



# **Cuaderno de actividades del participante**

## **Operador Base Planta**

Módulo III: Hidrometalurgia: Procesos de Lixiviación  
PFPCO-2-01/v.2-[PE01-M03/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](http://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](http://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 del cuaderno de actividades .....	7
Actividad N° 1 .....	8
Hidrometalurgia: Proceso de lixiviación.....	8
Actividad N° 2 .....	11
Principales equipos del proceso Lixiviación. ....	11
Actividad N° 3 .....	14
Operación y armado de sistema de riego de pilas. ....	14
Actividad N° 4 .....	18
Terminología de bombas.....	18
Actividad N° 5 .....	24
Sistema de bombas. ....	24
Actividad N° 6 .....	27
Parámetros y variables del proceso de lixiviación. ....	27
Actividad N° 7 .....	31
Nociones de mantenimiento preventivo de los equipos asociados. ....	31

### Descripción del cuaderno de actividades

Durante el desarrollo del Módulo 3 del programa **“Operador Base Planta”**, se proponen un conjunto sistemático de actividades reflexivas, formativas y prácticas, basadas en competencias, que el participante deberá resolver.

El cuaderno de actividades es el documento que se utilizará para ir realizando estos ejercicios y actividades y tiene como finalidad apoyar el proceso de aprendizaje. Permitirá además, preparar al participante para la evaluación final, ya que contribuirá a reafirmar sus avances y solucionar las dificultades que puedan surgir a lo largo del programa.

El cuaderno constituye también un valioso registro del trabajo y la puesta en práctica realizada por el participante y para esto, cuenta con un espacio al final de cada actividad, para que el instructor consigne esto a través de su firma y alguna observación.

Una vez completado el cuaderno, pasa a constituirse en un **portafolio de evidencias**, que permitirá al participante evidenciar los logros alcanzados a lo largo del programa y demostrar lo que ha sido capaz de realizar.

## Actividad N° 1

### Hidrometalurgia: Proceso de lixiviación.

#### Nociones del proceso de lixiviación

##### Descripción de la actividad

Los participantes observarán un experimento de lixiviación de cobre el cual podrán replicar en clases.

##### Desarrollo

Los participantes deberán seguir las instrucciones que aparecen en el video. Éstas son:

- Preparar mezcla de gravilla con 1 cucharada de sulfato de cobre, se revuelve.
- Se prepara un filtro de papel doblando una hoja de papel gofrado en 4 y se corta una de las esquinas.
- Se pone el filtro sobre el embudo y en ella la mezcla de sólidos.
- Se verta sobre la mezcla solida el ácido sulfúrico cautelosamente.
- Registrar lo que se observa.

#### “Experimento: Lixiviación”



## Registro de los pasos y observación del experimento

**Notas:**

--

Nombre del Instructor	Fecha de la actividad	Firma
Observaciones		

## Actividad N° 2

### Principales equipos del proceso Lixiviación.

#### Principales equipos del proceso Lixiviación





##### Descripción de la actividad

Los participantes deberán describir algunos de los principales equipos involucrados en la aglomeración y lixiviación de mineral a través de imágenes.

##### Desarrollo

a) El participante deberá describir algunos de los principales equipos involucrados en la aglomeración y lixiviación de mineral.



**Notas:**

Nombre del Instructor	Fecha de la actividad	Firma
Observaciones		

### Actividad N° 3

#### Operación y armado de sistema de riego de pilas.

#### Operación y armado de sistema de riego de pilas

##### Descripción de la actividad

Los participantes conocerán las principales características de los equipos y componentes del proceso de riego. El objetivo de la actividad es familiarizar al participante con la despegadora de cátodos.

##### Desarrollo

El instructor guiará la observación de los videos sugeridos. El instructor tiene el objetivo de clarificar, profundizar, reformular los temas observados. Para esto deberá pedir aclaraciones cuando intervienen los participantes y profundizará en los temas.

Junto con la exhibición de estos, el instructor solicitará a los participantes que se fijen atentamente e intenten reconocer equipos, procesos y riesgos.



