

Minería adecuada para un futuro sustentable

# GROUND RULES



Planes de Clases

EDAD 11 A 18

**CATERPILLAR®**

# 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 1: geología

Este tema aborda los conceptos clave de geología que son relevantes en minería. Los estudiantes más jóvenes aprenderán cómo identificar algunos de los minerales más comunes mediante el uso de cinco propiedades. Los estudiantes mayores aprenderán propiedades adicionales de identificación de minerales y cómo utilizar las pruebas de minerales para distinguir entre muestras similares. Los estudiantes más jóvenes aprenderán cómo el proceso de erosión mueve el suelo y la roca, y expone minerales valiosos en los depósitos subyacentes, como el oro o los diamantes. Todos los estudiantes explorarán la estratificación y las estructuras geológicas en la clase de tectónica con plastilina, con una mayor complejidad según cada grupo etario. Los estudiantes descubrirán cómo se forman las rocas sedimentarias y harán sus propias muestras de arenisca, conglomerado y piedra caliza. Los estudiantes mayores también estudiarán la porosidad del suelo, y crearán y medirán el crecimiento de cristales. Los estudiantes de 15 a 18 años de edad explorarán los procesos involucrados en el reciclaje de rocas.

## Tema 2: minería

Este tema les enseña a los estudiantes sobre la minería a cielo abierto y subterránea, incluidas las consideraciones sobre la seguridad y el medio ambiente. También les presenta a los estudiantes una amplia gama de profesiones mineras. Los estudiantes construirán modelos de minas a cielo abierto y subterráneas, con mayor complejidad según cada categoría etaria. Los estudiantes de 15 a 18 años de edad, se basarán en estos conceptos para diseñar una mina basada en un diagrama transversal de un cuerpo mineral hipotético. Los estudiantes más jóvenes explorarán los posibles peligros relacionados con la seguridad en las minas, aprenderán a identificar los peligros relacionados con la seguridad y aprenderán también sobre los métodos utilizados por las empresas mineras para mantener seguros a sus trabajadores. Todos los grupos etarios aprenderán sobre la monitorización ambiental de las masas de agua en las minas y evaluarán hasta cuatro parámetros diferentes de calidad del agua mediante actividades áulicas y de campo de acuerdo con la edad.

### Tema 3: procesos de minería

Este tema aborda los procesos involucrados en la minería, desde la exploración y el desarrollo del sitio hasta la recuperación. El plan de clases principal es un juego en el que los estudiantes explorarán las diversas fases involucradas en el desarrollo de una mina y los aspectos económicos de estas fases. A través de este juego, los estudiantes comprenderán los procesos de toma de decisiones involucrados al determinar si un cuerpo mineral puede extraerse de manera rentable. La complejidad del juego aumenta según la categoría etaria. El misterio del cuerpo mineral es un juego de exploración en el que los estudiantes recolectan muestras básicas de plastilina, analizan su contenido mineral y trazan la extensión de un cuerpo mineral. Los estudiantes más jóvenes investigan el concepto de ventaja mecánica al observar las herramientas simples de minería, así como también los conceptos de masa, volumen, densidad y gravedad específica en relación con el cribado de oro. En la actividad de recuperación, los estudiantes experimentarán con plantas en crecimiento en paisajes recuperados. Los estudiantes de 15 a 18 años de edad desarrollarán un plan de cierre y recuperación para una mina hipotética y tomarán decisiones respecto de los retos de ingeniería, los impactos ambientales y las repercusiones sociales involucradas en el desarrollo de una mina.

### Tema 4: 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.

## Tema 5: minerales y la vida cotidiana

Este tema les muestra a los estudiantes la importancia de los minerales en su vida cotidiana. También examina algunas de las propiedades de los minerales que los hacen útiles. Los estudiantes más jóvenes investigarán los minerales presentes en los alimentos, el dentífrico y diferentes objetos en su hogar y en la escuela. Identificarán los recursos utilizados para fabricar un lápiz, si estos recursos fueron extraídos o cultivados, y cuántos países se necesitan para fabricar un lápiz. Explorarán las propiedades del cobre al construir una linterna con alambre de cobre. Los estudiantes mayores investigarán los minerales y metales utilizados para fabricar diversos componentes de una computadora. Determinarán por qué estos recursos extraídos son útiles para las computadoras y extrapolarán sus hallazgos a otros dispositivos electrónicos. Tendrán un diario de los elementos y minerales asociados que utilicen en un día para determinar su “consumo de minerales” diario. Los estudiantes de 15 a 18 años de edad explorarán los beneficios e impactos del carbón. Investigarán las nuevas tecnologías de captura de metano, la gasificación del líquido y la captura o retención de carbono, que están diseñados para reducir los gases de efecto invernadero generados por la combustión de carbón.

### *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/yzhxrv>

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](http://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>.

# ÍNDICE

## Introducción

## Geología

### Planes de clases para edades de 11 a 13

- Demostración de erosión
- Elaboración de arenisca, conglomerado y caliza
- Identificación de minerales
- Tectónica con plastilina
- Formación de rocas sedimentarias

### Planes de clases para edades de 13 a 15

- Formación de cristales a partir de minerales
- Elaboración de arenisca, conglomerado y caliza
- Identificación de minerales
- Tectónica con plastilina
- Formación de rocas sedimentarias

### Planes de clases para edades de 15 a 18

- Formación de cristales a partir de minerales
- Elaboración de arenisca, conglomerado y caliza
- Identificación de minerales
- Tectónica con plastilina
- Simulación del ciclo de las rocas

## Minería

### Planes de clases para edades de 11 a 13

- Construcción de una mina a cielo abierto
- Construcción de una mina subterránea
- Monitorización ambiental - pH y temperatura
- Profesiones mineras
- Seguridad de la mina e identificación de peligros

## Planes de clases para edades de 13 a 15

- Construcción de una mina a cielo abierto
- Modelo de corte transversal de una mina subterránea
- Monitorización ambiental - pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto
- Profesiones mineras
- Seguridad y accidentes en la mina

## Planes de clases para edades de 15 a 18

- Construcción de una mina a cielo abierto
- Construcción de una mina subterránea tridimensional
- Diseño de una mina
- Monitorización ambiental - pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto
- Profesiones mineras

## Procesos de minería

### Planes de clases para edades de 11 a 13

- Masa, volumen, densidad y gravedad específica
- Juego Monopoly de minería
- El misterio del cuerpo mineral
- Recuperación de un sitio de mina
- La ventaja de la carretilla

### Planes de clases para edades de 13 a 15

- Masa, volumen, densidad y gravedad específica
- El juego del proceso de minería
- El misterio del cuerpo mineral
- Recuperación de un sitio de mina
- La ventaja de la carretilla

### Planes de clases para edades de 15 a 18

- Desarrollo de un plan de cierre y recuperación
- El juego del proceso de minería
- El misterio del cuerpo mineral
- Recuperación de un sitio de mina
- ¿Qué son las Reglas del terreno?

## Procesamiento de minerales

### Planes de clases para edades de 11 a 13

- Electrodeposición de monedas
- Extracción de cobre de minerales sulfurados
- Flotación de carbón
- Lixiviación para separar metales de un mineral
- Separación magnética

### Planes de clases para edades de 13 a 15

- Experimento sobre la electroobtención
- Extracción de cobre de minerales sulfurados
- Flotación de carbón
- Lixiviación para separar metales de un mineral
- Separación magnética

### Planes de clases para edades de 15 a 18

- Experimento sobre la electroobtención
- Extracción de cobre de minerales sulfurados
- Lixiviación para separar metales de un mineral
- Fabricación del acero y de las aleaciones de acero
- Equipos de minería

## Minerales y la vida cotidiana

### Planes de clases para edades de 11 a 13

- Fabricación de una linterna
- Cereal magnético
- Juego de coincidencias de contenido mineral
- Experimento con dentífrico
- ¿Cuáles son los materiales de un lápiz que se extraen/cultivan?

### Planes de clases para edades de 13 a 15

- Consumo de recursos minerales
- Minerales en mi hogar
- Minerales en la escuela
- Minerales en el dentífrico
- ¿Qué partes de una computadora se extraen de una mina?

## Planes de clases para edades de 15 a 18

Consumo de recursos minerales

Ciclo de vida del carbón

Minerales en mi hogar

Diseño mineral

¿Qué partes de una computadora se extraen de una mina?

# GROUND RULES



GEOLOGÍA



**GEOLOGÍA**  
EDAD 11 A 13



## DEMOSTRACIÓN DE EROSIÓN

### Descripción

Los estudiantes aprenderán cómo el proceso de erosión mueve la tierra y las rocas, y cómo este proceso expone minerales de valor en los depósitos subyacentes, como el oro o los diamantes.

#### VOCABULARIO:

1. Erosión
2. Gravedad

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Bandeja larga (bandeja para hornear galletas, bandeja para jardín)
- Balde de plástico grande
- Dos vasos de mezcla fina y seca de arena y tierra
- Medio vaso de canto rodado (variedad de formas: planos, redondos, puntiagudos)
- Algunas monedas brillantes
- Agua en una jarra o botella

### Introducción (duración: 15 minutos)

Vea el Capítulo 1 “Exploración” de la película *Reglas del terreno*. Concéntrese en la sección en la que los mineros están cribando sedimentos en un arroyo. Pregunte a los estudiantes por qué los geólogos están buscando metales en el lecho del arroyo. Muchos metales valiosos, como el oro, se descubrieron de esta forma. ¿Por qué? La respuesta es la erosión.

Pregunte a los estudiantes qué significa erosión. La erosión es el proceso mediante el cual el movimiento de la gravedad, el viento, los glaciares y el agua desgastan la superficie de la Tierra (suelo, rocas y minerales). Debido a la erosión, la superficie de la Tierra cambia constantemente. Se mueven los materiales y así se exponen materiales previamente enterrados. A veces, estos materiales son minerales valiosos, como el oro o los diamantes.

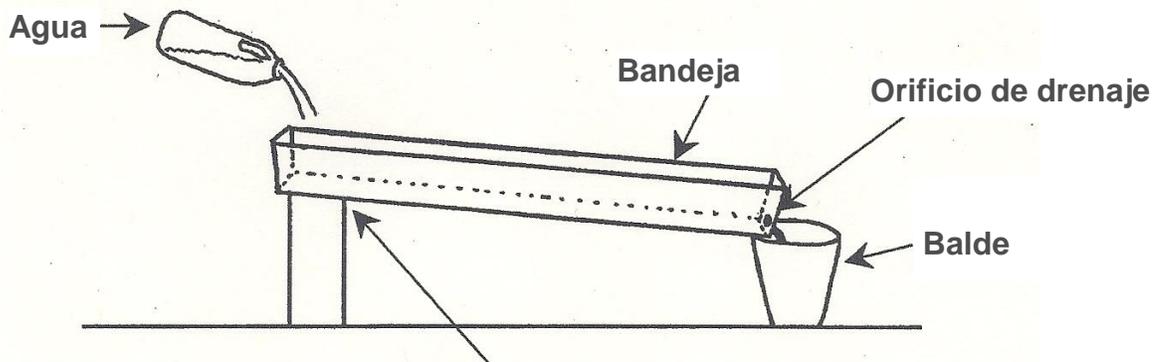
Explique que los estudiantes construirán un modelo de un lecho de arroyo que contendrá algo de oro valioso (representado por las monedas). Simularán el proceso de erosión al agregar agua corriente al lecho del arroyo.

Haga que los estudiantes elaboren hipótesis sobre lo que ocurrirá durante la demostración. ¿Qué materiales se desplazarán de la bandeja hacia el balde? ¿Por qué? ¿Qué materiales se quedarán en su lugar? ¿El tamaño y la forma del canto rodado afecta su reacción frente al movimiento del agua?



## Actividad (duración: 15 minutos)

1. Asegúrese de que la bandeja sea hermética. Haga un orificio grande en un extremo para que el agua y los materiales asociados puedan fluir libremente a través del orificio.
2. Coloque la bandeja a un ángulo de aproximadamente 20°.
3. Coloque el balde debajo del orificio de drenaje para atrapar lo que se derrame.
4. Observe los diferentes tamaños y formas del canto rodado. El tamaño y la forma tendrán un efecto sobre cómo reaccionan a la erosión.
5. Mezcle el canto rodado y las monedas en la mezcla de tierra y arena.
6. Extienda toda la mezcla sobre el extremo elevado de la bandeja. Esto simula un lecho.
7. Vierta lentamente el agua sobre la mezcla y observe lo que ocurre. Es mejor verter el agua con lentitud y firmeza para simular el agua que fluye a través del arroyo.



**Coloca tierra/arena, canto rodado y algunas monedas en la parte superior de la bandeja.**

## Análisis (duración: 15 minutos)

Revise las hipótesis que los estudiantes elaboraron antes de la demostración y hable sobre las observaciones que hicieron durante el experimento.

El agua se movió desde la elevación alta hacia la elevación baja debido a la gravedad. A medida que el agua se movió, transportó arena y canto rodado. Estos chocaron el uno contra el otro. En la vida real, la arena y el canto rodado se chocarían entre sí y contra el basamento. Esto produce erosión, lo que afecta al canto rodado, las rocas, el sedimento y el basamento.

El agua levanta y transporta los materiales más livianos. Las monedas de cobre son más pesadas, y no es tan fácil que las mueva el agua. El oro y los diamantes también son minerales mucho más pesados. Por eso, el flujo del agua no los transporta con facilidad. Cuando el sedimento se desliza, los minerales pesados quedan al descubierto. Así fue como se hizo el primer descubrimiento del oro.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.



## ELABORACIÓN DE ARENISCA, CONGLOMERADO Y CALIZA

### Descripción

Los estudiantes explorarán los procesos que forman las rocas sedimentarias y modelarán diferentes clases de rocas sedimentarias.

#### VOCABULARIO:

1. Clasificación
2. Rocas sedimentarias
3. Arenisca
4. Conglomerado
5. Caliza
6. Tamaño de grano

#### MATERIALES:

- Arena seca
- Solución para cementación (2 partes de agua, 1 parte de sal de Epsom)
- Vasos pequeños de papel y 2 cajas de zapatos
- Varillas para mezclar
- Bolsas de basura y bolsas para emparedado
- Cemento seco
- Agua
- Rocas pequeñas y pedazos de conchas
- Yeso seco
- Lupas
- Muestras de diferentes tipos de rocas sedimentarias y algunas rocas ígneas o metamórficas

### Introducción (duración: 15 minutos)

Muestre una variedad de distintos tipos de rocas sedimentarias (y una o dos rocas ígneas o metamórficas) a la clase. Pregunte a los estudiantes qué clase de rocas son. ¿Son todas del mismo tipo? Pídales que encuentren una o dos rocas que sean diferentes a las demás. Hable sobre las diferencias entre las rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas.

Haga que los estudiantes observen las rocas sedimentarias. Explique que además de las tres clasificaciones de rocas más importantes, también hay formas de clasificar o agrupar tipos de rocas sedimentarias.

Explique que en esta actividad, elaborarán tres tipos diferentes de rocas sedimentarias. También explorarán las formas en las que se pueden clasificar las rocas sedimentarias.



## Actividad I (duración: 30 minutos + 30 minutos unos días más tarde)

El objetivo de esta actividad es hacer una pieza de arenisca, conglomerado y caliza.

### Arenisca:

1. Llene la mitad de un vaso pequeño de papel con arena.
2. Agregue lentamente la solución de cementación hasta que la arena esté completamente húmeda, pero sin que se concentre el agua en un lugar.
3. Coloque la arenisca en un lugar cálido hasta que la parte superior esté seca (durante una noche).
4. Al día siguiente, dé vuelta el vaso sobre una servilleta de papel. Con cuidado, quite el vaso. Todavía estará húmeda, pero debería estar lo suficientemente seca como para que mantenga la forma. No toque la arenisca hasta que esté seca por completo (aproximadamente de 2 a 3 días).

### Conglomerado:

1. Forre una caja de zapatos con la bolsa de plástico para basura.
2. Añada un vaso de cemento seco, un vaso de arena seca y un vaso de agua fría. Mezcle rigurosamente con una varilla.
3. Añada varias rocas a la mezcla y mezcle rigurosamente.
4. Vierta en vasos pequeños forrados con bolsas para emparedados, uno por cada estudiante.
5. Coloque los vasos en un área cálida para que se seque (aproximadamente de 2 a 3 días).

### Caliza:

1. Forre una caja de zapatos con la bolsa de plástico para basura.
2. Añada yeso y agua. Mezcle rigurosamente con una varilla.
3. Agregue las conchas y mézclelas con el yeso.
4. Vierta en vasos pequeños, uno por cada estudiante.
5. Coloque los vasos en un área cálida para que se seque (aproximadamente de 2 a 3 días).

### Seguimiento (2 a 3 días más tarde):

1. Los estudiantes deben quitar el conglomerado y la caliza de los vasos. Deben colocar la arenisca, el conglomerado y la caliza en una fila frente a ellos.
2. Haga una tabla de datos con tres columnas, una para cada tipo de roca. Cada estudiante debe examinar sus muestras con una lupa, y comparar y contrastar las propiedades de los tres tipos de roca. ¿Cuáles son las semejanzas? ¿Cuáles son las diferencias?
3. Dibuje un diagrama tipo borrador de cada muestra de roca.

## Actividad II (duración: 15 minutos)

El objetivo de esta actividad es aprender sobre el sistema de clasificación de las rocas sedimentarias.

1. Divida la clase en equipos de 3 o 4 estudiantes.
2. Entregue a cada equipo varias muestras de diferentes tipos de rocas sedimentarias.
3. Pida a cada equipo que clasifique las rocas sedimentarias en grupos solo según la observación visual y la manipulación de las rocas. Pueden agruparlas de la forma que les parezca que tiene sentido. Pida a cada grupo que explique cómo clasificaron las rocas en grupos. ¿Cuál fue la base de la clasificación? (p. ej., color, tamaño, composición, peso).
4. Luego, pida a cada grupo que clasifique las rocas sedimentarias según el tamaño de grano. Pueden examinar los tipos de roca con una lupa para llevar esto a cabo.

## Análisis (duración: 30 minutos)

### Actividad I:

Hable sobre las observaciones que hicieron los estudiantes. ¿Qué propiedades fueron diferentes entre los tipos de roca? ¿Qué propiedades fueron iguales? Explique que, por lo general, los tipos de rocas sedimentarias se clasifican según el tamaño de grano y la composición.

La arenisca es una roca de grano mediano, con granos de tamaños que varían de 1/16 mm a 2 mm de diámetro. Se forma mediante la cementación de granos de arena.

El conglomerado es una roca sedimentaria de grano grueso, con diámetros de grano superiores a los 2 mm. Se forma mediante la cementación de trozos redondos de grava.

¿De dónde proviene el “cemento” en la naturaleza? Las soluciones de minerales disueltos, como el carbonato de calcio, pueden cementar partículas. En el experimento de la arenisca, la sal de Epsom (un tipo de mineral) ocupó el lugar de los depósitos minerales que se encuentran en el agua y que unen el sedimento.

Pregunte a los estudiantes qué diferencia tiene la caliza en comparación con la arenisca y el conglomerado. La caliza no se forma como las otras rocas sedimentarias porque no se cementa. Se une químicamente. Por esta razón, la caliza no se forma en capas. ¿Por qué la muestra de caliza contiene conchas? Explique que la caliza se forma en ambientes acuosos. A menudo se encuentra en aguas cálidas de mar y es un tipo común de roca para encontrar fósiles.

### Actividad II:

Explique que los geólogos clasifican las rocas sedimentarias según el tamaño del grano. Por lo general, se usan las siguientes clasificaciones: lutita, arenisca, conglomerado, grava, carbón, caliza, till y mantillo.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.



## IDENTIFICACIÓN DE MINERALES

### Descripción

Los estudiantes explorarán algunas de las propiedades físicas de los minerales y cómo estas pueden usarse para identificar minerales.

#### VOCABULARIO:

1. Mineral
2. Inorgánico
3. Cristal
4. Elemento
5. Dureza
6. Veta
7. Magnetismo

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Respuestas de identificación de minerales (proporcionada)
- Tabla de identificación de minerales (proporcionada)
- 5 muestras numeradas de minerales (buena calidad)
- Algunos minerales diferentes para usar para demostraciones
- Lupas
- Placas de vetas
- Monedas de cobre
- Limas de acero o clavos
- Imanes
- Portaobjetos de vidrio para microscopio

### Introducción (duración: 20 minutos)

Pregunte a los estudiantes qué es un mineral. Los minerales son sustancias sólidas e inorgánicas que se generan naturalmente, y tienen estructuras y composiciones químicas específicas. Los minerales están presentes en rocas y pueden extraerse mediante la minería para fabricar todas las cosas que usamos en nuestras vidas cotidianas.

Vea el Capítulo 3 “Minería y el mundo moderno” de la película *Reglas del terreno*. Hable sobre la importancia de los minerales en nuestras vidas cotidianas.

Pregunte a los estudiantes si saben cómo diferenciar un mineral específico de otro mineral. Puede distinguir minerales al buscar ciertas propiedades. Debido a que cada mineral es único en cuanto a la composición química y la estructura, cada uno tiene su propio conjunto de propiedades físicas, ópticas y estructurales, que ayudan a diferenciarlo. La química hace referencia a las unidades estructurales o elementos básicos que conforman el mineral. Las propiedades ópticas hacen referencia a la apariencia del mineral y lo que ocurre cuando brilla. Las propiedades físicas como la dureza y la veta pueden analizarse con facilidad.



Hable sobre algunas de las propiedades comunes de los minerales que pueden analizarse para identificar un mineral. Estas son el color, el brillo, la veta, la dureza y el magnetismo.

El color es a menudo la primera propiedad que se nota de un mineral, pero quizás no sea la característica que pueda proporcionar un buen diagnóstico. A menudo, el color puede ser engañoso debido a que algunos minerales tienen una variedad de colores. Por eso, se debe aplicar en conjunto con otras características.

El brillo es una descripción de la forma en la que la superficie de un mineral refleja la luz. La distinción más fácil de hacer es si el mineral tiene un brillo metálico o no metálico. Los minerales metálicos tienen un brillo parecido al del papel de aluminio o las joyas. Los minerales no metálicos pueden ser opacos o brillantes, pero no tienen una apariencia metálica. Explique que los minerales no metálicos pueden describirse en más detalle según el tipo de superficie que tienen, pero que no entra en el alcance de esta actividad. Use un par de muestras para exponer las diferencias entre el brillo metálico y no metálico (no use las muestras que se usarán en la actividad).

La veta es el color de las partículas de polvo que quedan cuando se raspa un mineral contra una superficie abrasiva. El color de la veta es más confiable que el color de la superficie como un indicador. El color de la veta es constante, pero el color de la superficie puede variar. Demuestre cómo vetear un mineral y haga que la clase le diga qué color observa.

La dureza es una medida de la resistencia del mineral a los rayones o la abrasión. Se mide mediante la Escala de dureza de Mohs. Esta es una escala que mide la dureza de los minerales en relación con cada uno. La escala varía de 1 a 10, donde 1 es el más blando y 10 el más duro. Un mineral debe poder rayar cualquier mineral con un número de dureza inferior, y un mineral o material con un número de dureza mayor debe poder rayarlo. Las siguientes herramientas simples con valores conocidos de dureza pueden usarse para determinar la dureza de un mineral:

- Uña: dureza de 2 a 3
- Moneda de cobre: dureza de 4 a 5
- Lima de acero/clavo: dureza de 5 a 6
- Vidrio: dureza de 5 a 6

Demuestre cómo determinar la dureza de una muestra de mineral.

El magnetismo identifica minerales específicos ricos en hierro. Solo algunos minerales como la magnetita o la pirrotita son magnéticos.

Explique que estas son solo algunas de las propiedades que se usan para identificar minerales. Los geólogos usan muchas más propiedades para identificar un mineral definitivamente.

## Actividad (duración: 50 minutos)

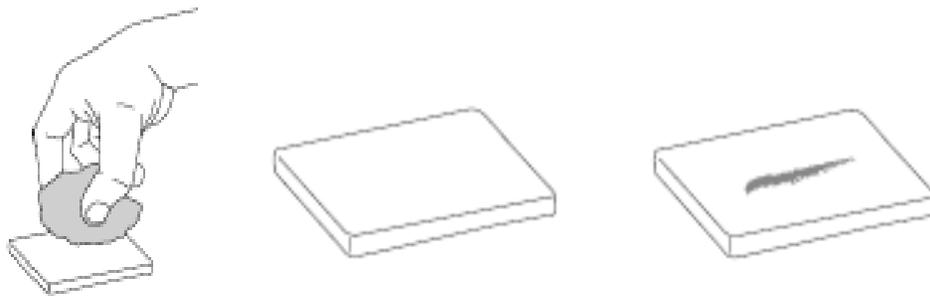
El objetivo de esta actividad es identificar 5 muestras de minerales mediante el análisis de cinco propiedades comunes.

### Preparación:

1. Elija 5 especímenes de minerales de alta calidad que pueden identificarse con facilidad según el color, el brillo, la veta, la dureza y el magnetismo. Algunas muestras buenas de minerales para usar son las siguientes: magnetita, hematita, talco (esteatita), cuarzo, chalcopirita, pirita, feldespato.
2. Use las respuestas de identificación de minerales proporcionadas para elaborar su propia respuesta de identificación de minerales que contenga solo los 5 minerales que se evaluarán.
3. Prepare cinco estaciones de identificación de minerales. Cada estación debe tener un mineral con número, una tabla de identificación de minerales (para registrar las respuestas), una placa para vetas, una lupa, herramientas de dureza y un imán.
4. Divida la clase en cinco grupos. Debe haber un grupo por estación al inicio.
5. Cada grupo tendrá 10 minutos para determinar las propiedades de los minerales de la muestra en la primera estación. Luego los grupos rotarán a la siguiente estación y harán lo mismo con el siguiente mineral, y así sucesivamente. La actividad se da por finalizada cuando todos los grupos hayan visitado cada estación.

### Actividad:

1. **Color:** observe el mineral y decida qué colores están presentes en la superficie del mineral. Escriba los colores en el espacio apropiado en la tabla de identificación de minerales.
2. **Brillo:** observe cómo el mineral refleja la luz. Determine si el mineral tiene un brillo metálico o no metálico. ¿Brilla cuando la luz se refleja en la superficie (como papel de aluminio)? ¿Parece metal? Si la respuesta es sí, entonces tiene un brillo metálico. Si es opaco o brillante, pero no como un metal, entonces tiene un brillo no metálico.
3. **Veta:** sostenga la placa para vetas en la mesa con una mano. Agarre el mineral con la otra mano, presiónelo firmemente contra la placa de la veta y empújelo hacia usted para hacer una veta como se muestra a continuación. Si lo presiona débilmente, no se veteará correctamente. Registre el color de la veta en la casilla de vetas de la tabla de identificación de minerales. Si no se puede ver una veta en la placa para vetas, registre "ninguna". Pruebe un par de superficies diferentes del mineral para hacer una veta.



4. **Dureza:** lleve a cabo una serie de pruebas con las herramientas de dureza para identificar la gama de dureza del mineral. Empiece con la herramienta más blanda, la uña, y continúe hasta llegar al vidrio. Cada vez, evalúe si el mineral es más duro o más blando que la herramienta de dureza. Si la herramienta de dureza raya el mineral, el mineral es más blando que esa herramienta. Si el mineral raya la herramienta de dureza, es más duro que la herramienta. Quizás tenga que usar una lupa para ver el rayón. Los rayones reales no se quitan al pasar el dedo. Busque los valores de dureza de las herramientas de dureza (identificados en la introducción) y registre si la dureza del mineral es superior o inferior a esos valores en la tabla de identificación de minerales.
  - a. **Prueba de la uña:** trate de rayar el mineral con la uña. Si la uña raya el mineral, busque la dureza de una uña en la escala de dureza y registre que la dureza del mineral es inferior a ese número en la casilla de la tabla de identificación de minerales; continúe con el paso 7. Si la uña no raya el mineral, vaya al apartado b.
  - b. **Prueba de la moneda:** intente rayar una moneda de cobre con el mineral. Si no se raya la moneda, esta es más dura que el mineral. Busque la dureza de una moneda de cobre en la escala de dureza y registre que la dureza del mineral es inferior a ese número en la casilla de la tabla de identificación de minerales; continúe con el paso 7. Si el mineral raya la moneda, vaya al apartado c.
  - c. **Prueba de la lima de acero o el clavo:** intente rayar una lima de acero o clavo con el mineral, O BIEN intente rayar el mineral con la lima o el clavo. Si el mineral no raya la lima o el clavo, O BIEN si la lima o el clavo raya el mineral, el mineral es más blando que el acero. Busque el número de dureza de la lima de acero o el clavo en la escala y registre que la dureza del mineral es inferior a ese número; continúe con el paso 7. Si el mineral es más duro que la lima de acero o el clavo, vaya al apartado d.
  - d. **Prueba del vidrio:** intente rayar un portaobjetos de vidrio para microscopio con el mineral. Si el mineral raya el vidrio, registre que el mineral es más duro que el vidrio. Si el mineral no raya la placa de vidrio, registre que su dureza es inferior a la dureza del vidrio.
5. **Magnetismo:** sostenga un imán cerca del mineral. Si el imán se mueve hacia el mineral, escriba “sí” en la casilla “magnético” en la tabla de identificación de minerales. Si no, escriba “no”.
6. Vaya a la siguiente estación y repita los pasos 1 a 5. Continúe hasta que se hayan analizado los cinco minerales.
7. Compare los resultados de las pruebas con las respuestas de identificación de minerales y trate de identificar los cinco tipos de minerales.

## Análisis (duración: 20 minutos)

Revise las respuestas con la clase y vea cuántos especímenes determinó correctamente cada grupo. Si hubo algunos especímenes que fueron difíciles de determinar, compare los resultados de las pruebas con las respuestas de identificación de minerales, vea qué propiedades se identificaron incorrectamente y vuelva a analizar esas propiedades.

¿Qué propiedades fueron las más útiles para identificar cada espécimen de mineral? ¿Qué propiedad fue la menos útil? ¿Qué mineral fue el más fácil de identificar?

Vea el Capítulo 3 de la película *Reglas del terreno* otra vez. Use la película para hacer una lista de los objetos que se fabricaron con los minerales que identificó en esta actividad.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.

### Respuestas de identificación de minerales (algunos minerales comunes)

Mineral	Color	Brillo	Veta	Dureza	Magnético
Bauxita	rojo, marrón, amarillo	no metálico	marrón claro, blanco	1-3	no
Calcita	varía <sup>(1)</sup>	no metálico	blanco	2.5-3	no
Chalcopyrita	amarillo dorado	metálico	negro verdoso	4	no
Dolomita	varía <sup>(2)</sup>	no metálico	blanco	3.5-4	no
Feldespato	varía <sup>(3)</sup>	no metálico	blanco	6	no
Fluorita	varía <sup>(4)</sup>	no metálico	blanco	4	no
Granate	blanco a gris oscuro, rojo	no metálico	ninguna	6.5	no
Hematita	marrón rojizo, gris, negro	metálico	marrón rojizo	5-6 <sup>(6)</sup>	no
Hornblenda	verde oscuro, negro	no metálico	ninguna	5-6	no
Magnetita	negro	metálico	negro	6	sí
Pirita	amarillo dorado	metálico	negro verdoso	6	no
Pirrotita	amarillo dorado	metálico	gris oscuro, negro	3.5-4.5	sí
Cuarzo	varía <sup>(5)</sup>	no metálico	blanco	7	no
Talco	gris, blanco	no metálico	blanco	1	no

- (1) blanco, incoloro, marrón, negro verdusco
- (2) blanco, incoloro, rosa, marrón, gris
- (3) rosa, gris, blanco, rojo, verde, azul, incoloro, negro
- (4) blanco, incoloro, púrpura, rosa, amarillo, marrón
- (5) verde claro, púrpura, amarillo, incoloro
- (6) puede parecer más blando

Tabla de identificación de minerales

Propiedad	Número de muestra				
	1	2	3	4	5
Color					
Brillo					
Veta					
Dureza					
Magnético					
Tipo de mineral					



## TECTÓNICA CON PLASTILINA

### Descripción

Los estudiantes explorarán estructuras geológicas, entre ellas los estratos horizontales, los anticlinales, los sinclinales y las fallas. Obtendrán conocimiento sobre el orden en el que se depositan las capas de roca. Desarrollarán habilidades para dibujar mapas y cortes transversales a escala.

#### VOCABULARIO:

1. Estrato
2. Cañón
3. Erosión
4. Pliegue
5. Sinclinal, anticlinal
6. Falla (normal, inversa)
7. Columna estratigráfica
8. Corte transversal

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Plastilina (4 colores)
- Papel encerado
- Cuchillos de plástico
- Lápices de colores (que coincidan con los colores de la plastilina)
- Reglas
- Palos de amasar
- Hoja de columna estratigráfica (proporcionada)
- Optativo: fotografías del Gran Cañón y estructuras de rocas con pliegues/fallas

### Introducción (duración: 15 minutos)

Pregunte a los estudiantes si alguna vez vieron un corte de roca (el lugar en el que se hizo explotar la roca o se cortó para que se vea el perfil vertical). ¿Qué notaron?

Hable sobre cómo se depositan las capas de roca. La capa más antigua se deposita primero y la más joven se deposita arriba de todo. Las capas se denominan estratos. Los depósitos minerales pueden encontrarse en una o más capas de roca. Si hay capas de roca encima del depósito mineral, deben quitarse antes de poder extraer los minerales. A veces las capas suprayacentes se denominan destape. Este material debe apilarse mientras la mina está en funcionamiento. Cuando se finalizó la extracción, el material se esparce sobre la tierra de nuevo durante la fase de recuperación.

Vea el Capítulo 4 “Retos de ingeniería” de la película *Reglas del terreno*. Concéntrese en la operación de minería a cielo abierto (mina Grasberg) en la cima de la montaña. Pregunte a los estudiantes si saben cómo se forman las montañas. Hable sobre el proceso de pliegue. ¿Cómo llegó el cuerpo mineral a la cima de la montaña? ¿El cuerpo mineral es más joven o más antiguo que la roca en la base de la montaña?

¿Cómo hicieron los mineros para acceder a las capas de depósitos minerales? Hable brevemente sobre el proceso de minería a cielo abierto.



## Actividad (duración: 60 minutos)

El objetivo de esta actividad es modelar una variedad de estructuras geológicas y preparar mapas y cortes transversales a escala.

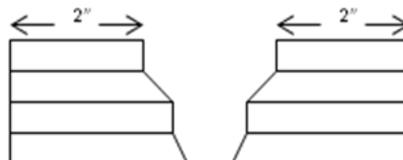
### Estratos horizontales:

1. Estire una hoja de papel encerado (al menos 5" por 10") sobre la mesa.
2. Elija un color de plastilina. Quite aproximadamente 2/3 de la plastilina del recipiente y colóquela sobre el papel encerado. Extienda la plastilina para formar un rectángulo que tenga un espesor de aproximadamente 1/4" y aproximadamente 3" de ancho por 6" de largo.
3. Repita el proceso con los otros tres colores de plastilina.
4. Apile las capas cuidadosamente, una arriba de la otra, y recorte la plastilina para que los bordes queden parejos.
5. Gire el modelo para que el lado de 6" quede frente a usted. Mantenga el modelo en esta orientación en todo momento.
6. Con los lápices de colores, llene los cuadrados en la hoja de columna estratigráfica. Las casillas coloreadas deben coincidir con los colores en el modelo de estratos, con la capa más antigua en la parte inferior y la capa más joven en la parte superior.
7. Dibuje un diagrama de corte transversal del lado de 6" del modelo de estratos. Primero dibuje un rectángulo con las mismas dimensiones del modelo. Dibújelo a una escala de 1:1 (es decir, 1" en el papel equivale a 1" en el modelo). Use una regla para dibujar con precisión la profundidad de las capas. Etiquete el estrato más antiguo y el más joven.

### Erosión:

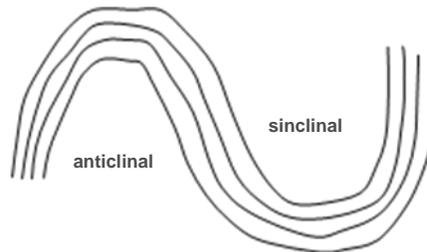
Corte a través de las capas de plastilina para simular la erosión de un cañón, como se explica a continuación:

1. El cañón se colocará en el medio del lado de 6" y se extenderá a lo largo del ancho de 3" del modelo.
2. Con un cuchillo, corte la capa superior verticalmente a 2" de cada extremo. Con cuidado, quite el pedazo de plastilina y déjelo a un costado (no lo aplaste).
3. Corte la 2<sup>da</sup> capa en una pendiente leve en dirección al centro. Con cuidado, quite el pedazo de plastilina y déjelo a un costado.
4. Corte la 3<sup>ra</sup> capa verticalmente. Con cuidado, quite el pedazo de plastilina y déjelo a un costado.
5. Corte la 4<sup>ta</sup> capa en una pendiente leve en dirección al centro. Con cuidado, quite el pedazo de plastilina y déjelo a un costado.
6. Dibuje un mapa de la topografía que ve si mira hacia abajo desde la parte superior del modelo. Use una regla para medir con precisión el ancho de cada capa expuesta en cada extremo del cañón que creó. Etiquete la capa más joven y la más antigua.
7. Dibuje un corte transversal a lo largo del lado de 6" que muestra el cañón. Etiquete la capa más joven y la más antigua.



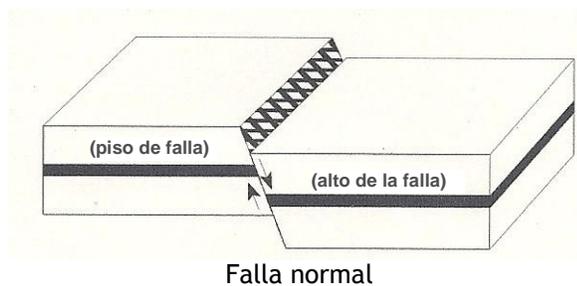
## Pliegues anticlinales y sinclinales:

1. Llene el cañón con los pedazos de plastilina que se quitaron en el modelo de erosión, para que se vea exactamente como la primera vez que se construyó.
2. Coloque las manos en los extremos de 3" del modelo y únalos horizontalmente con cuidado. Deje que el papel encerado se deslice con el modelo. Debe obtener un pliegue anticlinal y uno sinclinal. Modele con las manos según sea necesario.
3. Añada un pedazo adicional de plastilina debajo de la capa inferior de la anticlinal para estabilizar las capas plegadas.
4. Haga un corte transversal del modelo plegado a una escala de 1:1. Etiquete la capa más antigua y la más joven. Etiquete la anticlinal y la sinclinal.
5. Mida la longitud del modelo. ¿Es más corto o más largo que el modelo original?



## Falla normal:

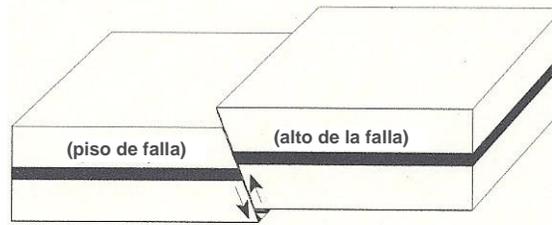
1. Vuelva a colocar el modelo en la posición de estratos horizontales (es decir, deshaga el pliegue).
2. Con un cuchillo, realice un corte inclinado desde la parte superior hasta la parte inferior de la plastilina a través del ancho de 3". Separe las dos partes.
3. Eleve la parte izquierda levemente y coloque algo de plastilina adicional debajo para que se mantenga elevada. Empuje la parte derecha hacia la izquierda hasta que apenas se toquen. Acaba de crear una falla normal.
4. Dibuje un corte transversal de la falla a una escala de 1:1. Etiquete la capa más antigua y la más joven.
5. Mida la longitud del modelo. ¿Es más corto o más largo que el modelo de estratos horizontales?



## Falla inversa:

1. Separe las dos partes de la falla normal con cuidado.
2. Quite la plastilina adicional debajo de la parte izquierda y colóquela debajo de la parte derecha, para que la parte derecha sea más alta que la izquierda.
3. Empuje la parte izquierda hacia la parte derecha para que apenas se toquen. Acaba de crear una falla inversa.
6. Dibuje un corte transversal de la falla a una escala de 1:1. Etiquete la capa más antigua y la más joven.

4. Mida la longitud del modelo. ¿Es más corto o más largo que el modelo de la falla normal? ¿Es más corto o más largo que el modelo de los estratos horizontales?



Falla inversa

## Análisis (duración: 30 minutos)

Revise cada estructura geológica modelada. Pida a algunos de los estudiantes que muestren sus diagramas de corte transversal a la clase.

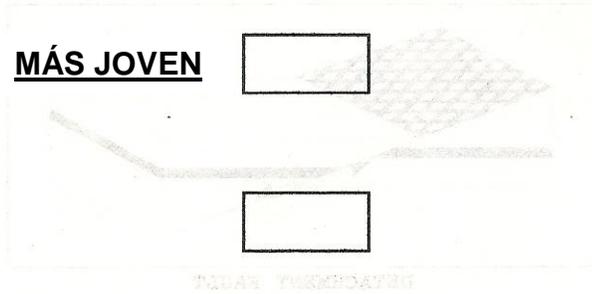
Hable sobre por qué un cañón tiene una topografía “escalonada”. Algunas capas de roca quizás sean más o menos resistentes a la erosión, así que no todas las capas de rocas se erosionarán de la misma forma que la capa superior. ¿Por qué un cañón tiene una forma en “V”? Las capas superiores tuvieron más tiempo para erosionarse, por lo que el cañón es más ancho en la parte superior que en la base. Muestre algunas fotografías del Gran Cañón para mostrar la topografía escalonada.

Pregunte a los estudiantes cómo hicieron para plegar el modelo de roca. En la naturaleza, ¿de dónde provienen las fuerzas de compresión? Hable sobre cómo chocan las placas. Pregunte cuántos estudiantes pudieron crear un pliegue perfecto solo mediante la aplicación de presión (sin necesidad de modelar con las manos). Hable sobre el hecho de que las capas de roca que se pliegan en la naturaleza rara vez son perfectas. ¿Qué pasaría si empujara con más fuerza desde una dirección que la otra, o bien si empujara las capas inferiores de roca con más fuerza que las capas superiores? Muestre algunas fotografías de rocas con pliegues.

Pida a algunos de los estudiantes que compartan sus observaciones sobre la longitud del modelo de las actividades de pliegue y falla. ¿Qué estructuras geológicas obtuvieron una mayor longitud en comparación con el modelo de estratos horizontales? ¿Cuáles obtuvieron menor longitud?

Visite [cat.com/groundrules](http://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.

## COLUMNA ESTRATIGRÁFICA



Reverse faults are dip-slip faults in which the hanging wall moves up relative to the footwall. Reverse faults are the result of compression (forces that push rocks together).

The Sierra Madre fault in California is an example of reverse-fault movement. There the rocks of the San Gabriel Mountains are being pushed up

Normal faults are dip-slip faults on which the hanging wall moves down relative to the dip of the fault surface. Normal faults are the result of extension (forces that pull rocks apart).





## FORMACIÓN DE ROCAS SEDIMENTARIAS

### Descripción

Los estudiantes aprenderán que las rocas sedimentarias se forman con el material que depositó el agua.

#### VOCABULARIO:

1. Sedimentaria
2. Ígnea
3. Metamórfica
4. Depósitos minerales
5. Magma
6. Sedimentos
7. Mantillo

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Muestras de rocas sedimentarias (caliza, arenisca, conglomerado, yeso)
- Frasco reciclado de aproximadamente un litro (frasco de pepinillos o frasco de conserva)
- 4 cucharadas de arena gruesa
- 4 cucharadas de arena fina
- 4 cucharadas de canto rodado pequeño
- Agua

### Introducción (duración: 15 minutos)

Vea el Capítulo 1 “Exploración” de la película *Reglas del terreno* . Concéntrese en la sección en la que los geólogos están cribando en búsqueda de minerales en el humedal de Nueva Guinea.

Hable sobre cómo las rocas se clasifican en tres grupos principales: ígneas, metamórficas y sedimentarias. Los depósitos minerales también se clasifican en estos tres tipos.

Las rocas ígneas se forman cuando los volcanes hacen erupción. El magma hirviendo sale a la superficie de la tierra, se enfría y se convierte en roca sólida. El magma se enfría muy lentamente, pero de esa forma también se endurece en gran medida.

¿A qué suena la palabra metamórfico? Suena a metamorfosis, que significa un cambio en la forma. Las rocas metamórficas se forman cuando la corteza de la tierra se mueve y hace que la roca se comprima tan fuertemente que produce un calor intenso. Este calor cambia la forma y la estructura de la roca. Las rocas metamórficas son el tipo menos común de todos los tres tipos de depósitos minerales.



El tipo de depósito mineral más común son los depósitos de roca sedimentaria. Los depósitos minerales sedimentarios se crean mediante la erosión. Cuando las montañas se forman por primera vez, son picudas y altas, parecidas a las Montañas Rocosas en la costa oeste de Canadá y Estados Unidos. Con el tiempo, estas montañas dejan de ser tan picudas y pasan a ser más redondeadas. La erosión es el proceso en el que la lluvia y el hielo desgastan la roca y la arena. Los pedazos pequeños de roca que se desmoronan se denominan sedimentos. Estos sedimentos a menudo caen en arroyos y ríos que fluyen montaña abajo. Una vez que disminuye la velocidad de la corriente, los sedimentos se instalan en el fondo de la fuente de agua. Al pasar los años, los sedimentos crean capas de distintos fragmentos de roca mezclados con barro y arena en el fondo de la fuente de agua. Así es como se forman las rocas sedimentarias. Las capas de roca que se encuentran en la parte superior de un depósito son más jóvenes que las que se encuentran abajo.

Haga circular algunas muestras de diferentes tipos de rocas sedimentarias.

---

### Actividad (duración: 15 minutos + 10 minutos de seguimiento)

El objetivo de esta actividad es mostrar cómo se forman las rocas sedimentarias.

1. Coloque la arena, la tierra fina y el canto rodado pequeño en el frasco.
2. Llene el frasco con agua, coloque la tapa y sacúdalo.
3. Apoye el frasco y vea lo que ocurre. El canto rodado va hacia el fondo inmediatamente. La arena cae para formar una capa. Luego, la arena y los pedazos grandes de tierra caen encima de eso. En la parte superior, se deposita una capa de la tierra más fina.
4. Deje el frasco en un lugar donde no se lo mueva por varios días. Durante este tiempo, la mayoría de los materiales se asentarán y el agua se tornará casi transparente.
5. Haga que los estudiantes realicen las observaciones finales luego de que todos los materiales se hayan asentado.

---

### Análisis (duración: 20 minutos)

Hable sobre lo que ocurre cuando el agua transporta las partículas de minerales a lagos u océanos. A medida que la velocidad de la corriente disminuye, el material se asienta y los pedazos más pesados se depositan primero. Los pedazos más livianos permanecen encima y se forman capas. La caliza y la lutita son minerales que típicamente se forman de esta manera. Esta también es la razón por la que los mineros a menudo quitan el mantillo temporalmente para llegar a un depósito mineral que está enterrado debajo.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.

# GROUND RULES



GEOLOGÍA



**GEOLOGÍA**  
EDAD 13 A 15



## FORMACIÓN DE CRISTALES A PARTIR DE MINERALES

### Descripción

Los estudiantes observarán el proceso de formación de cristales, medirán el crecimiento de un cristal y aprenderán a distinguir entre estalactitas y estalagmitas.

#### VOCABULARIO:

1. Cristal
2. Átomo
3. Molécula
4. Solución
5. Ión
6. Reacción
7. Precipitar
8. Variable dependiente
9. Variable independiente
10. Gráfico de barras
11. Estalactita, estalagmita
12. Caliza, calcita

#### MATERIALES:

- Botella de 1,2 oz (35,5 mL) de silicato de sodio
- Frasco de vidrio de 1,4 oz (41,4 mL) (frasco de alimento para bebés)
- Agua
- 1 ampolla de varios cristales de sulfato (sulfato de cobre azul, sulfato de níquel verde y sulfato de magnesio blanco)
- Gafas y guantes de seguridad
- Pinzas
- Papel cuadriculado
- Lápiz y lápices de color
- Reglas

### Introducción (duración: 15 minutos)

Pregunte a los estudiantes si saben lo que son las estalactitas y las estalagmitas. ¿Cómo se forman? ¿Dónde se encuentran?

Las estalactitas se forman en el techo de una cueva y crecen hacia abajo, mientras que las estalagmitas se forman en el suelo y crecen hacia arriba.

Por lo general, las estalactitas y las estalagmitas se encuentran en cuevas de caliza y principalmente contienen calcita, un mineral común que se encuentra en rocas sedimentarias. El ingrediente clave para hacer estalactitas y estalagmitas es el agua. Cuando el agua de lluvia se escurre a través de las grietas en las rocas, recoge dióxido de carbono y minerales de la caliza y los transporta al interior de la cueva. Una vez que esta solución se pone en contacto con el aire dentro de la cueva, empieza a convertirse en cristales de calcita y se precipita alrededor de la grieta. A medida que el agua sigue goteando, se forman más cristales de calcita encima de los anteriores y la estalactita crece en longitud. Parte del agua gotea sobre el suelo de la cueva y crea estalagmitas que luego crecen hacia arriba.

Pregunte a los estudiantes qué es un cristal. En cristales de cualquier tipo, los átomos o las moléculas se unen en un patrón que se repite una y otra vez para crear una forma específica. Los cristales crecen a medida que se repite el mismo patrón de manera continua.



Explique que hay varias formas de crear cristales. En esta actividad, crearán cristales a partir de sales metálicas solubles. Cuando las sales se ponen en contacto con la solución de silicato de sodio, el metal reacciona y la reacción crea los cristales precipitantes de color. Estos cristales crecerán hacia arriba para formar estalagmitas.

Advierta a los estudiantes que algunos de los químicos que se usan pueden irritar o corroer la piel, o pueden ser tóxicos. Los cristales no deben manipularse directamente. Se deben usar guantes o pinzas.

---

## Actividad (duración: 30 minutos)

El objetivo de esta actividad es crear estalagmitas de cristal.

1. Colóquese los guantes y las gafas de seguridad.
2. Abra la botella de silicato de sodio y vierta el contenido en el frasco de vidrio.
3. Llene lo que resta del frasco con agua.
4. Coloque la tapa del frasco y asegúrese de que esté apretada de forma segura. Agite el frasco vigorosamente.
5. Abra la ampolla de los cristales y viértalos con cuidado en la solución de silicato de sodio de manera que los cristales caigan al fondo del frasco. Como opción, puede colocar los cristales donde quiera que crezcan con las pinzas. Coloque la tapa y ajústela.
6. Registre el tiempo en la hoja de datos.
7. En intervalos regulares, registre la longitud de una estalagmita de silicato de cobre (verde), una estalagmita de silicato de níquel (azul) y una estalagmita de silicato de magnesio (blanco) en la tabla de datos con la hora de medición. Tendrá que realizar las mediciones desde el exterior del frasco. Siga realizando las mediciones hasta que los cristales dejen de crecer.
8. Cree un gráfico de barras en papel cuadriculado donde se muestre el índice de crecimiento de los cristales en el tiempo. Use tres colores de barras para representar los tres colores de cristales.

---

## Análisis (duración: 15 minutos)

Analice los resultados del experimento. Mire los gráficos de barras. ¿Qué cristales fueron los que más crecieron? ¿Qué cristales se formaron con mayor rapidez? ¿Qué tipo de cristal fue más abundante?

Explique cómo se forman los cristales. Ciertas sales metálicas, especialmente los metales de transición (los grupos 3 a 12 en la tabla periódica), forman precipitaciones en la solución de silicato de sodio. Debido a que la sal metálica se disuelve, la solución resultante es menos densa que el silicato de sodio. La diferencia en densidad hace que el producto, un silicato de ión metálico insoluble, se eleve por encima de la solución. Esta es la razón por la que el cristal crece hacia arriba. A medida que reacciona con el anión de silicato, las estalagmitas se forman desde el fondo del frasco hacia arriba. Las superficies de los silicatos son semipermeables, lo que permite que el agua se desplace a través de ellas. La presión del agua hace que las membranas exploten y así más iones de metal reaccionan. Este proceso se repite hasta que la sal metálica se disuelve por completo y se crea una estructura cristalina.

Si los estudiantes quieren llevar sus jardines de cristal a casa, retire con cuidado la solución de silicato y llene el frasco con agua.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.



## ELABORACIÓN DE ARENISCA, CONGLOMERADO Y CALIZA

### Descripción

Los estudiantes explorarán los procesos que forman las rocas sedimentarias y modelarán diferentes clases de rocas sedimentarias.

#### VOCABULARIO:

1. Clasificación
2. Rocas sedimentarias
3. Arenisca
4. Conglomerado
5. Caliza
6. Tamaño de grano
7. Porosidad

#### MATERIALES:

- Arena seca, cemento seco y yeso seco
- Solución para cementación (2 partes de agua, 1 parte de sal de Epsom)
- Vasos pequeños de papel y 2 cajas de zapatos
- Varillas para mezclar
- Bolsas de basura y bolsas para emparedado
- Agua
- Rocas pequeñas y pedazos de conchas
- Lupas
- Muestras de diferentes tipos de rocas sedimentarias y algunas rocas ígneas o metamórficas
- Cilindro graduado y vaso de precipitados
- Calculadoras

### Introducción (duración: 15 minutos)

Muestre una variedad de distintos tipos de rocas sedimentarias (y una o dos rocas ígneas o metamórficas) a la clase. Pregunte a los estudiantes qué clase de rocas son. ¿Son todas del mismo tipo? Pídales que encuentren una o dos rocas que sean diferentes a las demás. Hable sobre las diferencias entre las rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas.

Haga que los estudiantes observen las rocas sedimentarias. Explique que además de las tres clasificaciones de rocas más importantes, también hay formas de clasificar o agrupar tipos de rocas sedimentarias.

Explique que en esta actividad, elaborarán tres tipos diferentes de rocas sedimentarias. También explorarán las formas en las que se pueden clasificar las rocas sedimentarias.



## Actividad I (duración: 30 minutos + 30 minutos unos días más tarde)

El objetivo de esta actividad es hacer una pieza de arenisca, conglomerado y caliza.

### Arenisca:

1. Llene la mitad de un vaso pequeño de papel con arena.
2. Agregue lentamente la solución de cementación hasta que la arena esté completamente húmeda, pero sin que se concentre el agua en un lugar.
3. Coloque la arenisca en un lugar cálido hasta que la parte superior esté seca (durante una noche).
4. Al día siguiente, dé vuelta el vaso sobre una servilleta de papel. Con cuidado, quite el vaso. Todavía estará húmeda, pero debería estar lo suficientemente seca como para que mantenga la forma. No toque la arenisca hasta que esté seca por completo (aproximadamente de 2 a 3 días).

### Conglomerado:

1. Forre una caja de zapatos con la bolsa de plástico para basura.
2. Añada un vaso de cemento seco, un vaso de arena seca y un vaso de agua fría. Mezcle rigurosamente con una varilla.
3. Añada varias rocas a la mezcla y mezcle rigurosamente.
4. Vierta en vasos pequeños forrados con bolsas para emparedados, uno por cada estudiante.
5. Coloque los vasos en un área cálida para que se seque (aproximadamente de 2 a 3 días).

### Caliza:

1. Forre una caja de zapatos con la bolsa de plástico para basura.
2. Añada yeso y agua. Mezcle rigurosamente con una varilla.
3. Agregue las conchas y mézclelas con el yeso.
4. Vierta en vasos pequeños, uno por cada estudiante.
5. Coloque los vasos en un área cálida para que se seque (aproximadamente de 2 a 3 días).

### Seguimiento (2 a 3 días más tarde):

1. Los estudiantes deben quitar el conglomerado y la caliza de los vasos. Deben colocar la arenisca, el conglomerado y la caliza en una fila frente a ellos.
2. Haga una tabla de datos con tres columnas, una para cada tipo de roca. Cada estudiante debe examinar sus muestras con una lupa, y comparar y contrastar las propiedades de los tres tipos de roca. ¿Cuáles son las semejanzas? ¿Cuáles son las diferencias?
3. Dibuje un diagrama tipo borrador de cada muestra de roca.

---

## Actividad II (duración: 30 minutos)

El objetivo de esta actividad es medir la porosidad de la arena.

1. Mida 50 mL de arena en un cilindro graduado.
2. Coloque la arena seca en un vaso pequeño de precipitado.
3. Mida 100 mL de agua en un cilindro graduado. De a poco, añada el agua a la arena. ¿A dónde se dirige?
4. Siga añadiendo agua a la arena hasta que la arena esté completamente saturada con agua. No deje que la arena rebose de agua.

5. Determine la cantidad de agua que se usó para llenar los espacios de aire entre las partículas de arena. Este es el volumen poroso de la arena.
6. Calcule la porosidad de lo mismo como se indica a continuación:  

$$\text{Porosidad (\%)} = \frac{\text{Volumen poroso de la arena (mL)}}{\text{Volumen total de arena (mL)}} \times 100 \%$$

## Análisis (duración: 30 minutos)

### Actividad I:

Hable sobre las observaciones que hicieron los estudiantes. ¿Qué propiedades fueron diferentes entre los tipos de roca? ¿Qué propiedades fueron iguales? Explique que, por lo general, los tipos de rocas sedimentarias se clasifican según el tamaño de grano y la composición.

La arenisca es una roca de grano mediano, con granos de tamaños que varían de 1/6 mm a 2 mm de diámetro. Se forma mediante la cementación de granos de arena.

El conglomerado es una roca sedimentaria de grano grueso, con diámetros de grano superiores a los 2 mm. Se forma mediante la cementación de trozos redondos de grava.

¿De dónde proviene el "cemento" en la naturaleza? Las soluciones de minerales disueltos, como el carbonato de calcio, pueden cementar partículas. En el experimento de la arenisca, la sal de Epsom (un tipo de mineral) ocupó el lugar de los depósitos minerales que se encuentran en el agua y que unen el sedimento.

Pregunte a los estudiantes qué diferencia tiene la caliza en comparación con la arenisca y el conglomerado. La caliza no se forma como las otras rocas sedimentarias porque no se cementa. Se une químicamente. Por esta razón, la caliza no se forma en capas. ¿Por qué la muestra de caliza contiene conchas? Explique que la caliza se forma en ambientes acuosos. A menudo se encuentra en aguas cálidas de mar y es un tipo común de roca para encontrar fósiles.

Hable sobre las demás clasificaciones de rocas sedimentarias: lutita, grava, carbón, till y mantillo.

### Actividad II:

¿A dónde se dirigió el agua cuando se la vertió en la arena? ¿Cuánta agua se usó para llenar los espacios? ¿Cuál fue la porosidad de la arena? Hable sobre la relación entre este experimento y la formación de depósitos sedimentarios. Puede llenarse con agua hasta un 40 % a un 50 % del volumen total de un depósito sedimentario.

¿Qué le ocurre al agua cuando estos depósitos sedimentarios se convierten en rocas? A medida que se acumulan capas de sedimento una arriba de otra, las capas inferiores quedan sujetas a presiones y temperaturas en aumento. Se empuja el agua contenida en los espacios porosos entre los granos de sedimento, y esta transporta lentamente los minerales disueltos a través de la roca a medida que se dirige hacia arriba. A menudo, estos minerales disueltos se precipitan en las capas superiores más frías y actúan como cemento. Es así como unen los granos de sedimento para formar rocas.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.



## IDENTIFICACIÓN DE MINERALES

### Descripción

Los estudiantes explorarán algunas de las propiedades físicas de los minerales y cómo estas pueden usarse para identificar minerales.

#### VOCABULARIO:

1. Mineral
2. Inorgánico
3. Cristal
4. Elemento
5. Magnetismo
6. Dureza
7. Veta
8. Exfoliación
9. Fractura
10. Efervescencia

#### MATERIAL:

- Película *Reglas del terreno*
- Respuestas de identificación de minerales (proporcionada)
- Escala de dureza de Mohs (proporcionada)
- Tabla de identificación de minerales (proporcionada)
- 5 muestras numeradas de minerales (buena calidad)
- Lupas
- Placas de vetas
- Monedas de cobre
- Limas de acero o clavos
- Imanes
- Portaobjetos de vidrio para microscopio
- Vinagre/ácido clorhídrico diluido y un gotero
- Gafas y guantes de seguridad

### Introducción (duración: 20 minutos)

Pregunte a los estudiantes qué es un mineral. Los minerales son sustancias sólidas e inorgánicas que se generan naturalmente, y tienen estructuras y composiciones químicas específicas. Los minerales están presentes en rocas y pueden extraerse mediante la minería para fabricar todas las cosas que usamos en nuestras vidas cotidianas.

Vea el Capítulo 3 “Minería y el mundo moderno” de la película *Reglas del terreno*. Hable sobre la importancia de los minerales en nuestras vidas cotidianas.

