CCM
CONSEJO DE COMPETENCIAS MINERAS

Cuaderno de Evaluación

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
Eduardo Soto S., Consultor Senior
Ignacio Riffo C., Consultor Senior
Álvaro Aguilar H., 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 general de la sección 1: Evaluación de Proceso 8

Módulo VI: Proceso de concentradora. La molienda 9

1. Introducción al proceso de molienda 10

Introducción

La evaluación corresponde a cualquier situación, recurso, procedimiento o instrumento que se utilice para obtener información sobre la marcha del proceso de formación. Permite conocer las competencias que fueron adquiridas por los participantes y que a futuro son las que le servirán en el mundo del trabajo.

El documento tiene una estructura similar al cuaderno del instructor, es decir, la misma división de módulos y contenidos.

Al interior de cada módulo el instructor encontrará un set de preguntas y sus respectivas respuestas.

Se sugiere realizar evaluaciones parciales de cada uno de los contenidos consignados en el Cuaderno del Instructor. Para tal efecto se recomienda seleccionar algunas preguntas para realizar los test y construir una pauta de evaluación para esto.

Se recomienda preparar a los participantes antes de la evaluación final del módulo y mediante el trabajo en las distintas sesiones, dar respuesta a las inquietudes que surjan durante el proceso de formación.

Cabe señalar que las actividades prácticas sugeridas en el Cuaderno del Instructor pueden ser utilizadas como evaluaciones de proceso de los contenidos vistos en cada módulo. Para el óptimo desarrollo de las actividades, el participante cuenta con un cuaderno de actividades, que posterior a su realización, serán verificadas y firmadas por el instructor y podrán ser parte del portafolio de evidencias de cada participante.

Descripción general de la sección 1: Evaluación de Proceso

Esta sección contiene un conjunto de preguntas posibles a utilizar para trabajar con los participantes durante las sesiones de aprendizaje del Módulo 6 del programa **Operador Base Planta.** Este documento servirá de guía y repositorio de preguntas para realizar las evaluaciones de proceso pertinentes del oficio.

El documento tiene una estructura similar al cuaderno del instructor, es decir, la misma división de módulos y contenidos.

Al interior de cada módulo el instructor encontrará set de preguntas y sus respectivas respuestas.

Se sugiere realizar evaluaciones parciales de cada uno de los módulos consignados en el **Cuaderno del Instructor**. Para tal efecto se recomienda seleccionar algunas preguntas para realizar los test y construir una pauta de evaluación para esto.

Se sugiere también preparar a los participantes antes de la evaluación final del programa y mediante el trabajo en las distintas sesiones, dar respuesta a las inquietudes que surjan durante el proceso de formación.

Cabe señalar que las actividades prácticas sugeridas en el **Cuaderno del Instructor** pueden ser utilizadas como evaluaciones de proceso de los contenidos vistos en cada módulo. Para el óptimo desarrollo de las actividades, el participante cuenta con un cuaderno de actividades, que posterior a su realización, serán verificadas y firmadas por el instructor y podrán ser parte del portafolio de evidencias de cada participante.

Módulo VI: Proceso de concentradora. La molienda

1. Introducción al proceso de molienda

1) ¿Cuál es el propósito del 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). De esta forma, se liberan la mayor parte de los minerales de cobre en forma de partículas individuales.

2) ¿Qué tipos de molino se utilizan en la molienda convencional? Indique en qué etapa se utiliza cada uno.

- Primera etapa: molino de barras.
- Segunda etapa: molino de bolas.

3) ¿En qué consiste la molienda SAG?

El mineral se recibe directamente desde el chancador primario, con un tamaño cercano a 8 pulgadas (20 cm aproximadamente), y se mezcla con agua y cal. El material es reducido por la acción del mismo material mineralizado presente en partículas de variados tamaños y por la acción de numerosas bolas de acero, de 5 pulgadas de diámetro, que ocupan el 12% de su capacidad. Cuando el molino gira, las bolas son lanzadas en caída libre, logrando un efecto conjunto de chancado y molienda.

4) ¿Por qué la molienda SAG es más efectiva que la molienda convencional?

Porque no requiere de las etapas de chancado secundario ni terciario.

