CCM
CONSEJO DE COMPETENCIAS MINERAS

Cuaderno del Instructor
Operador Base Planta
Módulo VI: Proceso de concentradora
La molienda
PFPCO-2-01/v.2-[PE01-M06/v.1]

Una iniciativa de:

CONSEJO MINERO

Con la asesoría experta de:

Innovum | FCH FUNDACIÓN CHILE

Equipo Consejo Minero

Joaquín Villarino H., Presidente Ejecutivo
Carlos Urenda A., Gerente General
Christian Schnettler R., Gerente Consejo de Competencias Mineras
José Tomás Morel L., Gerente de Estudios
María Cecilia Valdés V., Gerente de Comunicaciones
Sofía Moreno C., Gerente de Comisiones y Asuntos Internacionales
Claudia Díaz R., Jefe de Proyectos

Equipo Innovum Fundación Chile

Hernán Araneda D., Gerente
Diego Richard M., Director Programa Fuerza Laboral Minera
Rafael Pizarro G., Director de Proyectos
Susana Gallardo S., Especialista de Formación
Eduardo Soto S., Consultor Senior
Álvaro Aguilar H., Consultor de Proyectos
Carolina Gutiérrez M., Consultor de Proyectos

Consejo Minero
Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.
Teléfono: (562) 2347 2200
www.ccm.cl

Propiedad del Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero:

Este material ha sido realizado por el Centro de Innovación en Capital Humano de Fundación Chile - Innovum, con la colaboración técnica del Centro de Entrenamiento Industrial y Minero - CEIM, para el Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero - del cual pasa a ser propiedad -.

Este material está disponible para instituciones que imparten formación en el ámbito minero en Chile, a las que se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos de este material para fines de formación, citando siempre al Consejo de Competencias Mineras del Consejo Minero y pudiendo incluso adaptarlo para satisfacer los requerimientos de los participantes. Se prohíbe la reproducción o adaptación con fines comerciales.

El uso del género masculino en esta publicación no constituye discriminación; tiene el sólo propósito de aligerar el texto cuando la redacción así lo exige.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS
QUEDA AUTORIZADA SU REPRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN CITANDO LA FUENTE.

© Anglo American Norte S.A., Anglo American Sur S.A., Anglo American Chile Ltda.; Antofagasta Minerals S.A.; BHP Chile Inc.; Compañía Minera Barrick Chile Ltda.; Compañía Minera Cerro Colorado Ltda., Minera Escondida Ltda., Minera Spence S.A.; Compañía Minera Zaldívar Ltda.; Corporación Nacional del Cobre de Chile; Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM; Compañía Contractual Minera Candelaria, Sociedad Contractual Minera El Abra; Freeport-McMoran South America Inc.; Glencore Chile S.A.; SCM Minera Lumina Cooper Chile; Sierra Gorda SCM; Teck Resources Chile Ltda.; Yamana Chile Servicios Ltda.; 2013.

Consejo de Competencias Mineras – CCM:

El Consejo de Competencias Mineras (CCM) es una iniciativa de articulación entre las empresas mineras, cuyo fin es proveer información sectorial, estándares y herramientas que permitan al mundo formativo adecuar la formación de técnicos a la demanda del mercado laboral minero, tanto en términos cualitativos como cuantitativos. Con la asesoría experta de Innovum Fundación Chile, este organismo genera, con un enfoque sistémico, insumos para el mundo formativo, dando a conocer qué necesidades de capital humano tiene la minería y transfiriendo buenas prácticas para su formación.

El Consejo de Competencias Mineras – el primero de su naturaleza en el país – opera al alero del Consejo Minero. Fue formado en 2012 y cuenta con 12 empresas socias. A tres años de su creación, el CCM ha desarrollado una serie de productos y sistemas que han marcado un cambio de paradigma en la vinculación del mundo productivo con el de la formación para el trabajo, y han significado un aporte de fondo para el mejoramiento y la valoración de la educación técnico-profesional en el país, con un alcance que trasciende ampliamente a la sola industria minera.

Los Paquetes para Entrenamiento, son uno de estos productos. Se han creado además: Estudios de Fuerza Laboral, El Marco de Cualificaciones para la Minería (MCM), Marco de Calidad de Buenas Prácticas Formativas, Marco de Calidad para Instructores e impulsamos el apoyo sectorial al Sistema de Certificación de Competencias Laborales.

Si bien el Consejo de Competencias Mineras es una entidad privada, sus productos están concebidos como bienes públicos y gratuitos, de valor compartido para todos los estamentos de la sociedad en Chile. Toda la información y los productos generados por el CCM, además de un breve video explicativo, están disponibles en el sitio web: www.ccm.cl

El desafío que ahora enfrenta el CCM es que, tanto el mundo formativo como el minero, incorporen los estándares generados a sus procesos de negocio y a su quehacer diario. Esto generará una fuerza laboral más productiva y, por ende, mayor competitividad del país en el contexto internacional.

Contribución del CCM

Para trabajadores actuales y personas interesadas en trabajar en la minería:

- Mejor empleabilidad.
- Aprendizaje adecuado a los requerimientos del mercado.
- Acceso no sólo a un oficio, sino a rutas de formación y aprendizaje.

Para el sector minero:

- Mitigación de la escasez de personal, anticipándose al problema de manera coordinada y con visión de futuro.
- Mejora de productividad, al contar con más trabajadores preparados para los requerimientos de la industria, tanto propios como de proveedores.
- Mayor competitividad de esta industria, que repercute positivamente también en la competitividad del país.

Para las instituciones educacionales:

- Mejor empleabilidad de sus egresados.
- Mejor información proyectada a 8 a 10 años, para potenciar programas formativos en los oficios para los cuales se anticipa una mayor brecha de capital humano.
- Oportunidad para el reconocimiento de la industria respecto a su calidad formativa.

Para la comunidad y el país:

- Asignación más eficiente de fondos públicos de educación y capacitación, al tener identificados programas adecuados para satisfacer requerimientos del mercado.
- Disminución de la presión que se ejerce sobre otros sectores productivos por la demanda de trabajadores, al aumentar la cantidad de personas calificadas para la minería.

Índice

Descripción del documento 7

Módulo VI: Proceso de concentradora La molienda 8

1. Introducción al proceso de Molienda 9

1.1. Principales equipos asociados al proceso de molienda 10

1.2. Parámetros y variables de operación de molienda 24

1.3. Procedimientos de operación de molienda 29

1.4. Nociones de mantenimiento preventivo de los equipos asociados 33

1.5. Riesgos asociados a la operación de molienda y carguío de bolas 35

Actividad N° 1 41

Descripción del documento

El Cuaderno del instructor contiene la totalidad de los contenidos a utilizar por el instructor para el desarrollo del programa de formación de Operador Base Planta de nivel 2.
El documento está dividido en módulos, los cuales están organizados en secciones de temas y contenidos específicos.
El instructor podrá además, sugerir actividades como las que se listan a continuación:

- Charlas y/o reflexiones de seguridad.
- Discusiones o foros de debate.
- Reforzamientos.
- Actividades en terreno.
- Preparación para la evaluación final

Específicamente para las actividades relacionadas a tecnologías de comunicación audiovisual se entregarán links a modo referencial, sin embargo el instructor tendrá la libertad de utilizar los recursos que estime conveniente a fin de lograr los requerimientos de la actividad.

Todo el material es susceptible de ser mejorado, adaptado o modificado en función de las características del grupo con el que se trabaje. Por ello se ha diseñado desde un enfoque flexible, que permite al instructor agregar recursos que enriquezcan algún contenido o posibilitar el aporte de los participantes, cuidando siempre de lograr los aprendizajes esperados de cada módulo.

Respecto a las evaluaciones se sugiere que éstas sean elaboradas por el instructor de acuerdo a los siguientes lineamientos:
La evaluación de los módulos y sus contenidos debe estar compuesta por a lo menos 10 preguntas, las cuales deben ser extraídas del documento “Instrumento de evaluación de proceso”.

Cada pregunta será evaluada con puntajes entre 0 y 10. La escala de calificación será de 0 a 100%. Considerando el 0% cuando el participante no tiene respuestas correctas y el 100% cuando posee la totalidad de respuestas buenas.

La nota de aprobación de las evaluaciones de los distintos módulos corresponderá a un 75%.

Módulo VI: Proceso de concentradora La molienda

1. Introducción al proceso de Molienda

El proceso de molienda tiene como objetivo continuar reduciendo el tamaño de las partículas que componen el mineral, para obtener una granulometría máxima de 180 micrones (0,18 mm), permitiendo de esta forma, la liberación de la mayor parte de los minerales de cobre en forma de partículas individuales.

Se realiza utilizando grandes equipos giratorios o molinos de forma cilíndrica, los más comunes son:

- Molino convencional.
- Molino SAG.

En esta etapa al material mineralizado se le agrega agua para formar un fluido lechoso y los reactivos necesarios para realizar el proceso siguiente: La flotación.

Molienda convencional: Se realiza en dos etapas utilizando un molino de barras y un molino de bolas, respectivamente, aunque en las plantas modernas sólo se utiliza el segundo. En ambos molinos el mineral se mezcla con agua para lograr una molienda homogénea y eficiente. Luego, la pulpa obtenida es llevada a la etapa siguiente que es la flotación.

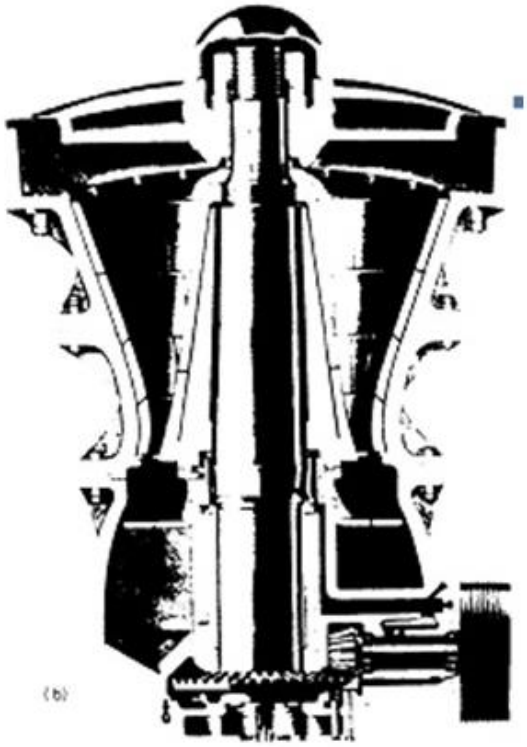
Molienda SAG: El mineral se recibe directamente desde el chancador primario (no del terciario como en la molienda convencional) con un tamaño cercano a 8 pulgadas (20 cm, aproximadamente) y se mezcla con agua y cal. El material es reducido gracias a la acción del mismo material mineralizado presente en partículas de variados tamaños (de ahí su nombre de molienda semi autógena) y por la acción de numerosas bolas de acero, de 5 pulgadas de diámetro, que ocupan el 12% de su capacidad. Dado el tamaño y la forma del molino, las bolas son lanzadas en caída libre cuando el molino gira, logrando un efecto conjunto de chancado y molienda, que resulta más efectivo y con menor consumo de energía por lo que no se requieren las etapas de chancado secundario ni terciario. La mayor parte del material molido en el SAG va directamente a la etapa siguiente, la flotación, es decir tiene la granulometría requerida bajo los 180 micrones, y una pequeña proporción debe ser enviado a un molino de bolas.

