

GROUND RULES



PROCESAMIENTO
DE MINERALES



PROCESAMIENTO DE MINERALES

EDAD 15 A 18

INTRODUCCIÓN

A medida que crece la demanda de minerales extraídos, todos, desde los estudiantes a los mineros, los gobiernos y las corporaciones mundiales, deben comprender cómo trabajar en conjunto para satisfacer esas necesidades y, al mismo tiempo, proteger el mundo donde vivimos.

Reglas del terreno: Minería adecuada para un futuro sustentable es un documental producido por Caterpillar y Science North. Sigue el desarrollo de minas nuevas y en funcionamiento a medida que geólogos, ingenieros y administradores de minas abordan problemas complejos. La película utiliza las experiencias y los logros de sitios de minas modernos para ilustrar conceptos creativos y principales del desarrollo sostenible y la responsabilidad social.

Science North desarrolló este conjunto de planes de clases encargado por Caterpillar para complementar la película *Reglas del terreno*. Estos planes son una herramienta para que los docentes examinen aún más los temas y conceptos presentados en la película mediante una serie de actividades “interactivas” en el aula. Les presenta a los estudiantes las diversas fases involucradas en la minería, los diferentes tipos de minas, cómo se procesan los minerales, cómo se forman los depósitos de minerales, cómo las minas modernas pueden funcionar de manera segura y sostenible, y por qué los minerales son importantes en nuestra vida cotidiana. Este material también les presenta a los estudiantes una amplia variedad de profesiones mineras.

Los planes de clases se diseñaron para complementar de manera general los objetivos del plan de estudio para Estados Unidos, Canadá y Australia. Sin embargo, los planes de clases no son específicos de una región y los docentes pueden utilizarlos en todo el mundo. Todos los planes de clases tienen un vínculo estrecho con el plan de estudio de ciencias de la tierra, pero muchas de las actividades incorporan vínculos adicionales con matemática, química, administración de datos, trazado, estudios ambientales, electricidad, magnetismo y solución de problemas. Los planes de clases pueden adaptarse fácilmente para lograr los objetivos específicos de los planes de estudio locales.

En cada plan de clase, se encuentra una sección de introducción que proporciona la referencia adecuada por capítulo de la película y describe los conceptos clave de la clase. Luego, se describen una o dos actividades paso por paso. Estas actividades incluyen experimentos, demostraciones, juegos, actividades de construcción y proyectos de investigación. Los planes de clases finalizan con una sección de análisis que proporciona los posibles temas de seguimiento y preguntas para debatir en clase. Cada plan de clase también incluye vínculos con el plan de estudio, una lista de vocabulario, una lista de materiales y un tiempo aproximado para completar cada sección. Se adjuntan hojas de respuesta del docente u hojas de datos, según corresponda.

Los planes de clases están organizados en cinco temas amplios: geología, minería, procesos de minería, procesamiento de minerales, y minerales y la vida cotidiana. Estos planes se subdividen en tres categorías etarias: de 11 a 13 años, de 13 a 15 años y de 15 a 18 años. En muchos casos, se cubren los mismos temas en cada categoría etaria. Sin embargo, los planes de clases para las categorías etarias mayores tienen actividades adicionales, actividades alternativas de acuerdo con la edad o una mayor complejidad.

Tema: procesamiento de minerales

Este tema aborda los diferentes métodos que pueden utilizarse para extraer y purificar los minerales valiosos producto de la extracción de minerales. Los estudiantes realizarán una serie de experimentos para aprender sobre los procesos de aplastamiento, fresado, extracción, lixiviación, flotación y purificación. Los estudiantes más jóvenes también utilizarán el magnetismo para separar los minerales y utilizarán la flotación por espuma para separar el carbón de la arena. Los estudiantes de 15 a 18 años de edad estudiarán los procesos de fabricación del acero, así como también los tipos de equipos pesados utilizados para transportar los minerales a las instalaciones de procesamiento.

Reglas del terreno - Visualización en línea y recursos de aprendizaje

Como se señaló anteriormente, estos planes de clases están diseñados para utilizarse con *Reglas del terreno: Minería adecuada para un futuro sustentable*. Hay varias opciones disponibles para aplicar la película en su clase:

- **Encargue una copia gratuita de Reglas del terreno en DVD**, que contiene las versiones de la película en inglés, español y francés del sitio web de Caterpillar, <http://www.cat.com/groundrules>.
- **Vea la versión completa de la película en línea** disponible en los idiomas inglés, español y francés, y también en inglés con subtítulos en chino, en <http://www.cat.com/groundrules>.
- **Vea los capítulos individuales de la película** en inglés, español y francés, tal como se hace referencia a ellos en los planes de clases individuales, en nuestro canal de You Tube, <http://youtube.com/catgroundrules>.

El conjunto completo de planes de clases está disponible en <http://www.cat.com/groundrules>, donde se publicará información y actividades adicionales a medida que estén disponibles.

Finalmente, siga las *Reglas del terreno* en línea. Comparta sus experiencias de clases, comentarios e ideas con nosotros. Publique las fotos de sus proyectos y cuéntenos sobre sus logros.

Facebook: <http://tinyurl.com/yzhxrva>

Twitter: <http://twitter.com/catgroundrules>



Acerca de Caterpillar

Durante más de 80 años, Caterpillar Inc. ha construido una infraestructura mundial y, en asociación con su red de distribuidores a nivel mundial, impulsa un cambio positivo y sostenible en cada uno de los continentes. Con ventas e ingresos en 2008 de \$51.324 millones, Caterpillar es el líder en tecnología y el mayor fabricante de equipos de construcción y minería, motores diesel y de gas natural, y turbinas de gas industriales. Para obtener más información, visite www.cat.com.



