

Cuaderno de Evaluación

Operador Base Planta

Módulo V: Hidrometalurgia: El Proceso de Electro Obtención

PFPCO-2-01/v.2-[PE01-M05/v.1]

Una iniciativa de:



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 educativas:

- 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 V: Hidrometalurgia: El Proceso de Electro Obtención	9
1. Introducción a la electroquímica	10
2. Principales equipos de electro obtención	11
3. Procedimientos de operación del proceso de celdas de electroobtención	13
4. Procedimientos de operación del proceso de cosecha de cátodos	15
5. Condiciones estándares de operación de equipos	16

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 5 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 V: Hidrometalurgia: El Proceso de Electro Obtención

1. Introducción a la electroquímica

1) El símbolo de la **resistencia** es R y se mide en Ohmios (Ω).

2) ¿Qué es la resistencia?

La resistencia corresponde a la oposición ofrecida al flujo de corriente eléctrica. Se puede comparar a una llave de agua, la cual se usa para dejar que este líquido pase o no.

3) Explique el efecto de un cambio de resistencia en el flujo de corriente de un circuito.

Si la resistencia es alta, el flujo de corriente será bajo. Al contrario, si la resistencia es baja, el flujo de corriente será alto.

4) Enuncie la Ley de Ohm.

A una temperatura constante, la corriente que fluye en un circuito es directamente proporcional al voltaje aplicado e inversamente proporcional a la resistencia del circuito.

5) ¿Qué pasa con la corriente de un circuito, cuando aumenta su voltaje?

La corriente del circuito también aumenta.

6) ¿Qué pasa con la corriente de un circuito, si la resistencia del mismo se duplica?

La corriente del circuito disminuye a la mitad.

7) Ley de Ohm establece que:

- a) La corriente es Indirectamente proporcional al voltaje e inversamente proporcional a la resistencia.
- b) La corriente es inversamente proporcional al voltaje y directamente proporcional a la resistencia.
- c) La resistencia depende del voltaje y la corriente del circuito.
- d) La corriente es directamente proporcional al voltaje e inversamente proporcional a la resistencia.

8) Complete los siguientes conceptos:

- a. El electrolito es la solución que lleva el metal donde se colocan los ánodos y cátodos antes de que se aplique una carga eléctrica.
- b. La electrólisis es la separación de una sustancia de otra utilizando corriente eléctrica. Es un proceso que requiere un ánodo, cátodo, solución con dos sustancias y una corriente eléctrica.

9) V o F. Señale si es verdadera o falsa la siguiente afirmación:
“Cuando uno de estos componentes falta, sí se puede iniciar el proceso de electrólisis”

Falso

2. Principales equipos de electro obtención

10) Mencione 5 funciones del operador de una planta concentradora y/o hidrometalurgia.

Responder con 5 enunciados cualquiera de los siguientes.

- Operar equipos de molienda: agregar cuerpo molidor y verificar parámetros operacionales.
- Operar equipos de flotación, en lo relacionado a recepcionar y manipular reactivos.
- Operar en terreno el proceso de lixiviación básico: chequear las condiciones operacionales del proceso en terreno, detectando condiciones de riesgo de la operación e informando de éstas a quien corresponda.
- Verificar en terreno la correcta operación y armado del sistema de riego de pilas y aireación, ejecutando la operación de lixiviación, en terreno, en sus diferentes etapas, manteniendo los niveles de las piscinas de PLS, ILS y refino.
- Verificar mantenciones programadas y tomar muestras de las soluciones de riego y de efluentes, extrayendo fracción de muestra para análisis puntual, comunicando de novedades al turno entrante.
- Chequear las condiciones operacionales del proceso de celdas de electro obtención; realizar el alineamiento de los electrodos, mantener la barra de contacto libre de sulfato y chequear el flujo de descarga y nivel de las celdas, entre otros.
- Transportar materiales y/o equipos en puente grúa; lo que implica controlar las condiciones operativas del puente grúa y realizar traslados de acuerdo a estándares organizacionales.
- Monitorear el pleno funcionamiento de los equipos a su cargo, durante toda la jornada laboral, previendo y diagnosticando posibles fallas.
- Mantener una efectiva comunicación con los respectivos controladores de cada proceso y supervisor, así como también tomar acciones correctivas, según corresponda, para satisfacer eficiente y efectivamente el cumplimiento de los procedimientos.

11) Un equipo auxiliar corresponde a cualquier elemento portable y móvil que no forma parte de una estructura fija. ¿Qué equipos auxiliares pueden utilizarse durante el proceso de extracción por solvente?

- Compresores.
- Sistemas de Control de Distribución (DCS).
- Alimentadores.
- Grúas de pórtico y accesorios y otros equipos móviles.
- Herramientas manuales y eléctricas.

12) ¿Verdadero o falso? Los intercambiadores de calor son uno de los componentes del equipo utilizado en el proceso de electro obtención. **Verdadero.**

13) Mencione 3 componentes del equipo utilizado en la electro obtención.

Responder con 3 enunciados cualquiera de los siguientes.