El participante deberá responder las siguientes preguntas:

**¿De qué se trata el proceso de Lixiviación?**

**¿Qué pasa si los goteros se tapan?**

**¿Cuál eran son los riesgos de realizar mediciones en las pilas de lixiviación de forma manual?**

Para ahondar en los riesgos a los que se expone el operador durante la lixiviación, los participantes trabajarán en la siguiente actividad, donde deberán mencionar las medidas de precaución a adoptar de acuerdo al riesgo.

**Riesgo: Superficie sinuosa:**

- Medida a adoptar:

---

---

**Riesgo: Salpicadura de solución ácida de líneas de goteo:**

- Medida a adoptar:

---

---

**Riesgo: Rotura de líneas de goteo**

- Medida a adoptar:

---

---

**Riesgo: Instalación de tuberías**

- Medida a adoptar:

---

---

**Notas:**

--

Nombre del Instructor	Fecha de la actividad	Firma
Observaciones		

## Actividad N° 4

### Terminología de bombas.

#### Terminología de bombas

##### Descripción de la actividad

Esta actividad ofrecerá a los participantes una idea de las principales características asociadas a los sistemas de bombas en los equipos de lixiviación.

##### Desarrollo

Los participantes realizarán una actividad de observación, reconocimiento y análisis con los recursos sugeridos, manteniendo en mente los objetivos de aprendizaje. Deberá trabajar con la información de los catálogos y entender las diferencias entre los equipos y componentes del proceso de lixiviación. Los equipos relevantes a reconocer en los catálogos son: bombas, aspersores, fittings, mangueras, válvulas comunes, manómetros, flujómetros, termómetros.

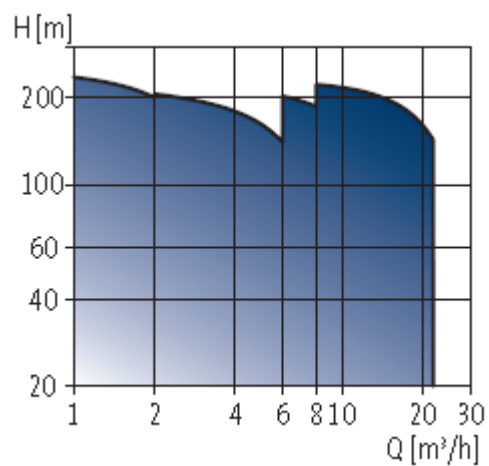
Por ejemplo, se deberá reconocer entre las bombas verticales (CTR) que usualmente están flotando en las piscinas y las bombas centrífugas horizontales que extraen la solución de la piscina y la lleva a pilas o procesamiento.



Tipo:	Tipo:
-------	-------

Otro aspecto a estudiar son las curvas características: éstos son los movimientos esperados de la bomba frente a diferentes condiciones de operación.

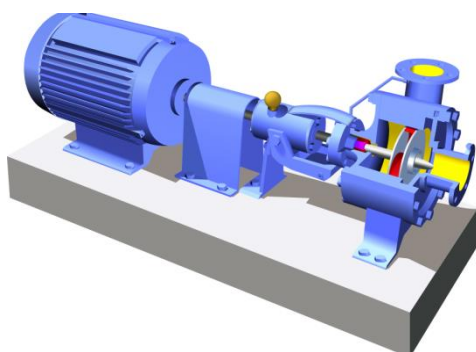
Por ejemplo:



El participante debe conocer las características técnicas de la bomba y entender datos tales como:

Flujo, Q:
Altura, H:
Temperatura soluciones:
Presión de operación:

El participante de acuerdo a los contenidos vistos en clases, deberá contestar a las siguientes preguntas en relación a la bomba centrífuga:



**1) ¿Cuál es la función de la bomba centrífuga?**






**2) Identificar cual es la parte o partes más peligrosa (s) del equipo.**

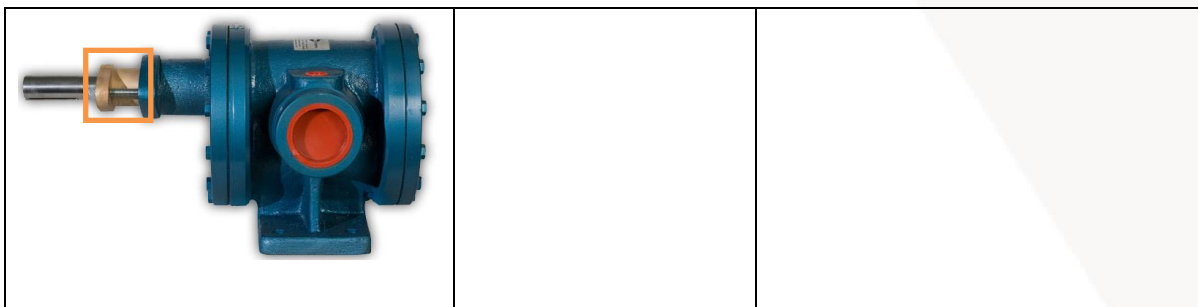
**3)Cuál es la parte del cuerpo humano que se encuentra más expuesta o en riesgo a sufrir un accidente al operar el equipo.**

**4)Cuál es el equipo de protección personal adecuado que debería usarse.**

El instructor decidirá si los participantes trabajaran en grupos, pares o individualmente y al final de la actividad entregará las respuestas correctas y deberá destacar que la actividad más recurrente durante la mantención es el cambio de empaquetadura de la bomba centrífuga.

Los participantes deberán identificar el nombre y función y/o uso de las siguientes partes básicas:

Partes básicas	Nombre	Función y/o uso
		
		
		
		
		



**Notas:**

Nombre del Instructor	Fecha de la actividad	Firma
<b>Observaciones</b>		

## Actividad N° 5

### Sistema de bombas.

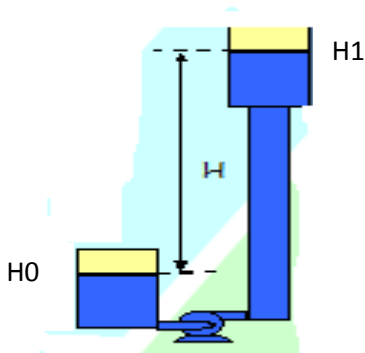
#### Sistema de distribución y bombeo

##### Descripción de la actividad

El participante trabajará en un circuito hidráulico con bomba centrífuga inspeccionándolo y viendo cómo opera. Practicará el arrancar y parar el motor de la bomba, realizará accionamiento de válvulas y lecturas de los instrumentos. Deberá usar el PPE correcto para trabajar de manera segura.

##### Desarrollo

El instructor de la institución de formación deberá preparar un sistema de bombeo que saque agua de un tanque a una altura  $H_0$  y la bombee a otro estanque a una altura  $H_1$  ( $H_1 > H_0$ ). Observe la imagen como referencia:



La finalidad de la actividad es que los participantes reconozcan los componentes y el sistema de piping que llevará las soluciones a la pila.

Para comenzar el instructor hará una demostración de cómo funciona el sistema, desde energizar el motor de la bomba, abrir las válvulas necesarias y verificar que el fluido está

llegando al estanque de descarga. Esta inspección también deberá considerar si hay fugas y tomar acciones correctivas cuando sea el caso. También se mostrará a los participantes los instrumentos asociados para que reconozcan cómo funcionan (por ejemplo: flujómetro o manómetro).

Antes de arrancar la bomba hay varios puntos que el participante deberá revisar. No hacerlo podría resultar en daños a la bomba.

- Remueva el acoplamiento y verifique que el motor gira en la dirección esperada.
- Realice un chequeo de la bomba y la sección de tubería a ser probada.
- Asegurarse que los niveles de líquido en el estanque sean los apropiados.
- Cerciorarse que la succión de la bomba siempre tenga fluido
- Tener el cuidado de eliminar todo el aire del sistema

#### **Pasos sugeridos a practicar:**

- Cerrar la válvula de drenaje y abrir la válvula del sistema en el recipiente de prueba.
- Accionar el motor eléctrico para que la bomba comience a mover el fluido.
- Verificar que la presión aumenta en el manómetro de la descarga de la bomba.
- Revisar la bomba y la tubería por fugas de agua. Si encuentra algo, drene el sistema y solicite apoyo en la reparación antes de continuar con la prueba.
- Registre la lectura de los instrumentos instalados.