1.1. Principales equipos asociados al proceso de molienda

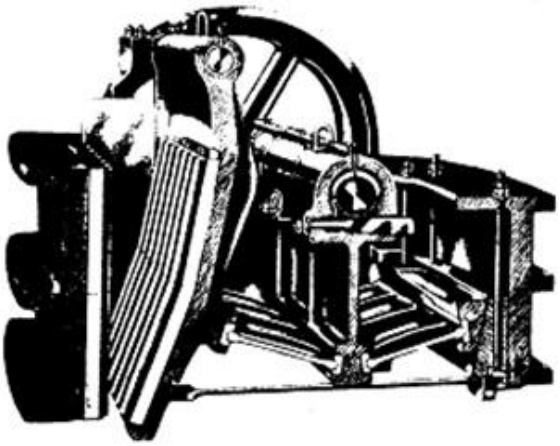
Chancado y Molienda- Conminución

El primer paso en el tratamiento del mineral (tratamiento de materia prima, tal como el mineral pulverizado, para mejorar las propiedades físicas o químicas en preparación para su posterior procesamiento) es la conminución. La conminución es la acción de reducir un material, especialmente un mineral, a partículas o fragmentos diminutos. En resumen, la conminución es la reducción de tamaño. La conminución, combinada con la separación física, es la primera etapa típica en la extracción de minerales a partir de menas. Un buen diseño de las plantas de conminución, tanto para la eficiencia energética y la presentación de material de alimentación para procesamiento aguas abajo, es de vital importancia para la industria minera.

La conminución se realiza generalmente mediante operaciones de reducción de tamaño secuencial, comúnmente denominadas chancado y molienda. El chancado puede realizarse en dos o tres etapas. Los sistemas de chancado primario consisten en chancadores, alimentadores, sistemas de control de polvo y transportadoras utilizados para el transporte del mineral al almacenamiento del mineral grueso. El chancado primario se logra a menudo mediante una mandíbula o chancador giratorio, ya que estas unidades son capaces de manejar rocas grandes.



b. Diagrama Funcional y Sección Transversal de un Chancador tipo Cono



a. Sección Transversal de un Chancador tipo Mandíbula

Figura 1

Molinos de bolas

Los molinos de bolas han estado en uso desde fines del siglo XIX. Son utilizados ampliamente para la fabricación de: polvo, cemento, silicato, materiales de construcción, fertilizantes, etc. En general, el proceso de molienda de los molinos de bolas se puede dividir en proceso húmedo y proceso en seco. Los molinos de bolas son molinos giratorios/rotatorios en los que la conminución (reducción de tamaño) se lleva a cabo con la ayuda de bolas metálicas. Dado que las bolas tienen una mayor superficie por unidad de peso que las barras, son más adecuadas para la molienda fina. La longitud del cilindro es normalmente 1 a 2 veces más larga que el diámetro. Si tiene más de 2 veces el diámetro a menudo se le llama un molino de tubo. Los molinos de bolas tienen típicamente una carga de bolas de 40 a 45%, y la reducción de tamaño se obtiene mediante una combinación de las fuerzas de impacto, resistencia al desgaste y abrasión. El mineral y las bolas son arrastrados a un lado del molino y en cierto punto caen de vuelta impactando la punta de la carga (parte inferior del molino).Las partículas de mineral y las bolas en el cuerpo de la carga se deslizan cuando se mueven a diferentes alturas y están sometidos a fuerzas de desgaste y la abrasión.

La rotación es por lo general de entre 4 a 20 revoluciones por minuto, dependiendo del diámetro del molino. Cuanto más grande es el diámetro, más lenta será la rotación. Si la periferia del molino es demasiado grande, comienza a actuar como una centrífuga y las bolas no caen de nuevo, sino que permanecen en el perímetro del molino. Los molinos de bolas se pueden utilizar como molienda primaria para los circuitos de molienda de una sola etapa o como la segunda etapa en circuitos de molienda de dos etapas. Pueden funcionar en diseños de circuito abierto o circuito cerrado. Un sistema de circuito cerrado se refiere al hecho de que el mineral no puede salir del sistema de molienda/clasificación hasta que ha alcanzado su tamaño específico. Los molinos de bolas pueden funcionar en seco o en húmedo, pero la mayoría funciona en una configuración de molienda húmeda.

Las responsabilidades del operador de chancado y molienda incluyen inspecciones periódicas a los molinos, operar el sistema de carga – carga de las bolas y barras, la revisión del ticket (ficha) del lote para determinar el tipo y la cantidad que debe ser molida y verificar que se cumplen todos los valores de calidad para las materias primas. El operador está obligado a seguir los procedimientos normalizados de trabajo para la carga y descarga de los molinos de bolas, y está obligado a notificar a la gerencia si las cantidades de las materias primas no coinciden con el ticket del lote.

La mayoría de las instalaciones de cobre utilizan una combinación de barras y molinos de bolas para moler el mineral sulfurado. Los molinos de barras utilizan barras de acero en tambores giratorios para moler el mineral. Un molino de bolas funciona haciendo caer el mineral contra bolas de acero libres y el revestimiento del molino. Los molinos de barras y de bolas se construyen con revestimientos reemplazables compuestos de aleación de acero de alta resistencia atornillada al cilindro del molino. La cara de molienda del revestimiento es acanalada para favorecer la mezcla. Los revestimientos requieren mantenimiento y deben reemplazarse periódicamente. El molino debe retirarse de la producción para volver a colocar el revestimiento. En algunos casos, se introduce el mineral y el agua en un molino autógeno (donde los medios de molienda son los propios minerales duros), o en un molino semi-autógeno (donde los medios de molienda son el mineral complementado con bolas de acero de gran tamaño).

Molinos autógenos y semi-autógenos

En los últimos años los molinos autógenos (AG) y semi-autógenos (SAG) han aumentado en popularidad en las operaciones de procesamiento de minerales de gran tamaño. Los molinos AG/SAG pueden realizar el mismo trabajo de reducción de tamaño que normalmente toma varias etapas de chancado, cribado y métodos de molienda. A menudo, el producto es un tamaño final o listo para el pulido final en un molino de bolas o un molino de piedras. Se puede moler roca de la mina o productos primarios de chancado con su tamaño de alimentación limitado a lo que prácticamente se puede transportar. Además, pueden ser menos costosos de operar con la reducción o eliminación de las bolas o rodillos caros. Son molinos que giran/rotan, donde se llevan a cabo tareas de conminución sin ayudas de molienda. Consta de un gran cilindro de diámetro relativo a su longitud, típicamente 2 o 2,5 a 1.

Estos molinos utilizan grandes terrones de mineral como medios de molienda. Los molinos autógenos utilizan exclusivamente el mineral como su medio de molienda, pero si la dureza y la abrasividad del mineral no se prestan para la molienda autógena plena, entonces, se añade una pequeña carga de bolas de acero - 6 al 15%, para ayudar en la reducción de tamaño. Esto se conoce como un molino semi-autógeno (SAG). Los molinos SAG/AG realizan la reducción de tamaño mediante una combinación de impacto, desgaste y fuerzas de abrasión. El mineral es arrastrado a un lado del molino y en cierto punto cae de vuelta impactando la punta de la carga

(parte inferior del molino).Las partículas de mineral en el cuerpo de la carga se deslizan cuando se mueven a diferentes alturas y están sometidos a fuerzas de desgaste y la abrasión. El revestimiento interior de los molinos AG/SAG es de acero o de caucho y están equipados con barras elevadoras.

Se utiliza la molienda semi-autógena en lugar de molienda autógena cuando el mineral no produce el volumen necesario. La carga circulante es una indicación de la adecuación de los medios de molienda. Una carga circulante alta indica una falta de bolas de gran diámetro o un número insuficiente de bolas, dependiendo de la distribución del tamaño en la carga circulante.

Los molinos autógenos y semi-autógenos operan típicamente a velocidades ligeramente más altas que los molinos de bolas del mismo diámetro. El propósito de un circuito de molienda es reducir el tamaño del material de alimentación a un tamaño adecuado, ya sea para un producto final o para su posterior procesamiento.

El procesamiento adicional puede implicar una lixiviación, flotación, separación por gravedad o separación magnética. De estos procesos, la flotación, la concentración por gravedad y la separación magnética requieren una molienda lo suficientemente fina como para liberar el mineral valioso de la ganga.

Tamices

Los tamices se utilizan para controlar el tamaño del material de alimentación. La mena y el mineral pasan sobre un tamiz, las partículas más pequeñas caen a través de este y las partículas más grandes quedan en la parte superior para volver a chancarse. La evaluación del tamaño de la partícula asegura que el material valioso pasa a través del tamiz. Debido a las diferencias en triturabilidad entre el mineral y la roca madre, las partículas producidas tienen diferentes tamaños y formas. Estos se separan a través de tamices que permiten que las partículas que son menores que la abertura del tamiz pasen a través de él mientras se retienen las otras. Esta forma de separación puede ser un método eficaz y barato de concentrar un mineral y rechazar la ganga en algunos minerales.