Pregunte a los estudiantes si saben cómo diferenciar un mineral específico de otro mineral. Puede distinguir minerales al buscar ciertas propiedades. Debido a que cada mineral es único en cuanto a la composición química y la estructura, cada uno tiene su propio conjunto de propiedades físicas, ópticas y estructurales, que ayudan a diferenciarlo. La química hace referencia a las unidades estructurales o los elementos básicos que conforman el mineral. Las propiedades ópticas hacen referencia a la apariencia del mineral y lo que ocurre cuando brilla. Las propiedades físicas como la dureza y la veta pueden probarse con facilidad.

Hable sobre algunas de las propiedades físicas comunes de los minerales que pueden analizarse para identificar un mineral. Estas son el color, el brillo, la exfoliación, la veta, la dureza, el magnetismo y la efervescencia.



El color es a menudo la primera propiedad que se nota de un mineral, pero quizás no sea la característica que pueda proporcionar un buen diagnóstico. A menudo, el color puede ser engañoso debido a que algunos minerales tienen una variedad de colores. Por eso, se debe aplicar en conjunto con otras características.

El brillo es una descripción de la forma en que la superficie de un mineral refleja la luz. La distinción más fácil de hacer es si el mineral tiene un brillo metálico o no metálico. Los minerales metálicos tienen un brillo parecido al del papel aluminio o las joyas. Si el mineral es no metálico, su brillo puede describirse en más detalle de las siguientes formas:

- Vítreo (como el vidrio)
- Perlado (como una perla)
- Ceroso (como la cera)
- Resinoso (como la resina)
- Grasoso (como una superficie engrasada)
- Terroso o mate (sin verdadero brillo en la superficie)
- Adamantino (brillante, centelleante, como una gema)

La exfoliación es la tendencia que tiene un cristal a fracturarse a lo largo de superficies planas. La exfoliación se relaciona con planos de fuerza de enlace químico débil dentro del mineral. La exfoliación se caracteriza por la cantidad de planos de exfoliación y ángulos que forman los planos de exfoliación. También se caracteriza por qué tan bien se fractura el mineral (es decir, fractura perfecta, buena, regular o mala). Algunos minerales no tienen exfoliación. Por el contrario, se fracturan en piezas irregulares.

La veta es el color de las partículas de polvo que quedan cuando se raspa un mineral contra una superficie abrasiva. El color de la veta es más confiable que el color de la superficie como un indicador. El color de la veta es constante, pero el color de la superficie puede variar.

La dureza es una medida de la resistencia del mineral a los rayones o la abrasión. Se mide mediante la Escala de dureza de Mohs. Esta es una escala que mide la dureza de los minerales en relación con cada uno. La escala varía de 1 a 10, donde 1 es el más blando y 10 el más duro. Un mineral debe poder rayar cualquier mineral con un número de dureza inferior, y un mineral o material con un número de dureza mayor debe poder rayarlo. Las siguientes herramientas simples con valores conocidos de dureza pueden usarse para determinar la dureza de un mineral:

- Uña: dureza de 2 a 3
- Moneda de cobre: dureza de 4 a 5
- Lima de acero/clavo: dureza de 5 a 6
- Vidrio: dureza de 5 a 6

El magnetismo identifica minerales específicos ricos en hierro. Solo algunos minerales como la magnetita o la pirrotita son magnéticos.

La efervescencia se produce cuando se aplica un ácido débil a algunos minerales que contienen carbonato de calcio. El dióxido de carbono se libera en esta reacción y el ácido burbujea en la superficie del mineral.

Explique que estas son solo algunas de las propiedades que se usan para identificar minerales. Los geólogos usan muchas más propiedades para identificar un mineral definitivamente.

## Actividad (duración: 50 minutos)

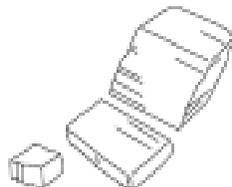
El objetivo de esta actividad es identificar 5 muestras de minerales mediante el análisis de varias propiedades físicas.

### Preparación:

1. Elija 5 muestras de minerales de alta calidad que pueden identificarse con facilidad según el color, el brillo, la exfoliación, la veta, la dureza y el magnetismo. Algunas muestras buenas de minerales para usar son las siguientes: magnetita, hematita, talco (esteatita), cuarzo, chalcopirita, pirita, feldespato.
2. Prepare cinco estaciones de identificación de minerales. Cada estación debe tener un mineral con número, una tabla de identificación de minerales (para registrar las respuestas), una placa para vetas, una lupa, herramientas de dureza, un imán, una botella pequeña con ácido, gafas y guantes de seguridad.
3. Divida la clase en cinco grupos. Debe haber un grupo por estación al inicio.
4. Cada grupo tendrá 10 minutos para determinar las propiedades de los minerales de esa muestra. Luego los grupos rotarán a la siguiente estación y harán lo mismo con el siguiente mineral, y así sucesivamente. La actividad se da por finalizada cuando todos los grupos hayan visitado cada estación.

### Actividad:

1. **Color:** observe el mineral y decida qué colores están presentes en la superficie del mineral. Escriba los colores en el espacio apropiado en la tabla de identificación de minerales.
2. **Brillo:** observe cómo el mineral refleja la luz. Primero determine si el mineral tiene un brillo metálico o no metálico. ¿Brilla cuando la luz se refleja en la superficie (como papel aluminio)? ¿Parece metal? Si la respuesta es sí, entonces tiene un brillo metálico. Si es opaco o brillante, pero no como un metal, entonces tiene un brillo no metálico. Si el brillo es no metálico, trate de clasificarlo en más detalle como mate, terroso, ceroso, perlado, vítreo, resinoso o adamantino. Registre el brillo en la tabla de identificación de minerales.
3. **Exfoliación:** observe las partes fracturadas de la superficie del mineral con una lupa. ¿Cómo se ve el mineral en las partes en las que se fracturó? ¿El mineral se fracturó a lo largo de superficies planas? Si la respuesta es sí, entonces el mineral tiene exfoliación. Si la respuesta es no, entonces el mineral no tiene exfoliación. Escriba “sí” o “no” en la casilla de exfoliación en la tabla de identificación de minerales. Si el mineral no tiene exfoliación, se fracturará en piezas irregulares, como se muestra a continuación.

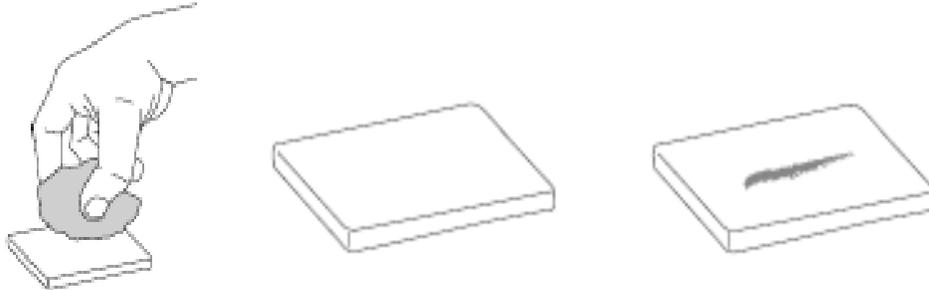


**Exfoliación**



**Fractura**

4. **Veta:** sostenga la placa para vetas en la mesa con una mano. Agarre el mineral con la otra mano, presiónelo firmemente contra la placa de la veta y empújelo hacia usted para hacer una veta como se muestra a continuación. Si lo presiona débilmente, no se veteará correctamente. Registre el color de la veta en la casilla de vetas de la tabla de identificación de minerales. Si no se puede ver una veta en la placa para vetas, registre “ninguna”. Pruebe un par de superficies diferentes del mineral para hacer una veta.



5. **Dureza:** lleve a cabo una serie de pruebas con las herramientas de dureza para identificar la gama de dureza del mineral. Empiece con la herramienta más blanda, la uña, y continúe hasta llegar al vidrio. Cada vez, evalúe si el mineral es más duro o más blando que el material que está tratando de rayar. Si la herramienta de dureza raya el mineral, el mineral es más blando que esa herramienta. Si el mineral raya la herramienta de dureza, el mineral es más duro que la herramienta. Quizás tenga que usar una lupa para ver el rayón. Los rayones reales no se quitan al pasar el dedo. Busque los valores de dureza de las herramientas de dureza y registre si la dureza del mineral es superior o inferior a esos valores en la tabla de identificación de minerales.
- Prueba de la uña:** trate de rayar el mineral con la uña. Si la uña raya el mineral, busque la dureza de una uña en la escala de dureza y registre que la dureza del mineral es inferior a ese número en la casilla de la tabla de identificación de minerales; continúe con el paso 7. Si la uña no raya el mineral, vaya al apartado b.
  - Prueba de la moneda:** intente rayar una moneda de cobre con el mineral. Si no se raya la moneda, esta es más dura que el mineral. Busque la dureza de una moneda de cobre en la escala de dureza y registre que la dureza del mineral es inferior a ese número en la casilla de la tabla de identificación de minerales; continúe con el paso 7. Si el mineral raya la moneda, vaya al apartado c.
  - Prueba de la lima de acero o el clavo:** intente rayar una lima de acero o clavo con el mineral, O BIEN intente rayar el mineral con la lima o el clavo. Si el mineral no raya la lima o el clavo, O BIEN si la lima o el clavo raya el mineral, el mineral es más blando que el acero. Busque el número de dureza de la lima de acero o el clavo en la escala y registre que la dureza del mineral es inferior a ese número; continúe con el paso 7. Si el mineral es más duro que la lima de acero o el clavo, vaya al apartado d.
  - Prueba del vidrio:** intente rayar una placa de vidrio con el mineral. Si el mineral raya la placa, registre que el mineral es más duro que el vidrio. Si el mineral no raya la placa de vidrio, registre que su dureza es inferior a la dureza del vidrio.

6. **Magnetismo:** sostenga un imán cerca del mineral. Si el imán se mueve hacia el mineral, escriba “sí” en la casilla “magnético” en la tabla de identificación de minerales. Si no, escriba “no”.
7. **Efervescencia:** colóquese las gafas y los guantes de seguridad. Añada una gota de ácido clorhídrico diluido o vinagre al mineral. Examine la reacción con una lupa. Si el mineral burbujea, este es efervescente. Si no se produce ninguna reacción, el mineral no es efervescente. Escriba “sí” o “no” en la casilla de la tabla de identificación de minerales.
8. Vaya a la siguiente estación y repita los pasos 1 a 7. Continúe hasta que se hayan analizado los cinco minerales.
9. Compare los resultados de las pruebas con las respuestas de identificación de minerales y trate de identificar los cinco tipos de minerales.

### Análisis (duración: 20 minutos)

Revise las respuestas con la clase y vea cuántas muestras determinó correctamente cada grupo. Si hubo algunas muestras que fueron difíciles de determinar, compare los resultados de las pruebas con las respuestas de identificación de minerales, vea qué propiedades se identificaron incorrectamente y vuelva a analizar esas propiedades con toda la clase.

¿Qué propiedades fueron las más útiles para identificar cada muestra de mineral? ¿Qué propiedad fue la menos útil? ¿Qué mineral fue el más fácil de identificar?

Vea el Capítulo 3 de la película *Reglas del terreno* otra vez. Use la película para hacer una lista de los objetos que se fabricaron con los minerales que identificó en esta actividad.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.

Respuestas de identificación de minerales  
(algunos minerales comunes)

Mineral	Color	Brillo	Exfoliación	Veta	Dureza	Magnético	Efervescencia
Bauxita	rojo, marrón, amarillo	terroso, mate	no	marrón claro, blanco	1-3	no	no
Calcita	varía <sup>(1)</sup>	vítreo, perlado	sí (perfecta, 3 direcciones)	blanco	2,5-3	no	sí
Chalcopyrita	amarillo dorado	metálico	sí (mala, 1 dirección)	negro verdoso	4	no	no
Dolomita	varía <sup>(2)</sup>	vítreo, perlado	sí (perfecta, 3 direcciones)	blanco	3,5-4	no	no
Feldespato	varía <sup>(3)</sup>	vítreo, perlado	sí (ángulo de 90°)	blanco	6	no	no
Fluorita	varía <sup>(4)</sup>	vítreo	sí (perfecta, 4 direcciones)	blanco	4	no	no
Granate	blanco a gris oscuro, rojo	vítreo, perlado	no	ninguna	6,5	no	no
Hematita	marrón rojizo, gris, negro	metálico	no	marrón rojizo	5-6 <sup>(6)</sup>	no	no
Hornblenda	verde oscuro, negro	vítreo, mate	sí (perfecta, 2 direcciones)	ninguna	5-6	no	no
Magnetita	negro	metálico	no	negro	6	sí	no
Pirita	amarillo dorado	metálico	no	negro verdoso	6	no	no
Pirrotita	amarillo dorado	metálico	no	gris oscuro, negro	3,5-4,5	sí	no
Cuarzo	varía <sup>(5)</sup>	vítreo	no	blanco	7	no	no
Talco	gris, blanco	perlado, grasoso	sí (perfecta, 1 dirección)	blanco	1	no	no

- (1) blanco, incoloro, marrón, negro verdusco
- (2) blanco, incoloro, rosa, marrón, gris
- (3) rosa, gris, blanco, rojo, verde, azul, incoloro, negro
- (4) blanco, incoloro, púrpura, rosa, amarillo, marrón
- (5) verde claro, púrpura, amarillo, incoloro
- (6) puede parecer más blando

## Escala de dureza de Mohs

Tipo de mineral	Dureza	Prueba de la herramienta de dureza
Talco	1	se raya con la uña
Yeso	2	
Calcita	3	se raya con la moneda de cobre
Fluorita	4	se raya con la lima de acero/el clavo
Apatita	5	
Feldespato	6	raya el vidrio
Cuarzo	7	
Topacio	8	
Corindón	9	
Diamante	10	

Tabla de identificación de minerales

Propiedad	Número de muestra				
	1	2	3	4	5
Color					
Brillo					
Exfoliación					
Veta					
Dureza					
Magnético					
Efervescente					
Tipo de mineral					



## TECTÓNICA CON PLASTILINA

### Descripción

Los estudiantes explorarán estructuras geológicas, entre ellas los estratos horizontales, los anticlinales, los sinclinales y las fallas. Obtendrán conocimiento sobre el orden en el que se depositan las capas de roca. Desarrollarán habilidades para dibujar mapas y cortes transversales a escala.

#### VOCABULARIO:

1. Estrato
2. Cañón
3. Erosión
4. Pliegue
5. Sinclinal, anticlinal
6. Falla (normal, inversa, de cabalgamiento, de despegue, de rumbo deslizante)
7. Columna estratigráfica
8. Corte transversal
9. Escala de mapa
10. Fosa tectónica y pilar tectónico

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Plastilina (4 colores)
- Papel encerado
- Cuchillos de plástico
- Lápices de colores (que coincidan con los colores de la plastilina)
- Reglas
- Transportadores
- Palos de amasar
- Hoja de columna estratigráfica (proporcionada)
- Optativo: fotografías del Gran Cañón y estructuras de rocas con pliegues/fallas

### Introducción (duración: 15 minutos)

Pregunte a los estudiantes si alguna vez vieron un corte de roca (el lugar en el que se hizo explotar la roca o se cortó para que se vea el perfil vertical). ¿Qué notaron?

Hable sobre cómo se depositan las capas de roca. La capa más antigua se deposita primero y la más joven se deposita arriba de todo. Las capas se denominan estratos. Los depósitos minerales pueden encontrarse en una o más capas de roca. Si hay capas de roca encima del depósito mineral, deben quitarse antes de poder extraer los minerales. A veces las capas suprayacentes se denominan destape. Este material debe apilarse mientras la mina está en funcionamiento. Cuando se finalizó la extracción, el material se esparce sobre la tierra de nuevo durante la fase de recuperación.

Vea el Capítulo 4 “Retos de ingeniería” de la película *Reglas del terreno*. Concéntrese en la operación de minería a cielo abierto (mina Grasberg) en la cima de la montaña. Pregunte a los estudiantes si saben cómo se forman las montañas. Hable sobre el proceso de pliegue. ¿Cómo llegó el cuerpo mineral a la cima de la montaña? ¿El cuerpo mineral es más joven o más antiguo que la roca en la base de la montaña?

¿Cómo hicieron los mineros para acceder a las capas de depósitos minerales? Hable brevemente sobre el proceso de minería a cielo abierto.



## Actividad I (duración: 45 minutos)

El objetivo de esta actividad es modelar una variedad de estructuras geológicas y preparar mapas y cortes transversales a escala.

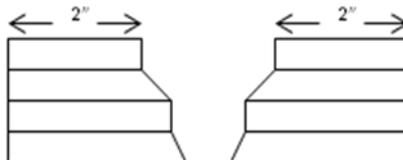
### Estratos horizontales:

1. Estire una hoja de papel encerado (al menos 5" por 10") sobre la mesa.
2. Elija un color de plastilina. Quite aproximadamente 2/3 de la plastilina del recipiente y colóquela sobre el papel encerado. Extienda la plastilina para formar un rectángulo que tenga un espesor de aproximadamente 1/4" y aproximadamente 3" de ancho por 6" de largo.
3. Repita el proceso con los otros tres colores de plastilina.
4. Apile las capas cuidadosamente, una arriba de la otra, y recorte la plastilina para que los bordes queden parejos.
5. Gire el modelo para que el lado de 6" quede frente a usted. Mantenga el modelo en esta orientación en todo momento.
6. Con los lápices de colores, llene los cuadrados en la hoja de columna estratigráfica. Las casillas coloreadas deben coincidir con los colores en el modelo de estratos, con la capa más antigua en la parte inferior y la capa más joven en la parte superior.
7. Dibuje un diagrama de corte transversal del lado de 6" del modelo de estratos. Primero dibuje un rectángulo con las mismas dimensiones del modelo. Dibújelo a una escala de 1:1 (es decir, 1" en el papel equivale a 1" en el modelo). Use una regla para dibujar con precisión la profundidad de las capas. Etiquete el estrato más antiguo y el más joven.

### Erosión:

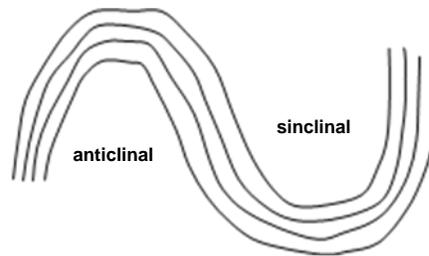
Corte a través de las capas de plastilina para simular la erosión de un cañón, como se explica a continuación:

1. El cañón se colocará en el medio del lado de 6" y se extenderá a lo largo del ancho de 3" del modelo.
2. Con un cuchillo, corte la capa superior verticalmente a 2" de cada extremo. Con cuidado, quite el pedazo de plastilina y déjelo a un costado (no lo aplaste).
3. Corte la 2<sup>da</sup> capa en una pendiente leve en dirección al centro. Con cuidado, quite el pedazo de plastilina y déjelo a un costado.
4. Corte la 3<sup>ra</sup> capa verticalmente. Con cuidado, quite el pedazo de plastilina y déjelo a un costado.
5. Corte la 4<sup>ta</sup> capa en una pendiente leve en dirección al centro. Con cuidado, quite el pedazo de plastilina y déjelo a un costado.
6. Dibuje un mapa de la topografía que ve si mira hacia abajo desde la parte superior del modelo. Use una regla para medir con precisión el ancho de cada capa expuesta en cada extremo del cañón que creó. Etiquete la capa más joven y la más antigua.
7. Dibuje un corte transversal a lo largo del lado de 6" que muestra el cañón a una escala de 1:1. Etiquete la capa más joven y la más antigua.



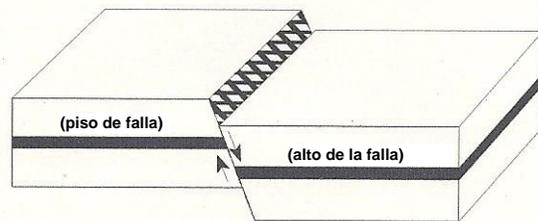
## Pliegues anticlinales y sinclinales:

1. Llene el cañón con los pedazos de plastilina que se quitaron en el modelo de erosión, para que se vea exactamente como la primera vez que se construyó.
2. Coloque las manos en los extremos de 3" del modelo y únalos horizontalmente con cuidado. Deje que el papel encerado se deslice con el modelo. Debe obtener un pliegue anticlinal y uno sinclinal. Modele con las manos según sea necesario.
3. Añada un pedazo adicional de plastilina debajo de la capa inferior de la anticlinal para estabilizar las capas plegadas.
4. Mida los ángulos interlimbos del anticlinal y el sinclinal con un transportador. Describa el ajuste del pliegue como suave ( $170^\circ$  a  $180^\circ$ ), abierto ( $170^\circ$  a  $90^\circ$ ), apretado ( $90^\circ$  a  $10^\circ$ ) o isoclinal ( $10^\circ$  a  $0^\circ$ ).
5. Haga un corte transversal del modelo plegado a una escala de 1:1. Etiquete la capa más antigua y la más joven. Etiquete el pliegue anticlinal y el sinclinal. Dibuje líneas de puntos para marcar los ejes de los pliegues.
6. Mida la longitud del modelo. ¿Es más corto o más largo que el modelo original?



## Falla normal:

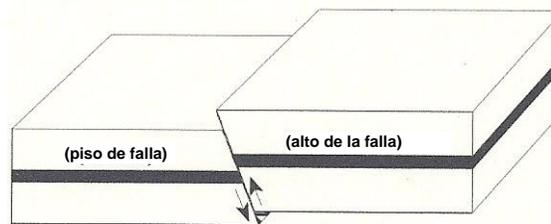
1. Vuelva a colocar el modelo en la posición de estratos horizontales (es decir, deshaga el pliegue).
2. Con un cuchillo, realice un corte inclinado y pronunciado desde la parte superior hasta la parte inferior de la plastilina a través del ancho de 3". Separe las dos partes.
3. Eleve la parte izquierda levemente y coloque algo de plastilina adicional debajo para que se mantenga elevada. Empuje la parte derecha hacia la izquierda hasta que apenas se toquen. Acaba de crear una falla normal.
4. Dibuje un corte transversal de la falla a una escala de 1:1. Etiquete la capa más antigua y la más joven.
5. Mida la longitud del modelo. ¿Es más corto o más largo que el modelo de estratos horizontales?



Falla normal

## Falla inversa:

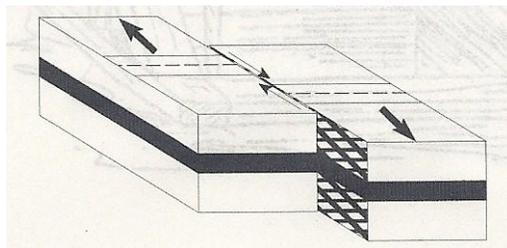
1. Separe las dos partes de la falla normal con cuidado.
2. Quite la plastilina adicional debajo de la parte izquierda y colóquela debajo de la parte derecha, para que la parte derecha sea más alta que la izquierda.
3. Empuje la parte izquierda hacia la parte derecha para que apenas se toquen. Acaba de crear una falla inversa.
4. Dibuje un corte transversal de la falla a una escala de 1:1. Etiquete la capa más antigua y la más joven.
5. Mida la longitud del modelo. ¿Es más corto o más largo que el modelo de la falla normal? ¿Es más corto o más largo que el modelo de los estratos horizontales?



Falla inversa

## Falla de rumbo deslizante:

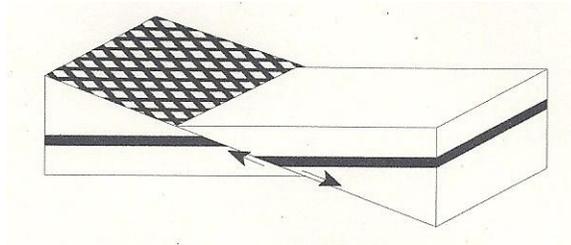
1. Vuelva a unir las mitades de la falla con cuidado para regresar al modelo de estratos horizontales.
2. Con la uña, marque un "camino" en la parte superior del modelo y hacia abajo hasta la línea central paralela al lado más corto.
3. Con un cuchillo, marque una línea de falla a lo largo del modelo, paralela al lado más largo, y deslice las dos mitades de manera horizontal.
4. Gire el modelo para que la línea de falla quede paralela al borde de la mesa en la que está sentado.
5. Observe la mitad del modelo que está más alejada de usted. ¿Está hacia la izquierda o hacia la derecha de la parte más cercana a usted? Si el lado más alejado del modelo se mueve hacia la derecha, tiene una falla de rumbo deslizante de lateral derecho. Si el lado más alejado del modelo se mueve hacia la izquierda, tiene una falla de rumbo deslizante de lateral izquierdo.
6. Dibuje un corte transversal de la falla a una escala de 1:1. Etiquete la capa más antigua y la más joven, e indique si es lateral izquierdo o lateral derecho.



## Actividad II (duración: 15 minutos)

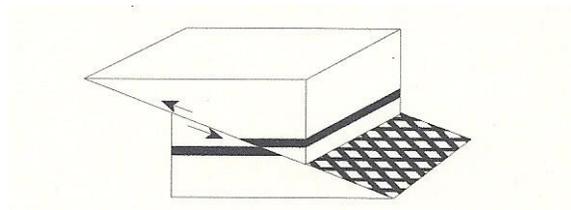
El objetivo de esta actividad es usar el conocimiento obtenido en la actividad I para construir estructuras geológicas más complejas. Los estudiantes deben crear un nuevo modelo de estratos horizontales con tres capas para empezar esta actividad. No les muestre los diagramas de los pasos 1 y 2 hasta que no hayan completado el ejercicio.

1. Cree una falla con una línea de falla poco profunda o con un ángulo bajo. Esto se denomina una falla de despegue. Separe las partes hasta que apenas se toquen. ¿Qué nota sobre la longitud de este modelo en comparación con el modelo de falla normal de la actividad I?



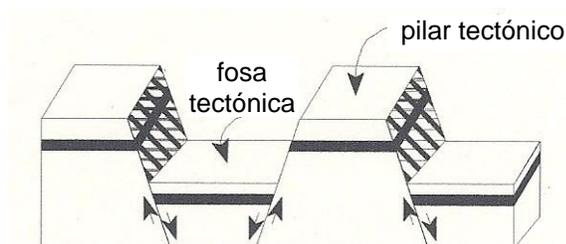
Falla de despegue

2. ¿Cómo puede tomar las dos partes del modelo de falla del paso No. 1 y crear una estructura en la que la capa inferior de roca esté expuesta? Esto se denomina falla de cabalgamiento. ¿Qué puede observar acerca de la longitud de este modelo en comparación con el modelo de falla inversa de la actividad I?



Falla de cabalgamiento

3. Trate de hacer este modelo y explique cómo se crearía en la naturaleza.



## Análisis (duración: 30 minutos)

### Actividad I:

¿Qué estructuras geológicas producen un aumento en la longitud en comparación con el modelo de estratos horizontales? ¿Cuáles producen una disminución en la longitud?

Hable sobre por qué un cañón tiene una topografía “escalonada”. Algunas capas de roca quizás sean más o menos resistentes a la erosión, así que no todas las capas de rocas se erosionarán de la misma forma que la capa superior. ¿Por qué un cañón tiene una forma en “V”? Las capas superiores tuvieron más tiempo para erosionarse, por lo que el cañón es más ancho en la parte superior que en la base. Muestre algunas fotografías del Gran Cañón para mostrar la topografía escalonada.

Pregunte a los estudiantes cómo hicieron para plegar el modelo de roca. En la naturaleza, ¿de dónde provienen las fuerzas de compresión? Hable sobre cómo chocan las placas. Pregunte cuántos estudiantes pudieron crear un pliegue simétrico perfecto solo mediante la aplicación de presión (sin necesidad de modelar con las manos). Hable sobre el hecho de que las capas de roca que se pliegan en la naturaleza pueden ser simétricas o asimétricas. En un pliegue asimétrico, ¿el eje del pliegue sería vertical? No, estaría en un ángulo.

¿Qué ocurriría si empujara con más fuerza desde una dirección que la otra? Quizás obtenga un pliegue volcado en el que la parte más alta del pliegue se apoya más allá de la dirección perpendicular. ¿Qué pasaría si empujara las capas de roca inferiores con más fuerza que las capas superiores? El plano axial de un pliegue se forma de manera perpendicular cuando se aplica mayor esfuerzo de compresión. Muestre algunas fotografías de rocas plegadas. Los pliegues son una respuesta de deformación ante el esfuerzo de compresión que se aplica a una sección de la roca. Estos esfuerzos de compresión empujan la roca. Debido a que la roca es sólida, esta no se puede deformar como un fluido que se acorta y se torna más espeso. Por el contrario, esta se pliega.

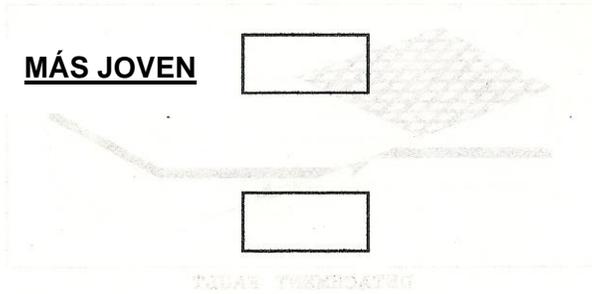
Hable sobre los diferentes tipos de fallas y sobre qué ocurre con las capas de roca en cada una. La falla de San Andrés es una falla de rumbo deslizante que desplazó rocas a cientos de millas de su ubicación original. Como resultado del movimiento horizontal, ahora se pueden encontrar rocas de diferentes edades y distinta composición una al lado de otra.

### Actividad II:

Defina los términos pilar tectónico y fosa tectónica, y cómo estos se aplican en el paso No. 3 de la actividad II. Pida a los estudiantes que describan en términos geológicos lo que ocurre con las capas de roca en este modelo. ¿Cuántas capas de roca se exponen? ¿Dónde están la capa de roca más vieja y la más joven lado a lado?

Visite [cat.com/groundrules](http://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.

## COLUMNA ESTRATIGRÁFICA



**MÁS JOVEN**

Reverse faults are dip-slip faults in which the hanging wall moves up relative to the footwall. Reverse faults are the result of compression (forces that push rocks together).

**MÁS ANTIGUO**

The Sierra Nevada fault in California is an example of a normal fault. There the rocks of the San Gabriel Mountains are being pushed up

Normal faults are dip-slip faults on which the hanging wall moves down relative to the dip of the fault surface. Normal faults are the result of extension (forces that pull rocks apart).





## FORMACIÓN DE ROCAS SEDIMENTARIAS

### Descripción

Los estudiantes aprenderán que las rocas sedimentarias se forman con el material que depositó el agua.

#### VOCABULARIO:

1. Sedimentaria
2. Ígnea
3. Metamórfica
4. Depósitos minerales
5. Magma
6. Sedimentos
7. Mantillo

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Muestras de rocas sedimentarias (caliza, arenisca, conglomerado, yeso)
- Frasco reciclado de aproximadamente un litro (frasco de pepinillos o frasco de conserva)
- 4 cucharadas de arena gruesa
- 4 cucharadas de arena fina
- 4 cucharadas de canto rodado pequeño
- Agua

### Introducción (duración: 15 minutos)

Vea el Capítulo 1 “Exploración” de la película *Reglas del terreno*. Concéntrese en la sección en la que los geólogos están cribando en búsqueda de minerales en el humedal de Nueva Guinea.

Hable sobre cómo las rocas se clasifican en tres grupos principales: ígneas, metamórficas y sedimentarias. Los depósitos minerales también se clasifican en estos tres tipos.

Las rocas ígneas se forman cuando los volcanes hacen erupción. El magma hirviendo sale a la superficie de la tierra, se enfría y se convierte en roca sólida. El magma se enfría muy lentamente, pero de esa forma también se endurece en gran medida.

¿A qué suena la palabra metamórfico? Suena a metamorfosis, que significa un cambio en la forma. Las rocas metamórficas se forman cuando la corteza de la tierra se mueve y hace que la roca se comprima tan fuertemente que produce un calor intenso. Este calor cambia la forma y la estructura de la roca. Las rocas metamórficas son el tipo menos común de todos los tres tipos de depósitos minerales.

El tipo de depósito mineral más común son los depósitos de roca sedimentaria. Los depósitos minerales sedimentarios se crean mediante la erosión. Cuando las montañas se forman por primera vez, son picudas y altas, parecidas a las Montañas Rocosas en la costa oeste de Canadá y Estados Unidos. Con el tiempo, estas montañas dejan de ser tan picudas y pasan a ser más redondeadas. La erosión es el proceso en el que la lluvia y el hielo desgastan la roca y la arena. Los pedazos pequeños de roca que se desmoronan se denominan sedimentos. Estos sedimentos a menudo caen en arroyos y ríos que fluyen montaña abajo. Una vez que disminuye la velocidad de la corriente, los sedimentos se instalan en el fondo de la fuente de agua. Al pasar los años, los sedimentos crean capas de distintos fragmentos de roca mezclados con barro y arena en el fondo de la fuente de agua. Así es como se forman las rocas sedimentarias. Las capas de roca que se encuentran en la parte superior de un depósito son más jóvenes que las que se encuentran abajo.

Haga circular algunas muestras de diferentes tipos de rocas sedimentarias.



## Actividad (duración: 15 minutos + 10 minutos de seguimiento)

El objetivo de esta actividad es mostrar cómo se forman las rocas sedimentarias.

1. Coloque la arena, la tierra fina y el canto rodado pequeño en el frasco.
2. Llene el frasco con agua, coloque la tapa y sacúdalo.
3. Apoye el frasco y vea lo que ocurre. El canto rodado va hacia el fondo inmediatamente. La arena cae para formar una capa. Luego, la arena y los pedazos grandes de tierra caen encima de eso. En la parte superior, se deposita una capa de la tierra más fina.
4. Deje el frasco en un lugar donde no se lo mueva por varios días. Durante este tiempo, la mayoría de los materiales se asentarán y el agua se tornará casi transparente.
5. Haga que los estudiantes realicen las observaciones finales luego de que todos los materiales se hayan asentado.

---

## Análisis (duración: 20 minutos)

Hable sobre lo que ocurre cuando el agua transporta las partículas de minerales a lagos u océanos. A medida que la velocidad de la corriente disminuye, el material se asienta y los pedazos más pesados se depositan primero. Los pedazos más livianos permanecen encima y se forman capas. La caliza y la lutita son minerales que típicamente se forman de esta manera. Esta también es la razón por la que los mineros a menudo quitan el mantillo temporalmente para llegar a un depósito mineral que está enterrado debajo.

¿Qué le ocurre al agua cuando estos depósitos sedimentarios se convierten en rocas? A medida que se acumulan capas de sedimento una arriba de otra, las capas inferiores quedan sujetas a presiones y temperaturas en aumento. Se empuja el agua contenida en los espacios porosos entre los granos de sedimento, y esta transporta lentamente los minerales disueltos a través de la roca a medida que se dirige hacia arriba. A menudo, estos minerales disueltos se precipitan en las capas superiores más frías y actúan como cemento. Es así como unen los granos de sedimento para formar rocas.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.

# GROUND RULES



GEOLOGÍA



**GEOLOGÍA**  
EDAD 15 A 18



## FORMACIÓN DE CRISTALES A PARTIR DE MINERALES

### Descripción

Los estudiantes observarán el proceso de formación de cristales, medirán el crecimiento de cristales y aprenderán a distinguir entre estalactitas y estalagmitas y cómo estas estructuras se forman naturalmente en cuevas de caliza.

#### VOCABULARIO:

1. Cristal
2. Átomo
3. Molécula
4. Solución
5. Ión
6. Reacción
7. Precipitar
8. Variable dependiente
9. Variable independiente
10. Gráfico lineal
11. Estalactita, estalagmita
12. Caliza, calcita

#### MATERIALES:

- Botella de 1,2 oz (35,5 mL) de silicato de sodio
- Frasco de vidrio de 1,4 oz (41,4 mL) (frasco de alimento para bebés)
- Agua
- 1 ampolla de varios cristales de sulfato (sulfato de cobre azul, sulfato de níquel verde y sulfato de magnesio blanco)
- Gafas y guantes de seguridad
- Pinzas
- Papel cuadriculado
- Lápiz y lápices de color
- Reglas
- Acceso a Internet o libros de referencia

### Introducción (duración: 15 minutos)

Pregunte a los estudiantes qué es un cristal. En cristales de cualquier tipo, los átomos o las moléculas se unen en un patrón que se repite una y otra vez para crear una forma específica. Los cristales crecen a medida que se repite el mismo patrón de manera continua.

Pregunte a los estudiantes si saben lo que son las estalactitas y las estalagmitas. ¿En dónde se las puede encontrar? Generalmente, se encuentran en cuevas de caliza. Las estalactitas se forman en el techo de una cueva y crecen hacia abajo, mientras que las estalagmitas se forman en el suelo y crecen hacia arriba.

Explique que hay varias formas de crear cristales. En esta actividad, crearán cristales a partir de sales metálicas solubles. Cuando las sales se ponen en contacto con la solución de silicato de sodio, el metal reacciona y la reacción crea los cristales precipitantes de color. Estos cristales crecerán hacia arriba para formar estalagmitas.

Advierta a los estudiantes que algunos de los químicos que se usan pueden irritar o corroer la piel, o pueden ser tóxicos. Los cristales no deben manipularse directamente. Se deben usar guantes o pinzas.



## Actividad I (duración: 30 minutos)

El objetivo de esta actividad es crear estalagmitas de cristal.

1. Colóquese los guantes y las gafas de seguridad.
2. Abra la botella de silicato de sodio y vierta el contenido en el frasco de vidrio.
3. Llene lo que resta del frasco con agua.
4. Coloque la tapa del frasco y asegúrese de que esté apretada de forma segura. Agite el frasco vigorosamente.
5. Abra la ampolla de los cristales y viértalos con cuidado en la solución de silicato de sodio de manera que los cristales caigan al fondo del frasco. Como opción, puede colocar los cristales donde quiera que crezcan con las pinzas. Coloque la tapa y ajústela.
6. Registre el tiempo en la hoja de datos.
7. En intervalos regulares, registre la longitud de una estalagmita de silicato de cobre (verde), una estalagmita de silicato de níquel (azul) y una estalagmita de silicato de magnesio (blanco) en la tabla de datos con la hora de medición. Tendrá que realizar las mediciones desde el exterior del frasco. Siga realizando las mediciones hasta que los cristales dejen de crecer.
8. Cree un gráfico lineal en papel cuadriculado donde se muestre el índice de crecimiento de los cristales en el tiempo. Use tres colores de líneas para representar los tres colores de cristales.

## Actividad II (duración: 30 minutos)

El objetivo de esta actividad es explorar las reacciones químicas que se producen cuando las estalactitas y las estalagmitas crecen en cuevas de caliza. Consulte en Internet o en el libro o la enciclopedia de referencia apropiados y responda las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es el tipo más común de mineral que se encuentra en la caliza? ¿Cuáles son los otros dos minerales que a veces encuentran en la caliza?
2. ¿Cuál es la fórmula química del mineral más común?
3. ¿Cómo se forma la caliza?
4. Explique cómo se forman las estalactitas y las estalagmitas en las cuevas de caliza.
5. ¿Qué sustancia química se forma en la solución líquida que gotea en la cueva?
6. ¿Cuál es la fórmula química de la reacción que crea la solución líquida que gotea en la cueva?
7. ¿Cuál es la fórmula química de la reacción que produce los cristales?
8. Por lo general, ¿cuánto crecen los cristales de las cuevas de caliza en un año? ¿Qué controla el índice de crecimiento?

## Análisis (duración: 15 minutos)

### Actividad I:

Analice los resultados del experimento. Mire los gráficos lineales. ¿Qué cristales fueron los que más crecieron? ¿Qué cristales se formaron con mayor rapidez? ¿Qué tipo de cristal fue más abundante? ¿El índice de crecimiento fue constante o varió con el tiempo?

Explique cómo se forman los cristales. Ciertas sales metálicas, especialmente los metales de transición (los grupos 3 a 12 en la tabla periódica), forman precipitaciones en la solución de silicato de sodio. Debido a que la sal metálica se disuelve, la solución resultante es menos densa que el silicato de sodio. La diferencia en densidad hace que el producto, un silicato de ión metálico insoluble, se eleve por encima de la solución. Esta es la razón por la que el cristal crece hacia arriba. A medida que reacciona con el anión de silicato, las estalagmitas se forman desde el fondo del frasco hacia arriba. Las superficies de los silicatos son semipermeables, lo que permite que el agua se desplace a través de ellas. La presión del agua hace que las membranas exploten y así más iones de metal reaccionan. Este proceso se repite hasta que la sal metálica se disuelve por completo y se crea una estructura cristalina.

Si los estudiantes quieren llevar sus jardines de cristal a casa, retire con cuidado la solución de silicato y llene el frasco con agua.

### Actividad II:

Revise las respuestas de las preguntas.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.

## Actividad II: respuestas

1. La calcita es el mineral más común que se encuentra en la caliza. Con frecuencia, la caliza también contiene dolomita y aragonito.
2.  $\text{CaCO}_3$  (carbonato de calcio).
3. La caliza se forma a partir de la precipitación de carbonato de calcio en el agua. Se puede formar con o sin la ayuda de organismos vivos. El proceso de formación de las estalactitas y las estalagmitas en las cuevas de caliza se produce sin la ayuda de organismos vivos.
4. El ingrediente clave para hacer estalactitas y estalagmitas es el agua. Cuando el agua de lluvia se escurre a través de las grietas en las rocas, recoge dióxido de carbono y minerales de la caliza y los transporta al interior de la cueva. Una vez que esta solución se pone en contacto con el aire dentro de la cueva, empieza a convertirse en cristales de calcita y se precipita alrededor de la grieta. A medida que el agua sigue goteando, se forman más cristales de calcita encima de los anteriores y la estalactita crece en longitud. Parte del agua gotea sobre el suelo de la cueva y crea estalagmitas.
5. Bicarbonato de calcio o  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ .
6.  $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
7.  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$  (lo opuesto a la ecuación en No. 6)
8. El crecimiento de las estalactitas y las estalagmitas es muy lento. Un índice de crecimiento promedio es de aproximadamente 0,005" (o 0,1 mm) por año. El índice del flujo de agua hacia la cueva controla el índice de crecimiento.



## ELABORACIÓN DE ARENISCA, CONGLOMERADO Y CALIZA

### Descripción

Los estudiantes explorarán los procesos que forman las rocas sedimentarias y modelarán diferentes clases de rocas sedimentarias.

#### VOCABULARIO:

1. Clasificación
2. Rocas sedimentarias
3. Arenisca
4. Conglomerado
5. Caliza
6. Tamaño de grano
7. Porosidad

#### MATERIALES:

- Arena seca, cemento seco y yeso seco
- Solución para cementación (2 partes de agua, 1 parte de sal de Epsom)
- Vasos pequeños de papel y 2 cajas de zapatos
- Varillas para mezclar
- Bolsas de basura y bolsas para emparedado
- Agua
- Rocas pequeñas y pedazos de conchas
- Lupas
- Muestras de diferentes tipos de rocas sedimentarias y algunas rocas ígneas o metamórficas
- Cilindro graduado y vaso de precipitados
- Calculadoras

### Introducción (duración: 15 minutos)

Muestre una variedad de distintos tipos de rocas sedimentarias (y una o dos rocas ígneas o metamórficas) a la clase. Pregunte a los estudiantes qué clase de rocas son. ¿Son todas del mismo tipo? Pídales que encuentren una o dos rocas que sean diferentes a las demás. Hable sobre las diferencias entre las rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas.

Haga que los estudiantes observen las rocas sedimentarias. Explique que además de las tres clasificaciones de rocas más importantes, también hay formas de clasificar o agrupar tipos de rocas sedimentarias.

Explique que en esta actividad, elaborarán tres tipos diferentes de rocas sedimentarias. También explorarán las formas en las que se pueden clasificar las rocas sedimentarias.



## Actividad I (duración: 30 minutos + 30 minutos unos días más tarde)

El objetivo de esta actividad es hacer una pieza de arenisca, conglomerado y caliza.

### Arenisca:

1. Llene la mitad de un vaso pequeño de papel con arena.
2. Agregue lentamente la solución de cementación hasta que la arena esté completamente húmeda, pero sin que se concentre el agua en un lugar.
3. Coloque la arenisca en un lugar cálido hasta que la parte superior esté seca (durante una noche).
4. Al día siguiente, dé vuelta el vaso sobre una servilleta de papel. Con cuidado, quite el vaso. Todavía estará húmeda, pero debería estar lo suficientemente seca como para que mantenga la forma. No toque la arenisca hasta que esté seca por completo (aproximadamente de 2 a 3 días).

### Conglomerado:

1. Forre una caja de zapatos con la bolsa de plástico para basura.
2. Añada un vaso de cemento seco, un vaso de arena seca y un vaso de agua fría. Mezcle rigurosamente con una varilla.
3. Añada varias rocas a la mezcla y mezcle rigurosamente.
4. Vierta en vasos pequeños forrados con bolsas para emparedados, uno por cada estudiante.
5. Coloque los vasos en un área cálida para que se seque (aproximadamente de 2 a 3 días).

### Caliza:

1. Forre una caja de zapatos con la bolsa de plástico para basura.
2. Añada yeso y agua. Mezcle rigurosamente con una varilla.
3. Agregue las conchas y mézclelas con el yeso.
4. Vierta en vasos pequeños, uno por cada estudiante.
5. Coloque los vasos en un área cálida para que se seque (aproximadamente de 2 a 3 días).

### Seguimiento (2 a 3 días más tarde):

1. Los estudiantes deben quitar el conglomerado y la caliza de los vasos. Deben colocar la arenisca, el conglomerado y la caliza en una fila frente a ellos.
2. Haga una tabla de datos con tres columnas, una para cada tipo de roca. Cada estudiante debe examinar sus muestras con una lupa, y comparar y contrastar las propiedades de los tres tipos de roca. ¿Cuáles son las semejanzas? ¿Cuáles son las diferencias?
3. Dibuje un diagrama tipo borrador de cada muestra de roca.

---

## Actividad II (duración: 30 minutos)

El objetivo de esta actividad es medir la porosidad de la arena.

1. Mida 50 mL de arena en un cilindro graduado.
2. Coloque la arena seca en un vaso pequeño de precipitado.
3. Mida 100 mL de agua en un cilindro graduado. De a poco, añada el agua a la arena. ¿A dónde se dirige?
4. Siga añadiendo agua a la arena hasta que la arena esté completamente saturada con agua. No deje que la arena rebose de agua.

5. Determine la cantidad de agua que se usó para llenar los espacios de aire entre las partículas de arena. Este es el volumen poroso de la arena.
6. Calcule la porosidad de lo mismo como se indica a continuación:  

$$\text{Porosidad (\%)} = \frac{\text{Volumen poroso de la arena (mL)}}{\text{Volumen total de arena (mL)}} \times 100 \%$$

## Análisis (duración: 30 minutos)

### Actividad I:

Hable sobre las observaciones que hicieron los estudiantes. ¿Qué propiedades fueron diferentes entre los tipos de roca? ¿Qué propiedades fueron iguales? Explique que, por lo general, los tipos de rocas sedimentarias se clasifican según el tamaño de grano y la composición.

La arenisca es una roca de grano mediano, con granos de tamaños que varían de 1/6 mm a 2 mm de diámetro. Se forma mediante la cementación de granos de arena.

El conglomerado es una roca sedimentaria de grano grueso, con diámetros de grano superiores a los 2 mm. Se forma mediante la cementación de trozos redondos de grava.

¿De dónde proviene el "cemento" en la naturaleza? Las soluciones de minerales disueltos, como el carbonato de calcio, pueden cementar partículas. En el experimento de la arenisca, la sal de Epsom (un tipo de mineral) ocupó el lugar de los depósitos minerales que se encuentran en el agua y que unen el sedimento.

Pregunte a los estudiantes qué diferencia tiene la caliza en comparación con la arenisca y el conglomerado. La caliza no se forma como las otras rocas sedimentarias porque no se cementa. Se une químicamente. Por esta razón, la caliza no se forma en capas. ¿Por qué la muestra de caliza contiene conchas? Explique que la caliza se forma en ambientes acuáticos. A menudo se encuentra en aguas cálidas de mar y es un tipo común de roca para encontrar fósiles.

Hable sobre las demás clasificaciones de rocas sedimentarias: lutita, grava, carbón, till y mantillo.

### Actividad II:

¿A dónde se dirigió el agua cuando se la vertió en la arena? ¿Cuánta agua se usó para llenar los espacios? ¿Cuál fue la porosidad de la arena? Hable sobre la relación entre este experimento y la formación de depósitos sedimentarios. Puede llenarse con agua hasta un 40 % a un 50 % del volumen total de un depósito sedimentario.

¿Qué le ocurre al agua cuando estos depósitos sedimentarios se convierten en rocas? A medida que se acumulan capas de sedimento una arriba de otra, las capas inferiores quedan sujetas a presiones y temperaturas en aumento. Se empuja el agua contenida en los espacios porosos entre los granos de sedimento, y esta transporta lentamente los minerales disueltos a través de la roca a medida que se dirige hacia arriba. A menudo, estos minerales disueltos se precipitan en las capas superiores más frías y actúan como cemento. Es así como unen los granos de sedimento para formar rocas.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.



## IDENTIFICACIÓN DE MINERALES

### Descripción

Los estudiantes explorarán algunas de las propiedades físicas de los minerales y cómo estas pueden usarse para identificar minerales.

#### VOCABULARIO:

1. Mineral
2. Inorgánico
3. Cristal
4. Elemento
5. Magnetismo
6. Dureza
7. Veta
8. Exfoliación
9. Fractura
10. Efervescencia

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Respuestas de identificación de minerales (proporcionada)
- Escala de dureza de Mohs (proporcionada)
- Tabla de identificación de minerales (proporcionada)
- 5 o más muestras numeradas de minerales (buena calidad)
- Lupas
- Placas de vetas
- Monedas de cobre
- Limas de acero o clavos
- Imanes
- Vinagre/ácido clorhídrico diluido y un gotero
- Portaobjetos de vidrio para microscopio
- Gafas y guantes de seguridad

### Introducción (duración: 20 minutos)

Pregunte a los estudiantes qué es un mineral. Los minerales son sustancias sólidas e inorgánicas que se generan naturalmente, y tienen estructuras y composiciones químicas específicas. Los minerales están presentes en rocas y pueden extraerse mediante la minería para fabricar todas las cosas que usamos en nuestras vidas cotidianas.

Vea el Capítulo 3 "Minería y el mundo moderno" de la película *Reglas del terreno*.

Pregunte a los estudiantes si saben cómo diferenciar un mineral específico de otro mineral. Puede distinguir minerales al buscar ciertas propiedades. Debido a que cada mineral es único en cuanto a la composición química y la estructura, cada uno tiene su propio conjunto de propiedades físicas, ópticas y estructurales, que ayudan a diferenciarlo. La química hace referencia a las unidades estructurales o los elementos básicos que conforman el mineral. Las propiedades ópticas hacen referencia a la apariencia del mineral y lo que ocurre cuando brilla. Las propiedades físicas como la dureza y la veta pueden probarse con facilidad.

Hable sobre algunas de las propiedades físicas comunes de los minerales que pueden analizarse para identificar un mineral. Estas son el color, el brillo, la exfoliación, la veta, la dureza, el magnetismo y la efervescencia.



El color es a menudo la primera propiedad que se nota de un mineral, pero quizás no sea la característica que pueda proporcionar un buen diagnóstico. A menudo, el color puede ser engañoso debido a que algunos minerales tienen una variedad de colores. Por eso, se debe aplicar en conjunto con otras características.

El brillo es una descripción de la forma en que la superficie de un mineral refleja la luz. La distinción más fácil de hacer es si el mineral tiene un brillo metálico o no metálico. Los minerales metálicos tienen un brillo parecido al del papel aluminio o las joyas. Si el mineral es no metálico, su brillo puede describirse en más detalle de las siguientes formas:

- Vítreo (como el vidrio)
- Perlado (como una perla)
- Ceroso (como la cera)
- Resinoso (como la resina)
- Grasoso (como una superficie engrasada)
- Terroso o mate (sin verdadero brillo en la superficie)
- Adamantino (brillante, centelleante, como una gema)

La exfoliación es la tendencia que tiene un cristal a fracturarse a lo largo de superficies planas. La exfoliación se relaciona con planos de fuerza de enlace químico débil dentro del mineral. La exfoliación se caracteriza por la cantidad de planos de exfoliación y ángulos que forman los planos de exfoliación. También se caracteriza por qué tan bien se fractura el mineral (es decir, fractura perfecta, buena, regular o mala). Algunos minerales no tienen exfoliación. Por el contrario, se fracturan en piezas irregulares.

La veta es el color de las partículas de polvo que quedan cuando se raspa un mineral contra una superficie abrasiva. El color de la veta es más confiable que el color de la superficie como un indicador. El color de la veta es constante, pero el color de la superficie puede variar.

La dureza es una medida de la resistencia del mineral a los rayones o la abrasión. Se mide mediante la Escala de dureza de Mohs. Esta es una escala que mide la dureza de los minerales en relación con cada uno. La escala varía de 1 a 10, donde 1 es el más blando y 10 el más duro. Un mineral debe poder rayar cualquier mineral con un número de dureza inferior, y un mineral o material con un número de dureza mayor debe poder rayarlo. Las siguientes herramientas simples con valores conocidos de dureza pueden usarse para determinar la dureza de un mineral:

- Uña: dureza de 2 a 3
- Moneda de cobre: dureza de 4 a 5
- Lima de acero/clavo: dureza de 5 a 6
- Vidrio: dureza de 5 a 6

El magnetismo identifica minerales específicos ricos en hierro. Solo algunos minerales como la magnetita o la pirrotita son magnéticos.

La efervescencia se produce cuando se aplica un ácido débil a algunos minerales que contienen carbonato de calcio. El dióxido de carbono se libera en esta reacción y el ácido burbujea en la superficie del mineral.

Explique que estas son solo algunas de las propiedades que se usan para identificar minerales. Los geólogos usan muchas más propiedades para identificar un mineral definitivamente.

## Actividad I (duración: 50 minutos)

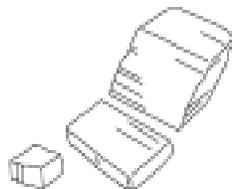
El objetivo de esta actividad es identificar 5 muestras de minerales mediante el análisis de varias propiedades físicas.

### Preparación:

1. Elija 5 muestras de minerales de alta calidad que pueden identificarse con facilidad según el color, el brillo, la exfoliación, la veta, la dureza y el magnetismo. Algunas muestras buenas de minerales para usar son las siguientes: magnetita, hematita, talco (esteatita), cuarzo, chalcopirita, pirita, feldespato.
2. Prepare cinco estaciones de identificación de minerales. Cada estación debe tener un mineral con número, una tabla de identificación de minerales (para registrar las respuestas), una placa para vetas, una lupa, herramientas de dureza, un imán, una botella pequeña con ácido, gafas y guantes de seguridad.
3. Divida la clase en cinco grupos. Debe haber un grupo por estación al inicio.
4. Cada grupo tendrá 10 minutos para determinar las propiedades de los minerales de esa muestra. Luego los grupos rotarán a la siguiente estación y harán lo mismo con el siguiente mineral, y así sucesivamente. La actividad se da por finalizada cuando todos los grupos hayan visitado cada estación.

### Actividad:

1. **Color:** observe el mineral y decida qué colores están presentes en la superficie del mineral. Escriba los colores en el espacio apropiado en la tabla de identificación de minerales.
2. **Brillo:** observe cómo el mineral refleja la luz. Primero determine si el mineral tiene un brillo metálico o no metálico. ¿Brilla cuando la luz se refleja en la superficie? ¿Parece metal? Si la respuesta es sí, entonces tiene un brillo metálico. Si es opaco o brillante, pero no como un metal, entonces tiene un brillo no metálico. Si el brillo es no metálico, trate de clasificarlo en más detalle como mate, terroso, ceroso, perlado, vítreo, resinoso o adamantino. Registre el brillo en la tabla de identificación de minerales.
3. **Exfoliación:** observe las partes fracturadas de la superficie del mineral con una lupa. ¿Cómo se ve el mineral en las partes en las que se fracturó? ¿El mineral se fracturó a lo largo de superficies planas? Si la respuesta es sí, entonces el mineral tiene exfoliación. Si la respuesta es no, entonces el mineral no tiene exfoliación. Escriba "sí" o "no" en la casilla de exfoliación en la tabla de identificación de minerales. Si el mineral no tiene exfoliación, se fracturará en piezas irregulares, como se muestra a continuación. Si el mineral tiene exfoliación, observe detenidamente para ver en cuántas direcciones se fractura y qué tan bien se fractura (fractura perfecta, buena o mala). Añada estas descripciones en la tabla de identificación de minerales.

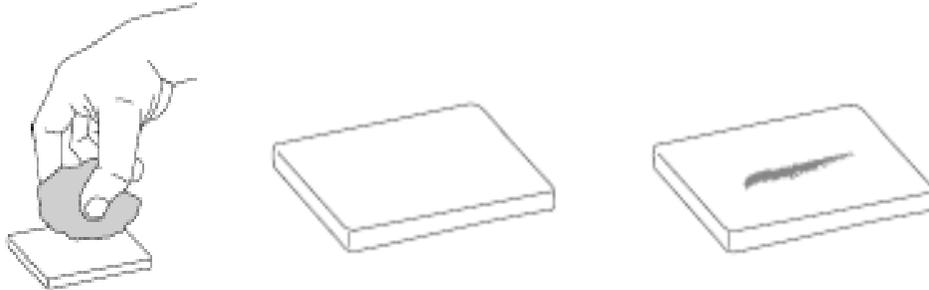


**Exfoliación**



**Fractura**

4. **Veta:** sostenga la placa para vetas en la mesa con una mano. Agarre el mineral con la otra mano, presiónelo firmemente contra la placa de la veta y empújelo hacia usted para hacer una veta como se muestra a continuación. Si lo presiona débilmente, no se veteará correctamente. Registre el color de la veta en la casilla de vetas de la tabla de identificación de minerales. Si no se puede ver una veta en la placa para vetas, registre "ninguna". Pruebe un par de superficies diferentes del mineral para hacer una veta.



5. **Dureza:** lleve a cabo una serie de pruebas con las herramientas de dureza para identificar la gama de dureza del mineral. Empiece con la herramienta más blanda, la uña, y continúe hasta llegar al vidrio. Cada vez, evalúe si el mineral es más duro o más blando que el material que está tratando de rayar. Si la herramienta de dureza raya el mineral, el mineral es más blando que esa herramienta. Si el mineral raya la herramienta de dureza, el mineral es más duro que la herramienta. Quizás tenga que usar una lupa para ver el rayón. Los rayones reales no se quitan al pasar el dedo. Busque los valores de dureza de las herramientas de dureza y registre si la dureza del mineral es superior o inferior a esos valores en la tabla de identificación de minerales.
- Prueba de la uña:** trate de rayar el mineral con la uña. Si la uña raya el mineral, busque la dureza de una uña en la escala de dureza y registre que la dureza del mineral es inferior a ese número en la casilla de la tabla de identificación de minerales; continúe con el paso 7. Si la uña no raya el mineral, vaya al apartado b.
  - Prueba de la moneda:** intente rayar una moneda de cobre con el mineral. Si no se raya la moneda, esta es más dura que el mineral. Busque la dureza de una moneda de cobre en la escala de dureza y registre que la dureza del mineral es inferior a ese número en la casilla de la tabla de identificación de minerales; continúe con el paso 7. Si el mineral raya la moneda, vaya al apartado c.
  - Prueba de la lima de acero o el clavo:** intente rayar una lima de acero o clavo con el mineral, O BIEN intente rayar el mineral con la lima o el clavo. Si el mineral no raya la lima o el clavo, O BIEN si la lima o el clavo raya el mineral, el mineral es más blando que el acero. Busque el número de dureza de la lima de acero o el clavo en la escala y registre que la dureza del mineral es inferior a ese número; continúe con el paso 7. Si el mineral es más duro que la lima de acero o el clavo, vaya al apartado d.
  - Prueba del vidrio:** intente rayar una placa de vidrio con el mineral. Si el mineral raya la placa, registre que el mineral es más duro que el vidrio. Si el mineral no raya la placa de vidrio, registre que su dureza es inferior a la dureza del vidrio.
6. **Magnetismo:** sostenga un imán cerca del mineral. Si el imán se mueve hacia el mineral, escriba "sí" en la casilla "magnético" en la tabla de identificación de minerales. Si no, escriba "no".

7. **Efervescencia:** colóquese las gafas y los guantes de seguridad. Añada una gota de ácido clorhídrico diluido o vinagre al mineral. Examine la reacción con una lupa. Si el mineral burbujea, este es efervescente. Si no se produce ninguna reacción, el mineral no es efervescente. Escriba "sí" o "no" en la casilla de la tabla de identificación de minerales.
8. Vaya a la siguiente estación y repita los pasos 1 a 8. Continúe hasta que se hayan analizado los cinco minerales.
9. Compare los resultados de las pruebas con las respuestas de identificación de minerales y trate de identificar los cinco tipos de minerales.

