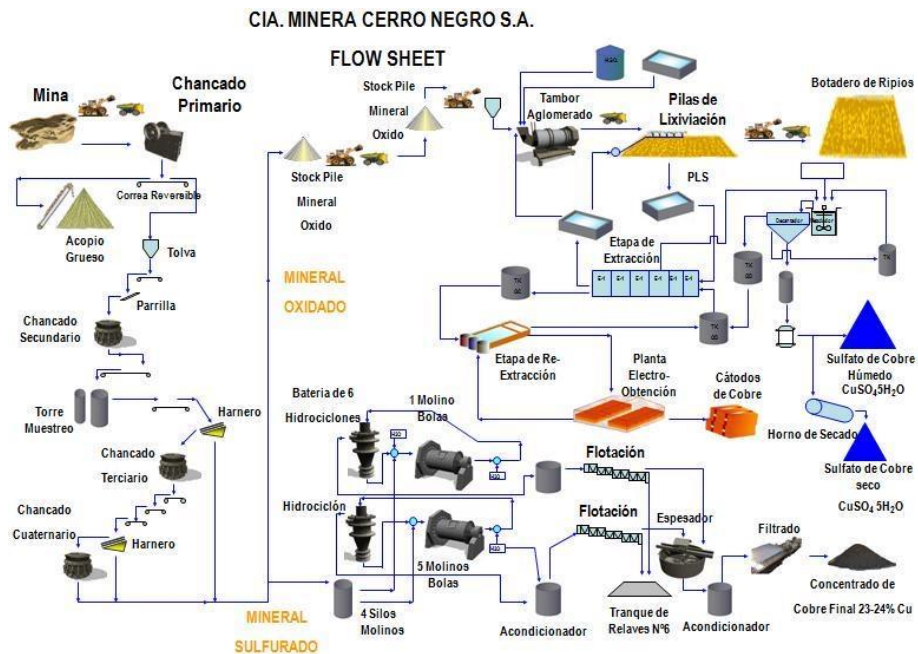
Fuente: Silva, N. Q. (2015). ESTUDIO DE PUESTA EN MARCHA PARA MOLINOS DE BOLAS Y PLANTA DE FLOTACIÓN EN MINERA CERRO NEGRO. *Pontificie Universidad Católica de Valparaíso*.

Figura 1-1: Mapa ubicación de la empresa CMCN.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES

1. ANTECEDENTES GENERALES

Para conocer la importancia del equipo dentro del proceso productivo se debe presentar el circuito completo, además de describir las etapas de la planta y conceptos básicos y claves para poder comprender mejor.



Fuente: Facilitado por la Compañía Minera Cerro Negro 2022

Figura 1-2. Flowsheet planta de procesos

En la figura 1-2 se aprecia cada etapa desde que entra el mineral al chancador primario hasta el producto final que puede ser concentrado de cobre en el caso de la planta de sulfuros y cátodos de cobre en el caso de la planta SX.

1.1 ÁREA DE CHANCADO PARA SULFURO

De acuerdo a lo mostrado en el flowsheet la primera parte comienza en el chancado primario, que consta en su etapa completa de lo siguiente:

- Una tolva de descarga para los camiones junto a un brazo hidráulico tipo retroexcavadora para empujar la carga hacia el alimentador (ver anexo A).
- Un alimentador aprom feeder que se aprecia en la figura 1-3, arroja el mineral hacia un chancador de mandíbulas que entrega un mineral de entre 88 a 114 milímetros que luego será transportado por 3 cintas hacia la siguiente etapa que son: cinta fija, cinta auxiliar 1 (ver anexo B) y cinta móvil.



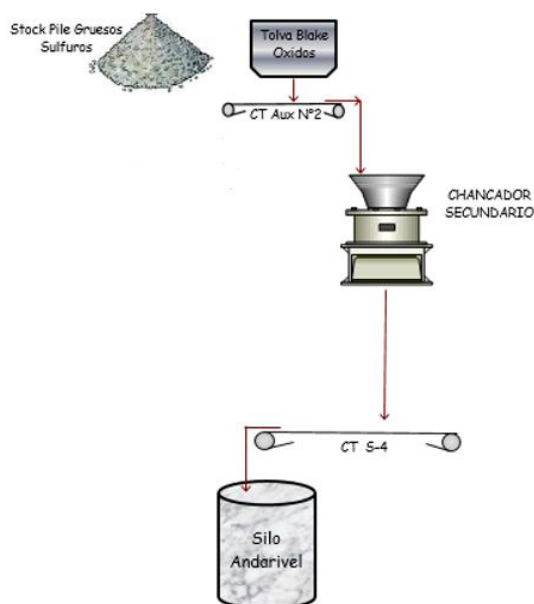
Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora
Compañía Minera Cerro Negro año 2022

Figura 1-3. Vista desde caseta chancador primario

La etapa secundaria (figura 1-4) de chancado consta solo de 4 elementos que son:

- Tolva blake donde se recibe el mineral previamente chancado por el primario.
- Cinta auxiliar 2 encargada de alimentar al chancador.
- Chancador de cono.
- Cinta S-4 encargada de recibir el mineral chancado que oscila entre 25 a 35 mm para ser depositado en el silo andarivel que alimenta la siguiente etapa.

Cabe señalar que en esta etapa se realiza la toma de muestras de cada mineral que se procesa para ser enviadas a análisis en laboratorio, si bien el chancado y la muestrera se encuentran en el mismo sector, estas pertenecen a diferentes departamentos dentro de la empresa.



Fuente: Facilitado por la Compañía Minera Cerro Negro 2019

Figura 1-4. Flowsheet chancador secundario

La etapa final del chancado se concreta en el chancado terciario (figura 1-5) donde el mineral se reduce a $\frac{3}{8}$ de pulgada para mineral de óxido, (circuito abierto) y $\frac{1}{8}$ de pulgada para mineral de sulfuro, (circuito cerrado). El mineral del silo andarivel (ver anexo D) es extraído por la cinta N6 (ver anexo Ñ) de alimentación hacia el harnero 1 (ver anexo M) que cuenta con dos deck (superior 12 mm, inferior 9 mm), y realiza una primera clasificación antes de que el mineral entre al primer chancador de cono (ver anexo M). La cinta N7 (ver anexo J), N8 y N3 (ver anexo N) se encargan de llevarlo hacia el harnero 2 (ver anexo L), que realiza una segunda clasificación. La roca que no tenga el tamaño pasará a un segundo chancador de cono (ver anexo L) utilizado como un chancador cuaternario. Llegado el momento de descarga del chancador 2 y dependiendo del tipo de mineral (óxido o sulfuro), se utilizarán dos cintas distintas para cada uno:

- El mineral de óxido será transportado por la cinta N1 (ver anexo K) hacia la cinta N9 (ver anexo I) y finalmente a la cinta N10 (ver anexo H) que lo acumulará en un stock pile para luego ser cargado y transportado hacia el sector de lixiviación. Este circuito es abierto puesto que el mineral solo pasa una vez por el proceso completo.
- El mineral de sulfuro será recirculado por la cinta N2 (ver anexo K) hacia la cinta N7 volviendo al circuito nuevamente para ser clasificado por el harnero 2.
- El mineral clasificado por los harneros cae a la cinta N9, luego a la cinta N11 (ver anexo G) que lo llevará hacia la cinta N15 (ver anexo F) que es de tipo reversible encargada de alimentar 3 silos de molienda (silo N1, N2, N3) por sí sola y finalmente la cinta N16 (ver anexo E) que corresponde al silo N4 y que está conectada a la N15.



Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora
Compañía Minera Cerro Negro año 2022

Figura 1-5. Vista de chancado terciario desde silos de molienda

1.2. CHANCADOR DE CONO

En los siguientes puntos, se van a describir las partes y funciones del equipo.

1.2.1 Descripción del equipo

Existen distintos tipos de chancadores como, por ejemplo, de mandíbula, de impacto, de cono, etc. Nosotros nos centraremos en el tipo cono, que es el chancador secundario de la Compañía minera Cerro Negro, (figura 1-6). El procedimiento consiste en que el mineral previamente triturado por el chancador primario es depositado en las cintas transportadoras, estas cintas guían el camino del mineral hacia la tolva blake donde se extrae mediante la cinta auxiliar 2, luego de esto cae a un chute de traspaso que cuenta con una parrilla de material fino para

después ser ingresado al chancador secundario, éste trabaja con carga continua en coordinación con el chancado primario, siendo su función básicamente reducir el tamaño de la roca a una granulometría adecuada, mediante un movimiento excéntrico que hace contacto con la superficie cóncava y llevando así a cabo el chancado. Cabe señalar que luego de la trituración de la roca no existe un clasificador de tamaño por lo que la supervisión visual constante del operador se hace de forma reiterada y también se monitorea por cámara.

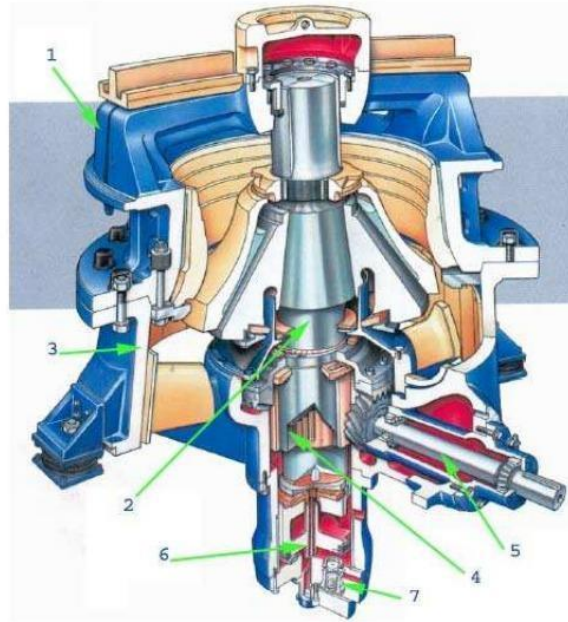
El operador en su caseta cuenta con 3 cámaras para monitorear los puntos más importantes como lo son: la cinta auxiliar 2 de alimentación, la entrada superior del chancador y la cinta S-4 con el mineral procesado. Contará también con un amperímetro análogo y con una botonera para la puesta en servicio. El operador tendrá como tarea el prestar atención a cualquier anomalía como vibraciones o sonidos fuera de lo normal y por supuesto a la granulometría entregada por el equipo.



Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora
Compañía Minera Cerro Negro año 2022

Figura 1-6. Chancador secundario

1.2.2 Componentes principales



Fuente: de Maquinaria, M. M., Botto, S., & Rey, S. Mantención de un Chancador Sandvik H-8000

Figura 1-7. Despiece de un chancador tipo cono

En lo que respecta a su estructura interna el chancador cuenta con varios componentes (figura 1-7) que permiten realizar la operación como lo son:

Tabla 1-1. Componentes de chancador secundario

N°	COMPONENTES
1	Chute de alimentación
2	Chute cilíndrico
3	Top shell
4	Eje principal
5	Buje araña
6	Bottom shell
7	Excéntrico
8	Buje cilíndrico
9	Buje excéntrico
10	Pistón
11	Sistema de hydroset
12	Sistema de lubricación
13	Contraeje o manga

Fuente: Elaboración propia con información entregada por mecánico

1.2.3 Datos técnicos del equipo

Tabla 1-2. Tabla representativa de datos técnicos de chancador de cono

Capacidad de chancado	Procesa hasta 200 tn/h
Consumo de energía	Su rango de amperaje se mide entre 100 a 400 (A).
Tamaño de roca	El tamaño de la roca que entra como alimentación es de 88.9 a 114.3 [mm] (3.5” a 4.5”), y entrega un producto de 25 a 35 [mm] (0.98” a 1.37”) cuando opera de forma correcta.
Motor	Cuenta con un motor con una potencia de 300 hp (ver anexo D).

Capacidad de estanque de aceite	El equipo cuenta con un estanque de aceite con capacidad de 800 litros, este se encuentra dividido en su interior, ya que una parte corresponde a lubricación y la otra al ajuste para el setting. En el lado de la lubricación se encuentra una malla que sirve como colador para el aceite que retorna del chancador, con el fin de atrapar virutas que se desprendan de partes del equipo.
Temperatura de equipo	El equipo cuenta con insumos propios para mantener la temperatura de acuerdo a un parámetro.
Setting	El ajuste del setting está determinado por el producto que sale en la cinta S-4.
Ajuste de Setting	Para ajustar el setting del equipo se cuenta con dos botoneras, la primera se encuentra en el tablero principal y la segunda y que se usa habitualmente se sitúa al lado del estanque de aceite. Para realizar el ajuste se deben abrir 3 llaves para poder dar el paso al aceite y luego dirigirse a la botonera para subir o bajar el poste según se requiera, después se cerrarán y se reanudará la operación.
Detección de metal	Existe un imán que detecta lo inchancable.