Figura 2

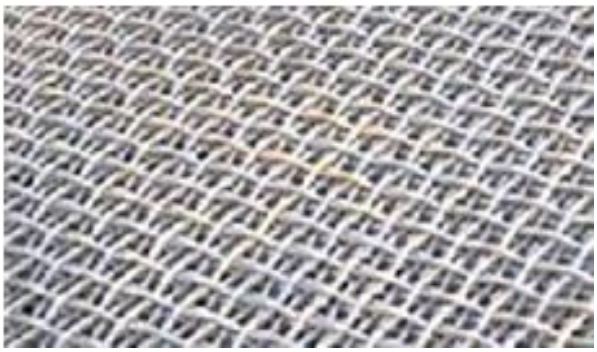


Figura 3

Tamiz Grisáceo (Grizzly)

Malla

Figura 4

Figura 5

Los separadores de tamaño, tales como los harneros grizzly y los tamices, controlan el tamaño del material de alimentación entre la etapa de chancado y molienda. Los harneros grizzly se utilizan normalmente para el material muy grueso. Los tamices separan el tamaño del mineral mecánicamente utilizando una superficie ranurada o malla. Utilizando gravedad los tipos de separadores más utilizados son el movimiento y las mallas de tamiz vibratorias, y los agitadores. El operador controla visualmente el progreso de los tamices. Los tamices vibratorios pueden tener cuatro o más niveles de tamices apilados uno encima del otro. Los tamices están hechos de malla de alambre y vienen en una variedad de tamaños con el fin de adaptarse a diferentes trabajos.

Recoger la mena y los minerales de la tierra da origen a muchas impurezas, por lo tanto, es necesario separar la suciedad y el material no valioso del mineral. El tamiz vibratorio trabaja al tener los elementos que han de ser separados, de diferentes tamaños, colocados en la malla en la capa superior. Toda la máquina vibra con un movimiento circular suave para hacer pasar el material a través de las pantallas y separar cualquier material no deseado. Las aberturas de cribado más grandes estarán en la capa superior, las aberturas se vuelven cada vez más pequeñas a medida que el material progresa a través de las diferentes capas a la capa final. Esto dará lugar a capas de material clasificado; ordenados por tamaño, y con cualquier suciedad y material adicional sacudido de este. Las vibraciones del tamiz se pueden ajustar con el fin de que sea suave para el material delicado y vigoroso para los elementos más difíciles.

El usuario es responsable de revisar regularmente la cubierta del tamiz para garantizar un rendimiento eficiente y constante de material; las cosas a tener en cuenta son:

- Condición general del tamiz.
- Los paneles desgastados de la cubierta del tamiz.
- Flujo de agua adecuado en el tamiz.
- Grietas en el marco y la estructura.
- Rodapiés.

Figura 6

Molienda

La molienda es la última etapa en el proceso de conminución, y de todas las etapas de procesamiento de minerales, es la que requiere más energía. La molienda se realiza "húmeda", ya que esto requiere menos energía, lo que permite un ahorro energético de hasta un 30% en comparación con la molienda en seco. Las partículas de mineral se reducen y se clasifican en material uniformemente ordenado.

En la molienda, las partículas generalmente se reducen por una combinación de impacto y abrasión del mineral por el libre movimiento de los cuerpos de molienda, tales como barras de acero, bolas o piedras en el molino. Se utiliza una combinación de barras y molinos de bolas para moler el mineral sulfurado. Los molinos de barras utilizan barras de acero sueltas en tambores giratorios para moler el mineral. Un molino de bolas funciona haciendo caer el mineral contra bolas de acero libres y el revestimiento del molino.

Los molinos de barras y de bolas se construyen con revestimientos reemplazables hechos de aleación inoxidable de alta resistencia (cromo-molibdeno) atornillada al cilindro del molino. Los revestimientos de los molinos están diseñados para proteger los depósitos de molienda del molino y para mejorar el movimiento de la carga para una óptima producción y rendimiento de la molienda. La cara de molienda del revestimiento es acanalada para favorecer la mezcla. Los revestimientos requieren mantenimiento y deben reemplazarse periódicamente. Las superficies interiores de los molinos trituradores que están expuestas a medios de molienda y/o material que se muele están protegidas contra el desgaste y la corrosión mediante revestimientos hechos de caucho, metal, o una combinación de caucho y metal, o materiales no metálicos resistentes al desgaste.

El molino debe retirarse de la producción para volver a colocar el revestimiento. Apagar un molino requiere capacidad de molienda adicional para evitar apagados generales de los molinos durante el mantenimiento. Cambiar los revestimientos desgastados del molino contribuye de manera importante a la inactividad general del molino. Ya que los molinos han aumentado de tamaño, también lo han hecho los revestimientos de los molinos y el uso de máquinas de revestimiento en plantas más grandes. Una máquina de revestimiento es una máquina diseñada con el objetivo de usarse para extraer y colocar revestimientos de molinos.

Ciclón

Como parte de la operación de molienda y chancado, las partículas de mineral se reducen y se clasifican. Esto se realiza típicamente en un hidrociclón. Un hidrociclón es un mecanismo de filtro o separador que aplica fuerza centrífuga a una mezcla líquida para promover la separación de los componentes pesados y ligeros en un material uniformemente ordenados entre mallas de 20 y de 200.Es uno de los dispositivos más importantes en la industria de los minerales, su uso principal en el procesamiento de estos es como un clasificador en lo que ha demostrado ser extremadamente eficaz en los tamaños de separación finos. Los ciclones se utilizan ampliamente en operaciones de molienda de circuito cerrado. También tiene muchos otros usos, como el retiro de limo, de arena, y el engrosamiento.

Un hidrociclón típico consiste en una cuenca de forma cónica abierta en el vértice (parte inferior) a través del cual sale el flujo inferior. La parte superior de la vasija cónica está unida a una sección cilíndrica, que tiene una entrada de alimentación tangencial. La parte superior de la sección cilíndrica se cierra con una placa a través del cual pasa una cañería de rebose montada axialmente. El tubo se extiende en el cuerpo del ciclón por una sección corta y extraíble conocida como el localizador de vórtice, que evita los cortocircuitos de alimentación directamente en el desbordamiento.

La alimentación se introduce a presión a través de la entrada tangencial que imparte un movimiento de remolino a la pulpa. Esto genera un vórtice en el ciclón, con una zona de baja presión a lo largo del eje vertical. Un núcleo de aire se produce a lo largo del eje conectado normalmente a la atmósfera a través de la abertura del vértice, pero en parte creado por aire disuelto que sale de la solución en la zona de baja presión.

Figura 7

El propósito de los ciclones en el circuito es dividir el fango (slurry) de descarga del molino. Los ciclones generan dos corrientes de producto;

- Una descarga fina de “desborde” que pasa a los tanques de lixiviación/absorción
- Una descarga gruesa de “subdesbordamiento” que se recircula a los molinos para molerla más.

El fango (slurry) entra en el ciclón a presión, el mineral grueso se descarga a través del flujo inferior o subdesbordamiento, el mineral fino a través del desbordamiento.

El hidrociclón actúa sobre el principio de que las partículas dentro del patrón de flujo se someten a dos fuerzas opuestas, una fuerza centrífuga hacia el exterior y una fuerza de arrastre que actúa hacia el interior. La fuerza centrífuga desarrollada acelera la velocidad de sedimentación de las partículas separando de este modo las partículas de acuerdo con el tamaño, la forma y gravedad específicas. Las partículas de sedimentación más rápidas se mueven hacia la pared del ciclón, donde la velocidad es más baja, y se mueven a la abertura del vértice. Debido a la acción de la fuerza de arrastre, las partículas de sedimentación más lentas se mueven hacia la zona de baja presión a lo largo del eje y son llevadas hacia arriba a través del localizador de torbellino al desbordamiento.

Tipos de Molinos y Operaciones de Molienda

Un molino es un instrumento diseñado para romper materiales sólidos en trozos más pequeños. El proceso de molienda se lleva a cabo utilizando equipos rotatorios grandes llamados molinos de trituración. Hay muchos tipos diferentes de molinos y muchos tipos de materiales procesados en ellos.

Molino de Bolas

Un tipo típico de molino fino es el molino de bolas. Utiliza la fuerza centrífuga y muchas bolas de metal para moler sustancias hasta transformarla un polvo fino. Un cilindro giratorio ligeramente inclinado u horizontal está parcialmente llenos de bolas, por lo general de piedra o de metal, las cuales trituran el material a la finura necesaria mediante la fricción y el impacto con las bolas que caen.

Molino de Barras

Al igual que en el molino de bolas, un molino de barras es un gran cilindro horizontal que utiliza la fuerza centrífuga para moler materiales. Un tambor giratorio causa fricción y desgaste entre las barras de acero y las partículas de mineral. En lugar de las bolas, el molino de barras utiliza varillas metálicas largas que se colocan casi paralelas entre sí y el cilindro. Las paredes de la trituradora también están revestidas, de modo que cuando las barras caen, aplastan el material contra sí mismas.

Molino SAG

SAG es un acrónimo de molienda semi-autógena, y se aplica a las plantas que utilizan bolas de acero, además de grandes piedras para moler. Muele materiales de trozos grandes en trozos pequeños, que puedan utilizarse para el procesamiento. Un molino SAG es generalmente parte de la primera etapa en el proceso de molienda. Un molino de SAG se utiliza con mayor frecuencia en las faenas de minería, en particular en la extracción de metales preciosos tales como oro, cobre, plata y níquel.

Molino autógeno

Un tambor giratorio lanza grandes rocas en un movimiento de catarata que provoca la rotura de las rocas grandes por impacto y la molienda por compresión de las partículas más finas. Es similar en operación a un molino SAG, como se describió anteriormente, pero no utiliza bolas de acero en el molino.

Molino de guijarros

Un tambor giratorio causa fricción y desgaste entre los guijarros y las partículas de mineral. Puede ser utilizado donde se debe evitar la contaminación del producto por culpa del hierro de las bolas de acero.

Rodillos de molienda de alta presión

El mineral se coloca entre dos rodillos que son empujados juntos firmemente, mientras que su movimiento de rotación empuja el mineral a través de un pequeño espacio entre ellos. La presión extrema hace que las rocas se fracturen en partículas más finas y también causa micro fracturas a nivel de tamaño del grano

Molino de desgaste (o Disco)

Este molino no utiliza un principio de cilindro, en su lugar, utiliza un par de discos que están cerca y paralelos entre sí para crear una cámara de molienda en el espacio resultante. Un disco se mantiene estacionario mientras que el otro gira a gran velocidad para moler el material hasta que es lo suficientemente fino como para salir por la brecha en los bordes del disco. Algunos molinos de desgaste tienen ambos discos girando en sentido contrario para acelerar este proceso. Se hace un orificio en el centro del disco para poder colocar el material y se hace una brecha más pequeña hacia el borde del disco, haciendo el material más y más fino antes de que salga de la cámara.