Acerca de Science North

Science North, que abrió sus puertas en 1984 y está ubicada en Gran Sudbury, es la atracción turística más popular de Ontario del Norte y un recurso educativo para niños y adultos en toda la provincia de Ontario, Canadá. El poder de atracción de Science North radica en su enfoque único en el aprendizaje. El centro de ciencia ha adquirido reconocimiento mundial debido a su estilo único de educación científica interactiva y experiencias de entretenimiento que involucran a las personas en la relación entre la ciencia y la vida cotidiana.

Las atracciones de Science North incluyen un centro de ciencia, el teatro IMAX®, la galería de mariposas, el salón especial de exhibiciones, el planetario digital y Dinamic Earth (Tierra Dinámica), un segundo centro de ciencia que les ofrece a los visitantes una mirada más de cerca a la minería y a las fuerzas geológicas que le dan forma a la Tierra continuamente. Las mismas filosofías utilizadas para enseñar ciencias a los visitantes en Science North se incorporan en cada exhibición en la Tierra Dinámica, que abrió por primera vez en 2003. Este centro de minería y geología combina experiencias de superficie y subterráneas que les permiten a los visitantes trabajar y jugar con equipos y tecnologías de minería reales. Este centro también alberga al famoso Gran Níquel de Sudbury.

Como agencia del gobierno provincial de Ontario, Science North está supervisada por el Ministerio de Cultura provincial. Puede obtener más información en <http://sciencenorth.ca>.



EXPERIMENTO SOBRE LA ELECTROOBTENCIÓN

Descripción

Los estudiantes llevarán a cabo un experimento para simular el proceso de electroobtención que se utiliza en el proceso de purificación del cobre. También analizarán los subproductos del procesamiento del cobre.

VOCABULARIO:

1. Electroobtención
2. Electrodeposición
3. Ánodo
4. Cátodo
5. Catión
6. Anión
7. Purificación
8. Electrolito
9. Subproducto

MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Batas de laboratorio, gafas y guantes de seguridad
- Solución de electrodeposición de cobre
- Vaso de precipitado
- Suministro de corriente de 12 VCA
- Arandela
- Espátula de acero inoxidable
- Soporte de madera para arandela y espátula
- 2 abrazaderas cocodrilo para conectar el suministro de corriente
- Vaso de precipitado de 500 mL

Introducción (duración: 30 minutos)

Vea el Capítulo 2 “Minería moderna” de la película *Reglas del terreno*. Este capítulo muestra cómo se extrae y se procesa el cobre en un gran sitio de mina en Chile.

La fuente más común de mineral de cobre es la calcopirita mineral (CuFeS_2). Aproximadamente el 50 % de la producción de cobre mundial proviene de este mineral.

Revise los pasos para el procesamiento de minerales de cobre, según se mencionan en la película: trituración, extracción, concentración, fundición y purificación (electroobtención). Primero, el mineral se tritura en forma de polvo fino a fin de aumentar el área superficial para continuar con el procesamiento. Luego, el cobre se extrae y se concentra por medio del proceso de flotación por espuma en el que el mineral triturado se mezcla con reactivos en un tanque ventilado lleno de agua. Las partículas sulfuradas de cobre hidrofóbicas se adhieren a las burbujas de aire y flotan hasta la superficie, donde forman una espuma que luego se retira (consulte el plan de clases sobre la extracción de cobre para obtener más detalles sobre este proceso). Luego, el concentrado de cobre se funde a altas temperaturas para formar un líquido denominado mata de cobre, que luego se purifica por medio de la remoción de azufre como dióxido de azufre, lo que da como resultado un producto final llamado “cobre blíster”, que es un cobre de aproximadamente 98 a 99 %. Finalmente, en el proceso de purificación, el cobre se refina por medio de un proceso denominado electroobtención. Explique a los estudiantes que, en esta actividad, explorarán el proceso de electroobtención.

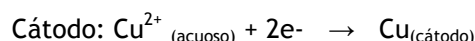
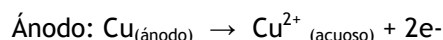
La electroobtención se basa en el proceso de electrodeposición. Pregunte a los estudiantes si saben en qué consiste la electrodeposición. Revise los términos anión, catión, ánodo y cátodo. Explíqueles que la electrodeposición incluye el movimiento de iones con carga positiva (cationes) desde un ánodo a través de una solución salina. Los cationes de la solución salina son atraídos por el cátodo, sobre el cual se depositan en forma de metal.



El proceso de electroobtención para la purificación del cobre:

El cobre blíster se coloca dentro de un horno de ánodos (es decir, un horno que fabrica ánodos) para quemar la mayor parte del oxígeno restante, lo que generalmente se realiza al soplar gas natural a través del óxido de cobre fundido. Los ánodos del horno luego se colocan en una solución acuosa de sulfato de cobre y ácido sulfúrico (solución de electrolito). Los cátodos son láminas finas de cobre puro. Al conectar el cobre a un suministro de corriente, este y otros metales se desprenden del ánodo. Los iones de cobre migran a través de la solución de electrolito y se electrodepositan sobre el cátodo. Las impurezas (como ser plata, oro, selenio y telurio) se asientan en la parte inferior.

Las reacciones químicas en el proceso de electroobtención son las siguientes:



El cobre (del cátodo) es el producto final del procesamiento de cobre. Generalmente se lo prepara en láminas que tienen un espesor de 1 cm, miden aproximadamente 1 metro cuadrado y pesan aproximadamente 200 libras (como se muestra en la película).