Fuente: Elaboración propia con información entregada por la Compañía Minera Cerro Negro



Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora
Compañía Minera Cerro Negro año 2022

Figura 1-8. Sistema de lubricación

En la figura 1-8 se pueden visualizar 3 botellas a un costado del motor, estas contienen nitrógeno en su interior con la función de realizar una amortiguación para los niveles de presión muy altos que pueden llegar a suceder al pasar un inchancable a través del equipo.

A continuación, se relacionarán los datos técnicos con los indicadores asociados a producción.

1.2.4 Principales indicadores

El chancador secundario presenta una cantidad de información directa bastante limitada en lo que respecta al estado en general de la operación, pero con estos indicadores y su experiencia el operador puede saber si el equipo está trabajando de forma correcta.

Existen una serie de parámetros que pueden ser entregados directamente en una pantalla o netamente visuales, dentro del área existen indicadores que corresponden y miden a diferentes elementos:

Tabla 1-3. Indicadores críticos de chancador y bomba de aceite

Chancador	Bomba de aceite
Potencia (kW)	Frecuencia (Hz)
Amperaje (A)	
Temperatura del aceite (Grados celsius)	
Presión del aceite (psi)	
Voltaje (V)	

Fuente: Elaboración propia con información entregada por la Compañía Minera Cerro Negro

A partir de estos indicadores a nivel operacional, se puede constatar que, si bien todos son importantes pero los principales por accesibilidad y tiempo de reacción son 3, en los cuales nos centraremos.

1.2.4.1 Amperaje

El primer parámetro que se presenta y por el que el operador se guía es el amperaje, éste durante la experiencia puede ayudar a saber varias condiciones en las que está trabajando el equipo y al relacionarlas con sonidos, vibraciones y el estado del mineral que se procesa, puede hacer que el operador entienda que debe tomar alguna acción para que la operación se realice de forma normal.

Generalmente este al igual que los otros parámetros se ven afectados directamente por el setting que tenga configurado el equipo, ya que un ajuste muy cerrado hará que el equipo experimente una mayor fuerza al chancar, incrementando todo lo demás.

Este parámetro puede incluso avisar cuando el equipo vaya a sufrir una detención repentina, ya que la aguja en el amperímetro análogo normalmente se mueve de forma dinámica de arriba a abajo y cuando el equipo está por detenerse esta se comienza a mover

muy lento, esto hace que se considere muy importante a veces sobre la inspección visual del mineral chancado.

Para mantener el control de un amperaje alto se debe tener en consideración el setting que se le haya configurado al equipo, puesto que un ajuste muy cerrado resultará en una detención repentina y por ende un atollo del equipo y en los peores casos un corte en las correas de transmisión.

Para poder establecer una medida de protección en este caso se recomienda abrir el chancador de a poco para poder llegar a un rango de amperaje adecuado y seguro que, si bien esto resultará en un tamaño de roca más grande para la siguiente etapa y una baja de rendimiento para el chancado terciario en términos de ton/h, esto es mejor en comparación a una detención del proceso productivo por atollo o algún problema mecánico derivado de éste.



Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora
Compañía Minera Cerro Negro año 2023

Figura 1-9. Amperímetro digital.



. Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora
Compañía Minera Cerro Negro año 2023

Figura 1-10. Amperímetro análogo

En la figura 1-9 se puede observar el amperímetro digital y en la figura 1-10 se visualiza el amperímetro análogo que se encuentra en la caseta del operador.

1.2.4.2 Temperatura del aceite

Otro importante parámetro que se entrega directamente al operador es la temperatura del aceite, este indicador tiene un número tope de 60 grados Celsius, luego de esto el equipo se detendrá inmediatamente y se tendrá que esperar hasta que baje la temperatura. Cuando el operador se da cuenta que el indicador llega a 59 grados Celsius, opta por detener el proceso media hora aproximadamente para que la temperatura del aceite se vuelva a regular y así poder continuar sin problemas el proceso de chancado, si la temperatura no se regula se le aplica aire comprimido al enfriador, esta aplicación tiene como beneficio limpiar el filtro por cualquier impureza que este tenga y en conjunto también sirve para poder regular la temperatura del aceite.

Por otro lado, si la temperatura está muy baja, (30 grados hacia abajo y generalmente en invierno) el equipo no podrá dar inicio, ya que se recomienda que la temperatura para dar partida sea de entre 36 a 40 grados Celsius. Este parámetro dependerá de muchos factores como lo son: temperatura ambiente, ajuste del setting y mineral que se esté procesando (óxido o sulfuro).



Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora
Compañía Minera Cerro Negro año 2023.

Figura 1-11. Temperatura de aceite

En la figura 1-11 se puede visualizar los rangos de temperatura de aceite del chancador secundario.

1.2.4.3 Granulometría

El tamaño del producto entregado por el equipo es el tercer y último parámetro importante a considerar para el operador, si bien no se mencionó en la lista de los indicadores es el más difícil de reconocer por ser netamente visual y para operadores nuevos lleva tiempo

el tener correcto control sobre éste. Siendo el resultado del ajuste del setting que vale recordar, se hace totalmente a ciegas, es un indicador del que se debe tener un control y supervisión permanente, puesto que afectará el rendimiento en la siguiente etapa de chancado. Si bien un tamaño adecuado de la roca se consigue ajustando el setting del equipo, este factor depende de otros como lo son:

- **Desgaste de cubiertas:** A medida que pasa el tiempo el equipo sufre un desgaste en diferentes partes, una de ellas son las cubiertas y por razones obvias, ya que son las que constantemente están en contacto con la roca, cuando el desgaste ya es muy alto en la parte inferior del cabezal se forma la denominada “cola de pato”, que corresponde a una deformación cóncava que dificulta el paso del mineral hacia abajo, como resultado si se ajusta mucho el equipo este sufrirá de presiones elevadas y por lo tanto se detendrá en algún punto. Esto tiene muy pocas medidas de control por parte del operador, ya que es una condición propia del equipo que solo se puede mejorar cambiando las cubiertas, aunque si esto demora se puede tomar la medida de no ajustar mucho el setting del equipo especialmente en minerales con mucha presencia de fino.
- **Pérdidas de aceite:** Como se dijo anteriormente el equipo tiene un estanque de aceite dividido en dos en su interior, siendo una de las partes destinadas para lubricación y la otra para ajuste del setting. Al sufrir pérdidas de aceite el tamaño de la roca también puede verse afectado, puesto que el aceite se inyecta hacia el pistón que mantiene el poste en la posición que el operador lo desee y al tener fugas este por gravedad bajará de a poco agrandando el setting y por ende el tamaño del producto. Esto hará que el operador tenga que ajustar muchas veces por turno dependiendo de la gravedad de la fuga, por lo que la única medida que puede tomar es dar aviso para mejorar la condición mediante una intervención mecánica.

CAPÍTULO 2: HISTORIAL DE FALLAS Y RELACIÓN ENTRE
INDICADORES

El equipo todo el tiempo que esté operativo va a estar sujeto a fallas en uno o más de sus componentes, es importante que el operador conozca las condiciones normales de operación para poder identificar en caso de que alguna de ellas se vea afectada. Para lo anterior a continuación se nombrarán las fallas ocurridas en el período 2022 en este tipo de equipos.

2. HISTORIAL DE FALLAS

A continuación, se nombrarán las fallas analizadas del chancador secundario.

2.1 Corte de correa de transmisión en chancador

Falla ocurrida el 8 de marzo del 2022, producto de un atollo ocurrido por ladrillos de escoria. (figura 2-1)



Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora
Compañía Minera Cerro Negro año 2022

Figura 2-1. Correa de transmisión con desgaste y cortada.

2.2 Falla en conjunto de eje principal

Falla ocurrida el 30 de mayo del 2022 producto de un inchancable dentro de la cámara de chancado (figura 2-2).



Fuente: Fotografía tomada por personal de mantención
Compañía Minera Cerro Negro año 2022

Figura 2-2. Eje principal dañado por impacto reiterado a cubiertas

2.3 Falla de flexible en sistema de lubricación

Falla ocurrida el 5 de diciembre del 2022 producto de una rotura de flexible en la línea de descarga de lubricación. (Figura 2-3)



Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora.
Compañía Minera Cerro Negro año 2022

Figura 2-3. Rotura de flexible en la superficie

2.4. Modo de falla

En la tabla número 2-1 se puede apreciar los componentes, funciones, modo de falla, tipo de falla y el efecto de esta falla en 3 distintos casos.

Tabla 2-1. Tabla de modo de falla con datos obtenidos de la Compañía Cerro Negro

Componente	Función	Modo de falla	Tipo de modo de falla	Potencial efecto de las fallas
Correa de transmisión	Suministrar energía del motor a la manga o contraeje	Corte de correa	Inspección visual	Esta falla es evidente por una detención repentina del equipo y un sonido bastante agudo por las correas previo al corte. Si esto persiste, el chancador no opera
Sistema de lubricación	Suministrar aceite al circuito	Fuga de fluido en flexible	Inspección visual	Esta falla es producida por una fuga de aceite en el sector de la bomba. La presión en manómetros disminuye, y al disminuir la presión de lubricación se detiene el equipo en forma automática.
Eje principal chancador secundario	Mantener el manto en movimiento y alineado para el proceso de compresión del mineral	Eje no gira	Inspección visual	Esta falla se evidencia porque no se observa movimiento de rotación del manto. Si el eje no gira, simplemente el equipo no opera

Fuente: Elaboración propia con información entregada por la Compañía Minera Cerro Negro

2.5. Historial de repuestos

A continuación, en la tabla número 2-2 se muestra el componente dañado y los repuestos para el cambio de las correas de transmisión.

Tabla 2-2. Componente dañado a reemplazar en cambio de correas de transmisión.

Falla	Repuestos	Fecha de entrega	Cantidad
Corte de correas de transmisión	Correas D200	08-03-2022	10

Fuente: Información proporcionada por Compañía Minera Cerro Negro 2022

A continuación, en la tabla número 2-3 se muestran los componentes dañados que se debieron cambiar en el conjunto de eje principal y en la tabla 2-4 y tabla 2-5 los insumos necesarios para el cambio.

Tabla 2-3. Componentes dañados a reemplazar en cambio de eje principal.

Category	Description	UOM	Quantity	Price (USD)	Need-By
POR DEFECTO	BUJE EXCENTRICO 20	UNID	1	18471	31-MAY-2022 00:0
CHANCADORES	PLATO DEL PISTON #2	UNID	1	2203	31-MAY-2022 00:0
CHANCADORES	PLATO DE ACERO #2	UNID	1	1831	31-MAY-2022 00:0
POR DEFECTO	CONJUNTO EJE PRINC	UNID	1	96606	31-MAY-2022 00:0
CHANCADORES	SPIDER BUSHING #44	UNID	1	2800	31-MAY-2022 00:0

Fuente: Información proporcionada por Compañía Minera Cerro Negro 2022

Tabla 2-4. Insumos para cambio de manto

Núm. V.C.	Código	Descripción	Entregada	Cantidad
3388544	262105000	HUAIPÉ BLANCO	5	5
3388544	262110000	PANO P/LIMPIEZA (AFRANCLADO)	9	9
3388763	1290126000	TUERCA HEX. GR. 2 UNC 1/2 PULG	100	100
3388763	1480627000	GOLILLA AC. PLANA CTE. 1/2 PULG	100	100
3388544	1561784000	GRATA CONICA TRENZADA M14X3 PULG HELA	3	3
3388544	1560565000	BROCHA PLANA DE 1/2" X 2"	6	6
3388544	1560580000	BROCHA PLANA DE 1/2" X 4" (5 CMS. DE PELO M)	3	3
3388544	1583306000	CP-40 (ENVASE 400 CC)	6	6
3388544	1742210000	LIJA DE FIERRO # 2	10	10
3388544	1742220000	LIJA DE FIERRO # 1	10	10
3388544	1720105000	DISCO DE CORTE HILTI 4.1/2 (115 x 3 mm) CODI	25	25
3388544	1741235000	LIJA AL AGUA # 240	10	10
3388544	2231914000	HOJA SIERRA AC. RAPIDO 1/2" X 12", 24 DTES/PL	2	2
3388745	3821070000	GRASA CASTROL TRIBOL 3020-1000-00	18	20
3388544	6231310000	LOCTITE # 495 (ENV. 20 CC)	1	1
3388556	8512537000	GOLILLA BRB 13X24 HB200 ISO 7089 #847.0147-	0	12
3388561	8513038000	ARANDELA TBRB 21X37 FZB #847.0165-00	4	4
3388469	8513180000	ANILLO GUARDAPOLVO #442.7102-01	1	1
3388469	8513181000	ANILLO DE RETEN #442.7103-01	1	1
3388469	8513182000	RETENEDOR 1142-32 3X155X96 #442.7523-01	1	1
3388469	8513183500	PERNO M6S 16X55 CLASE 8.8 ISO 4017 #840.006	11	11
3388469	8513185000	PERNO M6S 16X65 8.8 ISO 4014 #840.0071-00	1	1
3388469	8513186000	ARANDELA BRB 17X30 HB200 ISO 7089 #065814	10	10
3388469	8513213000	SPIDER BUSHING #442.9408-01	1	1
3388469	8513216000	ANILLO DE JUNTA #442.7193-01	1	1
3388876	8514067000	ELEMENTO FILTRO AIRE (912.0139) AFM-1857	1	1

Fuente: Información proporcionada por Compañía Minera Cerro Negro 2022

En la tabla 2-4 y 2-5 se puede observar los insumos que fueron solicitados para realizar las operaciones, la columna que dice “cantidad” se refiere a la cantidad que fue solicitada por el mecánico, en cambio la columna que dice “entregada” se refiere a lo que se pudo conseguir para posteriormente hacer la entrega al mecánico para que realice su función.