5) Los circuitos de molienda pueden ser cerrados o abiertos. ¿Qué significa que un circuito sea cerrado?

Significa que el mineral no puede salir del sistema hasta que haya alcanzado el tamaño especificado.

6) ¿Verdadero o falso? La molienda semi-autógena se utiliza cuando la molienda autógena no logra producir el volumen necesario. Verdadero.

7) ¿Para qué sirven los harneros? Sirven para controlar el tamaño del material de alimentación.

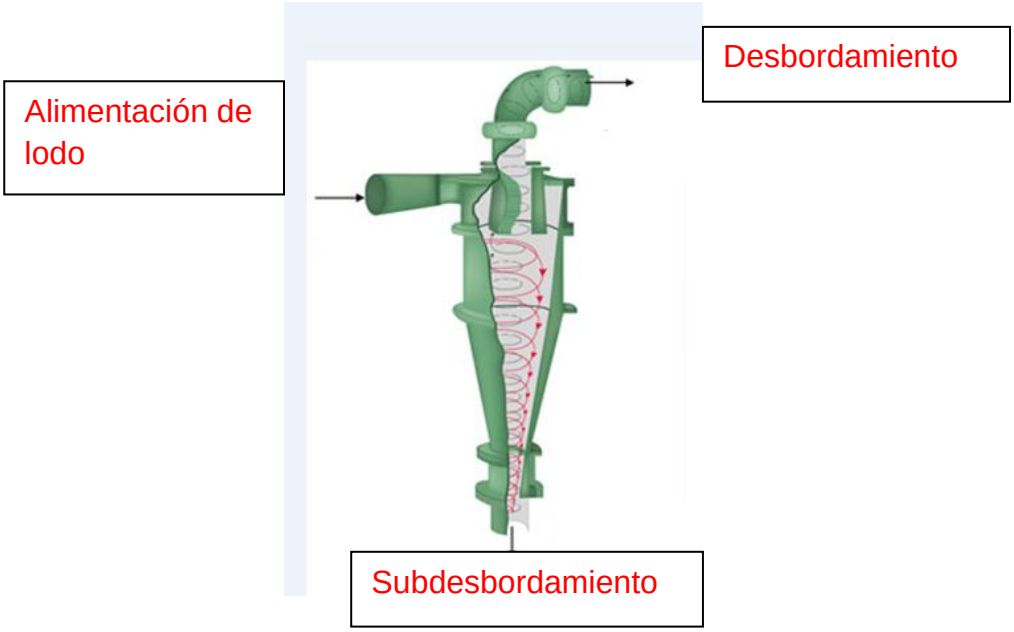
8) ¿Qué controlan los separadores de tamaño?

Controlan el tamaño del material de alimentación entre las etapas de chancado y molienda.

9) Describa brevemente la forma de funcionar de los ciclones.

El lodo ingresa a presión en el ciclón a presión. Luego, el mineral grueso se descarga a través del flujo inferior o subdesbordamiento y el mineral fino, a través del flujo superior o desbordamiento.

10) En la imagen, denomine las partes del ciclón indicadas.



11) Existen varios tipos de molinos de molienda. Mencione 4.

Responder con 4 enunciados cualquiera de los siguientes.

- Molino de bolas.
- Molino de barras.
- Molino SAG o semiautógeno.
- Molino autógeno
- Molino de Pebble.
- Rodillos de molienda de alta presión.
- Molino de desgaste o de disco.

12) ¿Qué es la conminución?

Es la acción de reducir un material, generalmente un mineral, a partículas o fragmentos diminutos.

13) ¿Verdadero o falso? La molienda es la etapa del procesamiento de mineral que requiere más energía. Verdadero.

14) Mencione 3 aspectos a revisar al inspeccionar la cubierta de un harnero.

Responder con 3 enunciados cualquiera de los siguientes.

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

15) Mencione 5 ejemplos de espacios confinados existentes en el proceso de molienda.

Responder con 5 enunciados cualquiera de los siguientes.

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

16) ¿Por qué es tan importante limpiar el pesómetro regularmente?

Porque así se minimiza la acumulación de material, lo cual puede provocar errores de medición, tales como lecturas por sobre la escala.