Actividad (duración: 30 minutos)

El objetivo de esta actividad es simular el proceso de electroobtención que se utiliza para la purificación del cobre. Esta actividad puede realizarse como una demostración para la clase o en grupos de estudiantes.

1. Póngase la bata de laboratorio, las gafas y los guantes de seguridad.
2. Sujete un extremo de una abrazadera cocodrilo a la espátula (ánodo). Sujete un extremo de otra abrazadera cocodrilo a la arandela (cátodo).
3. Pase la espátula y la arandela por el soporte de madera y colóquelo de manera horizontal sobre el vaso de precipitado (como se muestra a continuación).
4. Llene el vaso de precipitado de manera aproximada con una cantidad de solución de electrodeposición suficiente para cubrir la arandela.
5. Sujete el resto de los extremos de los cables cocodrilo al suministro de corriente. Encienda el suministro (generalmente 3 voltios son suficientes) y observe qué sucede. La electrodeposición del cobre comenzará a producirse en unos pocos segundos.
6. Deje el suministro encendido durante toda la clase y observe la electrodeposición sobre la arandela al final de la clase.

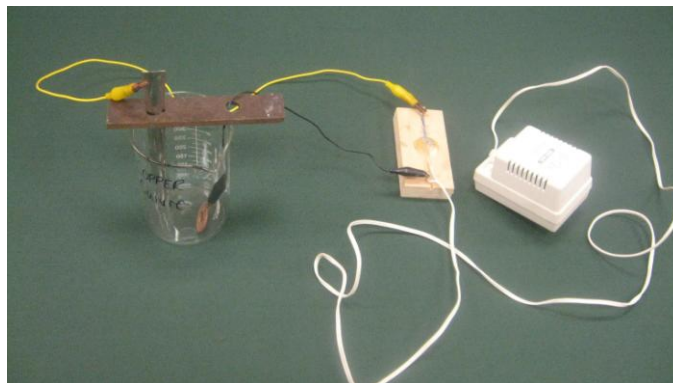


Figura 1: diseño del experimento

Análisis (duración: 30 minutos)

Pida a los estudiantes que expliquen lo que sucedió en el experimento. ¿Cómo demuestra este experimento el proceso de electroobtención utilizado en los procesos de purificación del cobre? ¿Por qué es necesario quitar las impurezas del cobre por medio de este proceso (es decir, porque es insuficiente un cobre con una pureza del 98 a 99 %)?

¿Cuáles son los desperdicios producidos en cada paso del procesamiento del mineral de cobre? Los subproductos de la extracción son los residuos. Los subproductos de la fundición son el gas de dióxido de azufre y la escoria. El subproducto de la electroobtención es el fango anódico que puede incluir una variedad de metales (la plata y el oro son los más valiosos). Los metales valiosos se pueden extraer del fango anódico y formar un producto secundario vendible.

Visite cat.com/groundrules para obtener más información, proporcionar comentarios y ver la película *Reglas del terreno* en línea o solicitar una copia de *Reglas del terreno* en DVD.



EXTRACCIÓN DE COBRE DE MINERALES SULFURADOS

Descripción

Los estudiantes extraerán cobre de minerales sulfurados al simular los procesos de trituración, fresado y flotación. En la segunda actividad, investigarán los pasos restantes en la producción de cobre (fundición y electroobtención).

VOCABULARIO:

1. Trituración
2. Fresado
3. Flotación por espuma
4. Minerales sulfurados
5. Cobre
6. Pulpa
7. Hidrofóbico
8. Hidrofílico
9. Surfactante
10. Residuos
11. Roca estéril

MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Martillo
- Recipiente grande
- Medias viejas
- Gafas de seguridad
- Mineral sulfurado
- Recipiente de plástico (tamaño de una caja de zapatos), agua
- 4 vasos de plástico (8 oz), frasco de plástico con tapa
- Granalla de acero (1/2 - 1 cm; 1/4 - 3/8")
- Criba de malla de alambre (1/2 cm; 1/4")
- Botella pequeña de jabón líquido para baño de burbujas
- 2 fichas, laminadas
- Sorbetes, cucharitas, papel de cocina
- Libros de consulta o acceso a Internet

Introducción (duración: 15 minutos)

Vea el Capítulo 2 “Minería moderna” de la película *Reglas del terreno*. Este capítulo muestra cómo se extrae y se procesa el cobre en un gran sitio de mina en Chile.

La fuente más común de mineral de cobre es la calcopirita mineral (CuFeS_2). Aproximadamente el 50 % del cobre se produce a partir de la calcopirita.

Haga circular un pedazo de mineral sulfurado. Cuente a la clase que hay cobre en el mineral. Pregunte a los estudiantes cómo consideran que podrían liberar las partículas de cobre del mineral. Analice el proceso de trituración utilizado en minería para extraer minerales valiosos de la roca estéril. El proceso de trituración incluye partir el mineral en pedazos pequeños (de hasta 20 cm u 8" de diámetro) de manera que se lo pueda manipular de manera eficaz en la próxima fase de procesamiento de minerales: fresado.

Pregunte a la clase si conocen qué sucede en el proceso de fresado. El proceso de fresado rompe los pedazos de mineral en partículas finas. En el proceso de fresado, se coloca líquido y el mineral triturado en grandes tambores rotatorios llamados fresadoras. Existe una gran variedad de fresadoras. Comúnmente, se añaden varillas o bolas de acero a estas. ¿Por qué? El acero choca con el mineral y ayuda a romperlo en pedazos más pequeños. Al final del proceso de fresado, se produce una pulpa de partículas finas y agua. En el paso final del proceso de fresado, se añaden productos químicos a la pulpa para preparar los minerales de cobre para la separación de la roca en polvo.