Tabla 2-5. Insumos para cambio de revestimiento.

Núm. V.C.	Código	Descripción	Entregada	Cantidad
3389598	1860616000	MASILLA EPOXICA BACKING MAT.	0	37
3389601	1860616000	MASILLA EPOXICA BACKING MAT.	37	37
3393225	1860616000	MASILLA EPOXICA BACKING MAT.	26	26
3391777	1890930000	DILUYENTE DUCO (ENV. 1 LT)	1	1
3391778	6231158000	CEMENTO SC-2000 COLOR VERDE	2	2
3389598	8512002000	MANTO #442.8089-01.	0	1
3389601	8512002000	MANTO #442.8089-01.	1	1
3389598	8512003000	CONCAVO INFERIOR #442.8114-00	0	1
3389601	8512003000	CONCAVO INFERIOR #442.8114-00	1	1
3389598	8513003000	BURNING RING #442.7115-01	0	1
3389601	8513003000	BURNING RING #442.7115-01	1	1
3389598	1881137010	GREDA ARTEL ENVASE DE 750 GR	0	10
3389601	1881137010	GREDA ARTEL ENVASE DE 750 GR	10	10
3393607	1881137010	GREDA ARTEL ENVASE DE 750 GR	30	30

Fuente: Información proporcionada por Compañía Minera Cerro Negro 2022

A continuación, en la tabla número 2-6 se muestra el componente dañado y los repuestos para el cambio del flexible en sistema de lubricación.

Tabla 2-6. Insumos para cambio de flexible en sistema de lubricación.

Falla	Repuestos	Fecha de entrega	Cantidad
Rotura de flexible en línea de descarga de lubricación	Flexible de caucho	05-12-2022	1

Fuente: Información proporcionada por Compañía Minera Cerro Negro 2022

2.6. Relación entre indicadores críticos e historial de fallas y repuestos

Anteriormente se mencionaron una serie de indicadores de los cuales se escogieron solo 3 para catalogarlos como los más críticos a la hora de operar el equipo, debido a que una

detección a tiempo de un comportamiento fuera de lo normal de estos puede hacer la diferencia entre una detención y la continuidad de la operación. Para esto se analizará el comportamiento de uno o más parámetros según el tipo de falla en el momento del suceso.

2.6.1 Corte de correas de transmisión

Para este evento se tomarán dos parámetros que son el amperaje y la granulometría, siendo el primero de estos el que ayude al operador a prever el evento del corte. Al haber un corte de correas de transmisión, quiere decir que el equipo se sometió a una sobrecarga y por un período de tiempo prolongado, aunque esto depende también de la condición de las correas, ya que un desgaste en ellas por acción del tiempo favorece el corte repentino, debido a que normalmente correas con poco uso que son sometidas a eventos de carga alta tienden a chillar y a calentarse previo al corte dando más tiempo al operador para actuar.

Esto nos lleva a lo mencionado anteriormente respecto al comportamiento del amperímetro cuando eventos como estos ocurren. El amperímetro análogo suele tener en operación normal un comportamiento bastante dinámico, con la aguja de arriba a abajo de forma constante, por el contrario, cuando comienza a moverse de forma errática y lenta, acompañado del sonido agudo de las correas forzadas, indica que el equipo se detendrá en pocos instantes.

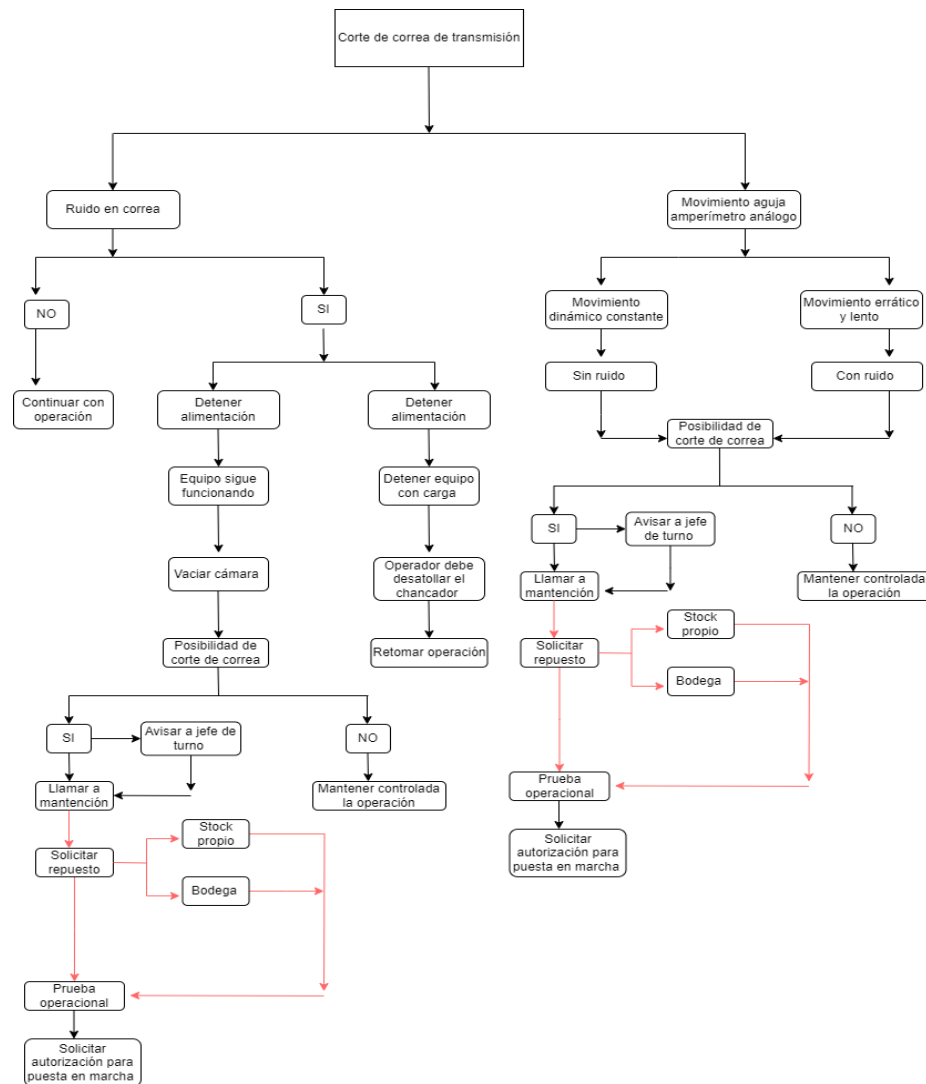
Para opciones de solución a esto es bastante complejo, ya que al momento de que las correas comienzan a chillar el operador debe optar por dos opciones:

- Detener la alimentación y luego el equipo aún con carga dentro de la cámara. Esta opción en temas de insumos protegerá las correas, pero el operador tendrá que desatollar el chancador para poder volver a retomar la operación, lo que lleva tiempo.
- Detener la alimentación y dejar el equipo operando hasta vaciar la cámara. Esta opción es un poco más arriesgada, puesto que el equipo puede llegar a cortar las correas debido al empuje del mineral que aún queda dentro de éste. Si bien en

temas de insumos no protege para nada las correas, en caso de que estas no se lleguen a cortar, la operación no se ve interrumpida y se pueden tensar previo a la reanudación del chancado. Por otro lado, si se llegaran a cortar el equipo tendría que ser intervenido y traer los insumos de bodega para la reposición.

En este caso la granulometría fue la causante de la falla, debido a que la escoria en sí es un material bastante duro que exige mucho a los equipos y al haber un sobre tamaño de este tipo el chancador está más propenso a una detención o en este caso a un corte de correas de transmisión. Para eventos como estos el operador debe inspeccionar de forma constante la correa de alimentación para corroborar que el mineral de entrada tenga el tamaño adecuado y si no es así, para poder notificar a la etapa anterior para un ajuste de setting del chancador primario.

A continuación, se va a resumir de forma esquemática en un diagrama de decisiones la falla relacionada con el corte de correa de transmisión.



Fuente: Elaboración propia a modo resumen con información facilitada por operador

Figura 2-4. Diagrama de decisiones para falla de corte de correa de transmisión

2.6.2 Falla en conjunto de eje principal por inchancable

Para la siguiente falla es bastante complejo poder medir parámetros previos al evento, puesto que algo así ocurre de forma puntual y muy pocas veces. Generalmente al ocurrir esta clase de sucesos, el operador solo puede darse cuenta al momento en que el inchancable se encuentra dentro de la cámara y hace fallar el equipo, lo que se ve reflejado

directamente en la aguja del amperímetro al moverse manera lenta indicando que el equipo se detendrá. Hoy en día existen sistemas implementados en los chancadores que hacen que el equipo baje el poste al haber un peak de presión muy alto producto de sobre tamaños, minerales muy duros o en este caso un inchancable y protegiéndose así mismo. En este caso el equipo no cuenta con dicho sistema y solo cuenta con un electroimán en la cinta de alimentación para poder detectar cualquier elemento metálico y las botellas para amortiguar las alzas de presión. El inchancable que se sacó desde dentro de la cámara era acero al manganeso, un material no detectable para el electroimán.

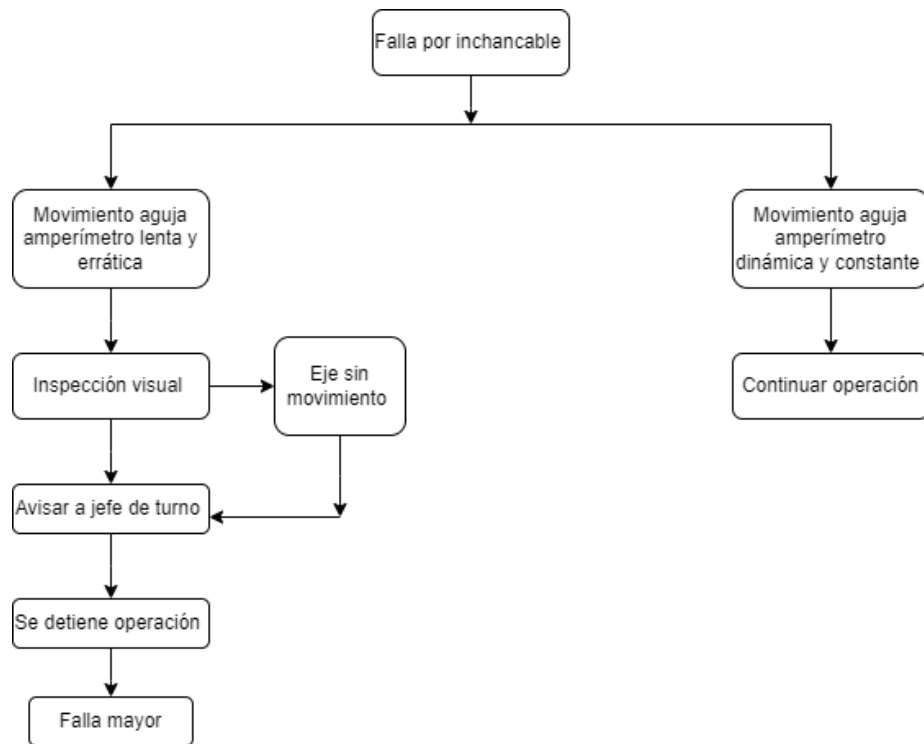
Es una falla bastante seria que requiere bastante tiempo para solucionarse, que afecta la estructura interna y daña componentes vitales para la operación.



Fuente: Fotografía tomada por personal de mantención
Compañía Minera Cerro Negro año 2022.

Figura 2-5 Inchancable de acero al manganeso

A continuación, se va a resumir de forma esquemática en un diagrama de decisiones la falla relacionada por un inchancable.



