



Cuaderno de Evaluación  
Módulo 2: “Interruptores y  
desconectadores”.  
PFMEI-3-01/V.1[PE01-M02/v.1

Una iniciativa de:



Con la asesoría experta de:



## **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  
Ignacio Rizzo C., 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](http://www.ccm.cl)

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

Este material es propiedad del Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero. 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

Introducción .....	7
Instrumento de Evaluación de Proceso .....	8
Módulo II: Mantenimiento de interruptores y desconectadores .....	9
1. Corriente de cortocircuito.....	10
2. Seccionadores: Cortacircuitos fusibles de alta tensión.....	11
3. Principios básicos de la interrupción de corriente en interruptores de AT .....	12
4. Interruptores de alta tensión .....	13
5. Fluidos aislantes .....	14

## 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.



# **Instrumento de Evaluación de Proceso**

## **Módulo II: Mantenición de interruptores y desconectadores**

## 1. Corriente de cortocircuito

Responda las siguientes preguntas de contenido.

1. Defina, de forma operacional, un cortocircuito.

Es una falla que anula una parte de un circuito eléctrico por donde debe fluir corriente de acuerdo a diseño, teniendo como consecuencia una corriente de grandes magnitudes en relación con la corriente nominal y que circula por una ruta imprevista.

2. Mencione 4 tipos de factores que influyen en la ruptura dieléctrica del material de un equipo eléctrico

Mecánicos, térmicos, ambientales, eléctricos.

3. ¿Cuál es la diferencia entre un cortocircuito franco y uno con resistencia?

El cc franco es metal con metal, directo. El cc con resistencia posee una ruta de fuga no necesariamente metálica, puede ser a través de polvo conductor o materiales degradados que cambian su conductividad.

4. ¿Qué es la parte simétrica de una onda de corriente de cortocircuito?

Es la componente sinusoidal de una corriente de cortocircuito.

5. ¿Qué es la parte asimétrica de la onda de corriente de cortocircuito?

Es la componente de corriente continua de una corriente de cortocircuito.

6. Mencione las etapas en el tiempo de una corriente de cortocircuito.

Subtransitorio, transitorio y permanente.

7. Explique el método de impedancias para calcular la corriente de cortocircuito.

Consiste en sumar las impedancias desde la fuente de voltaje hasta el punto donde se ha establecido el cortocircuito y luego aplicar la ley de ohm fasorialmente para calcular la corriente de cortocircuito. Usando el voltaje de vacío de la fuente. Método aplica a redes en BT.

8. Calcule la corriente de cortocircuito en un sistema monofásico donde el voltaje de fase de la fuente en vacío es de 225V y la impedancia  $Z_{cc} = (2+j1) \Omega$  con  $Z_n=0,5 \Omega$

R: 83,64<sup>a</sup>

9. Calcule la corriente de cortocircuito en un sistema trifásico donde el voltaje de fase de la fuente es de 460V y la impedancia  $Z_{cc} = (6+j2) \Omega$ .

R: 72,78<sup>a</sup>

10. Calcule la corriente de cortocircuito bifásico donde el voltaje de línea de la fuente es de 380V y la impedancia  $Z_{cc} = (2,6+j0, 6) \Omega$ .

R: 41,24<sup>a</sup>

## 2. Seccionadores: Cortacircuitos fusibles de alta tensión

11. ¿Qué es una sobrecarga? Explique la función de los dispositivos de protección.

R: La sobrecarga es un aumento moderado de la corriente más allá de su valor nominal.

12. Indique los elementos estructurales del cortacircuito fusible.

R: Base polimérica, materiales férricos oxidables galvanizados (pernos, sujeciones), cobre estañado en conexiones y terminales.

13. Mencione algunos tipos de seccionadores y explique la función de los cuernos del horn gap switch.

R

- Aislación ( Isolating)
- Seccionador de cuernos (Horn gap)
- Seccionador de carga ( Load-break)
- Desconectador (Disconnect)

14. ¿Cuál es la característica principal de un Load Break Switch?