- Nave de electro obtención.
- Pasillos.
- Intercambiadores de calor.
- Tanques.
- Drenaje de piso y eliminación de residuos.
- Iluminación.
- Bombas.
- Reflujos.
- Tanque de circulación.
- Barras conductoras (bus bars).
- Equipo auxiliar.

14) ¿Para qué sirven los intercambiadores de calor con juntas?

Para calentar el electrolito antes de la electro obtención.

15) ¿Cómo se denomina la máquina que muestra la imagen?



Máquina de enzunchado.

3. *Procedimientos de operación del proceso de celdas de electroobtención*

16) ¿Qué es la electro obtención? Explíquela muy brevemente.

Es la recuperación eléctrica y química de los metales a partir de su estado disuelto.

17) Mencione las 2 etapas del proceso de electro obtención.

- Extracción por solvente (SX).
- Electro obtención (EW).

18) Los ánodos inertes o no solubles utilizados en la electro obtención se pueden fabricar con 2 tipos de metal. Menciónelos.

- Plomo.
- Acero inoxidable.

19) Mencione los 3 datos que debe entregar al notificar una emergencia.

- Su nombre.
- Su ubicación y la ubicación de la emergencia.
- La naturaleza de la emergencia.

20) ¿Qué atributo adicional debe presentar la máscara anti polvo utilizada para operar equipos de electro obtención? **Debe ser resistente al ácido.**

21) En el proceso de electro obtención ¿qué tipo de información debe intercambiarse en las reuniones de traspaso? Mencione 3.

Responder con 3 enunciados cualquiera de los siguientes.

- Condición de las pilas de acopio.
- Averías.
- Control del proceso.
- Asuntos de mantención en curso.
- Limpieza.
- Planes de carga.
- Asuntos del mineral.

22) Mencione 3 aspectos del proceso de electro obtención que se pueden revisar directamente en terreno y de forma física.

Responder con 3 enunciados cualquiera de los siguientes.

- Niveles de la solución
- Derrames y puntos calientes.
- Tasas de flujo.
- Presiones.
- Toma de energía.
- Niveles de emisión
- Adición de reactivos

23) ¿Qué consecuencias puede provocar la falta de supervisión de los niveles de suspensión, solución o reactivo?

- Escasez.
- Flujos bajos
- Falta de flujo.
- Incendios.
- Explosiones de gas de hidrógeno

24) ¿Cómo se denomina el medidor mostrado en las imágenes?



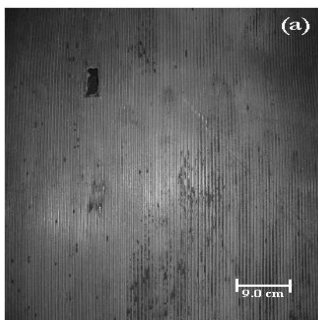
Amperímetro.

4. *Procedimientos de operación del proceso de cosecha de cátodos*

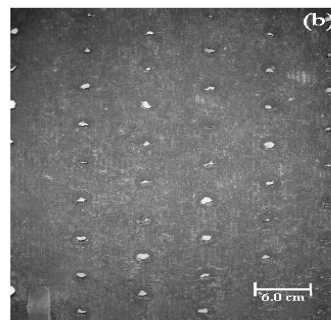
25) Mencione las 3 partes básicas del cátodo.

- Placa del electrodo.
- Barra de suspensión.
- Franjas protectoras.

26) ¿Cuál de las siguientes placas de ánodo está sucia?



Placa A



Placa B

La placa B.

5. Condiciones estándares de operación de equipos

27) ¿Verdadero o falso? El piso de la nave de electro obtención debe lavarse todos los días.
Verdadero.

28) ¿De qué modo se genera polvo peligroso en la nave de electro obtención?

Como algunos productos químicos poseen un punto de ebullición muy bajo, la temperatura alrededor del tanque puede hacerlos hervir. Las burbujas resultantes subirán a la superficie del líquido y se reventarán. Cuando esto sucede, se libera un residuo fino de metal sólido y sustancias químicas sólidas.

29) ¿Verdadero o falso? La niebla ácida crómica que a veces se genera en la nave de electro obtención es inofensiva. **Falso.**

30) Mencione 1 medida para evitar la formación de niebla ácida en la nave de electro obtención.

Responder con 2 enunciados cualquiera de los siguientes.

- Ventilación.
- Inhibidores de vapor que modifican la tensión superficial de la solución.
- Bolas de flotación, también llamadas chroffles.

31) ¿Cómo se denomina la niebla que se forma en las naves de electro obtención?

Niebla ácida.

32) ¿Qué acciones se deben realizar para controlar los riesgos en un ambiente con polvo? Mencione 3.

- Suprimir el polvo con agua.
- Eliminar el polvo con ventiladores de extracción.
- Usar una máscara anti polvo.

33) ¿Qué medidas se pueden implementar para prevenir las dificultades respiratorias en áreas mal ventiladas? Mencione 2.

Ventilación mecánica y máscara respiratoria.

34) Indique el nombre de los siguientes EPP.