---

## Actividad II (duración: 20 minutos)

El propósito de esta actividad es analizar aún más cómo las pruebas de identificación de minerales pueden ayudar a distinguir entre muestras similares y cómo el color no es la mejor característica para realizar el diagnóstico.

- a. Entregue a cada grupo dos muestras numeradas (que no se hayan usado anteriormente) que sean muy parecidas visualmente, pero que puedan distinguirse mediante las pruebas de identificación de minerales. Por ejemplo, calcita y cuarzo, o pirita y chalcopirita. Cada grupo debe completar todas las pruebas descritas en la actividad I y determinar el tipo de mineral de cada muestra. ¿Cuál fue la mejor prueba de diagnóstico para hacer la distinción entre los dos tipos de minerales?

Y/O

- b. Entregue a cada grupo dos muestras numeradas (no usadas anteriormente) del mismo tipo de mineral pero de distinto color. Por ejemplo, muestras de cuarzo de diferente color. Cada grupo debe completar todas las pruebas descritas en la actividad I y determinar el tipo de mineral de cada muestra. Los estudiantes quizás se frustren porque determinaron el mismo tipo de mineral para ambas muestras, pero en realidad parecen muestras diferentes. Recuérdeles que el mismo tipo de mineral puede tener una variedad de colores en la naturaleza.

---

## Análisis (duración: 20 minutos)

### Actividad I:

Revise las respuestas con la clase y vea cuántas muestras determinó correctamente cada grupo. Si hubo algunas muestras que fueron difíciles de determinar, compare los resultados de las pruebas con las respuestas de identificación de minerales, vea qué propiedades se identificaron incorrectamente y vuelva a analizar esas propiedades. ¿Qué propiedades fueron las más útiles para identificar cada muestra de mineral? ¿Qué propiedad fue la menos útil? ¿Qué mineral fue el más fácil de identificar?

### Actividad II:

¿Cuál fue la mejor prueba de diagnóstico para distinguir entre dos muestras? ¿Por qué es importante realizar las pruebas de diagnóstico para identificar minerales en vez de identificarlos simplemente de manera visual? Haga énfasis en el hecho de que el color de la superficie no es una buena característica de diagnóstico porque muchos minerales diferentes pueden presentar el mismo color y un tipo de mineral determinado puede tener una variedad de colores.

Visite [cat.com/groundrules](http://cat.com/groundrules) para obtener más información, proporcionar comentarios, ver la película *Reglas del terreno* en línea o solicitar una copia de *Reglas del terreno* en DVD.  
© 2009 Caterpillar Inc.

## Respuestas de identificación de minerales (algunos minerales comunes)

Mineral	Color	Brillo	Exfoliación	Veta	Dureza	Magnético	Efervescencia
Bauxita	rojo, marrón, amarillo	terroso, mate	no	marrón claro, blanco	1-3	no	no
Calcita	varía <sup>(1)</sup>	vítreo, perlado	sí (perfecta, 3 direcciones)	blanco	2,5-3	no	sí
Chalcopyrita	amarillo dorado	metálico	sí (mala, 1 dirección)	negro verdoso	4	no	no
Dolomita	varía <sup>(2)</sup>	vítreo, perlado	sí (perfecta, 3 direcciones)	blanco	3,5-4	no	no
Feldespato	varía <sup>(3)</sup>	vítreo, perlado	sí (ángulo de 90°)	blanco	6	no	no
Fluorita	varía <sup>(4)</sup>	vítreo	sí (perfecta, 4 direcciones)	blanco	4	no	no
Granate	blanco a gris oscuro, rojo	vítreo, perlado	no	ninguna	6,5	no	no
Hematita	marrón rojizo, gris, negro	metálico	no	marrón rojizo	5-6 <sup>(6)</sup>	no	no
Hornblenda	verde oscuro, negro	vítreo, mate	sí (perfecta, 2 direcciones)	ninguna	5-6	no	no
Magnetita	negro	metálico	no	negro	6	sí	no
Pirita	amarillo dorado	metálico	no	negro verdoso	6	no	no
Pirrotita	amarillo dorado	metálico	no	gris oscuro, negro	3,5-4,5	sí	no
Cuarzo	varía <sup>(5)</sup>	vítreo	no	blanco	7	no	no
Talco	gris, blanco	perlado, grasoso	sí (perfecta, 1 dirección)	blanco	1	no	no

- (1) blanco, incoloro, marrón, negro verdusco
- (2) blanco, incoloro, rosa, marrón, gris
- (3) rosa, gris, blanco, rojo, verde, azul, incoloro, negro
- (4) blanco, incoloro, púrpura, rosa, amarillo, marrón
- (5) verde claro, púrpura, amarillo, incoloro

(6) puede parecer más blando

Escala de dureza de Mohs

Tipo de mineral	Dureza	Prueba de la herramienta de dureza
Talco	1	se raya con la uña
Yeso	2	
Calcita	3	se raya con la moneda de cobre
Fluorita	4	se raya con la lima de acero/el clavo
Apatita	5	
Feldespato	6	raya el vidrio
Cuarzo	7	
Topacio	8	
Corindón	9	
Diamante	10	

Tabla de identificación de minerales

Propiedad	Número de muestra				
	1	2	3	4	5
Color					
Brillo					
Exfoliación					
Veta					
Dureza					
Magnético					
Efervescente					
Tipo de mineral					



## TECTÓNICA CON PLASTILINA

### Descripción

Los estudiantes explorarán estructuras geológicas, entre ellas los estratos horizontales, los anticlinales, los sinclinales y las fallas. Obtendrán conocimiento sobre el orden en el que se depositan las capas de roca. Desarrollarán habilidades para dibujar mapas y cortes transversales a escala.

#### VOCABULARIO:

1. Estrato
2. Cañón
3. Erosión
4. Pliegue
5. Sinclinal, anticlinal
6. Falla (normal, inversa, de cabalgamiento, de despegue, de rumbo deslizante)
7. Columna estratigráfica
8. Corte transversal
9. Escala de mapa
10. Fosa tectónica y pilar tectónico

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Plastilina (4 colores)
- Papel encerado
- Cuchillos de plástico
- Lápices de colores (que coincidan con los colores de la plastilina)
- Reglas
- Transportadores
- Palos de amasar
- Hoja de columna estratigráfica (proporcionada)
- Optativo: fotografías del Gran Cañón y estructuras de rocas con pliegues/fallas

### Introducción (duración: 15 minutos)

Pregunte a los estudiantes si alguna vez vieron un corte de roca (el lugar en el que se hizo explotar la roca o se cortó para que se vea el perfil vertical). ¿Qué notaron?

Hable sobre cómo se depositan las capas de roca. La capa más antigua se deposita primero y la más joven se deposita arriba de todo. Las capas se denominan estratos. Los depósitos minerales pueden encontrarse en una o más capas de roca. Si hay capas de roca encima del depósito mineral, deben quitarse antes de poder extraer los minerales. A veces las capas suprayacentes se denominan destape. Este material debe apilarse mientras la mina está en funcionamiento. Cuando se finalizó la extracción, el material se esparce sobre la tierra de nuevo durante la fase de recuperación.

Vea el Capítulo 4 “Retos de ingeniería” de la película *Reglas del terreno*. Concéntrese en la operación de minería a cielo abierto (mina Grasberg) en la cima de la montaña. Pregunte a los estudiantes si saben cómo se forman las montañas. Hable sobre el proceso de pliegue. ¿Cómo llegó el cuerpo mineral a la cima de la montaña? ¿El cuerpo mineral es más joven o más antiguo que la roca en la base de la montaña?

¿Cómo hicieron los mineros para acceder a las capas de depósitos minerales? Hable brevemente sobre el proceso de minería a cielo abierto.



## Actividad I (duración: 45 minutos)

El objetivo de esta actividad es modelar una variedad de estructuras geológicas y preparar mapas y cortes transversales a escala.

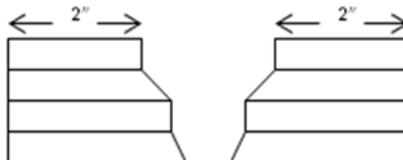
### Estratos horizontales:

1. Estire una hoja de papel encerado (al menos 5" por 10") sobre la mesa.
2. Elija un color de plastilina. Quite aproximadamente 2/3 de la plastilina del recipiente y colóquela sobre el papel encerado. Extienda la plastilina para formar un rectángulo que tenga un espesor de aproximadamente 1/4" y aproximadamente 3" de ancho por 6" de largo.
3. Repita el proceso con los otros tres colores de plastilina.
4. Apile las capas cuidadosamente, una arriba de la otra, y recorte la plastilina para que los bordes queden parejos.
5. Gire el modelo para que el lado de 6" quede frente a usted. Mantenga el modelo en esta orientación en todo momento.
6. Con los lápices de colores, llene los cuadrados en la hoja de columna estratigráfica. Las casillas coloreadas deben coincidir con los colores en el modelo de estratos, con la capa más antigua en la parte inferior y la capa más joven en la parte superior.
7. Dibuje un diagrama de corte transversal del lado de 6" del modelo de estratos. Primero dibuje un rectángulo con las mismas dimensiones del modelo. Dibújelo a una escala de 2:1 (es decir, 2" en el papel equivale a 1" en el modelo). Use una regla para dibujar con precisión la profundidad de las capas. Etiquete el estrato más antiguo y el más joven.

### Erosión:

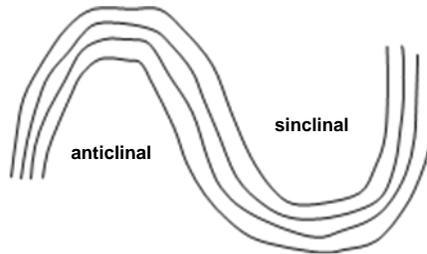
Corte a través de las capas de plastilina para simular la erosión de un cañón, como se explica a continuación:

1. El cañón se colocará en el medio del lado de 6" y se extenderá a lo largo del ancho de 3" del modelo.
2. Con un cuchillo, corte la capa superior verticalmente a 2" de cada extremo. Con cuidado, quite el pedazo de plastilina y déjelo a un costado (no lo aplaste).
3. Corte la 2<sup>da</sup> capa en una pendiente leve en dirección al centro. Con cuidado, quite el pedazo de plastilina y déjelo a un costado.
4. Corte la 3<sup>ra</sup> capa verticalmente. Con cuidado, quite el pedazo de plastilina y déjelo a un costado.
5. Corte la 4<sup>ta</sup> capa en una pendiente leve en dirección al centro. Con cuidado, quite el pedazo de plastilina y déjelo a un costado.
6. Dibuje un mapa de la topografía que ve si mira hacia abajo desde la parte superior del modelo. Use una regla para medir con precisión el ancho de cada capa expuesta en cada extremo del cañón que creó. Etiquete la capa más joven y la más antigua.
7. Dibuje un corte transversal a lo largo del lado de 6" que muestra el cañón a una escala de 2:1. Etiquete la capa más joven y la más antigua.



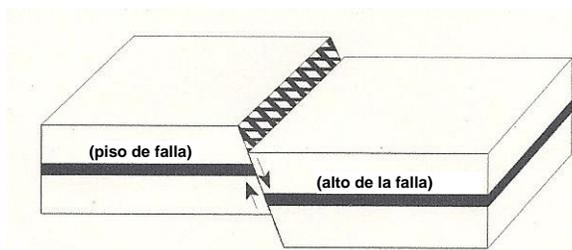
## Pliegues anticlinales y sinclinales:

1. Llene el cañón con los pedazos de plastilina que se quitaron en el modelo de erosión, para que se vea exactamente como la primera vez que se construyó.
2. Coloque las manos en los extremos de 3" del modelo y únalos horizontalmente con cuidado. Deje que el papel encerado se deslice con el modelo. Debe obtener un pliegue anticlinal y uno sinclinal. Modele con las manos según sea necesario.
3. Añada un pedazo adicional de plastilina debajo de la capa inferior de la anticlinal para estabilizar las capas plegadas.
4. Mida los ángulos interlimbos del anticlinal y el sinclinal con un transportador. Describa el ajuste del pliegue como suave ( $170^\circ$  a  $180^\circ$ ), abierto ( $170^\circ$  a  $90^\circ$ ), apretado ( $90^\circ$  a  $10^\circ$ ) o isoclinal ( $10^\circ$  a  $0^\circ$ ).
5. Haga un corte transversal del modelo plegado a una escala de 2:1. Etiquete la capa más antigua y la más joven. Etiquete el pliegue anticlinal y el sinclinal. Dibuje líneas de puntos para marcar los ejes de los pliegues.
6. Mida la longitud del modelo. ¿Es más corto o más largo que el modelo original?



## Falla normal:

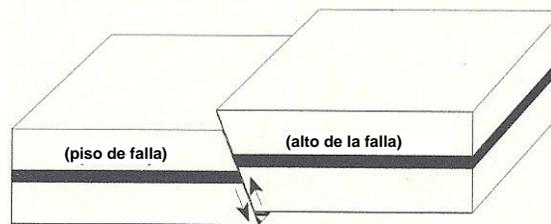
1. Vuelva a colocar el modelo en la posición de estratos horizontales (es decir, deshaga el pliegue).
2. Con un cuchillo, realice un corte inclinado y pronunciado desde la parte superior hasta la parte inferior de la plastilina a través del ancho de 3". Separe las dos partes.
3. Eleve la parte izquierda levemente y coloque algo de plastilina adicional debajo para que se mantenga elevada. Empuje la parte derecha hacia la izquierda hasta que apenas se toquen. Acaba de crear una falla normal.
4. Dibuje un corte transversal de la falla a una escala de 2:1. Etiquete la capa más antigua y la más joven.
5. Mida la longitud del modelo. ¿Es más corto o más largo que el modelo de estratos horizontales?



Falla normal

## Falla inversa:

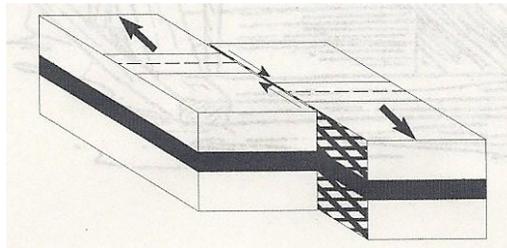
1. Separe las dos partes de la falla normal con cuidado.
2. Quite la plastilina adicional debajo de la parte izquierda y colóquela debajo de la parte derecha, para que la parte derecha sea más alta que la izquierda.
3. Empuje la parte izquierda hacia la parte derecha para que apenas se toquen. Acaba de crear una falla inversa.
4. Dibuje un corte transversal de la falla a una escala de 2:1. Etiquete la capa más antigua y la más joven.
5. Mida la longitud del modelo. ¿Es más corto o más largo que el modelo de la falla normal? ¿Es más corto o más largo que el modelo de los estratos horizontales?



Falla inversa

## Falla de rumbo deslizante:

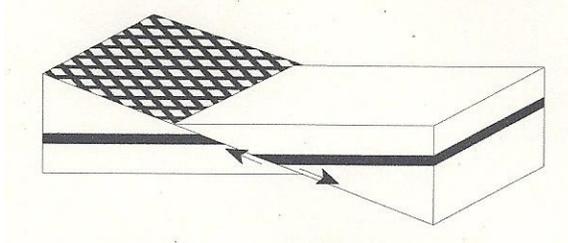
1. Vuelva a unir las mitades de la falla con cuidado para regresar al modelo de estratos horizontales.
2. Con la uña, marque un "camino" en la parte superior del modelo y hacia abajo hasta la línea central paralela al lado más corto.
3. Con un cuchillo, marque una línea de falla a lo largo del modelo, paralela al lado más largo, y deslice las dos mitades de manera horizontal.
4. Gire el modelo para que la línea de falla quede paralela al borde de la mesa en la que está sentado.
5. Observe la mitad del modelo que está más alejada de usted. ¿Está hacia la izquierda o hacia la derecha de la parte más cercana a usted? Si el lado más alejado del modelo se mueve hacia la derecha, tiene una falla de rumbo deslizante de lateral derecho. Si el lado más alejado del modelo se mueve hacia la izquierda, tiene una falla de rumbo deslizante de lateral izquierdo.
6. Dibuje un corte transversal de la falla a una escala de 2:1. Etiquete la capa más antigua y la más joven, e indique si es lateral izquierdo o lateral derecho.



## Actividad II (duración: 30 minutos)

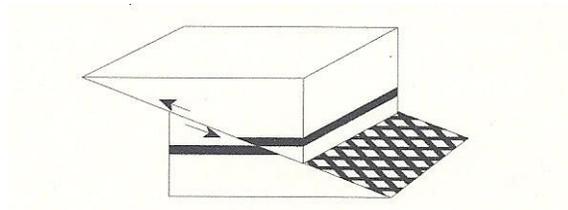
El objetivo de esta actividad es usar el conocimiento obtenido en la actividad I para construir estructuras geológicas más complejas. Los estudiantes deben crear un nuevo modelo de estratos horizontales con tres capas para empezar esta actividad. No les muestre los diagramas de los pasos 1 y 2 hasta que no hayan completado el ejercicio.

1. Cree una falla con una línea de falla poco profunda o con un ángulo bajo. Esto se denomina una falla de despegue. Separe las partes hasta que apenas se toquen. ¿Qué nota sobre la longitud de este modelo en comparación con el modelo de falla normal de la actividad I?



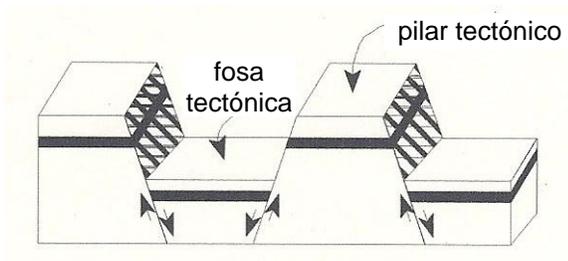
Falla de despegue

2. ¿Cómo puede tomar las dos partes del modelo de falla del paso No. 1 y crear una estructura en la que la capa inferior de roca esté expuesta? Esto se denomina falla de cabalgamiento. ¿Qué puede observar acerca de la longitud de este modelo en comparación con el modelo de falla inversa de la actividad I?



Falla de cabalgamiento

3. Trate de hacer este modelo y explique cómo se crearía en la naturaleza.



4. Cree una estructura geológica plegada con un ajuste isoclinal de  $10^\circ$ . ¿Qué le ocurre a las capas de roca?
5. Cree su propio modelo de 4 capas con una combinación de pliegues y fallas. Dibuje un diagrama de corte transversal del modelo a una escala de 1:1. Etiquete la capa más antigua y la más joven. ¿Cuántas capas hay expuestas?

## Análisis (duración: 30 minutos)

### Actividad I:

¿Qué estructuras geológicas producen un aumento en la longitud en comparación con el modelo de estratos horizontales? ¿Cuáles producen una disminución en la longitud?

Hable sobre por qué un cañón tiene una topografía “escalonada”. Algunas capas de roca quizás sean más o menos resistentes a la erosión, así que no todas las capas de rocas se erosionarán de la misma forma que la capa superior. ¿Por qué un cañón tiene una forma en “V”? Las capas superiores tuvieron más tiempo para erosionarse, por lo que el cañón es más ancho en la parte superior que en la base. Muestre algunas fotografías del Gran Cañón para mostrar la topografía escalonada.

Pregunte a los estudiantes cómo hicieron para plegar el modelo de roca. En la naturaleza, ¿de dónde provienen las fuerzas de compresión? Hable sobre cómo chocan las placas. Pregunte cuántos estudiantes pudieron crear un pliegue simétrico perfecto solo mediante la aplicación de presión (sin necesidad de modelar con las manos). Hable sobre el hecho de que las capas de roca que se pliegan en la naturaleza pueden ser simétricas o asimétricas. En un pliegue asimétrico, ¿el eje del pliegue sería vertical? No, estaría en un ángulo.

¿Qué ocurriría si empujara con más fuerza desde una dirección que la otra? Quizás obtenga un pliegue volcado en el que la parte más alta del pliegue se apoya más allá de la dirección perpendicular. ¿Qué pasaría si empujara las capas de roca inferiores con más fuerza que las capas superiores? El plano axial de un pliegue se forma de manera perpendicular cuando se aplica mayor esfuerzo de compresión. Muestre algunas fotografías de rocas plegadas. Los pliegues son una respuesta de deformación ante el esfuerzo de compresión que se aplica a una sección de la roca. Estos esfuerzos de compresión empujan la roca. Debido a que la roca es sólida, esta no se puede deformar como un fluido que se acorta y se torna más espeso. Por el contrario, esta se pliega.

Hable sobre los diferentes tipos de fallas y sobre qué ocurre con las capas de roca en cada una. La falla de San Andrés es una falla de rumbo deslizante que desplazó rocas a cientos de millas de su ubicación original. Como resultado del movimiento horizontal, ahora se pueden encontrar rocas de diferentes edades y distinta composición una al lado de otra.

### Actividad II:

Defina los términos pilar tectónico y fosa tectónica, y cómo estos se aplican en el paso No. 3 de la actividad II. Pida a los estudiantes que describan en términos geológicos lo que ocurre con las capas de roca en este modelo. ¿Cuántas capas de roca se exponen? ¿Dónde están la capa de roca más vieja y la más joven lado a lado?

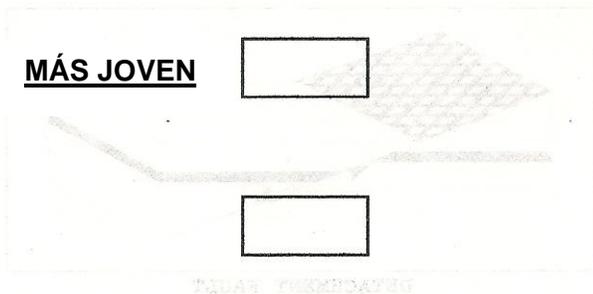
Hable sobre lo que ocurrió con las capas de roca en el paso No. 4 de la actividad II. Las capas de roca se habrían plegado una arriba de otra, de modo que el eje del pliegue habría sido casi horizontal y los dos limbos del pliegue estarían paralelos. Si obtuviera una muestra básica a través del modelo, ¿qué vería?

Pida a los estudiantes que describan en términos geológicos qué ocurrió cuando combinaron pliegues y fallas en el modelo original que crearon en el paso No. 5 de la actividad II.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.

## COLUMNA ESTRATIGRÁFICA

**MÁS JOVEN**

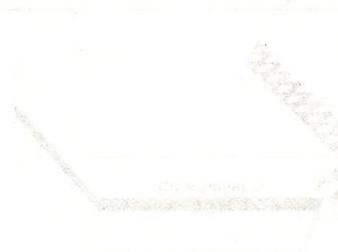


Reverse faults are dip-slip faults in which the hanging wall moves up relative to the footwall. Reverse faults are the result of compression (forces that push rocks together).

**MÁS ANTIGUO**

The Sierra Madre fault in California is an example of a reverse fault. There the rocks of the San Gabriel Mountains are being pushed up

Normal faults are dip-slip faults on which the hanging wall moves down relative to the dip of the fault surface. Normal faults are the result of extension (forces that pull rocks apart).





## SIMULACIÓN DEL CICLO DE LAS ROCAS

### Descripción

Los estudiantes explorarán los procesos implicados en el reciclado de rocas.

#### VOCABULARIO:

1. Sedimentaria
2. Ígnea
3. Metamórfica
4. Erosión
5. Deposición
6. Compactación
7. Cementación
8. Calor y presión
9. Derretimiento y enfriamiento
10. Ciclo de las rocas

#### MATERIALES:

- Un crayón por persona (colores diferentes)
- Moneda
- Cuadrados de papel aluminio
- Papel de cocina
- Velas y fósforos
- 2 losas de cerámica por grupo
- Pinzas
- Hoja de datos (proporcionada)

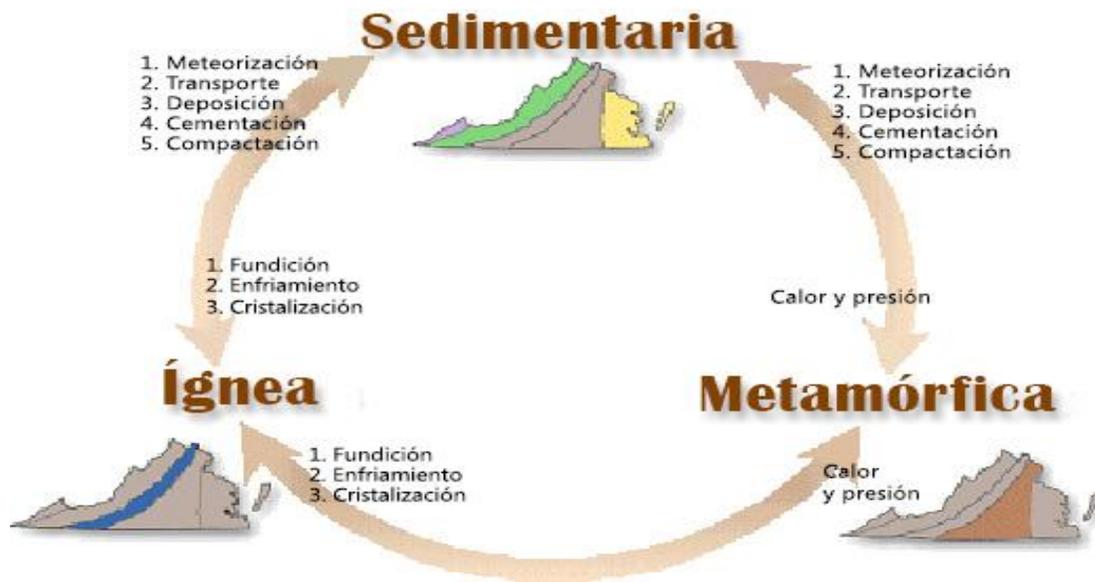
### Introducción (duración: 15 minutos)

Introduzca el concepto del ciclo de las rocas. Use el diagrama a continuación para explicar los procesos implicados en las diferentes etapas del ciclo de las rocas.

Las rocas se forman muy lentamente a medida que la corteza de la Tierra atraviesa cambios. Se forman tres tipos de rocas: ígneas, sedimentarias y metamórficas. Hay muchos procesos que continuamente cambian y recrean las rocas. Algunos de estos procesos son la erosión, la deposición, la cementación, la compactación, el calentamiento y el enfriamiento, y el calor y la presión. Cada tipo de roca puede atravesar cualquiera de estos procesos. Son parte de un mayor proceso denominado el ciclo de las rocas.

Medidas de seguridad: advierta a los estudiantes que trabajarán con las llamas de velas durante este ejercicio, de modo que tienen que tener cuidado y evitar acercar la ropa y la piel a la llama. Tan pronto como hayan terminado de usar la vela en el experimento, deben extinguirla inmediatamente.





## Actividad (duración: 30 minutos)

El objetivo de esta actividad es simular los procesos que ocurren durante el ciclo de las rocas. Los crayones representan las rocas. Los estudiantes deben trabajar en grupos de dos y usar crayones de dos colores diferentes.

### Parte A: elaboración de una roca sedimentaria:

1. Simule el proceso de erosión. Use una moneda para raspar un crayón hasta que queden trozos pequeños. Recolecte los trozos y colóquelos en un papel de cocina. Responda las preguntas de la parte A que corresponde a la erosión en la hoja de datos.
2. Simule el proceso de deposición. Sus acciones simularán la fuerza deposicional. Cada compañero de laboratorio debe, a su vez, apilar los fragmentos de roca en una pila prolija en el centro del cuadrado de papel aluminio, un color encima del otro. Responda las preguntas de la parte A correspondiente a la deposición en la hoja de datos.
3. Simule el proceso de compactación. Con cuidado, pliegue el papel aluminio sobre las capas sueltas de trozos de crayón para elaborar un paquete. Coloque el paquete de papel aluminio entre dos losas de cerámica y use toda su fuerza para apretar las losas y compactar los trozos de crayones. Con cuidado, abra el paquete de papel aluminio y observe las "rocas sedimentarias". Responda las preguntas de la parte A correspondiente a la compactación en la hoja de datos.
4. Guarde un pedazo de la "roca sedimentaria".

Parte B: elaboración de una roca metamórfica:

1. Vuelva a envolver el paquete de papel aluminio.
2. Arremánguese. Con cuidado, encienda la vela. Tenga cuidado de no acercar la ropa ni la piel a la llama.
3. Agarre el paquete con las pinzas. Sosténgalo cuidadosamente a una o dos pulgadas por encima de la vela encendida durante un período corto para simular el proceso de calentamiento. No derrita el crayón por completo, solo ablandelo un poco. Cuando haya terminado, extinga la llama.
4. Luego, rápidamente coloque el paquete entre dos losas de cerámica y comprima. Use las pinzas para manipular el paquete en todo momento y así evitar quemaduras. Después de que el paquete se haya enfriado, ábralo con cuidado y observe las “rocas metamórficas”.
5. Responda las preguntas de la parte B en la hoja de datos.
6. Guarde una parte de la “roca metamórfica”.

Parte C: elaboración de una roca ígnea:

1. Doble los 4 lados del papel aluminio para hacer una bandeja.
2. Arremánguese. Con cuidado, encienda la vela. Tenga cuidado de no acercar la ropa ni la piel a la llama.
7. Agarre la bandeja de papel aluminio con las pinzas. Sosténgala cuidadosamente sobre la vela encendida para derretir el crayón por completo. Cuando haya terminado, extinga la llama.
3. Coloque con cuidado la bandeja sobre la mesa y deje que se enfríe.
4. Este experimento también se puede llevar a cabo con algunos de los trozos de crayón que sobraron o con un pedazo de la “roca sedimentaria”.
5. Responda las preguntas de la parte C en la hoja de datos.

Aplique lo que aprendió en esta simulación para responder las preguntas de la parte D en la hoja de datos.

## Análisis (duración: 15 minutos)

Hable sobre las respuestas a las preguntas en la hoja de datos.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.

## Hoja de datos

### Parte A: elaboración de una roca sedimentaria

1. Preguntas sobre la erosión:
  - a. ¿Qué representan los crayones de diferentes colores?
  
  - b. ¿Los fragmentos son todos del mismo tamaño o forma? Describa.
  
  - c. ¿Esto ocurre también con los fragmentos de roca en la naturaleza?
  
  - d. ¿Cuáles son algunas de las herramientas de la naturaleza para erosionar las rocas?
  
2. Preguntas sobre la deposición:
  - a. Describa la forma y el tamaño de los espacios entre pedazos de roca (crayón). ¿Son grandes o pequeños? ¿Tienen forma irregular o regular?
  
  - b. ¿Cómo mueve y deposita las rocas la naturaleza?
  
3. Preguntas sobre la compactación:
  - a. ¿Observa alguna capa? ¿Son delgadas o gruesas?
  
  - b. Describa la compactación. ¿Están bien compactadas o apenas compactadas?

## Parte B: elaboración de una roca metamórfica

Preguntas sobre el calor y la presión:

- a. ¿Observa alguna capa? ¿Son delgadas o gruesas?
  
- b. Describa la compactación. ¿Están bien compactadas o apenas compactadas?

## Parte C: elaboración de una roca ígnea

Preguntas sobre el derretimiento y el enfriamiento:

- a. Describa el aspecto de la “roca” derretida (magma).
  
- b. Describa el proceso de enfriamiento y la apariencia final de la “roca ígnea”.

## Parte D: conclusiones

Use las “rocas” de simulación para describir cómo se forman en la naturaleza los siguientes tipos de roca:

- a. Rocas sedimentarias:
  
- b. Rocas metamórficas:
  
- c. Rocas ígneas:

# GROUND RULES



MINERÍA



**MINERÍA**  
EDAD 11 A 13



## CONSTRUCCIÓN DE UNA MINA A CIELO ABIERTO

### Descripción

Los estudiantes construirán una mina a cielo abierto y aprenderán cómo los minerales se extraen de los cuerpos minerales de poca profundidad.

#### VOCABULARIO:

1. Cielo abierto
2. Destape
3. Bancos
4. Pendiente
5. Ruta del camión

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Mezcla de arena y canto rodado
- Agua
- Herramientas para tallar (palas, cucharas, espátulas, cuchillos de plástico)
- Regla
- Cajas grandes de plástico o de madera
- Camiones pequeños de descarga de juguete y palas
- Tachos o cubetas grandes (tachos con minerales)

### Introducción (duración: 30 minutos)

Vea el Capítulo 2 “Minería moderna” y el Capítulo 4 “Retos de ingeniería” de la película *Reglas del terreno*. El Capítulo 2 muestra una mina de cobre a cielo abierto en Chile, mientras que el Capítulo 4 muestra una mina a cielo abierto de oro y cobre en Papúa, Indonesia. Pause la película para observar la estructura de las minas a cielo abierto presentadas en cada uno de estos capítulos de la película.

¿En qué casos se utilizan las minas a cielo abierto? Pregunte a los estudiantes qué notan en la estructura de estas minas a cielo abierto. Analice la función de los bancos o lados escalonados del pozo. Analice la relación ancho a largo de las estructuras a cielo abierto. ¿Qué sucedería si el pozo fuera más profundo y angosto? Explique que una mina a cielo abierto debe ser más ancha que su profundidad para mantener una estructura segura.

¿Qué equipo se utiliza en una mina a cielo abierto? ¿Cómo se compara el tamaño de este equipo con el que se usa en una mina subterránea?

¿Cuál fue el mayor reto en la construcción de la mina a cielo abierto en Papúa, Indonesia? El cuerpo mineral se encuentra en la cima de la montaña. De alguna forma, esto constituye un gran reto, o aún uno mayor que el de excavar pozos para explotar zonas subterráneas. Analice las diferencias y semejanzas de la minería a cielo abierto en la cima de una montaña contra la explotación de un depósito en la profundidad de la superficie de la tierra (p. ej., un teleférico para llegar a la cima en vez de una jaula y un pozo para llegar al fondo; trasladar los minerales montaña abajo en vez de acarrear los minerales hasta la superficie; construir un camino hacia la cima en vez de abrir un pozo y excavar túneles subterráneos). Los procesos de tronadura y carga para extraer los minerales son similares.



## Actividad (duración: 45 minutos)

El objetivo de esta actividad es construir un modelo de una mina a cielo abierto y aprender cómo los minerales se extraen de los cuerpos minerales de poca profundidad.

1. Divida la clase en grupos de 3 o 4 estudiantes. Cada grupo construirá un modelo de una mina a cielo abierto. El objetivo es construir una mina a cielo abierto lo más profunda posible, dentro de los límites del ancho de la caja.
2. Llene una caja grande hasta la mitad aproximadamente con la mezcla de arena y canto rodado. Añada un poco de agua y mézclela para lograr una mezcla que pueda moldearse. Esparza la mezcla de manera uniforme y compáctela.
3. Con una variedad de herramientas, comience a excavar la mina a cielo abierto. Cree los bancos a los lados. Use una regla para medir y construir los bancos de altura y ancho uniformes. Recuerde hacer bancos más anchos a fin de que se utilicen para las rutas de los camiones.
4. Coloque el material excavado fuera de la mina en los tachos para minerales.
5. Excave la mina lo más profundo que pueda antes de que los lados se vuelvan demasiado empinados.
6. Use los bancos más anchos para crear una ruta de camiones desde la parte superior de la mina hasta la parte inferior. Utilice los camiones de juguete para determinar los tamaños de las rutas para camiones (deben ser lo suficientemente anchas como para que quepan dos carriles para camiones).

## Análisis (duración: 15 minutos)

¿Cuáles fueron los retos implicados en la creación de las minas a cielo abierto? ¿Cuánto tiempo tomó excavar la mina, construir los bancos y las rutas para camiones? Analice cuánto tiempo le hubiera tomado hacer esto con los camiones de juguete y las palas (es decir, cuando la escala del equipo utilizado es proporcional a la mina). Analice la importancia del uso de equipos grandes para aumentar la eficacia del proceso de minería a cielo abierto. ¿Cuáles son los retos de operar esos equipos grandes?

Visite [cat.com/groundrules](http://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.



## CONSTRUCCIÓN DE UNA MINA SUBTERRÁNEA

### Descripción

Los estudiantes construirán un modelo tridimensional de una mina subterránea con rollos de papel higiénico. Aprenderán cómo se extraen los minerales de los depósitos profundos de minerales.

#### VOCABULARIO:

1. Pozo de la mina
2. Castillete
3. Jaula
4. Cajón de extracción
5. Galería
6. Pozo de ventilación
7. Cámara
8. Cuerpo mineral
9. Paso de mineral

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Rollos de papel higiénico y rollos de papel de cocina
- Tijeras
- Cinta adhesiva
- Cuerda
- Barra magnética
- Lápices y papel
- Cartón
- Marcadores
- Pequeños objetos de metal (monedas, arandelas, pernos)
- Sorbetes, varillas o cucharas angostas con mango largo
- Varios objetos artesanales

### Introducción (duración: 30 minutos)

Vea el Capítulo 5 “Bajo tierra” de la película *Reglas del terreno*. Páusela en la imagen animada de la mina subterránea. Pregunte a los estudiantes cómo se llaman los túneles verticales y horizontales. ¿Cuál es una de las formas (que se muestra en la película) en la que la minería subterránea se ha vuelto más segura en los últimos años? (vehículos a control remoto)

¿En qué casos se utilizan las minas subterráneas?

Describa el proceso de la minería subterránea. ¿Cuáles son los componentes de una mina subterránea? ¿Cuál es el objetivo del castillete? Describa el sistema de cables y cabrestante ubicados en el castillete para bajar la jaula de los mineros a la mina y acarrear los minerales hacia el cajón. ¿Cuál es el objetivo del pozo de ventilación? Explique que el pozo de ventilación también puede utilizarse como una ruta de escape de emergencia.

¿De qué manera los trabajadores acceden al cuerpo mineral del pozo? Analice el proceso de construcción de túneles en la roca para crear galerías a fin de acceder al cuerpo mineral. ¿Qué es una cámara? Analice el proceso de tronadura para aflojar los minerales.

¿Cómo se extraen los minerales de la mina? Analice el uso de los pasos de minerales para trasladar los minerales desde las diferentes galerías hasta la parte inferior de la mina donde pueden triturarse y elevarse a la superficie en el cajón.

Si hay minas subterráneas locales en su área, use estas como ejemplos para ilustrar el concepto de la minería subterránea.



## Actividad (duración: 45 minutos)

El objetivo de esta actividad es construir un modelo de una mina subterránea y mostrar todas sus características.

1. Divida la clase en grupos de 3 a 4 estudiantes. Cada grupo creará un modelo único de una mina subterránea.
2. Comience por esbozar el diseño en un papel. Incluya el pozo principal, un pozo de ventilación, al menos 2 galerías, 1 cámara por galería y un paso de minerales que conecte las galerías.
3. Con los rollos de papel higiénico y de cocina, la cinta adhesiva y las tijeras, cree una estructura tridimensional de la mina subterránea esbozada. Cree el pozo de la mina, el pozo de ventilación, las galerías y el paso de minerales. Corte orificios en los tubos cuando necesite sujetar piezas verticalmente en la mitad de los tubos (p. ej., para el paso de minerales).
4. Cree una cámara en cada galería al cortar un orificio de 1" (2,5 cm) de diámetro en la parte superior de una sección del tubo de la galería.
5. Con cartón y los diversos materiales artesanales, diseñe el castillete con los lados pero sin la parte inferior ni superior. Sujételo a la parte superior de la cámara de la mina con cinta adhesiva.
6. Sujete una cuerda a la barra magnética (esto simulará el cajón). Corte la cuerda lo suficientemente larga como para que llegue desde la parte superior del pozo de la mina hacia la inferior. Pruebe la cuerda al bajarla desde la parte superior del castillete hacia el pozo de la mina y luego tirar de esta.
7. Coloque el modelo verticalmente en un soporte fijo o haga que un estudiante lo sostenga firmemente.
8. Pruebe el modelo al añadirle algunos objetos de metal pequeños (minerales) a una de las cámaras en una de las galerías (a través de la abertura en la parte superior del rollo de papel higiénico). Use palitos, sorbetes o cucharas con mango largo para empujar o tirar los minerales a la abertura del paso de minerales en esa galería. Permita que los minerales caigan a la parte inferior del paso de minerales y a la parte inferior del pozo principal.
9. Baje la barra magnética con una cuerda (para simular bajar el cajón), recoja los minerales en la parte inferior del pozo de la mina y sáquelos hacia la superficie.

## Análisis (duración: 15 minutos)

¿Cuáles fueron los desafíos involucrados en la construcción de los modelos de mina subterránea? Cuando se probó cada uno de los modelos, ¿hubo algún área donde haya quedado bloqueado el paso de minerales? Analice los retos involucrados en la construcción de una mina subterránea real. ¿Cómo se transportan los minerales desde las cámaras hacia el paso de minerales en una mina subterránea real?

Visite [cat.com/groundrules](http://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.



## MONITORIZACIÓN AMBIENTAL - pH Y TEMPERATURA

### Descripción

Los estudiantes aprenderán sobre la monitorización ambiental de las masas de agua en las minas. Recolectarán muestras de agua de una masa de agua local y las analizarán en búsqueda de pH y temperatura.

#### VOCABULARIO:

1. Ácido
2. Básico
3. Neutro
4. pH
5. Temperatura
6. Calidad del agua
7. Muestras
8. Lluvia ácida
9. Dióxido de azufre

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Papel de tornasol o indicador universal y tabla de colores
- Termómetro impermeable
- Jugo de limón y gotero
- Leche de magnesia o dentífrico
- Agua destilada
- Agua de grifo
- Agua de lluvia (optativo)
- Vadeadores de cadera o de torso, botas de goma, chalecos salvavidas
- Portapapeles y anotador
- Botellas de plástico pequeñas con tapas
- Hoja de datos (proporcionada)

### Introducción (duración: 30 minutos)

Vea el Capítulo 7 “Minería y medio ambiente” de la película *Reglas del terreno*. Este capítulo muestra un ejemplo de cómo los posibles impactos ambientales de una mina se minimizaron en la mina del río McArthur en Australia.

Solicite a los estudiantes que nombren algunos de los posibles impactos ambientales de una mina (por ejemplo, en la calidad del agua, calidad del aire, alteración de la tierra, remoción de la vegetación o del hábitat).

¿Cuál fue el mayor reto ambiental que Xstrata tuvo que enfrentar antes de poder abrir la mina del río McArthur? (desvío del río). Analice los desafíos asociados con el desvío del río (mantener la biodiversidad, mantener las características naturales del canal del río, la calidad del agua).

¿Qué es lo que hace un técnico ambiental en una mina? Explique que en esta actividad, los estudiantes serán los “técnicos ambientales” de una mina hipotética. Recolectarán muestras de agua y las analizarán en búsqueda de pH y temperatura.



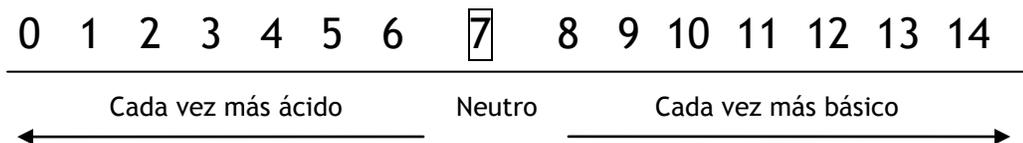
¿Por qué es importante medir la temperatura del agua? El agua que tiene un grado de calor anormal puede reducir la capacidad del agua de mantener el oxígeno disuelto que se necesita para la vida acuática. También se puede medir el oxígeno disuelto directamente con una sonda especial.

Presente la escala de pH y explique qué es lo que se quiere decir con ácido, básico y neutro. La escala de pH tiene una clasificación de 0 a 14 y el 7 es el neutro. Los números por debajo del 7 son ácidos, mientras que los números superiores a 7 son básicos. La escala de pH es logarítmica, de modo que cada número representa un cambio 10 veces mayor. Por ejemplo, un cambio de pH 7 a pH 6 significa que la acidez de la solución aumentó 10 veces más.

Explique que se lleva a cabo la monitorización de la calidad del agua en una mina para evaluar los posibles cambios producidos como resultado de las actividades mineras. Explique que cada masa de agua tiene una química natural única y que no existe un valor del pH estándar que se considere “normal” para todas las masas de agua. Por lo tanto, antes de poner en desarrollo una mina, se evalúa la calidad del agua en cada masa de agua local sobre la cual podría repercutir la mina, a fines de registrar lo que es “normal” para cada masa de agua. En general, esto se denomina calidad del agua de referencia. Luego, una vez que la mina está en funcionamiento, se puede analizar el agua regularmente y compararla con los valores de referencia para observar si se ha producido un cambio en la calidad del agua. Un cambio en el pH puede indicar un cambio en la química de la masa de agua.

El pH del agua de lluvia normal es ligeramente ácido (pH 5,6) debido a la presencia de gas de dióxido de carbono. El pH de muchas masas de agua varía de 6 a 8. Los peces y organismos acuáticos comienzan a verse afectados cuando el pH disminuye por debajo de 5.

**Escala de pH:**



## Actividad (duración: 30 minutos en el campo; 30 minutos en el aula)

El objetivo de esta actividad es recolectar y analizar muestras de agua de una masa de agua local en búsqueda de pH y temperatura.

1. Optativo: recolecte un poco de agua de lluvia en una botella de plástico pequeña antes de realizar la actividad. Cierre bien la tapa y consérvela en un lugar fresco hasta el día de la actividad.
2. Visite una masa de agua local (lago o arroyo). Por cuestiones de seguridad, evite los ríos caudalosos. Lleve botellas de plástico pequeñas, un termómetro, chalecos salvavidas, un anotador y un portapapeles, y vadeadores o botas de goma.
3. Por cuestiones de seguridad, se debe usar un chaleco salvavidas en todo momento mientras se extraen las muestras de agua.

4. Coloque el termómetro en el agua durante un minuto. Registre la temperatura en el anotador. Analice el agua en algunos lugares y registre la temperatura cada vez que lo haga.
5. Camine por el agua y recolecte un par de muestras de agua en botellas de plástico. Tenga cuidado y recolecte solo agua en la botella (no sedimentos ni material vegetal). Cierre bien las tapas.
6. Regrese al aula.
7. Escriba las lecturas de la temperatura en la sección A de la hoja de datos y responda la segunda pregunta.
8. Analice el pH de las muestras de agua con papel de tornasol o un indicador universal. Complete la pregunta 1 de la sección B en la hoja de datos.
9. Analice el pH del jugo de limón, la leche de magnesia o el dentífrico, el agua destilada y el agua de grifo (optativo: también analice el pH del agua de lluvia). Registre las medidas del pH. Responda las preguntas 2 a 5 en la sección B en la hoja de datos.
10. Vierta  $\frac{1}{2}$  vaso de agua destilada en una botella de muestra limpia. Añada unas pocas gotas de jugo de limón. Analice el pH. Continúe añadiendo unas pocas gotas a la vez y analícelo nuevamente. Cada vez que haga esto, registre la cantidad total de gotas añadidas y la medida de pH en la sección C en la hoja de datos hasta que alcance un pH de 5. Responda las preguntas restantes en la hoja de datos.

## Análisis (duración: 30 minutos)

Revise las respuestas a las preguntas en la hoja de datos. ¿De qué manera una mina podría afectar la temperatura de una masa de agua cercana? Esto podría suceder si la mina descarga agua tibia en una masa de agua local. Explique que las minas modernas tienen la responsabilidad de proteger el entorno circundante a la mina. Si descargan agua al medio ambiente, deben asegurarse de que la calidad y temperatura de esta sea adecuada para proteger a los organismos acuáticos y sus hábitats.

¿De qué manera las emisiones de una mina afectan el pH de una masa de agua cercana? Explique que se puede liberar al aire un químico llamado dióxido de azufre durante el proceso de fundición. En la atmósfera, el dióxido de azufre se combina con el agua y produce lluvia ácida. Cuando la lluvia ácida cae sobre una masa de agua, puede hacer que el agua se vuelva ácida con el paso del tiempo. Explique cómo las minas modernas instalan un equipo de control de contaminación para minimizar la cantidad de dióxido de azufre liberado.

Otros parámetros que pueden medirse para monitorizar la calidad del agua en una masa de agua cercana a una mina pueden incluir: oxígeno disuelto, conductividad y turbidez. Además, se pueden recolectar muestras determinadas veces al año y enviarlas al laboratorio para que les realicen un análisis químico.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.

## Hoja de datos de monitorización ambiental

### A) Temperatura del agua

1. Registre la temperatura del agua que midió en la masa de agua. ¿Cuál es la temperatura promedio? ¿La temperatura varió según el lugar en donde se extrajo la muestra?
2. ¿Los peces y otros organismos acuáticos podrían vivir en aguas con esta temperatura?

### B) pH

1. Registre las medidas de pH de las muestras de agua recolectadas de la masa de agua.
2. Registre la medida de pH del jugo de limón. ¿Es ácido, básico o neutro? Escriba “jugo de limón” junto al valor de pH correcto en la escala de pH.
3. Registre la medida de pH de la leche de magnesia o el dentífrico. ¿Es ácido, básico o neutro? Escriba “leche de magnesia” o “dentífrico” junto al valor de pH correcto en la escala de pH.
4. Registre la medida de pH del agua de grifo. ¿Es ácido, básico o neutro? Escriba “agua de grifo” junto al valor de pH correcto en la escala de pH.
5. Registre la medida de pH del agua destilada. ¿Es ácido, básico o neutro? Escriba “agua destilada” junto al valor de pH correcto en la escala de pH.
6. Optativo: registre la medida de pH del agua de lluvia. ¿Es ácido, básico o neutro? Escriba “agua de lluvia” junto al valor de pH correcto en la escala de pH.

## C) Experimento con jugo de limón

1. Complete la siguiente tabla.

Cantidad total de gotas de jugo de limón añadidas	pH del agua
0	

2. ¿Cómo cambia el pH del agua a medida que añades más gotas de jugo de limón?  
¿Qué es lo que sucede?
  
3. ¿Aproximadamente cuántas gotas de jugo de limón se necesitan para alcanzar un pH de 5?
  
4. Describa de qué manera el experimento con el jugo de limón se compara con el mundo real. ¿Cuál es el químico emitido de los procesos de fundición que podría provocar un efecto similar al del jugo de limón en el agua? ¿Cómo se transfiere ese químico del proceso de fundición a la masa de agua?



## PROFESIONES MINERAS

### Descripción

Los estudiantes explorarán los diferentes tipos de profesiones disponibles en el sector minero. Identificarán las profesiones que se muestran en la película *Reglas del terreno* y escribirán las descripciones de los trabajos.

#### VOCABULARIO:

1. Profesión
2. Geólogo
3. Ingeniero
4. Inspector de seguridad
5. Técnico
6. Oficios
7. Obrero
8. Aprendiz
9. Descripción del trabajo
10. Habilidades

#### MATERIAL:

- Película *Reglas del terreno*
- Lapiceras y papel
- Libros de consulta o acceso a Internet
- Optativo: invitados de una empresa minera local

### Introducción (duración: 45 minutos)

Mire toda la película *Reglas del terreno* de un capítulo por vez. Cada capítulo explora un aspecto único de la minería:

Capítulo 1: Exploración

Capítulo 2: Minería a cielo abierto y procesamiento de minerales

Capítulo 4: Ingeniería y minería a cielo abierto

Capítulo 5: Minería subterránea

Capítulo 6: Relaciones comunitarias

Capítulo 7: Aspectos ambientales de la minería

Capítulo 8: Recuperación

(tenga en cuenta que el Capítulo 3 no incluye específicamente ningún oficio minero)

Pause la película luego de cada capítulo para permitir a los estudiantes escribir sus respuestas. Solicíteles que indiquen la mayor cantidad de trabajos en minería que puedan por cada capítulo (aquellos que aparecen en la película y otros que se les ocurran). Revise las respuestas y haga una lista general de las posibles profesiones mineras en el pizarrón. Analicen la cantidad y variedad de puestos disponibles.



## Actividad I (duración: 30 minutos)

El objetivo de esta actividad es identificar las habilidades que se necesitan para las diversas profesiones mineras.

1. Haga que cada estudiante identifique una profesión minera que le interese.
2. Mediante libros de consulta, acceso a Internet o conversaciones con amigos y familiares que trabajen en la industria minera, cada estudiante debe identificar lo siguiente:
  - a. Las actividades diarias involucradas en este puesto.
  - b. Las habilidades necesarias para realizar las tareas laborales.
  - c. La educación y capacitación necesarias para este puesto.
  - d. La capacitación de seguridad necesaria para este puesto.

---

## Actividad II (duración: 30 minutos)

El objetivo de esta actividad es aprender sobre las profesiones mineras específicas locales.

1. Si es posible, invite a una persona que trabaje en la industria minera local para que visite el aula.
2. Antes de que llegue esta persona, los estudiantes deberán preparar una lista de 5 preguntas que les gustaría preguntar al invitado para descubrir más sobre el tipo de trabajo que hace.

---

## Análisis (duración: 15 minutos)

Analice la variedad de opciones de trabajos disponibles en la industria minera.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.



## SEGURIDAD DE LA MINA E IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

### Descripción

Los estudiantes explorarán los posibles peligros de seguridad en las minas y aprenderán sobre los métodos utilizados por las empresas mineras para mantener seguros a sus trabajadores. En la segunda actividad, explorarán los peligros de seguridad en su escuela e identificarán las medidas de seguridad para evitar accidentes.

#### VOCABULARIO:

1. Peligro
2. Equipo de protección individual (EPI)
3. Medida de seguridad
4. Capacitación en seguridad

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Tarjetas de seguridad de la mina
- Cinta adhesiva de papel
- Lápices y papel

### Introducción (duración: 30 minutos)

Vea el Capítulo 2 “Minería moderna” y el Capítulo 5 “Bajo tierra” de la película *Reglas del terreno*. Ambos capítulos abordan muchos de los protocolos de seguridad utilizados en las minas modernas.

Pida a la clase que identifique algunos de los peligros de seguridad de la minería a cielo abierto y subterránea. Haga una lista de los peligros en el pizarrón. ¿Cuáles son algunos de los equipos de protección que usan los mineros para trabajar de manera segura? Explique que estos equipos se llaman equipos de protección individual o EPI.

### Actividad I (duración: 30 minutos)

El objetivo de esta actividad es determinar las medidas de seguridad apropiadas que se deben implementar para cada peligro de minería.

#### Preparación:

1. Prepare una serie de tarjetas de seguridad de la mina (una medida de seguridad por tarjeta).

#### Actividad:

1. Coloque las tarjetas boca abajo al frente de la clase.
2. Pida a los estudiantes que se acerquen uno por uno y saquen una tarjeta.
3. Cada estudiante debe pegar la tarjeta en el pizarrón junto al peligro de minería que puede evitarse al implementar la medida de seguridad que figura en la tarjeta.



## Actividad II (duración: 30 minutos)

El objetivo de esta actividad es identificar los peligros de seguridad en la escuela.

1. Divida a los estudiantes en grupos de 3 o 4.
2. Envíe a cada grupo a un área diferente de la escuela (interior o exterior).
3. Cada grupo tiene 15 minutos para identificar la mayor cantidad de peligros que pueda en esa área de la escuela. Luego, los grupos deben regresar al aula e identificar las posibles medidas de seguridad que se deben implementar para evitar los accidentes asociados con los peligros que identificaron.

---

## Análisis (duración: 30 minutos)

### Actividad I:

Revise las respuestas con toda la clase. ¿Hay errores? ¿Se pueden colocar algunas de las tarjetas junto a otro peligro? Analice la importancia de la capacitación en salud y seguridad antes de trabajar en una mina y la importancia de “pensar en la seguridad” todo el tiempo durante la explotación minera.

### Actividad II:

¿Qué peligros identificaron los estudiantes en la escuela? ¿Cuáles son algunas de las medidas de seguridad que podrían implementarse para evitar accidentes asociados con estos peligros?

Visite [cat.com/groundrules](http://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.

# GROUND RULES



MINERÍA



**MINERÍA**  
EDAD 13 A 15



## CONSTRUCCIÓN DE UNA MINA A CIELO ABIERTO

### Descripción

Los estudiantes construirán una mina a cielo abierto y aprenderán cómo se extraen los minerales de los cuerpos minerales de poca profundidad. Apilarán el destape y lo utilizarán para recuperar la mina luego de la operación.

#### VOCABULARIO:

1. Cielo abierto
2. Destape
3. Bancos
4. Pendiente
5. Ruta del camión
6. Recuperación
7. Pila de material

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Mezcla de arena y canto rodado
- Papel picado o virutas pequeñas de madera
- Agua
- Herramientas para tallar (palas, cucharas, espátulas, cuchillos de plástico)
- Regla
- Cajas grandes de plástico o de madera
- Camiones pequeños de descarga de juguete y palas
- Tachos o cubetas grandes (tachos con minerales)

### Introducción (duración: 30 minutos)

Vea el Capítulo 2 “Minería moderna” y el Capítulo 4 “Retos de ingeniería” de la película *Reglas del terreno* (es optativo también el Capítulo 8: Reclamación [Recuperación]). El Capítulo 2 muestra una mina de cobre a cielo abierto en Chile, mientras que el Capítulo 4 muestra una mina a cielo abierto de oro y cobre en Papúa, Indonesia. Pause la película para observar la estructura de las minas a cielo abierto presentadas en cada uno de estos capítulos de la película.

¿En qué casos se utilizan las minas a cielo abierto? Pregunte a los estudiantes qué notan en la estructura de estas minas a cielo abierto. Analice la función de los bancos o lados escalonados del pozo. Analice la relación ancho a largo de las estructuras a cielo abierto. ¿Qué sucedería si el pozo fuera más profundo y angosto? Explique que una mina a cielo abierto debe ser más ancha que su profundidad para mantener una estructura segura.

¿Qué equipo se utiliza en una mina a cielo abierto? ¿Cómo se compara el tamaño de este equipo con el que se usa en una mina subterránea?

¿Cuál fue el mayor reto en la construcción de la mina a cielo abierto en Papúa, Indonesia? El cuerpo mineral se encuentra en la cima de la montaña. De alguna forma, esto constituye un gran reto, o aún uno mayor que el de excavar pozos para explotar zonas subterráneas. Analice las diferencias y semejanzas de la minería a cielo abierto en la cima de una montaña contra la explotación de un depósito en la profundidad de la superficie de la tierra (p. ej., un teleférico para llegar a la cima en vez de una jaula y un pozo para llegar al fondo; trasladar los minerales montaña abajo en vez de acarrear los minerales hasta la superficie; construir un camino hacia la cima en vez de abrir un pozo y excavar túneles subterráneos). Los procesos de tronadura y carga para extraer los minerales son similares.



## Actividad (duración: 45 minutos)

El objetivo de esta actividad es construir un modelo de una mina a cielo abierto y luego recuperar el sitio de la mina.

1. Divida la clase en grupos de 3 o 4 estudiantes. Cada grupo construirá un modelo de una mina a cielo abierto. El objetivo es construir una mina a cielo abierto lo más profunda como sea posible dentro de los límites del ancho de la caja y dejar un espacio para apilar el destape para la recuperación.
2. Llene una caja grande hasta la mitad aproximadamente con la mezcla de arena y canto rodado. Añada un poco de agua y mézclela para lograr una mezcla que pueda moldearse. Esparza la mezcla de manera uniforme y compáctela.
3. Cubra toda la mina con papel picado o virutas de madera. Esto representa la capa de destape y las cubiertas de la superficie (árboles, vegetación).
4. Comience por crear su mina a cielo abierto al quitar la capa de destape y apilarla en algún lugar dentro de su caja. Esto debe conservarse en su lugar hasta que la mina esté lista para recuperarse.
5. Con una variedad de herramientas, comience a excavar la mina a cielo abierto. Cree los bancos a los lados. Use una regla para medir y construir los bancos de altura y ancho uniformes. Recuerde hacer bancos más anchos a fin de que se utilicen para las rutas de los camiones.
6. Coloque el material excavado fuera de la mina en los tachos para minerales.
7. Excave la mina lo más profundo que pueda antes de que los lados se vuelvan demasiado empinados.
8. Use los bancos más anchos para crear una ruta de camiones desde la parte superior de la mina hasta la parte inferior. Utilice los camiones de juguete para determinar los tamaños de las rutas para camiones (deben ser lo suficientemente anchas como para que quepan dos carriles para camiones).
9. Después de crear todas las minas a cielo abierto y que el docente y otros estudiantes las hayan visto, cada grupo debe recuperar su mina. Recuerde que no hay demasiado destape para llenar el pozo y la estructura del pozo está hecha de rocas, por lo que no se puede aplanar fácilmente. Incentive a los estudiantes a que sean creativos.

