

60 ⌚ min

#EXPLICA TU PROCESO

Los estudiantes utilizan sus habilidades comunicativas para explicar una etapa del proceso productivo del cobre.



OBJETIVO

Aprender sobre el proceso productivo del cobre y desarrollar habilidades comunicacionales.

DIMENSIONES DE APRENDIZAJE

Conocimientos

- Conocer los aspectos centrales de cada una de las etapas del proceso productivo del cobre.
- Enseñar de manera lúdica a sus compañeros y compañeras sobre una fase del proceso.

Habilidades

- Comunicación efectiva.
- Trabajo en equipo.
- Confianza en sí mismo.
- Creatividad.

Actitudes

- Escucha atentamente lo expuesto por sus compañeros y compañeras y reflexiona ante la información recibida.
- Da críticas constructivas a sus pares para complementar su presentación.

MATERIALES



1 plumón por equipo



Papel de diario por equipo



1 tijera por equipo



1 cartulina por equipo



1 cinta adhesiva por equipo

#EXPLICATUPROCESO

56 ⌚ min

ENTRADA SIMPÁTICA SUGERIDA

¿Ustedes utilizan las redes sociales? Yo les confieso que no soy muy asiduo (a) a ellas, porque cada vez que hago una publicación consigo como 2 “Me gusta”. Uno de mi mamá y otro que me pongo a mí mismo (a). Quizás ustedes puedan ayudarme. ¿Qué estrategias usan para obtener más likes?

META

Lograr que los compañeros y compañeras comprendan la etapa del sistema productivo presentada.

MODALIDAD

9 equipos

INSTRUCCIONES

1. CONSTRUIR

[7 min] Con los materiales proporcionados, los estudiantes crean una figura de “me gusta” (dedo para arriba).

2. REPARTIR

El docente divide al curso en equipos y designa una etapa del proceso productivo a cada uno. Luego, les entrega el ANEXO “FICHAS DEL PROCESO PRODUCTIVO DEL COBRE”.

3. PUBLICACIÓN FACEBOOK

[15 min] Con la información entregada, y utilizando los materiales disponibles, los grupos crean una imagen que ejemplifique la etapa del proceso que les fue designada (puede ser un meme) y un texto simple que explique de forma sencilla y entretenida dicha fase. Debe incluir 3 hashtags (#) alusivos a la minería del cobre.

4. PRESENTACIÓN

[3 min] Por turnos de tres minutos, los equipos presentan su publicación y explican brevemente en qué consiste la etapa del proceso productivo que les tocó. El docente incentiva la creatividad y originalidad de las presentaciones.

5. ¡ME GUSTA!

Al finalizar cada presentación, el curso valora el trabajo de sus compañeros levantando el “me gusta” creado. El docente registra el número de likes obtenidos por cada equipo.

6. COMPRENSIÓN

Luego, el profesor o profesora pregunta a cada uno cuál fue la etapa del sistema productivo que les quedó más clara. El equipo que logró una mejor comprensión por parte de sus compañeros es el ganador.

Pasar a la reflexión

PREGUNTAS SUGERIDAS

- ¿Las presentaciones de sus compañeros les sirvieron para comprender mejor las distintas etapas del proceso?
- ¿Por qué es importante utilizar la creatividad y el humor cuando nos comunicamos?

ENSEÑANZA

Nuestro cerebro es muy selectivo al momento de guardar información y tiende a recordar solo aquello que le genera una emoción. Por ello, utilizar herramientas creativas y que apelen al humor puede ser una buena estrategia para que logremos la atención y comprensión del otro. Sin embargo, lo primero para que el receptor entienda nuestro mensaje es saber muy bien de lo que estamos hablando y contemos con la mayor información posible. Recuerden visitar www.codelcoeduca.cl para conocer más sobre la minería del cobre.



ANEXO FICHAS DEL PROCESO PRODUCTIVO

ACTIVIDAD #EXPLICATUPROCESO

1. ETAPA: EXPLORACIÓN

“En busca del metal rojo”

Como pueden imaginar, el cobre no aparece en forma de barritas y como por arte de magia en cualquier lugar (¡ojalá fuera así!). Al contrario, para poder encontrarlo hay que ir en su búsqueda y eso es toda una larga historia.

La primera etapa del proceso de producción del cobre se inicia con la entretenida y emocionante tarea de la Exploración Geológica. En esta fase se pueden verificar los tipos de rocas presentes en el subsuelo y saber a ciencia cierta si existen minerales o no.

El cobre se encuentra diseminado en ciertos sectores de la corteza terrestre y su ubicación está determinada por los distintos procesos geológicos que han ocurrido en la historia del planeta.

El origen de este mineral está ligado a la introducción de magma a gran temperatura y con gran presión en la corteza terrestre.

De acuerdo a las características de los procesos geológicos, el cobre está presente en la corteza terrestre en forma de minerales sulfurados y óxidos, cuyas características determinan su posterior forma de procesamiento.

- **Sulfuros**

Están presentes en la zona donde ocurrió el encuentro del magma con la corteza y contienen minerales formados por combinaciones de cobre, azufre y hierro, las que les otorgan un aspecto metálico a las rocas.

- **Óxidos**

Están en la superficie del yacimiento o cerca de ella y contienen óxidos de cobre los que, comúnmente, tienen un color verde o azul. Los minerales oxidados se han formado por acción del oxígeno y otros agentes. Al ser más accesibles, fueron los primeros minerales en ser explotados.

Las etapas de exploración

El proceso de buscar el tan anhelado metal rojo, se divide formalmente en tres etapas. La exploración básica, intermedia y avanzada. Solo una vez que se hayan realizado estas fases se puede decidir si es factible explotar un yacimiento.