Pregunte a la clase cómo consideran que se podría separar el cobre del resto de la pulpa. En la próxima fase de procesamiento de minerales, los minerales de cobre se pueden quitar por medio de la flotación. Se añaden a la pulpa una sustancia similar a un detergente denominada espumante y agentes químicos llamados colectores. Los colectores se adhieren únicamente a los minerales de cobre, no al resto de las partículas de roca. Cuando el aire pasa a través de la pulpa, la mezcla se adhiere a las burbujas de aire y flota hasta la superficie del líquido. El cobre termina en la espuma que flota en la superficie del tanque y luego se retira de la parte superior. La sustancia que se retira se denomina “concentrado de cobre”. Este concentrado atraviesa un proceso de limpieza, deshidratado, filtrado, secado y fundición.

Explique que los estudiantes llevarán a cabo un experimento para simular los procesos de trituración, fresado y flotación por espuma.



Figura 1: tanque de flotación por espuma

Actividad I (duración: 45 minutos)

El objetivo de esta actividad es extraer cobre de un mineral sulfurado al simular los procesos de trituración, fresado y flotación.

Divida la clase en grupos de 3 estudiantes.

Paso 1: proceso de trituración

1. Colóquese gafas de seguridad para proteger sus ojos en caso de que vuelen pedacitos de roca. Déjeselas puestas en todo momento durante esta actividad.
2. Coloque algunos pedazos de mineral sulfurado dentro de una media vieja.
3. Coloque la media que contiene los pedazos de mineral sulfurado sobre una superficie plana y dura.
4. Utilice un martillo para triturar el mineral sulfurado en pedazos del tamaño de una moneda y más pequeños.
5. Coloque todos los pedazos de mineral que sean del tamaño de una moneda o más pequeños en el recipiente grande.
6. Responda la pregunta de la hoja de datos de la sección “Proceso de trituración”.

Paso 2: proceso de fresado

1. Con un marcador, etiquete tres vasos de plástico de 8 oz con los números 1, 2 y 3.
2. Llene aproximadamente 1/3 del frasco con mineral sulfurado triturado y granalla de acero. Guarde algunos pedazos de mineral y granalla de acero aparte.
3. Añada agua al frasco hasta que el mineral y la granalla queden sumergidos a aproximadamente 1 cm. Enrosque bien la tapa en el frasco.
4. Envuelva el frasco con papel de cocina y agítelo durante 2 minutos.
5. Coloque la criba de malla de alambre sobre el recipiente del tamaño de una caja de zapatos. Vierta la mezcla del frasco sobre la criba.
6. Vierta el líquido del recipiente del tamaño de una caja de zapatos en el vaso de plástico de 8 oz que tenga el número “1”. Revise para asegurarse de que todo el material fino haya quedado fuera del recipiente. Observe el mineral, la granalla de acero y el agua. Compare el mineral y la granalla de acero con los pedazos que guardó aparte y registre las observaciones en la tabla de datos en el espacio que tiene la etiqueta “Experimento 1”.
7. Vuelva a colocar los pedazos de mineral de gran tamaño en el frasco y repita los pasos 3 a 6 dos veces más. Vierta la pulpa de los experimentos 2 y 3 en los vasos de plástico etiquetados con los números “2” y “3”, respectivamente.
8. Después de cada experimento, compare la granalla de acero reservada, el mineral y el agua de cada vaso. En la tabla de datos de la sección del proceso de fresado de la hoja de datos, registre cualquier cambio perceptible en el tamaño y la forma del mineral y la granalla de acero, como así también cualquier cambio en el agua.
9. Reserve los tres vasos con pulpa para el proceso de flotación.
10. Separe los pedazos grandes restantes de mineral de la granalla de acero. Coloque ambos materiales sobre un papel de cocina para que se sequen.
11. Cuando todos los materiales estén secos, vuelva a colocarlos en los recipientes originales.
12. Limpie el frasco y el contenedor del tamaño de una caja de zapatos y tenga cuidado de no arrojar la pulpa restante por el resumidero.
13. Responda las preguntas de la sección “Proceso de fresado” que se encuentran en la hoja de datos.

Paso 3: proceso de flotación

1. Cada grupo debe designar a un estudiante como el “registrador”, quien anotará las observaciones del grupo, y a dos estudiantes como los “experimentadores”, que llevarán a cabo el experimento.
2. Reserve el vaso con pulpa “1” proveniente del proceso de fresado para la observación.
3. Añada 4 a 6 cucharaditas de jabón líquido para baño de burbujas en el vaso con pulpa “2” y revuelva el contenido.
4. Coloque un sorbete en cada uno de los vasos con pulpa “2” y “3”. Los dos experimentadores de cada grupo deben soplar de manera suave pero constante durante 30 segundos.

5. Utilice las fichas para raspar las burbujas de la parte superior de la pulpa en cada vaso y colocarlas sobre papeles de cocina por separado para que se sequen. Etiquete las burbujas depositadas como “Experimento 1”.
6. El registrador de cada grupo debe registrar las observaciones del grupo para el “Experimento 1” en la hoja de datos mientras los experimentadores proceden inmediatamente con el paso 7. No deje “reposar” los vasos entre cada experimento.
7. Los experimentadores deben comenzar con el “Experimento 2” al repetir los pasos 4 a 6. Luego repita nuevamente los pasos para el “Experimento 3” y “Experimento 4”. Después de cada experimento, el registrador debe anotar las observaciones del grupo en la hoja de datos.
8. Para desechar las pulpas, colóquelas en un cesto de basura revestido con una bolsa de plástico resistente. No vierta la pulpa en el resumidero.
9. Responda las preguntas de la sección “Proceso de flotación” que se encuentra en la hoja de datos.