## Análisis (duración: 15 minutos)

¿Cuáles fueron los retos implicados en la creación de las minas a cielo abierto? ¿Cuánto tiempo tomó excavar la mina, construir los bancos y las rutas para camiones? Analice cuánto tiempo le hubiera tomado hacer esto con los camiones de juguete y las palas (es decir, cuando la escala del equipo utilizado es proporcional a la mina). Analice la importancia del uso de equipos grandes para aumentar la eficacia del proceso de minería a cielo abierto. ¿Cuáles son los retos de operar esos equipos grandes?

¿Cuáles fueron los retos implicados en la recuperación de la mina a cielo abierto? ¿Dónde decidió cada grupo apilar el destape? ¿Cómo afectó esta decisión en la forma en que se construyó la mina a cielo abierto y su tamaño final? ¿Qué grupo logró crear la mina a cielo abierto más grande? ¿Cómo utilizó cada grupo el destape apilado para recuperar el paisaje? Explique que, en algunos casos, la mina a cielo abierto se llena con agua para crear un lago, o bien se llena con roca estéril, y el destape se utiliza para recuperar las partes del sitio en donde se encontraban construcciones u otras estructuras mineras. Una parte del destape también puede utilizarse para crear curvas seguras en los lados de la mina a cielo abierto y para crear un paisaje que parezca natural.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.



## MODELO DE CORTE TRANSVERSAL DE UNA MINA SUBTERRÁNEA

### Descripción

Los estudiantes construirán un modelo de corte transversal de una mina subterránea y aprenderán cómo se extraen los minerales de los profundos depósitos de minerales.

#### VOCABULARIO:

1. Pozo de la mina
2. Castillete
3. Jaula
4. Cajón de extracción
5. Galería
6. Pozo de ventilación
7. Cámara
8. Cuerpo mineral
9. Paso de mineral

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Plastilina (2 colores)
- Sorbetes
- Palitos de madera, escarbadienes
- Cuadrados grandes de cartón
- Marcadores y lápices
- Cuchillos de plástico y cucharas
- Cuerda
- Carretes pequeños de hilo
- Varios objetos artesanales

### Introducción (duración: 30 minutos)

Vea el Capítulo 5 “Bajo tierra” de la película *Reglas del terreno*. Páusela en la imagen animada de la mina subterránea. Pregunte a los estudiantes cómo se llaman los túneles verticales y horizontales. ¿Cuál es una de las formas (que se muestra en la película) en la que la minería subterránea se ha vuelto más segura en los últimos años? (vehículos a control remoto)

¿En qué casos se utilizan las minas subterráneas? Describa el proceso de la minería subterránea. ¿Cuáles son los componentes de una mina subterránea? ¿Cuál es el objetivo del castillete? Describa el sistema de cables y cabrestante ubicados en el castillete para bajar la jaula de los mineros hacia adentro de la mina y acarrear los minerales hacia afuera en el cajón. ¿Cuál es el objetivo del pozo de ventilación? Explique que el pozo de ventilación también puede utilizarse como una ruta de escape de emergencia.

¿De qué manera los trabajadores acceden al cuerpo mineral del pozo? Analice el proceso de construcción de túneles en la roca para crear galerías a fin de acceder al cuerpo mineral. ¿Qué es una cámara? Analice el proceso de tronadura para aflojar los minerales.

¿Cómo se extraen los minerales de la mina? Analice el uso de los pasos de minerales para trasladar los minerales desde las diferentes galerías hasta la parte inferior de la mina donde pueden triturarse y elevarse a la superficie en el cajón.

Si hay minas subterráneas locales en su área, use estas como ejemplos para ilustrar el concepto de la minería subterránea.



## Actividad (duración: 45 minutos)

El objetivo de esta actividad es construir un modelo de corte transversal de una mina subterránea y mostrar todas las características que tienen las minas subterráneas reales.

1. Divida la clase en grupos de 3 a 4 estudiantes.
2. Cada grupo utilizará un cuadrado de cartón como la base del modelo. Crearán un modelo de corte transversal vertical de una mina subterránea.
3. Cada grupo debe comenzar por dibujar una línea a unas pocas pulgadas desde la parte superior del cuadrado de cartón. Esta línea es la superficie del suelo. Arriba de esta línea, dibuje el castillete de la mina y cualquier otra característica de la superficie de la mina.
4. Esparza una capa de plastilina (aproximadamente de 1" o 2,5 cm de espesor) sobre toda la superficie del cartón debajo de la línea de superficie. La plastilina representa la roca y la tierra subterráneas.
5. Con un cuchillo de plástico, dibuje una forma irregular en la plastilina que comience en algún lugar debajo de la superficie y que se extienda hasta la parte inferior del cartón. Esta forma representará el cuerpo mineral. Corte la forma y reemplácela con plastilina de otro color.
6. Con los cuchillos de plástico, las cucharas, los palitos de madera, los sorbetes y otras herramientas útiles para excavar la plastilina, construya el pozo principal de la mina que conducirá a los trabajadores en la mina y de donde se extraerán los minerales.
7. Use la cuerda y los carretes de hilo a fin de instalar el sistema de cables y poleas para el pozo principal y el castillete.
8. Cree una jaula y un cajón con los palitos de madera o los pedazos de cartón. Sujételos a las cuerdas.
9. Construya una serie de galerías horizontales que se utilizarán para acceder al cuerpo mineral desde el pozo principal.
10. Construya un pozo de ventilación que servirá para ventilar los escapes de las galerías hacia la superficie y que funcionará como una salida de emergencia.
11. Cree cámaras en ciertos lugares a lo largo de las galerías para acceder al cuerpo mineral.
12. Cree un paso de minerales que conecte cada galería, de modo que se pueda trasladar la roca hacia abajo a la trituradora y al cajón.
13. Haga mineros con escarbadiantes y plastilina (sea creativo). Añada a los mineros a su modelo de corte transversal de la mina subterránea. ¿Qué hacen los mineros en las diversas regiones de la mina?
14. Añada vehículos de plastilina o de cartón a su mina subterránea. ¿En dónde los ubicaría y cuáles serían sus funciones?
15. Deje que los modelos se sequen hasta endurecerse.

## Análisis (duración: 15 minutos)

Cada grupo puede usar su modelo para explicar el proceso de minería subterránea. Deben describir todas las estructuras físicas en su modelo y sus objetivos.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.

## Receta para hacer plastilina

Mezcle 1 taza de harina,  $\frac{1}{4}$  de taza de sal y 2 cucharadas de cremor tártaro con 1 taza de agua, 2 cucharaditas de colorante para alimentos y 1 cucharada de aceite en una cacerola. Cocine y revuelva durante 3 a 5 minutos, o hasta que se forme una bola. Amase durante unos minutos en una superficie ligeramente enharinada. Almacene en un envase hermético. Deberá hacer varias tandas de esta receta para que le alcance para esta actividad.



## MONITORIZACIÓN DEL pH, TEMPERATURA, CONDUCTIVIDAD, OXÍGENO DISUELTO

### Descripción

Los estudiantes aprenderán sobre la monitorización ambiental de las masas de agua en las minas. Analizarán los parámetros de calidad del agua (pH, temperatura, conductividad y oxígeno disuelto) en una masa de agua local.

#### VOCABULARIO:

1. Ácido
2. Básico
3. Neutro
4. pH
5. Temperatura
6. Calidad del agua
7. Muestras
8. Lluvia ácida
9. Dióxido de azufre
10. Conductividad
11. Oxígeno disuelto
12. Calidad del agua de referencia

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Sondas manuales para analizar la calidad del agua (pH, oxígeno disuelto, conductividad)
- Termómetro impermeable
- Vadeadores de cadera o de torso, botas de goma
- Chalecos salvavidas
- Anotador
- Optativo: botellas pequeñas de plástico con tapas
- Mapas de las masas de agua (pueden estar dibujados a mano)
- Optativo: dispositivo GPS
- Hojas de datos de campo (proporcionadas)

### Introducción (duración: 30 minutos)

Vea el Capítulo 7 “Minería y medio ambiente” de la película *Reglas del terreno*. Este capítulo muestra un ejemplo de cómo los posibles impactos ambientales de una mina se minimizaron en la mina del río McArthur en Australia.

Solicite a los estudiantes que nombren algunos de los posibles impactos ambientales de una mina (por ejemplo, en la calidad del agua, calidad del aire, alteración de la tierra, remoción de la vegetación o del hábitat).

¿Cuál fue el mayor reto ambiental que Xstrata tuvo que enfrentar antes de poder abrir la mina del río McArthur? (desvío del río). Analice los desafíos asociados con el desvío del río (mantener la biodiversidad, mantener las características naturales del canal del río, la calidad del agua).

¿Qué es lo que hace un técnico ambiental en una mina? Explique que en esta actividad, los estudiantes serán los “técnicos ambientales” de una mina hipotética. Recolectarán muestras de agua y las analizarán en búsqueda de pH, temperatura, conductividad y oxígeno disuelto. Estos son los parámetros más comunes analizados para evaluar la calidad del agua general.



Temperatura:

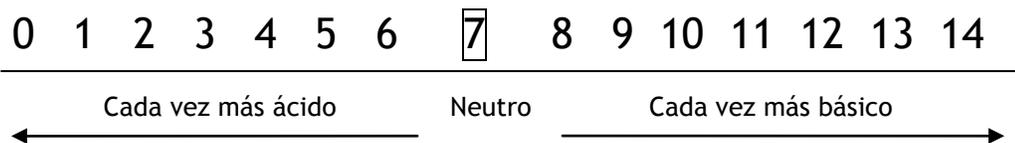
¿Por qué es importante medir la temperatura del agua? El agua que tiene un grado de calor anormal puede reducir la capacidad del agua de mantener el oxígeno disuelto que se necesita para la vida acuática. También se puede medir el oxígeno disuelto directamente con una sonda especial.

pH:

Revise la escala de pH y explique qué es lo que se quiere decir con ácido, básico y neutro. La escala de pH tiene una clasificación de 0 a 14 y el 7 es el neutro. Los números por debajo del 7 son ácidos, mientras que los números superiores a 7 son básicos. La escala de pH es logarítmica, de modo que cada número representa un cambio 10 veces mayor. Por ejemplo, un cambio de pH 7 a pH 6 significa que la acidez de la solución aumentó 10 veces más.

El pH del agua de lluvia normal es ligeramente ácido (pH 5,6) debido a la presencia de gas de dióxido de carbono. El pH de muchas masas de agua varía de 6 a 8. Los peces y organismos acuáticos comienzan a verse afectados cuando el pH disminuye por debajo de 5.

Escala de pH:



Conductividad:

Pregunte a los estudiantes si saben qué es la conductividad y por qué se mide para determinar la calidad del agua. La conductividad es una medida de cuán bien un líquido conduce electricidad. El agua pura tiene una conductividad cero. Mientras más iones disueltos haya en un líquido, más electricidad se podrá conducir. El agua de mar tiene mayor conductividad que el agua dulce. Puede utilizarse un medidor de conductividad en la monitorización de la calidad del agua para medir la conductividad eléctrica del agua. Esta es una medición indirecta de la cantidad de iones (sales) disueltos. Por lo general, la conductividad se mide en unidades de  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (microsiemens por centímetro).

Oxígeno disuelto:

Se puede utilizar una sonda especial para medir directamente la cantidad de oxígeno que se disuelve en el agua. El oxígeno disuelto es importante para la supervivencia de los organismos acuáticos. Por lo general, el oxígeno disuelto se mide en unidades de mg/L (mg o gas por litro de agua).

Explique que se lleva a cabo la monitorización de la calidad del agua en una mina para evaluar los posibles cambios producidos como resultado de las actividades mineras. Explique que cada masa de agua tiene una química natural única, por lo tanto, no existe un valor estándar de pH, conductividad u oxígeno disuelto que se considere “normal” para todas las masas de agua. Entonces, antes de que se ponga en desarrollo una mina, se evalúa la calidad del agua en cada masa de agua local sobre la cual podría repercutir la mina, a fines de registrar lo que es “normal” para cada masa de agua. En general, esto se denomina calidad del agua de referencia. Luego, una vez que la mina entra en funcionamiento, se puede analizar el agua regularmente y compararse con los valores de referencia para observar si se ha producido algún cambio en la calidad del agua. Un cambio en cualquiera de estos parámetros puede indicar un cambio en la química de la masa de agua.

## Actividad (duración: 60 minutos en el campo + tiempo de viaje)

El objetivo de esta actividad es recolectar y analizar muestras de agua de una masa de agua local en búsqueda de pH, temperatura, conductividad y oxígeno disuelto.

1. Siga las instrucciones del fabricante para calibrar los medidores de pH, la conductividad y el oxígeno disuelto en el aula antes de dirigirse al campo.
2. Visite una masa de agua local (lago o arroyo). Por cuestiones de seguridad, evite los ríos caudalosos. Lleve botellas pequeñas de plástico, un termómetro, medidores de calidad del agua, mapas, hojas de datos de campo, vadeadores o botas de goma y chalecos salvavidas.
3. Por cuestiones de seguridad, se debe usar un chaleco salvavidas en todo momento mientras se extraen las muestras de agua.
4. Seleccione tres zonas para tomar las muestras. De la forma más precisa que pueda, indique cada punto de toma de la muestra en un mapa de la masa de agua. Optativo: use un dispositivo GPS para conocer las coordenadas en cada sitio. Estas pueden utilizarse para indicar de manera exacta la ubicación de la toma de muestras en un mapa topográfico.
5. En cada zona, deje el termómetro en el agua durante un minuto. Registre la temperatura en la hoja de datos de campo. Tome tres lecturas. Registre las lecturas individuales. Cuando regrese al aula, calcule la lectura promedio.
6. Analice el pH, la conductividad y el oxígeno disuelto con las sondas manuales. Tome tres lecturas. Registre las lecturas individuales. Cuando regrese al aula, calcule la lectura promedio.
7. En cada punto de extracción de muestras, registre cualquier observación en la hoja de datos que pueda ser importante para interpretar la información, como la claridad del agua, las posibles fuentes de contaminación cercanas, la escorrentía que ingresa a la masa de agua, etc. Si es necesario, también se pueden indicar las fuentes de contaminación en los mapas.
8. Optativo: recolecte una muestra de agua en una botella pequeña de agua de cada sitio. Ciérrelas bien. Estas pueden utilizarse para analizar nuevamente los parámetros en el aula o para realizar más experimentos.
9. Regrese al aula.
10. Calcule las lecturas de campo promedio y regístrelas en la hoja de datos.

## Análisis (duración: 30 minutos)

¿Cómo se compara la calidad del agua entre los sitios a lo largo de una masa de agua? Si hubiera una diferencia, pregunte a los estudiantes cuál es el sitio que creen que está más contaminado. ¿Por qué? ¿Observaron algunas fuentes posibles de contaminación que pudieran afectar la calidad del agua en ese sitio?

¿De qué manera una mina podría afectar la temperatura de una masa de agua cercana? Esto podría suceder si la mina descarga agua tibia en una masa de agua local. Explique que las minas modernas tienen la responsabilidad de proteger el entorno circundante a la mina. Si descargan agua al medio ambiente, deben asegurarse de que la calidad y temperatura de esta sean adecuadas para proteger a los organismos acuáticos y sus hábitats.

¿De qué manera las emisiones de una mina afectan el pH de una masa de agua cercana? Explique que se puede liberar al aire un químico llamado dióxido de azufre durante el proceso de fundición. En la atmósfera, el dióxido de azufre se combina con el agua y produce lluvia ácida. Cuando la lluvia ácida cae sobre una masa de agua, puede hacer que el agua se vuelva ácida con el paso del tiempo. Explique cómo las minas modernas instalan un equipo de control de contaminación para minimizar la cantidad de dióxido de azufre liberado.

¿Cuál es el sitio que posiblemente esté más contaminado? ¿Por qué?

- a) Un sitio con una conductividad alta o un sitio con una conductividad baja
- b) Un sitio con un nivel alto de oxígeno disuelto o un sitio con un nivel bajo de oxígeno disuelto

Visite [cat.com/groundrules](http://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 de campo

### Sitio 1

Parámetro	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio
Temperatura				
pH				
Conductividad				
Oxígeno disuelto				

Observaciones:

Optativo: coordenadas del GPS \_\_\_\_\_

### Sitio 2

Parámetro	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio
Temperatura				
pH				
Conductividad				
Oxígeno disuelto				

Observaciones:

Optativo: coordenadas del GPS \_\_\_\_\_

Sitio 3

Parámetro	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio
Temperatura				
pH				
Conductividad				
Oxígeno disuelto				

Observaciones:

Optativo: coordenadas del GPS \_\_\_\_\_



## PROFESIONES MINERAS

### Descripción

Los estudiantes explorarán los diferentes tipos de profesiones disponibles en el sector minero. Identificarán las profesiones que se muestran en la película *Reglas del terreno* y escribirán las descripciones de los trabajos. Realizarán entrevistas simuladas para varias profesiones mineras.

#### VOCABULARIO:

1. Profesión
2. Geólogo
3. Ingeniero
4. Inspector de seguridad
5. Técnico
6. Oficios
7. Obrero
8. Aprendiz
9. Descripción del trabajo
10. Habilidades

#### MATERIAL:

- Película *Reglas del terreno*
- Lapiceras y papel
- Libros de consulta o acceso a Internet
- Optativo: invitados de una empresa minera local

### Introducción (duración: 45 minutos)

Mire toda la película *Reglas del terreno* de un capítulo por vez. Cada capítulo explora un aspecto único de la minería:

Capítulo 1: Exploración

Capítulo 2: Minería a cielo abierto y procesamiento de minerales

Capítulo 4: Ingeniería y minería a cielo abierto

Capítulo 5: Minería subterránea

Capítulo 6: Relaciones comunitarias

Capítulo 7: Aspectos ambientales de la minería

Capítulo 8: Recuperación

(tenga en cuenta que el Capítulo 3 no incluye específicamente ningún oficio minero)

Pause la película luego de cada capítulo para permitir a los estudiantes escribir sus respuestas. Solicíteles que indiquen la mayor cantidad de trabajos en minería que puedan por cada capítulo (aquellos que aparecen en la película y otros que se les ocurran). Revise las respuestas y haga una lista general de las posibles profesiones mineras en el pizarrón. Analicen la cantidad y variedad de puestos disponibles.



### Actividad I (duración: 30 minutos)

El objetivo de esta actividad es identificar las habilidades que se necesitan para las diversas profesiones mineras.

1. Haga que cada estudiante identifique una profesión minera que le interese.
2. Mediante libros de consulta, acceso a Internet o conversaciones con amigos y familiares que trabajen en la industria minera, cada estudiante debe identificar lo siguiente:
  - a. Las actividades diarias involucradas en este puesto.
  - b. Las habilidades necesarias para realizar las tareas laborales.
  - c. La educación y capacitación necesarias para este puesto.
  - d. La capacitación de seguridad necesaria para este puesto.
3. Divida a los estudiantes en pares. Mediante las descripciones de trabajo identificadas en el paso No. 2, haga que una persona de cada par simule ser el postulante y la otra, el empleador. Los estudiantes realizarán una entrevista simulada al turnarse para hacer las preguntas. Luego de 15 minutos, los pares deberán cambiar de roles.

### Actividad II (duración: 30 minutos)

El objetivo de esta actividad es aprender sobre las profesiones mineras específicas locales.

1. Si es posible, invite a una persona que trabaje en la industria minera local para que visite el aula.
2. Antes de que llegue esta persona, los estudiantes deberán preparar una lista de 5 preguntas que les gustaría preguntar al invitado para descubrir más sobre el tipo de trabajo que hace.

### Análisis (duración: 15 minutos)

Analice la variedad de opciones disponibles de trabajos en la industria minera. Pregunte a los estudiantes que cumplieron el rol del empleador si hubieran contratado al postulante. ¿Por qué sí o por qué no?

Visite [cat.com/groundrules](http://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.



## SEGURIDAD Y ACCIDENTES EN LA MINA

### Descripción

Los estudiantes explorarán los posibles peligros de seguridad en las minas y aprenderán sobre los métodos utilizados por las empresas mineras para mantener seguros a sus trabajadores. En la segunda actividad, investigarán sobre una catástrofe minera grave y analizarán las lecciones que aprendieron de esta.

#### VOCABULARIO:

1. Peligro
2. Equipo de protección individual (EPI)
3. Medida de seguridad
4. Capacitación en seguridad

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Tarjetas de seguridad de la mina
- Cinta adhesiva de papel
- Lápices y papel
- Libros de consulta o acceso a Internet

### Introducción (duración: 30 minutos)

Vea el Capítulo 2 “Minería moderna” y el Capítulo 5 “Bajo tierra” de la película *Reglas del terreno*. Ambos capítulos abordan muchos de los protocolos de seguridad utilizados en las minas modernas.

Pida a la clase que identifique algunos de los peligros de seguridad de la minería a cielo abierto y subterránea. Haga una lista de los peligros en el pizarrón. ¿Cuáles son algunos de los equipos de protección que usan los mineros para trabajar de manera segura? Explique que estos equipos se llaman equipos de protección individual o EPI.

### Actividad I (duración: 30 minutos)

El objetivo de esta actividad es determinar las medidas de seguridad apropiadas que se deben implementar para cada peligro de minería.

#### Preparación:

1. Prepare una serie de tarjetas de seguridad de la mina (una medida de seguridad por tarjeta).

#### Actividad:

1. Coloque las tarjetas boca abajo al frente de la clase.
2. Pida a los estudiantes que se acerquen uno por uno y saquen una tarjeta.
3. Cada estudiante debe pegar la tarjeta en el pizarrón junto al peligro de minería que puede evitarse al implementar la medida de seguridad que figura en la tarjeta.



## Actividad II (duración: 30 minutos)

El objetivo de esta actividad es investigar un accidente minero grave. Los estudiantes pueden trabajar de manera individual o en pares.

1. Mediante los libros de consulta o el acceso a Internet, investigue sobre un accidente grave en la mina ocurrido en su país, estado o provincia. Si es posible, haga que cada estudiante o grupo investigue una catástrofe minera diferente.
2. ¿Cuándo sucedió el accidente?
3. ¿Cuántas personas fallecieron o resultaron heridas?
4. Identifique el peligro para la seguridad y por qué ocurrió el accidente.
5. ¿Se pudo haber evitado el accidente? ¿Cómo?
6. ¿De qué manera el accidente repercutió en los mineros, en la mina y en la comunidad?
7. ¿Qué se aprendió a partir de este accidente? ¿Qué medidas de seguridad se implementaron para evitar que suceda de nuevo?

---

## Análisis (duración: 30 minutos)

### Actividad I:

Revise las respuestas con toda la clase. ¿Hay errores? ¿Se pueden colocar algunas de las tarjetas junto a otro peligro? Analice la importancia de la capacitación en salud y seguridad antes de trabajar en una mina y la importancia de “pensar en la seguridad” todo el tiempo durante la explotación minera.

### Actividad II:

Haga que cada grupo presente sus hallazgos a la clase. Analice las lecciones que se aprendieron de los accidentes y cómo las minas modernas funcionan de manera más segura. También analice los peligros inherentes implicados en la minería y explique que, aunque haya protocolos de seguridad sólidos, los accidentes aún pueden ocurrir.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.

# GROUND RULES



MINERÍA



**MINERÍA**  
EDAD 15 A 18



## CONSTRUCCIÓN DE UNA MINA A CIELO ABIERTO

### Descripción

Los estudiantes construirán una mina a cielo abierto y aprenderán cómo se extraen los minerales de los cuerpos minerales de poca profundidad. Apilarán el destape y lo utilizarán para recuperar la mina luego de la operación. Dibujarán un diagrama transversal de la mina a cielo abierto.

#### VOCABULARIO:

1. Cielo abierto
2. Destape
3. Bancos
4. Pendiente
5. Ruta del camión
6. Recuperación
7. Pila de material
8. Diagrama transversal

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Mezcla de arena y canto rodado
- Papel picado o virutas de madera pequeñas
- Agua
- Herramientas para tallar (palas, cucharas, espátulas, cuchillos de plástico)
- Regla
- Cajas grandes de plástico o de madera
- Camiones pequeños de descarga de juguete y palas
- Tachos o cubetas grandes (tachos con minerales)
- Lápices y papel

### Introducción (duración: 30 minutos)

Vea el Capítulo 2 “Minería moderna” y el Capítulo 4 “Retos de ingeniería” de la película *Reglas del terreno* (es optativo también el Capítulo 8: Reclamación [Recuperación]). El Capítulo 2 muestra una mina de cobre a cielo abierto en Chile, mientras que el Capítulo 4 muestra una mina a cielo abierto de oro y cobre en Papúa, Indonesia. Pause la película para observar la estructura de las minas a cielo abierto presentadas en cada uno de estos capítulos de la película.

¿En qué casos se utilizan las minas a cielo abierto? Pregunte a los estudiantes qué notan en la estructura de estas minas a cielo abierto. Analice la función de los bancos o lados escalonados del pozo. Analice la relación ancho a largo de las estructuras a cielo abierto. ¿Qué sucedería si el pozo fuera más profundo y angosto? Explique que una mina a cielo abierto debe ser más ancha que su profundidad para mantener una estructura segura.

¿Qué equipo se utiliza en una mina a cielo abierto? ¿Cómo se compara el tamaño de este equipo con el que se usa en una mina subterránea?

¿Cuál fue el mayor reto en la construcción de la mina a cielo abierto en Papúa, Indonesia? El cuerpo mineral se encuentra en la cima de la montaña. De alguna forma, esto constituye un gran reto, o aún uno mayor que el de excavar pozos para explotar zonas subterráneas. Analice las diferencias y semejanzas de la minería a cielo abierto en la cima de una montaña contra la explotación de un depósito en la profundidad de la superficie de la tierra (p. ej., un teleférico para llegar a la cima en vez de una jaula y un pozo para llegar al fondo; trasladar los minerales montaña abajo en vez de acarrear los minerales hasta la superficie; construir un camino hacia la cima en vez de abrir un pozo y excavar túneles subterráneos). Los procesos de tronadura y carga para extraer los minerales son similares.



## Actividad (duración: 45 minutos)

El objetivo de esta actividad es construir un modelo de una mina a cielo abierto y luego recuperar el sitio de la mina.

1. Divida la clase en grupos de 3 o 4 estudiantes. Cada grupo construirá un modelo de una mina a cielo abierto. El objetivo es construir una mina a cielo abierto lo más profunda como sea posible dentro de los límites del ancho de la caja y dejar un espacio para apilar el destape para la recuperación.
2. Llene una caja grande hasta la mitad aproximadamente con la mezcla de arena y canto rodado. Añada un poco de agua y mézclela para lograr una mezcla que pueda moldearse. Esparza la mezcla de manera uniforme y compáctela.
3. Cubra toda la mina con papel picado o virutas de madera. Esto representa la capa de destape y las cubiertas de la superficie (árboles, vegetación).
4. Comience por crear su mina a cielo abierto al quitar la capa de destape y apilarla en algún lugar dentro de su caja. Esto debe conservarse en su lugar hasta que la mina esté lista para recuperarse.
5. Con una variedad de herramientas, comience a excavar la mina a cielo abierto. Cree los bancos a los lados. Use una regla para medir y construir los bancos de altura y ancho uniformes. Recuerde hacer bancos más anchos a fin de que se utilicen para las rutas de los camiones.
6. Coloque el material excavado fuera de la mina en los tachos para minerales.
7. Excave la mina lo más profundo que pueda antes de que los lados se vuelvan demasiado empinados.
8. Use los bancos más anchos para crear una ruta de camiones desde la parte superior de la mina hasta la parte inferior. Utilice los camiones de juguete para determinar los tamaños de las rutas para camiones (deben ser lo suficientemente anchas como para que quepan dos carriles para camiones).
9. Dibuje un diagrama transversal de la mina a cielo abierto (con escala tanto como sea posible). Use una regla para medir las profundidades y los anchos de los bancos, etc.
10. Después de crear todas las minas a cielo abierto y que el docente y otros estudiantes las hayan visto, cada grupo debe recuperar su mina. Recuerde que no hay demasiado destape para llenar el pozo y la estructura del pozo está hecha de rocas, por lo que no se puede aplanar fácilmente. Incentive a los estudiantes a que sean creativos.

## Análisis (duración: 15 minutos)

¿Cuáles fueron los retos implicados en la creación de las minas a cielo abierto? ¿Cuánto tiempo tomó excavar la mina, construir los bancos y las rutas para camiones? Analice cuánto tiempo le hubiera tomado hacer esto con los camiones de juguete y las palas (es decir, cuando la escala del equipo utilizado es proporcional a la mina). Analice la importancia del uso de equipos grandes para aumentar la eficacia del proceso de minería a cielo abierto. ¿Cuáles son los retos de operar esos equipos grandes?

¿Cuáles fueron los retos implicados en la recuperación de la mina a cielo abierto? ¿Dónde decidió cada grupo apilar el destape? ¿Cómo afectó esta decisión en la forma en que se construyó la mina a cielo abierto y su tamaño final? ¿Qué grupo logró crear la mina a cielo abierto más grande? ¿Cómo utilizó cada grupo el destape apilado para recuperar el paisaje? Explique que, en algunos casos, la mina a cielo abierto se llena con agua para crear un lago, o bien se llena con roca estéril, y el destape se utiliza para recuperar las partes del sitio en donde se encontraban construcciones u otras estructuras mineras. Una parte del destape también puede utilizarse para crear curvas seguras en los lados de la mina a cielo abierto y para crear un paisaje que parezca natural.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.



## CONSTRUCCIÓN DE UNA MINA SUBTERRÁNEA TRIDIMENSIONAL

### Descripción

Los estudiantes construirán un modelo tridimensional de una mina subterránea con un sistema de poleas funcional para operar el cajón y la jaula. Aprenderán cómo se extraen los minerales de los depósitos profundos de minerales.

#### VOCABULARIO:

1. Pozo de la mina
2. Castillete
3. Jaula
4. Cajón de extracción
5. Galería
6. Pozo de ventilación
7. Cámara
8. Cuerpo mineral
9. Paso de mineral

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Tubos de plástico de 1 y 2" (piezas rectas, uniones, codos, tubos en T, etc.)
- Cuerda
- Poleas pequeñas
- Lápices y papel
- Cartón
- Marcadores
- Varios objetos artesanales
- Arena o canto rodado pequeño
- Sorbetes, varillas o cucharas angostas con mango largo
- Pegamento (optativo)

### Introducción (duración: 30 minutos)

Vea el Capítulo 5 “Bajo tierra” de la película *Reglas del terreno*. Páusela en la imagen animada de la mina subterránea. Pregunte a los estudiantes cómo se llaman los túneles verticales y horizontales. ¿Cuál es una de las formas (que se muestra en la película) en la que la minería subterránea se ha vuelto más segura en los últimos años? (vehículos a control remoto)

¿En qué casos se utilizan las minas subterráneas? Describa el proceso de la minería subterránea. ¿Cuáles son los componentes de una mina subterránea? ¿Cuál es el objetivo del castillete? Describa el sistema de cables y cabrestante ubicados en el castillete para bajar la jaula de los mineros hacia adentro de la mina y acarrear los minerales hacia afuera en el cajón. ¿Cuál es el objetivo del pozo de ventilación? Explique que el pozo de ventilación también puede utilizarse como una ruta de escape de emergencia.

¿De qué manera los trabajadores acceden al cuerpo mineral del pozo? Analice el proceso de construcción de túneles en la roca para crear galerías a fin de acceder al cuerpo mineral. ¿Qué es una cámara? Analice el proceso de tronadura para aflojar los minerales.

¿Cómo se extraen los minerales de la mina? Analice el uso de los pasos de minerales para trasladar los minerales desde las diferentes galerías hasta la parte inferior de la mina donde pueden triturarse y elevarse a la superficie en el cajón.

Si hay minas subterráneas locales en su área, use estas como ejemplos para ilustrar el concepto de la minería subterránea.



## Actividad (duración: 45 minutos)

El objetivo de esta actividad es construir un modelo funcional tridimensional de una mina subterránea y mostrar todas las características que tienen las minas subterráneas reales.

1. Divida la clase en grupos de 3 a 4 estudiantes. Cada grupo creará un modelo único funcional tridimensional de una mina subterránea.
2. Comience por esbozar el diseño en un papel. Incluya el pozo principal, un pozo de ventilación, al menos 3 galerías, 1 cámara por galería y un paso de minerales que conecte las galerías.
3. Con los tubos de plástico, cree una estructura tridimensional de la mina subterránea esbozada. Cree el pozo de la mina con las tuberías de mayor diámetro. Use las tuberías de menor diámetro para construir las galerías y el paso de minerales.
4. Cree una cámara en cada galería mediante un tubo de unión en T con una abertura que apunte hacia arriba (para simular una abertura en el cuerpo mineral).
5. Con cartón y varios materiales artesanales, diseñe un castillete, una jaula y un cajón. Use una cuerda y las poleas para realizar un sistema funcional de cables y poleas dentro del castillete a fin de levantar y bajar la jaula y el cajón.
6. Cree una puerta en el cajón que pueda levantarse y bajarse con un cable en el castillete.
7. Coloque el modelo verticalmente en un soporte fijo o haga que un estudiante lo sostenga firmemente.
8. Pruebe el modelo al añadirle un poco de arena o canto rodado pequeño (minerales) a una de las cámaras de una de las galerías (a través de la abertura en el tubo de unión en T). Utilice palitos, sorbetes o cucharas con mango largo para empujar o tirar los minerales al paso de minerales en esa galería. Deje caer los minerales hasta el fondo del paso de minerales. Levante la puerta del cajón para que puedan ingresar los minerales. Luego cierre la puerta del cajón y levántelo hacia la superficie.
9. Opcativo: pegue las piezas de tubos para realizar un modelo permanente.

## Análisis (duración: 15 minutos)

Cada grupo puede usar su modelo para explicar el proceso de minería subterránea. Deben describir todas las estructuras físicas en su modelo y sus objetivos. ¿Cuáles fueron los retos implicados en la construcción de la estructura subterránea? Cuando se probó cada uno de los modelos, ¿hubo algún área donde se haya bloqueado el paso de minerales? Analice los retos involucrados en la construcción de una mina subterránea real.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.



## DISEÑO DE UNA MINA

### Descripción

Los estudiantes diseñarán una mina para extraer minerales de un cuerpo mineral hipotético.

#### VOCABULARIO:

1. Cuerpo mineral
2. Mina a cielo abierto
3. Mina subterránea
4. Pozo de la mina
5. Castillete
6. Galerías
7. Diseño de la mina

#### MATERIAL:

- Película *Reglas del terreno*
- Papel y lápices
- Reglas
- Diagramas transversales de una mina

### Introducción (duración: 30 minutos)

Vea los Capítulos 1, 2 y 5 de la película *Reglas del terreno*. El Capítulo 1 “Exploración” muestra cómo los geólogos trazan el depósito de minerales. El Capítulo 2 “Minería moderna” muestra cómo se extraen los minerales de una mina a cielo abierto. El Capítulo 5 “Bajo tierra” muestra cómo se extraen los minerales de una mina subterránea.

Revise la estructura de las minas a cielo abierto y subterráneas. ¿Cuáles son los criterios principales utilizados para decidir qué tipo de mina se desarrollará? Analice los componentes de una mina subterránea y de una a cielo abierto y revise la terminología.

### Actividad (duración: 30 minutos)

El objetivo de esta actividad es diseñar una mina basada en un diagrama transversal de un cuerpo mineral. Los estudiantes decidirán qué tipo de mina sería la mejor para acceder al cuerpo mineral y cómo esta se debería diseñar.

#### Preparación:

1. Use el diagrama adjunto como ejemplo de un corte transversal de un cuerpo mineral. Prepare una variedad de estos para que los diferentes grupos de estudiantes trabajen.

#### Actividad:

1. Divida la clase en grupos de 2 o 3 estudiantes. Proporcione a cada grupo un diagrama de corte transversal del cuerpo mineral.
2. Cada grupo debe diseñar una mina para extraer los minerales del cuerpo mineral. Deben decidir cuál sería la más eficaz: una mina a cielo abierto o una subterránea, o ambas, a fin de acceder a las diferentes partes del depósito.



3. Si diseñan una mina subterránea, deben dibujar la ubicación del pozo y las galerías de la mina para acceder a los cuerpos minerales.
4. Optativo: también pueden dibujar un diagrama transversal de la mina a cielo abierto para mostrar los bancos y las rutas de los camiones.

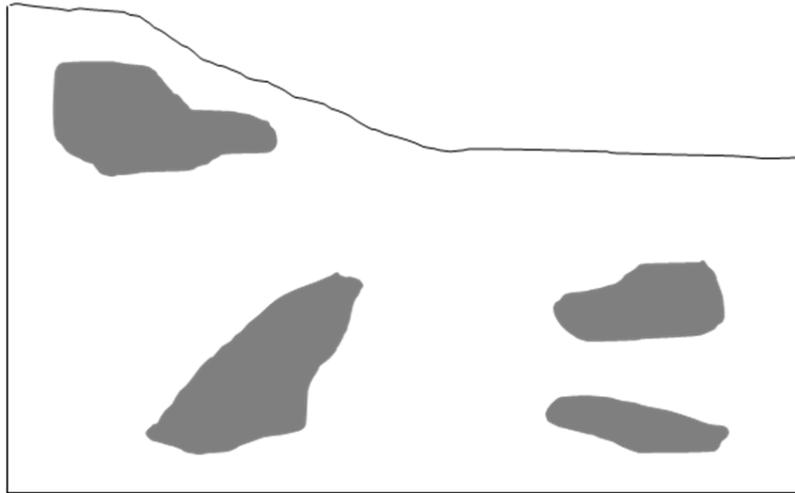
---

## Análisis (duración: 30 minutos)

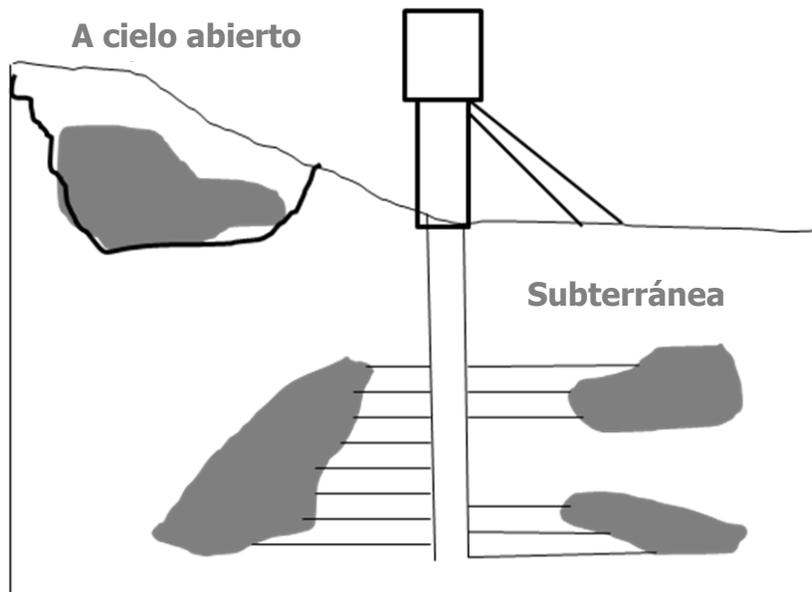
Cada grupo presentará su diseño de la mina a la clase y explicará cómo diseñó la mina para extraer todos los minerales de manera eficaz.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.

Ejemplo de un diagrama transversal de un cuerpo mineral



Ejemplo del diseño de una mina según el cuerpo mineral





## MONITORIZACIÓN DEL pH, TEMPERATURA, CONDUCTIVIDAD, OXÍGENO DISUELTO

### Descripción

Los estudiantes aprenderán sobre la monitorización ambiental de las masas de agua en las minas. Analizarán los parámetros de calidad del agua (pH, temperatura, conductividad y oxígeno disuelto) en una masa de agua local. En la segunda actividad, explorarán la propiedad de la conductividad en más profundidad a través de un experimento en el aula.

#### VOCABULARIO:

1. Ácido
2. Básico
3. Neutro
4. pH
5. Temperatura
6. Calidad del agua
7. Muestras
8. Lluvia ácida
9. Dióxido de azufre
10. Conductividad
11. Oxígeno disuelto
12. Calidad del agua de referencia

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Sondas manuales para analizar la calidad del agua (pH, oxígeno disuelto, conductividad)
- Termómetro impermeable
- Vadeadores de cadera o de torso, botas de goma
- Chalecos salvavidas
- Anotador
- Botellas pequeñas de plástico con tapas
- Mapas de las masas de agua (pueden estar dibujados a mano)
- Optativo: dispositivo GPS
- Hojas de datos de campo (proporcionadas)
- Dos vasos de precipitado
- Tres pinzas de contacto
- Agua desionizada, sal
- Bombilla de luz con dos lengüetas metálicas en la base
- Batería

### Introducción (duración: 30 minutos)

Vea el Capítulo 7 “Minería y medio ambiente” de la película *Reglas del terreno*. Este capítulo muestra un ejemplo de cómo los posibles impactos ambientales de una mina se minimizaron en la mina del río McArthur en Australia.

Solicite a los estudiantes que nombren algunos de los posibles impactos ambientales de una mina (por ejemplo, en la calidad del agua, calidad del aire, alteración de la tierra, remoción de la vegetación o del hábitat).

¿Cuál fue el mayor reto ambiental que Xstrata tuvo que enfrentar antes de poder abrir la mina del río McArthur? (desvío del río). Analice los desafíos asociados con el desvío del río (mantener la biodiversidad, mantener las características naturales del canal del río, la calidad del agua).

¿Qué es lo que hacen los técnicos ambientales en una mina? Explique que en esta actividad, los estudiantes serán los “técnicos ambientales” de una mina hipotética. Recolectarán muestras de agua y las analizarán en búsqueda de pH, temperatura, conductividad y oxígeno disuelto. Estos son los parámetros más comunes analizados para evaluar la calidad del agua general.



Temperatura:

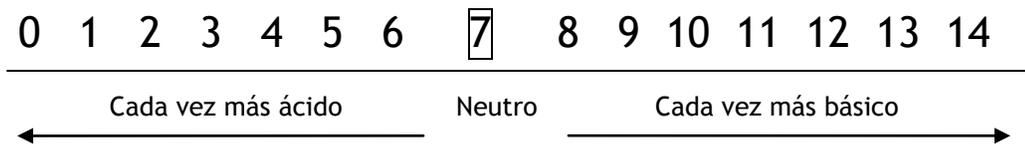
¿Por qué es importante medir la temperatura del agua? El agua que tiene un grado de calor anormal puede reducir la capacidad del agua de mantener el oxígeno disuelto que se necesita para la vida acuática. También se puede medir el oxígeno disuelto directamente con una sonda especial.

pH:

Revise la escala de pH y explique qué es lo que se quiere decir con ácido, básico y neutro. La escala de pH tiene una clasificación de 0 a 14 y el 7 es el neutro. Los números por debajo del 7 son ácidos, mientras que los números superiores a 7 son básicos. La escala de pH es logarítmica, de modo que cada número representa un cambio 10 veces mayor. Por ejemplo, un cambio de pH 7 a pH 6 significa que la acidez de la solución aumentó 10 veces más.

El pH del agua de lluvia normal es ligeramente ácido (pH 5,6) debido a la presencia de gas de dióxido de carbono. El pH de muchas masas de agua varía de 6 a 8. Los peces y organismos acuáticos comienzan a verse afectados cuando el pH disminuye por debajo de 5.

Escala de pH:



Conductividad:

Pregunte a los estudiantes si saben qué es la conductividad y por qué se mide para determinar la calidad del agua. La conductividad es una medida de cuán bien un líquido conduce electricidad. El agua pura tiene una conductividad cero. Mientras más iones disueltos haya en un líquido, más electricidad se podrá conducir. El agua de mar tiene mayor conductividad que el agua dulce. Puede utilizarse un medidor de conductividad en la monitorización de la calidad del agua para medir la conductividad eléctrica del agua. Esta es una medición indirecta de la cantidad de iones (sales) disueltos. Por lo general, la conductividad se mide en unidades de  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (microsiemens por centímetro).

Oxígeno disuelto:

Se puede utilizar una sonda especial para medir directamente la cantidad de oxígeno que se disuelve en el agua. El oxígeno disuelto es importante para la supervivencia de los organismos acuáticos. Por lo general, el oxígeno disuelto se mide en unidades de mg/L (mg o gas por litro de agua).

Explique que se lleva a cabo la monitorización de la calidad del agua en una mina para evaluar los posibles cambios producidos como resultado de las actividades mineras. Explique que cada masa de agua tiene una química natural única, por lo tanto, no existe un valor estándar de pH, conductividad u oxígeno disuelto que se considere “normal” para todas las masas de agua. Entonces, antes de que se ponga en desarrollo una mina, se evalúa la calidad del agua en cada masa de agua local sobre la cual podría repercutir la mina, a fines de registrar lo que es “normal” para cada masa de agua. En general, esto se denomina calidad del agua de referencia. Luego, una vez que la mina entra en funcionamiento, se puede analizar el agua regularmente y compararse con los valores de referencia para observar si se ha producido algún cambio en la calidad del agua. Un cambio en cualquiera de estos parámetros puede indicar un cambio en la química de la masa de agua.

## Actividad I (duración: 90 minutos en el campo + tiempo de viaje)

El objetivo de esta actividad es recolectar y analizar muestras de agua de una masa de agua local en búsqueda de pH, temperatura, conductividad y oxígeno disuelto.

1. Siga las instrucciones del fabricante para calibrar los medidores de pH, la conductividad y el oxígeno disuelto en el aula antes de dirigirse al campo.
2. Visite una masa de agua local (lago o arroyo). Por cuestiones de seguridad, evite los ríos caudalosos. Lleve botellas pequeñas de plástico, un termómetro, medidores de calidad del agua, mapas, hojas de datos de campo, vadeadores o botas de goma y chalecos salvavidas.
3. Por cuestiones de seguridad, se debe usar un chaleco salvavidas en todo momento mientras se extraen las muestras de agua.
4. Seleccione entre 5 a 10 zonas para tomar las muestras. De la forma más precisa que pueda, indique cada punto de toma de la muestra en un mapa de la masa de agua. Optativo: use un dispositivo GPS para conocer las coordenadas en cada sitio. Estas pueden utilizarse para indicar de manera exacta la ubicación de la toma de muestras en un mapa topográfico.
5. En cada zona, deje el termómetro en el agua durante un minuto. Registre la temperatura en la hoja de datos de campo. Tome tres lecturas. Registre las lecturas individuales. Cuando regrese al aula, calcule la lectura promedio.
6. Analice el pH, la conductividad y el oxígeno disuelto con las sondas manuales. Tome tres lecturas. Registre las lecturas individuales. Cuando regrese al aula, calcule la lectura promedio.
7. En cada punto de extracción de muestras, registre cualquier observación en la hoja de datos que pueda ser importante para interpretar la información, como la claridad del agua, las posibles fuentes de contaminación cercanas, la escorrentía que ingresa a la masa de agua, etc. Si es necesario, también se pueden indicar las fuentes de contaminación en los mapas.
8. Recolecte una muestra de agua en una botella pequeña de plástico de cada sitio. Ciérrelas bien. Estas se utilizarán en la actividad II.
9. Regrese al aula.
10. Calcule las lecturas de campo promedio y regístrelas en la hoja de datos.

## Actividad II (duración: 30 minutos)

El objetivo de esta actividad es explorar más detalladamente el concepto de conductividad en un experimento en el aula.

1. Configure un probador de conductividad. Sujete uno de los extremos de una pinza de contacto al extremo negativo de la batería y deje el otro extremo suelto. Sujete una segunda pinza de contacto al extremo positivo de la batería y el otro extremo a una de las lengüetas de la bombilla de luz. Sujete la tercera pinza de contacto a la otra lengüeta de la bombilla de luz y deje el otro extremo suelto.
2. Llene un vaso de precipitado con agua desionizada. Coloque las pinzas de contacto sueltas de cada extremo del conductor en el agua. Observe la bombilla de luz. ¿Qué sucede? Registre sus observaciones.
3. En el segundo vaso de precipitado, añada una cucharadita de sal al agua. Coloque las pinzas de contacto sueltas en el agua. Observe la bombilla de luz. ¿Qué sucede? Registre sus observaciones.
4. Añada lentamente más sal en el segundo vaso de precipitado. Registre sus observaciones.

5. Analice la conductividad de las muestras recolectadas de la masa de agua.
6. Por cuestiones de seguridad, desconecte la batería inmediatamente cuando termine con el experimento.

## Análisis (duración: 30 minutos)

### Actividad I:

¿Cómo se compara la calidad del agua entre los sitios a lo largo de una masa de agua? Si hubiera una diferencia, pregunte a los estudiantes cuál es el sitio que creen que está más contaminado. ¿Por qué? ¿Observaron algunas fuentes posibles de contaminación que pudieran afectar la calidad del agua en ese sitio?

¿De qué manera una mina podría afectar la temperatura de una masa de agua cercana? Esto podría suceder si la mina descarga agua tibia en una masa de agua local. Explique que las minas modernas tienen la responsabilidad de proteger el entorno circundante a la mina. Si descargan agua al medio ambiente, deben asegurarse de que la calidad y temperatura de esta sean adecuadas para proteger a los organismos acuáticos y sus hábitats.

¿De qué manera las emisiones de una mina afectan el pH de una masa de agua cercana? Explique que se puede liberar al aire un químico llamado dióxido de azufre durante el proceso de fundición. En la atmósfera, el dióxido de azufre se combina con el agua y produce lluvia ácida. Cuando la lluvia ácida cae sobre una masa de agua, puede hacer que el agua se vuelva ácida con el paso del tiempo. Explique cómo las minas modernas instalan un equipo de control de contaminación para minimizar la cantidad de dióxido de azufre liberado.

¿Cuál es el sitio que posiblemente esté más contaminado? ¿Por qué?

- a) Un sitio con una conductividad alta o un sitio con una conductividad baja
- b) Un sitio con un nivel alto de oxígeno disuelto o un sitio con un nivel bajo de oxígeno disuelto

### Actividad II:

¿El agua desionizada hace que la bombilla de luz funcione? ¿Por qué sí o por qué no?

¿El agua salada hace que la bombilla de luz funcione? ¿Por qué sí o por qué no?

¿De qué manera el aumento del contenido de sal afecta a la bombilla de luz?

¿Cómo se comparan los resultados del análisis de conductividad de las muestras de la masa de agua con las medidas del medidor?

Visite [cat.com/groundrules](http://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.

## Hoja de datos de campo

### Sitio 1

Parámetro	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio
Temperatura				
pH				
Conductividad				
Oxígeno disuelto				

Observaciones:

Optativo: coordenadas del GPS \_\_\_\_\_

### Sitio 2

Parámetro	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio
Temperatura				
pH				
Conductividad				
Oxígeno disuelto				

Observaciones:

Optativo: coordenadas del GPS \_\_\_\_\_

### Sitio 3

Parámetro	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio
Temperatura				
pH				
Conductividad				
Oxígeno disuelto				

Observaciones:

Optativo: coordenadas del GPS \_\_\_\_\_

### Sitio 4

Parámetro	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio
Temperatura				
pH				
Conductividad				
Oxígeno disuelto				

Observaciones:

Optativo: coordenadas del GPS \_\_\_\_\_

Sitio 5

Parámetro	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Promedio
Temperatura				
pH				
Conductividad				
Oxígeno disuelto				

Observaciones:

Optativo: coordenadas del GPS \_\_\_\_\_



## PROFESIONES MINERAS

### Descripción

Los estudiantes explorarán los diferentes tipos de profesiones disponibles en el sector minero. Identificarán las profesiones que se muestran en la película *Reglas del terreno* y escribirán las descripciones de los trabajos. Experimentarán el proceso de solicitar un trabajo a su elección en la industria minera.

#### VOCABULARIO:

1. Profesión
2. Geólogo
3. Ingeniero
4. Inspector de seguridad
5. Técnico
6. Oficios
7. Obrero
8. Aprendiz
9. Descripción del trabajo
10. Habilidades
11. Currículo
12. Carta de presentación

#### MATERIAL:

- Película *Reglas del terreno*
- Lapiceras y papel
- Libros de consulta o acceso a Internet
- Optativo: invitados de una empresa minera local
- Optativo: ejemplos de currículos y cartas de presentación

### Introducción (duración: 45 minutos)

Mire toda la película *Reglas del terreno* de un capítulo por vez (excepto el Capítulo 3). Cada capítulo explora un aspecto único de la minería y de los oficios mineros:

Capítulo 1: Exploración

Capítulo 2: Minería a cielo abierto y procesamiento de minerales

Capítulo 4: Ingeniería y minería a cielo abierto

Capítulo 5: Minería subterránea

Capítulo 6: Relaciones comunitarias

Capítulo 7: Aspectos ambientales de la minería

Capítulo 8: Recuperación

(tenga en cuenta que el Capítulo 3 no incluye específicamente ningún oficio minero)

Pause la película luego de cada capítulo para permitir a los estudiantes escribir sus respuestas. Solicíteles que indiquen la mayor cantidad de trabajos en minería que puedan por cada capítulo (aquellos que aparecen en la película y otros que se les ocurran). Revise las respuestas y haga una lista general de las posibles profesiones mineras en el pizarrón. Analicen la cantidad y variedad de puestos disponibles.

Revise los componentes de un currículo y de una carta de presentación. Analice la información que debe incluirse y cómo utilizar estas herramientas para convencer a los empleadores de que es el mejor candidato para el puesto.



### Actividad I (duración: 30 minutos)

El objetivo de esta actividad es identificar las habilidades necesarias para una profesión minera que le interese a cada estudiante y preparar un currículum y una carta de presentación a fin de solicitar trabajo en una empresa minera ficticia.

1. Haga que cada estudiante identifique una profesión minera que le interese.
2. Mediante libros de consulta, acceso a Internet o conversaciones con amigos y familiares que trabajen en la industria minera, cada estudiante debe identificar lo siguiente:
  - a. Las actividades diarias involucradas en este puesto.
  - b. Las habilidades necesarias para realizar las tareas laborales.
  - c. La educación y capacitación necesarias para este puesto.
  - d. La capacitación de seguridad necesaria para este puesto.
3. Según la información recopilada en el paso No. 2, prepare un currículum y una carta de presentación para solicitar un puesto en una mina local.

---

### Actividad II (duración: 30 minutos)

El objetivo de esta actividad es aprender sobre las profesiones mineras específicas locales.

1. Si es posible, invite a una persona que trabaje en la industria minera local para que visite el aula.
2. Antes de que llegue esta persona, los estudiantes deberán preparar una lista de 5 preguntas que les gustaría preguntar al invitado para descubrir más sobre el tipo de trabajo que hace.

---

### Análisis (duración: 15 minutos)

Analice la variedad de opciones de trabajos disponibles en la industria minera.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.

# GROUND RULES



PROCESOS DE  
MINERÍA



**PROCESOS DE MINERÍA**  
EDAD 11 A 13



## MASA, VOLUMEN, DENSIDAD Y GRAVEDAD ESPECÍFICA

### Descripción

Los estudiantes determinarán la masa, el volumen, la densidad y la gravedad específica de diferentes materiales y los compararán con la densidad del oro. Aprenderán de qué manera estas propiedades permitieron que los primeros mineros cribaran el oro.

#### VOCABULARIO:

1. Masa
2. Volumen
3. Densidad
4. Gravedad específica
5. Cribado de oro

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Cilindro graduado (intervalos de milímetros)
- Agua
- Cuerda
- Balanza con pesas
- Calculadora
- Monedas de cobre
- Pesas de plomo para pesca
- Clavos de carpintero de hierro
- Roca de cuarzo
- Roca de granito
- Materiales “misteriosos” que traigan los estudiantes

### Introducción (duración: 20 minutos)

Vea el Capítulo 1 “Exploración” de la película *Reglas del terreno*. Céntrense en la sección donde los geólogos criban oro en un riachuelo.

Pregunte a los estudiantes si alguna vez intentaron cribar oro. ¿Sabían cómo funciona y cómo los geólogos separan el oro del agua y otras rocas, arena y cieno? La respuesta está relacionada con las propiedades de masa, volumen, densidad y gravedad específica.

Revise los conceptos de masa y volumen. Cuando pesamos un material, determinamos su masa. Cuando averiguamos qué cantidad de espacio ocupa el material, determinamos su volumen.

La densidad es la relación entre la masa y el volumen de un material.

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Masa}}{\text{Volumen}}$$

Si tuviera dos rocas del mismo tamaño, pero una fuera mucho más pesada que la otra, la más pesada tendría mayor densidad. Esto sucede porque los materiales que la forman están compactados de manera más estrecha.



Si pesáramos cada una de las rocas (en gramos) y determináramos su volumen (en centímetros cúbicos), la densidad sería igual a la cantidad de gramos que pesa cada centímetro cúbico de roca.

Muéstreles un ejemplo de dos materiales de aproximadamente el mismo tamaño pero con pesos diferentes. Algunos minerales también son más pesados que otros del mismo tamaño. Por ejemplo, el oro es mucho más pesado que muchos otros minerales.

Los geólogos utilizan una propiedad denominada gravedad específica para determinar si un mineral es más pesado que otro.

La gravedad específica es la cantidad de veces que un mineral pesa más que un volumen igual de agua. Por ejemplo, el oro tiene una gravedad específica de 19,3. Esto significa que una onza de oro será 19,3 veces más pesada que una onza de agua.

$$\text{Gravedad específica} = \frac{\text{Masa (del mineral) en el aire}}{\text{Masa en el aire} - \text{Masa en el agua}}$$

Relacione estas propiedades con el proceso de cribado del oro. Los primeros mineros utilizaron las propiedades de densidad y gravedad específica para desarrollar un método a fin de separar el oro de otros materiales. Sabían que un pedazo de oro era más pesado que el agua y las rocas del mismo tamaño. Por lo tanto, calcularon que, al agregar agua al cieno, la arena y las rocas en la criba, y al agitar la mezcla, el oro más pesado finalmente se ubicaría en la parte inferior de la criba. Luego, tenían que quitar el resto de los materiales de la criba y buscar el oro en la parte inferior. Los principios son fáciles de comprender, pero se requiere de mucha práctica para mejorar el cribado del oro.

## Actividad I (duración: 30 minutos)

El objetivo de la actividad es determinar la masa, el volumen, la densidad y la gravedad específica de diferentes materiales y comparar estos valores con las propiedades del oro.

Nota: utilice una cantidad suficiente de cada material para registrar un cambio medible en el nivel del agua dentro del cilindro. Por ejemplo, ate varias monedas juntas en vez de usar una sola.

### Paso 1: masa

1. Utilice una balanza para pesar cada material y redondee la medición al gramo más próximo (monedas de cobre, pesas de plomo, clavos de hierro, cuarzo y granito).
2. Registre el peso en gramos en la hoja de trabajo.

### Paso 2: volumen

1. Llene un cilindro graduado aproximadamente hasta que esté medio lleno (con la profundidad suficiente para sumergir el material) y registre la cantidad de milímetros de agua que hay en el cilindro.
2. Ate una cuerda al primer material y sumérjalo completamente en el cilindro.
3. El agua debería subir. Lea el nuevo volumen del cilindro en milímetros. La diferencia entre esta medida y la medida de volumen original es igual al volumen de espacio ocupado por el material que se añadió al cilindro.
4. Repita el proceso para cada material.
5. En la hoja de trabajo, registre la cantidad de centímetros cúbicos de volumen ocupado por cada material (tenga en cuenta que 1 milímetro = 1 centímetro cúbico).

Paso 3: densidad

1. Calcule la densidad de cada material por medio de la ecuación anterior. Las unidades deben ser gramos por centímetro cúbico.
2. Registre la densidad en la hoja de trabajo.

Paso 4: gravedad específica

1. La información registrada en el paso 1 es la masa de cada material en el aire.
2. Para determinar la masa de cada material en el agua, deberá registrar la masa del cilindro y el agua combinados, y la masa del cilindro, el agua y el material combinados. La diferencia entre estas dos será igual a la masa del material en el agua.
3. Calcule la gravedad específica mediante esta información y la ecuación anterior.

## Actividad II (duración: 20 minutos)

Seleccione 4 materiales “misteriosos” que trajeron los estudiantes. Haga que los estudiantes se turnen para manipular los materiales y solicíteles que los clasifiquen según la densidad o la gravedad específica, desde el valor más bajo hasta el más alto (mediante inspección visual únicamente). Luego, siga el proceso en la actividad I para determinar de manera precisa la densidad y la gravedad específica de los materiales misteriosos. ¿Cómo se comparan las mediciones con las hipótesis?

## Análisis (duración: 20 minutos)

¿Qué material tiene la densidad más alta? ¿Cuál tiene la gravedad específica más alta? ¿Qué nos dice eso sobre ese material? ¿Cómo se compara la gravedad específica de estos materiales con la del oro?

Presente una situación en que la clase explotará un área mediante la criba. Si el depósito contenía todos los materiales que se midieron en esta actividad, ¿qué material se encontraría en el fondo de la criba? ¿Qué material se elevaría hacia la superficie de la criba?

Visite [cat.com/groundrules](http://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.