#### **Sugerencia de práctica de fallas en el sistema:**

**De haber uniones roscadas entre las cañerías y los fittings, quitar parte del teflón o bien quitar el O-ring de la unión o la goma que sirve para sellar la unión. El objetivo de esto que los participantes pueden detectar fugas en el sistema.**

**Notas:**

Nombre del Instructor	Fecha de la actividad	Firma
Observaciones		

## Actividad N° 6

### Parámetros y variables del proceso de lixiviación.

#### Parámetros y variables del proceso de lixiviación

##### Descripción de la actividad

La siguiente actividad en relación a **parámetros y variables del proceso de lixiviación**, específicamente “Principios y técnicas de medición de presión”, tanto en el tipo de presión como en su definición.

##### Desarrollo

El instructor explicará que presión es la fuerza que es ejercida sobre algo y que existen distintos tipos de presión.

1. En esta actividad el participante deberá unir el tipo de presión con su definición correspondiente, con una flecha:

Presión manométrica positiva.	La presión proporcional a la temperatura aplicada.
Presión manométrica negativa.	Presión que es inversamente proporcional al volumen del recipiente o contenedor.
Presión absoluta	Presión que es menor que la presión atmosférica.
Presión de vacío	Presión que no hace referencia a la presión atmosférica, sino que incluye la presión atmosférica.
Presión de gas y volumen.	Presión que está por debajo de la v presión atmosférica.

Presión de gas y temperatura.

Presión que está por encima de la presión atmosférica.

2. En la segunda actividad, el participante deberá escribir la abreviación correcta para la unidad de medida:

unidades	Abreviaciones
<ul style="list-style-type: none"><li>• newton</li></ul>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• pascal</li><li>• kilo pascal</li><li>• libras por pulgada cuadrada</li></ul>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• grados celsius</li><li>• grados fahrenheit</li><li>• joules</li></ul>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• kilogramo por segundo</li><li>• kilogramo por minuto</li><li>• metros cúbicos por segundo</li><li>• litros por segundo</li></ul>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• metros por segundo</li><li>• kilómetros por hora</li></ul>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• metros cúbicos</li><li>• litros</li></ul>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• kilogramo</li><li>• gramo</li></ul>	

3. En esta actividad, el participante debe señalar el símbolo de la unidad y el nombre de la unidad que corresponde a cada magnitud.

Magnitudes	Símbolo de la unidad	Unidad básica
Longitud: Masa: Tiempo Corriente eléctrica Temperatura		
Fuerza: Presión: Energía: Trabajo: Temperatura: Volumen:		
Potencia: Carga: Frecuencia Potencial: Capacidad:		
Flujo másico: Caudal de flujo: Inductancia:		

**Notas:**

--

Nombre del Instructor	Fecha de la actividad	Firma
Observaciones		

## Actividad N° 7

### Nociones de mantenimiento preventivo de los equipos asociados.

#### Nociones de mantenimiento preventivo de los equipos asociados

##### Descripción de la actividad

El participante, con el apoyo de los contenidos vistos en clases, deberá mencionar cuales son las principales fallas que se presentan en una bomba centrífuga y cómo reconocer cuando un problema en una bomba es por cavitación o corrosión.

##### Desarrollo


El participante deberá contestar a las siguientes preguntas en relación a las fallas de la bomba centrífuga de acuerdo a los contenidos vistos en clases:

#### 1. ¿A qué fenómeno obedecen las siguientes imágenes?



##### Cavitación

¿Cómo se puede saber que está ocurriendo?

	<p><b><u>Corrosión</u></b></p>
---	--------------------------------

2. Los participantes divididos en grupos deberán señalar las posibles causas a los problemas sugeridos, mencionando al menos 3 problemas:

Problema	Causas
No bombea	
Caudal insuficiente	
Presión insuficiente	
La bomba se desceba	
No arranca	
Consumo de energía excesivo	

Pérdida por el sello mecánico	
La bomba vibra o es ruidosa	
La bomba recalienta o engrana	
Salta los fusibles	
Salta el protector térmico	

**Notas:**

Nombre del Instructor	Fecha de la actividad	Firma
Observaciones		



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