Actividad II (duración: 30 minutos)

El objetivo de esta actividad es investigar los pasos restantes del procesamiento de mineral de cobre. Los estudiantes pueden trabajar en pares o de forma individual.

1. Con los libros de consulta o mediante el acceso a Internet (como así también la información del Capítulo 2 de la película *Reglas del terreno*), determine los pasos restantes del procesamiento de mineral de cobre. Responda las siguientes preguntas:
 - a. ¿Cuál es la pureza del cobre después del proceso de flotación (% de cobre)?
 - b. ¿Cuál es el siguiente paso del procesamiento de mineral de cobre? Describa brevemente este proceso. ¿Cuál es la pureza del cobre después de este paso?
 - c. ¿Cuál es el paso final del procesamiento de mineral de cobre para obtener cobre puro? Describa brevemente este proceso.
 - d. ¿Cómo se empaqueta comúnmente el cobre para su distribución?
 - e. ¿Cuáles son algunos de los usos comunes del cobre?

Análisis (duración: 30 minutos)

Actividad I:

Revise las observaciones hechas por cada uno de los grupos y las respuestas a las preguntas de la hoja de datos.

¿Qué sucede con los fragmentos de roca restantes que quedaron detrás de la parte inferior del tanque de flotación? Esta mezcla, conocida como residuos, comúnmente se bombea a una represa de decantación de residuos donde se quita y se recicla el agua para que vuelva al proceso de flotación. La roca estéril restante se debe apilar y finalmente incorporar al paisaje recuperado después de que finalicen las operaciones mineras.

Revise el proceso de flotación por espuma en más detalle. ¿Por qué se recolectan las partículas de cobre en las burbujas? ¿Por qué el agregado de jabón ayuda a separar las partículas de cobre? ¿Cuál es el objetivo del aire? Revise los términos hidrofóbico e hidrofílico. El jabón es un surfactante que tiene un fin hidrofóbico y un fin hidrofílico. En los procesos de flotación de cobre reales, se añade un surfactante específico que se une al cobre y lo hace hidrofóbico. El resto de la solución sigue siendo hidrofílica. Las partículas de mineral hidrofóbicas se adhieren entonces a las burbujas de aire y flotan hasta la superficie.

Actividad II:

Analice brevemente los siguientes pasos para el procesamiento del cobre. Después de la flotación, el concentrado de cobre contiene solo un 20 al 40 % de cobre puro. El siguiente paso en el proceso es convertir la concentración de cobre a un cobre con una pureza del 99 %. Esto se logra en el proceso de fundición donde se utilizan temperaturas altas para tostar el concentrado, fundirlo en un horno y oxidarlo, y reducir el material fundido para quitar de manera progresiva los elementos no deseados, como por ejemplo el azufre, el hierro, el silicio y el oxígeno. El cobre relativamente puro (99 %) se deja aparte. El paso final del proceso se denomina refinación electrolítica o electroobtención. En este proceso, se purifica el cobre a través de la electrólisis. Se pasa una corriente eléctrica a través del material que separa los iones de cobre de las impurezas. Como muestra la película, se prepara el cobre en láminas cuadradas y luego se las ata para su distribución. El cobre se utiliza más comúnmente en la fabricación de cableados eléctricos, monedas y tuberías.

Visite cat.com/groundrules para obtener más información, proporcionar comentarios y ver la película *Reglas del terreno* en línea o solicitar una copia de *Reglas del terreno* en DVD.

© 2009 Caterpillar Inc.

Hoja de datos para la extracción de cobre de un mineral sulfurado

Proceso de trituración:

¿Fue fácil o difícil triturar el mineral sulfurado en pedazos pequeños?

Proceso de fresado:

Experimento	Cambios en el mineral sulfurado	Cambios en la granalla de acero	Cambios en el agua
1			
2			
3			

¿Qué representa el frasco?

¿Cuál es el objetivo de la granalla de acero?

¿Cuál es el objetivo de la criba?

¿Por qué es necesario el proceso de fresado?

Proceso de flotación:

Registre el comportamiento de cada vaso con pulpa después de cada experimento en la siguiente tabla:

Experimento	Vaso con pulpa 1 (solo pulpa; patrón de comparación)	Vaso con pulpa 2 (pulpa con aire y jabón líquido de burbujas)	Vaso con pulpa 3 (pulpa con aire)
1			
2			
3			
4			

¿Qué se observó al recolectar las burbujas?

¿Cuál fue el objetivo de inyectar aire en los vasos de pulpa? ¿Qué le sucedió al mineral en los vasos donde se añadió aire? ¿Por qué?

¿Hubo alguna diferencia en lo que se recolectó en las burbujas de los vasos de pulpa 2 y 3?

¿Se recolectó todo el cobre presente en la pulpa después de los 4 experimentos? ¿Este cobre es “puro”?



LIXIVIACIÓN PARA SEPARAR METALES DE UN MINERAL

Descripción

Los estudiantes llevarán a cabo un experimento de lixiviación para extraer cobre de un mineral de cobre. También experimentarán con materiales que contengan hierro y cinc y con otros solventes.