## JUEGO MONOPOLY DE MINERÍA

### Descripción

Los estudiantes explorarán las diferentes fases del desarrollo de una mina y los aspectos económicos de estas fases. Comprenderán los procesos de toma de decisiones que se llevan a cabo para determinar si se puede extraer un cuerpo mineral de manera rentable.

#### VOCABULARIO:

1. Exploración
2. Concesión
3. Perforación
4. Cuerpo mineral
5. Roca estéril
6. Valuación del mineral
7. Ganancia

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Aproximadamente 500 fichas de póquer (del mismo color)
- Un color de pintura (de distinto color al de las fichas de póquer) y pinceles
- Papel cuadriculado
- Marcadores de colores (dos colores que coincidan con el color de la pintura y el color de las fichas de póquer)
- Dinero ficticio (\$1.000 para cada grupo en billetes de \$5)
- Cronómetros
- Calculadoras

### Introducción (duración: 15 minutos)

Vea el Capítulo 1 “Exploración” y el Capítulo 2 “Minería moderna” de la película *Reglas del terreno*.

Analice las etapas del desarrollo de una mina de metal. Ponga énfasis en los procesos de toma de decisiones que se llevan a cabo para decidir si desarrollar o no una mina.

La primera etapa del desarrollo de una mina se llama “Exploración mineral”. Esta fase incluye la identificación de un cuerpo mineral, el trazado de la ubicación y la extensión del cuerpo mineral, la solicitud de concesión, las perforaciones para recolectar muestras básicas, el análisis de las muestras básicas para conocer las características químicas y el contenido mineral, y la determinación del potencial de recursos de la propiedad.

Introduzca el concepto de costos y beneficios. En minería, hay diferentes costos, como por ejemplo, el trabajo de exploración, los procesos regulatorios, los equipos, los retos de ingeniería, el trabajo minero, la capacitación, la salud y la seguridad, y la recuperación de la mina.

Los beneficios de la minería surgen del valor de los metales extraídos. El grado o la concentración del metal, como así también la forma en que aparece, afectarán los costos asociados con la extracción del mineral. Por lo tanto, los costos de la extracción del mineral deben compararse cuidadosamente con el valor del depósito del metal para determinar si la mina puede ser rentable. Las empresas mineras generalmente llevan a cabo estudios de viabilidad para determinar si las minas potenciales son viables.



Analice el concepto de valuación mineral. Los diferentes minerales tienen distintos valores (por ejemplo, una libra de oro vale mucho más que una libra de plomo). El valor del mineral se determina por la demanda de ese mineral para fabricar las cosas que usamos en nuestra vida cotidiana.

Analice el proceso de extracción de minerales. Solo una parte del cuerpo mineral contiene los metales que son de interés. Durante el proceso de minería, los metales de interés se extraen de la roca circundante. La roca estéril que queda se debe desechar de manera responsable desde el punto de vista ambiental. Comúnmente, los volúmenes de roca estéril son mucho más grandes que los volúmenes de metales. La empresa debe decidir dónde apilar la roca estéril y cómo incorporarla en el paisaje recuperado al final del proceso de minería.

## Actividad I (duración: 60 minutos + tiempo de preparación de 30 minutos)

El objetivo de la actividad es desarrollar una operación de minería rentable. Los estudiantes deben trabajar en grupos para esta actividad debido a que, en el mundo real, estas decisiones se toman en grupo.

### Preparación de los estudiantes (15 minutos):

1. Divida la clase en tres o cuatro grupos que representarán a las empresas mineras.
2. Cada grupo debe elegir un nombre para la empresa y crear un cartel para la empresa (que se utilizará para solicitar la concesión minera).
3. Con el papel cuadriculado, cada grupo deberá preparar un “mapa base” de la habitación donde tendrá lugar la actividad. El mapa debe mostrar todas las características principales, como puertas, ventanas, bancos, mesas, armarios, etc.

### Preparación del docente (30 minutos):

1. Pinte un punto en uno de los lados de aproximadamente 100 a 150 fichas de póquer. Las fichas de póquer que queden sin pintar representarán la roca estéril.
2. Mientras los estudiantes están afuera de la habitación, coloque las fichas de póquer en conjuntos en diferentes lugares de la habitación (1 o 2 conjuntos más que la cantidad de grupos de estudiantes que haya). Cada conjunto representa una propiedad que puede o no contener un cuerpo mineral valioso.
3. Coloque aproximadamente el 25 % de las fichas de póquer pintadas con la cara pintada hacia arriba y el resto con la cara pintada hacia abajo.
4. Añada aproximadamente el triple de fichas de póquer sin pintar a cada conjunto (es decir, roca estéril).
5. Lleve una hoja de respuestas que indique cuántas fichas de póquer de cada color se usan en cada conjunto.
6. Proporcione a cada “empresa” un presupuesto de mil dólares en dinero ficticio para que la mina comience a producir.

### Actividad:

Antes de comenzar con la actividad, explique a los estudiantes que las fichas de póquer representan minerales y roca estéril, y que algunas de las fichas de póquer pintadas están boca abajo, de manera que no se conozca el alcance total del depósito. El objetivo de la actividad es desarrollar la mina más rentable. Recuerde a los estudiantes que el tiempo es dinero en el proceso de minería, por lo tanto, todas las fases de la minería deben llevarse a cabo lo más rápido posible, pero pensando cuidadosamente.

## Fase 1: reconocimiento del sitio:

1. Configure el cronómetro en 10 minutos.
2. Con los marcadores de colores, dos representantes de cada empresa visitarán cada "propiedad" potencial y registrarán puntos en el mapa base donde se encuentran ubicadas las fichas de póquer desconocidas (es decir, las fichas que están boca abajo) y las conocidas (es decir, las fichas con la cara pintada hacia arriba). Esto se denomina mapa de exploración. LAS FICHAS DE PÓQUER NO PUEDEN MOVERSE NI DARSE VUELTA EN ESTE MOMENTO.
3. Cuando termine el trazado, detenga el cronómetro y registre el tiempo transcurrido (10 minutos como máximo).
4. El docente es el banco. Cada equipo debe pagar al banco \$15 por cada minuto utilizado para el reconocimiento del sitio.

## Fase 2: solicitud de concesión:

1. Configure el cronómetro en 10 minutos.
2. Durante este tiempo, cada empresa debe examinar el mapa de exploración y decidir dónde van a "solicitar la concesión" (es decir, qué propiedad van a explotar).
3. Cuando se apague el cronómetro, un representante de cada empresa colocará el cartel de la empresa en la propiedad donde quieren la concesión.
4. Solo una empresa puede tener la concesión de una propiedad. La primera empresa que coloque el cartel en la propiedad tiene la concesión. Si hay empate, tire una moneda para desempatar.

## Fase 3: perforación de exploración:

1. Configure el cronómetro en 10 minutos.
2. Cada empresa debe perforar hasta seis agujeros en su propiedad. La perforación consiste en dar vuelta hasta 6 fichas de póquer desconocidas para mostrar los tipos de minerales en la parte inferior de estas. El grupo decide cuántas fichas de póquer y qué fichas darán vuelta.
3. La perforación debe completarse antes de que se apague el cronómetro.
4. Cada equipo debe pagar al banco \$30 por cada agujero perforado, ya sea que se haya descubierto algún mineral o no.

## Fase 4: desarrollo de la mina:

1. Cada empresa explotará la propiedad en su totalidad al dar vuelta todas las fichas de póquer desconocidas restantes.
2. Registre la cantidad de fichas de póquer explotadas (es decir, la cantidad total de fichas de póquer). Esto incluye las fichas sin pintar (es decir, roca estéril) y las fichas previamente boca arriba, ya que también cuesta dinero extraerlas del suelo.
3. Cada equipo debe pagar al banco \$5 por cada ficha de póquer explotada.

## Fase 5: valuación de la mina:

1. Registre la cantidad de fichas de póquer de minerales y fichas de póquer de roca estéril.
2. El banco debe pagar a cada empresa \$50 por cada ficha de póquer de mineral.
3. Cada equipo debe pagar al banco \$5 por cada ficha de póquer de roca estéril para cubrir los costos de eliminación y recuperación.

## Análisis (duración: 15 minutos)

¿A qué empresa le sobró más dinero? ¿Qué significa esto (ganancia)? Analice las razones por las que esta mina logró una mayor rentabilidad. Por ejemplo, tenía más contenido mineral en el cuerpo mineral, se minimizaron los costos de exploración, etc. Analice los procesos de toma de decisiones de cada etapa del desarrollo de la mina. ¿Cuál fue la decisión más difícil?

Visite [cat.com/groundrules](http://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.



## EL MISTERIO DEL CUERPO MINERAL

### Descripción

Los estudiantes explorarán los procesos de perforación con extracción de muestras básicas y pruebas geológicas. Los estudiantes recolectarán muestras básicas, las analizarán para conocer su contenido mineral y trazarán la extensión del cuerpo mineral.

#### VOCABULARIO:

1. Exploración
2. Muestra básica
3. Mineral
4. Cuerpo mineral
5. Roca estéril
6. Muestreo de cuadrícula

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Plastilina de dos colores
- Pedazos de 2 pulgadas de sorbetes transparentes
- Un palito sin punta (palito de chupetín) que entre en el sorbete y mida más de 2 pulgadas
- Lápices y papel cuadriculado
- Muestras básicas de rocas reales (optativo)
- Lupas (optativo)

### Introducción (duración: 30 minutos)

Vea el Capítulo 1 “Exploración” de la película *Reglas del terreno*.

Analice las etapas del desarrollo de una mina de metal. ¿Cómo determinan los geólogos el lugar donde se llevará a cabo el proceso de minería?

Pregunte a los estudiantes si saben qué es un cuerpo mineral. Explíqueles que un cuerpo mineral es un depósito grande de minerales. Los geólogos buscan estos depósitos durante la fase de exploración del desarrollo de la mina.

La fase de exploración incluye la identificación de un cuerpo mineral, el trazado de la ubicación y la extensión del cuerpo mineral, la solicitud de concesión, las perforaciones para recolectar muestras básicas, el análisis de las muestras básicas para conocer las características químicas y el contenido mineral, y la determinación de la aptitud de la propiedad para la minería.

Introduzca el concepto de costos y beneficios. En minería, hay diferentes costos, como por ejemplo, el trabajo de exploración, los procesos regulatorios, los equipos, los retos de ingeniería, el trabajo minero, la capacitación, la salud y la seguridad, y la recuperación de la mina.

Los beneficios de la minería surgen del valor de los metales extraídos. El grado o la concentración del metal, como así también la forma en que aparece, afectarán los costos asociados con la extracción del mineral. Por lo tanto, es importante comprender con precisión las propiedades geológicas de un cuerpo mineral.



Explique que la perforación que se realiza para recolectar muestras básicas es un paso importante en la fase de exploración de la minería. Durante la exploración geológica de un sitio de mina potencial, se usa una plataforma de perforación para perforar la roca y extraer muestras de roca. Estas muestras básicas se analizan para conocer el contenido mineral, las características químicas y otras propiedades geológicas. Toda esta información ayudará a la empresa minera a determinar si vale la pena explotar el cuerpo mineral.

Optativo: si puede obtener una muestra básica de roca real, muéstresela a los estudiantes para que la examinen. También pueden usar lupas para ver la muestra más en detalle. Pídale que describan lo que ven. ¿Es la muestra básica de un color sólido o tiene franjas de varios colores? ¿Pueden ver diferentes tipos de minerales dentro de la muestra?

## Actividad (duración: 45 minutos)

El objetivo de la actividad es realizar un trazado preciso de la extensión de un cuerpo mineral según los resultados de la muestra básica.

1. Divida la clase en grupos de 3 a 4 estudiantes.
2. Para cada grupo, pegue con cinta adhesiva un pedazo de papel cuadriculado en el banco y pida a los estudiantes que dibujen un rectángulo que ocupe casi completamente el papel cuadriculado, pero que dejen una o dos filas de cuadrículas visibles en el borde. Las líneas del rectángulo deben trazarse a lo largo de las líneas de las cuadrículas del papel cuadriculado. Etiquete el borde horizontal del rectángulo con letras, una en cada cuadrícula (es decir, A, B, C, D...). Etiquete el borde vertical del rectángulo con números (es decir, 1, 2, 3...). Prepare dos hojas más de papel cuadriculado con las mismas etiquetas y dimensiones del rectángulo (una será la hoja de respuestas y la otra, la de registro).
3. Entregue a cada grupo dos colores de plastilina y explique qué representa cada color (p. ej., el rojo representa el cuerpo mineral y el verde, la roca estéril).
4. Pida a cada grupo que construya un cuerpo mineral arriba del papel cuadriculado dentro de los límites del rectángulo. Deben esparcir el color del cuerpo mineral de manera aleatoria y sin que la plastilina se extienda hasta los bordes del rectángulo.
5. Cada grupo debe hacer un bosquejo de su cuerpo mineral en el papel cuadriculado de la hoja de respuesta y entregárselo al docente.
6. Luego, cada grupo debe esparcir el color que representa la roca estéril arriba de toda la estructura, hasta los bordes del rectángulo. Deben lograr una estructura donde vean únicamente la plastilina del color que representa la roca estéril desde la parte superior y los bordes. La plastilina del color que representa el cuerpo mineral no debe verse en lo absoluto.
7. Los grupos deben intercambiar posiciones de manera que trabajen sobre el cuerpo mineral de otro grupo.
8. Dentro de cada grupo, los estudiantes se turnarán para tomar muestras básicas del cuerpo mineral. Las muestras básicas se recolectan al presionar el sorbete sobre la estructura de plastilina. Luego, se debe sacar el sorbete hacia arriba, extraer la muestra con un palito y examinarla. Utilice las cuadrículas y las letras y los números asociados en los ejes del papel cuadriculado para ubicar de manera precisa la posición de las muestras básicas.
9. Registre los resultados de las muestras básicas en la hoja de registro de papel cuadriculado. Si se observa el color del cuerpo mineral en la muestra básica, ingrese X en la cuadrícula apropiada en el papel cuadriculado. Si no se observa el color del cuerpo mineral, ingrese O en la cuadrícula.

10. Continúe tomando muestras hasta que su grupo considere que tiene suficiente información para trazar la forma del cuerpo mineral.
11. Registre la cantidad de muestras básicas que se necesitan para determinar la forma del cuerpo mineral.
12. Haga un bosquejo de la forma del cuerpo mineral en el papel cuadriculado en base al patrón de X y O registrado en el papel cuadriculado. Compárelo con la hoja de respuestas.

---

### Análisis (duración: 15 minutos)

¿Cuán preciso fue cada grupo para determinar la forma del cuerpo mineral? ¿Qué grupo realizó el mapa del cuerpo mineral más exacto? ¿Qué grupo usó la menor cantidad de muestras básicas para generar su mapa?

Analice cómo este ejercicio se relaciona con la toma de muestras básicas en un cuerpo mineral real. ¿Por qué es importante determinar con precisión la forma del cuerpo mineral? ¿Por qué es importante limitar la cantidad de muestras básicas utilizadas para determinar la forma del cuerpo mineral? Además de la forma, ¿qué más debe saber sobre el cuerpo mineral? Analice cómo podría reunir información de las muestras básicas que recolectó para determinar el volumen del cuerpo mineral.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.

## Receta para hacer plastilina

Mezcle 1 taza de harina,  $\frac{1}{4}$  de taza de sal y 2 cucharadas de cremor tártaro con 1 taza de agua, 2 cucharaditas de colorante para alimentos y 1 cucharada de aceite en una cacerola. Cocine y revuelva durante 3 a 5 minutos, o hasta que se forme una bola. Amase durante unos minutos en una superficie ligeramente enharinada. Almacene en un envase hermético.



## RECUPERACIÓN DE UN SITIO DE MINA

### Descripción

Los estudiantes aprenderán cómo se apila e incorpora en el paisaje el destape después del cierre de una mina. Experimentarán el cultivo de plantas en paisajes recuperados con varios tratamientos. Los estudiantes probarán tres variables: el espesor del suelo, la composición del suelo (capas o mezclas) y los nutrientes.

### VOCABULARIO:

1. Destape
2. Pila de material
3. Nivelación
4. Tipos de suelo
5. Siembra
6. Estabilidad
7. Germinación de la semilla
8. Nutrientes
9. Planificación de cierre

### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Mezcla de grava, arena y cieno (destape)
- Tierra orgánica
- Cucharaditas de harina de huesos, harina de sangre y potasa, o fertilizante mezclado
- Semillas para césped
- Agua y atomizador
- Acceso a la luz solar o una lámpara
- Paletas pequeñas para jardinería
- Caja de plástico del tamaño de una caja de zapatos
- Jarras medidoras, recipientes grandes para mezclar
- Reglas, calculadoras
- Hoja de datos (proporcionada)

### Introducción (duración: 15 minutos)

Vea el Capítulo 8 “Reclamación” (Recuperación) de la película *Reglas del terreno*. Pida a los estudiantes que den las razones por las que los sitios de minas deben recuperarse después del cierre de la mina. Analice los posibles problemas ambientales y de seguridad que pueden ocasionarse si no se recupera el sitio de mina.

Pregunte a los estudiantes qué material se quitó en la mina de carbón antes de que se pudiera llegar al depósito de carbón. Se tuvo que quitar la capa superior del suelo (de un espesor de 60 metros). Esta se denomina “destape”. Pregunte a los estudiantes qué hizo la empresa minera con el destape. Lo apilaron en el sitio de mina y lo guardaron para la recuperación del lugar. Ponga énfasis en el hecho de que la recuperación se debe planificar antes de abrir la mina. Esto se llama “planificación de cierre”. Las empresas mineras tienen que preparar un plan de cierre que cuente con la aprobación del gobierno. Además, tienen que demostrar que obtendrán suficientes ganancias durante la operación de la mina para cubrir los costos de la recuperación.

Pida a los estudiantes que nombren las características que observaron sobre la vegetación natural de la mina de Nueva Guinea en comparación con la vegetación natural del sitio de Wyoming. Pregúnteles cuál de los dos sitios sería más fácil de recuperar. Analice el hecho de que el objetivo de la recuperación es crear un paisaje lo más parecido posible al paisaje natural, pero que esto sería mucho más difícil de lograr en un bosque tropical montañoso que en una región de pradera plana.



Explique que los estudiantes construirán modelos de paisajes recuperados e intentarán hacer crecer plantas sobre ellos. Muestre a la clase a qué se asemeja el destape (mezcla de grava, arena y cieno). Pregúnteles si consideran que las plantas crecerán directamente sobre este y qué necesitan las plantas para crecer (suelo con nutrientes, agua y luz solar). También pregúnteles cómo piensan que harían crecer plantas sobre el destape. Explíqueles que experimentarán con diferentes tipos de suelo y mezclas de nutrientes para ver cuál es el mejor para el crecimiento de las plantas.

## Actividad (duración: 30 minutos + observaciones diarias de 5 minutos)

El objetivo de esta actividad es investigar cómo crecerán las plantas sobre un paisaje recuperado con varios tratamientos. Los estudiantes analizarán tres variables: el espesor del suelo, la composición del suelo (capas o mezclas) y los nutrientes.

### Cómo construir un paisaje recuperado:

1. Divida la clase en ocho grupos. Entregue a cada grupo una caja de plástico y una paleta para jardinería. El docente también debe tener una caja y una paleta.
2. Cada grupo debe etiquetar su caja de plástico con el número de su grupo (1 a 8) y el docente debe etiquetar su caja con el número 9.
3. Cada grupo debe calcular el área de la parte inferior de la caja al multiplicar la longitud por el ancho.
4. Cada grupo tendrá que determinar el volumen del destape necesario para realizar una capa de 5 cm (2") en la parte inferior de la caja al multiplicar el área de la caja por 5 cm (2"). Cada grupo debe medir el volumen apropiado del destape, verterlo en la caja y alisarlo para lograr una superficie plana de espesor uniforme. También debe medir la profundidad de la capa con una regla en varios lugares de la caja para garantizar que el espesor sea uniforme.
5. Cada grupo preparará un modelo de paisaje recuperado diferente con distintos espesores y mezclas de suelo. Utilice el método del paso 4 para calcular los volúmenes de suelo necesarios a fin de preparar varias capas de suelo de diferentes espesores.
6. Cada grupo debe describir la composición de todos los paisajes recuperados en la hoja de datos.

### *Grupo 1 (capa de tierra delgada):*

1. Mida un volumen de tierra orgánica que forme una capa de exactamente 1 cm (1/2") de espesor cuando se lo coloque en la parte superior de la capa de destape.
2. Esparza la tierra orgánica directamente en la parte superior de la capa de destape. Tenga cuidado de que no se mezclen ambas capas.

### *Grupo 2 (capa de tierra delgada, fertilizante):*

1. Mida un volumen de tierra orgánica que forme una capa de exactamente 1 cm (1/2") de espesor cuando se lo coloque en la parte superior de la capa de destape. Colóquelo en un recipiente para mezclar.
2. Añada 1 cucharadita de harina de huesos, harina de sangre y potasa (o 1 cucharadita de un fertilizante mezclado). Mezcle bien el fertilizante con la tierra orgánica.
3. Esparza la mezcla en una capa en la parte superior de la mezcla de destape. Tenga cuidado de que no se mezclen ambas capas.

*Grupo 3 (espesor mediano de la capa de tierra):*

1. Mida un volumen de tierra orgánica que forme una capa de exactamente 2,5 cm (1") de espesor cuando se lo coloque en la parte superior de la capa de destape.
2. Esparza la tierra orgánica directamente en la parte superior de la capa de destape. Tenga cuidado de que no se mezclen ambas capas.

*Grupo 4 (espesor mediano de la capa de tierra, fertilizante):*

1. Mida un volumen de tierra orgánica que forme una capa de exactamente 2,5 cm (1") de espesor cuando se lo coloque en la parte superior de la capa de destape. Colóquelo en un recipiente para mezclar.
2. Añada 2 cucharaditas de harina de huesos, harina de sangre y potasa (o 2 cucharaditas de un fertilizante mezclado). Mezcle bien el fertilizante con la tierra orgánica.
3. Esparza la mezcla en una capa en la parte superior de la mezcla de destape. Tenga cuidado de que no se mezclen ambas capas.

*Grupo 5 (capa gruesa de tierra):*

1. Mida un volumen de tierra orgánica que forme una capa de exactamente 4 cm (1 ½") de espesor cuando se lo coloque en la parte superior de la capa de destape.
2. Esparza la tierra orgánica directamente en la parte superior de la capa de destape. Tenga cuidado de que no se mezclen ambas capas.

*Grupo 6 (capa gruesa de tierra, fertilizante):*

1. Mida un volumen de tierra orgánica que forme una capa de exactamente 4 cm (1 ½") de espesor cuando se la coloque en la parte superior de la capa de destape. Colóquela en un recipiente para mezclar.
2. Añada 3 cucharaditas de harina de huesos, harina de sangre y potasa (o 3 cucharaditas de un fertilizante mezclado). Mezcle bien el fertilizante con la tierra orgánica.
3. Esparza la mezcla en una capa en la parte superior de la mezcla de destape. Tenga cuidado de que no se mezclen ambas capas.

*Grupo 7 (mezcla de tierra y destape):*

1. Mida un volumen de tierra orgánica que forme una capa de exactamente 2,5 cm (1") de espesor cuando se lo coloque en la parte superior de la capa de destape.
2. Mezcle bien la tierra orgánica con la capa de destape. Alise la superficie de la mezcla de tierra orgánica y destape.

*Grupo 8 (mezcla de tierra y destape, fertilizante):*

1. Mida un volumen de tierra orgánica que forme una capa de exactamente 2,5 cm (1") de espesor cuando se lo coloque en la parte superior de la capa de destape. Colóquelo en un recipiente para mezclar.
2. Añada 2 cucharaditas de harina de huesos, harina de sangre y potasa (o 2 cucharaditas de un fertilizante mezclado). Mezcle bien el fertilizante con la tierra orgánica.
3. Mezcle bien la tierra orgánica y el fertilizante en la capa de destape. Alise la superficie de la mezcla de tierra orgánica, fertilizante y destape.

Cómo añadir las plantas (todos los grupos)

1. Cada grupo y el docente deben esparcir 4 cucharaditas de semillas de césped lo más uniformemente posible en toda la superficie del paisaje recuperado.
2. Apisone suavemente las semillas en la superficie del suelo.
3. Con el atomizador de agua, el docente debe rociar una cantidad abundante de agua de manera uniforme sobre la superficie del paisaje recuperado. Se debe contar y registrar la cantidad total de veces que se roció la superficie.
4. Cada grupo debe rociar sus paisajes recuperados la misma cantidad de veces.
5. Coloque todas las cajas cerca de una ventana o debajo de una lámpara que se encienda durante el día y se apague durante la noche.

Observaciones diarias (todos los grupos)

1. Riegue los modelos de paisajes recuperados todos los días con un atomizador y asegúrese de hacerlo la misma cantidad de veces en cada caja. Añada una cantidad adicional de agua los viernes, de manera que tengan suficiente agua para pasar el fin de semana.
2. Cada grupo debe hacer observaciones diarias de todos los modelos de paisajes recuperados en su hoja de datos. Continúe haciendo observaciones diarias hasta que el césped crezca bien en al menos uno de los modelos.

**Análisis (duración: 15 minutos)**

¿Qué variables se mantuvieron constantes en este experimento? Agua, luz, semillas de césped, capa de destape, terreno plano. ¿Qué variables se analizaron en este experimento? (espesor de la tierra orgánica, capas contra mezclas de tierra orgánica y destape, fertilizantes [nutrientes]). ¿Qué otras variables se podrían haber analizado? (diferentes tipos de semillas, terrenos con pendientes, diferentes cantidades de fertilizantes, etc.)

¿En cuál de los paisajes recuperados las plantas crecieron mejor o peor? ¿En cuál de los paisajes recuperados las plantas crecieron más rápido? ¿En cuál las plantas parecen ser las más sanas? ¿Eran correctas las hipótesis de los estudiantes? ¿Qué necesitan las plantas para crecer en un paisaje recuperado? Según los resultados del experimento, si tuviera que planificar un paisaje recuperado, ¿cómo lo diseñaría?

Explique que este experimento es una simple demostración de la recuperación de un paisaje plano de un ecosistema de pradera. Analice qué sería necesario para recuperar un paisaje de un ecosistema de bosque o crear un paisaje con una topografía variada.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.

## Hoja de datos para la recuperación de un sitio de mina

## A) Hipótesis y observaciones iniciales

Fecha: \_\_\_\_\_

1. Describa la composición de los paisajes recuperados.

Paisaje 1:

Paisaje 2:

Paisaje 3:

Paisaje 4:

Paisaje 5:

Paisaje 6:

Paisaje 7:

Paisaje 8:

Paisaje 9:

¿Qué paisaje es el patrón de comparación? ¿Por qué?

2. ¿En qué paisaje considera que las plantas podrán crecer mejor? ¿Por qué?

3. ¿En qué paisaje considera que las plantas no podrán crecer en lo absoluto? ¿Por qué?

## B) Observaciones diarias

Cantidad de días hasta que las plantas comienzan a crecer en al menos uno de los paisajes recuperados: \_\_\_\_\_

El primer día en que se observe el crecimiento de la planta en al menos uno de los paisajes recuperados, comience a hacer observaciones diarias y complete una tabla para cada día. Copie la siguiente tabla para cada día según sea necesario hasta el final del experimento.

Fecha: \_\_\_\_\_

Observaciones	1	2	3	4	5	6	7	8	9
¿Se observa crecimiento? (Sí/No)									
% de superficie cubierta con plantas (%)									
Altura de la planta más alta (mm)									
¿Considera que las plantas se ven sanas? (Sí/No) Describa.									
Otras observaciones									



## LA VENTAJA DE LA CARRETILLA

### Descripción

Los estudiantes explorarán de qué manera las máquinas simples y complejas facilitan el trabajo en un sitio de mina.

#### VOCABULARIO:

1. Carga
2. Fuerza
3. Ventaja mecánica
4. Plano inclinado
5. Cuña
6. Polea
7. Tornillo
8. Rueda y eje
9. Palanca
10. Máquina simple
11. Máquina compleja

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Cajas de cartón (del tamaño de una caja de zapatos)
- Pedazos de cartón (divisorios)
- Palos largos o espigas de madera
- Pistola adhesiva
- Dinamómetros
- Pesas u objetos para utilizar como pesas
- Variedad de materiales de construcción o artesanales
- Ruedas y ejes (optativos)
- Calculadoras

### Introducción (duración: 20 minutos)

Vea el Capítulo 2 “Minería moderna” de la película *Reglas del terreno*.

Analice de qué manera las máquinas simples y complejas se utilizan para ayudar a los mineros a extraer mineral de un cuerpo mineral. Se utiliza una amplia variedad de máquinas en el proceso de minería para ayudar a los mineros a hacer su trabajo de una manera más eficaz al disminuir la cantidad de esfuerzo y tiempo requeridos para completar las tareas.

Pregunte a los estudiantes si conocen la diferencia entre una máquina simple y una compleja. Describa los seis tipos de máquinas simples para levantar o mover objetos: plano inclinado, cuña, polea, tornillo, rueda y eje, y palanca. Estas seis máquinas simples pueden funcionar solas o en conjunto. Si se colocan dos o más máquinas simples juntas, se obtiene una máquina compleja que facilita aún más el trabajo.

Presente el concepto de 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:

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



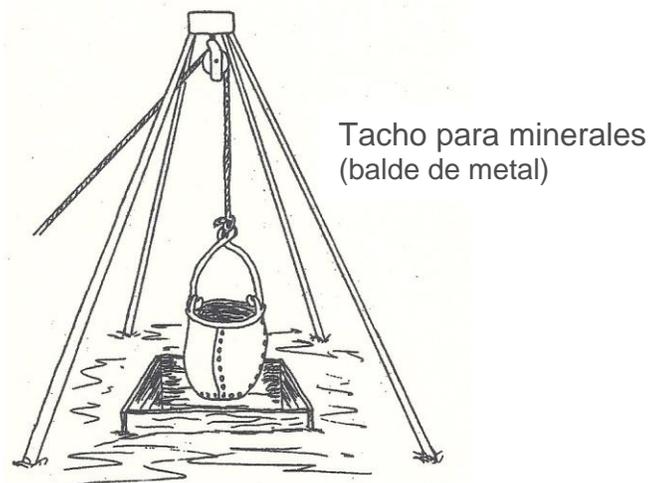
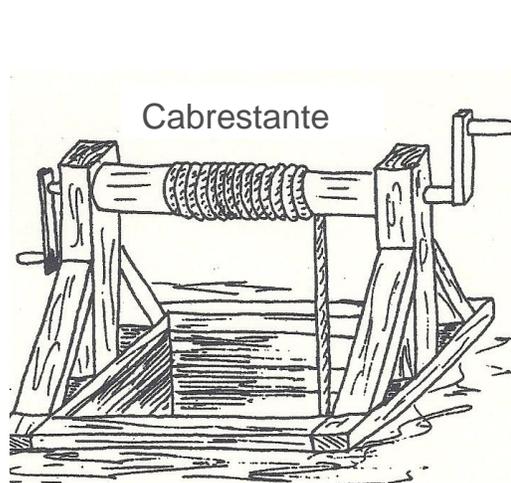
Dé un ejemplo en el pizarrón: si una roca pesa 100 lb (carga) y creamos una máquina simple que requiere que usemos 50 lb de nuestra fuerza para levantar la roca, entonces la ventaja mecánica de nuestra máquina sería 2 (es decir,  $100/50 = 2$ ). En otras palabras, la máquina simple multiplicó nuestro 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.

Analice la conexión entre las máquinas y la minería. A principios del siglo XIX, los mineros utilizaban muchas máquinas simples y complejas para aumentar la eficacia del proceso de minería. Estos son algunos ejemplos de estas primeras máquinas:

- Carretilla: rueda y eje, palancas, tornillos
- Pico: palanca, cuña
- Pie de cabra: palanca, cuña
- Tabla de concentración: plano inclinado
- Cabrestante: palanca, rueda y eje, tornillo
- Tacho para minerales: polea, tornillo, rueda y eje

En la actualidad, se utilizan muchas más máquinas complejas en minería, pero los conceptos básicos de ventaja mecánica todavía se aplican.



Analice las dos máquinas simples que forman la carretilla: palanca, rueda y eje. La palanca lo ayuda a levantar la carga; la rueda y el eje, a mover la carga. Esta actividad explorará cómo se utiliza la palanca en la carretilla para crear una ventaja mecánica.

## Actividad I (duración: 20 minutos)

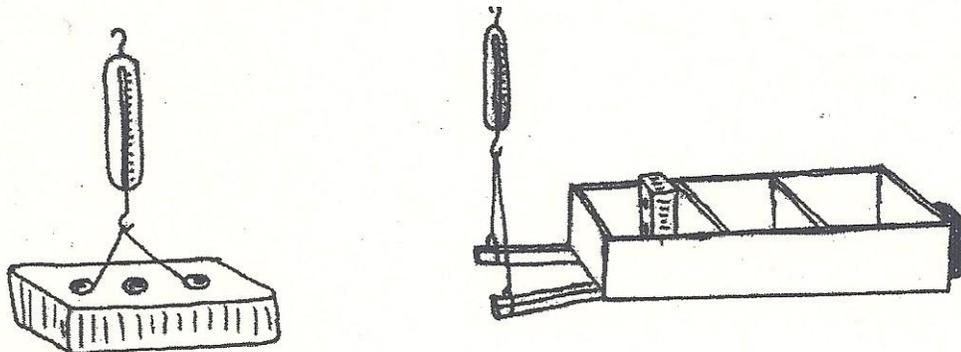
En esta actividad, los estudiantes construirán un modelo de carretilla y explorarán de qué manera la ubicación de la carga afecta la ventaja mecánica de la carretilla.

Recuerde a los estudiantes que una carretilla es en realidad una máquina compleja, ya que está hecha con una rueda y un eje en el extremo de dos palancas. Sin embargo, no es necesario usar una rueda ni un eje para esta actividad.

1. Pida a los estudiantes que construyan una carretilla con una caja de cartón y palos largos o espigas de madera. Sujete pedazos adicionales de cartón en el interior de la caja para dividirla en al menos 3 secciones desde la parte delantera hasta la trasera. Cuanto más secciones tenga, más datos podrá recolectar. Pegue dos palos largos o espigas de madera a la parte inferior de la caja en forma de V, como se muestra a continuación. Los palos deben extenderse más allá de ambos extremos de la caja. En uno de los extremos, los palos se deben sujetar a los bordes externos de la caja para crear las manijas. En el otro extremo, los palos se deben sujetar más cerca uno del otro para formar las palancas.



2. Con un dinamómetro, pese el objeto que está utilizando para representar la carga. Luego añada el objeto a la sección de la carretilla que esté más cerca de las manijas. Coloque un dinamómetro en las manijas y levante la carretilla para determinar la fuerza ejercida para levantar la carga.



3. Calcule la ventaja mecánica.
4. Cambie la ubicación de la carga y colóquela en la próxima sección. Luego, registre la ventaja mecánica. Repita el proceso para cada sección.

¿Qué posición obtuvo la ventaja mecánica más alta? ¿Por qué? Recuerde, cuanto mayor sea el valor de la ventaja mecánica, más fácil le resultará realizar el trabajo. ¿Cuál es el mejor lugar para colocar los materiales en la carretilla?

## Actividad II (duración: 20 minutos)

Divida la clase en grupos de 2 a 4 estudiantes. Mediante una variedad de materiales de construcción o artesanales disponibles en el aula, solicite a los grupos que creen una carretilla que consideren que tendrá la mayor ventaja mecánica. Cada grupo debe calcular la ventaja mecánica de su carretilla.

---

## Análisis (duración: 15 minutos)

### Actividad I:

¿De qué manera la ubicación de la carga dentro de la carretilla afecta la ventaja mecánica? ¿Qué posición dentro de la carretilla obtuvo la ventaja mecánica más alta? ¿Por qué? Cuanto más lejos se encuentre usted de la carga y cuanto más cerca del eje esté la carga, más fácil será levantarla.

### Actividad II:

Analice qué alteraciones mejoraron la ventaja mecánica y cuáles no. ¿Por qué?

Visite [cat.com/groundrules](http://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.

# GROUND RULES



PROCESOS DE  
MINERÍA



**PROCESOS DE MINERÍA**  
EDAD 13 A 15



## MASA, VOLUMEN, DENSIDAD Y GRAVEDAD ESPECÍFICA

### Descripción

Los estudiantes determinarán la masa, el volumen, la densidad y la gravedad específica de diferentes materiales y los compararán con la densidad del oro. Descubrirán de qué manera estas propiedades permitieron que los primeros mineros cribaran el oro.

#### VOCABULARIO:

1. Masa
2. Volumen
3. Densidad
4. Gravedad específica
5. Cribado de oro

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Cilindro graduado (intervalos de milímetros)
- Agua
- Cuerda
- Balanza con pesas y calculadora
- Monedas de cobre
- Pesas de plomo para pesca
- Clavos de carpintero de hierro
- Rocas de granito y cuarzo
- Mezcla de arena, canto rodado y cieno
- Pequeños pedazos de alambre de cobre
- Tachos de basura y moldes para torta poco profundos

### Introducción (duración: 20 minutos)

Vea el Capítulo 1 “Exploración” de la película *Reglas del terreno*. Céntrense en la sección donde los geólogos criban oro en un riachuelo.

Pregunte a los estudiantes si alguna vez intentaron cribar oro. ¿Saben cómo funciona y cómo los geólogos separan el oro del agua y otras rocas, arena y cieno? La respuesta está relacionada con las propiedades de masa, volumen, densidad y gravedad específica.

Revise los conceptos de masa y volumen. Cuando pesamos un material, determinamos su masa. Cuando averiguamos qué cantidad de espacio ocupa el material, determinamos su volumen.

La densidad es la relación entre la masa y el volumen de un material.

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Masa}}{\text{Volumen}}$$

Si tuviera dos rocas del mismo tamaño, pero una fuera mucho más pesada que la otra, la más pesada tendría mayor densidad. Esto sucede porque los materiales que la forman están compactados de manera más estrecha.



Si pesáramos cada una de las rocas (en gramos) y determináramos su volumen (en centímetros cúbicos), la densidad sería igual a la cantidad de gramos que pesa cada centímetro cúbico de roca.

Muéstreles un ejemplo de dos materiales de aproximadamente el mismo tamaño pero con pesos diferentes. Algunos minerales también son más pesados que otros del mismo tamaño. Por ejemplo, el oro es mucho más pesado que muchos otros minerales.

Los geólogos utilizan una propiedad denominada gravedad específica para determinar si un mineral es más pesado que otro.

La gravedad específica es la cantidad de veces que un mineral pesa más que un volumen igual de agua. Por ejemplo, el oro tiene una gravedad específica de 19,3. Esto significa que una onza de oro será 19,3 veces más pesada que una onza de agua.

Gravedad específica = 
$$\frac{\text{Masa (del mineral) en el aire}}{\text{Masa en el aire} - \text{Masa en el agua}}$$

Relacione estas propiedades con el proceso de cribado del oro. Los primeros mineros utilizaron las propiedades de densidad y gravedad específica para desarrollar un método a fin de separar el oro de otros materiales. Sabían que un pedazo de oro era más pesado que el agua y las rocas del mismo tamaño. Por lo tanto, calcularon que, al agregar agua al ceno, la arena y las rocas en la criba, y al agitar la mezcla, el oro más pesado finalmente se ubicaría en la parte inferior de la criba. Luego, tenían que quitar el resto de los materiales de la criba y buscar el oro en la parte inferior. Los principios son fáciles de comprender, pero se requiere de mucha práctica para mejorar el cribado del oro.

## Actividad I (duración: 30 minutos)

El objetivo de la actividad es determinar la masa, el volumen, la densidad y la gravedad específica de diferentes materiales y comparar estos valores con las propiedades del oro.

Nota: utilice una cantidad suficiente de cada material para registrar un cambio medible en el nivel del agua dentro del cilindro. Por ejemplo, ate varias monedas juntas en vez de usar una sola.

### Paso 1: masa

1. Utilice una balanza para pesar cada material y redondee la medición al gramo más próximo (monedas de cobre, pesas de plomo, clavos de hierro, cuarzo y granito).
2. Registre el peso en gramos en la hoja de trabajo.

### Paso 2: volumen

1. Llene un cilindro graduado aproximadamente hasta que esté medio lleno (con la profundidad suficiente para sumergir el material) y registre la cantidad de milímetros de agua que hay en el cilindro.
2. Ate una cuerda al primer material y sumérjalo completamente en el cilindro.
3. El agua debería subir. Lea el nuevo volumen del cilindro en milímetros. La diferencia entre esta medida y la medida de volumen original es igual al volumen de espacio ocupado por el material que se añadió al cilindro.
4. Repita el proceso para cada material.
5. En la hoja de trabajo, registre la cantidad de centímetros cúbicos de volumen ocupado por cada material (tenga en cuenta que 1 milímetro = 1 centímetro cúbico).

### Paso 3: densidad

1. Calcule la densidad de cada material mediante la ecuación anterior. Las unidades deben ser gramos por centímetro cúbico.
2. Registre la densidad en la hoja de trabajo.

### Paso 4: gravedad específica

1. La información registrada en el paso 1 es la masa de cada material en el aire.
2. Para determinar la masa de cada material en el agua, deberá registrar la masa del cilindro y el agua combinados, y la masa del cilindro, el agua y el material combinados. La diferencia entre estas dos será igual a la masa del material en el agua.
3. Calcule la gravedad específica por medio de esta información y la ecuación anterior.

## Actividad II (duración: 20 minutos)

El objetivo de esta actividad es experimentar en qué consiste el cribado de oro.

1. Cree algunas “pepitas de cobre” pequeñas con algunos pedazos de alambre de cobre trenzados. Asegúrese de que los bordes estén plegados para que no sean filosos. Si lo desea, puede usar monedas de cobre opaco en vez de alambre, pero el alambre es más difícil de encontrar.
2. Mezcle un poco de arena, cieno y canto rodado. Añada una pequeña cantidad de “pepitas de cobre” y mezcle bien.
3. Saque aproximadamente 1 vaso de esta mezcla y colóquela dentro de un molde para torta poco profundo. Añada suficiente agua para llenar la criba aproximadamente 2/3.
4. Coloque el molde para torta sobre el tacho de basura.
5. Haga girar la mezcla para separar las partículas finas y enviar las partículas más grandes a la parte inferior de la criba.
6. A medida que las partículas más livianas suben a la superficie, escúrralas en el tacho.
7. Añada más agua y mezcle la solución una y otra vez, según sea necesario, hasta que se haya quitado la mayor parte de la mezcla y solo quede una pequeña cantidad en la parte inferior de la criba.
8. Drene cuidadosamente el agua restante sin perturbar los sedimentos que se han acumulado en la parte inferior de la criba.
9. Coloque el alambre de cobre (o las monedas) en la criba.

## Análisis (duración: 20 minutos)

### Actividad I:

¿Qué material tiene la densidad más alta? ¿Cuál tiene la gravedad específica más alta? ¿Qué nos dice eso sobre ese material? ¿Cómo se compara la gravedad específica de estos materiales con la del oro?

### Actividad II:

¿De qué tamaño eran las partículas de las que pudieron deshacerse primero? ¿Por qué las pepitas de cobre se acumularon en la parte inferior de la criba? Busque la gravedad específica del cobre en una guía de campo de minerales y rocas o en Internet. Compare la gravedad específica del cobre con otros minerales presentes en la arena, el cieno y el canto rodado de granito y cuarzo.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.



## EL JUEGO DEL PROCESO DE MINERÍA

### Descripción

Los estudiantes explorarán las diferentes fases del desarrollo de una mina y los aspectos económicos de estas fases. Comprenderán los procesos de toma de decisiones que se llevan a cabo para determinar si se puede extraer un cuerpo mineral de manera rentable.

#### VOCABULARIO:

1. Exploración
2. Concesión
3. Perforación
4. Cuerpo mineral
5. Roca estéril
6. Valuación del mineral
7. Ganancia bruta y neta

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Aproximadamente 500 fichas de póquer (del mismo color)
- Dos colores de pintura (de distinto color al de las fichas de póquer) y pinceles
- Papel cuadriculado
- Marcadores de colores (tres colores que coincidan con los colores de la pintura y el color de las fichas de póquer)
- Hoja de trabajo (incluida en el plan de clases)
- Cronómetros
- Calculadoras

### Introducción (duración: 30 minutos)

Vea el Capítulo 1 “Exploración” y el Capítulo 2 “Minería moderna” de la película *Reglas del terreno*.

Analice las etapas del desarrollo de una mina de metal. Ponga énfasis en los procesos de toma de decisiones que se llevan a cabo para decidir si desarrollar o no una mina.

La primera etapa del desarrollo de una mina se llama “Exploración mineral”. Esta fase incluye la identificación de un cuerpo mineral, el trazado de la ubicación y la extensión del cuerpo mineral, la solicitud de concesión, las perforaciones para recolectar muestras básicas, el análisis de las muestras básicas para conocer las características químicas y el contenido mineral, y la determinación del potencial de recursos de la propiedad.

Introduzca el concepto de costos y beneficios. En minería, hay diferentes costos, como por ejemplo, el trabajo de exploración, los procesos regulatorios, los equipos, los retos de ingeniería, el trabajo minero, la capacitación, la salud y la seguridad, y la recuperación de la mina.

Los beneficios de la minería surgen del valor de los metales extraídos. El grado o la concentración del metal, como así también la forma en que aparece, afectarán los costos asociados con la extracción del mineral. Por lo tanto, los costos de la extracción del mineral deben compararse cuidadosamente con el valor del depósito del metal para determinar si la mina puede ser rentable. Las empresas mineras generalmente llevan a cabo estudios de viabilidad para determinar si las minas potenciales son viables.



Analice el concepto de valuación mineral. Los diferentes minerales tienen distintos valores (por ejemplo, una libra de oro vale mucho más que una libra de plomo). El valor del mineral se determina por la demanda de ese mineral para fabricar las cosas que usamos en nuestra vida cotidiana.

Analice el proceso de extracción de minerales. Solo una parte del cuerpo mineral contiene los metales que son de interés. Durante el proceso de minería, los metales de interés se extraen de la roca circundante. La roca estéril que queda se debe desechar de manera responsable desde el punto de vista ambiental. Comúnmente, los volúmenes de roca estéril son mucho más grandes que los volúmenes de metales. La empresa debe decidir dónde apilar la roca estéril y cómo incorporarla en el paisaje recuperado al final del proceso de minería.

## Actividad (duración: 60 minutos + tiempo de preparación de 30 minutos)

El objetivo de la actividad es desarrollar una operación de minería rentable. Los estudiantes deben trabajar en grupos para esta actividad debido a que, en el mundo real, estas decisiones se toman en grupo.

### Preparación de los estudiantes (15 minutos):

1. Divida la clase en tres o cuatro grupos que representarán a las empresas mineras.
2. Permita que cada grupo le ponga un nombre a la empresa y cree un cartel para la empresa (que se utilizará para solicitar la concesión minera).
3. Con el papel cuadriculado, cada grupo deberá preparar un “mapa base” de la habitación donde tendrá lugar la actividad. El mapa debe mostrar todas las características principales, como puertas, ventanas, bancos, mesas, armarios, etc. Para aumentar la precisión del trazado, el mapa debe trazarse con escala y dirección de brújula, aunque esto no es esencial para la actividad.

### Preparación del docente (30 minutos):

1. Asigne los dos colores de pintura a dos tipos de minerales. Por ejemplo, amarillo = oro y verde = cobre.
2. Pinte un punto de un color en uno de los lados de aproximadamente 50 a 75 fichas de póquer. Pinte un punto de otro color en uno de los lados de 50 a 75 fichas de póquer diferentes. Las fichas de póquer que queden sin pintar representarán la roca estéril.
3. Mientras los estudiantes están afuera de la habitación, coloque las fichas de póquer en conjuntos en diferentes lugares de la habitación (1 o 2 conjuntos más que la cantidad de grupos de estudiantes que haya). Cada conjunto representa una propiedad que puede o no contener un cuerpo mineral valioso. Puede agrupar los dos colores juntos para representar los cuerpos minerales, ya que generalmente se pueden encontrar diferentes minerales juntos en la naturaleza (pero cada propiedad debe tener un tipo de mineral dominante y menor cantidad del mineral secundario. Asegúrese de que los depósitos se diferencien entre sí).
4. Coloque aproximadamente el 25 % de las fichas de póquer pintadas con la cara pintada hacia arriba y el resto con la cara pintada hacia abajo.
5. Añada aproximadamente el triple de fichas de póquer sin pintar a cada conjunto (es decir, roca estéril).
6. Lleve una hoja de respuestas que indique cuántas fichas de póquer de cada color se usan en cada conjunto.

7. Proporcione la siguiente información a cada empresa:
  - a. Un juego de marcadores de colores (del mismo color de la pintura y las fichas de póquer).
  - b. Una lista de los colores de las fichas de póquer y el tipo de mineral correspondiente. Los estudiantes deben añadir una leyenda en el mapa que indique qué color representa a cada tipo de mineral (con los marcadores de colores).
  - c. El valor de 1 ficha de póquer de cada tipo de mineral (utilice montos en dólares para el oro y el cobre en la sección de valuación de la mina de la hoja de trabajo o valores similares que reflejen el valor relativo de estos u otros tipos de minerales en el mundo real).

### Actividad:

Antes de comenzar con la actividad, explique a los estudiantes que las fichas de póquer representan minerales y roca estéril, y que algunas de las fichas de póquer pintadas están boca abajo, de manera que no se conozca el alcance total del depósito. El objetivo de la actividad es desarrollar la mina más rentable. Recuerde a los estudiantes que el tiempo es dinero en el proceso de minería, por lo tanto, todas las fases de la minería deben llevarse a cabo lo más rápido posible, pero pensando cuidadosamente.

### Fase 1: reconocimiento del sitio

1. Configure el cronómetro en 10 minutos.
2. Con los marcadores de colores, dos representantes de cada empresa visitarán cada "propiedad" potencial y registrarán puntos en el mapa base donde se encuentran ubicadas las fichas de póquer desconocidas (es decir, las fichas que están boca abajo) y las conocidas (es decir, las fichas con la cara pintada hacia arriba). Esto se denomina mapa de exploración. **LAS FICHAS DE PÓQUER NO PUEDEN MOVERSE NI DARSE VUELTA EN ESTE MOMENTO.**
3. Cuando termine el trazado, detenga el cronómetro.
4. Cada empresa debe registrar en su hoja de trabajo la cantidad de minutos destinados a la fase de exploración y calcular el costo de la exploración en la hoja.

### Fase 2: solicitud de concesión:

1. Configure el cronómetro en 10 minutos.
2. Durante este tiempo, cada empresa debe examinar el mapa de exploración y decidir dónde van a "solicitar la concesión" (es decir, qué propiedad van a explotar).
3. Cuando se apague el cronómetro, un representante de cada empresa colocará el cartel de la empresa en la propiedad donde quieren la concesión.
4. Solo una empresa puede tener la concesión de una propiedad. La primera empresa que coloque el cartel en la propiedad tiene la concesión. Si hay empate, tire una moneda para desempatar.

### Fase 3: perforación de exploración:

1. Configure el cronómetro en 10 minutos.
2. Cada empresa debe perforar hasta seis agujeros en su propiedad. La perforación consiste en dar vuelta hasta 6 fichas de póquer desconocidas para mostrar los tipos de minerales en la parte inferior de estas. El grupo decide cuántas fichas de póquer y qué fichas darán vuelta.
3. La perforación debe completarse antes de que se apague el cronómetro.
4. Calcule el costo de la perforación en la hoja de trabajo.

#### Fase 4: desarrollo de la mina:

1. Cada empresa explotará la propiedad en su totalidad al dar vuelta todas las fichas de póquer desconocidas restantes.
2. Registre la cantidad de fichas de póquer explotadas (es decir, la cantidad total de fichas de póquer). Esto incluye las fichas sin pintar (es decir, roca estéril) y las fichas previamente boca arriba, ya que también cuesta dinero extraerlas del suelo.
3. Calcule el costo del desarrollo de la mina en la hoja de trabajo.

#### Fase 5: valuación de la mina:

1. Registre la cantidad de fichas de póquer de cada tipo de mineral en la hoja de trabajo y calcule el valor de cada tipo de mineral.
2. Registre la cantidad de fichas de póquer de roca estéril en la hoja de trabajo y calcule los costos de eliminación de roca estéril.

#### Fase 6: cálculo de ganancias de la mina:

1. Complete la tabla de costos y beneficios en la hoja de trabajo.
2. Calcule los costos totales, los beneficios totales y la ganancia bruta.
3. Calcule los costos de recuperación y la ganancia neta.

---

## Análisis (duración: 15 minutos)

¿Qué empresa obtuvo la mina más rentable? Analice las razones por las que esta mina logró una mayor rentabilidad. Por ejemplo, tenía más mineral de oro que de cobre, se minimizaron los costos de exploración, etc. Analice los procesos de toma de decisiones de cada etapa del desarrollo de la mina. ¿Cuál fue la decisión más difícil?

Visite [cat.com/groundrules](http://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.

## Hoja de trabajo

Nombre de la empresa \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

**Fase 1: reconocimiento del sitio**

Costos de trazado/campo: \$15.000 por minuto (máximo de 10 minutos)

\_\_\_\_\_ minutos x \$15.000/minuto = \$ \_\_\_\_\_

**Fase 3: perforación de exploración**

Costos de perforación: \$30.000 por ficha de póquer (máximo de 6 por sitio)

\_\_\_\_\_ fichas de póquer x \$30.000/ficha = \$ \_\_\_\_\_

**Fase 4: desarrollo de la mina**

Costos de extracción: \$5.000 por ficha de póquer

\_\_\_\_\_ fichas de póquer x \$5.000/ficha = \$ \_\_\_\_\_

**Fase 5: valuación de la mina**

Ingresos por mineral:

Oro: \_\_\_\_\_ fichas de póquer x \$400.000 = \$ \_\_\_\_\_

Cobre: \_\_\_\_\_ fichas de póquer x \$20.000 = \$ \_\_\_\_\_

Ingresos totales por minerales (suma) = \$ \_\_\_\_\_

Costos de eliminación de roca estéril:

\_\_\_\_\_ fichas de póquer x \$2.000 = \$ \_\_\_\_\_

**Fase 6: cálculo de ganancias de la mina**

<b>FASE DEL PROCESO MINERO</b>	<b>MONTO</b>
<b>Beneficios</b>	
Total de ingresos por minerales	\$
<b>TOTAL DE BENEFICIOS DEL PROYECTO</b>	<b>\$</b>
<b>Costos</b>	
Reconocimiento del sitio	\$
Perforación	\$
Extracción	\$
Eliminación de roca estéril	\$
<b>TOTAL DE COSTOS DEL PROYECTO</b>	<b>\$</b>
<b>GANANCIA BRUTA (beneficios del proyecto - costos del proyecto)</b>	<b>\$</b>
Costos de recuperación (10 % de las ganancias brutas)	\$
<b>GANANCIA NETA (ganancia bruta - costos de recuperación)</b>	<b>\$</b>



## EL MISTERIO DEL CUERPO MINERAL

### Descripción

Los estudiantes explorarán los procesos de perforación con extracción de muestras básicas y pruebas geológicas. Los estudiantes recolectarán muestras básicas, las analizarán para conocer su contenido mineral, trazarán la extensión del cuerpo mineral y determinarán su área y volumen aproximados.

#### VOCABULARIO:

1. Exploración
2. Muestra básica
3. Mineral
4. Cuerpo mineral
5. Roca estéril
6. Muestreo de cuadrícula

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Plastilina de dos colores
- Pedazos de 2 pulgadas de sorbetes transparentes
- Un palito sin punta (palito de chupetín) que entre en el sorbete y mida más de 2 pulgadas
- Lápices y papel cuadriculado
- Calculadoras
- Reglas
- Muestras básicas de rocas reales (optativo)
- Lupas (optativo)

### Introducción (duración: 30 minutos)

Vea el Capítulo 1 “Exploración” de la película *Reglas del terreno*.

Analice las etapas del desarrollo de una mina de metal. ¿Cómo determinan los geólogos el lugar donde se llevará a cabo el proceso de minería?

Pregunte a los estudiantes si saben qué es un cuerpo mineral. Explíqueles que un cuerpo mineral es un depósito grande de minerales. Los geólogos buscan estos depósitos durante la etapa de “exploración” del desarrollo de la mina.

La fase de exploración incluye la identificación de un cuerpo mineral, el trazado de la ubicación y la extensión del cuerpo mineral, la solicitud de concesión, las perforaciones para recolectar muestras básicas, el análisis de las muestras básicas para conocer las características químicas y el contenido mineral, y la determinación de la aptitud de la propiedad para la minería.

Introduzca el concepto de costos y beneficios. En minería, hay diferentes costos, como por ejemplo, el trabajo de exploración, los procesos regulatorios, los equipos, los retos de ingeniería, el trabajo minero, la capacitación, la salud y la seguridad, y la recuperación de la mina.

Los beneficios de la minería surgen del valor de los metales extraídos. El grado o la concentración del metal, como así también la forma en que aparece, afectarán los costos asociados con la extracción del mineral. Por lo tanto, es importante comprender con precisión las propiedades geológicas de un cuerpo mineral.



Explique que la perforación que se realiza para recolectar muestras básicas es un paso importante en la fase de exploración de la minería. Durante la exploración geológica de un sitio de mina potencial, se usa una plataforma de perforación para perforar la roca y extraer muestras de roca. Estas muestras básicas se analizan para conocer el contenido mineral, las características químicas y otras variables geológicas. Toda esta información ayudará a la empresa minera a determinar si el cuerpo mineral es lo suficientemente rico como para respaldar una mina rentable.

Optativo: si puede obtener una muestra básica de roca real, muéstrésela a los estudiantes para que la examinen. También pueden usar lupas para ver la muestra más en detalle. Pídeles que describan lo que ven. ¿Es la muestra básica de un color sólido o tiene franjas de varios colores? ¿Pueden ver diferentes tipos de minerales dentro de la muestra?

## Actividad (duración: 45 minutos)

El objetivo de la actividad es realizar un trazado preciso de la extensión de un cuerpo mineral y determinar su volumen según los resultados de la muestra básica.

1. Divida la clase en grupos de 3 a 4 estudiantes.
2. Para cada grupo, pegue con cinta adhesiva un pedazo de papel cuadriculado en el banco y pida a los estudiantes que dibujen un rectángulo que ocupe casi completamente el papel cuadriculado, pero que dejen una o dos filas de cuadrículas visibles en el borde. Las líneas del rectángulo deben trazarse a lo largo de las líneas de las cuadrículas del papel cuadriculado. Etiquete el borde horizontal del rectángulo con letras, una en cada cuadrícula (es decir, A, B, C, D...). Etiquete el borde vertical del rectángulo con números (es decir, 1, 2, 3...). Prepare dos hojas más de papel cuadriculado con las mismas etiquetas y dimensiones del rectángulo (una será la hoja de respuestas y la otra, la de registro).
3. Entregue a cada grupo dos colores de plastilina y explique qué representa cada color (p. ej., el rojo representa el cuerpo mineral y el verde, la roca estéril).
4. Pida a cada grupo que construya un cuerpo mineral arriba del papel cuadriculado dentro de los límites del rectángulo. Deben esparcir el color del cuerpo mineral sobre parte de la capa de roca base de manera aleatoria y sin que la plastilina se extienda hasta los bordes del rectángulo.
5. Cada grupo debe preparar un mapa de su cuerpo mineral en el papel cuadriculado de la hoja de respuesta y entregárselo al docente.
6. Luego, cada grupo debe esparcir el color que representa la roca estéril arriba de toda la estructura, hasta los bordes del rectángulo. Deben lograr una estructura donde vean únicamente la plastilina del color que representa la roca estéril desde la parte superior y los bordes. La plastilina del color que representa el cuerpo mineral no debe verse en lo absoluto.
7. Los grupos deben intercambiar posiciones de manera que trabajen sobre el cuerpo mineral de otro grupo.
8. Dentro de cada grupo, los estudiantes se turnarán para tomar muestras básicas del cuerpo mineral. Las muestras básicas se recolectan al presionar el sorbete sobre la estructura de plastilina. Luego, se debe sacar el sorbete hacia arriba, extraer la muestra con un palito y examinarla. Utilice las cuadrículas y las letras y los números asociados en los ejes del papel cuadriculado para ubicar de manera precisa la posición de las muestras básicas.
9. Registre los resultados de las muestras básicas en la hoja de registro de papel cuadriculado. Si no se observa el color del cuerpo mineral, ingrese O en la cuadrícula.

10. Si el color del cuerpo mineral es visible, mida la profundidad del cuerpo mineral con una regla. Elija una unidad de medida constante (p. ej., milímetros) y registre la profundidad en la cuadrícula.
11. Continúe tomando muestras hasta que su grupo considere que tiene suficiente información para trazar la forma del cuerpo mineral y determinar su volumen aproximado.
12. Registre la cantidad de muestras básicas que tomó.
13. Haga un bosquejo de la forma del cuerpo mineral en la hoja de registro de papel cuadriculado y compárela con la hoja de respuestas.
14. Sume la cantidad de cuadrículas parciales y completas ocupadas por el cuerpo mineral para calcular el área del cuerpo mineral. Cuente cada cuadrícula parcial como mitad de cuadrícula.
15. Determine el volumen aproximado del cuerpo mineral a través de un promedio de las mediciones de profundidad tomadas de las muestras básicas.