Fuente: Elaboración propia a modo resumen con información facilitada por operador

Figura 2-6. Diagrama de decisiones para falla por inchancable

2.6.3 Falla en flexible de sistema de lubricación

Las fugas de aceite son una de las fallas más comunes dentro del proceso del chancado, si bien no son graves ni tampoco inhabilitan la operación la mayoría de las veces, si las pérdidas de aceite persisten durante un tiempo prolongado pueden generar todo tipo de fallas.

En este caso en particular la fuga de aceite fue provocada por un flexible en mal estado ubicado en la zona de línea de descarga de lubricación. Estas pérdidas son fácilmente visibles por el operador, pero en caso que no lo fueran y este tuviera que detectarla de otra forma, sería revisando el nivel del estanque a cada entrada de turno. En este caso se puede

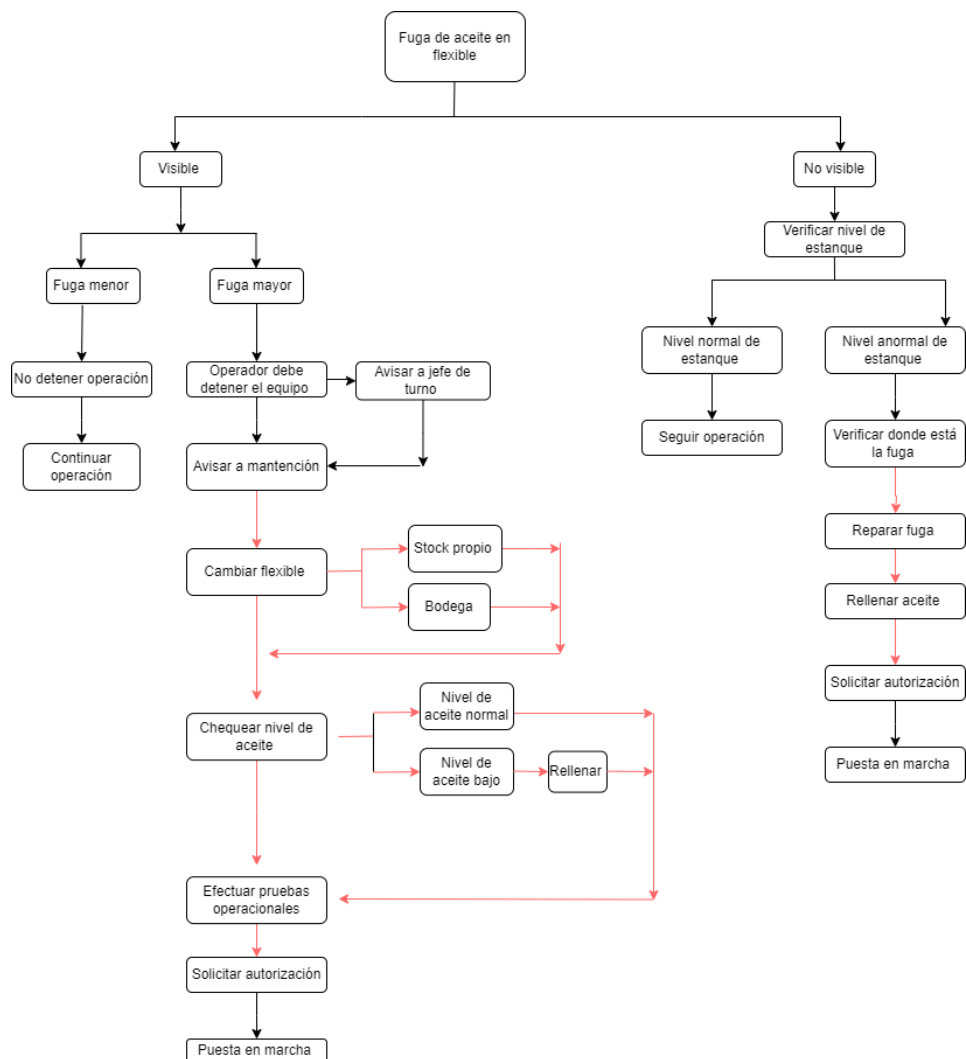
ver afectada directamente la temperatura del aceite si llegará a ser una pérdida de fluido importante, esta puede tender a subir para compensar dicha pérdida en el sistema o simplemente el equipo puede sufrir de una detención repentina debido a que los flujómetros no detectan una cantidad suficiente de aceite, envían una señal para proteger el equipo haciendo que este se detenga.



. Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora.
Compañía Minera Cerro Negro año 2022

Figura 2-7. La flecha indica rotura del flexible

A continuación, se va a resumir de forma esquemática en un diagrama de decisiones la falla relacionada con fuga de flexible.



Fuente: Elaboración propia a modo resumen con información facilitada por operador

Figura 2-8. Diagrama de decisiones para fuga de aceite en flexible

2.7. Minerales procesados y las fallas que pueden provocar

Existen diferentes tipos de minerales entre sulfuros y óxidos que la Compañía recibe y procesa, todos con características variadas que pueden hacer que se tenga que tener más cuidado con el chancado. Entre los sulfuros tenemos dos principales:

2.7.1 Sulfuro portales

Proveniente de una mina con el mismo nombre, es un mineral generalmente de color rojizo, con una humedad de moderada a alta, aunque esto no resulta en problema puesto que la presencia de fino es bastante favorable para la operación. Es un mineral con un fraccionamiento acorde al chancado, aunque de una dureza elevada, por lo que somete a los equipos a una gran presión pudiendo llegar a causar daños en caso de algún golpe de carga (atollos, corte de correas de transmisión) y con mayor razón si el equipo se encuentra en condiciones deficientes.



Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora
Compañía Minera Cerro Negro año 2022

Figura 2-9. Sulfuro Portales

2.7.2 Sulfuro 620

Explotado por la empresa AGROMINS, se trata de un sulfuro de color gris a negro, este último por la presencia de carbón, es un mineral muy variable dependiendo del sector que se explote. Es de dureza menor a Portales que puede presentarse con poca presencia de finos y con bastante roca, además de totalmente seco y fraccionado en forma de piedra

laja lo que favorece los atollos por sobre tamaño en varias partes como chutes de traspaso y en la cámara interna de los chancadores. Tiene una humedad que se debe considerar, esto generalmente en invierno y en proporciones iguales entre roca y material fino, esta última condición favoreciendo a altas presiones durante la operación y en algunos casos a la compactación de las cubiertas.



. Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora
Compañía Minera Cerro Negro año 2022

Figura 2-10. Sobretamaño de sulfuro 620 en cinta auxiliar 2

2.7.3 Óxido 620

Mineral explotado en el sector del rajo al igual que el sulfuro del mismo nombre, pero extraído más cerca de la superficie. Es un tipo de óxido que presenta gran cantidad de fino la mayor parte de las veces, acompañado de briquetas inchancables debido a una falla geológica importante en el sector donde se extrae.

En la época de invierno este mineral es uno de los que más problema presenta en la línea de chancado, puesto que las máquinas están en peligro por sobrecarga del fino húmedo presente que causa atollos por acumulación de barro en chutes principalmente y compactación del mismo en las cámaras de los equipos (secundario y terciario principalmente).



Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora
Compañía Minera Cerro Negro año 2022

Figura 2-11. Chute de chancador terciario atollado con fino húmedo de óxido 620

Como se puede apreciar previamente hay diferentes factores que influyen en el comportamiento, condición, y rendimiento del equipo.

A continuación, en la Tabla 2-7 se puede encontrar un resumen del capítulo.

Tabla 2-7: Resumen de principales tipos de falla asociadas de acuerdo a indicadores.

Falla	Indicador	Acción preventiva	Acción correctiva
Corte de correas de transmisión	Amperaje y granulometría	Realizar inspección a cada inicio de turno para detectar desgaste o falta de tensado.	Cambio de correas de transmisión
Falla en eje principal por inchancable	Amperaje	Realizar mantención a electroimán para verificar un buen funcionamiento.	Cambio completo de eje principal
Fuga en flexible	Temperatura de aceite	Revisión al nivel de estanque a cada entrada de turno.	Cambio de repuesto en flexible

Fuente: Elaboración propia a modo resumen con información facilitada por Compañía Minera Cerro Negro

CAPÍTULO 3: PROCEDIMIENTO OPERACIONAL CHANCADOR TIPO

CONO

Anteriormente se ha dado a conocer los diferentes factores que afectan la operación, ya sean externos o propios de las condiciones del equipo. En la Tabla 3-1 se puede apreciar una clasificación para los parámetros de operación principales.

Tabla 3-1: Clasificación de indicadores de producción.

Indicador	Relación	Como se ve afectado	Mejora operacional	Mejora mecánica
Amperaje	Condición de mineral, tonelaje y condición de equipos	Tipo de mineral, condiciones (humedad, presencia de material fino, tipo de fragmentación, dureza), cantidad de mineral (t/h) y setting asignado	* Notificar a coordinador de turno la posibilidad de cambiar punto de carguío o de mineral. * Notificar a coordinador de turno la posibilidad de disminuir frecuencia en alimentador de chancador primario, para disminuir la cantidad de mineral suministrado. * Realizar un ajuste de setting previo a cualquier cambio de mineral según corresponda.	Instalación de manómetro para tener una referencia en presión de la altura del poste.
Temperatura de aceite	Condición de equipos y de mineral	Temperatura ambiente, tipo de mineral, enfriador sucio o aceite contaminado	* Mantener enfriador libre de polvo. * Notificar a coordinador de turno para posible cambio de mineral.	Efectuar cambio de aceite con mayor frecuencia a la estipulada o cambiar aceite contaminado según corresponda
Granulometría	Condición de equipos	Mal ajuste de setting en F80 y/o P80	* F80: Notificar a coordinador de turno para ajuste de setting en chancador primario. * P80: Detener alimentación y realizar ajuste de setting.	F80: Ajuste de setting en mandíbulas de chancador primario por parte de mantención. P80: Instalación de manómetro en altura del poste, para una mejor referencia del setting.

Fuente: Información obtenida mediante entrevista a operadores de la Compañía

Año 2023

A continuación, se presentará la propuesta de procedimiento operacional destinado a todo nuevo personal que llegue al equipo. Este procedimiento tiene todo lo que un operador debe saber respecto al equipo y sus condiciones de trabajo normales, sobre procedimientos en caso de contratiempos, los tipos de minerales a procesar y cómo trabajar de forma segura para evitar accidentes.

3. OBJETIVO

Establecer un procedimiento para todo el personal involucrado en la puesta en servicio, supervisión, control y detenciones, mediante un orden de tareas básicas para una operación de forma correcta y segura.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Reconocer componentes y equipos asociados a la operación, de acuerdo a características y funciones de principales elementos mecánicos estableciendo acciones críticas importantes.
- Secuenciar los aspectos de operación, de acuerdo a condición de mineral señalando los diferentes parámetros de producción.
- Minimizar fallas operacionales y de equipos, mediante acciones preventivas para reducir tiempos de detención.
- Establecer acciones frente a determinados modos de falla, realizando un procedimiento previo de forma ordenada y segura, evitando daños al trabajador y a los equipos.

3.2 ALCANCE

El procedimiento está destinado y debe ser aplicado por todo el personal de operaciones planta involucrados directamente con la operación.

3.3 ACTIVIDADES PREVIAS

- Cambio a ropa de trabajo y reunir elementos de protección personal.
- Charla de 5 minutos por parte de coordinador de turno, (temas de seguridad y/u operación).
- Producción de mineral durante el turno, (sulfuro u óxido)
- Cambios de mineral.
- Detenciones programadas.
- Otros.

3.4 RIESGOS ASOCIADOS Y MEDIDAS DE CONTROL

Hacer uso obligatorio de todos los elementos de protección personal para la operación: casco, lentes de seguridad (oscuros o claros), calzado de seguridad con caña alta, guantes de cuero, chaleco geólogo, protector auditivo, y respirador de medio rostro con filtros adecuados al riesgo.

3.4.1 Riesgo de atrapamiento por partes móviles

- No intervenir equipos en movimiento, en caso de falla se debe detener la operación y notificar al coordinador de turno para que el personal de mantenimiento se acerque al área.
- Está prohibido operar cualquier equipo que no cuente con protección de seguridad.
- Para cualquier inspección visual se deberá mantener una distancia segura a la línea de fuego de 60 cm.
- No se debe utilizar ropa o elementos holgados que sean susceptibles a atrapamiento como cadenas, aros o pelo suelto.



Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora.
Compañía Minera Cerro Negro año 2023

Figura 3-1. Riesgo por atrapamiento.

3.4.2 Riesgo de caídas a mismo y distinto nivel en plataformas de trabajo, pasillos y escaleras

- Se debe transitar solo por lugares establecidos y habilitados para el tránsito de personas.
- Hacer uso de pasamanos en todo momento al transitar por pasillos y escaleras, además de mantener siempre 3 puntos de apoyo.
- Se debe contar siempre con buena iluminación en toda área de tránsito del personal de lo contrario se debe notificar al departamento eléctrico para una reposición.
- Mantener orden y aseo en el área de trabajo.
- Amarrar firmemente los cordones de su calzado de seguridad.