Molino de Bolas
Figura 3

Operación de un Molino de Bolas
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Ball_mill.gif

Medio de Chancado
www.grindingmediaservices.com

Figura 8

Espacios confinados

Los espacios confinados pueden estar por debajo o por encima del suelo y se pueden encontrar en casi cualquier lugar de trabajo. Un espacio confinado está determinado por los riesgos asociados a un conjunto de circunstancias concretas y no sólo porque el trabajo se realiza en un espacio pequeño.

Algunos ejemplos de espacios confinados incluyen:

- Silos.
- Tachos.
- Tolvas.
- Chancadores.
- Bocas o accesos.
- Galerías de acceso.
- Molinos, tales como molinos de bolas y SAG

Figura 9

Los operadores de molienda y chancado están obligados a tener un permiso para espacios confinados de acuerdo con la norma australiana. Las normas australianas son documentos publicados que contienen las especificaciones y procedimientos diseñados para asegurar que los productos, servicios y sistemas son seguros, fiables y que se llevan a cabo constantemente en la forma en que estaban destinados a realizarse.

Figura 10

Cintas Transportadoras

El operador pone en marcha las cintas transportadoras de alimentación y los equipos de molienda, y observa el producto molido descargado sobre las transportadoras o en recipientes para las impurezas, grumos o partículas de tamaño inadecuado. Las cintas transportadoras juegan un papel importante en la industria minera. Se utilizan para el transporte de material de una parte del proceso a otro y se utilizan en conjunción con una variedad de otros equipos desde elevadores de cubos a tolvas y pilas. Las cintas transportadoras se componen de una serie de componentes de ingeniería, incluyendo:

- Correas.
- Poleas.
- Guardas o barreras.
- Rodillo o polea guía.
- Guardapiés.
- Rodillos o ruedas.
- Rodamientos.
- Cajas de cambio.
- Interruptores de detención de emergencia.
- Pesómetros.

Como con cualquier dispositivo mecánico y eléctrico, las cintas transportadoras pueden presentar algunos problemas de seguridad. La probabilidad de ser atrapado y sufrir lesiones graves por la maquinaria en movimiento es muy alta. Ya que las cintas transportadoras tienen muchas partes móviles, cualquier persona que trabaje en, cerca o alrededor de ellas deberá ser competente en materia de seguridad de transporte. Los peligros asociados con las cintas transportadoras y sus piezas móviles deben eliminarse mediante métodos físicos de protección directos e indirectos, como los procedimientos, capacitación y señalización.

Figura 11

Pesómetro

Los pesómetros, también conocidos como básculas de cinta o pesadores de cinta, están diseñados para pesar un producto en movimiento a lo largo de una cinta transportadora y se utilizan para la pesada continua de material mineral quebrado en tránsito en cintas transportadoras. Es uno de los elementos críticos utilizados para determinar el concentrado de mineral de una tasa de flujo en el tonelaje por hora, así como el almacenamiento de un total continuo. El pesómetro supervisa típicamente la velocidad de desplazamiento de la cinta a través de un sensor/tacómetro de velocidad y el peso del material que viaja sobre el marco de pesaje en cualquier momento dado.

Un pesómetro consiste en un marco de pesaje equipado con una celda de carga (un dispositivo que se utiliza para convertir una fuerza en una señal eléctrica) que está montado en el bastidor del transportador y conectado a un digitalizador para traducir la información de las lecturas de peso en velocidad de flujo y peso total. Las lecturas del pesómetro se utilizan para calcular las productividades tales como la productividad operacional y la eficiencia de la producción de la maquinaria. El rendimiento de los pesómetros está muy ligado a las condiciones operativas, tales como el derrame de mineral/concentrado en los pesómetros y problemas en la operación de las cintas transportadoras. Es muy importante limpiar el pesómetro regularmente para minimizar la acumulación de material, ya que puede provocar errores de medición/lectura, tales como lecturas por sobre la escala. Tenga en cuenta siempre que los trabajos de mantenimiento, tales como cambios de rodillos, nuevas uniones, etc. que se llevan a cabo en una cinta transportadora equipada con pesómetros requerirán una calibración completa después de que se lleven a cabo. Todas las partes en movimiento y/o piezas con desgaste deben revisarse y recibir mantenimiento regularmente para prevenir problemas potenciales de mantenimiento.

Los pesómetros de las cintas transportadoras están colocados estratégicamente en la maquinaria para pesar y totalizar el tonelaje en lugares clave como:

- Cinta transportadora del producto chancado
- Cinta de alimentación de la maquinaria
- Descarga del chancador (descarga de mandíbula, descarga de chancador de cono)

La unidad de cálculo convierte la masa del mineral y la velocidad del transportador en velocidad de flujo de mineral en toneladas por hora (tph). Algunos problemas en la operación de la cinta transportadora pueden tener un gran impacto en la exactitud y fiabilidad de los pesómetros, tales como una fuerte vibración de la correa, el derrame de mineral/concentrado desde la correa y sobre el mecanismo del pesómetro. Los errores de lectura del pesómetro a veces pueden ser tan altos como 20% en algunas de las plantas de tratamiento de minerales. Por otra parte, puede llegar a ser muy difícil predecir cuándo una lectura de pesómetro se vuelve mala. Es esencial monitorear la exactitud y fiabilidad de las lecturas del pesómetro si es que usted quiere medir y controlar la eficiencia operativa de manera correcta.

Se utiliza un gran número de pesómetros en una planta de tratamiento de mineral típica. Mantener todos los pesómetros de manera adecuada mediante la constante calibración, calibración dinámica, y calibración de la correa de corte puede ser una operación costosa en la práctica.

Figura 12

Una correa de pesaje consiste en un marco de pesaje equipado con una celda de carga que está montada en el bastidor del transportador y conectado a un digitalizador para traducir la información de las lecturas de peso en velocidad de flujo y peso total. Hay varias clases de cinta de pesaje y la precisión alcanzada depende de muchos factores.

1.2. Parámetros y variables de operación de molienda

Supervisión y Control de Clasificación

Tratamiento

El mineral es transportado a la planta de procesamiento; el material de desecho extraído se transporta generalmente a un vertedero de basura. La siguiente etapa en el proceso es el chancado, molienda y clasificación (orden) del mineral para reducirlo a partículas finas, lo que permite la liberación de los codiciados minerales.

El primer paso en este proceso es comprobar la densidad y/o tamaño del mineral de acuerdo con los parámetros especificados usando equipos tales como medidores de densidad para realizar el muestre. Todos los resultados deben registrarse ya que los diferentes tipos de minerales (variedad, tamaño, forma, peso y densidad) pueden tener un impacto en las operaciones y las acciones que se deben tomar. Un peso/densidad diferentes puede crear demasiada suspensión; demasiado grueso puede ser difícil de moler. Es necesario ajustar las operaciones para asegurar una molienda/chancado eficaz y eficiente.

El tamaño del mineral y/o la densidad tienen que estar dentro de los parámetros especificados. Cuando se trabaja con molienda, es imperativo identificar los diferentes tipos de medios de molienda y seleccionar el tipo y la cantidad apropiada de acuerdo con los requisitos del proceso, asegurando que el tamaño y la densidad del mineral cumplen con la calidad y los requisitos metalúrgicos mediante el ajuste y la calibración de la maquinaria y el uso de medios de molienda adecuados. Para cumplir con los requisitos de calidad, el tipo de medios de molienda es fijado por los metalúrgicos. Los metalúrgicos tienen que ver el comportamiento físico y químico de los metales y aleaciones. Ellos investigan y analizan el rendimiento de los metales tales como el hierro y el acero, así como los metales no ferrosos (aquellas que no contienen hierro), tales como aluminio, níquel y cobre.

El mineral debe ser chancado a un tamaño adecuado, utilizando equipos de chancado primario. El mineral pasa a continuación al proceso de molienda y clasificación para reducirlo al tamaño de partícula fina, necesaria para permitir la extracción del mineral. El proceso de molienda se lleva a cabo utilizando equipos rotatorios muy grandes llamados molinos de trituración.

Cuando un material va a ser molido, hay ciertas características que deben tenerse en cuenta. Estas pueden incluir las siguientes:

Figura 13

Hay un número de diferentes tipos de molinos, incluyendo aquellos que utilizan barras de acero o bolas como medio de molienda en el molino. Estos son conocidos como molinos de barras o molinos de bolas. Hay otros que usan sólo la fuerza del mineral que cae sobre sí mismo para descomponerlo en un tamaño más pequeño. Estos son conocidos como molinos Autógenos o AG. Otro tipo de molino común utiliza una combinación de molienda autógena y molienda de bolas, estos molinos se conocen como molienda semi-autógena o molinos SAG.

Se añade agua a la mena durante el proceso de molienda. Esto crea “lodo”, que luego se utiliza para transportar el mineral a través del resto del proceso de extracción. Los molinos SAG se consideran más eficientes que molinos de bolas. Estos pueden reducir sustancialmente el proceso de chancado y molienda debido a su capacidad y eficiencia mayor. El mineral puede ser tratado en dos formas; seco o húmedo (es decir, mezclado con agua). El mineral normalmente es seco cuando se extrae, pero realmente contiene un poco de humedad, 0 - 10%. Seco se refiere a la forma sólida en contraposición a la forma líquida. El mineral seco no "fluye" y no puede ser bombeado.

El mineral seco puede caracterizarse por dos propiedades:

1. Peso específico (SG) - El peso de una cantidad de mineral dividido por su volumen
2. Densidad aparente – la densidad aparente relaciona la masa y el volumen de una pila de mineral y tiene en cuenta los espacios de aire entre las rocas. La densidad aparente se diferencia de la gravedad específica debido a los espacios aéreos entre las rocas en una reserva.

Mineral mojado se mezcla con agua para que sea más fácil de manejar. Cuando el mineral se mezcla con agua se le conoce como lechada (lodo) o pasta (pulpa).Las lechadas "fluyen" y pueden ser bombeadas; las lechadas se caracterizan generalmente por dos propiedades:

1. Peso específico (SG) - El peso de la lechada dividido por su volumen
2. Densidad de la pulpa/fracción de sólidos - El peso del mineral seco en una suspensión dividido por el peso total de la suspensión, expresada como un porcentaje.

Porcentaje (%) de sólidos (masa de mineral seco ÷ masa de lechada x 100%) es la propiedad más común usada para describir la lechada. Por ejemplo, si el peso total de la suspensión es de 240 kilogramos y su peso en seco es de 84 kilogramos, dividiendo por 84 por 240 y multiplicándolo por 100, es igual a 35%. La medición se puede realizar mediante la utilización de escalas de densidad, o en un laboratorio mediante el filtrado y el pesado, que es más preciso.