## Análisis (duración: 15 minutos)

¿Con qué precisión cada grupo determinó la forma del cuerpo mineral? ¿Qué grupo obtuvo el mapa del cuerpo mineral más preciso? ¿Qué grupo utilizó la menor cantidad de muestras básicas para generar su mapa? Utilice los cálculos de área y volumen para cada cuerpo mineral a fin de determinar cuál de todas las propiedades tendría las mejores condiciones para convertirse en una mina.

Analice cómo este ejercicio se relaciona con la toma de muestras básicas en un cuerpo mineral real. ¿Por qué es importante determinar con precisión la forma del cuerpo mineral? ¿Por qué es importante limitar la cantidad de muestras básicas utilizadas para determinar la forma del cuerpo mineral?

Visite [cat.com/groundrules](http://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.

## Receta para hacer plastilina

Mezcle 1 taza de harina,  $\frac{1}{4}$  de taza de sal y 2 cucharadas de cremor tártaro con 1 taza de agua, 2 cucharaditas de colorante para alimentos y 1 cucharada de aceite en una cacerola. Cocine y revuelva durante 3 a 5 minutos, o hasta que se forme una bola. Amase durante unos minutos en una superficie ligeramente enharinada. Almacene en un envase hermético.



## RECUPERACIÓN DE UN SITIO DE MINA

### Descripción

Los estudiantes aprenderán cómo se apila e incorpora en el paisaje el destape después del cierre de una mina. Experimentarán el cultivo de plantas en paisajes recuperados con varios tratamientos. Los estudiantes analizarán cuatro variables: el espesor del suelo, la composición del suelo (capas o mezclas), la pendiente y los nutrientes.

#### VOCABULARIO:

1. Destape
2. Pila de material
3. Nivelación
4. Tipos de suelo
5. Siembra
6. Pendiente
7. Germinación de la semilla
8. Nutrientes
9. Planificación de cierre
10. Erosión

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Mezcla de grava, arena y cieno (destape)
- Tierra orgánica
- Cucharaditas de harina de huesos, harina de sangre y potasa, o fertilizante mezclado
- Semillas para césped
- Agua y atomizador
- Acceso a la luz solar o una lámpara
- Cajas de plástico del tamaño de una caja de zapatos, paletas pequeñas para jardinería
- Jarras medidoras, recipientes grandes para mezclar
- Reglas, calculadoras
- Escarbadientes, tela para jardinería
- Hoja de datos (proporcionada)

### Introducción (duración: 15 minutos)

Vea el Capítulo 8 “Reclamación” (Recuperación) de la película *Reglas del terreno*. Pida a los estudiantes que den las razones por las que los sitios de minas deben recuperarse después del cierre de la mina. Analice los posibles problemas ambientales y de seguridad que pueden ocasionarse si no se recupera el sitio de mina.

Pregunte a los estudiantes qué material se quitó en la mina de carbón antes de que se pudiera llegar al depósito de carbón. Se tuvo que quitar la capa superior del suelo (de un espesor de 60 metros). Esta se denomina “destape”. Pregunte a los estudiantes qué hizo la empresa minera con el destape. Lo apilaron en el sitio de mina y lo guardaron para la recuperación del lugar. Ponga énfasis en el hecho de que la recuperación se debe planificar antes de abrir la mina. Esto se llama “planificación de cierre”. Las empresas mineras tienen que preparar un plan de cierre que cuente con la aprobación del gobierno. Además, tienen que demostrar que obtendrán suficientes ganancias durante la operación de la mina para cubrir los costos de la recuperación.

Pida a los estudiantes que nombren las características que observaron sobre la vegetación natural de la mina de Nueva Guinea en comparación con la vegetación natural del sitio de Wyoming. Pregúnteles cuál de los dos sitios sería más fácil de recuperar. Analice el hecho de que el objetivo de la recuperación es crear un paisaje lo más parecido posible al paisaje natural, pero que esto sería mucho más difícil de lograr en un bosque tropical que en una región de pradera.



Explique que los estudiantes construirán modelos de paisajes recuperados e intentarán hacer crecer plantas sobre ellos. Muestre a la clase a qué se asemeja el destape (mezcla de grava, arena y cieno). Pregúnteles si consideran que las plantas crecerán directamente sobre este y qué necesitan las plantas para crecer (suelo con nutrientes, agua y luz solar). También pregúnteles cómo piensan que harían crecer plantas sobre el destape. Explíqueles que experimentarán con diferentes tipos de suelo y mezclas de nutrientes para ver cuál es el mejor lugar para el crecimiento de las plantas.

## Actividad (duración: 30 minutos + observaciones diarias de 5 minutos)

El objetivo de esta actividad es investigar cómo crecerán las plantas sobre un paisaje recuperado con varios tratamientos. Los estudiantes analizarán cuatro variables: el espesor del suelo, la composición del suelo (capas o mezclas), la pendiente y los nutrientes.

### Cómo construir un paisaje recuperado

1. Divida la clase en ocho grupos. Entregue a cada grupo una caja de plástico y una paleta para jardinería. El docente también debe tener una caja y una paleta.
2. Cada grupo debe etiquetar su caja de plástico con el número de su grupo (1 a 8) y el docente debe etiquetar su caja con el número 9.
3. Cada grupo debe calcular el área de la parte inferior de la caja al multiplicar la longitud por el ancho.
4. Cada grupo tendrá que determinar el volumen del destape necesario para realizar una capa de 5 cm (2") en la parte inferior de la caja al multiplicar el área de la caja por 5 cm (2"). Cada grupo debe medir el volumen apropiado del destape.
5. Cada grupo preparará un modelo de paisaje recuperado diferente con distintos espesores y mezclas de suelo. Utilice el método del paso 4 para calcular los volúmenes de suelo necesarios a fin de preparar varias capas de suelo de diferentes espesores.
6. Cada grupo debe describir la composición de todos los paisajes recuperados en la hoja de datos.

### *Grupo 1 (paisaje plano, capa de suelo delgada):*

1. Vierta el destape medido en la parte inferior de la caja de plástico y alíselo para lograr una superficie plana de espesor uniforme. Mida la profundidad de la capa con una regla en varios lugares de la caja para asegurarse de que el espesor sea uniforme.
2. Mida un volumen de tierra orgánica que forme una capa de exactamente 1 cm (1/2") de espesor cuando se lo coloque en la parte superior de la capa de destape.
3. Esparza la tierra orgánica directamente en la parte superior de la capa de destape. Tenga cuidado de que no se mezclen ambas capas.

### *Grupo 2 (paisaje plano, capa de suelo delgada, fertilizante):*

1. Vierta el destape medido en la parte inferior de la caja de plástico y alíselo para lograr una superficie plana de espesor uniforme. Mida la profundidad de la capa con una regla en varios lugares de la caja para asegurarse de que el espesor sea uniforme.
2. Mida un volumen de tierra orgánica que forme una capa de exactamente 1 cm (1/2") de espesor cuando se lo coloque en la parte superior de la capa de destape. Colóquelo en un recipiente para mezclar.
3. Añada 1 cucharadita de harina de huesos, harina de sangre y potasa (o 1 cucharadita de un fertilizante mezclado). Mezcle bien el fertilizante con la tierra orgánica.
4. Esparza la mezcla en una capa en la parte superior de la mezcla de destape. Tenga cuidado de que no se mezclen ambas capas.

*Grupo 3 (paisaje plano, capa de suelo gruesa):*

1. Vierta el destape medido en la parte inferior de la caja de plástico y alíselo para lograr una superficie plana de espesor uniforme. Mida la profundidad de la capa con una regla en varios lugares de la caja para asegurarse de que el espesor sea uniforme.
2. Mida un volumen de tierra orgánica que forme una capa de exactamente 4 cm (1 ½") de espesor cuando se lo coloque en la parte superior de la capa de destape.
3. Esparza la tierra orgánica directamente en la parte superior de la capa de destape. Tenga cuidado de que no se mezclen ambas capas.

*Grupo 4 (paisaje plano, capa de suelo gruesa, fertilizante):*

1. Vierta el destape medido en la parte inferior de la caja de plástico y alíselo para lograr una superficie plana de espesor uniforme. Mida la profundidad de la capa con una regla en varios lugares de la caja para asegurarse de que el espesor sea uniforme.
2. Mida un volumen de tierra orgánica que forme una capa de exactamente 4 cm (1 ½") de espesor cuando se la coloque en la parte superior de la capa de destape. Colóquela en un recipiente para mezclar.
3. Añada 3 cucharaditas de harina de huesos, harina de sangre y potasa (o 3 cucharaditas de un fertilizante mezclado). Mezcle bien el fertilizante con la tierra orgánica.
4. Esparza la mezcla en una capa en la parte superior de la mezcla de destape. Tenga cuidado de que no se mezclen ambas capas.

*Grupo 5 (paisaje plano, suelo y destape mezclados):*

1. Coloque el destape medido en un recipiente para mezclar.
2. Mida un volumen de tierra orgánica que forme una capa de exactamente 2,5 cm (1") de espesor cuando se lo coloque en la parte superior de la capa de destape. Añádalo al recipiente para mezclar.
3. Mezcle bien la tierra orgánica y el destape. Vierta la mezcla en la caja de plástico. Alise la superficie. Mida la profundidad de la capa con una regla en varios lugares de la caja para asegurarse de que el espesor sea uniforme.

*Grupo 6 (paisaje plano, suelo y destape mezclados, fertilizante):*

1. Coloque el destape medido en un recipiente para mezclar.
2. Mida un volumen de tierra orgánica que forme una capa de exactamente 2,5 cm (1") de espesor cuando se lo coloque en la parte superior de la capa de destape. Colóquelo en un recipiente para mezclar.
3. Añada 2 cucharaditas de harina de huesos, harina de sangre y potasa (o 2 cucharaditas de un fertilizante mezclado).
4. Mezcle bien la tierra orgánica, el fertilizante y el destape. Vierta la mezcla en la caja de plástico. Alise la superficie. Mida la profundidad de la capa con una regla en varios lugares de la caja para asegurarse de que el espesor sea uniforme.

*Grupo 7 (paisaje con pendiente):*

1. Vierta el destape medido en la parte inferior de la caja de plástico y alise la superficie para lograr una pendiente inclinada lisa con un ángulo de 45°.
2. Mida un volumen de tierra orgánica que forme una capa de exactamente 1 cm (1/2") de espesor (si se la coloca de manera horizontal en la caja).
3. Esparza la tierra orgánica de manera uniforme sobre la superficie de la capa de destape. Tenga cuidado de que no se mezclen ambas capas y de que se mantenga la pendiente de 45°.
4. Si la tierra orgánica se desliza por la pendiente, añada escarbadientes y tiras de tela para jardinería en dos filas perpendiculares a la pendiente.

*Grupo 8 (paisaje con pendiente, fertilizante):*

1. Vierta el destape medido en la parte inferior de la caja de plástico y alise la superficie para lograr una pendiente inclinada lisa con un ángulo de 45°.
2. Mida un volumen de tierra orgánica que forme una capa de exactamente 1 cm (1/2") de espesor (si se la coloca de manera horizontal en la caja). Colóquela en un recipiente para mezclar.
3. Añada 1 cucharadita de harina de huesos, harina de sangre y potasa (o 1 cucharadita de un fertilizante mezclado). Mezcle bien el fertilizante con la tierra orgánica.
4. Esparza la mezcla de tierra orgánica y fertilizante de manera uniforme sobre la superficie de la capa de destape. Tenga cuidado de que no se mezclen ambas capas y de que se mantenga la pendiente de 45°.
5. Si la tierra orgánica se desliza por la pendiente, añada escarbadientes y tiras de tela para jardinería en dos filas perpendiculares a la pendiente.

Cómo añadir las plantas (todos los grupos)

1. Cada grupo y el docente deben esparcir 4 cucharaditas de semillas de césped lo más uniformemente posible en toda la superficie del paisaje recuperado.
2. Apisone suavemente las semillas en la superficie del suelo.
3. Con el atomizador de agua, el docente debe rociar una cantidad abundante de agua de manera uniforme sobre la superficie del paisaje recuperado. Se debe contar y registrar la cantidad total de veces que se roció la superficie.
4. Cada grupo debe rociar sus paisajes recuperados la misma cantidad de veces.
5. Coloque todas las cajas cerca de una ventana o debajo de una lámpara que se encienda durante el día y se apague durante la noche.

Observaciones diarias (todos los grupos)

1. Riegue los modelos de paisajes recuperados todos los días con un atomizador y asegúrese de hacerlo la misma cantidad de veces en cada caja. Añada una cantidad adicional de agua los viernes, de manera que tengan suficiente agua para pasar el fin de semana.
2. Cada grupo debe hacer observaciones diarias de todos los modelos de paisajes recuperados en su hoja de datos. Continúe haciendo observaciones diarias hasta que el césped crezca bien en al menos uno de los modelos.

## Análisis (duración: 15 minutos)

¿Qué variables se mantuvieron constantes en este experimento? Agua, luz, semillas para césped, volumen de capa de destape. ¿Qué variables se probaron en este experimento? Espesor de la tierra orgánica, capas vs. mezclas de tierra orgánica y destape, pendiente y nutrientes. ¿Qué otras variables se podrían haber probado? Diferentes tipos de semillas, diferentes cantidades de fertilizante, diferentes ángulos de pendiente, etc.

¿En cuál de los paisajes recuperados las plantas crecieron mejor o peor? ¿En cuál de los paisajes recuperados las plantas crecieron más rápido? ¿En cuál las plantas parecen ser las más sanas? ¿Eran correctas las hipótesis de los estudiantes? ¿Qué necesitan las plantas para crecer en un paisaje recuperado? Según los resultados del experimento, si tuviera que planificar un paisaje recuperado, ¿cómo lo diseñaría?

La capa de tierra orgánica de los paisajes con pendiente, ¿permaneció en su lugar en todo el experimento? Analice la erosión y los retos que esta presenta al recuperar un paisaje con pendiente.

Explique que este experimento es una simple demostración de la recuperación de un paisaje con pendiente o plano de un ecosistema de pradera. Analice qué sería necesario para recuperar un paisaje de un ecosistema de bosque.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.

## Hoja de datos para la recuperación de un sitio de mina

### A) Hipótesis y observaciones iniciales

Fecha: \_\_\_\_\_

1. Describa la composición de los paisajes recuperados.

Paisaje 1:

Paisaje 2:

Paisaje 3:

Paisaje 4:

Paisaje 5:

Paisaje 6:

Paisaje 7:

Paisaje 8:

Paisaje 9:

¿Qué paisaje es el patrón de comparación? ¿Por qué?

2. ¿En qué paisaje considera que las plantas podrán crecer mejor? ¿Por qué?
3. ¿En qué paisaje considera que las plantas no podrán crecer en lo absoluto? ¿Por qué?
4. Según su opinión, ¿cuáles son los retos que presenta cultivar plantas en una superficie con pendiente en comparación con una superficie plana?

## B) Observaciones diarias

Cantidad de días hasta que las plantas comienzan a crecer en al menos uno de los paisajes recuperados: \_\_\_\_\_

El primer día en que se observe el crecimiento de la planta en al menos uno de los paisajes recuperados, comience a hacer observaciones diarias y complete una tabla para cada día. Copie la siguiente tabla para cada día según sea necesario hasta el final del experimento.

Fecha: \_\_\_\_\_

Observaciones	1	2	3	4	5	6	7	8	9
¿Se observa crecimiento? (Sí/No)									
% de superficie cubierta con plantas (%)									
Altura de la planta más alta (mm)									
¿Considera que las plantas se ven sanas? (Sí/No) Describa.									
Otras observaciones									



## LA VENTAJA DE LA CARRETILLA

### Descripción

Los estudiantes explorarán de qué manera las máquinas simples y complejas facilitan el trabajo en un sitio de mina.

#### VOCABULARIO:

1. Carga
2. Fuerza
3. Ventaja mecánica
4. Plano inclinado
5. Cuña
6. Polea
7. Tornillo
8. Rueda y eje
9. Palanca
10. Máquina simple
11. Máquina compleja
12. Par
13. Radio

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Cajas de cartón (del tamaño de una caja de zapatos)
- Pedazos de cartón (divisorios)
- Palos largos o espigas de madera
- Pistola adhesiva
- Dinamómetros
- Pesas u objetos para utilizar como pesas
- Ruedas y ejes (ruedas de diferente tamaño)
- Reglas
- Calculadoras

### Introducción (duración: 20 minutos)

Vea el Capítulo 2 “Minería moderna” de la película *Reglas del terreno*.

Analice de qué manera las máquinas simples y complejas se utilizan para ayudar a los mineros a extraer mineral de un cuerpo mineral. Se utiliza una amplia variedad de máquinas en el proceso de minería para ayudar a los mineros a hacer su trabajo de una manera más eficaz al disminuir la cantidad de esfuerzo y tiempo requeridos para completar las tareas.

Pregunte a los estudiantes si conocen la diferencia entre una máquina simple y una compleja. Describa los seis tipos de máquinas simples para levantar o mover objetos: plano inclinado, cuña, polea, tornillo, rueda y eje, y palanca. Estas seis máquinas simples pueden funcionar solas o en conjunto. Si se colocan dos o más máquinas simples juntas, se obtiene una máquina compleja que facilita aún más el trabajo.

Presente el concepto de 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, divide la carga por la fuerza de la siguiente manera:

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

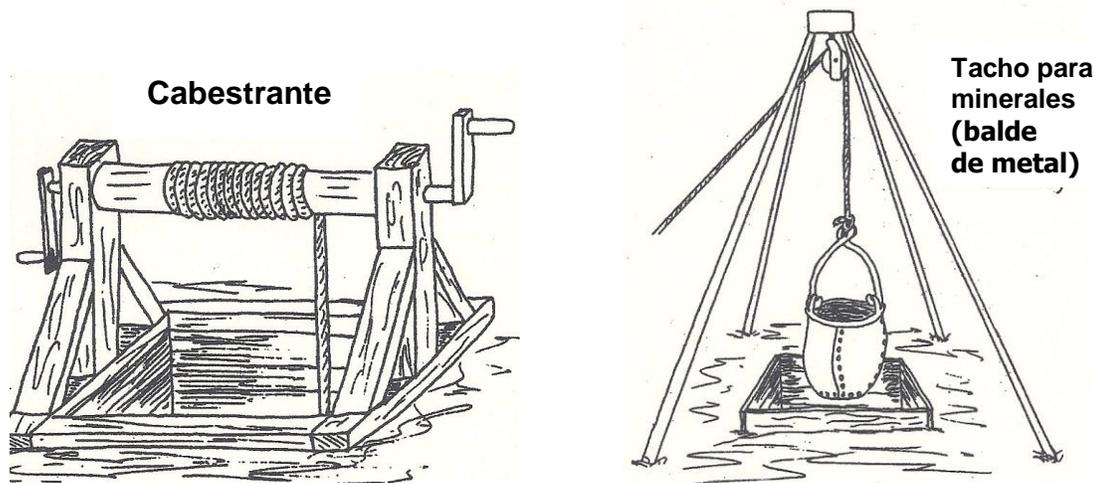
Dé un ejemplo en el pizarrón: si una roca pesa 100 lb (carga) y creamos una máquina simple que requiere que usemos 50 lb de nuestra fuerza para levantar la roca, entonces la ventaja mecánica de nuestra máquina sería 2 (es decir,  $100/50 = 2$ ). En otras palabras, la máquina simple multiplicó nuestro 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.

Analice la conexión entre las máquinas y la minería. A principios del siglo XIX, los mineros utilizaban muchas máquinas simples y complejas para aumentar la eficacia del proceso de minería. Estos son algunos ejemplos de estas primeras máquinas:

- Carretilla: rueda y eje, palancas, tornillos
- Pico: palanca, cuña
- Pie de cabra: palanca, cuña
- Tabla de concentración: plano inclinado
- Cabrestante: palanca, rueda y eje, tornillo
- Tacho para minerales: polea, tornillo, rueda y eje

En la actualidad, se utilizan muchas más máquinas complejas en minería, pero los conceptos básicos de ventaja mecánica todavía se aplican.

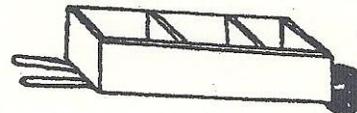
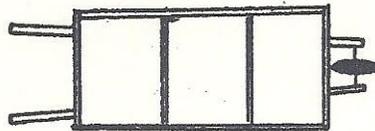


Hable sobre las dos máquinas simples que forman la carretilla: palanca y rueda y eje. La palanca lo ayuda a levantar la carga y la rueda y eje, a mover la carga. Esta actividad explorará cómo estas dos máquinas simples crean una ventaja mecánica en la carretilla.

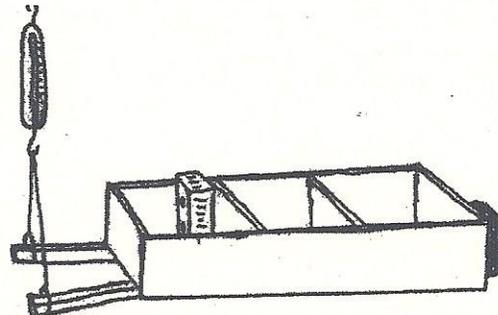
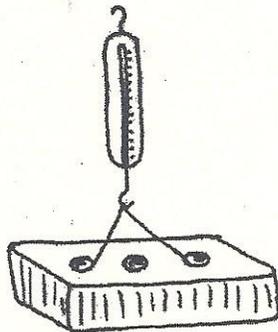
## Actividad I (duración: 20 minutos)

En esta actividad, los estudiantes construirán un modelo de carretilla y explorarán de qué manera la ubicación de la carga afecta la ventaja mecánica de la carretilla. Esta actividad se centra en la parte de la palanca de la carretilla.

1. Pida a los estudiantes que construyan una carretilla con una caja de cartón y palos largos o espigas de madera. Sujete pedazos adicionales de cartón en el interior de la caja para dividirla en al menos 3 secciones desde la parte delantera hasta la trasera. Cuanto más secciones tenga, más datos podrá recolectar. Pegue dos palos largos o espigas de madera a la parte inferior de la caja en forma de V, como se muestra a continuación. Los palos deben extenderse más allá de ambos extremos de la caja. En uno de los extremos, los palos se deben sujetar a los bordes externos de la caja para crear las manijas. En el otro extremo, los palos se deben sujetar más cerca uno del otro para formar las palancas.



2. Con un dinamómetro, pese el objeto que está utilizando para representar la carga. Luego añada el objeto a la sección de la carretilla que esté más cerca de las manijas. Coloque un dinamómetro en las manijas y levante la carretilla para determinar la fuerza ejercida para levantar la carga.



3. Calcule la ventaja mecánica.
4. Cambie la ubicación de la carga y colóquela en la próxima sección. Luego, registre la ventaja mecánica. Repita el proceso para cada sección.

¿Qué posición obtuvo la ventaja mecánica más alta? ¿Por qué? Recuerde, cuanto mayor sea el valor de la ventaja mecánica, más fácil le resultará realizar el trabajo. ¿Cuál es el mejor lugar para colocar los materiales en la carretilla?

## Actividad II (duración: 10 minutos)

El objetivo de esta actividad es explorar la ventaja mecánica suministrada por la parte de rueda y eje de la carretilla.

1. Añada la rueda y el eje más pequeños a la carretilla. Coloque algunas pesas en la carretilla y trate de empujarla hacia adelante.
2. Repita el paso No. 1 con una rueda mediana y luego con una más grande. ¿Cuál fue la más fácil de empujar?
3. Mida el radio de los tres tamaños de ruedas y ejes. Calcule la ventaja mecánica para cada tamaño de rueda por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{Ventaja mecánica} = \frac{\text{radio de la rueda}}{\text{radio del eje}}$$

## Análisis (duración: 10 minutos)

### Actividad I:

¿De qué manera la ubicación de la carga dentro de la carretilla afecta la ventaja mecánica? ¿Qué posición dentro de la carretilla obtuvo la ventaja mecánica más alta? ¿Por qué? Cuanto más lejos se encuentre usted de la carga y cuanto más cerca del eje esté la carga, más fácil será levantarla. ¿Qué clase de palanca tiene la carretilla: primera, segunda o tercera clase? Clase 2. El fulcro está en un extremo y la carga está entre el fulcro y las manijas.

### Actividad II:

¿De qué manera el eje ofrece ventaja mecánica? Cuando gira la rueda, el eje también gira. El eje multiplica el par aplicado a la rueda. Cuanto mayor sea la diferencia entre el radio de la rueda y el radio del eje, mayor será la ventaja mecánica.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.

# GROUND RULES



PROCESOS DE  
MINERÍA



**PROCESOS DE MINERÍA**  
EDAD 15 A 18



## DESARROLLO DE UN PLAN DE CIERRE Y RECUPERACIÓN

### Descripción

Los estudiantes desarrollarán un plan de cierre y recuperación para un sitio de mina real o ficticio. Determinarán el uso que se le va a dar al área después de la recuperación, los pasos que seguirán para recuperar la tierra y los recursos que necesitarán. Realizarán un diagrama del paisaje recuperado.

#### VOCABULARIO:

1. Recuperación
2. Plan de cierre
3. Recuperación progresiva

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Acceso a Internet
- Papel y lápices o programa de gráficos computarizados
- Estudio de caso de sitio de mina con diagrama del sitio de mina durante la operación (puede ser ficticio)

### Introducción (duración: 30 minutos)

Vea el Capítulo 8 “Reclamación” (Recuperación) de la película *Reglas del terreno*.

Pregunte a los estudiantes qué significa la recuperación. La recuperación hace referencia al proceso de restauración de la tierra alterada por una operación minera con el objetivo de crear un ambiente seguro y productivo del que puedan hacer uso las generaciones futuras. Analice los posibles problemas ambientales y de seguridad que puedan surgir si no se recupera el sitio de mina.

En el caso de las minas modernas, la recuperación se debe planificar antes de abrir la mina. Esto se denomina “planificación de cierre o recuperación”. Las empresas mineras deben preparar un plan que cuente con la aprobación del gobierno.

Pida a los estudiantes que nombren qué características observaron sobre la vegetación natural de la mina de Nueva Guinea en comparación con la vegetación natural del sitio de Wyoming. Pregúnteles cuál de los dos sitios sería más fácil de recuperar. Analice el hecho de que el objetivo de la recuperación es crear un paisaje lo más parecido posible al paisaje natural, pero que esto sería mucho más difícil de lograr en un bosque tropical que en una región de pradera.

Consulte ejemplos de sitios de mina de su país, estado o provincia que hayan sido recuperados. ¿Qué tipo de paisaje se creó después de la recuperación? ¿Qué tipos de estructuras se recuperaron y cómo se realizó la recuperación? (el Instituto de Información Minera tiene varios perfiles de sitios de mina recuperados en el sitio web [www.mii.org](http://www.mii.org)).



## Actividad (duración: 60 minutos)

El objetivo de esta actividad es desarrollar un plan para el cierre y la recuperación de un sitio de mina. Los estudiantes pueden trabajar de manera individual o en grupos.

### Preparación:

1. Prepare un estudio de caso para esta actividad basado en un sitio de mina ficticio o real que esté activo o se haya rehabilitado en su país, estado o provincia.
2. Obtenga o cree un diagrama simple del sitio de mina durante la operación.
3. Si el sitio de mina es ficticio, cree una descripción de la mina (qué tipo de mina, qué producto se extrajo, dónde está ubicada, detalles sobre la comunidad más cercana, etc.). Si es un sitio de mina real, los estudiantes pueden investigar esta información por su cuenta.

### Actividad:

1. Con la información proporcionada por el docente, diseñe un plan de cierre y recuperación para el sitio de mina.
2. Describa cómo se va a utilizar el área después del cierre y la recuperación.
3. Describa de qué manera se cerrará y recuperará cada una de las características de la mina (mina a cielo abierto, mina subterránea, depósitos de decantación de residuos, pilas de roca estéril, construcciones, caminos de acceso, pistas de aterrizaje, etc.).
4. ¿Qué recursos necesitará para construir el paisaje recuperado (p. ej., árboles, césped, suelo)? ¿Se debe almacenar algún recurso natural antes de construir la mina (p. ej., capa superficial del suelo)?
5. Realice un diagrama que muestre el sitio de mina después de la recuperación.

## Análisis (duración: 30 minutos)

Cada estudiante o grupo de estudiantes presentará el plan de recuperación al resto de la clase.

Si esta actividad se realiza para una operación minera real que se ha rehabilitado, compare los planes de los estudiantes con el paisaje recuperado real.

Si la mina está actualmente en funcionamiento, quizás un representante de la empresa minera podría visitar la clase para exponer acerca de la planificación que está realizando la empresa para la recuperación futura del sitio.

Analice el término “recuperación progresiva”. Explique que, en algunos casos, la recuperación de algunas estructuras puede realizarse mientras la mina todavía se encuentra en funcionamiento. Por ejemplo, en la minería a cielo abierto de depósitos de carbón, una vez que se haya extraído el carbón de una sección y que las operaciones de minería se hayan movido a otra sección, ya se puede recuperar la sección explotada previamente. En minas de roca dura, las pilas de roca estéril se pueden recuperar al colocar una capa de tierra en la parte superior y plantar vegetación.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.



## EL JUEGO DEL PROCESO DE MINERÍA

### Descripción

Los estudiantes explorarán las diferentes fases del desarrollo de una mina y los aspectos económicos de estas fases. Comprenderán los procesos de toma de decisiones que se llevan a cabo para determinar si se puede extraer un cuerpo mineral de manera rentable.

#### VOCABULARIO:

1. Exploración
2. Concesión
3. Perforación
4. Cuerpo mineral
5. Roca estéril
6. Valuación del mineral
7. Ganancia bruta y neta

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Aproximadamente 500 fichas de póquer (del mismo color)
- Cinco colores de pintura (amarillo, azul, verde, rojo y negro) y pinceles
- Papel cuadriculado
- Marcadores de color (de los mismos colores que la pintura)
- Cronómetros
- Calculadoras
- Hoja de trabajo (incluida en el plan de clases)

### Introducción (duración: 30 minutos)

Vea el Capítulo 1 “Exploración” y el Capítulo 2 “Minería moderna” de la película *Reglas del terreno*.

Analice las etapas del desarrollo de una mina de metal. Ponga énfasis en los procesos de toma de decisiones que se llevan a cabo para decidir si desarrollar o no una mina.

La primera etapa del desarrollo de una mina se llama “Exploración mineral”. Esta fase incluye la identificación de un cuerpo mineral, el trazado de la ubicación y la extensión del cuerpo mineral, la solicitud de concesión, las perforaciones para recolectar muestras básicas, el análisis de las muestras básicas para conocer las características químicas y el contenido mineral, y la determinación del potencial de recursos de la propiedad.

Introduzca el concepto de costos y beneficios. En minería, hay diferentes costos, como por ejemplo, el trabajo de exploración, los procesos regulatorios, los equipos, los retos de ingeniería, el trabajo minero, la capacitación, la salud y la seguridad, y la recuperación de la mina.

Los beneficios de la minería surgen del valor de los metales extraídos. El grado o la concentración del metal, como así también la forma en que aparece, afectarán los costos asociados con la extracción del mineral. Por lo tanto, los costos de la extracción del mineral deben compararse cuidadosamente con el valor del depósito del metal para determinar si la mina puede ser rentable. Las empresas mineras generalmente llevan a cabo estudios de viabilidad para determinar si las minas potenciales son viables.



Analice el concepto de valuación mineral. Los diferentes minerales tienen distintos valores (por ejemplo, una libra de oro vale mucho más que una libra de plomo). El valor del mineral se determina por la demanda de ese mineral para fabricar las cosas que usamos en nuestra vida cotidiana.

Analice el proceso de extracción de minerales. Solo una parte del cuerpo mineral contiene los metales que son de interés. Durante el proceso de minería, los metales de interés se extraen de la roca circundante. La roca estéril que queda se debe desechar de manera responsable desde el punto de vista ambiental. Comúnmente, los volúmenes de roca estéril son mucho más grandes que los volúmenes de metales. La empresa debe decidir dónde apilar la roca estéril y cómo incorporarla en el paisaje recuperado al final del proceso de minería.

## Actividad I (duración: 60 minutos + tiempo de preparación de 30 minutos)

El objetivo de la actividad es desarrollar una operación de minería rentable. Los estudiantes deben trabajar en grupos para esta actividad debido a que, en el mundo real, estas decisiones se toman en grupo.

### Preparación de los estudiantes (15 minutos):

1. Divida la clase en tres o cuatro grupos que representarán a las empresas mineras.
2. Permita que cada grupo le ponga un nombre a la empresa y cree un cartel para la empresa (que se utilizará para solicitar la concesión minera).
3. Con el papel cuadriculado, cada grupo deberá preparar un “mapa base” de la habitación donde tendrá lugar la actividad. El mapa debe mostrar todas las características principales, como puertas, ventanas, bancos, mesas, armarios, etc. Para aumentar la precisión del trazado, el mapa debe trazarse con escala y dirección de brújula, aunque esto no es esencial para la actividad.

### Preparación del docente (30 minutos):

1. Asigne cada uno de los cinco colores de pintura a un tipo de mineral; por ejemplo, amarillo = oro, azul = plata, verde = cobre, rojo = hierro, negro = plomo.
2. Pinte un punto de un color en uno de los lados de aproximadamente 25 a 30 fichas de póquer. Haga lo mismo para los otros cuatro colores. Las fichas de póquer que queden sin pintar representarán la roca estéril.
3. Mientras los estudiantes estén afuera de la habitación, coloque las fichas de póquer en conjuntos sobre los bancos, las mesas o las mesadas en diferentes lugares de la habitación (1 o 2 conjuntos más que la cantidad de grupos de estudiantes que haya). Cada conjunto representa una propiedad que puede o no contener un cuerpo mineral valioso. Puede agrupar diferentes colores juntos para representar los cuerpos minerales, ya que generalmente se pueden encontrar diferentes minerales juntos en la naturaleza (pero cada propiedad debe tener un tipo de mineral dominante y menor cantidad de los otros minerales).
4. Coloque al azar aproximadamente el 25 % de las fichas de póquer pintadas con la cara pintada hacia arriba y el resto con la cara pintada hacia abajo.
5. Añada aproximadamente el triple de fichas de póquer sin pintar a cada conjunto (es decir, roca estéril).
6. Lleve una hoja de respuestas que indique cuántas fichas de póquer de cada color se usan en cada conjunto.

7. Proporcione la siguiente información a cada empresa:
  - a. Un juego de marcadores de colores (que coincidan con los colores de las pinturas).
  - b. Una lista de los colores de las fichas de póquer y el tipo de mineral correspondiente. Los estudiantes deben añadir una leyenda en el mapa que indique qué color representa a cada tipo de mineral (con los marcadores de colores).
  - c. El valor de 1 ficha de póquer de cada tipo (utilice los montos de la sección de valuación de la mina de la hoja de trabajo o valores similares que reflejen el valor relativo de estos tipos de minerales en la vida real).

Actividad:

Antes de comenzar con la actividad, explique a los estudiantes que las fichas de póquer representan minerales y roca estéril, y que algunas de las fichas de póquer pintadas están boca abajo, de manera que no se conozca el alcance total del depósito. El objetivo de la actividad es desarrollar la mina más rentable. Recuerde a los estudiantes que el tiempo es dinero en el proceso de minería, por lo tanto, todas las fases de la minería deben llevarse a cabo lo más rápido posible, pero pensando cuidadosamente.

Fase 1: reconocimiento del sitio

1. Configure el cronómetro en 10 minutos.
2. Con los marcadores de colores, dos representantes de cada empresa visitarán cada “propiedad” potencial y registrarán puntos en el mapa base donde se encuentran ubicadas las fichas de póquer desconocidas (es decir, las fichas que están boca abajo) y las conocidas (es decir, las fichas con la cara pintada hacia arriba). Esto se denomina mapa de exploración. LAS FICHAS DE PÓQUER NO PUEDEN MOVERSE NI DARSE VUELTA EN ESTE MOMENTO.
3. Cuando termine el trazado, detenga el cronómetro.
4. Cada empresa debe registrar en su hoja de trabajo la cantidad de minutos destinados a la fase de exploración y calcular el costo de la exploración en la hoja.

Fase 2: solicitud de concesión:

1. Configure el cronómetro en 10 minutos.
2. Durante este tiempo, cada empresa debe examinar el mapa de exploración y decidir dónde van a “solicitar la concesión” (es decir, qué propiedad van a explotar).
3. Cuando se apague el cronómetro, un representante de cada empresa colocará el cartel de la empresa en la propiedad donde quieren la concesión.
4. Si dos o más empresas quieren la concesión de la misma propiedad, se debe llevar a cabo una licitación competitiva. Tire una moneda (o aplique un método similar) para decidir quién realiza la licitación de apertura (\$20 000). Cada empresa involucrada en la licitación competitiva se turnará para decidir si busca otra propiedad o presenta su propio precio de licitación más alto en incrementos de \$20 000. El ganador del proceso de licitación competitiva controlará la propiedad y registrará el precio de licitación que ellos pagaron por la propiedad en la hoja de trabajo. Los perdedores deben solicitar la concesión de otra propiedad.

Fase 3: perforación de exploración:

1. Configure el cronómetro en 10 minutos.
2. Cada empresa debe perforar hasta seis agujeros en su propiedad. La perforación consiste en dar vuelta hasta 6 fichas de póquer desconocidas para mostrar los tipos de minerales en la parte inferior de estas. El grupo decide cuántas fichas de póquer y qué fichas darán vuelta.
3. La perforación debe completarse antes de que se apague el cronómetro.
4. Calcule el costo de la perforación en la hoja de trabajo.

## Fase 4: desarrollo de la mina:

1. Cada empresa explotará la propiedad en su totalidad al dar vuelta todas las fichas de póquer desconocidas restantes.
2. Registre la cantidad de fichas de póquer explotadas (es decir, la cantidad total de fichas de póquer). Esto incluye las fichas sin pintar (es decir, roca estéril) y las fichas previamente boca arriba, ya que también cuesta dinero extraerlas del suelo.
3. Calcule el costo del desarrollo de la mina en la hoja de trabajo.

## Fase 5: valuación de la mina:

1. Registre la cantidad de fichas de póquer de cada tipo de mineral en la hoja de trabajo. Calcule el valor de cada tipo de mineral y los ingresos totales por mineral.

## Fase 6: eliminación de roca estéril y recuperación

1. Cuenten la cantidad de fichas de póquer de roca estéril y regístrelas en la hoja de trabajo.
2. Decida el lugar donde va a eliminar la roca estéril. Las fichas de roca estéril deben eliminarse en un área que esté lo más cerca posible de la mina; sin embargo, las fichas de roca estéril deben tener suficiente espacio para poder almacenarlas en forma de pirámide o cono sin bancos que permitan derrames, etc. (Los muebles no se pueden mover y la roca estéril no se puede apilar en el piso).
3. Apile las fichas de roca estéril en forma de pirámide o cono.
4. Mida la distancia en línea recta desde el centro del sitio de mina hasta el centro de la pila de roca estéril.
5. Calcule el costo de la eliminación de la roca estéril en la hoja de trabajo.

## Fase 7: cálculo de ganancias de la mina:

1. Complete la tabla de costos y beneficios en la hoja de trabajo.
2. Calcule los costos totales, los beneficios totales y la ganancia bruta.
3. Calcule los costos de recuperación y la ganancia neta.

## **Análisis (duración: 15 minutos)**

¿Qué empresa obtuvo la mina más rentable? Analice las razones por las que esta mina logró una mayor rentabilidad. Por ejemplo, el cuerpo mineral era más rico en minerales y, por lo tanto, tenía un valor monetario alto, se minimizaron los costos de exploración, se evitaron las licitaciones competitivas, etc. Analice los procesos de toma de decisiones de cada etapa del desarrollo de la mina. ¿Cuál fue la decisión más difícil?

Analice los costos de recuperación y eliminación de roca estéril. ¿Qué factores se deben tener en cuenta para estas actividades? Por ejemplo, cómo apilar la roca estéril, dónde colocarla mientras la mina se encuentra en la fase de desarrollo y cómo incorporarla en el paisaje recuperado.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.

## Hoja de trabajo

Nombre de la empresa \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

### Fase 1: reconocimiento del sitio

Costos de trazado/campo: \$15.000 por minuto (máximo de 10 minutos)

\_\_\_\_\_ minutos x \$15.000/minuto = \$ \_\_\_\_\_

### Fase 2: solicitud de concesión

Complete una de las siguientes oraciones:

- a) Si usted fue la única empresa que solicitó la concesión de la propiedad, ingrese 0:  
\$ \_\_\_\_\_
- b) Si usted pagó una licitación competitiva para asegurar la propiedad, ingrese el precio de licitación que pagó:  
\$ \_\_\_\_\_

### Fase 3: perforación de exploración

Costos de perforación: \$30.000 por ficha de póquer (máximo de 6 por sitio)

\_\_\_\_\_ fichas de póquer x \$30.000/ficha = \$ \_\_\_\_\_

### Fase 4: desarrollo de la mina

Costos de extracción: \$5.000 por ficha de póquer

\_\_\_\_\_ fichas de póquer x \$5.000/ficha = \$ \_\_\_\_\_

### Fase 5: valuación de la mina

Oro: \_\_\_\_\_ fichas de póquer x \$400.000 = \$ \_\_\_\_\_

Plata: \_\_\_\_\_ fichas de póquer x \$50.000 = \$ \_\_\_\_\_

Cobre: \_\_\_\_\_ fichas de póquer x \$20.000 = \$ \_\_\_\_\_

Plomo: \_\_\_\_\_ fichas de póquer x \$10.000 = \$ \_\_\_\_\_

Hierro: \_\_\_\_\_ fichas de póquer x \$5.000 = \$ \_\_\_\_\_

Ingresos totales por = \$ \_\_\_\_\_  
minerales (suma)

**Fase 6: eliminación de roca estéril**

Costos de eliminación de roca estéril: \$100 por ficha de roca estéril x distancia transportada

Costo total de eliminación de roca estéril =

\$100 x \_\_\_\_\_ fichas de roca estéril x \_\_\_\_\_ cm = \$ \_\_\_\_\_.

**Fase 7: cálculo de ganancias de la mina**

FASE DEL PROCESO MINERO	MONTO
<b>Beneficios</b>	
Total de ingresos por minerales	\$
<b>TOTAL DE BENEFICIOS DEL PROYECTO</b>	\$
<b>Costos</b>	
Reconocimiento del sitio	\$
Licitación competitiva que se pagó	\$
Perforación	\$
Extracción	\$
Eliminación de roca estéril	\$
<b>TOTAL DE COSTOS DEL PROYECTO</b>	\$
<b>GANANCIA BRUTA (beneficios del proyecto - costos del proyecto)</b>	\$
Costos de recuperación (10 % de las ganancias brutas)	\$
<b>GANANCIA NETA (ganancia bruta - costos de recuperación)</b>	\$



## EL MISTERIO DEL CUERPO MINERAL

### Descripción

Los estudiantes explorarán los procesos de perforación con extracción de muestras básicas y pruebas geológicas. Los estudiantes recolectarán muestras básicas, las analizarán para conocer su contenido mineral, trazarán la extensión del cuerpo mineral y determinarán su área y volumen aproximados.

#### VOCABULARIO:

1. Exploración
2. Muestra básica
3. Mineral
4. Cuerpo mineral
5. Roca estéril
6. Muestreo de cuadrícula

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Plastilina de dos colores
- Pedazos de 2 pulgadas de sorbetes transparentes
- Un palito sin punta (palito de chupetín) que entre en el sorbete y mida más de 2 pulgadas
- Lápices y papel cuadriculado
- Calculadoras
- Reglas
- Muestras básicas de rocas reales (optativo)
- Lupas (optativo)
- Cuchillo desafilado (optativo)

### Introducción (duración: 30 minutos)

Vea el Capítulo 1 “Exploración” de la película *Reglas del terreno*.

Analice las etapas del desarrollo de una mina de metal. ¿Cómo determinan los geólogos el lugar donde se llevará a cabo el proceso de minería?

Pregunte a los estudiantes si saben qué es un cuerpo mineral. Explíqueles que un cuerpo mineral es un depósito grande de minerales. Los geólogos buscan estos depósitos durante la etapa de “exploración” del desarrollo de la mina.

La fase de exploración incluye la identificación de un cuerpo mineral, el trazado de la ubicación y la extensión del cuerpo mineral, la solicitud de concesión, las perforaciones para recolectar muestras básicas, el análisis de las muestras básicas para conocer las características químicas y el contenido mineral, y la determinación de la aptitud de la propiedad para la minería.

Introduzca el concepto de costos y beneficios. En minería, hay diferentes costos, como por ejemplo, el trabajo de exploración, los procesos regulatorios, los equipos, los retos de ingeniería, el trabajo minero, la capacitación, la salud y la seguridad, y la recuperación de la mina.



Los beneficios de la minería surgen del valor de los metales extraídos. El grado o la concentración del metal, como así también la forma en que aparece, afectarán los costos asociados con la extracción del mineral. Por lo tanto, es importante comprender con precisión las propiedades geológicas de un cuerpo mineral.

Explique que la perforación que se realiza para recolectar muestras básicas es un paso importante en la fase de exploración de la minería. Durante la exploración geológica de un sitio de mina potencial, se usa una plataforma de perforación para perforar la roca y extraer muestras de roca. Estas muestras básicas se analizan para conocer el contenido mineral, las características químicas y otras variables geológicas. Toda esta información ayudará a la empresa minera a determinar si el cuerpo mineral es lo suficientemente rico como para respaldar una mina rentable.

Optativo: si puede obtener una muestra básica de roca real, muéstresela a los estudiantes para que la examinen. También pueden usar lupas para ver la muestra más en detalle. Pídeles que describan lo que ven. ¿Es la muestra básica de un color sólido o tiene franjas de varios colores? ¿Pueden ver diferentes tipos de minerales dentro de la muestra?

## Actividad (duración: 45 minutos)

El objetivo de la actividad es realizar un trazado preciso de la extensión de un cuerpo mineral y determinar su volumen según los resultados de la muestra básica.

1. Divida la clase en grupos de 3 a 4 estudiantes.
2. Para cada grupo, pegue con cinta adhesiva un pedazo de papel cuadriculado en el banco y pida a los estudiantes que dibujen un rectángulo que ocupe casi completamente el papel cuadriculado, pero que dejen una o dos filas de cuadrículas visibles en el borde. Las líneas del rectángulo deben trazarse a lo largo de las líneas de las cuadrículas del papel cuadriculado. Etiquete el borde horizontal del rectángulo con letras, una en cada cuadrícula (es decir, A, B, C, D...). Etiquete el borde vertical del rectángulo con números (es decir, 1, 2, 3...). Prepare dos hojas más de papel cuadriculado con las mismas etiquetas y dimensiones del rectángulo (una será la hoja de respuestas y la otra, la de registro).
3. Entregue a cada grupo dos colores de plastilina y explique qué representa cada color (p. ej., el rojo representa el cuerpo mineral y el verde, la roca base circundante).
4. Pida a cada grupo que construya un cuerpo mineral arriba del papel cuadriculado, dentro de los límites del rectángulo. Los estudiantes colocarán el color de la plastilina que representa el cuerpo mineral en varios lugares dentro de los límites del rectángulo, sin extenderse hasta los bordes. Deben variar el espesor de la plastilina en cada bolsón.
5. Cada grupo debe trazar el cuerpo mineral en la hoja de respuestas de papel cuadriculado y entregárselo al docente.
6. Luego, esparcirán el color que representa la roca base arriba de toda la estructura, hasta los bordes del rectángulo. Deben lograr una estructura donde vean únicamente la plastilina del color que representa la roca base desde la parte superior hasta los bordes.
7. Los grupos deben intercambiar posiciones de manera que trabajen sobre el cuerpo mineral de otro grupo.
8. Dentro de cada grupo, los estudiantes se turnarán para tomar muestras básicas del cuerpo mineral. Las muestras básicas se recolectan al presionar el sorbete sobre la estructura de plastilina. Luego, se debe sacar el sorbete hacia arriba, extraer la muestra con un palito y examinarla. Utilice las cuadrículas y las letras y los números asociados en los ejes del papel cuadriculado para ubicar de manera precisa la posición de las muestras básicas.

9. Los estudiantes deben registrar los resultados de las muestras básicas en la hoja de registro de papel cuadriculado. Si no se observa ningún color que represente a algún mineral, ingrese 0 en la cuadrícula.
10. Si el color del cuerpo mineral es visible, los estudiantes deben medir la profundidad del cuerpo mineral con una regla. Elija una unidad de medida constante (p. ej., milímetros) y registre la medida de profundidad en la cuadrícula.
11. Continúe tomando muestras hasta que su grupo considere que tiene suficiente información para trazar los bolsones del cuerpo mineral y determinar el volumen aproximado de cada bolsón.
12. Registre la cantidad de muestras básicas que tomó.
13. Trace el cuerpo mineral en la hoja de registro de papel cuadriculado y compárelo con la hoja de respuestas para ese cuerpo mineral.
14. Sume la cantidad de cuadrículas parciales y completas ocupadas por cada bolsón del cuerpo mineral para calcular el área de cada bolsón y el área total del depósito. Cuento cada cuadrícula parcial como mitad de cuadrícula.
15. Determine el volumen aproximado de cada bolsón por medio de un promedio de las mediciones de profundidad registradas.

Diagrama de corte transversal optativo:

Trace una línea recta a través de la estructura de plastilina. Pida a los estudiantes que recolecten muestras básicas en toda la línea y midan la distancia desde la parte superior de cada muestra básica hasta el cuerpo mineral, y la profundidad del cuerpo mineral. Los estudiantes pueden utilizar esta información para trazar un corte transversal del cuerpo mineral. Corte en tajadas la estructura de plastilina a lo largo de la línea y compare los diagramas de cortes transversales con el corte transversal real.

## Análisis (duración: 15 minutos)

¿Con qué precisión cada grupo determinó la forma del cuerpo mineral? ¿Qué grupo obtuvo el mapa del cuerpo mineral más preciso? ¿Qué grupo utilizó la menor cantidad de muestras básicas para generar su mapa? Según los cálculos de área y volumen, ¿qué propiedad sería la más rentable para la mina? ¿Dónde debería comenzar la minería dentro de esa propiedad?

Analice cómo este ejercicio se relaciona con la toma de muestras básicas en un cuerpo mineral real. ¿Por qué es importante determinar con precisión la forma del cuerpo mineral? ¿Por qué es importante limitar la cantidad de muestras básicas utilizadas para determinar la forma del cuerpo mineral?

Visite [cat.com/groundrules](http://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.

## Receta para hacer plastilina

Mezcle 1 taza de harina,  $\frac{1}{4}$  de taza de sal y 2 cucharadas de cremor tártaro con 1 taza de agua, 2 cucharaditas de colorante para alimentos y 1 cucharada de aceite en una cacerola. Cocine y revuelva durante 3 a 5 minutos, o hasta que se forme una bola. Amase durante unos minutos en una superficie ligeramente enharinada. Almacene en un envase hermético.



## RECUPERACIÓN DE UN SITIO DE MINA

### Descripción

Los estudiantes aprenderán cómo se apila el destape y se lo incorpora en el paisaje después del cierre de una mina. Experimentarán el cultivo de plantas en paisajes recuperados con varios tratamientos. Los estudiantes analizarán cinco variables: el espesor del suelo, la composición del suelo (capas o mezclas), la pendiente, los nutrientes y el tipo de semilla.

#### VOCABULARIO:

1. Destape
2. Pila de material
3. Nivelación
4. Tipos de suelo
5. Siembra
6. Pendiente
7. Germinación de la semilla
8. Nutrientes
9. Planificación de cierre
10. Erosión

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Mezcla de grava, arena y cieno (destape)
- Tierra orgánica
- Cucharaditas de harina de huesos, harina de sangre y potasa, o fertilizante mezclado
- Semillas de césped, semillas de soja
- Agua y atomizador
- Acceso a la luz solar o una lámpara
- Cajas de plástico del tamaño de una caja de zapatos, paletas pequeñas para jardinería
- Jarras medidoras, recipientes grandes para mezclar
- Cajones de madera o cajas grandes de almacenamiento de plástico
- Reglas, calculadoras
- Escarbadientes, tela para jardinería
- Hoja de datos (proporcionada)

### Introducción (duración: 15 minutos)

Vea el Capítulo 8 “Reclamación” (Recuperación) de la película *Reglas del terreno*. Pida a los estudiantes que den las razones por las que los sitios de minas deben recuperarse después del cierre de la mina. Analice los posibles problemas ambientales y de seguridad que pueden ocasionarse si no se recupera el sitio de mina.

Pregunte a los estudiantes qué material se quitó en la mina de carbón antes de que se pudiera llegar al depósito de carbón. Se tuvo que quitar la capa superior del suelo (de un espesor de 60 metros). Esta se denomina “destape”. Pregunte a los estudiantes qué hizo la empresa minera con el destape. Lo apilaron en el sitio de mina y lo guardaron para la recuperación del lugar. Ponga énfasis en el hecho de que la recuperación se debe planificar antes de abrir la mina. Esto se llama “planificación de cierre”. Las empresas mineras tienen que preparar un plan de cierre que cuente con la aprobación del gobierno. Además, tienen que demostrar que obtendrán suficientes ganancias durante la operación de la mina para cubrir los costos de la recuperación.

Pida a los estudiantes que nombren las características que observaron sobre la vegetación natural de la mina de Nueva Guinea en comparación con la vegetación natural del sitio de Wyoming. Pregúnteles cuál de los dos sitios sería más fácil de recuperar. Analice el hecho de que el objetivo de la recuperación es crear un paisaje lo más parecido posible al paisaje natural, pero que esto sería mucho más difícil de lograr en un bosque tropical que en una región de pradera.



Explique que los estudiantes construirán modelos de paisajes recuperados e intentarán hacer crecer plantas sobre ellos. Muestre a la clase a qué se asemeja el destape (mezcla de grava, arena y cieno). Pregúnteles si consideran que las plantas crecerán directamente sobre este y qué necesitan las plantas para crecer (suelo con nutrientes, agua y luz solar). También pregúnteles cómo piensan que harían crecer plantas sobre el destape. Explíqueles que experimentarán con diferentes tipos de suelo y mezclas de nutrientes para ver cuál es el mejor lugar para el crecimiento de las plantas.

## Actividad I (duración: 30 minutos + observaciones diarias de 5 minutos)

El objetivo de esta actividad es investigar cómo crecerán las plantas sobre un paisaje recuperado con varios tratamientos. Los estudiantes analizarán cuatro variables: el espesor del suelo, la composición del suelo (capas o mezclas), la pendiente y los nutrientes.

### Cómo construir un paisaje recuperado:

1. Divida la clase en ocho grupos. Entregue a cada grupo una caja pequeña de plástico y una paleta para jardinería. El docente también debe tener una caja y una paleta.
2. Cada grupo debe etiquetar su caja de plástico con el número de su grupo (1 a 8) y el docente debe etiquetar su caja con el número 9.
3. Cada grupo debe calcular el área de la parte inferior de la caja al multiplicar la longitud por el ancho.
4. Cada grupo tendrá que determinar el volumen del destape necesario para realizar una capa de 5 cm (2") en la parte inferior de la caja al multiplicar el área de la caja por 5 cm (2"). Cada grupo debe medir el volumen apropiado del destape.
5. Cada grupo preparará un modelo de paisaje recuperado diferente con distintos espesores y mezclas de suelo. Utilice el método del paso 4 para calcular los volúmenes de suelo necesarios a fin de preparar varias capas de suelo de diferentes espesores.
6. Cada grupo debe describir la composición de todos los paisajes recuperados en la hoja de datos.

### *Grupo 1 (paisaje plano, capa de suelo delgada):*

1. Vierta el destape medido en la parte inferior de la caja de plástico y alíselo para lograr una superficie plana de espesor uniforme. Mida la profundidad de la capa con una regla en varios lugares de la caja para asegurarse de que el espesor sea uniforme.
2. Mida un volumen de tierra orgánica que forme una capa de exactamente 1 cm (1/2") de espesor cuando se lo coloque en la parte superior de la capa de destape.
3. Esparza la tierra orgánica directamente en la parte superior de la capa de destape. Tenga cuidado de que no se mezclen ambas capas.

### *Grupo 2 (paisaje plano, capa de suelo delgada, fertilizante):*

1. Vierta el destape medido en la parte inferior de la caja de plástico y alíselo para lograr una superficie plana de espesor uniforme. Mida la profundidad de la capa con una regla en varios lugares de la caja para asegurarse de que el espesor sea uniforme.
2. Mida un volumen de tierra orgánica que forme una capa de exactamente 1 cm (1/2") de espesor cuando se lo coloque en la parte superior de la capa de destape. Colóquelo en un recipiente para mezclar.
3. Añada 1 cucharadita de harina de huesos, harina de sangre y potasa (o 1 cucharadita de un fertilizante mezclado). Mezcle bien el fertilizante con la tierra orgánica.
4. Esparza la mezcla en una capa en la parte superior de la mezcla de destape. Tenga cuidado de que no se mezclen ambas capas.

*Grupo 3 (paisaje plano, capa de suelo gruesa):*

1. Vierta el destape medido en la parte inferior de la caja de plástico y alíselo para lograr una superficie plana de espesor uniforme. Mida la profundidad de la capa con una regla en varios lugares de la caja para asegurarse de que el espesor sea uniforme.
2. Mida un volumen de tierra orgánica que forme una capa de exactamente 4 cm (1 ½") de espesor cuando se lo coloque en la parte superior de la capa de destape.
3. Esparza la tierra orgánica directamente en la parte superior de la capa de destape. Tenga cuidado de que no se mezclen ambas capas.

*Grupo 4 (paisaje plano, capa de suelo gruesa, fertilizante):*

1. Vierta el destape medido en la parte inferior de la caja de plástico y alíselo para lograr una superficie plana de espesor uniforme. Mida la profundidad de la capa con una regla en varios lugares de la caja para asegurarse de que el espesor sea uniforme.
2. Mida un volumen de tierra orgánica que forme una capa de exactamente 4 cm (1 ½") de espesor cuando se la coloque en la parte superior de la capa de destape. Colóquela en un recipiente para mezclar.
3. Añada 3 cucharaditas de harina de huesos, harina de sangre y potasa (o 3 cucharaditas de un fertilizante mezclado). Mezcle bien el fertilizante con la tierra orgánica.
4. Esparza la mezcla en una capa en la parte superior de la mezcla de destape. Tenga cuidado de que no se mezclen ambas capas.

*Grupo 5 (paisaje plano, suelo y destape mezclados):*

1. Coloque el destape medido en un recipiente para mezclar.
2. Mida un volumen de tierra orgánica que forme una capa de exactamente 2,5 cm (1") de espesor cuando se lo coloque en la parte superior de la capa de destape. Añádalo al recipiente para mezclar.
3. Mezcle bien la tierra orgánica y el destape. Vierta la mezcla en la caja de plástico. Alise la superficie. Mida la profundidad de la capa con una regla en varios lugares de la caja para asegurarse de que el espesor sea uniforme.

*Grupo 6 (paisaje plano, suelo y destape mezclados, fertilizante):*

1. Coloque el destape medido en un recipiente para mezclar.
2. Mida un volumen de tierra orgánica que forme una capa de exactamente 2,5 cm (1") de espesor cuando se lo coloque en la parte superior de la capa de destape. Colóquelo en un recipiente para mezclar.
3. Añada 2 cucharaditas de harina de huesos, harina de sangre y potasa (o 2 cucharaditas de un fertilizante mezclado).
4. Mezcle bien la tierra orgánica, el fertilizante y el destape. Vierta la mezcla en la caja de plástico. Alise la superficie. Mida la profundidad de la capa con una regla en varios lugares de la caja para asegurarse de que el espesor sea uniforme.

*Grupo 7 (paisaje con pendiente):*

1. Vierta el destape medido en la parte inferior de la caja de plástico y alise la superficie para lograr una pendiente inclinada lisa con un ángulo de 45°.
2. Mida un volumen de tierra orgánica que forme una capa de exactamente 1 cm (1/2") de espesor (si se la coloca de manera horizontal en la caja).
3. Esparza la tierra orgánica de manera uniforme sobre la superficie de la capa de destape. Tenga cuidado de que no se mezclen ambas capas y de que se mantenga la pendiente de 45°.
4. Si la tierra orgánica se desliza por la pendiente, añada escarbadiques y tiras de tela para jardinería en dos filas perpendiculares a la pendiente.