VOCABULARIO:

1. Mineral
2. Ión
3. Lixiviación
4. Solución
5. Solvente
6. Hidrometalurgia
7. Ácido
8. Precipitación

MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Mineral de cobre finamente triturado
- Taza o vaso de precipitado Pyrex de 100 mL
- Cuchara de plástico
- ½ taza de vinagre blanco
- Placa calentadora
- Cacerola
- Lámina o cable de aluminio
- Clavo de acero
- Clavo cincado
- Cable de cobre
- Solución de ácido sulfúrico débil
- Gafas de seguridad

Introducción (duración: 20 minutos)

Vea el Capítulo 2 “Minería moderna” de la película *Reglas del terreno*. Este capítulo muestra cómo se extrae y se procesa el cobre en un gran sitio de mina en Chile.

Pida a los estudiantes que definan la lixiviación y que expliquen cómo se podría utilizar para procesar minerales.

La lixiviación es un método que se puede utilizar para separar algunos metales del mineral en el que se encuentran. La extracción de los metales por medio del uso de soluciones químicas se denomina hidrometalurgia. La lixiviación es un ejemplo común de la hidrometalurgia.

La lixiviación se utiliza aproximadamente en el 15 % de la producción de cobre mundial. La mayoría de estas operaciones se lleva a cabo en Chile, Arizona y Australia.

La lixiviación utiliza un solvente químico para disolver o separar (lixiviar) el metal del mineral y formar una solución desde la que se pueda recolectar el metal. El mineral se apila en una superficie llamada “pila de lixiviación” y luego se lo rocía con el producto químico para que se disuelva y se drene. La solución concentrada luego puede procesarse para recuperar el metal deseado. El ácido sulfúrico, por ejemplo, se utiliza generalmente para lixiviar mineral de uranio, cobre y cinc. Se utiliza una solución acuosa de sodio o cianuro de potasio para lixiviar algunos minerales de oro y plata.



Actividad I (duración: 20 minutos, más seguimiento)

El objetivo de esta actividad es disolver iones de cobre y extraerlos de la solución en un cable de aluminio.

Preparación del docente:

1. Caliente el vinagre en una cacerola sobre la placa calentadora hasta que hierva. Esto debe realizarse en una campana de extracción antes de la actividad.

Actividad:

1. Colóquese las gafas de seguridad para evitar que las salpicaduras de la solución de vinagre entren a los ojos. Se recomienda que realice esta actividad en una campana de extracción.
2. Vierta aproximadamente 50 mL de vinagre caliente en la taza o vaso de precipitado Pyrex. Esta es la solución de lixiviación. Observe el color de la solución.
3. Añada una cucharada de mineral de cobre triturado en el recipiente Pyrex (lo suficiente para cubrir la parte inferior).
4. Observe el color de la solución de lixiviación después de añadir el mineral. ¿Qué sucede?
5. Añada un pedazo de lámina o cable de aluminio (3 a 4" de largo) con parte del cable en la solución y parte colgando por el borde del vaso de precipitado.
6. Añada un pedazo de cable de cobre como patrón de comparación para demostrar qué sucede con los materiales que contienen cobre en la reacción.
7. Después de unos minutos, quite el aluminio de la solución. ¿Comenzó a cambiar de color la parte que estaba dentro de la solución? Si es así, ¿por qué?
8. Reemplace el aluminio en la solución y revíselo después de 30 minutos. ¿Se ha producido algún cambio de color? ¿Qué sucede?
9. Deje los materiales en la solución durante unos días y realice observaciones diarias.

Actividad II (duración: 20 minutos, más seguimiento)

Los objetivos de esta actividad son observar qué sucede con el mineral de cobre en una solución de ácido sulfúrico y observar qué sucede con los materiales que contienen hierro y cinc cuando se los coloca en una solución de lixiviación.

Actividad:

1. Colóquese las gafas de seguridad para evitar que las salpicaduras de la solución de ácido entren a los ojos. Preferentemente, realice esta actividad en una campana de extracción.
2. Repita la actividad I con una solución de ácido sulfúrico débil como solvente de lixiviación. ¿Cómo se comparan los resultados con la actividad I?
3. Prepare otros dos vasos de precipitado con 50 mL de vinagre caliente o solución de ácido sulfúrico.
4. Coloque un clavo de acero en un vaso de precipitado y un clavo cincado en el otro vaso. ¿Qué sucede?
5. Deje los materiales en la solución durante unos días y realice observaciones diarias.

Análisis (duración: 30 minutos)

Actividad I:

Pida a los estudiantes que expliquen lo que sucede en el vaso de precipitado. ¿De qué está compuesto el vinagre? El vinagre es una solución débil de ácido acético en agua. ¿Qué efecto tiene el vinagre sobre el mineral de cobre? ¿Qué forma tiene el cobre cuando está en solución? Analice el término “ión”.

¿De qué color es la solución? Los iones de acetato de cobre tienen un color verde azulado. ¿Cómo cambia la solución en el tiempo?

¿Por qué se añadió el cable de aluminio en el vaso de precipitado? ¿Cambió de color el cable de aluminio? ¿Por qué? Algunos de los iones de cobre de la solución se precipitaron sobre el cable de aluminio.

¿Por qué el aluminio no se lixivió del cable? Cuando el aluminio está expuesto al oxígeno, forma una capa fina de óxido de aluminio en su superficie que es relativamente resistente a los efectos corrosivos del ácido acético.

Actividad II:

¿Qué sucedió con el clavo de acero (que contiene hierro) y el clavo cincado? El ácido acético o el ácido sulfúrico corroen fácilmente el hierro y el cinc. La lixiviación también puede utilizarse para extraer hierro y cinc del mineral.

¿Qué le sucedió al mineral de cobre en la solución de ácido sulfúrico? ¿Cómo se comparan los resultados con la solución de vinagre? ¿Qué solución fue más eficaz para la lixiviación del mineral de cobre?