Una escala de densidad de la pulpa es un dispositivo utilizado comúnmente en las plantas de procesamiento de minerales para determinar el porcentaje de sólidos en corrientes de pulpa. La escala de densidad de la pulpa enlaza la gravedad específica de la mena con el porcentaje de sólidos de la pulpa. Esta información se muestra en una escala circular para varias gravedades específicas mediante el uso de una escala simple de pesar. La escala se puede utilizar para determinaciones rápidas y precisas de porcentajes de sólidos en diversos puntos de un concentrador, lo que permite que se hagan ajustes para mantener, por ejemplo, un circuito de molienda en funcionamiento efectivo.

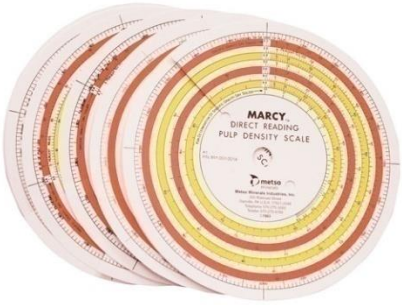


Figura 14

Figura 15

Las escalas de densidad pueden utilizarse para obtener las siguientes lecturas directas:

- Peso de la muestra en gramos o kilogramos
- Peso específico del líquido o pulpa
- Porcentaje de sólidos contenidos en la pulpa en cualquier gravedad específica dada
- Peso específico de sólidos secos

Utilizar escalas de gravedad para determinar la densidad de la pulpa; gravedades específicas de las pulpas o líquidos, etc., acelera el proceso y elimina errores en la lectura de diagramas o gráficos y evita errores en los cálculos.

Figura 16

Problemas Ambientales

Los operadores están obligados a entender el impacto que su trabajo tiene en el medio ambiente y necesitan estar al tanto de las acciones que se deben tomar para minimizar el impacto negativo. Si no se manejan o desechan correctamente los químicos, combustible, productos químicos peligrosos y derrames de petróleo, pueden introducirse en cursos de agua, napas, agua potable o cañerías de alcantarillado. Es importante seguir las instrucciones al utilizar productos químicos y mercancías peligrosas, a fin de proteger a las personas, la flora y la fauna. Resolver problemas en forma segura, comprender las políticas de su lugar de trabajo, procedimientos y cualquier legislación relacionada le ayudará y guiará en lo que debe hacer en casos específicos. Para asegurarse de que son seguros, asegúrese de que también se cumplen

los procedimientos de emergencia de su lugar de trabajo antes de tratar de resolver cualquier problema.

En todos los casos, debe informar de cualquier problema ambiental a su supervisor para la documentación e investigación. Si los problemas no se pueden resolver con facilidad y rapidez, tendrán que ser reportados a las áreas pertinentes/designadas para la acción futura

Figura 17

Peligros Medioambientales

"Cualquier cosa que pueda causar daño al ambiente natural. Estos peligros incluyen derrames químicos, líquidos fluyendo hacia fuentes de agua (contaminación), eliminación inapropiada de desperdicios y almacenar químicos incorrectamente".

1.3. Procedimientos de operación de molienda

Carga del Molino

Una alta tasa de carga de mineral respecto de las bolas en un molino de bolas aumenta también significativamente la probabilidad de una carga bloqueada y debe evitarse siempre que sea posible. La carga de bolas es el volumen del medio cargado en la maquinaria. En general, es un tercio del volumen total del molino de bolas. Cargue de forma segura el molino de bolas, como se requiere en los procedimientos normalizados. Cuando el consumo de energía está por debajo de los puntos de ajuste metalúrgicos y cuando el tamaño es incorrecto, el molino debe ser recargado.

La selección de los medios tiene una gran influencia en los parámetros del molino, tales como:

- Eficiencia energética.
- Desgaste interno.

- Costos operacionales.
- Extender el rango de funcionamiento práctico.

Se pueden utilizar diferentes materiales como medio, tales como: bolas de cerámica, piedras de sílex y bolas de acero inoxidable. Al elegir un tipo de medio, la densidad, durabilidad y la resistencia química son a menudo los factores más importantes a considerar. Las bolas de acero inoxidable son el más denso de todos los medios de molienda y están disponibles en una amplia gama de tamaños y su costo es moderado.

Importante

Las propiedades más importantes del medio de chancado son el tamaño, la densidad, la dureza y la composición.

Comprobaciones de funcionamiento (cuando está funcionando la maquinaria)

Usted tiene la obligación de comprobar que el equipo que va a operar se encuentra en un estado de funcionamiento seguro y listo para la operación. Las comprobaciones previas a la puesta en marcha son importantes ya que garantizan que todos los equipos relacionados con el proceso se encuentran en buen estado de funcionamiento y que no existen riesgos.

Las comprobaciones previas a la operación que se realizan a fondo y de acuerdo a las instrucciones del fabricante, reducirán y/o prevendrán significativamente el riesgo de lesiones debido a deficiencias de equipamiento y reducirán el riesgo de lesiones personales y a compañeros de trabajo. Además, mejorará la condición y la durabilidad de la maquinaria y materiales, y evitará daños al equipo. Además de aumentar la productividad y reducir los costes de inactividad y mantenimiento. Los problemas encontrados o defectos identificados deberán ser reportados inmediatamente y rectificados con prontitud.

Capacitación en el uso de maquinaria y equipo

La capacitación específica en el uso de maquinaria, equipos, sistemas y procesos debe ser proporcionada a todos los usuarios. Las sesiones regulares de actualización deben ser de fácil acceso y ofrecerse siempre. Tenga en cuenta que las calificaciones comerciales o años de experiencia no le quitan la necesidad de una capacitación específica impartida por expertos con conocimientos específicos sobre el uso de maquinaria, equipos, sistemas y procesos en el área de trabajo. Además del entrenamiento específico, también es importante proporcionar la inducción a los funcionarios nuevos, visitantes y contratistas en el área de trabajo.

Esto debe incluir, pero no limitarse a:

- Ubicación de las ITS y de las evaluaciones de riesgos
- Uso y ubicación del EPP

- Procedimientos de emergencia para, entre otras cosas, desconexión segura de la maquinaria y/o equipo

Importante:
Los registros de capacitación deben ser guardados tanto para capacitaciones introductorias locales como para capacitaciones sobre maquinaria, equipamiento y procesos asociados para servir de material de referencia.

Lubricación

La lubricación es un componente esencial de cualquier operación mecánica - desde la parte en movimiento más simple a la maquinaria más sofisticada y costosa. La lubricación es importante para la vida a largo plazo del equipo. Los problemas relacionados con la lubricación son la causa de un gran porcentaje de fallas en los equipos, lo que produce tiempo de inactividad, sobrecostos y pérdida de productividad.

Los sistemas de lubricación de los molinos son complejos y por lo general consisten en depósitos de aceite, bombas de alta y baja presión y sus cañerías correspondientes, válvulas y sistemas de control. Los sistemas están alojados normalmente en una habitación dedicada situada en la planta baja del circuito de molienda y tan cerca de los molinos como sea posible para reducir los tramos de cañerías. Es importante vigilar el sistema de lubricación para garantizar que se mantengan los niveles de aceite y grasa. Cuando el molino de bolas está en funcionamiento, la temperatura de los rodamientos principales no debe exceder los 55°C. Los engranajes grandes y pequeños deben funcionar sin problemas, sin ruidos anormales.

No debería haber ninguna oscilación anormal en la corriente del motor. Los operadores deben detener el molino o equipo de inmediato cuando se den cuenta de algo inusual, y ¡las anormalidades o cambios inesperados deben ser reportados inmediatamente!

Una buena lubricación de las partes podrá:

- Reducir la abrasión y prolongar la vida útil de la maquinaria.
- Reducir la abrasión de los engranajes y otras partes.
- Reducir la fricción y ahorrar energía.
- Evitar la formación prematura de corrosión y oxidación en las piezas.
- Ayudar en la reducir del ruido y las vibraciones.

Figura 18

El sistema de lubricación puede tener una variedad de características tales como:

- Un depósito equipado con elementos de calefacción para asegurar la temperatura correcta del aceite antes de encender el sistema.
- Un circuito fuera de línea de filtración y refrigeración para el puerto de succión de sobrecarga de las bombas principales de suministro de aceite lubricante, que suministre presión positiva en las principales bombas de suministro de aceite lubricante en todo momento. Particularmente importante con aceites de alta viscosidad.
- Una unidad intercambiadora de calor de tipo de placas refrigeradas por agua para asegurar un rendimiento de refrigeración del aceite y mantener la temperatura del aceite del sistema dentro de los límites específicos.
- Elementos de filtro de aceite equipados para filtrar las unidades a fin de asegurar la limpieza del aceite para los engranajes del molino.
- Circuito de bombas hidráulicas conectadas en funcionamiento y en espera para minimizar el tiempo de inactividad si una bomba falla en el servicio.
- Respaldo de flujo de petróleo de emergencia en caso de un corte de energía o apagado de emergencia.
- Medidores de flujo de aceite
- Equipos de vigilancia, incluyendo, interruptores de nivel de aceite, transductores de temperatura visuales y eléctricos, medidores de presión, transductores de presión, indicadores visuales y eléctricos de estado del filtro, sensores de contaminación del agua, puntos de prueba hidráulica para ayudar en el seguimiento y la resolución de problemas.

Importante

Es importante reportar cualquier hallazgo inusual y notificarlo al supervisor o gerente de faena, quienes a su vez determinarán qué acciones tomar. Al monitorear cuidadosamente los equipos, se evitan reparaciones innecesarias y costosas.

1.4. Nociones de mantenimiento preventivo de los equipos asociados

Funcionamiento de la maquinaria de acuerdo al procedimiento

- Inspección previa al inicio, confirmar el estado.
- Confirmar el estado del proceso aguas abajo.
- Iniciar el circuito de agua/minerales.
- Confirmar que la maquinaria está en funcionamiento.
- Realizar caminatas de inspección después de la puesta en marcha.

Realizar caminata de inspección después de la puesta en marcha – circuito detenido

- Las puertas de inspección de alimentación están cerradas.
- Compruebe si hay fugas hidráulicas.
- Barandas o guardas de la cinta transportadora, asegurándose de que estén en su lugar y funcionales.
- Probar el cable de parada de emergencia y reseteo.
- Compruebe las rampas de la correa transportadora en busca de bloqueos.
- Operador de la sala de control informado.
- Alarmas visuales activadas.
- Aisladores de Control Local, funcionando y en orden.
- Condición de la cubierta del tamiz, los paneles, el flujo de agua.
- Protecciones del molino en su lugar y bombas seguras.
- Revisar el circuito.
- Equipos de extracción de polvo y ventilación operativos.
- Supervisar el proceso en base a los parámetros metalúrgicos.
- Ajustar el circuito mediante el panel de control para mantener los parámetros.
- Cargue el material chancado, bola, molino SAG.
- Llevar a cabo tareas de mantenimiento a nivel de operador.
- Mantener las tareas de limpieza en el área de molienda.
- Mantener registros.
- Reporte cualquier hallazgo/fallas y pida u organice una rectificación.