### *Grupo 8 (paisaje con pendiente, fertilizante):*

1. Vierta el destape medido en la parte inferior de la caja de plástico y alise la superficie para lograr una pendiente inclinada lisa con un ángulo de 45°.
2. Mida un volumen de tierra orgánica que forme una capa de exactamente 1 cm (1/2") de espesor (si se la coloca de manera horizontal en la caja). Colóquela en un recipiente para mezclar.
3. Añada 1 cucharadita de harina de huesos, harina de sangre y potasa (o 1 cucharadita de un fertilizante mezclado). Mezcle bien el fertilizante con la tierra orgánica.
4. Esparza la mezcla de tierra orgánica y fertilizante de manera uniforme sobre la superficie de la capa de destape. Tenga cuidado de que no se mezclen ambas capas y de que se mantenga la pendiente de 45°.
5. Si la tierra orgánica se desliza por la pendiente, añada escarbadientes y tiras de tela para jardinería en dos filas perpendiculares a la pendiente.

### Cómo añadir las plantas (todos los grupos)

1. Cada grupo y el docente deben esparcir 4 cucharaditas de semillas de césped lo más uniformemente posible en toda la superficie del paisaje recuperado.
2. Apisone suavemente las semillas en la superficie del suelo.
3. Con el atomizador de agua, el docente debe rociar una cantidad abundante de agua de manera uniforme sobre la superficie del paisaje recuperado. Se debe contar y registrar la cantidad total de veces que se roció la superficie.
4. Cada grupo debe rociar sus paisajes recuperados la misma cantidad de veces.
5. Coloque todas las cajas cerca de una ventana o debajo de una lámpara que se encienda durante el día y se apague durante la noche.

### Observaciones diarias (todos los grupos)

1. Riegue los modelos de paisajes recuperados todos los días con un atomizador y asegúrese de hacerlo la misma cantidad de veces en cada caja. Añada una cantidad adicional de agua los viernes, de manera que tengan suficiente agua para pasar el fin de semana.
2. Cada grupo debe hacer observaciones diarias de todos los modelos de paisajes recuperados en su hoja de datos. Continúe haciendo observaciones diarias hasta que el césped crezca bien en al menos uno de los modelos.

## Actividad II (duración: 30 minutos + observaciones diarias de 5 minutos)

El objetivo de esta actividad es construir un modelo de paisaje recuperado más grande con topografía variable e incorporación de dos tipos de semillas diferentes. Esta actividad se puede llevar a cabo de manera simultánea con la actividad I, o bien después de la actividad I, para incorporar el conocimiento adquirido en la primera actividad. Se puede realizar en grupos o como un gran proyecto de toda la clase.

En un cajón de madera o caja grande de almacenamiento de plástico, diseñe un paisaje recuperado con topografía variable. Incluya colinas y valles, pendientes con diferentes ángulos y áreas planas. Utilice las combinaciones de tierra orgánica, fertilizante y otros tipos de suelo que desee. La única condición es que se debe utilizar el volumen total de destape que se quitó del sitio de mina, ni más ni menos (el docente debe determinar una cantidad apropiada según el tamaño del recipiente que se va a utilizar). Coloque semillas de césped en todo el paisaje. Plante algunas semillas de soja en algunos lugares. Utilice tela para jardinería y escarbadientes donde sea necesario para mantener la capa superficial del suelo en su lugar en las pendientes. Mida y registre cuidadosamente los detalles de los tratamientos utilizados. Registre el volumen, el área, las pendientes y otra información pertinente acerca del paisaje recuperado. Coloque el modelo en un área que reciba luz solar o debajo de una lámpara. Riegue el paisaje todos los días y registre las observaciones diarias.

## Análisis (duración: 30 minutos)

### Actividad I:

¿Qué variables se mantuvieron constantes en este experimento? Agua, luz, semillas de césped, volumen de capa de destape. ¿Qué variables se analizaron en este experimento? Espesor de la tierra orgánica, capas vs. mezclas de tierra orgánica y destape, pendiente y nutrientes. ¿Qué otras variables se podrían haber analizado? Diferentes tipos de semillas, diferentes cantidades de fertilizante, diferentes ángulos de pendiente, etc.

¿En cuál de los paisajes recuperados las plantas crecieron mejor o peor? ¿En cuál de los paisajes recuperados las plantas crecieron más rápido? ¿En cuál las plantas parecen ser las más sanas? ¿Eran correctas las hipótesis de los estudiantes? ¿Qué necesitan las plantas para crecer en un paisaje recuperado? Según los resultados del experimento, si tuviera que planificar un paisaje recuperado, ¿cómo lo diseñaría?

La capa de tierra orgánica de los paisajes con pendiente, ¿permaneció en su lugar en todo el experimento? Analice la erosión y los retos que esta presenta al recuperar un paisaje con pendiente.

Explique que este experimento es una simple demostración de la recuperación de un paisaje con pendiente o plano de un ecosistema de pradera. Analice qué sería necesario para recuperar un paisaje de un ecosistema de bosque.

Actividad II:

Analice las observaciones hechas en este experimento. ¿En qué áreas del paisaje recuperado el césped creció mejor? ¿De qué manera crecieron las plantas en las pendientes en comparación con las áreas planas? ¿Qué pendiente funcionó mejor?

¿De qué manera crecieron las semillas de soja en comparación con las semillas de césped? ¿Qué tipo de semilla germinó más rápido? ¿Por qué es importante el tiempo de germinación para un paisaje recuperado? Analice la erosión del viento y la remoción de la capa superficial del suelo. Las plantas de soja de este experimento pueden representar árboles en un paisaje recuperado. Es importante que se forme una cubierta vegetativa sobre los paisajes recuperados lo más rápido posible para retener el suelo (césped) para que luego sea posible añadir otros tipos de plantas de crecimiento más lento, como por ejemplo, árboles.

Visite [cat.com/groundrules](http://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 recuperación de un sitio de mina

### A) Hipótesis y observaciones iniciales

Fecha: \_\_\_\_\_

1. Describa la composición de los paisajes recuperados.

Paisaje 1:

Paisaje 2:

Paisaje 3:

Paisaje 4:

Paisaje 5:

Paisaje 6:

Paisaje 7:

Paisaje 8:

Paisaje 9:

¿Qué paisaje es el patrón de comparación? ¿Por qué?

2. ¿En qué paisaje considera que las plantas podrán crecer mejor? ¿Por qué?

3. ¿En qué paisaje considera que las plantas no podrán crecer en lo absoluto? ¿Por qué?

4. Según su opinión, ¿cuáles son los retos que presenta cultivar plantas en una superficie con pendiente en comparación con una superficie plana?

## B) Observaciones diarias

Cantidad de días hasta que las plantas comienzan a crecer en al menos uno de los paisajes recuperados: \_\_\_\_\_

El primer día en que se observe el crecimiento de la planta en al menos uno de los paisajes recuperados, comience a hacer observaciones diarias y complete una tabla para cada día. Copie la siguiente tabla para cada día según sea necesario hasta el final del experimento.

Fecha: \_\_\_\_\_

Observaciones	1	2	3	4	5	6	7	8	9
¿Se observa crecimiento? (Sí/No)									
% de superficie cubierta con plantas (%)									
Altura de la planta más alta (mm)									
¿Considera que las plantas se ven sanas? (Sí/No) Describa.									
Otras observaciones									



## ¿QUÉ SON LAS REGLAS DEL TERRENO?

### Descripción

Los estudiantes participarán en el proceso de planificación de un sitio de mina ficticio en un área remota. Tendrán en cuenta los retos de ingeniería, el impacto ambiental y las repercusiones sociales del proceso de desarrollo de la mina.

#### VOCABULARIO:

1. Retos de ingeniería
2. Impactos y beneficios
3. Comunicación
4. Contexto social
5. Contexto ambiental

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Descripción del sitio de mina real o ficticio
- Papel y lapiceras

### Introducción (duración: 30 minutos)

Vea el Capítulo 4 “Retos de ingeniería”, el 6 “Minería y comunidad” y el 7 “Minería y medio ambiente” de la película *Reglas del terreno*.

Analice los retos asociados con el desarrollo de la mina de Grasberg en Papua, Indonesia (Capítulo 4). Pida a los estudiantes que recuerden algunos de los retos: construir un camino hacia la cima de la montaña, crear un pueblo totalmente nuevo, buscar gente para trabajar en la mina y proporcionarles las habilidades y la capacitación de seguridad necesarias, construir el sitio de planta y molino en un lugar elevado y en un valle angosto, construir un teleférico para llevar a los trabajadores hasta el cuerpo mineral, llevar los equipos y los camiones grandes de minería hasta el sitio de mina, etc. Analice las ventajas y desventajas de contratar a trabajadores calificados y capacitados de otros países en comparación con capacitar a lugareños para realizar el trabajo. ¿Por qué una empresa minera querría gastar tanto dinero en construir un pueblo y educar a personas del lugar para trabajar en la mina?

Analice el contexto social de la minería mediante el ejemplo de la mina de oro de Newmont en Ghana (Capítulo 6). ¿Cuáles son algunas de las razones por las que la comunidad podría estar en contra de que se instale un sitio de mina en los alrededores? ¿Cuáles son algunos de los posibles beneficios que la minería puede ofrecer a las comunidades empobrecidas (educación, atención de la salud, empleo)? ¿De qué manera la minería puede cambiar la forma de vida de una comunidad? ¿Cuáles son las bases sociales que se deben comprender antes de pensar en desarrollar un sitio de mina (creación de una relación de trabajo con los lugareños)? Analice la importancia de una comunicación abierta entre la empresa minera y los lugareños. ¿Cuáles son algunos de los retos asociados con la comunicación (idioma, diferencias culturales)? Analice los impactos y beneficios de la mina en la economía de la comunidad local.



Analice el contexto ambiental de la minería mediante el ejemplo de la mina del río McArthur en Australia (Capítulo 7). ¿Qué tareas realiza un gerente ambiental en un sitio de mina? ¿Cuáles son algunos de los posibles impactos ambientales de una mina (calidad del agua, calidad del aire, alteración de la tierra, remoción de la vegetación o del hábitat)? ¿Qué reto ambiental importante tuvo que superar Xstrata antes de poder abrir la mina (desvío del río)? Analice los retos asociados con el desvío del río (mantenimiento de la biodiversidad, las características naturales de un canal de río y la calidad del agua).

## Actividad (duración: 60 minutos)

El objetivo de esta actividad es comprender los tipos de retos ambientales, sociales y de ingeniería asociados con el desarrollo de un sitio de mina en una ubicación remota.

### Preparación:

Utilice información de un sitio de mina actual o cree un sitio de mina ficticio en un área remota. Prepare una situación para que la clase investigue. Escriba una breve descripción del sitio de mina propuesto. Póngale nombre a la ubicación de este sitio de mina y describa brevemente el contexto ambiental, social y físico.

### Actividad:

1. Divida la clase en tres equipos: equipo de ingeniería, equipo ambiental y equipo social.
2. Dele a los estudiantes unos minutos para que lean la descripción de la situación.
3. El equipo de ingeniería debe desarrollar un plan para superar todos los retos físicos asociados con el desarrollo de un sitio de mina en esa ubicación.
4. El equipo ambiental debe desarrollar una lista de los posibles impactos ambientales de la mina propuesta y un plan para mitigar o monitorizar esos impactos.
5. El equipo social debe determinar los posibles impactos y beneficios sociales del sitio de mina en la comunidad local. Luego, debe desarrollar un plan de comunicación.
6. Los grupos deben presentar los planes al resto de la clase.

## Análisis (duración: 30 minutos)

Después de que cada grupo presente el plan, los otros dos grupos pueden hacer preguntas y determinar si el plan del grupo que está haciendo la presentación funcionaría. ¿Se olvidaron de tener en cuenta algo importante? Si bien cada uno de los grupos desarrolló los planes de manera aislada al resto, esto no funciona así en la vida real. Los tres grupos deberían comunicarse para garantizar que sus planes funcionen de manera conjunta y sin inconvenientes. ¿Funcionarían conjuntamente los tres planes desarrollados en esta actividad? ¿Qué aspectos podrían entrar en conflicto? ¿Qué aspectos podrían ser complementarios? ¿Cuál podría ser el reto más difícil de superar en este ejemplo?

Visite [cat.com/groundrules](http://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.

# GROUND RULES



PROCESAMIENTO  
DE MINERALES



PROCESAMIENTO DE MINERALES

EDAD 11 A 13



## ELECTRODEPOSICIÓN DE MONEDAS

### Descripción

Los estudiantes llevarán a cabo un experimento para simular el proceso de electroobtención que se utiliza en la etapa de purificación del procesamiento de minerales. En este experimento, electrodepositarán cinc sobre una moneda de cobre.

#### VOCABULARIO:

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

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Batas de laboratorio, gafas de seguridad y guantes
- Moneda de cobre brillante
- Ánodo de cinc (disponibles en comercios de productos de navegación)
- Batería de linterna (1 ½ voltios)
- Cables para conectar la batería
- Vaso de precipitado de 500 mL
- Vinagre, sal de Epsom, azúcar común
- Cepillo de dientes y dentífrico

### 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.

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 resulta en 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.

En el proceso de purificación del cobre que se muestra en la película, el cobre del ánodo no purificado se electrodeposita sobre una lámina de cobre puro en el cátodo. El cobre (del cátodo) es el producto final del procesamiento del cobre. Generalmente se lo prepara en láminas que tienen un espesor de 1 cm, miden aproximadamente 1 metro cuadrado y pesan aproximadamente 200 libras.

Explique que la electroobtención se puede utilizar para depositar varios metales. En esta actividad, los estudiantes intentarán electrodepositar cinc sobre una moneda de cobre.

---

## Actividad (duración: 30 minutos)

El objetivo de esta actividad es explorar el proceso de electrodeposición por medio de cinc y una moneda de cobre. Esta actividad puede realizarse como una demostración para la clase o en grupos de estudiantes.

### Preparación:

1. Llene el vaso de precipitado aproximadamente hasta la mitad con vinagre.
2. Deje en remojo el ánodo de cinc en el vinagre durante varias horas antes de la actividad para disolver parte del cinc.

### Actividad:

1. Póngase una bata de laboratorio, las gafas y los guantes de seguridad.
  2. Con guantes de plástico, friegue cuidadosamente la moneda con un cepillo de dientes y dentífrico. Enjuáguela con agua y séquela suavemente. Utilice guantes para manipular la moneda en todo momento a fin de evitar que el aceite de sus dedos quede en la moneda.
  3. Saque el ánodo de cinc de la solución.
  4. Añada 100 gramos por litro de sales de Epsom y 120 gramos por litro de azúcar común en el vaso de precipitado. Mezcle bien la solución.
  5. Conecte el extremo positivo de la batería al ánodo de cinc y el extremo negativo a la moneda.
  6. Sumerja la moneda y el ánodo de cinc en la solución. No permita que se toquen entre sí. En unos pocos minutos, el cinc debería comenzar a depositarse sobre la moneda.
  7. Deje que la electrodeposición continúe durante el resto de la clase y vuelva a observarla al final de la clase. Si todavía es difícil ver la electrodeposición de cinc, vuelva a limpiar la moneda con dentífrico para hacer brillar el recubrimiento de cinc.
-

### Análisis (duración: 15 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 de metales? ¿Por qué es necesario quitar las impurezas del cinc o el cobre por medio de este proceso (es decir, porqué es insuficiente una pureza de 98 a 99 %)?

Visite [cat.com/groundrules](http://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.



## EXTRACCIÓN DE COBRE DE MINERALES SULFURADOS

### Descripción

Los estudiantes extraerán cobre de minerales sulfurados al simular los procesos de trituración, fresado y flotación.

#### VOCABULARIO:

1. Trituración
2. Fresado
3. Flotación por espuma
4. Minerales sulfurados
5. Cobre
6. Pulpa
7. Residuos
8. 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

### 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.

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: celda de flotación por espuma

## Actividad (duración: 60 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”. 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.

## Análisis (duración: 15 minutos)

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.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.

## 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			

¿Qué se observó al recolectar las burbujas?

¿Se recolectó todo el cobre presente en la pulpa después de los 4 experimentos?



## FLOTACIÓN DE CARBÓN

### Descripción

Los estudiantes explorarán el proceso de flotación por espuma para separar carbón de una mezcla de carbón y arena.

#### VOCABULARIO:

1. Flotación por espuma
2. Hidrofóbico
3. Hidrofílico
4. Tensión superficial
5. Pulpa
6. Concentrado
7. Residuos
8. Mezclas

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Frasco de vidrio transparente
- Detergente líquido y gotero
- Aceite vegetal y gotero
- Varilla para mezclar
- Arena de sílice (aproximadamente del mismo tamaño que las partículas de carbón)
- Carbón en polvo fino, con algunas escamas más grandes
- Papel de filtro (puede utilizar filtros de café)
- Hoja de datos (proporcionada)

### Introducción (duración: 15 minutos)

Vea el Capítulo 8 “Reclamación” (Recuperación) de la película *Reglas del terreno*. Este capítulo muestra cómo se extrae carbón en un sitio de mina en Estados Unidos.

Haga circular una mezcla de arena y carbón. Pregunte a los estudiantes cómo piensan que podrían extraer el carbón de la arena. Sugiera la idea de utilizar una criba para separar las partículas. Pregunte a los estudiantes si eso funcionaría. Explíqueles que una criba no funcionaría porque algunas de las partículas de arena son del mismo tamaño que las partículas de carbón.

Explique que la flotación por espuma es un proceso que se puede utilizar para quitar el carbón de la arena. Este proceso también se puede utilizar para separar metales valiosos del mineral (consulte el plan de clases sobre extracción de cobre para obtener más detalles). Explique que los estudiantes llevarán a cabo un experimento para separar el carbón de una mezcla de arena y carbón por medio del proceso de flotación por espuma.

### Actividad (duración: 30 minutos)

El objetivo de esta actividad es separar carbón de una mezcla de carbón y arena por medio del proceso de flotación por espuma.



1. Divida la clase en grupos de dos.
2. Pida a cada grupo que llene aproximadamente 2/3 del frasco de vidrio con agua de grifo, cierre bien la tapa y agite con fuerza. Pare de agitar y deje reposar durante unos segundos. Responda las preguntas de la sección A de la hoja de datos.
3. Añada 2 gotas de detergente al agua de grifo, cierre bien la tapa y agite con fuerza. Pare de agitar y deje reposar durante unos segundos. Responda las preguntas de la sección B de la hoja de datos.
4. Vacíe el frasco y enjuáguelo con agua de grifo.
5. Coloque una cantidad igual de arena y carbón en la parte inferior del frasco. Llene 2/3 del frasco con agua. Agite suavemente para humedecer todas las partículas de carbón y arena.
6. Añada 2 gotas de aceite vegetal y revuelva suavemente con una varilla para mezclar durante 2 a 4 minutos y permitir que se mezcle con las partículas de carbón y arena.
7. Añada 2 gotas de detergente y reemplace la tapa. Agite con fuerza durante 2 a 3 minutos. Pare de agitar y deje reposar durante 1 minuto.
8. Abra el frasco, raspe suavemente parte de la espuma con un papel de filtro y déjelo secar.
9. Responda las preguntas de la sección C que se encuentra en la hoja de datos.

## Análisis (duración: 15 minutos)

Analice las preguntas y las respuestas de la hoja de datos. Explique lo que sucede en cada etapa del experimento.

Recuerde a los estudiantes que, en el primer paso del experimento, no solo hay agua en la botella, sino también aire. Cuando agitan la botella, mezclan el aire y el agua. Sin embargo, la mezcla se separa rápidamente en dos fases (líquido y gas) ni bien termina el proceso de mezcla.

Cuando se añade detergente a la mezcla de aire y agua y se agita esta mezcla, se forma espuma en la superficie. Explique que las moléculas de detergente reducen la tensión superficial y ayudan a estabilizar las burbujas. El detergente tiene un fin hidrofóbico y un fin hidrofílico. Por lo tanto, una parte de la molécula de detergente quiere permanecer en el agua, pero otra parte de esta quiere salir al aire. La espuma representa la parte hidrofóbica de las moléculas de detergente que se mezclan con el aire.

El aceite vegetal es hidrofóbico. Cuando se añade aceite vegetal a una mezcla de arena, carbón y agua, este cubre las partículas de carbón de manera selectiva y hace que la superficie se vuelva hidrofóbica. Debido a que estas partículas ahora son hidrofóbicas, se adhieren a las burbujas de aire y se transportan a la superficie, donde forman una capa de espuma.

Las partículas de carbón grandes no flotan porque son demasiado grandes para que las burbujas las levanten hasta la superficie. Esta es la razón por la que es importante triturar el carbón en partículas muy pequeñas antes de realizar la flotación por espuma.

Las partículas de arena se depositan en la parte inferior del frasco porque no son hidrofóbicas, por lo que no se adhieren a las burbujas de aire. Si algunas partículas de arena alcanzan la fase de espuma al agitarlas, rápidamente vuelven a la fase acuosa cuando se deja de agitar.

Durante el procesamiento de minerales, la capa de espuma se retira de la superficie y el resto de la mezcla se desecha como residuos.

Visite [cat.com/groundrules](http://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 flotación de carbón

### A) Mezcla de aire y agua:

1. ¿Qué sucede cuando agita el frasco con agua de grifo y aire?
2. ¿Qué sucede cuando deja de agitar el frasco?

### B) Mezcla de detergente, aire y agua:

1. ¿Qué sucede cuando agita el frasco con agua, detergente y aire?
2. ¿Por qué la capa de espuma se forma en la superficie de la solución?

### C) Mezcla de arena, carbón, agua, aceite vegetal y detergente:

1. ¿Qué se forma en la superficie de la mezcla después de dejar de agitar?
2. ¿A dónde va el carbón? ¿Por qué?
3. ¿A dónde va la arena? ¿Por qué?
4. ¿Qué observó sobre el papel de filtro?
5. ¿Por qué no flotan las partículas de carbón grandes? ¿Qué se puede hacer para que floten?



## 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.

#### 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
- Cable de cobre
- Gafas de seguridad

### 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.

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 (duración: 20 minutos)

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.

---

## Análisis (duración: 10 minutos)

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.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.



## SEPARACIÓN MAGNÉTICA

### Descripción

Los estudiantes explorarán las propiedades de la magnetita y utilizarán un imán para separar magnetita de arena. Calcularán la ley del mineral de magnetita en la muestra.

#### VOCABULARIO:

1. Magnetita
2. Magnetismo
3. Ley del mineral
4. Separación magnética

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Muestra de roca de magnetita
- Muestra de roca diamagnética
- Magnetita molida
- Arena
- Imán fuerte
- Bolsa con cierre hermético
- Balanza
- Papel de filtro o papel de cocina
- Bandeja o molde para torta de poca profundidad
- Guía de identificación de minerales o acceso a Internet
- Calculadoras
- Hoja de datos (proporcionada)

### Introducción (duración: 10 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.

Revise las propiedades de los minerales. Pida a los estudiantes que nombren algunas propiedades que se puedan utilizar para identificar minerales (p. ej., dureza, color, brillo, veta, magnetismo).

Explique a los estudiantes que, después de extraer el mineral, se deben extraer los minerales valiosos del resto del mineral. Esto se puede realizar de diferentes maneras. Explíqueles que, en este experimento, los estudiantes utilizarán la propiedad de magnetismo para separar un mineral magnético de una mezcla de mineral triturado.

### Actividad (duración: 40 minutos)

Los objetivos de esta actividad son examinar las propiedades de la magnetita, separar la magnetita en polvo de la arena y determinar la ley de la magnetita.



## Preparación:

1. Mezcle arena y magnetita molida en un recipiente. No se deben medir las cantidades, pero asegúrese de que la mezcla incluya al menos 50 % de magnetita.

## Actividad:

1. Divida la clase en grupos de dos.
2. Cada grupo debe probar las dos muestras de roca con su imán. ¿Cuál de las muestras de roca es magnética? Utilice una guía de identificación de minerales o acceda a Internet para determinar el nombre del mineral magnético. Responda las preguntas de la sección A de la hoja de datos.
3. Etiquete un pedazo de papel de cocina o un papel de filtro con el nombre “mezcla”. Pese el papel de cocina o papel de filtro en la balanza y registre el peso en la sección B de la hoja de datos.
4. Coloque 5 cucharadas de la mezcla de magnetita y arena sobre el papel de cocina y registre el peso. Reste el peso del papel de cocina del peso que tienen la mezcla y el papel de cocina juntos para obtener el peso de la mezcla. Registre ese peso en la sección B de la hoja de datos.
5. Vierta cuidadosamente el contenido del papel de cocina en una bandeja o molde para torta de poca profundidad.
6. Coloque el imán dentro de una bolsa con cierre hermético y ciérrela bien.
7. Etiquete un pedazo de papel de cocina o un papel de filtro con el nombre “magnetita”. Pese el papel de cocina o papel de filtro en la balanza y registre el peso en la sección C de la hoja de datos.
8. Mueva el imán embolsado arriba de la mezcla de arena y magnetita. ¿Qué sucede?
9. Mueva cuidadosamente el imán embolsado sobre el papel de cocina o papel de filtro. Una persona debe abrir cuidadosamente la bolsa con cierre hermético. La otra persona debe quitar el imán y tener cuidado de que no toque las partículas de magnetita para que no se peguen al imán. Con el imán fuera de la bolsa, las partículas de magnetita deberían desprenderse de la parte externa de la bolsa y caer sobre el papel de cocina.
10. Repita los pasos 8 y 9 hasta que se haya quitado prácticamente toda la magnetita de la muestra.
11. Pese el papel de cocina que contiene la magnetita y registre el peso en la sección C de la hoja de datos. Reste el peso del papel de cocina del peso del papel de cocina que contiene la magnetita para obtener el peso de la magnetita. Registre el peso en la sección C de la hoja de datos.
12. Calcule la “ley” de la magnetita como el porcentaje de magnetita en la mezcla. Regístrelo en la sección C de la hoja de datos.

## **Análisis (duración: 10 minutos)**

Analice las preguntas y respuestas de la hoja de datos. Explique qué sucede en cada etapa del experimento. ¿Qué utilidad tiene la separación magnética? ¿Cuántos minerales tienen propiedades magnéticas?

Utilice este ejemplo para demostrar que los procesos de separación utilizados para extraer minerales valiosos se pueden seleccionar según las propiedades de los minerales. En este caso, la propiedad clave de la magnetita es el magnetismo. La magnetita se extrae y se utiliza en abrasivos, tóner, fertilizantes, pigmentos de pintura y agregados para cemento de alta densidad. La magnetita generalmente se encuentra en minerales que contienen hierro.

Explique que la magnetita a veces se utiliza para separar pirita de carbón. Una pulpa de magnetita y agua es pesada y permite que las partículas más finas de carbón floten hasta la superficie. Las partículas de pirita más pesadas se asientan en la parte inferior. Se utiliza un tambor magnético para extraer magnetita de la pulpa después del uso.

¿Por qué es importante la ley del mineral? Analice las consideraciones técnicas y económicas que se deben tener en cuenta al decidir si explotar un depósito. Si cada una de las muestras evaluadas en el experimento representaran un sitio de mina individual, ¿cuál sería el mejor sitio para explotar?

Visite [cat.com/groundrules](http://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 separación magnética

### A) Prueba magnética:

1. ¿Cuál de las muestras de roca es magnética?
2. ¿Cuál es el nombre del mineral magnético? ¿Cómo lo determina?

### B) Mezcla de arena y magnetita:

1. Peso del papel de cocina (“mezcla”): \_\_\_\_\_
2. Peso de la mezcla y el papel de cocina: \_\_\_\_\_
3. Peso de la mezcla: \_\_\_\_\_
4. Describa la mezcla. ¿Qué son las partículas oscuras? ¿Qué son las partículas más livianas? ¿Qué parte de la mezcla es magnética?

### C) Ley de la magnetita:

1. ¿Qué sucede cuando mueve el imán embolsado arriba de la mezcla? ¿Por qué?
2. Peso del papel de cocina (“magnetita”): \_\_\_\_\_
3. Peso de la magnetita y el papel de cocina: \_\_\_\_\_
4. Peso de la magnetita: \_\_\_\_\_
5. ¿Cuál es la ley (%) de la magnetita en la muestra? (muestre el cálculo):

# GROUND RULES



PROCESAMIENTO  
DE MINERALES



PROCESAMIENTO DE MINERALES

EDAD 13 A 15



## 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.

#### VOCABULARIO:

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

#### 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 ( $\text{CuFeS}_2$ ). 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, cation, ánodo y cátodo. Explíqueles que la electrodeposición incluye el movimiento de iones con carga

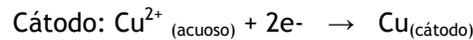
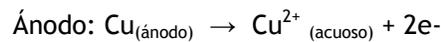


positiva (cationes) desde un ánodo a través de una solución salina. Los cationes de la solución salina son atraídos por el cátodo, sobre el cual se depositan en forma de metal.

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:

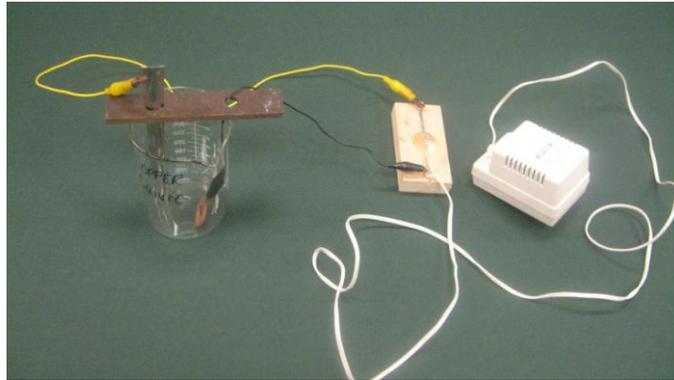


El cobre (del cátodo) es el producto final del procesamiento de cobre. Generalmente se lo prepara en láminas que tienen un espesor de 1 cm, miden aproximadamente 1 metro cuadrado y pesan aproximadamente 200 libras (como se muestra en la película).

## 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 una 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 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: 15 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, porqué es insuficiente un cobre con una pureza del 98 a 99 %)?

Visite [cat.com/groundrules](http://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.



## EXTRACCIÓN DE COBRE DE MINERALES SULFURADOS

### Descripción

Los estudiantes extraerán cobre de minerales sulfurados al simular los procesos de trituración, fresado y flotación. Analizarán los pasos restantes para la producción de cobre.

#### 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

### 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 ( $\text{CuFeS}_2$ ). 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 (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 resumiadero.
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.

## Análisis (duración: 30 minutos)

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.

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.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.

## 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”?



## FLOTACIÓN DE CARBÓN

### Descripción

Los estudiantes explorarán el proceso de flotación por espuma para separar carbón de una mezcla de carbón y arena. Aprenderán acerca de cómo se procesa el carbón.

#### VOCABULARIO:

1. Flotación por espuma
2. Hidrofóbico
3. Hidrofílico
4. Tensión superficial
5. Pulpa
6. Concentrado
7. Residuos
8. Mezclas

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Frasco de vidrio transparente
- Detergente líquido y gotero
- Aceite vegetal y gotero
- Varilla para mezclar
- Arena de sílice (aproximadamente del mismo tamaño que las partículas de carbón)
- Carbón en polvo, con algunas escamas más grandes
- Papel de filtro (puede utilizar filtros de café)
- Hoja de datos (proporcionada)
- Libros de consulta o acceso a Internet

### Introducción (duración: 15 minutos)

Vea el Capítulo 8 “Reclamación” (Recuperación) de la película *Reglas del terreno*. Este capítulo muestra cómo se extrae carbón en un sitio de mina en Estados Unidos.

Haga circular una mezcla de arena y carbón. Pregunte a los estudiantes cómo piensan que podrían extraer el carbón de la arena. Sugiera la idea de utilizar una criba para separar las partículas. Pregunte a los estudiantes si eso funcionaría. Explíqueles que una criba no funcionaría porque algunas de las partículas de arena son del mismo tamaño que las partículas de carbón.

Explique que la flotación por espuma es un proceso que se utiliza para quitar el carbón de la arena. Este proceso también se puede utilizar para separar metales valiosos del mineral (consulte el plan de clases sobre extracción de cobre para obtener más detalles). Explique que los estudiantes llevarán a cabo un experimento para separar el carbón de una mezcla de arena y carbón por medio del proceso de flotación por espuma.

### Actividad I (duración: 30 minutos)

El objetivo de esta actividad es separar carbón de una mezcla de carbón y arena por medio del proceso de flotación por espuma.

1. Divida la clase en grupos de dos.
2. Pida a cada grupo que llene aproximadamente 2/3 del frasco de vidrio con agua de grifo, cierre bien la tapa y agite con fuerza. Pare de agitar y deje reposar durante unos segundos. Responda las preguntas de la sección A de la hoja de datos.



3. Añada 2 gotas de detergente al agua de grifo, cierre bien la tapa y agite con fuerza. Pare de agitar y deje reposar durante unos segundos. Responda las preguntas de la sección B de la hoja de datos.
4. Vacíe el frasco y enjuáguelo con agua de grifo.
5. Coloque una cantidad igual de arena y carbón en la parte inferior del frasco. Llene 2/3 del frasco con agua. Agite suavemente para humedecer todas las partículas de carbón y arena.
6. Añada 2 gotas de aceite vegetal y revuelva suavemente con una varilla para mezclar durante 2 a 4 minutos y permitir que se mezcle con las partículas de carbón y arena.
7. Añada 2 gotas de detergente y reemplace la tapa. Agite con fuerza durante 2 a 3 minutos. Pare de agitar y deje reposar durante 1 minuto.
8. Abra el frasco, raspe suavemente parte de la espuma con un papel de filtro y déjelo secar.
9. Responda las preguntas de la sección C que se encuentra en la hoja de datos.

## Actividad II (duración: 30 minutos)

El objetivo de esta actividad es aprender cómo se procesa el carbón para su utilización como combustible o coque en la industria de producción de acero.

Con los libros de consulta o mediante el acceso a Internet, responda las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son los principales usos del carbón?
2. ¿Cómo se procesa el carbón para su utilización como combustible?
3. ¿Cómo se procesa el mineral de carbón para la fabricación de coque?  
¿Para qué se utiliza el coque?
4. ¿Qué cantidad de la energía de su país proviene de la combustión de carbón?

## Análisis (duración: 15 minutos)

### Actividad I:

Analice las preguntas y las respuestas de la hoja de datos. Explique lo que sucede en cada etapa del experimento.

Recuerde a los estudiantes que, en el primer paso del experimento, no solo hay agua en la botella, sino también aire. Cuando agitan la botella, mezclan el aire y el agua. Sin embargo, la mezcla se separa rápidamente en dos fases (líquido y gas) ni bien termina el proceso de mezcla.

Cuando se añade detergente a la mezcla de aire y agua y se agita esta mezcla, se forma espuma en la superficie. Explique que las moléculas de detergente reducen la tensión superficial y ayudan a estabilizar las burbujas. El detergente tiene un fin hidrofóbico y un fin hidrofílico. Por lo tanto, una parte de la molécula de detergente quiere permanecer en el agua, pero otra parte de esta quiere salir al aire. La espuma representa la parte hidrofóbica de las moléculas de detergente que se mezclan con el aire.

El aceite vegetal es hidrofóbico. Cuando se añade aceite vegetal a una mezcla de arena, carbón y agua, este cubre las partículas de carbón de manera selectiva y hace que la superficie se vuelva hidrofóbica. Debido a que estas partículas ahora son hidrofóbicas, se adhieren a las burbujas de aire y se transportan a la superficie, donde forman una capa de espuma.

Las partículas de carbón grandes no flotan porque son demasiado grandes para que las burbujas las levanten hasta la superficie. Esta es la razón por la que es importante triturar el carbón en partículas muy pequeñas antes de realizar la flotación por espuma.

Las partículas de arena se depositan en la parte inferior del frasco porque no son hidrofóbicas, por lo que no se adhieren a las burbujas de aire. Si algunas partículas de arena alcanzan la fase de espuma al agitarlas, rápidamente vuelven a la fase acuosa cuando se deja de agitar.

Durante el procesamiento de minerales, la capa de espuma se retira de la superficie y el resto de la mezcla se desecha como residuos.

Actividad II:

El carbón que se utilizará como combustible no requiere mucho procesamiento antes de su uso. Sin embargo, se deben quitar las impurezas y generalmente se clasifica el carbón en fracciones de diferentes tamaños. La trituración, seguida de las técnicas de flotación o cribado, se puede utilizar para separar fracciones.

El mineral de carbón se procesa en coque para utilizarlo en la producción de acero. Para fabricar coque, los componentes volátiles del carbón se eliminan por medio de una cocción en un horno anaeróbico a altas temperaturas. Las cenizas que quedan son el coque. El coque se puede utilizar como combustible y como agente reductor en el proceso de fundición del hierro.

Analice la dependencia que tiene el país con respecto al carbón como fuente de energía.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.

## Hoja de datos para la flotación de carbón

### A) Mezcla de aire y agua:

1. ¿Qué sucede cuando agita el frasco con agua de grifo y aire?
2. ¿Qué sucede cuando deja de agitarlos?

### B) Mezcla de detergente, aire y agua:

1. ¿Qué sucede cuando agita el frasco con agua, detergente y aire?
2. ¿Por qué la capa de espuma se forma en la superficie de la solución?

### C) Mezcla de arena, carbón, agua, aceite vegetal y detergente:

1. ¿Qué se forma en la superficie de la mezcla?
2. ¿A dónde va el carbón? ¿Por qué?
3. ¿A dónde va la arena? ¿Por qué?
4. ¿Qué observó sobre el papel de filtro?
5. ¿Por qué no flotan las partículas de carbón grandes? ¿Qué se puede hacer para que floten?



## 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.

#### 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
- Gafas de seguridad

### 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.

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: 10 minutos, más seguimiento)

El objetivo de esta actividad es observar qué sucede con los materiales que contienen hierro y cinc cuando se los coloca en una solución de lixiviación.

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. Prepare otros dos vasos de precipitados con 50 mL de solución de vinagre caliente.
3. Coloque un clavo de acero en un vaso de precipitado y un clavo cincado en otro vaso, con una parte dentro de la solución y otra parte fuera de esta. ¿Qué sucede?
4. Deje los materiales en la solución durante unos días y realice observaciones diarias.

## Análisis (duración: 15 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 corroe fácilmente el hierro y el cinc.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.



## SEPARACIÓN MAGNÉTICA

### Descripción

Los estudiantes explorarán las propiedades de la magnetita y utilizarán un imán para separar magnetita de arena. Calcularán la ley del mineral de magnetita en la muestra. Investigarán las propiedades, las áreas de extracción y los usos de la magnetita.

#### VOCABULARIO:

1. Magnetita
2. Magnetismo
3. Ley del mineral
4. Separación magnética

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Muestra de roca de magnetita
- Muestra de roca diamagnética
- Magnetita molida
- Arena
- Imán fuerte
- Bolsa con cierre hermético
- Balanza
- Papel de filtro o papel de cocina
- Bandeja o molde para torta de poca profundidad
- Guía de identificación de minerales o acceso a Internet
- Calculadoras
- Hoja de datos (proporcionada)

### Introducción (duración: 10 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.

Revise las propiedades de los minerales. Pida a los estudiantes que nombren algunas propiedades que se puedan utilizar para identificar minerales (p. ej., dureza, color, brillo, veta, magnetismo).

Explique a los estudiantes que, después de extraer el mineral, se deben extraer los minerales valiosos del resto del mineral. Esto se puede realizar de diferentes maneras. Explíqueles que, en este experimento, los estudiantes utilizarán la propiedad de magnetismo para separar un mineral magnético de una mezcla de mineral.

### Actividad I (duración: 30 minutos)

Los objetivos de esta actividad son examinar las propiedades de la magnetita, separar la magnetita en polvo de la arena y determinar la ley de la magnetita.



## Preparación:

1. Mezcle arena y magnetita molida en un recipiente. No se deben medir las cantidades, pero asegúrese de que la mezcla incluya al menos 50 % de magnetita.

## Actividad:

1. Divida la clase en grupos de dos.
2. Cada grupo debe probar las dos muestras de roca con su imán. ¿Cuál de las muestras de roca es magnética? Utilice una guía de identificación de minerales o acceda a Internet para determinar el nombre del mineral magnético. Responda las preguntas de la sección A de la hoja de datos.
3. Etiquete un pedazo de papel de cocina o un papel de filtro con el nombre “mezcla”. Pese el papel de cocina o papel de filtro en la balanza y registre el peso en la sección B de la hoja de datos.
4. Coloque 5 cucharadas de la mezcla de magnetita y arena sobre el papel de cocina y registre el peso. Reste el peso del papel de cocina del peso que tienen la mezcla y el papel de cocina juntos para obtener el peso de la mezcla. Registre ese peso en la sección B de la hoja de datos.
5. Vierta cuidadosamente el contenido del papel de cocina en una bandeja o molde para torta de poca profundidad.
6. Coloque el imán dentro de una bolsa con cierre hermético y ciérrela bien.
7. Etiquete un pedazo de papel de cocina o un papel de filtro con el nombre “magnetita”. Pese el papel de cocina o papel de filtro en la balanza y registre el peso en la sección C de la hoja de datos.
8. Mueva el imán embolsado arriba de la mezcla de arena y magnetita. ¿Qué sucede?
9. Mueva cuidadosamente el imán embolsado sobre el papel de cocina o papel de filtro. Una persona debe abrir cuidadosamente la bolsa con cierre hermético. La otra persona debe quitar el imán y tener cuidado de que no toque las partículas de magnetita para que no se peguen al imán. Con el imán fuera de la bolsa, las partículas de magnetita deberían desprenderse de la parte externa de la bolsa y caer sobre el papel de cocina.
10. Repita los pasos 8 y 9 hasta que se haya quitado prácticamente toda la magnetita de la muestra.
11. Pese el papel de cocina que contiene la magnetita y registre el peso en la sección C de la hoja de datos. Reste el peso del papel de cocina del peso del papel de cocina que contiene la magnetita para obtener el peso de la magnetita. Registre el peso en la sección C de la hoja de datos.
12. Calcule la “ley” de la magnetita como el porcentaje de magnetita en la mezcla. Regístrelo en la sección C de la hoja de datos.

## Actividad II (duración: 30 minutos)

El objetivo de esta actividad es investigar las propiedades, las áreas de extracción y los usos de la magnetita.

Con los libros de consulta o mediante el acceso a Internet, responda las siguientes preguntas:

1. Nombre tres propiedades de la magnetita, excepto el magnetismo.
2. ¿En qué tipo de rocas se puede encontrar magnetita?
3. ¿Cómo y dónde se extrae la magnetita?
4. Describa el proceso a través del cual se utiliza magnetita para extraer carbón de un mineral rico en piritita. ¿Cómo se utiliza la propiedad del magnetismo en este proceso?

5. ¿Qué tipos de productos contienen magnetita? ¿Qué propiedades de la magnetita hacen que sea útil para estos productos?
6. ¿Junto con qué mineral se encuentra generalmente la magnetita?

---

## Análisis (duración: 20 minutos)

### Actividad I:

Analice las preguntas y respuestas de la hoja de datos. Explique qué sucede en cada etapa del experimento. ¿Qué utilidad tiene la separación magnética? ¿Cuántos minerales tienen propiedades magnéticas?

¿Por qué es importante la ley del mineral? Analice las consideraciones técnicas y económicas que se deben tener en cuenta al decidir si explotar un depósito. Si cada una de las muestras evaluadas en el experimento representaran un sitio de mina individual, ¿cuál sería el mejor sitio para explotar?

### Actividad II:

Analice las respuestas. La magnetita se encuentra en rocas sedimentarias, metamórficas e ígneas. Se extrae en Australia, Suiza, Sudáfrica y Estados Unidos. Se utiliza en abrasivos, tóner, fertilizantes, pigmentos de pintura y agregados para cemento de alta densidad. La magnetita generalmente se encuentra en minerales que contienen hierro.

Explique que la magnetita a veces se utiliza para separar pirita de carbón. Una pulpa de magnetita y agua es pesada y permite que las partículas más finas de carbón floten hasta la superficie. Las partículas de pirita más pesadas se asientan en la parte inferior. Se utiliza un tambor magnético para extraer magnetita de la pulpa después del uso.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.

## Hoja de datos para la separación magnética

### A) Prueba magnética:

1. ¿Cuál de las muestras de roca es magnética?
2. ¿Cuál es el nombre del mineral magnético? ¿Cómo lo determina?

### B) Mezcla de arena y magnetita:

1. Peso del papel de cocina (“mezcla”): \_\_\_\_\_
2. Peso de la mezcla y el papel de cocina: \_\_\_\_\_
3. Peso de la mezcla: \_\_\_\_\_
4. Describa la mezcla. ¿Qué son las partículas oscuras? ¿Qué son las partículas más livianas? ¿Qué parte de la mezcla es magnética?

### C) Ley de la magnetita:

1. ¿Qué sucede cuando mueve el imán embolsado arriba de la mezcla? ¿Por qué?
2. Peso del papel de cocina (“magnetita”): \_\_\_\_\_
3. Peso de la magnetita y el papel de cocina: \_\_\_\_\_
4. Peso de la magnetita: \_\_\_\_\_
5. ¿Cuál es la ley (%) de la magnetita en la muestra? (muestre el cálculo):

# GROUND RULES



PROCESAMIENTO  
DE MINERALES



**PROCESAMIENTO DE MINERALES**

EDAD 15 A 18



## 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. Cation
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

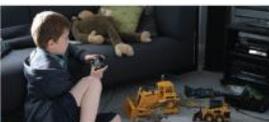
### Introducción (duración: 30 minutos)

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 ( $\text{CuFeS}_2$ ). 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.

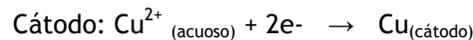
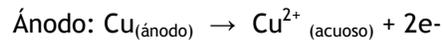
La electroobtención se basa en el proceso de electrodeposición. Pregunte a los estudiantes si saben en qué consiste la electrodeposición. Revise los términos anión, cation, ánodo y cátodo. Explíqueles que la electrodeposición incluye el movimiento de iones con carga positiva (cationes) desde un ánodo 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.

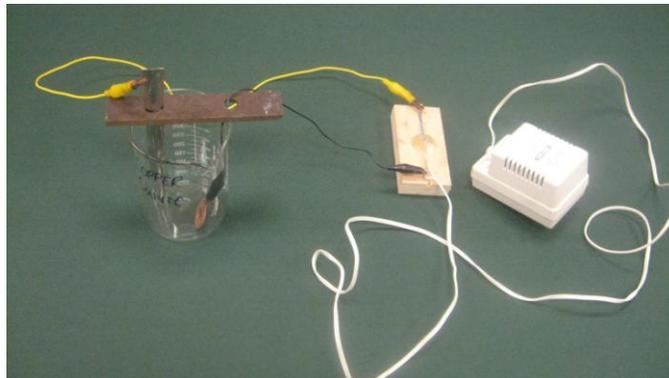


Figura 1: diseño del experimento

## 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](http://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

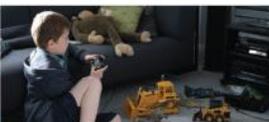
### Introducción (duración: 15 minutos)

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 ( $\text{CuFeS}_2$ ). 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](http://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)

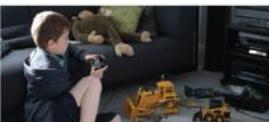
Vea el Capítulo 2 “Minería moderna” de la película *Reglas del terreno*. Este capítulo muestra cómo se extrae y se procesa el cobre en un gran sitio de mina en Chile.

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](http://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 pídeles 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](http://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.



## 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](http://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.

# GROUND RULES



MINERALES Y LA  
VIDA COTIDIANA



MINERALES Y LA VIDA COTIDIANA

EDAD 11 A 13



## FABRICACIÓN DE UNA LINTERNA

### Descripción

Los estudiantes identificarán algunas de las propiedades del cobre, dos de sus aleaciones comunes y varios de sus usos principales. Explorarán las propiedades eléctricas y de maleabilidad del cobre mediante la fabricación de una linterna con alambre de cobre y la creación de una escultura de arte.

#### VOCABULARIO:

1. Cobre
2. Electricidad
3. Circuito
4. Mancha de oxidación
5. Bronce
6. Latón
7. Conductor
8. Maleable

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Baterías D
- Alambre de cobre
- Bombillas de luz pequeñas
- Ejemplos de objetos hechos de cobre (optativo)
- Tarjetas con los nombres de objetos comunes escritos

### Introducción (duración: 15 minutos)

Vea el Capítulo 2 “Minería moderna” y el Capítulo 3 “Minería y el mundo moderno” de la película *Reglas del terreno*. El Capítulo 2 analiza el proceso de la minería de cobre en una mina moderna en Chile. El Capítulo 3 muestra cómo los minerales, incluido el cobre, se usan para fabricar una variedad de productos que usamos en nuestras vidas cotidianas.

Después de ver la película, haga una lista de elementos cotidianos que tienen cobre. Analice algunos de los usos más importantes del cobre y algunas de sus propiedades importantes. Haga circular algunos objetos hechos de cobre (optativo).

El cobre conduce el calor y la electricidad mejor que cualquier otro metal, excepto la plata. El cobre se usa en alambres para conducir la electricidad. También se lo usa en utensilios para cocina a fin de conducir y retener el calor. Además, se lo usa en una variedad de productos electrónicos.

El cobre también es maleable y no se corroe fácilmente. Esto hace que sea un elemento ideal para fabricar tuberías, piezas para automóviles y aviones, herramientas y obras de arte.

Cuando el cobre se oxida, la superficie se torna de color verde. Pregunte si alguien vio techos verdes en edificios antiguos. Cuando vea un techo verde, sabrá que está hecho de cobre. Algunos de los depósitos más grandes de cobre en Estados Unidos se encontraron por accidente cuando los buscadores notaron una roca verdosa que salía del suelo.



Dos de las aleaciones comunes del cobre son el bronce (una mezcla de estaño y cobre) y el latón (una mezcla de cinc y cobre). El latón y el bronce son más resistentes que el cobre puro y no se corroen en el aire ni en el agua, a excepción de una pequeña cantidad de oxidación.

El cobre se puede reciclar y volver a utilizar. Aproximadamente un tercio del cobre que se usa en la actualidad se recicla. El resto se extrae de minas de cobre.

El cobre se extrae en muchos países del mundo. El mayor productor de cobre es Chile, seguido de cerca por Estados Unidos. Canadá, Rusia, Indonesia, Australia, Perú, China y Zambia también son grandes productores de cobre. En Estados Unidos, la mayor parte de la extracción de cobre se lleva a cabo en Arizona, Utah, Nuevo México, Nevada y Montana. En Canadá, el cobre se extrae en Colombia Británica, Ontario, Nuevo Brunswick y los Territorios del Noroeste.

---

### Actividad I (duración: 15 minutos)

El objetivo de esta actividad es fabricar una linterna con alambre de cobre.

1. Entregue a cada estudiante una batería D, dos piezas pequeñas de alambre de cobre y una bombilla de luz pequeña.
2. Conecte una parte del alambre a un extremo de la bombilla y el extremo positivo de la batería al otro.
3. Conecte la segunda parte de alambre a la bombilla y haga que entre en contacto con el extremo negativo de la batería. ¿Qué sucede?

---

### Actividad II (duración: 15 minutos)

El objetivo de esta actividad es descubrir la maleabilidad del cobre.

1. Divida la clase en grupos de 3 o 4.
  2. Entregue a cada grupo un pedazo de alambre de cobre y una tarjeta con el nombre de un objeto escrito.
  3. Pida a cada grupo que use el alambre de cobre para construir el objeto que está escrito en la tarjeta.
-

## Análisis (duración: 15 minutos)

### Actividad I:

¿Qué sucede cuando los alambres se conectan a la batería? Hable sobre el flujo de la electricidad que circula a través del alambre y lo que sucede cuando se desconecta un alambre. Aplique los términos “circuito” y “conductor eléctrico”. El cobre es un conductor eléctrico, ya que permite que la electricidad circule a través de él.

### Actividad II:

Haga que cada grupo trate de adivinar el objeto que representa cada escultura. ¿Qué propiedad del cobre hace que sea ideal para crear esculturas?

Visite [cat.com/groundrules](http://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.



## CEREAL MAGNÉTICO

### Descripción

Los estudiantes aprenderán que algunos minerales son nutrientes esenciales para la salud de los humanos. Identificarán macrominerales y microminerales esenciales, y confirmarán la presencia de hierro en el cereal.

#### VOCABULARIO:

1. Minerales esenciales
2. Macrominerales
3. Microminerales
4. Magnetismo
5. Fricción
6. Proceso de trituración
7. Hierro

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Cereal en copos fortificado con hierro (se puede utilizar la marca Total)
- Etiquetas nutricionales y listas de ingredientes de una variedad de cereales
- Un imán fuerte
- Bolsas pequeñas con cierre hermético
- Platos o tazones poco profundos
- Agua
- Vasos de plástico transparente
- Sorbetes de plástico o varillas para mezclar
- Lupas

### Introducción (duración: 15 minutos)

Vea el Capítulo 3 “Minería y el mundo moderno” de la película *Reglas del terreno*. Hable sobre la importancia de los minerales en nuestras vidas cotidianas. Los minerales tienen propiedades específicas que hacen que sean útiles para los humanos. Todos los minerales provienen de la corteza terrestre y deben extraerse.

Pregunte a la clase si alguna vez comieron un mineral. ¿Qué minerales podemos comer? ¿Por qué tenemos que comer minerales?

Pida a los estudiantes que lleven etiquetas nutricionales y listas de ingredientes de diferentes marcas de cereal. Identifique los minerales.

Los minerales solo representan aproximadamente un 0,3 % de nuestro consumo total de nutrientes, pero son muy importantes. Sin estos nutrientes minerales, no podríamos utilizar el otro 99,7 % de los alimentos que consumimos.



Los macrominerales son minerales que necesitamos en cantidades considerables para una nutrición adecuada. Algunos de ellos son el calcio, el cloruro, el magnesio, el fósforo, el potasio, el sodio, el azufre y el cinc. Los microminerales son minerales que solo necesitamos en cantidades pequeñas. Algunos de ellos son el cromo, el cobalto, el cobre, el flúor, el yodo, el hierro, el manganeso, el molibdeno, el selenio, la silicón y el cinc. Estos minerales se encuentran en varios alimentos y en suplementos.

## Actividad (duración: 30 minutos)

El objetivo de esta actividad es determinar si el cereal realmente contiene hierro.

### Actividad:

1. Use una lupa para examinar de cerca un solo copo de cereal. ¿Puede ver trazas visibles de hierro? No.
2. Coloque algunos copos de cereal en la mesa. Acerque el imán a los copos y vea si este los atrae o los repele. Probablemente no obtenga ninguna reacción.
3. Llene un plato o tazón poco profundo con agua y haga flotar algunos copos de cereal sobre la superficie. Sostenga el imán cerca de los copos y observe detenidamente para ver si se mueven. Cualquier movimiento que ocurra será leve, así que tendrán que ser pacientes. Con la práctica, podrá hacer que los copos roten o que se muevan en el tazón en un patrón.
4. Llene con cereal hasta la mitad de una bolsa con cierre hermético. Selle la bolsa y triture el cereal hasta que quede un polvo fino.
5. Vierta suficiente agua en la bolsa para hacer una pasta de cereal fina. Debe tener la consistencia de una sopa espesa.
6. Vierta la mezcla de cereal en un vaso de plástico transparente.
7. Sostenga el imán contra el exterior del vaso en un lugar. Revuelva la mezcla con cuidado con un sorbete o un removedor (nada magnético). Luego de dos o tres minutos, debería ver una acumulación de partículas de hierro en el lugar del vaso cerca del imán. Use una lupa para ver mejor las partículas.

## Análisis (duración: 15 minutos)

¿Por qué usamos un imán para probar la presencia de hierro? ¿Pudo ver el hierro en el copo de cereal? ¿Por qué no?

¿Por qué fue más fácil mover los copos cuando estaban flotando en agua en vez de cuando estaban sobre la mesa? La fricción entre los copos y la superficie de la mesa era muy grande, y la atracción del hierro hacia el imán no pudo superarla. Al hacer flotar los copos en la superficie del agua, se redujo la fricción.

¿Qué paso en el proceso de extracción se simuló al triturar el cereal para obtener polvo? Este proceso simula el proceso de trituración que se usa en la minería para extraer minerales (como el hierro) de la roca estéril.

¿Cuál es la función del hierro en el cuerpo humano? El hierro transporta oxígeno a las células y es necesario para la producción de energía, la síntesis de colágeno y el funcionamiento del sistema inmunitario. El hierro se encuentra en la carne, el pescado, los frijoles, la espinaca, la melaza, la levadura de cerveza, el brócoli y las semillas. También se puede agregar a varios alimentos, como el cereal.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.



## JUEGO DE COINCIDENCIAS DE CONTENIDO MINERAL

### Descripción

Los estudiantes explorarán los elementos dentro del aula, la escuela o el patio y determinarán qué minerales se usaron para fabricarlos.

#### VOCABULARIO:

1. Minerales
2. Propiedades

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Conjunto de tarjetas de “contenido mineral”
- Cinta adhesiva de papel
- Cronómetro
- Libros de consulta u hojas con datos informativos (optativo)

### Introducción (duración: 10 minutos)

Vea el Capítulo 3 “Minería y el mundo moderno” de la película *Reglas del terreno*. Hable sobre la importancia de los minerales en nuestras vidas cotidianas. Los minerales tienen propiedades específicas que hacen que sean útiles para los humanos. Todos los minerales provienen de la corteza terrestre y deben extraerse.

Explique que se usaron una variedad de minerales para fabricar elementos comunes en el aula, la escuela o el patio. Seleccione un ejemplo de un objeto del aula que no se usará en la actividad. Pregunte a los estudiantes qué minerales se usaron para fabricar ese objeto. ¿Por qué se seleccionaron esos minerales? ¿Qué propiedades de esos minerales hicieron que fueran útiles para el propósito de crear ese elemento?

### Actividad (duración: 50 minutos)

El objetivo de esta actividad es determinar el contenido mineral de objetos comunes en el aula, la escuela o el patio.

#### Preparación:

1. Cree 10 estaciones dentro del aula, la escuela o el patio que destaquen los diferentes objetos, como un cimiento o una acera, ladrillos, clavos, tablas, pintura, ventanas, perillas, baldosas, tuberías, cableado, inodoros y lavabos, escritorios, sillas, equipos del patio, televisores, computadoras, lápices, pizarrones, etc.
2. Prepare conjuntos de 10 tarjetas de “contenido mineral” que indiquen los minerales clave usados en cada elemento (1 conjunto por grupo). Cada tarjeta debe tener un color diferente.
3. Optativo: coloque algunos libros de consulta u hojas con datos informativos al frente de la clase.



Actividad:

1. Divida la clase en grupos de 3 o 4 estudiantes.
2. Entregue a cada grupo un conjunto de tarjetas de color de contenido mineral y un rollo de cinta adhesiva de papel.
3. Configure el cronómetro en 30 minutos.
4. Cada grupo debe visitar cada estación y pegar la tarjeta correcta de contenido mineral en la estación con la cinta adhesiva de papel (del reverso, para que los otros grupos no puedan ver la respuesta).
5. Cada grupo tiene que asegurarse de que las tarjetas de contenido mineral coincidan con las estaciones correctas. Pueden volver a visitar las estaciones y cambiar las tarjetas tanto como quieran en el plazo asignado. Optativo: pueden consultar los materiales de recurso al frente de la clase para obtener ayuda.
6. Haga que todos los grupos vuelvan a sus bancos cuando suene el cronómetro.

## Análisis (duración: 30 minutos)

¿Qué grupo pegó la mayor cantidad de tarjetas de contenido mineral en las estaciones correctas? ¿Qué objetos fueron los más difíciles de determinar? ¿Cuáles fueron los más fáciles? ¿Puede encontrar un objeto en el aula que no contenga elementos que se extraen? Hable sobre la importancia de las minas en nuestras vidas cotidianas.

Elija uno o dos de los objetos evaluados en este ejercicio y hable sobre las propiedades de los minerales que se usaron para fabricarlos. ¿Por qué se eligieron esos minerales para fabricar el objeto? Por ejemplo, ¿por qué se usa el cobre en cables eléctricos?

Visite [cat.com/groundrules](http://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.

## Contenido mineral de algunos de los objetos comunes en la escuela:

Ventanas: arena, sílice y feldespato

Clavos y tornillos: hierro y acero

Ladrillos: arcilla

Paneles: yeso

Perillas, cerraduras y bisagras: acero, latón, cobre, cinc y hierro

Pizarrones: partículas de pizarra

Pintura: cinc

Canales/canalones galvanizados: hierro y cinc

Cimiento de concreto: arcilla, lutita, yeso y caliza

Material aislante: vermiculita, sílice y feldespato

Inodoros: porcelana, arcilla y feldespato

Tuberías de drenaje: arcilla y hierro

Tuberías: cobre y cinc o acero inoxidable (hecho de: hierro, níquel y cromita)

Equipos del patio: acero (hecho de: hierro, níquel y cromita)

Cableado: cobre o aluminio

Lápiz: grafito, aluminio o latón para el aro de metal que sostiene la goma de borrar



## EXPERIMENTO CON DENTÍFRICO

### Descripción

Los estudiantes aprenderán que se usa una variedad de minerales para elaborar el dentífrico. Descubrirán cómo el mineral fluorita en el dentífrico ayuda a proteger los dientes contra la caries.