R: Es capaz de abrir circuitos energizados y con carga.

15. Explique la función de un desconectador.

R: Desconectar circuitos con corrientes bajas y sin cambios apreciables de tensión.

16. Mencione 2 herramientas comunes en el accionamiento manual de seccionadores.

R: Pértiga y detector de voltaje.

17. Según IEC60947-3, mencione 3 especificaciones de los seccionadores.

R: Tensión soportada de impulso, Rigidez dieléctrica, Corriente de empleo.

18. En un fusible, ¿Qué indica su curva  $i/t$ ?

R: Indica el tiempo que permanece continuo el elemento fundente en función de la corriente que circula a través de él.

19. ¿En qué zona de la curva debe operar un fusible en estado sin fallo?

R: Donde la corriente de trabajo es inferior a la corriente convencional de fusión.

20. ¿Para qué se usa la coordinación selectiva de fusibles y cómo se determina gráficamente?

R: Para evitar que una falla ocasione cortes de energía en circuitos aguas arriba y de otras ramas del mismo nivel.

21. ¿Qué es un fusible de expulsión?

R: Es un fusible ventilado en el que el efecto de expulsión de los gases producidos por el arco interno, por su cuenta o con la ayuda de otros mecanismos, provoca la interrupción de la corriente.

22. Mencione desventajas de un cortacircuito fusible respecto de uno automático.

R: Dificultad de protección contra sobrecargas En labores de mantenimiento se puede reemplazar un fusible por otro de calibre superior obteniéndose una falsa protección.

### 3. Principios básicos de la interrupción de corriente en interruptores de AT

23. Explique en qué consisten los esfuerzos mecánicos y ambientales de los interruptores de MT y AT?

- Esfuerzos dieléctricos (voltaje)
- Esfuerzos térmicos (corrientes anormales y corrientes de fallo),
- Esfuerzos electrodinámicos (corrientes de fallo)
- Esfuerzos mecánicos (vibraciones, choque debido a conmutación)
- Esfuerzos ambientales (clima, condiciones del entorno)

24. ¿Es posible teóricamente cortar una corriente instantáneamente?

R: No, siempre existe un retardo por mínimo que éste sea y se produce por la autoinducción en conductores y reactancias en el circuito.

25. ¿Qué es el arco eléctrico y cómo se relaciona con la desconexión de circuitos?

R: Es un efecto lumínico indeseable para la vida útil de los equipos eléctricos y aparece en forma natural al desconectar un circuito como consecuencia del principio de conservación de la energía.

26. ¿Qué influencia en la aparición de arco eléctrico tiene la presencia de inductancia en la red eléctrica?

R: Un arco es más poderoso si mayores son los voltajes involucrados. Al momento de la desconexión, la inductancia en la red y su voltaje proporcional a  $di/dt$ , genera subidas de voltaje que potencian el arco eléctrico.

27. ¿Por qué conviene que la apertura de un circuito sea lo más rápida posible?

R: Para que el arco actúe durante un lapso tan corto como sea posible.

28. ¿Qué es el período de espera?

R: Es el período durante la desconexión en que permanece activo el arco eléctrico entre dos electrodos.

29. ¿Qué es una descarga oscura?

R: Es una descarga con tan poca excitación del medio que no se aprecia el efecto luminoso.

30. ¿Qué es la ruptura dieléctrica de un material?

R: Corresponde a la incapacidad de un material aislante de aislar debido a la producción de un canal de ruptura debido al aumento del voltaje aplicado.

31. Según la Ley de Paschen, ¿qué influencia tiene la distancia entre electrodos en cuanto a ocasionar una descarga?

R: Mientras más alejados están los electrodos, se requiera mayor voltaje para producir un arco en un medio gaseoso.