- Identificar los planes de contingencia si el personal y los equipos necesarios no están disponibles.

Poner en operación el equipo que está en espera

- Remover la aislación de acuerdo con los procedimientos del sitio.
- Lleva a cabo el cambio de las bombas.
- Bombas de alimentación del ciclón.
- Prensaestopas de las bombas de agua.
- Confirmar la disponibilidad de agua en la prensa estopa.
- Cambiar ciclón primario.

Operar y monitorear los equipos y sistema de lubricación

Los molinos son una de las piezas más grandes de equipos de minería. Debido a la gran cantidad de material pesado que se agita y se procesa a través de los grandes cilindros, estos requieren un mantenimiento y reparación con regularidad. Los molinos son cruciales en el proceso de producción y deberán ser monitoreados de cerca para evitar la pérdida de continuidad ya que esto afectará el rendimiento, la productividad y por lo tanto la rentabilidad del negocio. Garantizar procedimientos de mantenimiento preventivo y de rutina es de vital importancia para garantizar un rendimiento máximo de funcionamiento en todo momento, estos se deben completar a tiempo en la fecha.

Ejemplos de áreas que deben comprobarse:

- Fugas hidráulicas en todos los equipos asociados.
- Sistema de extracción de polvo.
- Rodillos de las cintas transportadoras, condición de las correas, raspadores.

- Las partes móviles de la cinta transportadora están libres de acumulación.
- Condición de poleas de las correas transportadoras.
- Pernos faltantes/desgastados de alimentadores de placas y tolvas de transferencia de cintas transportadoras y tolvas de alimentación de molinos.
- Tamiz para el material de gran tamaño.
- Ciclones - bloqueados o atados.
- Bombas del circuito de molienda, fugas, temperatura, ruido, vibraciones.
- Sistema de engrase de los molinos.
- Fugas en cuarto de lubricación del molino.
- Compruebe que las salidas de aire están funcionando.
- Complete una inspección de seguridad de cambio de turno.
- Informe los fallos y averías.

Importante
La puesta en marcha del sistema de lubricación se lleva a cabo durante la inspección pre-operacional. Realizar la puesta en marcha durante este periodo permite tener tiempo suficiente para subir la temperatura del aceite de lubricación y también da tiempo para realizar una revisión completa del sistema de lubricación y así asegurarse de que funciona de forma correcta.

1.5. Riesgos asociados a la operación de molienda y carguío de bolas

Estaciones de lavado de ojos y duchas de seguridad

Los corrosivos son sustancias químicas que incluyen ácidos fuertes, bases, deshidratantes y agentes oxidantes. Es requisito disponer de instalaciones adecuadas en el lugar de trabajo donde se manipulen productos químicos corrosivos, tales como duchas de seguridad y estaciones de lavado de ojos.

Es extremadamente importante responder rápidamente a las emergencias ya que los primeros 10 a 15 segundos después de la exposición a una sustancia peligrosa son críticos. Por ejemplo, los primeros auxilios administrados el contacto de los ojos con un reactivo pueden ser:

- Lavar los ojos y bajo los párpados con abundante agua corriendo durante al menos 20 minutos.
- La velocidad en enjuagar los ojos después del contacto es muy importante para evitar lesiones permanentes.
- Se necesita atención médica - póngase en contacto con... (Información de contacto).

Duchas de seguridad y estaciones de ojos, deben estar claramente marcadas y sus alrededores deben mantenerse libres en todo momento para proporcionar un acceso fácil y seguro.

Las duchas de seguridad, también conocidas como: duchas potentes, de emergencia o sistemas de lluvia (ducha) intensa, están diseñadas para lavar la cabeza y el cuerpo del usuario. No deben usarse para enjuagar los ojos ya que el flujo de agua a alta presión podría causar daño a los ojos.

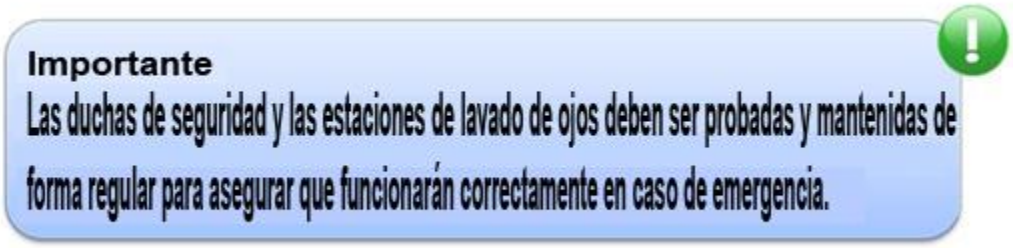
Figura 19

Las estaciones de lavado de ojos están diseñadas para limpiar el ojo y el área de la cara solamente. Para limpiar eficazmente los ojos contaminados, mantenga los párpados bien abiertos y gire los globos oculares. Esto permitirá que el fluido fluya a través de todas las superficies del ojo y debajo del párpado.

Figura 20

Inspección

Los controles minuciosos como: comprobación del caudal de agua, la limpieza y facilidad de acceso, etc. se deben realizar semanalmente. Se debe mantener una bitácora para registrar las fechas y los resultados - Figura 1.



Hoja de datos de Seguridad de los Materiales (HDS)

Consulte las hojas de datos de seguridad de materiales (HDS) para obtener información acerca de si los productos químicos pueden tener efectos corrosivos. Una HDS proporciona información relativa a las propiedades de la sustancia química. Debe incluir los riesgos a la vida y la salud, y las precauciones que deben adoptarse cuando se trata con este producto químico en particular.

Una HDS es un documento que contiene información importante acerca de un producto químico peligroso que puede ser una sustancia peligrosa y/o mercancía peligrosa. La hoja de datos tiene una serie de funciones para la gestión del uso seguro de los productos químicos. En primer lugar, se debe utilizar para garantizar que el producto se utiliza según lo previsto por el fabricante o importador. Es la herramienta clave para la evaluación de riesgos, ya que incluye información detallada del peligro. El monitoreo en el lugar de trabajo y las estrategias de vigilancia de la salud a menudo pueden basarse en el asesoramiento contenido en la HDS.

Debe proporcionarse suficiente información para seleccionar el equipo de seguridad necesario y desarrollar los procedimientos de emergencia necesarios. Es importante que todos en el lugar de trabajo sepan leer e interpretar una HDS. La HDS se puede utilizar como base de un

programa de capacitación para los trabajadores, ya que cubre los peligros, precauciones y procedimientos de emergencia.

La HDS debe indicar:

- Nombre del producto de la sustancia peligrosa.
- El nombre químico y genérico de ciertos ingredientes.
- Las propiedades químicas y físicas de las sustancias peligrosas.
- Riesgos para la salud.
- Precauciones para el uso y manejo seguro.
- Nombre del fabricante o importador, dirección y número de teléfono en Chile.
- La HDS proporciona a los empleadores, trabajadores independientes, trabajadores y otros representantes de salud y seguridad, la información necesaria para ayudar en la gestión segura de los riesgos de la exposición a sustancias peligrosas.

Procedimientos de Seguridad de Operación

Un procedimiento de operación segura (SOP en inglés) es un procedimiento escrito que describe en detalle cómo realizar de forma segura las actividades en el lugar de trabajo, proporcionando uniformidad y consistencia. El SOP ayuda a garantizar la seguridad del lugar de trabajo mediante la documentación de los principales riesgos asociados a las tareas y actividades, los que proporcionan a los trabajadores un enfoque coherente y estructurado para el uso de equipos y materiales, tales como productos químicos, así como proporcionar capacitación y orientación para los nuevos miembros del personal.

Si no existen procedimientos de operación segura de trabajo para la tarea, asegúrese de llevar a cabo una evaluación de riesgos y una evaluación conjunta para asegurar que usted lleva a cabo la tarea de forma correcta y segura.

Un análisis de seguridad del trabajo le proporcionará detalles específicos sobre cómo llevar a cabo las tareas de trabajo y la forma más segura de hacerlo. Son específicos para el lugar de trabajo y ayudan a identificar riesgos involucrados al realizar el trabajo y a tomar medidas para prevenir lesiones.

Usted encontrará una gran cantidad de SOP que se deben cumplir en el área de trabajo, tales como:

- Seguir todos los procedimientos de la faena.
- Conocimiento y acceso a las salidas de emergencia.
- Procedimientos de emergencia.
- Procedimientos de primeros auxilios.

- Identificación de peligros y procedimientos de reconocimiento.
- Procedimientos de trabajo en caliente.
- Observar los límites de velocidad de la faena.
- Procedimientos de seguridad de salud laboral y medio ambiente alrededor del equipo.
- vehículos y personal.
- El uso de la radio de 2 vías.
- El uso de barricadas y barreras.
- Uso de extintores de incendio.
- Uso de las hojas de datos de seguridad de los materiales (HDS).
- Procedimientos de marcado (por ejemplo, etiquetas de servicio, etiquetas de peligro, etiquetas de operaciones restrictivas).
- Uso de aparatos de respiración.
- Uso del equipo de protección personal.
- Trabajo en espacios confinados.
- Uso de Hojas de datos de seguridad de los materiales.
- Realizar controles de seguridad (por ejemplo, duchas de seguridad y lavaojos).
- Permiso de acceso a trabajadores retenidos.

Procedimientos de emergencia

Los yacimientos mineros ofrecen muchos lugares con peligros y riesgos que podrían escalar a una emergencia en algunas circunstancias laborales. Es muy importante contar con planes de acción claros y en su lugar para que todos los trabajadores estén capacitados y preparados apropiadamente para desastres. La forma en que estos planes de acción se desarrollan, distribuyen y son monitoreados depende de las necesidades de cada centro de trabajo individual y de los riesgos o peligros específicos de la faena. Es importante que todos los trabajadores estén familiarizados con los procesos y procedimientos en caso de accidente o situación de emergencia. Los procedimientos de emergencia garantizan, en la medida de lo posible, la seguridad, la salud y el bienestar de todo el personal.