Visite cat.com/groundrules para obtener más información, proporcionar comentarios y ver la película *Reglas del terreno* en línea o solicitar una copia de *Reglas del terreno* en DVD.



FABRICACIÓN DEL ACERO Y DE LAS ALEACIONES DE ACERO

Descripción

Los estudiantes explorarán el proceso de producción de acero a partir de minerales de hierro. Aprenderán sobre las aleaciones de metal y cómo estas se utilizan para fabricar acero inoxidable. También aprenderán cómo reciclar el acero.

VOCABULARIO:

1. Mineral de hierro
2. Níquel
3. Cromo
4. Titanio
5. Silicio
6. Aleación
7. Resistencia a la corrosión
8. Lingote
9. Dúctil
10. Arrabio bruto
11. Alto horno

MATERIALES:

- Libros de consulta o acceso a Internet
- Variedad de objetos de acero

Introducción (duración: 15 minutos)

Pregunte a los estudiantes si saben qué es una aleación y pídales que den un ejemplo de una aleación. Una aleación es una mezcla de dos o más metales o elementos. Algunos ejemplos incluyen el latón, que es una aleación de cobre y cinc, y el bronce, que es una aleación de cobre y estaño.

El acero también es una aleación. ¿Cuál es el metal más común que se utiliza en el acero? El hierro.

Haga circular algunos objetos fabricados con distintos tipos de acero. Pregunte a los estudiantes qué diferencia existe entre los tipos de acero utilizados para fabricar esos objetos.

Explíqueles que la aleación de acero básica incluye hierro y carbono. Los aceros se clasifican según la cantidad de carbono que contienen. Cuanto mayor cantidad de carbono tenga el acero, más duro y duradero será. Los aceros dulces (los aceros de menor duración) contienen hasta un 0,25 % de carbono. Los aceros intermedios contienen entre el 0,25 y 0,45 % de carbono y los aceros de alto contenido de carbono contienen hasta el 1,5 % de carbono.

Se puede añadir una variedad de otros metales a la aleación de acero básica para obtener tipos de acero específicos. Pregunte a los estudiantes si saben qué metales se añaden para fabricar acero inoxidable (níquel y cromo).



Actividad (duración: 45 minutos)

Los objetivos de esta actividad son aprender cómo se procesa el mineral de hierro para obtener acero, aprender sobre diferentes aleaciones de acero y aprender cómo se recicla el acero.

1. Con los libros de consulta o mediante el acceso a Internet, investigue cómo se procesa el mineral de hierro en acero. Responda las siguientes preguntas:
 - a. ¿Con qué nombre se conoce el mineral de hierro impuro que se utiliza en la industria de producción de acero?
 - b. ¿Qué es un lingote?
 - c. ¿Cómo se funden los lingotes de mineral de hierro?
 - d. ¿Qué tipo de horno se utiliza para fundir el mineral de hierro?
 - e. ¿Cómo se quitan las impurezas del mineral de hierro?
 - f. Nombre tres elementos que se puedan añadir al acero y las propiedades que estos metales le ofrecen al acero.
 - g. Nombre cinco usos del acero. ¿Qué tipo de acero se usa para cada uno?
 - h. ¿Cómo se convierte el acero en láminas?
 - i. ¿Cómo se pueden utilizar los metales chatarra en la producción de acero?
 - j. ¿Cómo se puede reciclar el acero para obtener acero nuevo?
 - k. ¿Qué porcentaje de acero se fabrica con metal reciclado en su país?
 - l. ¿Se podría considerar el acero como un recurso renovable? Explique las razones.

Análisis (duración: 30 minutos)

Analice el proceso de fabricación de acero a partir del mineral de hierro. Explique que el arrabio bruto, una forma impura del mineral de hierro, se usa para fabricar acero. Un lingote es un metal fundido con una forma específica y adecuada para continuar su procesamiento. Los lingotes de hierro se funden en un alto horno. Se puede añadir chatarra o hierro reciclado en este paso para fundirlos con el arrabio bruto.

Se añaden pedacitos de caliza muy pequeños en el alto horno para quitar las impurezas. Las impurezas ácidas se unen a la caliza y flotan hasta la parte superior del alto horno. Luego se las retira de la parte superior del hierro fundido. Se introduce oxígeno en el horno para ayudar a quitar las impurezas.

El níquel y el cromo se pueden añadir para crear acero inoxidable. La mayoría de los aceros inoxidables contienen aproximadamente el 18 % de cromo y el 8 % de níquel. El níquel aumenta la naturaleza dúctil del acero, mientras que el cromo ofrece resistencia a la corrosión.

El titanio también se puede añadir al acero para aumentar la resistencia del acero. Este tipo de acero se utiliza para fabricar aviones y naves espaciales. El silicio se puede añadir al acero para hacerlo más suave y más maleable, y para aumentar la resistividad y la permeabilidad. Los aceros de silicio se utilizan en transformadores, generadores, motores, etc.

El reciclado es un componente integral de la industria de producción de acero. El hierro chatarra se puede añadir al alto horno y fundir de la misma manera que el arrabio bruto. Además, el acero se puede reciclar para obtener acero nuevo simplemente si se lo funde y se le vuelve a dar forma de láminas. El acero es uno de los materiales que más se reciclan en el mundo. La tasa de reciclado del acero es comúnmente bastante alta (>50 % en la mayoría de los países industrializados).