<p>Detectores de gas de alta frecuencia (HF)</p>	
	<p>Guantes: interior de nitrilo y exterior de neopreno.</p>
<p>Manga para materiales peligrosos (HazMat)</p>	
<p>Antiparra para salpicaduras químicas</p>	
	<p>Escudo facial</p>



35) Mencione y entregue un ejemplo de 5 tipos de medidas de control para gestionar adecuadamente los riesgos y peligros asociados al proceso de electro obtención.

Responder con 5 enunciados cualquiera de los siguientes.

- Eliminar o retirar el peligro. Ejemplo: eliminación del uso de un producto químico o un elemento de la planta si no se requiere.
- Sustituir o reemplazar la fuente de peligro. Ejemplo: usar maquinaria, equipos y/o sustancias más seguras.
- Aislar el riesgo de los trabajadores. Ejemplo: usar sistemas cerrados para los productos químicos, reubicar a los trabajadores, usar barreras físicas.
- Implementar controles de ingeniería. Ejemplo: vigilancia o ventilación de extracción.
- Implementar controles administrativos. Ejemplo: limitar el tiempo que los trabajadores pasan cerca del peligro.
- Utilizar equipo de protección personal.

36) Indique el orden en el cual se deben implementar las medidas de control para gestionar los riesgos. Enumere del 1 al 6, donde el 1 corresponda a la primera medida y el 6, a la última.

- 6 Utilizar equipo de protección personal.
- 3 Aislar el riesgo de los trabajadores.
- 2 Sustituir o reemplazar la fuente de peligro.
- 4 Implementar controles de ingeniería.
- 5 Implementar controles administrativos.
- 1 Eliminar o retirar el peligro.

37) Indique 2 factores a considerar para evaluar un determinado riesgo.

- La probabilidad de que el peligro cause lesiones o daño.
- La severidad probable de la lesión o daño.

38) Mencione los 4 requisitos mínimos de un Análisis de Seguridad del trabajo (AST).

- Identificación de los peligros.
- Evaluación del riesgo de los peligros identificados.
- Medidas de control necesarias para eliminar o minimizar el riesgo de los peligros.
- Identificación del responsable de la aplicación y seguimiento de las medidas de control.

39) ¿Qué es una Hoja de Análisis de Seguridad del trabajo (AST)?

Es un documento que permite identificar los riesgos y procedimientos de seguridad necesarios para su área de trabajo.

40) Mencione 3 componentes principales del puente grúa.

- Viga de puente.
- Cabina con una o más unidades de elevación.
- Arco.

41) ¿Para qué sirven los puentes grúa?

Sirven para levantar bastidores de placas de ánodo y cátodo en un tanque.

42) ¿Qué atributo debe presentar el arco de la grúa puente para evitar corto circuitos?

Debe estar eléctricamente aislado del resto de la grúa.

43) Mencione 3 usos del puente grúa en el proceso de electro obtención.

- Posicionar las placas de ánodo y cátodo en los tanques.
- Alinear las placas de ánodo y cátodo en los tanques.
- Retirar las placas de ánodo y cátodo en los tanques.

44) ¿Cuál es la capacidad de levante aproximada de los puentes grúa?

- a) 7,5 toneladas aprox. en el tecele principal y 2 toneladas en el tecele auxiliar.
- b) 9,5 toneladas aprox. en el tecele principal y 4 toneladas en el tecele auxiliar.
- c) 12,0 toneladas aprox. en el tecele principal y 5 toneladas en el tecele auxiliar.

45) ¿Cuántos cátodos puede recoger la araña del puente grúa?

- a) 31 cátodos.
- b) 35 cátodos.
- c) 20 cátodos.
- d) 25 cátodos.

46) ¿De qué manera el puente grúa cosecha los cátodos? Describa brevemente esta actividad.

El puente grúa se posiciona sobre la celda que va a cosechar y baja la araña de cátodos hasta la parte superior de la celda de electroobtención. Se recogen los 20 cátodos, se extraen de la celda y se transfieren a la correa transportadora de carga de cátodos de la máquina despegadora. Luego, el puente grúa levanta los cátodos permanentes despegados desde la correa transportadora de separación de cátodos permanentes de la máquina despegadora y los regresa a la celda de electroobtención desde donde se extrajeron. Finalmente, coloca los cátodos permanentes en la celda.

47) ¿Cuántos días después de depositados en las celdas de electroobtención, se cosechan los cátodos?

- a) 7 días.
- b) 5 días.
- c) 15 días.
- d) 30 días.

48) ¿Por qué es importante minimizar los tiempos de cosecha de cátodos dentro de una misma celda de electroobtención?

El puente grúa extrae, en general, un tercio de los cátodos depositados en una celda al mismo tiempo. Por lo tanto, demora tres viajes en retirar los cátodos de una celda completa. Mientras se extrae desde la celda un tercio de los cátodos para el despegue, se continúa suministrando energía eléctrica a la celda. La densidad de la corriente es un 50 por ciento más alta durante este período, por lo que resulta muy importante minimizar este período de tiempo, debido a que una densidad alta de corriente puede traducirse en características catódicas no deseadas.



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