Reportar

Es responsabilidad de todos reportar inmediatamente a su supervisor/gerente de faena:

- Eventos graves potenciales que surjan en relación con el trabajo/tarea.
- Situación en la mina que crean que podría ser un peligro para cualquier persona.
- Lesión o daño sufrido por cualquier otra persona en la mina.

Figura 21

Todos los trabajadores tienen la responsabilidad de cuidar a sus compañeros de trabajo, y asegurarse de que se reportan las lesiones para que se pueda hacer algo para garantizar que no vuelva a ocurrir. Esto incluye informar de los posibles peligros e incidentes, así como los sucesos reales. El supervisor debe informar inmediatamente al gerente. Si la persona no tiene un supervisor directo, entonces él o ella debe reportar directamente al gerente de mina.

Checklist

Siga los procedimientos de evacuación de emergencia cuando proceda y en conformidad con los procedimientos de la faena	
La respuesta a la emergencia o incidente se coordina y controla para asegurar la continuidad en la seguridad del personal en el lugar	
Aislar las fuentes potenciales de peligro y colocar en su lugar letreros de advertencia/señalética/barreras	
Seleccionar el equipo de emergencia y utilizarlo adecuadamente para hacer frente a la emergencia	
Tomar las medidas locales para reducir el impacto de una emergencia o incidente	
Monitorear y evaluar continuamente la situación de emergencia y los cambios en las circunstancias, dar a conocer las solicitudes de ayuda adicional o evacuación a los funcionarios competentes	
Ejercer control de la situación de emergencia o incidente hasta que se notifique/recibida el alivio formal	

Actividad N° 1

Proceso de concentradora: La molienda

Introducción a la actividad:

La siguiente actividad en relación al "proceso de la molienda" se divide en 3 secciones: 1) Principales equipos asociados al proceso de molienda; 2) Riesgos asociados al proceso de molienda; 3) procedimientos de muestreo (granulometría). Cada actividad tiene su cierre.

Estrategias metodológicas para el instructor

Las estrategias son los procedimientos y/o recursos utilizados para promover el aprendizaje a través de las actividades:

Explicación demostrativa vía plataforma web.	
Explicación demostrativa en aula.	✓
Recurso audiovisual.	✓
Propuestas de situaciones problemáticas.	✓
Formulación de preguntas.	✓

1) Principales equipos asociados al proceso de molienda

Objetivos de aprendizaje

- Reconocer el molino de bolas, el harnero, correa transportadora y el hidrociclón, sus principios de funcionamiento, dimensiones y componentes principales.
- Identificar el chequeo rutinario de los equipos de molienda y reconocer procedimientos de puesta en marcha.

Descripción de la actividad

Los participantes guiados por el instructor podrán conocer las partes y piezas de os equipos y componentes más comunes en los procesos de molienda. El objetivo de la actividad es familiarizar al participante con estos componentes y su nomenclatura.

Materiales y recursos

- Molino de bolas a escala:
  http://www.edemet.cl/index.php?pag=2&o=c&id=7
- Harnero Ludowici:
- http://www.avm-maquetas.cl/web/galeria.php?id_galeria=20
- Harnero vibratorio portátil:
- http://www.edemet.cl/index.php?pag=2&o=c&id=5
- Hydrociclone:
- http://www.usdidactic.com/html/p4835.htm

Recursos audiovisuales:

- Harnero:
  http://www.youtube.com/watch?v=nCiT48haZUs
- Alimentador:
  http://www.youtube.com/watch?v=Ly_Uz-FUiOM
- Molino de bolas:
  https://www.youtube.com/watch?v=Tpb9PxOYH7I
- Cinta Transportadora:
  https://www.youtube.com/watch?v=Gv7rCwfd4GU
- Hidrociclón
  https://www.youtube.com/watch?v=EqxHi04y2bk

Desarrollo

El instructor deberá considerar los objetivos de aprendizaje para dar cumplimiento a lo esperado y deberá además decidir cómo abordará la actividad práctica de acuerdo a las instrucciones de los kits de las maquetas.

Como actividad complementaria o de no haber adquirido los kits, el instructor podrá utilizar los recursos visuales sobre algunos de los procesos de la molienda. De igual manera los participantes podrán trabajar con las imágenes y mencionar la función y/o usos de los equipos en el cuaderno de actividades.

El instructor decidirá si los participantes trabajaran en grupos, pares o individualmente y al final de la actividad entregará las respuestas correctas.

1) Videos:

Harnero

Alimentador

Molino de bolas

Cinta transportadora

El instructor luego de observar los videos y complementar la información con los contenidos vistos en clases, destacará que los equipos mencionados son utilizados para separar y manipular material. La separación y la manipulación de material en las minas son importantes para el flujo continuo de procesamiento de minerales.

De acuerdo al material visto en clases el participante podrá contestar a las siguientes preguntas:

¿Qué diferencia hay entre el harnero y el alimentador?

Solución:

El harneado es el proceso de separar las partículas materiales como roca mineral utilizando equipos de harneado. Las partículas de roca mineral llegan a las aberturas, agujeros de la superficie del harnero, también llamados medios de comunicación de harnero o malla, y la atraviesan si son más pequeñas que el tamaño de la abertura y pasan a su posterior

procesamiento. Cualquier material de roca mineral que es de gran tamaño será rechazado y devuelto para ser chancado aún más para reducir su tamaño.

Los alimentadores son dispositivos que se colocan debajo de una tolva o pila. Ellos se utilizan para regular y transferir el material a otro elemento de la planta de procesamiento a una velocidad controlada.

¿Qué relación hay entre los dos equipos, cómo se complementan en el proceso de transporte de minerales?

Solución:

Los harneros y alimentadores son equipos de minería utilizados para separar y manipular material. La separación y la manipulación de material en las minas son importante para el flujo continuo de procesamiento de minerales.

¿Qué puede decir respecto al funcionamiento del hidrociclón?

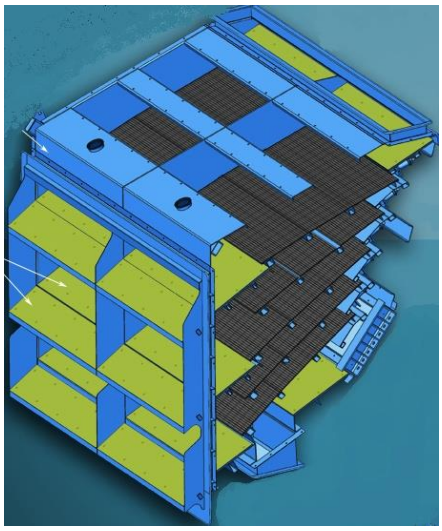
El funcionamiento del hidrociclón se basa en que la pulpa de alimentación entra tangencialmente a la parte cilíndrica bajo una cierta presión, lo que genera su rotación alrededor del eje longitudinal del hidrociclón, formando un torbellino descendente hacia el vértice de la parte cónica. Las partículas más gruesas debido a la aceleración centrífuga giran cercanas a la pared, siendo evacuadas a través de la boquilla en forma de pulpa espesa. Debido a las reducidas dimensiones de ésta, solamente se evacua una parte de la suspensión, creándose en el vértice del cono un segundo torbellino de trayectoria ascendente, el cual transporta las partículas finas junto con la mayor parte del líquido, abandonando el hidrociclón a través de un tubo central situado en la tapa superior del cuerpo cilíndrico.

¿Qué puede decir respecto al funcionamiento del molino de bolas?

El molino de bolas es un equipo que funciona por el giro de un gran cilindro con bolas de acero que muele la materia prima del tamaño necesario.

2) Para reforzar lo anterior el participante podrá completar en sus propias palabras la siguiente tabla mencionando el nombre y la función y/o uso de cada uno de los equipos.

Respuestas:

Equipos	Nombre	Función y/o uso
	Harnero	Estos equipos están proyectados para la clasificación, es decir separar el material más grande del más pequeño y en encauzarlo a sus respectivas correas. El diseño por ejemplo de un equipo comercial está fabricado en acero laminado muy resistente a la abrasión, vibración y trabajo pesado. El sistema vibratorio está montado en rodamientos de alta duración y su mantenimiento es simple, mediante engrasadoras. Incluye una estructura de acero, donde descansa el harnero sobre resortes y que a la vez, le proporciona la inclinación adecuada.
	Hidrociclón	También se ocupa para clasificar el material. El material de menor tamaño se evacúa por la zona superior del equipo (overflow) y el más pesado por la zona inferior (underflow).

	Molinos de bolas	Su función es disminuir el diámetro de las rocas más grandes que entran al molino. El giro del molino provoca el choque de rocas con bolones de acero en su interior disminuyendo su tamaño Es utilizado en la molienda de diferentes tipos de minerales o rocas con metales o la minería no metálica.

4) En relación a las variables del proceso de molienda ¿Qué características se deben considerar al moler un material? Nómbrelas:

- Dureza
- Pureza
- Resistencia
- Fragilidad
- Estabilidad química
- Abrasividad
- Temperatura de fusión
- Estructura del material

- Gravedad especifica
- Consistencia del material

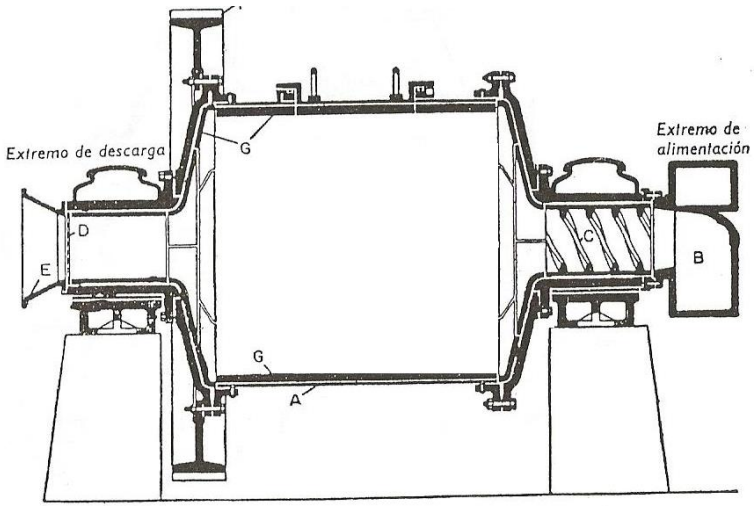
5) ¿Cuál es la diferencia entre el Molino de bolas y tubos?