Fuente: Blogspot (2018).

Figura 3-2. Asesoría riesgo laboral caídas a un mismo nivel.

3.4.3 Riesgo por choques y/o golpes contra estructuras u objetos

- Inspeccionar visualmente el área de trabajo y las vías de tránsito del personal.
- Controlar el orden del área de trabajo en todo momento, no acumule materiales que impidan el libre tránsito de personas, accesos o salidas de emergencias.
- Se debe transitar con precaución y sin correr.
- Se debe almacenar los materiales en un lugar específico y seguro.



Fuente: Portal uned (2007).

Figura 3-3. Golpes y choques contra objetos y elementos inmóviles.

3.4.4 Riesgo por exposición a polvo sílice

- Realizar check list correspondiente al respirador de medio rostro a cada inicio de turno, además de cuidar y usar este elemento de protección personal de forma responsable.
- Se debe permanecer la mayor parte del tiempo posible dentro de la caseta con ventanas y puertas cerradas, supervisando a través de las cámaras instaladas en distintos puntos del área.

- Se debe reportar si existe falta de hermetismo o climatización en la caseta, al igual que cualquier deterioro o falta de orden.
- Se debe realizar una inspección y mantenimiento de los aspersores de humectación del mineral, de encontrarse no operativos, notificar al coordinador para que puedan quedar en funcionamiento nuevamente.
- Se debe participar en capacitaciones sobre la exposición a polvo sílice, sobre los métodos correctos de trabajo y el uso adecuado del respirador.
- Incorporar a los trabajadores de esta área al programa de vigilancia médica.
- Se deberá utilizar un respirador de medio rostro certificado con filtros para partículas P100 adecuadas al riesgo.
- Para una correcta sujeción del respirador al rostro, los operadores deben presentarse completamente afeitados.



Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora.

Compañía Minera Cerro Negro año 2023

Figura 3-4. Zona de alta exposición a sílice.

A continuación, se presenta el siguiente mapa de riesgo, que establece las zonas de mayor exposición a polvo sílice.

MAPA DE RIESGO AGENTE SÍLICE PLANTA DE SULFUROS



SECTOR	ÁREA	TIPO DE MUESTRA	CONCENTRACIÓN SiO ₂ (MG/M ³)	NIVEL DE RIESGO MINS AL	NIVEL DE RIESGOS PHO
PLANTA DE SULFUROS	ROMANA	PERSONAL	>0,02 mg/m ³	1	BAJO
PLANTA DE SULFUROS	CHANCADOR PRIMARIO	PERSONAL	0,03 mg/m ³	2	BAJO
PLANTA DE SULFUROS	CHANCADOR SECUNDARIO	PERSONAL	0,12 mg/m ³	4	CRITICO
PLANTA DE SULFUROS	CHANCADOR TERCARIO	PERSONAL	0,28 mg/m ³	4	CRITICO
PLANTA DE SULFUROS	CHANCADOR TERCARIO	AMBIENTAL	0,91 MG/M ³		
PLANTA DE SULFUROS	FILTRO	PERSONAL	0,04 MG/M ³	3	IMPORTANTE
PLANTA DE SULFUROS	FLOTACIÓN (ANTIGUA)	AMBIENTAL	0,03 mg/m ³		
MUESTRA	PULVERIZADO	PERSONAL	0,24 mg/m ³	4	CRITICO
MUESTRA	PULVERIZADO	AMBIENTAL	0,37 mg/m ³		
MUESTRA	CHANCADORES	PERSONAL	0,05 mg/m ³	3	IMPORTANTE
DIP	MUESTRAS	PERSONAL	0,06 mg/m ³	3	IMPORTANTE

Tipo de Sílice encontrada en Planta de Sulfuros	
Tipo de Sílice Libre	LPP (mg/m ³)
Cuarzo	0,08



3.4.5 Riesgo por exposición a ruido

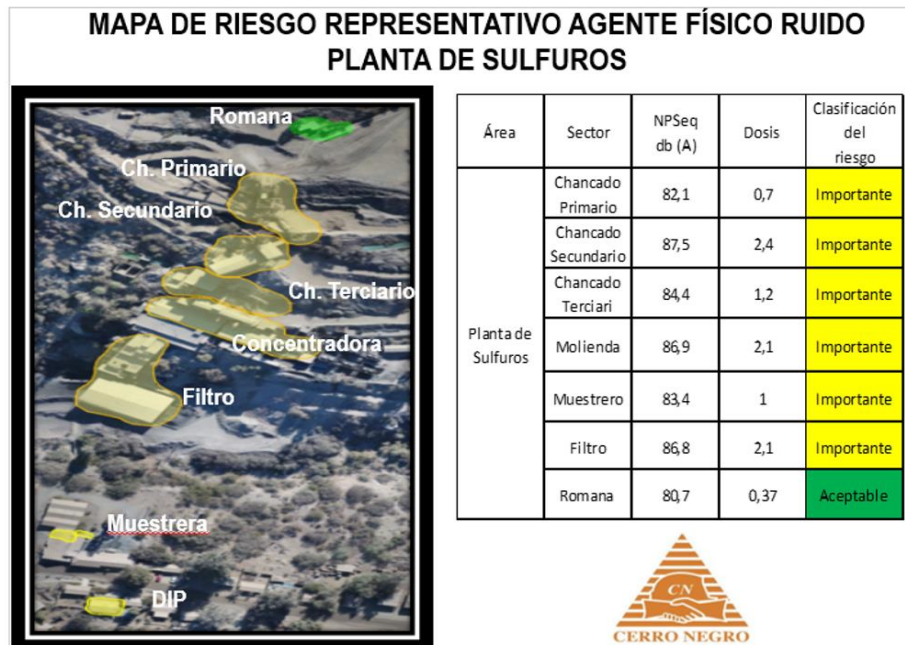
- Usar constantemente y de forma correcta el protector auditivo de tipo fonos adosados al casco.
- Incorporar a los trabajadores de esta área al programa de vigilancia médica.
- Es responsabilidad del operador mantener en buen estado y limpiar los protectores auditivos, además de realizar el reemplazo oportuno.
- Se debe reforzar la capacitación y entrenamiento sobre el uso correcto de la protección auditiva.



. Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora.
Compañía Minera Cerro Negro año 2023

Figura 3-5. Uso obligatorio de protector auditivo

A continuación, se presenta el siguiente mapa de riesgo, que establece las zonas de mayor exposición al ruido.



3.5 PROCEDIMIENTO DE CHANCADOR SECUNDARIO

A continuación, se dará a conocer el procedimiento para la operación del equipo, con sus tareas en un orden específico para poder trabajar de forma correcta.

3.5.1 Elementos y equipos

Se necesitan diferentes elementos aparte de los equipos en sí para ayudar al trabajador dentro de la operación, en la siguiente tabla se reunieron los elementos disponibles según el personal de planta que ocupa el operador durante el turno y que cumplen diversas tareas.

Tabla 3-2: Clasificación de elementos y equipos

Elementos	Equipos
Bomba de lubricación	Chancador Allis Chalmers
Enfriador de aceite	Cinta Auxiliar 2 (alimentación)
Silo andarivel	Cinta S-4 (descarga)
Pala	
Carretilla	
Llauca	

Fuente: Elaboración propia con datos facilitados por operador

3.5.2 Puesta en marcha

1. Actividades previas.
2. Dirigirse al área de trabajo con todos los elementos de protección personal en buen estado.

3. Ingresar al área de trabajo y registrar horómetro de chancador en report.



Figura 3-6: Horómetro de chancador secundario

Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora

Compañía Minera Cerro Negro año 2023

4. Poner en servicio bomba de lubricación para calentar el aceite (segundo botón verde de izquierda a derecha).

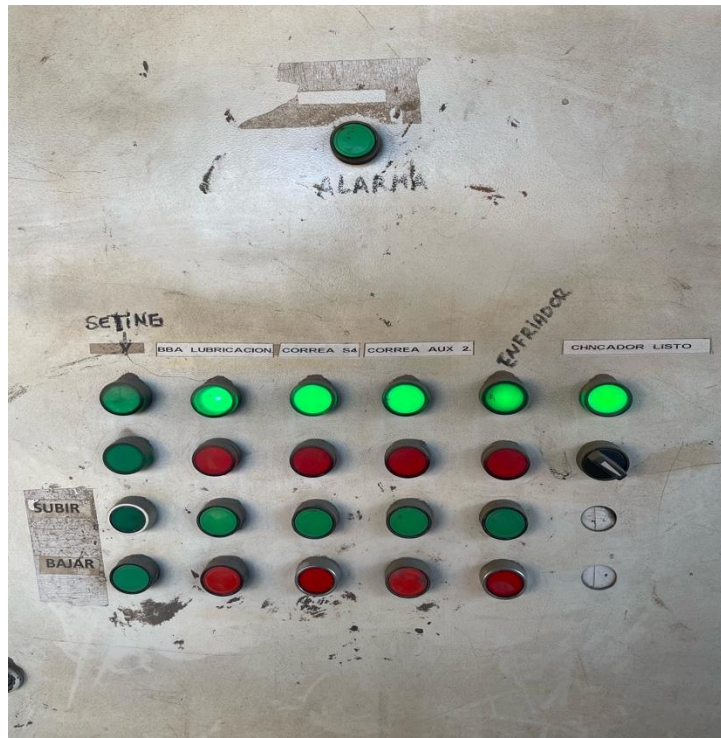


Figura 3-7: Tablero de chancador secundario

Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora

Compañía Minera Cerro Negro año 2023

5. Chequear visualmente el silo andarivel para ver su capacidad.

Este paso depende de muchos factores entre ellos los dos más importantes son:

- Las ton/hora que procese el chancador secundario.
- Las ton/hora que procese el chancador terciario.

Generalmente el chancador terciario procesará menos que el secundario, debido a que el silo va a tender a llenarse dependiendo de la diferencia entre la producción de ambas máquinas, por lo que se sigue un criterio muy simple para poder tener una operación con la menor cantidad de detenciones por llenado de silo.

- Si el silo se encuentra a menos del 50% de su capacidad, usted puede colocar en servicio.
- Si el silo se encuentra sobre el 50% de su capacidad, usted debe esperar a que baje el nivel a menos de la mitad para poder poner en servicio.

6. Realizar AST (Análisis Seguro de Trabajo) para la tarea de operación.

ANÁLISIS SEGURO DE TRABAJO
AST

Código: CMCN-R-02
Página: 1 de 1
Versión:
Fecha:

Fecha: _____ Hora de Inicio: _____

Nombre y Cargo de quien completa el registro: _____

Área de Trabajo: _____

Lugar donde se realizará la tarea: _____

1. DESCRIPCIÓN DE LA TAREA (Describe paso a paso la tarea a realizar)

1.- _____

2.- _____

3.- _____

4.- _____

5.- _____

6.- _____

2. RECURSOS A UTILIZAR

Herramientas y equipos	Personal involucrado en la tarea		
	Nombre	RUT	Firma

3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

Identificación de Peligros	SI	NO	La medida de control aplicable es:
Estoy físicamente apto para realizar la tarea			
Estoy expuesto a ser golpeado por			
Estoy expuesto a ser aplastado por			
Estoy expuesto a carga suspendida			
Estoy expuesto a ser atropellado			
Estoy expuesto a ser atrapado por			
Estoy expuesto a tener contacto con energía eléctrica			
Estoy expuesto a tener una caída a distinto nivel			
Estoy expuesto a tener una caída a mismo nivel			
Estoy expuesto a una explosión			
Estoy expuesto a ruido			
Estoy expuesto a material particulado			
Estoy expuesto a radiación ionizantes (soldadura al arco)			
Estoy expuesto a la manipulación de lubricantes o solventes			
Estoy expuesto a una intoxicación con gases, o de entrar en contacto con sustancias peligrosas			
Existe riesgo de incendio, conozco las vías de evacuación			
Existen otros peligros, individualizar			

Figura 3-8: AST

Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora

Compañía Minera Cerro Negro año 2023

7. Verificar el estado de los elementos del área.

- Chancador debe encontrarse sin carga dentro de las cubiertas, (entre manto y cóncavo).



Figura 3-9: Cámara de chancador en condiciones de puesta en servicio.

Fotografía tomada por Patricio Zamora

Compañía Minera Cerro Negro año 2023

- Cintas transportadoras sin carga y con tambores de cola y cabeza limpios, de lo contrario vaciar cinta primero antes de poner en servicio.



Figura 3-10: Cinta S-4 en condiciones para puesta en servicio

Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora

Compañía Minera Cerro Negro año 2023

- Tolva blake sin mineral.