17) Mencione 2 problemas originados en la cinta transportadora que pueden impactar en la exactitud y fiabilidad del pesómetro.

- Fuerte vibración de la correa.
- Derrame de mineral o concentrado de la correa sobre el mecanismo del pesómetro.

18) ¿Cuál de las siguientes afirmaciones acerca de los espacios confinados es correcta?

a) Los espacios confinados se ubican sobre y bajo el suelo, y podemos encontrarlos en la mayoría de los lugares de trabajo.
b) Los espacios confinados solo se ubican bajo el suelo y podemos encontrarlos en la mayoría de los lugares de trabajo.

19) ¿Verdadero o falso? Para que el proceso de molienda sea eficaz, es preciso seleccionar adecuadamente los medios de molienda. Verdadero.

20) ¿Qué características del material deben tomarse en cuenta antes de molerlo? Mencione 5.

Responder con 5 enunciados cualquiera de los siguientes.

- Ductilidad.
- Pureza.
- Dureza.
- Fragilidad.
- Estabilidad química.
- Abrasividad.
- Temperatura de fundición.
- Estructura.
- Gravedad específica.
- Consistencia.

21) ¿Verdadero o falso? El mineral puede ser tratado en dos formas; seco o húmedo (es decir, mezclado con agua). Verdadero.

22) ¿Cuáles son las 2 propiedades que permiten caracterizar el mineral seco?

- El peso específico (SG).
- La densidad aparente.

23) ¿Para qué sirve la escala de densidad de pulpa?

Sirve para determinar el porcentaje de sólidos en las corrientes de pulpa.

24) Cuando los medios de molienda se seleccionan adecuadamente, los parámetros del molino presentan resultados positivos en múltiples parámetros. Mencione 2.

Responder con 2 enunciados cualquiera de los siguientes.

- Eficiencia energética
- Desgaste interno.
- Costos operacionales.
- Rango de funcionamiento práctico.

25) ¿Cuándo debe recargarse el molino?

- Cuando el consumo de energía se encuentra por debajo de los puntos de ajuste metalúrgicos.
- Cuando el tamaño es incorrecto.

26) ¿Verdadero o falso? Los problemas de lubricación son la causa de un gran porcentaje de las fallas de los equipos. Verdadero.

27) La lubricación adecuada de las partes del molino se traduce en múltiples beneficios. Mencione 3.

Responder con 3 enunciados cualquiera de los siguientes.

- 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 reducción del ruido y las vibraciones.

28) Mencione 3 razones para realizar la revisión antes de la puesta en marcha.

- Para asegurar que todo el equipo asociado al proceso se encuentra en buen estado y no existen peligros.
- Para prevenir daños del equipo y lesiones al personal.
- Para prevenir alteraciones operacionales.

29) Mencione 5 aspectos a revisar en una caminata de inspección después de la puesta en marcha, pero con el circuito de molienda detenido.

Responder con 5 enunciados cualquiera de los siguientes.

- Revisar que las puertas de inspección de alimentación estén cerradas.
- Revisar que no existan fugas hidráulicas.
- Revisar que las protecciones de la cinta transportadora, asegurándose de que se encuentren en su lugar y estén operativas.
- Probar el cable de parada de emergencia y reseteo.
- Revisar que no existan bloqueos en las rampas de la correa transportadora.
- Verificar que el operador de la sala de control esté informado.
- Revisar que las alarmas visuales estén activadas.
- Revisar que los aisladores de control local estén en orden y funcionando.
- Revisar la condición de la cubierta del harnero, los paneles y el flujo de agua.
- Revisar que las protecciones del molino se encuentren en su lugar y las bombas estén aseguradas.
- Revisar el circuito.
- Revisar que los equipos de extracción de polvo y ventilación se encuentren operativos.
- Supervisar el proceso en base a los parámetros metalúrgicos.
- Ajustar el circuito mediante el panel de control para mantener los parámetros.
- Cargar 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 los registros.
- Reportar cualquier hallazgo y/o fallas y pida o coordine una rectificación, si corresponde.
- Identificar los planes de contingencia si el personal y los equipos necesarios no están disponibles.

30) ¿Verdadero o falso? Las 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. Verdadero.

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