#### VOCABULARIO:

1. Ácido
2. Placa bacteriana
3. Caries
4. Espato flúor (fluoruro)
5. Mica
6. Carbonato de sodio
7. Cinc

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Dentífrico con fluoruro de sodio
- Jarras medidoras de vidrio
- Huevos frescos
- Vinagre
- Cucharas
- Envoltorio de plástico
- Marcador
- Esmalte transparente
- Trapo reutilizable
- Varios tubos de diferentes marcas de dentífrico

### Introducción (duración: 30 minutos)

Pregunte a la clase si pueden nombrar un mineral que se utilice en el dentífrico. Haga circular algunos tubos de diferentes marcas de dentífrico y pida a la clase que lea la lista de ingredientes. Pídales que identifiquen algunos de los ingredientes minerales. Haga una lista en el pizarrón y vea qué ingredientes son los más comunes en las diferentes marcas.

Vea el Capítulo 3 “Minería y el mundo moderno” de la película *Reglas del terreno*. Pause la película en la escena en la que la madre se está cepillando los dientes. Note que el dentífrico contiene varios minerales, entre ellos el carbonato de calcio, la caliza, el carbonato de sodio, la fluorita, la mica y el cinc.

Hable sobre la cantidad de minerales que se encuentran en el dentífrico y que cada marca de dentífrico contiene una mezcla levemente diferente de minerales. Sin embargo, todos los dentífricos contienen minerales abrasivos para remover la placa. Algunos de los minerales abrasivos más comunes en el dentífrico son el sílice, la caliza y el carbonato de calcio. La mayoría de las marcas de dentífricos también contienen el mineral fluorita, que contiene fluoruro de calcio. Este mineral refuerza los dientes contra la caries.

El carbonato de sodio se usa en algunos dentífricos para blanquear los dientes.

El cinc a veces se usa en dentífricos como un agente antibacterial para prevenir la gingivitis (enfermedad de las encías).



Es posible que los dentífricos también contengan otros minerales e ingredientes para que brillen (mica), para que tengan un color blanco (titanio), para que sean espesos (arena), para blanquear los dientes (carbonato de sodio) y para combatir las bacterias (cinc).

Hable sobre algunos de los minerales comunes presentes en el dentífrico, los tipos de rocas en los que se encuentran y el lugar de donde se extrajeron. Aquí hay información sobre cuatro ingredientes minerales comunes:

1) Fluorita (también denominada espato flúor)

Espato flúor o fluorita son dos de los nombres que se le otorgan a los minerales que contienen fluoruro de calcio ( $\text{CaF}_2$ ). La fluorita refuerza la estructura total de los dientes contra la caries y promueve la remineralización, que ayuda en la eliminación de caries tempranas antes de que se pueda notar el daño. El espato flúor o la fluorita se encuentra en una variedad de ambientes geológicos. Se encuentra en el granito (roca ígnea) y en grandes depósitos de caliza (roca sedimentaria). También se puede encontrar en las grietas u orificios en la arenisca. El espato flúor no se extrae en Estados Unidos. Más de 15 países producen espato flúor. China, México y Sudáfrica son los mayores productores. Hay una mina de espato flúor en Terranova, Canadá. China proporciona aproximadamente dos tercios del espato flúor que se usa en Estados Unidos.

2) Mica

La mica es el mineral que se le agrega al dentífrico para que la sustancia brille. Se encuentran escamas y láminas grandes de minerales mica en algunas rocas metamórficas e ígneas. Las micas comercialmente importantes son la moscovita y la flogopita. India y Rusia son los mayores productores de mica en láminas. Una pequeñísima cantidad de mica se produce en Estados Unidos. La lámina de mica extraída más grande del mundo provino de una mina en Quebec, Canadá. La mica en láminas, fragmentos y escamas son comercialmente importantes. La mica en fragmentos y escamas también se usan principalmente en compuestos para uniones, pintura, techados, aditivos para perforación de pozos y productos de caucho.

3) Arena (sílice)

La arena se agrega al dentífrico para que la pasta sea más espesa. En general, la arena y la grava contienen el mineral cuarzo, con cantidades variables de feldespato, fragmentos de roca y otros materiales minerales. El uso comercial de la arena y la grava se divide en dos categorías: arena y grava para construcción, y arena y grava industriales. La arena y grava industriales, a menudo denominadas “sílice”, “arena de sílice” o “arena de cuarzo”, contienen arena y grava con un alto contenido de cuarzo. Dicha arena y grava se usan, por ejemplo, para fabricar vidrio. La arena y grava para construcción por lo general contienen un contenido de dióxido de silicio menor al de la arena y grava industriales. Se mezcla con otros materiales, como el cemento para cimientos, carreteras y edificios de concreto, o se usa sin mezclar en bases para carreteras. La arena y grava para construcción se extrae en todos los estados de Estados Unidos, y la arena y grava industriales se extraen en 37 estados. Canadá es una de las naciones líderes en el procesamiento y la producción de arena y grava industriales. Estados Unidos importa una cantidad considerable de arena de Canadá.

#### 4) Carbonato de sodio

Se conoce comúnmente al carbonato de sodio como soda. Se usa como un agente blanqueador en dentífricos, por lo general en combinación con peróxido de hidrógeno. El carbonato de sodio es soluble en agua, pero puede producirse naturalmente en regiones áridas, especialmente en los depósitos minerales que se forman cuando los lagos estacionales se evaporan. El carbonato de sodio se extrae en varias áreas de Estados Unidos y Canadá. El uso más importante del carbonato de sodio es para la fabricación de vidrio. Cuando se calienta a temperaturas muy altas, se combina con arena (dióxido de silicio) y carbonato de calcio, y se enfría muy rápidamente, se obtiene vidrio.

## Actividad (duración: 45 minutos, en 7 días)

El objetivo de esta actividad es demostrar la capacidad del mineral fluorita en el dentífrico para proteger los dientes contra la caries. Este experimento se llevará a cabo en etapas durante 7 días. Los huevos deben estar a temperatura ambiente para empezar el experimento.

### Preparación (5 minutos):

1. Divida la clase en grupos de 2 o 3.
2. Explique que en esta actividad, la cáscara del huevo representará un diente. Las cáscaras de huevo en mayor parte contienen carbonato de calcio. El calcio es un componente importante del esmalte de nuestros dientes. Por eso, las cáscaras de huevo son un buen reemplazo para usar en este experimento. Los ácidos debilitan las cáscaras de huevo y los dientes.
3. Explique que usarán vinagre en esta actividad. El vinagre es un ácido similar a los ácidos que produce la placa bacteriana en nuestras bocas. Los ácidos pueden causar caries dental.
4. Pida a los estudiantes que elaboren una hipótesis de lo que piensan que ocurrirá si se sumerge el huevo en el vinagre.
5. Pida a los estudiantes que elaboren una hipótesis de lo que piensan que ocurrirá si se aplica dentífrico al huevo y luego se lo sumerge en vinagre.

### Día 1 (15 minutos):

1. Entregue a cada grupo un huevo, una jarra medidora y un tubo de dentífrico.
2. Con las manos limpias, cada grupo debe lavar el huevo con agua y secarlo con un trapo.
3. Los grupos deben vaciar todo el contenido del dentífrico en la jarra medidora y aplastarlo con una cuchara para nivelar el dentífrico y eliminar cualquier burbuja de aire.
4. Cada grupo debe marcar un lado del huevo con un marcador con punta de fieltro y cubrir la marca con esmalte transparente para protegerlo del vinagre.
5. Luego de que se haya secado el esmalte, cada grupo debe colocar el huevo en la jarra medidora, con la marca hacia abajo. Empuje el huevo con cuidado en el dentífrico para que cubra aproximadamente la mitad del huevo. Asegúrese de que el huevo no toque el fondo de la jarra.
6. Cubra la jarra estrechamente con un envoltorio de plástico y déjela en un lugar seguro a temperatura ambiente al menos durante cuatro días.

### Día 5 (5 minutos):

1. El día 5, los grupos deben enjuagar todo el dentífrico en el huevo con agua tibia y deben dejar que el huevo se seque durante la noche.
2. Cada grupo también debe limpiar completamente la jarra medidora.

## Día 6 (10 minutos):

1. Cada grupo debe verter suficiente vinagre en una jarra medidora limpia para cubrir el huevo.
2. Luego deben colocar el huevo en una cuchara y, con cuidado, deben bajarlo a la jarra medidora. Tienen que asegurarse de que esté completamente sumergido en vinagre. Si no, se puede añadir vinagre adicional lentamente en la jarra medidora.
3. La cuchara debe colocarse encima del huevo para que se mantenga sumergido en el vinagre.
4. Cubra la jarra estrechamente con un envoltorio de plástico y registre el tiempo. El huevo debe dejarse en el vinagre durante al menos 7 horas y no más de 12 horas. Si no va a estar en el aula después de 7 horas, saque el huevo del vinagre y lávelo con agua tibia antes de irse. Anote la cantidad de horas que el huevo estuvo en el vinagre. Al día siguiente, tan pronto como los estudiantes lleguen, deben poner el huevo devuelta en el vinagre y deben seguir registrando el tiempo.

## Día 7 (10 minutos):

1. Después de que el huevo esté 7 horas en el vinagre, los grupos deben quitarlo y golpear cuidadosamente con el dedo la cáscara del lado que no está marcado. Si todavía está duro, deben ponerlo de nuevo en el vinagre y revisar cada hora hasta que la cáscara empiece a ablandarse.
2. Cuando el lado sin marcar esté blando, quite el huevo y lávelo con cuidado con agua tibia de grifo.
3. Revise la dureza del lado marcado de la cáscara. ¿Cómo se compara con el lado sin marcar?

## **Análisis (duración: 15 minutos)**

Hable sobre el propósito del fluoruro en la pasta dental. ¿Eran correctas las hipótesis de los estudiantes?

Compare el contenido de flúor de varias marcas diferentes de dentífrico. ¿Qué marca de dentífrico cree que ofrece mayor protección contra las caries? ¿Por qué?

¿Cuáles son las desventajas de incluir más flúor en el dentífrico? Hable sobre la condición denominada fluorosis en la que la ingestión de flúor en exceso puede producir la decoloración de los dientes. Esta es la razón por la que el dentífrico nunca debe tragarse y por la que los niveles de flúor en el agua de grifo son generalmente bajos

Visite [cat.com/groundrules](http://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.



## ¿CUÁLES SON LOS MATERIALES DE UN LÁPIZ QUE SE EXTRAEN/CULTIVAN?

### Descripción

Los estudiantes determinarán cuáles son las materias primas usadas para fabricar un lápiz que se extraen y cuáles son las que se cultivan.

#### VOCABULARIO:

1. Grafito
2. Látex
3. Aceite de soja
4. Piedra pómez
5. Azufre
6. Calcio
7. Bario
8. Aluminio
9. Latón (cobre, cinc)

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Lápices tradicionales de madera con goma de borrar en los extremos
- Acceso a libros de consulta o a Internet
- Mapamundi, con los países etiquetados
- Mapa del país de residencia, con los estados, provincias o territorios etiquetados
- Tachuelas de varios colores y una cartelera

### Introducción (duración: 10 minutos)

Vea el Capítulo 3 “Minería y el mundo moderno” de la película *Reglas del terreno*. Hable sobre la importancia de los minerales en nuestras vidas cotidianas. Los minerales tienen propiedades específicas que hacen que sean útiles para los humanos. Todos los minerales provienen de la corteza terrestre y deben extraerse.

Explique que se usaron una variedad de minerales para fabricar objetos comunes en el aula, la escuela o el patio. Seleccione un objeto común del aula. Pregunte a los estudiantes qué minerales se usaron para fabricar ese objeto. ¿Por qué se seleccionaron esos minerales? ¿Qué propiedades de esos minerales hicieron que fueran útiles para el propósito de crear ese objeto?

Pregunte a la clase si saben cuántos minerales se usan para fabricar un lápiz. Explíqueles que participarán en una actividad para descubrir los recursos naturales que se usan para fabricar un lápiz.

### Actividad I (duración: 40 minutos)

Los objetivos de esta actividad son determinar las materias primas que se usan para fabricar lápices, si se extraen o se cultivan, y de dónde provienen las materias primas.

#### Preparación:

1. Haga una lista en el pizarrón, en orden aleatorio, de todos los recursos extraídos o cultivados que se usan para fabricar un lápiz. Algunos son los siguientes: grafito, madera de cedro, arcillas, aceite de soja, látex, piedra pómez, azufre, calcio, bario, aluminio o latón (cobre y cinc), hematita y limonita.
2. Asigne una tachuela de color a cada recurso.
3. Fije los mapas en la cartelera.



Actividad:

1. Pida a la clase que identifique las partes más importantes de un lápiz y haga una lista en el pizarrón junto a la lista de recursos. Algunos son los siguientes: la parte con la que se escribe, la madera, la goma de borrar, el aro de metal que sostiene la goma, la pintura y el pegamento.
2. De a uno por vez, pida a un estudiante que vaya al pizarrón y dibuje una línea para unir un recurso con la parte del lápiz para la que se usa. Continúe hasta que se hayan usado todos los recursos.
3. Pida a toda la clase que identifique cuáles de estos recursos se extraen y cuáles se cultivan.
4. Divida la clase en grupos. Cada grupo debe investigar uno de los recursos usados para fabricar un lápiz. Proporcione a cada grupo algunos libros de consulta, hojas con datos informativos o acceso a Internet. Pídale que identifiquen un país (ya sea su país natal, si corresponde, u otro país cercano a su país natal) en el que se extrae o cultiva el recurso. Si el recurso se extrae o cultiva en su país natal, pídale que identifiquen, además, los estados, las provincias o los territorios en los que se extrae o cultiva el recurso.
5. Haga que cada grupo pase a la cartelera para colocar sus tachuelas de color en los estados, las provincias o los territorios de su país natal o países vecinos en los que el recurso se extrae o cultiva.

## Actividad II (duración: 20 minutos)

1. A través de Internet o los libros de consulta, cada grupo debe investigar uno de los recursos que se extraen y se usan para la fabricación de un lápiz en mayor detalle (cada grupo debe investigar un recurso diferente).
2. Determine cómo se extrae el recurso en su país natal.
3. Identifique otros usos de este recurso.

## Análisis (duración: 20 minutos)

Actividad I:

Pregunte a los estudiantes qué aprendieron en esta actividad. Revise los resultados graficados en los mapas. ¿Cuánto países se necesitan para fabricar un lápiz? ¿Algún país tiene todos los recursos naturales necesarios para fabricar un lápiz? Pídale que extrapolen lo que aprendieron sobre lápices, un objeto relativamente simple, a objetos más complejos como televisores o computadoras.

Actividad II:

Haga que los grupos pasen al frente de la clase y compartan lo que aprendieron sobre cada uno de los recursos extraídos para fabricar un lápiz.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.

**Respuestas (tenga en cuenta que esta lista no es exhaustiva)**

Madera de cedro (o tilo): se usa para hacer la parte de madera del lápiz; madera de cedro de California y Oregon (EE.UU.), Australia; madera de tilo de China.

Grafito: para el centro para escribir; de Montana, México, Australia, Sri Lanka.

Arcilla: se usa para reforzar el centro para escribir; de Kentucky y Georgia (EE.UU.), Australia.

Aceite de soja: se usa para fabricar la goma de borrar; de Brasil, Argentina, China, India.

Látex: se obtiene de los árboles, para hacer la goma de borrar; de Latinoamérica, Tailandia, Malasia, Indonesia, India.

Piedra pómez: se usa para reforzar la goma de borrar; de California o Nuevo México (EE.UU.), Nueva Zelanda.

Azufre, calcio, bario: se usan para hacer la goma de borrar; de los Estados Unidos, Canadá, México, Australia.

Aluminio o latón (cobre y cinc): se usa para fabricar el aro de metal; se extrae en 13 estados de EE.UU., 9 provincias canadienses, Australia; el cobre se extrae en Chile, Estados Unidos, Canadá y Australia; el cinc se extrae en México, Canadá, Estados Unidos y Australia.

Hematita y limonita: pigmentos naturales que se usan para hacer la pintura naranja (también una variedad de sustancias químicas sintéticas que se usan en la pintura y la laca).

Tenga en cuenta que también se usa pegamento para sujetar las partes del lápiz. Se usan una variedad de compuestos naturales y sintéticos para fabricar pegamento.

# GROUND RULES



MINERALES Y LA  
VIDA COTIDIANA



MINERALES Y LA VIDA COTIDIANA

EDAD 13 A 15



## CONSUMO DE RECURSOS MINERALES

### Descripción

Los estudiantes elaborarán una lista de todos los objetos que usan durante un día escolar y determinarán qué minerales se usaron en esos objetos para aprender qué tan dependientes son de los recursos minerales.

#### VOCABULARIO:

1. Minerales
2. Recurso no renovable
3. Consumo

#### MATERIAL:

- Película *Reglas del terreno*
- Papel y lápices

### Introducción (duración: 15 minutos)

Vea el Capítulo 3 “Minería y el mundo moderno” de la película *Reglas del terreno*. Hable sobre la importancia de los minerales en nuestras vidas cotidianas. Los minerales tienen propiedades específicas que hacen que sean útiles para los humanos. Todos los minerales provienen de la corteza terrestre y deben extraerse.

Como se muestra en la película, para fabricar objetos comunes se usan una variedad de minerales. Mencione algunos de los ejemplos de objetos que se mostraron en la película. ¿Qué minerales se usaron para fabricarlos? Pregunte a los estudiantes cuántos minerales piensan que usan en un día escolar típico.

### Actividad (duración: 1 día escolar + 60 minutos)

El objetivo de esta actividad es aprender sobre el consumo de recursos minerales en nuestras vidas cotidianas.

1. Cada estudiante debe elaborar dos hipótesis antes de realizar esta actividad: cuántos minerales piensan que usan en un día escolar típico y qué minerales piensan que se usan más a menudo en la escuela.
2. Durante un día escolar entero, cada estudiante debe elaborar una lista de todos los objetos que usa. Se deben incluir objetos que se usan en el aula y objetos que se usan durante los recreos y en el almuerzo.
3. Luego deben identificar algunos de los minerales que se usaron para fabricar cada uno de esos objetos.
4. Cada estudiante debe determinar la cantidad de diferentes minerales que usaron en un día escolar y cinco de los minerales usados más comunes.



## Análisis (duración: 45 minutos)

Cree una tabla de resumen en el pizarrón. Pida a los estudiantes que mencionen algunos de los objetos de sus listas para ayudar a completar la columna de objetos que se usan en un día escolar. Pida a la clase que identifique los minerales que se usaron para fabricar cada objeto. Una vez que se haya generado la lista completa, pida a los estudiantes que pasen al pizarrón y que pongan una tilde junto a todos los objetos que usaron en un día escolar. ¿Cuáles fueron los objetos más populares que se usaron en la escuela? ¿Qué minerales se usaron con más frecuencia? ¿Cuántos minerales diferentes usó la clase durante un día escolar? ¿Cómo se comparan los resultados con las hipótesis de los estudiantes? ¿Los estudiantes sobreestimaron o subestimaron sus hábitos de consumo? Extrapole a cuántos minerales diferentes creen que quizás usen en un período de 24 horas (en la escuela y el hogar).

Hable sobre las implicancias de sus hallazgos. ¿Qué tanto dependemos de los minerales que se extraen? ¿Estos recursos son renovables o no renovables? Mientras sigamos usando estos objetos en nuestras vidas cotidianas, dependeremos de la minería. ¿Cómo podremos sostener nuestros hábitos de consumo en el futuro?

Visite [cat.com/groundrules](http://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.



## MINERALES EN MI HOGAR

### Descripción

Los estudiantes jugarán a un juego de coincidencias para aprender sobre los minerales que se usan en objetos comunes en sus hogares.

#### VOCABULARIO:

1. Minerales
2. Propiedades
3. Ciclo de vida
4. Reciclado

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Conjunto de tarjetas de “contenido mineral”
- Cinta adhesiva de papel

### Introducción (duración: 15 minutos)

Vea el Capítulo 3 “Minería y el mundo moderno” de la película *Reglas del terreno*. Hable sobre la importancia de los minerales en nuestras vidas cotidianas. Los minerales tienen propiedades específicas que hacen que sean útiles para los humanos. Todos los minerales provienen de la corteza terrestre y deben extraerse.

Como se muestra en la película, se usa una variedad de minerales para fabricar objetos comunes que se usan en los hogares. Mencione algunos ejemplos de objetos del hogar que aparecen en la película y que no se usarán en la actividad. ¿Por qué se seleccionaron esos minerales? ¿Qué propiedades de esos minerales hicieron que fueran útiles para el propósito de crear ese objeto?

### Actividad (duración: 30 minutos)

El objetivo de esta actividad es determinar el contenido mineral de objetos comunes del hogar.

#### Preparación:

1. Haga una lista de 10 objetos comunes del hogar en el pizarrón.
2. Prepare un juego de tarjetas que contengan los minerales que se usaron para fabricar esos 10 objetos. Debe escribirse un mineral en cada tarjeta.

#### Actividad:

1. Coloque todas las tarjetas de minerales boca abajo sobre un banco cerca del pizarrón.
2. Haga que cada estudiante pase al pizarrón, de a uno por vez, y que elija una tarjeta de la pila y la pegue con cinta adhesiva de papel al lado del artículo del hogar que creen que contiene ese mineral. Recuerde a la clase que se pueden usar varios minerales para un objeto.
3. Repita el paso No. 2 hasta que hayan usado todas las tarjetas de minerales.



4. Avance objeto por objeto y pregunte a la clase si los minerales que se colocaron al lado son los correctos. Invite a los estudiantes a pasar al pizarrón para corregir cualquier error.
5. Continúe con el paso No. 4 hasta que la clase considere que todo es correcto.
6. Revise las respuestas correctas con la clase.

### Análisis (duración: 15 minutos)

Elija uno o dos de los objetos para analizar más detalladamente. Para cada objeto, pregunte a la clase por qué piensan que se usaron esos minerales específicos para fabricar el objeto. ¿Cuáles son las propiedades de esos minerales que los hacen útiles para los artículos del hogar? Hable sobre el ciclo de vida de los minerales que se usan en esos objetos. ¿En dónde se extrajeron esos minerales? Pregunte a la clase si se puede desechar el objeto en un vertedero normal una vez que finaliza su vida útil. ¿Se pueden separar algunos minerales del objeto y reciclarlos?

Visite [cat.com/groundrules](http://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.

## Artículos del hogar y minerales (del Capítulo 3 de Reglas del terreno)

Paneles: yeso, arcilla, perlita, vermiculita, hidrato de aluminio, boratos  
 Pintura: dióxido de titanio, caolín, carbonato de calcio, mica, sílice, wollastonita  
 Vidrio: sílice, cuarzo, plomo, titanio, carbonato de sodio  
 Perilla: níquel  
 Parlantes: aluminio, cobalto, plata, sílice, hierro, titanio, grafito, mica, carbono, estroncio, neodimio  
 Plástico: carbonato de calcio, talco, wollastonita, sulfato de bario, arcilla, mica  
 Llaves: níquel  
 Acero inoxidable: hierro, níquel, molibdeno, cromo  
 Revestimiento antiadherente: fluorita  
 Baldosas de cerámica: arcilla, feldespato, fluorita, litio, sílice, talco  
 Mesada: dióxido de titanio, carbonato de calcio, hidrato de aluminio  
 Cuchillo: cromo  
 Sal de mesa: halita, yodo  
 Azúcar: caliza, cal  
 Dentífrico: carbonato de calcio, caliza, carbonato de sodio, fluorita, mica, cinc  
 Cosméticos: calcita, hematita, caolinita, mica, sílice, talco, titanio, cinc  
 Alfombra: carbonato de calcio, caliza  
 Textiles: antimonio, feldespato, tungsteno  
 Detergente: halita, carbonato de sodio  
 Abridor de latas: hierro, níquel, cromo, molibdeno  
 Bombillas incandescentes: tungsteno  
 Cristales de ventanas: sílice, cal, carbonato de sodio, carbonato de calcio, halita, feldespato  
 Ladrillo: caolín, lutita, bario, manganeso  
 Alhajas: oro, plata, platino, diamantes  
 Latas: aluminio

## Otros

Polvo para bebés: talco  
 Cemento: caliza  
 Material aislante: vermiculita  
 Fósforos: azufre  
 Protector solar: cinc  
 Termómetro: mercurio  
 Utensilios: níquel, hierro, plata



## MINERALES EN LA ESCUELA

### Descripción

Los estudiantes explorarán los objetos dentro del aula, la escuela o el patio y determinarán qué minerales se usaron para fabricarlos, de dónde se extrajeron y cómo las propiedades de estos minerales los hacen útiles.

#### VOCABULARIO:

1. Minerales
2. Propiedades

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Hoja de datos (proporcionada)
- Libros de consulta, hojas con datos informativos o acceso a Internet

### Introducción (duración: 10 minutos)

Vea el Capítulo 3 “Minería y el mundo moderno” de la película *Reglas del terreno*. Hable sobre la importancia de los minerales en nuestras vidas cotidianas. Los minerales tienen propiedades específicas que hacen que sean útiles para los humanos. Todos los minerales provienen de la corteza terrestre y deben extraerse.

Explique que se usaron una variedad de minerales para fabricar elementos comunes en el aula, la escuela o el patio. Seleccione un ejemplo de un objeto del aula que no se usará en la actividad. Pregunte a los estudiantes qué minerales se usaron para fabricar ese objeto. ¿Por qué se seleccionaron esos minerales? ¿Qué propiedades de esos minerales hicieron que fueran útiles para el propósito de crear ese elemento?

### Actividad (duración: 40 minutos)

El objetivo de esta actividad es determinar el contenido mineral de objetos comunes en el aula, la escuela o el patio.

#### Preparación:

1. Cree 10 estaciones dentro del aula, la escuela o el patio que destaquen los diferentes objetos, como un cimiento o una acera, ladrillos, clavos, tablas, pintura, ventanas, perillas, baldosas, tuberías, cableado, inodoros y lavabos, escritorios, sillas, equipos del patio, televisores, computadoras, lápices, pizarrones, etc.

#### Actividad:

1. Divida la clase en grupos de 2 estudiantes.
2. Cada grupo debe seleccionar 10 objetos en el aula o el patio. Registre los 10 objetos en la primera columna de la hoja de datos. Entre paréntesis, también registre las partes de este objeto (por ejemplo, una puerta consta de una perilla, bisagras y la puerta misma).



3. Con la ayuda de los libros de consulta, las hojas de datos informativos o Internet, cada grupo debe identificar los minerales que constituyen cada objeto. Para los objetos que contienen muchos minerales, deben indicar no más de 5. Registre los minerales en la segunda columna de la hoja de datos.
4. Luego, cada grupo debe determinar de dónde se extraen los minerales de cada objeto. Registre hasta 5 países para cada mineral en la tercera columna de la hoja de datos.
5. Por último, para cada objeto, identifique las propiedades de cada mineral que los hacen útiles para el objeto evaluado (p. ej., el cobre es útil para el cableado, ya que conduce la electricidad). Registre las propiedades en la cuarta columna de la hoja de datos.

## Análisis (duración: 10 minutos)

Haga que cada grupo comparta con la clase los hallazgos de 2 de los objetos de su lista. Trate de no duplicar los objetos que ya informaron grupos anteriores.

¿Algún grupo eligió un objeto que contiene más de cinco minerales? Los televisores o las computadoras son dos objetos en un aula que contienen muchos minerales.

¿Algún grupo eligió un objeto que no contiene minerales? Un ejemplo puede ser una mesa o banco de madera. Pero incluso este tipo de objetos quizás tenga clavos o grapas que contienen minerales. Encontrar un objeto que no contenga minerales debe ser algo difícil; debe hacer énfasis en la importancia de los minerales en nuestras vidas cotidianas.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.

## Hoja de datos de minerales en la escuela

Objeto	Minerales	Lugares de extracción	Propiedades
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			



## MINERALES EN EL DENTÍFRICO

### Descripción

Los estudiantes aprenderán sobre los usos de varios minerales en el dentífrico mediante la experimentación.

#### VOCABULARIO:

1. Ácido
2. Placa bacteriana
3. Caries
4. Espato flúor (fluoruro)
5. Mica
6. Carbonato de sodio
7. Cinc

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Tres marcas diferentes de dentífrico que contengan ingredientes diferentes
- Cepillos de dientes (1 por grupo)
- Losas pequeñas de cerámica, de color beige (3 por grupo)
- Recipientes con agua
- Gafas de seguridad
- Marcador negro con punta de fieltro
- Cuadrados pequeños de porcelana blanca (disponibles en la mayoría de las ferreterías)

### Introducción (duración: 20 minutos)

Pregunte a la clase si pueden nombrar un mineral que se utilice en el dentífrico. Haga circular algunos tubos de diferentes marcas de dentífrico y pida a la clase que lea la lista de ingredientes activos. Haga una lista en el pizarrón y vea qué ingredientes son los más comunes en las diferentes marcas.

Vea el Capítulo 3 “Minería y el mundo moderno” de la película *Reglas del terreno*. Pause la película en la escena en la que la madre se está cepillando los dientes. Note que el dentífrico contiene varios minerales, entre ellos el carbonato de calcio, la caliza, el carbonato de sodio, la fluorita, la mica y el cinc.

Hable sobre la cantidad de minerales que se encuentran en el dentífrico y que cada marca de dentífrico contiene una mezcla levemente diferente de minerales. Sin embargo, todos los dentífricos contienen minerales abrasivos para remover la placa. Algunos de los minerales abrasivos más comunes en el dentífrico son el sílice, la caliza y el carbonato de calcio. La mayoría de las marcas de dentífricos también contienen el mineral fluorita, que contiene fluoruro de calcio. Este mineral refuerza los dientes contra la caries.

El carbonato de sodio se usa en algunos dentífricos para blanquear los dientes.

El cinc a veces se usa en dentífricos como un agente antibacterial para prevenir la gingivitis (enfermedad de las encías).

Es posible que los dentífricos también contengan otros minerales e ingredientes para que brillen (mica), para que tengan un color blanco (titanio), para que sean espesos (arena), para blanquear los dientes (carbonato de sodio) y para combatir las bacterias (cinc).



Hable sobre algunos de los minerales comunes presentes en el dentífrico, los tipos de rocas en los que se encuentran y el lugar de donde se extrajeron. Aquí hay información sobre cuatro ingredientes minerales comunes:

1) Fluorita (también denominada espato flúor)

Espato flúor o fluorita son dos de los nombres que se le otorgan a los minerales que contienen fluoruro de calcio ( $\text{CaF}_2$ ). La fluorita refuerza la estructura total de los dientes contra la caries y promueve la remineralización, que ayuda en la eliminación de caries tempranas antes de que se pueda notar el daño. El espato flúor o la fluorita se encuentra en una variedad de ambientes geológicos. Se encuentra en el granito (roca ígnea) y en grandes depósitos de caliza (roca sedimentaria). También se puede encontrar en las grietas u orificios en la arenisca. El espato flúor no se extrae en Estados Unidos. Más de 15 países producen espato flúor. China, México y Sudáfrica son los mayores productores. Hay una mina de espato flúor en Terranova, Canadá. China proporciona aproximadamente dos tercios del espato flúor que se usa en Estados Unidos.

2) Mica

La mica es el mineral que se le agrega al dentífrico para que la sustancia brille. Se encuentran escamas y láminas grandes de minerales mica en algunas rocas metamórficas e ígneas. Las micas comercialmente importantes son la moscovita y la flogopita. India y Rusia son los mayores productores de mica en láminas. Una pequeñísima cantidad de mica se produce en Estados Unidos. La lámina de mica extraída más grande del mundo provino de una mina en Quebec, Canadá. La mica en láminas, fragmentos y escamas son comercialmente importantes. La mica en fragmentos y escamas también se usa principalmente en compuestos para uniones, pintura, techados, aditivos para perforación de pozos y productos de caucho.

3) Arena (sílice)

La arena se agrega al dentífrico para que la pasta sea más espesa. En general, la arena y la grava contienen el mineral cuarzo, con cantidades variables de feldespato, fragmentos de roca y otros materiales minerales. El uso comercial de la arena y la grava se divide en dos categorías: arena y grava para construcción, y arena y grava industriales. La arena y grava industriales, a menudo denominadas "sílice", "arena de sílice" o "arena de cuarzo", contienen arena y grava con un alto contenido de cuarzo. Dicha arena y grava se usan, por ejemplo, para fabricar vidrio. La arena y grava para construcción por lo general contienen un contenido de dióxido de silicio menor al de la arena y grava industriales. Se mezcla con otros materiales, como el cemento para cimientos, carreteras y edificios de concreto, o se usa sin mezclar en bases para carreteras. La arena y grava para construcción se extrae en todos los estados de Estados Unidos, y la arena y grava industriales se extraen en 37 estados. Canadá es una de las naciones líderes en el procesamiento y la producción de arena y grava industriales. Estados Unidos importa una cantidad considerable de arena de Canadá.

4) Carbonato de sodio

Se conoce comúnmente al carbonato de sodio como soda. Se usa como un agente blanqueador en dentífricos, por lo general en combinación con peróxido de hidrógeno. El carbonato de sodio es soluble en agua, pero puede producirse naturalmente en regiones áridas, especialmente en los depósitos minerales que se forman cuando los lagos estacionales se evaporan. El carbonato de sodio se extrae en varias áreas de Estados Unidos y Canadá. El uso más importante del carbonato de sodio es para la fabricación de vidrio. Cuando se calienta a temperaturas muy altas, se combina con arena (dióxido de silicio) y carbonato de calcio, y se enfría muy rápidamente, se obtiene vidrio.

## Actividad (duración: 30 minutos)

El objetivo de esta actividad es determinar qué marcas de dentífrico, y qué minerales, son los más eficaces a la hora de eliminar una mancha de las losas de cerámica y de porcelana.

Preparación:

1. Divida la clase en grupos de 2 o 3.
2. Entregue a cada grupo 3 losas de cerámica, 3 losas de porcelana, un cepillo de dientes y un recipiente con agua.
3. Cada grupo debe crear dos copias de la siguiente tabla: una para las losas de cerámica y otra para las de porcelana.

**Tabla de datos del dentífrico**

Marca del dentífrico	Minerales presentes	Predicción	Observaciones

Actividad:

1. Escriba todos los ingredientes de cada marca de dentífrico en la primera columna y las cantidades de cada uno de los ingredientes (si se indican).
2. Marque cada losa de cerámica con un marcador negro con punta de fieltro.
3. Elabore predicciones sobre qué tan eficaz será cada marca de dentífrico a la hora de eliminar la mancha del marcador.
4. Aplique una cantidad del tamaño de un guisante de un guisante de la primera marca de dentífrico en el cepillo de dientes. Cepille una de las losas en una dirección 50 veces. Asegúrese de que los estudiantes usen la misma cantidad de fuerza para cada cepillada. Registre las observaciones en la cuarta columna. ¿Qué tan bien eliminó la mancha la marca de dentífrico?

5. Con el recipiente con agua, enjuague bien el cepillo.
6. Repita los pasos 4 y 5 con las otras dos marcas de dentífrico.
7. Marque la losa de porcelana con un marcador negro con punta de fieltro.
8. Repita los pasos 3 a 6 con cada losa de porcelana y marca de dentífrico.

---

### Análisis (duración: 10 minutos)

¿Qué marca de dentífrico fue la más eficaz a la hora de limpiar las losas de cerámica?  
¿Cuáles son los ingredientes activos en esa marca de dentífrico? ¿Fueron correctas las hipótesis de los estudiantes?

¿Por qué el experimento incluyó losas de porcelana? Los dientes artificiales están hechos de porcelana. La misma marca de dentífrico, ¿también fue la más eficaz para limpiar las losas de porcelana?

Hable sobre el propósito del flúor en el dentífrico. ¿Cuáles son las desventajas de incluir más flúor en el dentífrico? Hable sobre la condición denominada fluorosis en la que la ingestión de flúor en exceso puede producir la decoloración de los dientes en desarrollo. Esta es la razón por la que el dentífrico nunca debe tragarse y por la que los niveles de flúor en el agua de grifo son generalmente bajos.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.



## ¿QUÉ PARTES DE UNA COMPUTADORA SE EXTRAEN DE UNA MINA?

### Descripción

Los estudiantes explorarán los minerales y metales que se usan para fabricar varios componentes de una computadora. Analizarán las razones por las que estos minerales son útiles para las computadoras y extrapolarán sus descubrimientos a otros dispositivos electrónicos.

### VOCABULARIO:

1. Minerales
2. Propiedades

### MATERIALES:

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

### Introducción (duración: 15 minutos)

Vea el Capítulo 3 “Minería y el mundo moderno” de la película *Reglas del terreno*. Hable sobre la importancia de los minerales en nuestras vidas cotidianas. Los minerales tienen propiedades específicas que hacen que sean útiles para los humanos. Todos los minerales provienen de la corteza terrestre y deben extraerse.

Pídales que mencionen cuántos minerales se usan en una computadora (aparecen en la película). Pregúnteles si pueden nombrar cualquier mineral utilizado en una computadora y por qué piensan que esos minerales fueron útiles para el fin de fabricar una computadora. Hable sobre el hecho de que los minerales tienen propiedades específicas que los hacen útiles para ciertas funciones. Si queremos fabricar algo, debemos elegir con cuidado los minerales específicos que proporcionarán las funciones necesarias.



### Actividad (duración: 45 minutos)

El objetivo de esta actividad es determinar cuáles son los minerales y metales que se usaron para fabricar una computadora y determinar las propiedades de esos elementos que son útiles para las computadoras.

1. Divida la clase en grupos de 3 a 4 estudiantes.
2. Con los libros de consulta o Internet, haga que cada grupo identifique los minerales y metales que se usan para fabricar los siguientes componentes de una computadora:
  - a. Monitor
  - b. Chip
  - c. Circuitos
  - d. Carcasa de la computadora
  - e. Cables eléctricos
3. Identifique las propiedades de cada material que los haga útiles para la función de ese componente en la computadora.

### Análisis (duración: 30 minutos)

Revise las respuestas y haga una lista completa de los minerales y sus propiedades útiles. A partir de esa lista, pida a la clase que elabore una hipótesis sobre los minerales que serían útiles para otro artículo electrónico, como una televisión, un reproductor multimedia portátil, un teléfono celular, etc.

Hable sobre las implicaciones ambientales de desechar equipo de computación obsoleto. ¿Una computadora debe desecharse en un vertedero? ¿Por qué los desechos de computadoras son uno de los problemas de eliminación de desechos más grandes que enfrenta el mundo?

Visite [cat.com/groundrules](http://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.

## Minerales y metales en una computadora

### Monitor:

- silicio, plomo, estroncio, fósforo, boro, indio, bario

### Chip:

- silicio, galio

### Carcasa de la computadora:

- carbonato de calcio, arcillas, mica, talco, azufre

### Circuitos:

- oro, aluminio, litio, cromo, plata, níquel, galio, plomo, cinc, cobre, acero, tungsteno, titanio, cobalto, germanio, estaño, tántalo

### Cables eléctricos:

- cobre

# GROUND RULES



MINERALES Y LA  
VIDA COTIDIANA



MINERALES Y LA VIDA COTIDIANA

EDAD 15 A 18



## CONSUMO DE RECURSOS MINERALES

### Descripción

Los estudiantes elaborarán una lista de todos los objetos que usan en el hogar durante un día y determinarán qué minerales se usaron en esos objetos para aprender qué tan dependientes son de los recursos minerales.

#### VOCABULARIO:

1. Minerales
2. Recurso no renovable
3. Consumo

#### MATERIAL:

- Película *Reglas del terreno*
- Papel y lápices

### Introducción (duración: 15 minutos)

Vea el Capítulo 3 “Minería y el mundo moderno” de la película *Reglas del terreno*. Hable sobre la importancia de los minerales en nuestras vidas cotidianas. Los minerales tienen propiedades específicas que hacen que sean útiles para los humanos. Todos los minerales provienen de la corteza terrestre y deben extraerse.

Como se muestra en la película, para fabricar objetos comunes del hogar se usan una variedad de minerales. Mencione algunos de los ejemplos de objetos del hogar que se mostraron en la película. ¿Qué minerales se usaron para fabricarlos? Pregunte a los estudiantes cuántos minerales piensan que usan en un día.

### Actividad (duración: 1 día + 60 minutos)

El objetivo de esta actividad es aprender sobre el consumo de recursos minerales en nuestras vidas cotidianas.

1. Cada estudiante debe elaborar dos hipótesis antes de realizar esta actividad: cuántos minerales piensan que usan en un día y qué minerales piensan que se usan más a menudo en un día.
2. En un período de 24 horas, cada estudiante debe elaborar una lista de objetos que usa.
3. Luego deben identificar algunos de los minerales que se usaron para fabricar cada uno de esos objetos.
4. Cada estudiante debe determinar la cantidad de diferentes minerales que usaron en un día y cinco de los minerales más comunes que usaron en un día.



## Análisis (duración: 45 minutos)

Cree una tabla de resumen en el pizarrón. Pida a los estudiantes que mencionen algunos de los objetos de sus listas para ayudar a completar la columna de objetos que se usan en un día. Pida a la clase que identifique los minerales que se usaron para fabricar cada objeto. Una vez que se haya generado la lista completa, pida a los estudiantes que pasen al pizarrón y que pongan una tilde junto a todos los objetos que usaron en un día. ¿Cuáles fueron los objetos más populares que se usaron? ¿Qué minerales se usaron con más frecuencia? ¿Cuántos minerales diferentes usó la clase durante el período de 24 horas? Hable sobre cómo se comparan los resultados con las hipótesis de los estudiantes. ¿Los estudiantes sobreestimaron o subestimaron sus hábitos de consumo?

Hable sobre las implicancias de sus hallazgos. ¿Qué tanto dependemos de los minerales que se extraen? ¿Estos recursos son renovables o no renovables? Mientras sigamos usando estos objetos en nuestras vidas cotidianas, dependeremos de la minería. ¿Cómo podremos sostener nuestros hábitos de consumo en el futuro?

Visite [cat.com/groundrules](http://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.



## CICLO DE VIDA DEL CARBÓN

### Descripción

Los estudiantes explorarán los beneficios y los impactos del carbón. Investigarán las nuevas tecnologías para la captura del metano, la gasificación de líquidos y la captura o retención del carbono, diseñadas para reducir los gases de efecto invernadero que produce la combustión del carbón.

#### VOCABULARIO:

1. Plantas de energía de carbón
2. Productos de combustión de carbón
3. Captura de metano
4. Gasificación de líquidos
5. Captura y retención de carbono
6. Energía no renovable
7. Energía renovable

#### MATERIAL:

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

### Introducción (duración: 15 minutos)

Vea el Capítulo 8 “Reclamación” (Recuperación) de la película *Reglas del terreno*. Este capítulo muestra cómo se extrae carbón en un sitio de mina en Estados Unidos y cómo el sitio se recupera después de la extracción.

¿Cuál es el uso principal del carbón? Hable sobre cómo dependemos del carbón como una fuente de energía. Como se menciona en la película, aproximadamente el 40 % de la electricidad del mundo se genera mediante el carbón. ¿Cuáles son algunos beneficios e impactos del consumo de carbón?

Explique que los estudiantes realizarán un proyecto de investigación para aprender más sobre los beneficios y los impactos del carbón en nuestras vidas cotidianas.



## Actividad (duración: 120 minutos)

El objetivo de esta actividad es aprender sobre los beneficios y los impactos del uso de carbón en la vida cotidiana y sobre las tecnologías que se usan actualmente o que se usarán en el futuro para reducir el impacto ambiental de la combustión del carbón.

1. Con los libros de consulta o mediante el acceso a Internet, responda las siguientes preguntas:
  - a. ¿Cuáles son los beneficios del carbón para nuestras vidas cotidianas? Indique varios usos del carbón actuales e históricos. ¿Qué países son los que más dependen del carbón como una fuente de energía en la actualidad?
  - b. Describa el proceso de combustión del carbón que se usa en una planta de energía de carbón típica. ¿Cuáles son los impactos de la combustión del carbón?
  - c. ¿Cuáles son los productos sólidos de combustión que quedan luego de la combustión del carbón? ¿Cuáles de estos productos de combustión pueden reciclarse o reutilizarse? ¿Cuáles de estos productos pueden desecharse en un vertedero?
  - d. ¿Qué sustancias se liberan al aire durante la combustión del carbón? ¿Qué tipos de tecnologías de control de contaminación se usan en plantas de energía de carbón para reducir la contaminación del aire y la lluvia ácida?
  - e. Describa brevemente los procesos de la captura de metano, la gasificación de líquidos y la captura o retención de carbono. ¿Cómo se pueden usar esos procesos para reducir las emisiones de gas invernadero producto de la combustión del carbón?
  - f. ¿En qué medida depende de la combustión del carbón? ¿Cuál es la fuente de energía que se usa para generar la electricidad que usa a diario? ¿En dónde se encuentra la instalación generadora de electricidad? ¿Es una fuente de energía renovable o no renovable?

---

## Análisis (duración: 45 minutos)

Revise las respuestas a las preguntas. Hable sobre algunas de las tecnologías nuevas para reducir los impactos de la combustión del carbón.

### Captura de metano:

El metano se almacena en grandes cantidades en depósitos de carbón. Cuando se extrae el carbón de estos depósitos, el gas de metano se libera a la atmósfera. El gas de metano es un gas invernadero potente (21 veces el potencial de calentamiento global que el dióxido de carbono). El metano puede capturarse y quemarse en un quemador o puede usarse como combustible para generar electricidad en el sitio de la mina. De cualquier forma, cuando el metano se quema, produce dos moléculas de agua y una molécula de dióxido de carbono. Así que aún se producen gases de efecto invernadero, pero en forma de dióxido de carbono, que es menos potente que el metano.

Gasificación de líquidos:

En este proceso, el carbón se convierte en un producto líquido. El carbón sólido se coloca en un gasificador en el que el calor, la presión y el oxígeno rompen los enlaces químicos del carbón y producen un gas que contiene monóxido de carbono e hidrógeno (a menudo denominado "gas de síntesis"). Luego, el gas de síntesis se condensa en un producto líquido que puede usarse para elaborar combustibles líquidos como el diesel y la gasolina. El dióxido de carbono se libera cuando se licúa el carbón y de nuevo cuando se queman los combustibles sintéticos.

Captura y retención de carbono:

En este proceso, las emisiones de dióxido de carbono producto de plantas de energía de carbón se capturan y se transportan mediante tuberías hacia instalaciones de almacenamiento adecuadas. En la retención geológica, el dióxido de carbono se inyecta en algunos tipos de formaciones geológicas subterráneas que esencialmente atraparían al dióxido de carbono y evitarían que este se libere a la superficie. A veces, el dióxido de carbono también se inyecta en yacimientos petrolíferos para mejorar la recuperación de petróleo. También se puede inyectar en depósitos de carbón en los que no se puede realizar la extracción y en los que se adsorbe con fuerza a la superficie del carbón. La retención en océanos también es una posibilidad, pero este método quizás produzca muchos efectos ambientales no deseados. Actualmente, se está estudiando la retención de dióxido de carbono en formaciones minerales. El dióxido de carbono se puede hacer reaccionar con minerales que contienen magnesio y calcio para formar carbonatos, que son estables y presentan pocas probabilidades de volver a liberar el dióxido de carbono. Sin embargo, la formación natural de carbonatos es un proceso lento, así que los investigadores están estudiando formas de aumentar la velocidad del proceso.

Todavía se está llevando a cabo la investigación sobre todas estas tecnologías para encontrar formas de reducir todavía más las emisiones de gases de efecto invernadero producto de la combustión del carbón.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.



## MINERALES EN MI HOGAR

### Descripción

Los estudiantes jugarán a un juego de coincidencias para aprender sobre los minerales que se usan en objetos comunes en sus hogares. Describirán el ciclo de vida de un mineral clave usado para fabricar un objeto común del hogar.

#### VOCABULARIO:

1. Minerales
2. Propiedades
3. Ciclo de vida
4. Reciclado

#### MATERIALES:

- Película *Reglas del terreno*
- Conjunto de tarjetas de “contenido mineral”
- Cinta adhesiva de papel
- Libros de consulta o acceso a Internet

### Introducción (duración: 15 minutos)

Vea el Capítulo 3 “Minería y el mundo moderno” de la película *Reglas del terreno*. Hable sobre la importancia de los minerales en nuestras vidas cotidianas. Los minerales tienen propiedades específicas que hacen que sean útiles para los humanos. Todos los minerales provienen de la corteza terrestre y deben extraerse.

Como se muestra en la película, se usa una variedad de minerales para fabricar objetos comunes que se usan en los hogares. Mencione algunos ejemplos de objetos del hogar que aparecen en la película y que no se usarán en la actividad. ¿Por qué se seleccionaron esos minerales? ¿Qué propiedades de esos minerales hicieron que fueran útiles para el propósito de crear ese objeto?

### Actividad I (duración: 60 minutos)

El objetivo de esta actividad es determinar el contenido mineral de objetos comunes del hogar.

#### Preparación:

1. Haga una lista de 10 objetos comunes del hogar en el pizarrón.
2. Prepare un juego de tarjetas que contengan los minerales que se usaron para fabricar esos 10 objetos. Debe escribirse un mineral en cada tarjeta.



Actividad:

1. Coloque todas las tarjetas de minerales boca abajo sobre un banco cerca del pizarrón.
2. Haga que cada estudiante pase al pizarrón, de a uno por vez, y que elija una tarjeta de la pila y la pegue con cinta adhesiva de papel al lado del artículo del hogar que creen que contiene ese mineral. Recuerde a la clase que se pueden usar varios minerales para un objeto.
3. Repita el paso No. 2 hasta que hayan usado todas las tarjetas de minerales.
4. Avance objeto por objeto y pregunte a la clase si los minerales que se colocaron al lado son los correctos. Invite a los estudiantes a pasar al pizarrón para corregir cualquier error.
5. Continúe con el paso No. 4 hasta que la clase considere que todo es correcto.
6. Revise las respuestas correctas con la clase.

## Actividad II (duración: 60 minutos + tiempo de escritura y presentación)

El objetivo de esta actividad es describir el ciclo de vida de minerales clave que se usan para fabricar un objeto del hogar. Los estudiantes determinarán cómo y dónde se extraen los minerales, cómo se procesan y cómo se pueden reciclar o desechar después del uso.

1. Divida la clase en grupos de 2.
2. Con la lista generada en la actividad I, pida a cada grupo que seleccione un objeto del hogar para realizar una investigación más detallada.
3. Con los libros de consulta o mediante Internet, haga que los estudiantes realicen una investigación sobre los minerales que se usaron para fabricar ese objeto. Deben identificar cómo y dónde se extraen esos minerales, cómo se procesan y cómo se pueden reciclar o desechar después del uso.
4. Cada grupo debe escribir un informe breve sobre sus descubrimientos y presentarlo ante la clase.

## Análisis (duración: 15 minutos)

Actividad I:

Elija uno o dos de los objetos para analizar más detalladamente. Para cada objeto, pregunte a la clase por qué piensan que se usaron esos minerales específicos para fabricar el objeto. ¿Cuáles son las propiedades de esos minerales que los hacen útiles para los artículos del hogar? Hable sobre el ciclo de vida de los minerales que se usan en esos objetos. ¿En dónde se extrajeron esos minerales? Pregunte a la clase si se puede desechar el objeto en un vertedero normal una vez que finaliza su vida útil. ¿Se pueden separar algunos minerales del objeto y reciclarlos?

Actividad II:

Haga que cada grupo presente sus hallazgos ante la clase. Hable sobre el ciclo de vida de los minerales, desde la extracción hasta el reciclado o la eliminación. Los recursos que se extraen, ¿son renovables o no renovables? ¿Es posible conservar los recursos minerales?

Visite [cat.com/groundrules](http://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.

## Artículos del hogar y minerales (del Capítulo 3 de Reglas del terreno)

Paneles: yeso, arcilla, perlita, vermiculita, hidrato de aluminio, boratos  
 Pintura: dióxido de titanio, caolín, carbonato de calcio, mica, sílice, wollastonita  
 Vidrio: sílice, cuarzo, plomo, titanio, carbonato de sodio  
 Perilla: níquel  
 Parlantes: aluminio, cobalto, plata, sílice, hierro, titanio, grafito, mica, carbono, estroncio, neodimio  
 Plástico: carbonato de calcio, talco, wollastonita, sulfato de bario, arcilla, mica  
 Llaves: níquel  
 Acero inoxidable: hierro, níquel, molibdeno, cromo  
 Revestimiento antiadherente: fluorita  
 Baldosas de cerámica: arcilla, feldespato, fluorita, litio, sílice, talco  
 Mesada: dióxido de titanio, carbonato de calcio, hidrato de aluminio  
 Cuchillo: cromo  
 Sal de mesa: halita, yodo  
 Azúcar: caliza, cal  
 Dentífrico: carbonato de calcio, caliza, carbonato de sodio, fluorita, mica, cinc  
 Cosméticos: calcita, hematita, caolinita, mica, sílice, talco, titanio, cinc  
 Alfombra: carbonato de calcio, caliza  
 Textiles: antimonio, feldespato, tungsteno  
 Detergente: halita, carbonato de sodio  
 Abridor de latas: hierro, níquel, cromo, molibdeno  
 Bombillas incandescentes: tungsteno  
 Cristales de ventanas: sílice, cal, carbonato de sodio, carbonato de calcio, halita, feldespato  
 Ladrillo: caolín, lutita, bario, manganeso  
 Alhajas: oro, plata, platino, diamantes  
 Latas: aluminio

## Otros

Polvo para bebés: talco  
 Cemento: caliza  
 Material aislante: vermiculita  
 Fósforos: azufre  
 Protector solar: cinc  
 Termómetro: mercurio  
 Utensilios: níquel, hierro, plata



## DISEÑO MINERAL

### Descripción

Los estudiantes usarán la información que aprendieron sobre las propiedades de algunos minerales comunes para diseñar un “invento” nuevo. Seleccionarán los minerales que se usarán en el diseño según la estructura y funciones deseadas del invento.

#### VOCABULARIO:

1. Propiedades de los minerales
2. Estructura
3. Función

#### MATERIAL:

- Película *Reglas del terreno*
- Libros de consulta o acceso a Internet (información sobre propiedades de los minerales)
- Optativo: lista de posibles “inventos”

### Introducción (duración: 15 minutos)

Vea el Capítulo 3 “Minería y el mundo moderno” de la película *Reglas del terreno*. Hable sobre la importancia de los minerales en nuestras vidas cotidianas. Los minerales tienen propiedades específicas que hacen que sean útiles para los humanos. Todos los minerales provienen de la corteza terrestre y deben extraerse.

Como se muestra en la película, se usa una variedad de minerales para fabricar objetos comunes que se usan en los hogares. Mencione algunos ejemplos de objetos del hogar que aparecen en la película. ¿Por qué se seleccionaron esos minerales? ¿Qué propiedades de esos minerales hicieron que fueran útiles para el propósito de crear ese objeto?

### Actividad (duración: 90 minutos)

El objetivo de esta actividad es usar la información que obtuvieron sobre las propiedades de los minerales para diseñar un invento nuevo.

1. Prepare una lista de “inventos” que los estudiantes podrían elegir para diseñar o permita que los estudiantes elijan su propio “invento”.
2. Divida la clase en grupos de 2 o 3 estudiantes.
3. Cada grupo debe empezar con un bosquejo del diseño de su invento y una descripción de la estructura física y las funciones principales del invento.
4. Deben determinar qué minerales necesitarán incorporar al invento para realizar las funciones requeridas y qué minerales necesitarán para la estructura física de su invento.
5. Cada grupo debe elaborar una presentación para la clase. Describirán el invento, los minerales que se usarían para crear el invento y la razón por la que seleccionaron estos minerales.



## Análisis (duración: 45 minutos)

Haga que cada grupo presente el diseño del “invento” ante la clase. ¿Cómo se podrían mejorar estos diseños? ¿Alguno de los grupos olvidó un mineral importante que habría sido esencial para la estructura o función del invento? ¿Qué minerales fueron los más usados comúnmente entre los grupos?

Visite [cat.com/groundrules](http://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.



## ¿QUÉ PARTES DE UNA COMPUTADORA SE EXTRAEN DE UNA MINA?

### Descripción

Los estudiantes explorarán las rocas, los minerales y los metales que se usan para fabricar varios componentes de una computadora. Explorarán las razones por las que estos minerales son útiles para las computadoras e investigarán el ciclo de vida completo de algunos minerales.

### VOCABULARIO:

1. Minerales
2. Propiedades
3. Ciclo de vida
4. Reciclado

### MATERIALES:

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

### Introducción (duración: 15 minutos)

Vea el Capítulo 3 “Minería y el mundo moderno” de la película *Reglas del terreno*. Hable sobre la importancia de los minerales en nuestras vidas cotidianas. Los minerales tienen propiedades específicas que hacen que sean útiles para los humanos. Todos los minerales provienen de la corteza terrestre y deben extraerse.

Pídales que mencionen cuántos minerales se usan en una computadora (aparecen en la película). Pregúnteles si pueden nombrar cualquier mineral utilizado en una computadora y por qué piensan que esos minerales fueron útiles para el fin de fabricar una computadora. Hable sobre el hecho de que los minerales tienen propiedades específicas que los hacen útiles para ciertas funciones. Si queremos fabricar algo, debemos elegir con cuidado los minerales específicos que proporcionarán las funciones necesarias.

### Actividad I (duración: 45 minutos)

El objetivo de esta actividad es determinar cuáles son los minerales y metales que se usaron para fabricar una computadora y determinar las propiedades de esos elementos que son útiles para las computadoras.

1. Divida la clase en grupos de 3 a 4 estudiantes.



2. Con los libros de consulta o Internet, haga que cada grupo identifique los minerales y metales que se usan para fabricar los siguientes componentes de una computadora:
    - a. Monitor
    - b. Chip
    - c. Circuitos
    - d. Carcasa de la computadora
    - e. Cables eléctricos
  3. Identifique las propiedades de cada material que los haga útiles para la función de ese componente en la computadora.
- 

## Actividad II (duración: 60 minutos + tiempo de escritura y presentación)

El objetivo de esta actividad es describir el ciclo de vida de un mineral que se usa en una computadora. Los estudiantes determinarán cómo y dónde se extrae el mineral, cómo se procesa, cómo se integra al componente requerido en una computadora y cómo puede reciclarse después del uso.

1. Con la lista generada en la actividad I, pida a cada grupo que seleccione un mineral para realizar una investigación más detallada.
  2. Con los libros de consulta o mediante Internet, haga que los estudiantes realicen una investigación para identificar cómo y dónde se extrae el mineral, cómo se procesa, cómo se convierte en un componente requerido en una computadora y cómo puede reciclarse después del uso.
  3. Cada grupo debe escribir un informe breve sobre sus descubrimientos y presentarlo ante la clase.
- 

## Análisis (duración: 60 minutos)

### Actividad I:

Revise las respuestas y haga una lista completa de los minerales y sus propiedades útiles. A partir de esa lista, pida a la clase que elabore una hipótesis sobre los minerales que serían útiles para otro artículo electrónico, como una televisión, un reproductor multimedia portátil, un teléfono celular, etc.

Actividad II:

Haga que cada grupo presente sus hallazgos frente a la clase. Hable sobre las implicaciones ambientales de desechar equipo de computación obsoleto. ¿El equipo de computación se debe desechar en un vertedero? ¿Por qué los desechos de computadoras son uno de los problemas de eliminación de desechos más grandes que enfrenta el mundo? Hable sobre las actividades necesarias para desarmar y reciclar todos los distintos componentes de una computadora. Se necesita mucha mano de obra y también puede ser un riesgo para la salud si durante el proceso no se usa equipo de seguridad y de salud adecuado. Hable sobre las implicaciones mundiales de los desperdicios de computadoras. Una gran cantidad de desperdicios de computadoras de Norteamérica se envía a China para el desarmado y el reciclado.

Visite [cat.com/groundrules](http://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.

## Minerales y metales en una computadora

### Monitor:

- silicio, plomo, estroncio, fósforo, boro, indio, bario

### Chip:

- silicio, galio

### Carcasa de la computadora:

- carbonato de calcio, arcillas, mica, talco, azufre

### Circuitos:

- oro, aluminio, litio, cromo, plata, níquel, galio, plomo, cinc, cobre, acero, tungsteno, titanio, cobalto, germanio, estaño, tántalo

### Cables eléctricos:

- cobre



(c) 2009 Caterpillar. Todos los derechos reservados. CAT, CATERPILLAR, sus respectivos logotipos, el color "Caterpillar Yellow" y la imagen comercial "Power Edge", así como la identidad corporativa y de los productos utilizados aquí, son marcas registradas de Caterpillar y no pueden utilizarse sin autorización.