#### 4. Interruptores de alta tensión

32. ¿Qué indica la curva B de un interruptor?

R: Indica que el interruptor se disparará cortando la corriente cuando ésta tome entre 3,5 a 5 veces el valor nominal.

33. ¿Qué características debe tener la cámara de ruptura?

R: Es el lugar donde se produce la conexión/desconexión y sus características varían según el medio que exista dentro de ella.

34. Explique en qué consiste el aire magnético y para qué se usa en los interruptores

R: Consiste en generar un campo magnético que produzca una curvatura del arco, ayudando a estirarlo y extinguirlo.

35. ¿Para qué se usa el vacío en algunos CB?

R: El vacío, por no haber rutas gaseosas, tiene una gran fortaleza dieléctrica y por tanto se utiliza como parte del diseño de la cámara de ruptura para extinguir el arco.

36. ¿Qué ventajas y desventajas tiene el interruptor bulk oil?

R: Tiene la ventaja de poseer buenas propiedades de extinción de arco, pero es inflamable, contamina y las fugas producen problemas medioambientales.

37. ¿Para qué se usan los reconectores?

R: El reconector es un pequeño interruptor con reconexión automática, instalado preferentemente en líneas de distribución. Es un dispositivo de protección capaz de detectar sobrecorriente, interrumpirla y reconectar automáticamente para re-energizar la línea.

38. ¿Cuál es la característica del SF6 que ayuda en la extinción del arco?

R: Su gran fortaleza dieléctrica y su buena conductividad térmica.

39. En el mantenimiento de interruptores de MT y AT, ¿Qué se consigue al medir resistencia de contacto?

R: Continuidad de la línea dentro del interruptor, detectar presencia de corrosión, de piezas mal fijadas, contactos fundidos o de continuidad intermitente.

40. ¿Qué se sabe del equipo al realizar un test de resistencia de aislación?

R: Que no tiene fugas entre las líneas interrumpidas y tierra, entre los elementos metálicos de sujeción. A su vez permite ver la aislación eléctrica entre líneas de los distintos polos.

41. ¿Qué se puede saber de un interruptor al realizar un test hipot? ¿Cómo se conecta el instrumento?

R: Permite verificar que el equipo no sufrirá ruptura dieléctrica cuando opere a voltajes por sobre el nominal. El instrumento se conecta de manera análoga al procedimiento de resistencia de aislación.

42.67. Explique la función de una rigurosa inspección visual.

R: Detectar presencia de pernos, tuercas deformadas, elementos faltantes, de superficies quemadas o contaminadas, fracturas en materiales estructurales, cambios de color por excesiva temperatura ambiental o de operación, etc.

## 5. Fluidos aislantes

43. ¿Dónde se usan los fluidos aislantes?

R: En equipos eléctricos como transformadores y cámaras de ruptura de interruptores de MT y AT.

44. ¿Qué se garantiza al verificar la rigidez dieléctrica de un aceite?

R: Que el aceite se comportará como un aislante en momentos en que el voltaje nominal del equipo suba hasta cierto nivel por sobre su valor nominal.

45. ¿Qué indica un Tan delta elevado en un fluido aislante?

R: Significa que la resistencia de aislación del aceite ha bajado, indicando la presencia en el líquido de:

- Contaminación
- Deterioro Químico
- Daño por sobrecalentamiento
- Humedad

46. Mencione algunas pruebas físicas realizadas en aceites

R: Color, densidad, peso específico, apariencia visual, tensión interfacial.

47. ¿Qué indica un número de neutralización bajo?

R: Indica buen estado del aceite, baja conductividad eléctrica y baja corrosión.

48. ¿Para qué se usa la cromatografía de gases en equipos eléctricos?

R: Se utiliza para descomponer los gases producidos en el aceite de un equipo eléctrico. Al conocer sus componentes se puede determinar si el aceite debe cambiarse o no.



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