Analice las ideas de los estudiantes con respecto a si el acero es un recurso renovable. ¿Qué es un recurso renovable? Un recurso renovable es aquel que se puede reponer a una velocidad similar o superior a la de consumo. ¿Esto es así en el caso del acero? Algunas personas piensan que, debido a que el acero se puede reciclar en acero nuevo indefinidamente, se lo puede considerar un recurso renovable. Sin embargo, si el consumo de acero supera la velocidad a la que este se recicla, entonces el proceso de producción de acero continúa utilizando materias primas recogidas de la tierra, las cuales no son renovables.

Visite cat.com/groundrules para obtener más información, proporcionar comentarios y ver la película *Reglas del terreno* en línea o solicitar una copia de *Reglas del terreno* en DVD.



EQUIPOS DE MINERÍA

Descripción

Los estudiantes explorarán los distintos tipos de equipos utilizados en los sitios de mina para cargar y acarrear el mineral hasta las instalaciones de procesamiento, como por ejemplo tractores, cargadores, dragalinas y vehículos a control remoto.

VOCABULARIO:

1. Cargador
2. Excavadora
3. Dragalina
4. Camión de acarreo
5. Rueda de paletas
6. Vehículos a control remoto
7. Seguridad

MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Libros de consulta o acceso a Internet

Introducción (duración: 30 minutos)

Vea el Capítulo 2 “Minería moderna”, el Capítulo 5 “Bajo tierra” y el Capítulo 8 “Reclamación” (Recuperación) de la película *Reglas del terreno*. El Capítulo 2 muestra camiones de acarreo y dragalinas que se utilizan para cargar y acarrear mineral de cobre en una mina a cielo abierto en Chile. El Capítulo 5 muestra algunos de los equipos que se utilizan en una mina subterránea en Canadá. Algunos de estos equipos son a control remoto para garantizar la seguridad del trabajador (cargadores a control remoto). El Capítulo 8 muestra una dragalina en uso en la mina Black Thunder en Estados Unidos. La dragalina se utiliza para extraer el carbón de la mina y apilarlo para su acarreo.

Analice la importancia de los equipos pesados para la industria minera. La seguridad es uno de los aspectos más importantes que se tienen en cuenta en el diseño de los equipos modernos para minería. Como se muestra en la película, los operadores de los equipos reciben capacitación en seguridad y salud, y deben seguir protocolos de seguridad y salud estrictos mientras operan los equipos pesados en un sitio de mina. Los equipos se deben inspeccionar continuamente para garantizar que funcionen de manera adecuada y segura.

Revise los conceptos de máquinas simples y complejas, y ventaja mecánica. Explique que se puede medir la eficacia de una máquina al calcular la ventaja mecánica. La ventaja mecánica se puede utilizar para determinar en qué grado el trabajo se vuelve más fácil con la ayuda de la máquina. La ventaja mecánica es igual a la cantidad de veces que una máquina multiplica el esfuerzo que usted realiza (o la fuerza).



Para calcular la ventaja mecánica, divida la carga por la fuerza de la siguiente manera:

$$\text{Ventaja mecánica} = \frac{\text{Carga}}{\text{Fuerza}}$$

Dé un ejemplo en el pizarrón: si una roca pesa 100 lb (carga) y creamos una máquina simple que requiere que usemos 50 lb de nuestra fuerza para levantar la roca, entonces la ventaja mecánica de nuestra máquina sería 2 (es decir, $100/50 = 2$). En otras palabras, la máquina simple multiplicó nuestro esfuerzo por 2. Nos permitió realizar el trabajo con la mitad del esfuerzo que hubiera sido necesario para realizar el trabajo sin la máquina.

A medida que la ventaja mecánica aumenta, la máquina se vuelve más eficaz y el minero realiza menos esfuerzo. Esto permite realizar una mayor cantidad de trabajo. Los ingenieros pueden usar la fórmula de ventaja mecánica para realizar modificaciones a las máquinas existentes a fin de mejorar aún más la eficacia.

Actividad (duración: 60 minutos)

El objetivo de esta actividad es aprender sobre los equipos utilizados para cargar y acarrear mineral en los sitios de mina. Esta actividad puede realizarse de manera individual o grupal.

1. Cada estudiante o grupo de estudiantes deben seleccionar un tipo de equipo de minería utilizado para cargar o acarrear mineral. Si es posible, cada uno debe seleccionar un tipo diferente de equipo de minería.
2. Prepare un informe de investigación sobre este equipo al responder las siguientes preguntas:
 - a. ¿Cuál es el objetivo de este equipo? ¿Qué actividades realiza en un sitio de mina?
 - b. ¿En qué tipo de mina se utilizaría este equipo (mina a cielo abierto, mina subterránea)?
 - c. ¿Cuáles son los posibles problemas de seguridad relacionados con el uso de este equipo en un sitio de mina? ¿Qué aspectos de este equipo aumentan la seguridad de su operación?
 - d. ¿Qué tamaño tiene este equipo? ¿Qué peso de carga puede levantar o acarrear?
 - e. Describa brevemente cómo funciona el equipo.
 - f. ¿Qué tipos de máquinas simples se utilizan en esta máquina compleja?
 - g. ¿De qué manera este equipo aumenta la ventaja mecánica?

Análisis (duración: 30 minutos)

Haga que los estudiantes presenten sus conclusiones al resto de la clase. Analice la importancia de estos equipos para el funcionamiento de los sitios de mina. ¿Cuáles son los problemas de seguridad relacionados con el uso de este equipo? ¿Qué medidas se pueden tomar para mejorar la operación segura de los equipos de minería?

Visite cat.com/groundrules para obtener más información, proporcionar comentarios y ver la película *Reglas del terreno* en línea o solicitar una copia de *Reglas del terreno* en DVD.