Figura 3-11: Tolva Blake y cinta auxiliar 2 en condiciones para puesta de servicio.

Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora
Compañía Minera Cerro Negro año 2023

- Aseo general en caseta y pasillos de tránsito de personal.
8. Esperar el encendido del indicador “chancador listo”, de no encender comunicarse con el departamento eléctrico, (Ver Figura 3-7, indicador verde del extremo derecho)
 9. Poner en marcha el enfriador para mantener la temperatura del aceite entre 40 y 59 grados, (Ver Figura 3-7, quinto botón verde de izquierda a derecha).
 10. Tocar la alarma 3 veces con pausa de 5 segundos entre cada una. (Ver Figura 3-7, botón verde en la parte superior).
 11. Asegurarse de que no haya personal expuesto a riesgos por atrapamiento dentro del área.
 12. Desde la sala de control poner en servicio cinta S-4 de descarga.
 13. Poner en servicio chancador.
 14. Poner en servicio cinta auxiliar 2 de alimentación.



Figura 3-12: Botonera ubicada en la caseta de operación

Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora

Compañía Minera Cerro Negro año 2023

15. Ya en operación, regular el setting de acuerdo a lo indicado por la jefatura.

- Dirigirse a la zona de lubricación.



Figura 3-13: Zona de lubricación

Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora

Compañía Minera Cerro Negro año 2023

- Abrir la primera llave mariposa que se encontrará a su derecha.



Figura 3-14: Llave mariposa

Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora

Compañía Minera Cerro Negro año 2023

- Abrir segunda llave que se encuentra en la zona inferior del estanque en su parte trasera.



Figura 3-15: Llave en la parte inferior del estanque

Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora

Compañía Minera Cerro Negro año 2023

- Abrir tercera y última llave de paso que se encuentra frente a la botonera.



Figura 3-16: Tercera llave para el paso del aceite

Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora
Compañía Minera Cerro Negro año 2023

- Subir o bajar el poste según se requiera, no exceder los 3 segundos al subirlo, ni tampoco más de 2 segundos al bajarlo.



Figura 3-17: Botonera para ajustar setting del equipo

Fuente: Fotografía tomada por
Patricio Zamora
Compañía Minera Cerro Negro año
2023

16. Mantener los siguientes parámetros de operación:

- Temperatura del aceite para puesta en marcha de 36 a 40 grados Celsius.
- Temperatura de trabajo de 40 a 59 grados Celsius.
- Amperaje de 150 a 370 A.
- Controlar nivel de llenado de silo andarivel.
- Cualquier anomalía, deberá ser notificada al coordinador de turno mediante radio.

3.5.3 Funcionamiento del electroimán

El electroimán se encuentra ubicado en la parte media de la cinta auxiliar 2, tiene como tarea detectar elementos metálicos que pueden ingresar al equipo pudiendo producirle alguna falla.

- Al detectar un metal la cinta se detendrá por lo que el operador debe avisar por radio al operador del chancador primario para que detenga la carga.
- Luego debe dirigirse a la cinta y retirar el metal.
- Por último, en el tablero debe presionar “reset” y darle partida a la cinta.



Figura 3-18: Electroimán de cinta auxiliar 2.

Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora

Compañía Minera Cerro Negro año 2023

- Reanudar la operación.

3.5.4 Deberes del operador

1. Verificar constantemente el silo andarivel.
2. Supervisar de forma continua el correcto funcionamiento del equipo y las cintas transportadoras.
3. Controlar el tamaño de la alimentación (**F80**), que se debe encontrar entre 88 y 114 milímetros. Si se supera el tamaño permitido, se debe informar al coordinador de turno.



Figura 3-19: F80 de alimentación en cinta auxiliar 2 favorable para el equipo y en proporción con mano del operador

Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora

Compañía Minera Cerro Negro año 2023

4. Controlar el tamaño del producto (**P80**), que se debe encontrar entre 25 y 35 mm, si se excede de este último, el operador debe realizar un ajuste del setting, (punto 15 de puesta en marcha).



Figura 3-20: Producto de descarga con P80 favorable en cinta S-4 en proporción con mano del operador.

Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora

Compañía Minera Cerro Negro año 2023

- Registrar en el report el horario de inicio, detenciones, cambios de mineral y el estado de los equipos.

CIA MINERA CERRO NEGRO S.A.
Deplo. Planta Sulfuro

REPORT CHANCADOR SECUNDARIO

Fecha		Nombre Operador	
Turno		Nombre Coordinador	
		Nombre Jefe de Turno	

OPERACIÓN CHANCADOR

Item	DETENCIONES		CODIGO DETENCION (MOTIVO)
	HORA INICIO	HORA FINAL	
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

TIEMPO OPERACIÓN				SETTING	
HOROMETRO	10 x 60	CT-AUX Nº 2	CS-3	HORA	10 x 60
SALIDA				11:00/23:00	
ENTRADA				15:00/3:00	
TOTAL HRS				19:00/7:00	

CODIGOS DETENCION

MEC: MECANICO
ELEC: ELECTRICO
OPER.: OPERACIONES (ATOLLO, DETENCION AGUAS ABAJO, MATERIAL HUMEDO, CAMBIO TURNO, ETC.)
MINERAL: SIN MINERAL O ESPERA DE MINERAL
COLACIÓN: HORA DE ALMUERZO O CENA
ROMANA: TIEMPO ESPERA PRESENCIAL O SIN ROMANERO
OTROS:

NOTA: Especificar en lo posible causa de detención para análisis estadístico.

Figura 3-21: Report chancador secundario

Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora

Compañía Minera Cerro Negro año 2023

6. Realizar AST antes de toda nueva tarea.

3.6 MEDIDAS DE CONTROL PARA ATOLLOS Y POSIBLES FALLAS

Se entiende por atollo a todo aquel evento indeseado dentro de la operación planta, que genere detenciones y que pueda o no causar fallas en elementos o equipos retrasando la línea de producción, y que por lo general se ve producido por un agente externo (elementos metálicos, no metálicos y mineral procesado).

3.6.1 Atollo por sobre tamaño dentro de la cámara del chancador

El operador deberá cortar la carga, dirigirse al chancador y utilizar un gancho metálico o llauca para mover la roca y que el equipo logre triturarla. De tener una forma poco favorable para el chancado se debe realizar lo siguiente:

1. Detener y pedir el bloqueo de energía del equipo al departamento eléctrico mediante radio.
2. Comprobar energía cero desde la botonera y utilizar el candado de bloqueo.



Figura 3-22: Candado y tarjeta de bloqueo.

Fuente: Fotografía tomada por
Patricio Zamora

Compañía Minera Cerro Negro año
2023

3. Realizar AST.

4. Abrir tapa de registro del equipo.



Figura 3-23: Tapa de registro de chancador secundario

Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora

Compañía Minera Cerro Negro año 2023

5. Una vez dentro asegurar el sobre tamaño con el uso de una eslinga y con ayuda de un tecla, extraerlo hacia afuera del equipo.

3.6.2 Atollo por detención repentina del equipo

1. No debe intentar poner en marcha el equipo con material dentro de la cámara.
2. El operador deberá dirigirse a la zona de lubricación y abrir el juego de 3 llaves para el paso del aceite del hydroset.
3. Luego bajar el poste a la posición de fondo con el equipo detenido, con el fin de que el material que quedó dentro caiga hacia la cinta S-4.
4. Luego debe dirigirse a inspeccionar la cámara del equipo para ver si está vacía.
5. En caso de que la cámara no esté vacía, debe subir y bajar el poste hasta las posiciones de tope para hacer caer todo el material.
6. Reanudar la operación.

3.6.3 Atollo por sobrecarga en cinta auxiliar 2

1. Se debe avisar al chancado primario para detener la carga.

2. El operador debe pedir el bloqueo eléctrico de la cinta, comprobar energía cero y uso de candado.
3. Realizar AST.
4. Colocarse el arnés con cola de seguridad para trabajo en altura y engancharse a protección de la cinta.
5. Descargar el material de la cinta con ayuda de una pala.
6. Reanudar la operación.

3.6.4 Atollo por sobrecarga en cinta S-4

1. Se debe detener la cinta auxiliar 2 de alimentación y avisar al chancador primario para detener la carga.
2. El chancador no tiene que detenerse, se debe esperar el vaciado de la cámara.
3. Se debe detener la cinta S-4.
4. Inspeccionar las correas de transmisión de la cinta S-4.
5. En caso de haber desgaste o falta de tensado, se debe comunicar al personal de mantención para hacer un cambio de correas o tensado de éstas según corresponda.
6. Reanudar la operación.

3.7 MINERALES A PROCESAR Y SUS CONSIDERACIONES

A continuación, se nombrarán los 3 tipos de minerales con los que trabaja la Compañía minera Cerro Negro y las características de cada uno de ellos, con el fin de que el operador conozca y considere sus diferentes procesos para ser trabajados.

3.7.1 Sulfuro 620

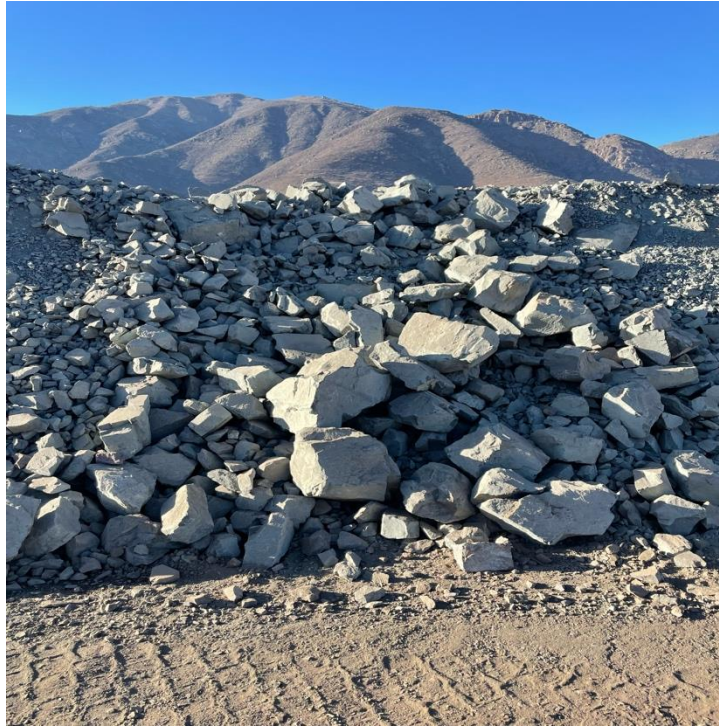


Figura 3-24: Sulfuro 620 acopiado en cancha 6

Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora

Compañía Minera Cerro Negro año 2023

1. Subir rieles en tolva blake previamente para evitar que el mineral quede atrapado, puesto que se fragmenta en forma de laja y esto facilita que detenga la carga y se acumule en la tolva.
2. Es un mineral propenso a traer sobre tamaño por su forma de fragmentación por lo que hay que inspeccionar de forma constante el interior del equipo.
3. En época de verano se debe poner en funcionamiento los dos aspersores disponibles en el área, por la cantidad de polvo que levanta el mineral.

- Abrir la llave de paso que se encuentra inmediatamente al salir de la caseta hacia el lado izquierdo en el suelo.



Figura 3-25: Llave de paso del agua para el área.

Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora

Compañía Minera Cerro Negro año 2023

- La siguiente llave se encuentra a unos pasos de la caseta justo al lado del motor de la cinta auxiliar 2. Esta llave humecta directamente la alimentación en el chute de traspaso.



Figura 3-26: Primera llave en chute de traspaso

Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora

Compañía Minera Cerro Negro año 2023

- La última llave se encuentra en la zona de lubricación justo sobre la cinta S-4.



Figura 3-27: Llave sobre cinta S-4

Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora

Compañía Minera Cerro Negro año 2023

4. Si el mineral viene muy húmedo el chancador va a tender a llenarse más rápido, se debe supervisar de forma constante para evitar la compactación de cubiertas.
5. Al poner en servicio la cinta auxiliar 2 con mineral en ella, el equipo puede detenerse por el golpe de carga, así que se debe poner en servicio dando más de un toque a la cinta para incorporar de a poco el mineral.

3.7.2 Sulfuro Portales

- Mineral con una fragmentación favorable para el chancado, aunque de alta dureza, se recomienda tener cuidado con el ajuste del setting y no exceder los 3 segundos al subir el poste en cada ajuste para evitar una detención por un alza de presión.
- Generalmente se presenta con humedad la mayor parte del tiempo, esto no representa un inconveniente para el equipo, pero si para el chute de traspaso desde la cinta auxiliar 2 hacia el chancador, por lo que se recomienda detener de vez en cuando para realizar la limpieza de esta parte por la acumulación de material fino, incluyendo también el tambor de cabeza de la cinta de alimentación.
- Se recomienda bajar los rieles de la tolva blake para frenar la carga en caso de una detención repentina de la cinta, para evitar un atollo por sobrecarga.