La distinción entre estos dos tipo es únicamente por la relación entre la longitud y el diámetro. El molino de bolas tiene una longitud igual al diámetro, mientras que el molino de tubo tiene una longitud de aproximadamente dos diámetros o mayor, consisten en un cilindro horizontal que contiene bolas de porcelana. La alimentación se introduce por un extremo y el impacto de las bolas sobre el material produce una final pulverización del mismo.

6) ¿Qué tipos de medios se pueden utilizar?

Se pueden utilizar diferentes materiales como medio, tales como: bolas de cerámica, piedras de sílex y bolas de acero inoxidable. Al elegir un tipo de medio, la densidad, durabilidad y la resistencia química son a menudo los factores más importantes a considerar. Las bolas de acero inoxidable son el más denso de todos los medios de molienda y están disponibles en una amplia gama de tamaños y su costo es moderado.

7) Los participantes deberán observar la siguiente imagen de un molino de bolas y con la ayuda del instructor, reconocer las partes que se identifican con letras.



A. Envuelta
B. Caracol de alimentación
C. Espiral de alimentación
D. Tamiz de descarga
E. Embudo de descarga
F. Engranaje de movimientos
G. Placa de revestimiento

7) El instructor le presentará a los participantes la siguiente lista de chequeo y mantenimiento preventivo de los equipos asociados. Discutirá junto a ellos que es lo que significa cada paso. Para esto el participante deberá apoyarse en los contenidos estudiados en clases. El instructor podrá dividir a los participantes en grupos y asignar temas de considerarlo pertinente.

El objetivo es que el participante explique “el cómo” revisará por ejemplo que no hayan fugas o que las correas estén su lugar.

En esta actividad la experiencia del instructor es relevante para el buen resultado de la actividad. Al final de la actividad se sugiere realizar una discusión con toda la clase, aclarar dudas o profundizar temas.

Conducir una inspección de prepartida, caminando y con el circuito detenido:	**¿Cómo lo haría?**
• Chequear por Fugas.	
• Asegurarse que las guarderas de las correa están en su lugar.	
• Ciclones en línea.	
• Chequear condiciones del harnero.	
• Chequear todo el circuito.	
• Chequear que la operación esté operativa.	
• Reportar fallas.	
• Asegurar que el control de polvo de la planta este operativo.	

Comienzo de la planta según procedimiento	**¿Cómo lo haría?**
• Chequear que no hayan materiales adheridos a las correas y se queden pegadas.	
• Revisar los ciclones.	
• Chequear la bomba del circuito de Molino, temperatura, ruido y vibración.	
• Revise lubricación del molino.	
• Realizar un análisis de riegos.	
• Completar la inspección pre operacional y reporte el estado.	
• Comenzar el circuito de agua o mineral.	
• Confirmar que la planta esté operativa.	
• Conduzca un chequeo post operacional, luego que los equipos hayan comenzado su funcionamiento.	

El instructor preguntará a los participantes: ¿Qué se hace si un equipo falla?

Repuesta: Se ocupa el equipo de reserva que está “standby”

Cierre

El instructor podrá complementar la información vista en clases comentando que los harneros y alimentadores son equipos que si bien poseen diferentes funcionalidades actúan en conjunto, por lo que la conexión entre ambos equipos es un factor importante que se debe tener presente.

La optimización del proceso de harneo comienza en la manera como el material es alimentado al harnero, el material debe ser alimentado en todo el ancho de la plancha de impacto, de modo que cuando se desplace hacia la superficie de la malla cubra el ancho total de ella, teniendo presente que mientras mayor sea la superficie de malla utilizada mayor será la probabilidad de las partículas de pasar a través de las aberturas durante la clasificación.

Además, la alimentación debe mantener un ritmo constante, para asegurar que la cama de material sobre el harnero siempre sea pareja, contribuyendo así también a una mejor clasificación de las partículas.

Tres son las modalidades más comunes para alimentar un harnero: alimentadores vibratorios, correas alimentadoras y alimentadores de placas (apronfeeders).

Se deberá volver a mencionar que la industria minera es el principal usuario de los Hidrociclones, y son equipos indispensables en los circuitos de molienda ya que clasifican los sólidos según su tamaño, permitiendo así evacuar las partículas pequeñas e ingresar al molino las partículas grandes, dependiendo del tamaño requerido en la instalación. La operación del molino consiste en moler el mineral y la roca producto de la rotación, esta rotación es soportada por los “trunnions” y otorgada por medio de un sistema piñón corona. Una porción de la carga del molino es arrastrada por éste a lo largo del perímetro debido a la rotación, al exceder un cierto ángulo parte de la carga se desliza por la camisa mientras otra parte cae como cascada, esto genera el desgaste por abrasión y por impacto respectivamente.

2) Riesgos asociados a la operación de molienda y carguío de bolas.

Estrategias metodológicas para el instructor

Las estrategias son los procedimientos y/o recursos utilizados para promover el aprendizaje a través de las actividades:

Explicación demostrativa vía plataforma web.	
Explicación demostrativa en aula.	✓
Recurso audiovisual.	
Propuestas de situaciones problemáticas.	✓
Formulación de preguntas.	✓

Objetivos de aprendizaje

Reconocer los principales riesgos de molienda.

Descripción de la actividad

En la siguiente actividad los participantes deberán identificar los riesgos asociados a la molienda. Para esto en la siguiente tabla se detallan las precauciones que deben tomarse en distintos momentos del proceso. Los participantes deberán justificar por qué deben tomarse estas medidas de prevención.

Desarrollo

El participante deberá justificar las siguientes medidas de protección contestando por qué se deben tomar las acciones mencionadas:

Precaución	¿Por qué?
Siempre hay que usar antiparras de seguridad sobre todo cuando el chancador se encuentra trabajando.	Porque existe material en suspensión que por vías nasales y la boca puede ingresar a los ojos.
Usar protectores de polvo cuando los chancadores y molinos estén trabajando.	Porque hay material fino más liviano que el aire y en el caso de la minas de cobre puede contener sílice.
Nunca tomar alguna pieza o equipo en movimiento en especial cintas transportadoras.	Porque por su velocidad pueden atrapar dedos, manos o brazos.
Los operadores deben mantenerse donde puedan ver a alguna persona ante una emergencia.	Porque el transporte de minerales pesados en equipos con frecuencia tienen un campo de visión muy limitado y hay muchos puntos ciegos para ellos.

Cierre

El instructor le indicará a los participantes que el polvo producido por el trabajo minero, es uno de los grandes riesgos que enfrentan los operadores, ya que es suspendido en el aíre que se respira y específicamente las partículas pequeñas logran ingresar a las vías respiratorias ocasionando daño a todo lo largo de las vías respiratorias (Nariz, Laringe, Traquea, Pulmones). Dependiendo del tipo de mineral que contiene las partículas de polvo se presentaran los cambios en el organismo esto para los trabajadores que se exponen.

3) Procedimiento de muestreo para velocidad decantación, pH y granulometría.

Objetivos de aprendizaje

- Reconocer instrumental adecuado para medición de velocidad de decantación, pH y granulometría

Descripción de la actividad

Los participantes guiados por el instructor conocerán las principales características de la granulometría. El objetivo de la actividad es familiarizar al participante con los equipos.

Recursos y Materiales

- 4 Coladores o malla plásticas de distintos tamaños de apertura
- Mezcla de: grava, arena fina y piedrecilla
- 5 recipientes para mezcla y separación del ripio arenoso

Desarrollo

Nociones para la interpretación de mediciones

Con el propósito de generar condiciones para entender bajo que lógica opera la granulometría se sugiere realizar la siguiente actividad práctica. En ella los participantes trabajarán recreando el proceso de selección que ocurre al interior de un harnero de 3 capas.

Aquí el concepto relevante es entender cuanto material quedó atrapado en las mallas utilizadas y cuál de ellas, para ejemplificar considere un 1 kg de tierra con distintos tamaños de rocas. En la primera malla queda un porcentaje de alrededor de 30% del total del material, entonces se puede deducir que de ese kilogramo de tierra el 70% del material es más pequeño que el tamaño del pasante. Finalmente se puede construir una caracterización del tamaño de rocas que tiene la porción de mineral.

Las participantes recibirán las siguientes instrucciones:

Mida los espacios de la rejilla (pasante) en cada malla o colador.

Prepare el área de trabajo. Separe los recipientes o cajas y póngalas en fila una al lado de la otra junto a los coladores en orden de mayor a menor apertura.

Empiece por verter la mezcla de grava, arena fina y piedrecilla por el colador más ancho sobre la primera caja y mueva ligeramente el colador, todo lo queda en el colador se deja en un recipiente.

Tamize los materiales que quedaron en la caja nuevamente, utilizando un colador de malla más fina que el colador anterior. Finalmente repita el proceso hasta llegar al colador más fino.

Una vez realizado el proceso, los participantes harán un cálculo aproximado de los porcentajes de material que quedaron en cada malla, respecto al total. Este cálculo se puede realizar considerando el volumen que quedó atrapado respecto del volumen total del material o bien como se hizo mención anteriormente, utilizando la fracción de peso que quedó atrapada respecto al total.

Lo que los participantes observarán es lo que ocurre al interior de un harnero, en el cual se separan las partículas materiales.

Cierre

La densidad aparente de un material va a variar con la granulometría de éste y su contenido de humedad, por lo que es primordial conocer con certeza cuál es la supuesta densidad del producto a procesar. En el caso de materiales más densos que la arena, la capacidad de proceso de un harnero va a aumentar, pues el harnero procesará un menor volumen de material, pero con un mayor peso.

La optimización del proceso de harneo comienza en la manera como el material es alimentado al harnero, el material debe ser alimentado en todo el ancho de la plancha de impacto, de modo que cuando se desplace hacia la superficie de la malla cubra el ancho total de ella, teniendo presente que mientras mayor sea la superficie de malla utilizada mayor será la probabilidad de las partículas de pasar a través de las aberturas durante la clasificación.

Además, la alimentación debe mantener un ritmo constante, para asegurar que la cama de material sobre el harnero siempre sea pareja, contribuyendo así también a una mejor clasificación de las partículas.

Tres son las modalidades más comunes para alimentar un harnero: alimentadores vibratorios, correas alimentadoras y alimentadores de placas (apronfeeders).

Consejo Minero
Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.
Teléfono: (562) 2347 2200

www.ccm.cl

AngloAmerican

ANTOFAGASTA MINERALS

BARRICK

bhpbilliton
resourcing the future

CODELCO
Orgullo de Todos

COLLAHUASI

FREEPORT-McMoRAN COPPER & GOLD

GLENCORE

KGHM
POLSKA MIEDŹ S.A.

LUMINA
COPPER CHILE

Teck

YAMANAGOLD