Figura 3-28: Sulfuro Portales
acopiado en cancha 6.

Fuente: Fotografía tomada por Patricio
Zamora

Compañía Minera Cerro Negro año 2023

3.7.3 Óxido 620

- Mineral con alta presencia de fino húmedo con esta última característica más presente en tiempo de invierno, además de briquetas inchancables (greda).
- Si se realiza el cambio de mineral de sulfuro a óxido, se recomienda bajar el poste solo 1 segundo para ir regulando de a poco el ajuste deseado, donde el equipo trabaje de manera que no sufra alguna detención por sobrecarga.
- Al igual que el sulfuro portales, se debe tener en cuenta la acumulación de material fino en los tambores de cabeza de cada cinta, esto con el fin de evitar que la carga acumulada la detenga.
- Si el mineral viene con mucha presencia de barro, se deberá notificar al coordinador de turno para efectuar un cambio de punto de carguío en la cancha de acopio. Esto con el fin de evitar una posible compactación de cubiertas en la etapa secundaria (chancador) y terciaria (chancadores y harneros).



Figura 3-29: Óxido 620 en cancha 4

Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora

Compañía Minera Cerro Negro año 2023

CONCLUSIONES

Se logró reconocer la importancia del chancador como un equipo crítico al no haber un plan de contingencia en caso de falla, reconociendo cada parte del equipo y datos técnicos señalándolo como equipo crítico indicando una serie de parámetros afectados, desde los cuales se lograron reconocer los más importantes al momento de operar (granulometría, amperaje y temperatura del aceite).

Se logró relacionar de forma empírica los indicadores de producción, historial de fallas y sus respectivos repuestos durante el periodo 2022, analizando cada indicador y su comportamiento para cada evento ocurrido, con el fin de evidenciar la importancia de estos.

En el caso del amperaje se logró determinar una relación directa para dos tipos de falla, el caso del corte de correa de transmisión y el paso del inchancable, determinando que a mayor amperaje existe una mayor probabilidad de estos casos.

En el caso de la temperatura del aceite la relación es directa, ya que, esta aumenta con la probabilidad del corte de la correa de transmisión y el paso del inchancable.

Se logró proponer un protocolo para el equipo de manera que el área donde se encuentra se dé a conocer a detalle al igual que toda actividad y los deberes que realice el operador antes y durante la operación guiándose en esta última, por los indicadores de producción.

Se logró presentar un protocolo abarcando todas las actividades dentro de la operación del chancado, describiendo a paso a paso cada una de ellas de forma ordenada, clara y precisa para poder implementarlo a la empresa, con el fin de disminuir tiempos de detención, teniendo un correcto manejo de los equipos y situaciones complejas como lo son los atollos en chancado y con esto directamente ayudar a disminuir costos asociados a producción y repuestos a futuro

RECOMENDACIÓN

Basándose en el presente trabajo, casi en su totalidad y a la vez porque no existe y es necesario, se recomienda realizar un protocolo para la operación del chancado en su etapa terciaria en la Compañía Minera Cerro Negro S.A. Se trata de otro equipo crítico en la línea de chancado y de mayor complejidad para aprender y operar al tener una gran cantidad de elementos y equipos.

ANEXOS

**PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN Y CONTROL DE CHANCADOR
SECUNDARIO**

Elaborado por:
Catalina Elizabeth Lagos Casanova
Patricio Nicolás Zamora Olivares

Elementos y equipos

Elementos	Equipos
Bomba de lubricación	Chancador Allis Chalmers
Enfriador de aceite	Cinta Auxiliar 2 (alimentación)
Silo andarivel	Cinta S-4 (descarga)
Pala	
Carretilla	
Llauca	

Puesta en marcha

1. Registrar horómetro de chancador en report.
2. Poner en servicio bomba de lubricación para calentar el aceite
3. Chequear visualmente el silo andarivel para ver su capacidad, poner en servicio solo si el solo andarivel se encuentra con menos del 75% de su llenado.
4. Verificar el estado de los elementos del área.
 - Chancador debe encontrarse sin carga dentro de las cubiertas (entre manto y cóncavo)
 - Cintas transportadoras sin carga y con tambores de cola y cabeza limpios
 - Tolva Blake sin mineral
 - Aseo general en caseta y pasillos de tránsito de personal
5. Poner en marcha el enfriador para mantener la temperatura del aceite estable
6. Tocar la alarma 3 veces con pausa de 5 segundos cada una, para alertar si es que se encuentra personal en el área.
7. Desde la sala de control poner en servicio cinta S-4 de descarga, luego poner en servicio el chancador y posterior a esto poner en servicio la cinta auxiliar 2 de alimentación
8. Ya en operación, regular el setting indicado por la jefatura
 - Dirigirse a zona de lubricación
 - Abrir la primera llave mariposa que se encuentra a su derecha
 - Abrir segunda llave que se encuentra en la zona inferior del estanque en su parte trasera
 - Abrir tercera y última llave de paso que se encuentra frente a la botonera
 - Subir o bajar el poste según se requiera, no exceder los 3 segundos al subirlo, ni tampoco más de 2 segundos al bajarlo

9. Mantener los siguientes parámetros de operación:

- Temperatura del aceite para puesta en marcha de 36 a 40 grados Celsius.
- Temperatura de trabajo de 40 a 59 grados Celsius.
- Amperaje de 150 a 370 A. Tener precaución al observar un comportamiento lento en aguja de amperímetro, en caso de presentarse detenga alimentación para evitar la detención del equipo y posterior a esto abra el chancador.
- Controlar nivel de llenado de silo andarivel.
- Cualquier anomalía, deberá ser notificada al coordinador de turno mediante radio.

Deberes del operador

1. Verificar constantemente el silo andarivel.
2. Supervisar de forma continua el correcto funcionamiento del equipo y las cintas transportadoras.
3. Controlar el tamaño de la alimentación (**F80**), que se debe encontrar entre 3,5 y 4,5 pulgadas. Si se supera el tamaño permitido, se debe informar al coordinador de turno.



4. Controlar el tamaño del producto (**P80**), que se debe encontrar entre 25 y 35 mm, si se excede de este último, el operador debe realizar un ajuste del setting.



5. Registrar en el report el horario de inicio, detenciones, cambios de mineral y el estado de los equipos.
6. Realizar AST antes de toda nueva tarea.

Medidas de control para atollos y posibles fallas

Atollo por sobre tamaño dentro de la cámara del chancador

1. Detener alimentación y comunicarse con el coordinador para que solicite el bloqueo de energía del equipo al departamento eléctrico mediante radio.
2. Comprobar energía cero desde la botonera y utilizar el candado de bloqueo.
3. Realizar AST.
4. Abrir tapa de registro del equipo
5. Una vez dentro asegurar el sobre tamaño con el uso de una linga y con ayuda de un tacle, extraerlo hacia afuera del equipo.

Atollo por detención repentina el equipo

1. No debe intentar poner en marcha el equipo con material dentro de la cámara.
2. El operador deberá dirigirse a la zona de lubricación y abrir el juego de 3 llaves para el paso del aceite del hydroset.
3. Luego bajar el poste a la posición de fondo con el equipo detenido, con el fin de que el material que quedó dentro caiga hacia la cinta S-4.

4. Luego debe dirigirse a inspeccionar la cámara del equipo para ver si esta vacía.
5. En caso de que la cámara no esté vacía, debe subir y bajar el poste hasta las posiciones de tope para hacer caer todo el material.
6. Reanudar la operación.

Atollo por sobre carga en cinta auxiliar 2

1. Se debe avisar al chancado primario para detener la carga.
2. El operador debe pedir el bloqueo eléctrico de la cinta, comprobar energía cero y uso de candado.
3. Realizar AST.
4. Colocarse el arnés con cola de seguridad para trabajo en altura.
5. Descargar el material de la cinta con ayuda de una pala.
6. Reanudar la operación.

Atollo por sobre carga en cinta S-4

1. Se debe detener la cinta auxiliar 2 de alimentación y avisar al chancador primario para detener la carga.
2. El chancador no tiene que detenerse, se debe esperar el vaciado de la cámara.
3. Se debe detener la cinta S-4.
4. Inspeccionar las correas de transmisión de la cinta S-4.
5. En caso de haber desgaste, se debe comunicar al personal de mantención para hacer un cambio de correas y luego poner en servicio la cinta.
6. Reanudar la operación.

Minerales a procesar y sus consideraciones

Sulfuro 620

1. Subir rieles en tolva blake previamente para evitar que el mineral quede atrapado, puesto que se fragmenta en forma de laja y esto facilita que detenga la carga y se acumule en la tolva.

2. Es un mineral propenso a traer sobre tamaño por su forma de fragmentación por lo que hay que inspeccionar de forma constante el interior del equipo.
3. En época de verano se debe poner en funcionamiento los dos aspersores disponibles en el área, por la cantidad de polvo que levanta el mineral.
4. Si el mineral viene muy húmedo el chancador va a tender a llenarse más rápido, se debe supervisar de forma constante para evitar la compactación de cubiertas.
5. Al poner en servicio la cinta auxiliar 2 con mineral en ella, el equipo puede detenerse por el golpe de carga, así que se debe poner en servicio dando más de un toque a la cinta para incorporar de a poco el mineral.

Sulfuro Portales

1. Mineral con una fragmentación favorable para el chancado, aunque de alta dureza, se recomienda tener cuidado con el ajuste del setting y no exceder los 3 segundos al subir el poste en cada ajuste para evitar una detención por un alza de presión.
2. Generalmente se presenta con humedad la mayor parte del tiempo, esto no representa un inconveniente para el equipo, pero si para el chute de traspaso desde la cinta auxiliar 2 hacia el chancador, por lo que se recomienda detener de vez en cuando para realizar la limpieza de esta parte por la acumulación de material fino, incluyendo también el tambor de cabeza de la cinta de alimentación.
3. Se recomienda bajar los rieles de la tolva blake para frenar la carga en caso de una detención repentina de la cinta, para evitar un atollo por sobrecarga.

Oxido 620

1. Mineral con alta presencia de fino húmedo con esta última característica más presente en tiempo de invierno, además de briquetas inchancables (greda).
2. Si se realiza el cambio de mineral de sulfuro a óxido, se recomienda bajar el poste solo 1 segundo para ir regulando de a poco el ajuste deseado, donde el equipo trabaje de manera que no sufra alguna detención por sobrecarga.

3. Al igual que el sulfuro portales, se debe tener en cuenta la acumulación de material fino en los tambores de cabeza de cada cinta, esto con el fin de evitar que la carga acumulada la detenga.
4. Si el mineral viene con mucha presencia de barro, se deberá notificar al coordinador de turno para efectuar un cambio de punto de carguío en la cancha de acopio. Esto con el fin de evitar una posible compactación de cubiertas en la etapa secundaria (chancador) y terciaria (chancadores y harneros).

Diagrama de decisiones operación-falla corte de correa de transmisión:

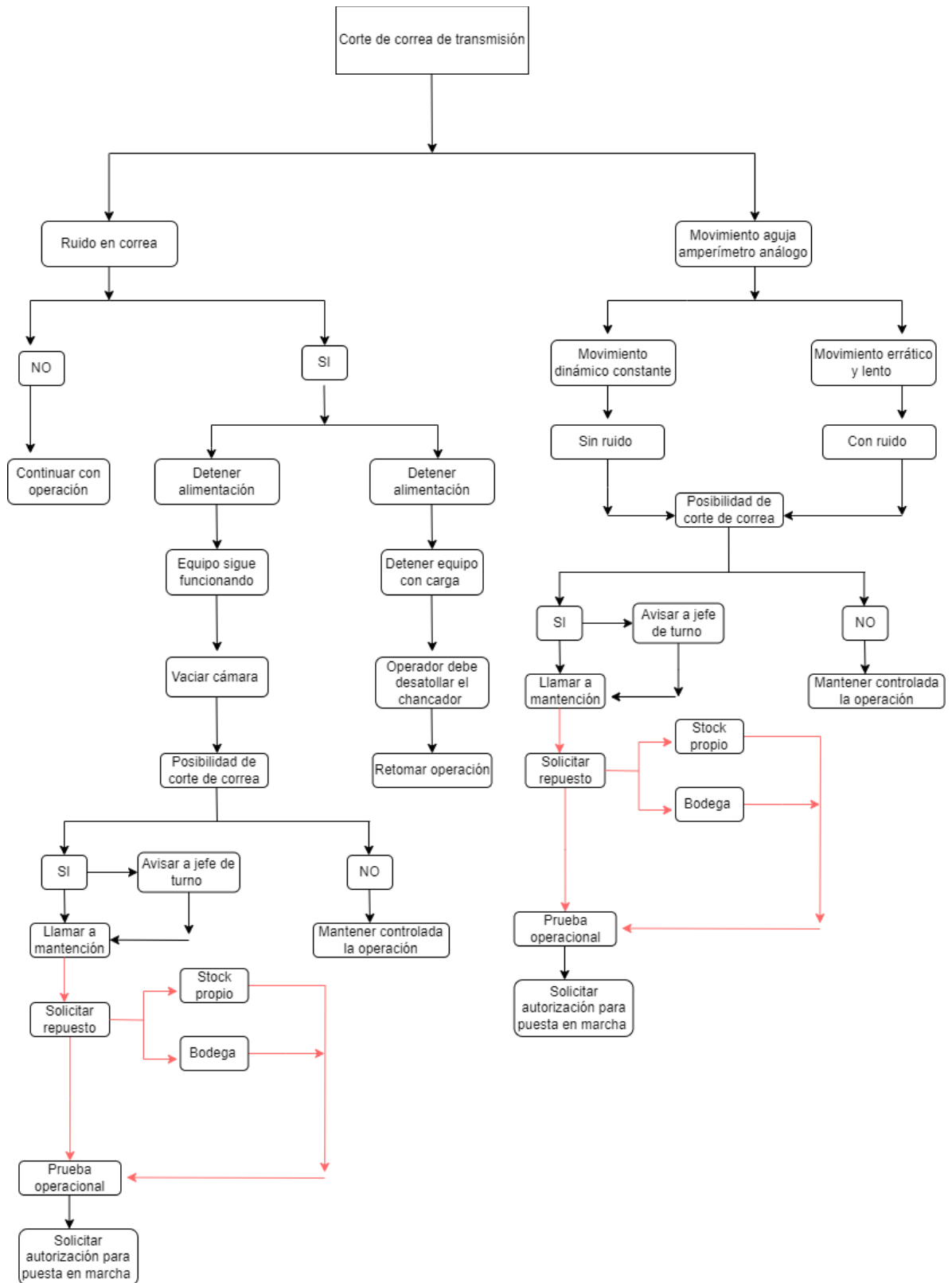


Diagrama de decisiones operación-falla fuga de aceite en flexible:

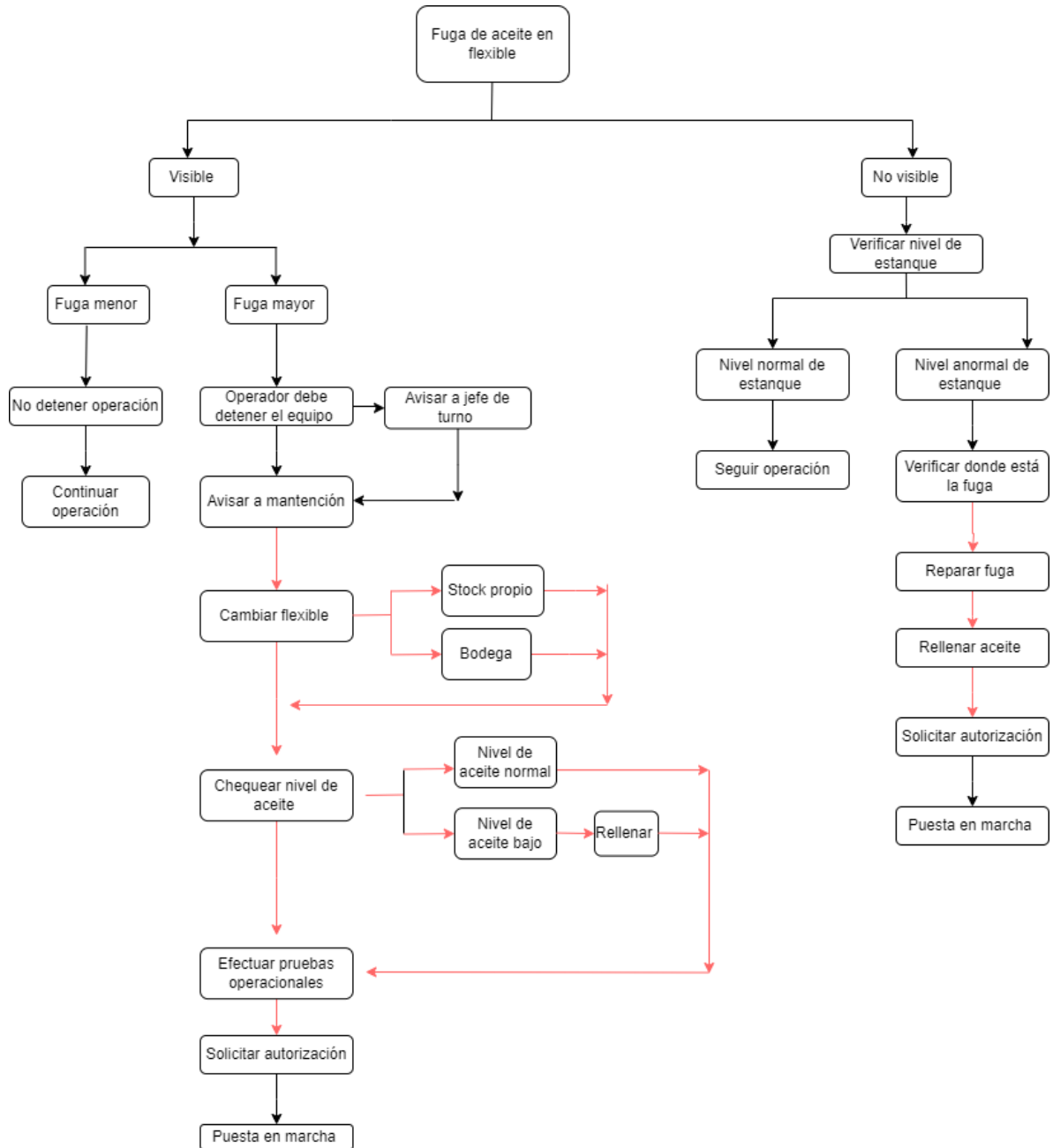
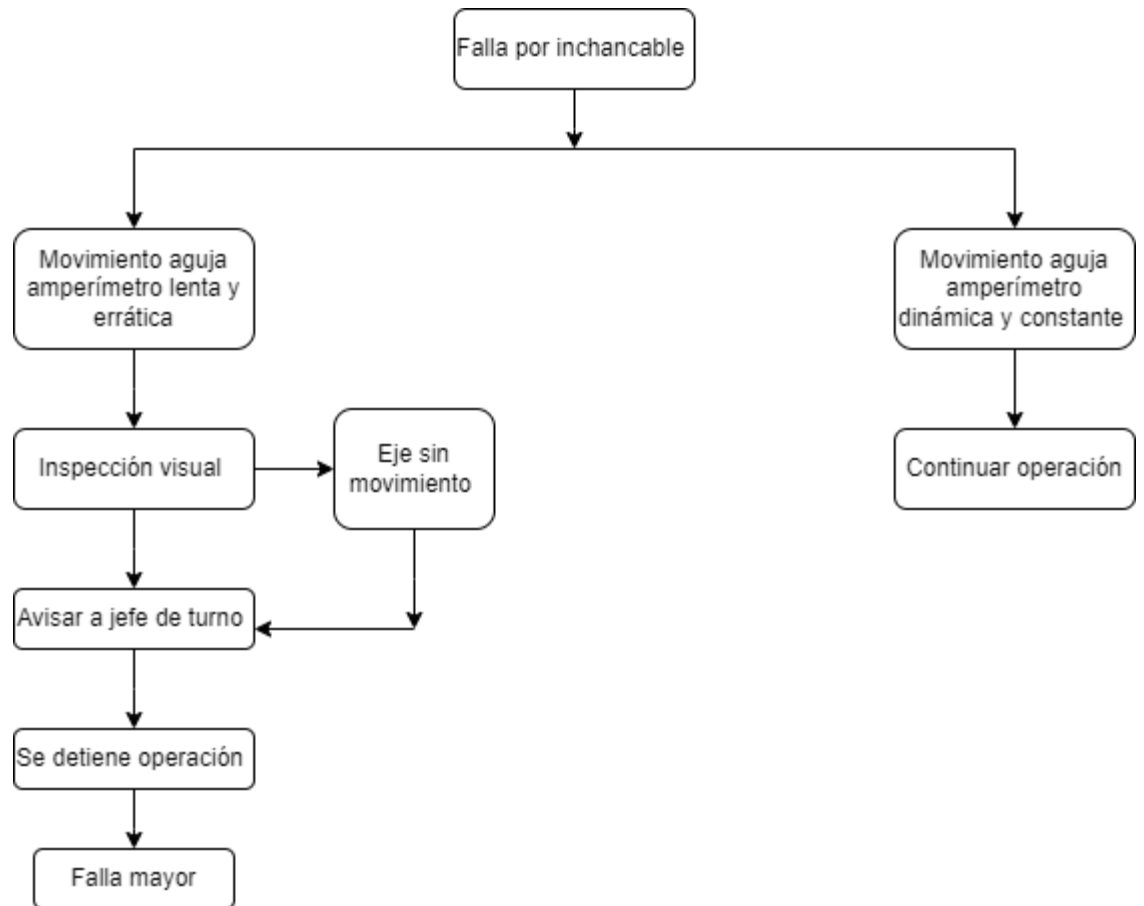
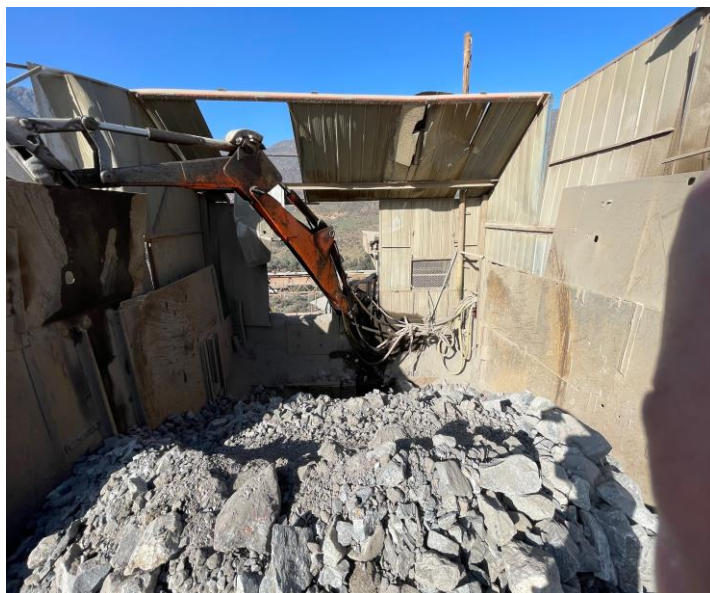


Diagrama de decisiones operación-falla por paso inchancable:



Anexo A: Tolva de alimentación y brazo hidráulico.



Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora
Compañía Minera Cerro Negro año 2023

Anexo B: Cinta fija y auxiliar



Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora
Compañía Minera Cerro Negro año 2023

Anexo C: Motor de chancador secundario



Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora
Compañía Minera Cerro Negro año 2023

Anexo D: Silo andarivel



Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora
Compañía Minera Cerro Negro año 2023

Anexo E: Cinta 16



Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora
Compañía Minera Cerro Negro año 2023

Anexo F: Cinta 15



Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora
Compañía Minera Cerro Negro año 2023

Anexo G: Cinta 11



Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora
Compañía Minera Cerro Negro año 2023

Anexo H: Cinta 10



Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora
Compañía Minera Cerro Negro año 2023

Anexo I: Chute de cinta 9

Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora
Compañía Minera Cerro Negro año 2023

Anexo J: Cinta 7

Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora
Compañía Minera Cerro Negro año 2023

Anexo K: Cinta 1 (izquierda) y cinta 2 (derecha)



Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora
Compañía Minera Cerro Negro año 2023

Anexo L: Chancador 2 y harnero 2



Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora
Compañía Minera Cerro Negro año 2023

Anexo M: Chancador 1 y harnero 1



Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora
Compañía Minera Cerro Negro año 2023

Anexo N: Cinta 3



Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora
Compañía Minera Cerro Negro año 2023

Anexo Ñ: Cinta 6



Fuente: Fotografía tomada por Patricio Zamora
Compañía Minera Cerro Negro año 2023

BIBLIOGRAFÍA

Figuroa Terrazas, V. A. (2017). Propuesta de un Plan de Mantenimiento basado en la metodología RCM II para los equipos críticos del proceso minero de la Compañía Minera Cerro Negro.

Silva, N. Q. (2015). ESTUDIO DE PUESTA EN MARCHA PARA MOLINOS DE BOLAS Y PLANTA DE FLOTACIÓN EN MINERA CERRO NEGRO. *Pontificie Universidad Católica de Valparaíso*.

de Maquinaria, M. M., Botto, S., & Rey, S. Mantención de un Chancador Sandvik H-8000.