1. Exploración básica

Revisar una extensa zona geográfica para reconocer si es que existen indicios de posibles yacimientos minerales. Con la ayuda de mapas geológicos, imágenes satelitales y otras herramientas, geólogos(as) estudian las secciones con mayor potencial para continuar con la exploración. Cuando finalmente se identifica un área específica, un equipo se dirige a terreno para registrar la ubicación y características de las rocas (color, textura, estructura) y recoger muestras para determinar si existen rastros minerales.



ANEXO FICHAS DEL PROCESO PRODUCTIVO

ACTIVIDAD #EXPLICATUPROCESO

2. Exploración intermedia

Se realizan pruebas físicas y biológicas a las muestras escogidas, para ver si arrojan resultados positivos respecto a su mineralización y a su "ley" (concentración de mineral). Si durante el paso anterior se obtienen resultados positivos, se procede a delimitar la zona donde existen rastros del mineral y se crea un plan de sondaje a implementar en la siguiente etapa.

En esta parte del proceso ya podemos pensar en la posible presencia de un yacimiento (¡ya estamos cada vez más cerca de producir cobre!).

3. Exploración avanzada

En el área ya delimitada se procede con los sondajes, que son perforaciones de poco diámetro y gran longitud, que atraviesan la tierra en las zonas con presencia de óxidos y sulfuros.

Gracias a las tareas de sondaje se pueden reconocer las características y extensión final del yacimiento, así como el tipo de "ley" del cobre ahí presente.

Si todos los análisis arrojan la existencia de un gran yacimiento de cobre, sólo resta validar los estudios económicos y técnicos para decidir si se construye una mina.

¿Qué se consigue en la etapa de Exploración?

En esta primera etapa del proceso productivo, se pueden reconocer las características del yacimiento, el tipo de mineral y la ley que posee el cobre. Toda esta información es fundamental para el diseño de una futura explotación, ya que permite estimar el comportamiento del medio en el que se va a trabajar, así como el posible rendimiento económico del mineral.

La información es analizada por los ingenieros(as) de minas, quienes determinan el sistema de explotación, realizan un diseño preliminar de la mina y sus instalaciones y calculan las expectativas económicas y la vida útil de la futura operación. Es decir, ¡visualizan todo el panorama!

¿Cuándo un yacimiento califica para convertirse en una mina de cobre?

La decisión de llevar adelante el proyecto de explotación depende de las características del yacimiento, el diseño de la operación y las proyecciones a futuro del mercado internacional del cobre (demanda y precio). Si se demuestra que se trata de un negocio con una atractiva rentabilidad, se optará por su construcción. ¡Manos a la obra!



ANEXO FICHAS DEL PROCESO PRODUCTIVO

ACTIVIDAD #EXPLICATUPROCESO

2. ETAPA: EXTRACCIÓN

“Sacando la materia prima”

Tal como su nombre lo indica, este es el procedimiento mediante el cual se extrae el cobre de la Tierra. El objetivo principal es, por tanto, sacar el mineral del macizo rocoso para llevarlo de forma segura a la planta donde será separado de otros minerales y se obtendrá el cobre más puro. El mismo que después se vende en el mercado internacional.

- **Perforación**

Consiste en hacer hendiduras en la tierra en las que más adelante se pondrán explosivos.

- **Tronaduras**

Los explosivos puestos en los hoyos son detonados a control remoto para fragmentar el macizo rocoso.

- **Carguío**

Mediante equipos de gran tonelaje se cargan los camiones que llevarán el material recolectado a las plantas de procesamiento del cobre.

- **Transporte**

Los camiones, trenes o correas transportadoras (según la mina) llevan las rocas a su lugar de destino para continuar con el proceso productivo.

Existen dos formas diferentes para la extracción de este mineral: SUBTERRÁNEA y A RAJO ABIERTO.

EXTRACCIÓN SUBTERRÁNEA: El cobre profundo

La extracción subterránea se realiza cuando el yacimiento de cobre tiene una cubierta estéril muy espesa, como sería, por ejemplo, al interior de un cerro. En estos casos, se hace muy poco rentable quitar todas las capas de tierra antes de llegar a la roca mineralizada. Es necesario, por tanto, hacer labores subterráneas como túneles, galerías, rampas, etc. para así acceder al mineral y llegar a lo más profundo.

Debajo de la tierra se construye toda una obra ingenieril de gran envergadura que contiene las diferentes zonas necesarias para la extracción, como las áreas de producción, servicios, ventilación, transporte, etc. Sí, actualmente hombres y mujeres trabajan y se movilizan en las profundidades terrestres para que todos los chilenos obtengamos nuestro tesoro nacional.

¿Pero cómo lo hacen?

El proceso de extracción en las minas subterráneas se basa en el derrumbe mediante explosivos de grandes porciones rocosas, cuyos fragmentos, por efecto de la gravedad, caen en embudos contruidos especialmente para la recolección del material.

Te preguntarás cómo lo hacen para hacer explotar la tierra sin que haya daños materiales y humanos al interior de la mina. Bueno, para tu tranquilidad, las paredes de los túneles y galerías son reforzadas con mayas de acero para fortificar la construcción. Esto se suma a estrictas medidas de seguridad que resguardan la integridad física de todos los trabajadores.



ANEXO FICHAS DEL PROCESO PRODUCTIVO

ACTIVIDAD #EXPLICATUPROCESO

EXTRACCIÓN A RAJO ABIERTO: El cobre de superficie

A diferencia de la extracción subterránea, la extracción a rajo abierto se realiza cuando la zona en la que se encuentra el yacimiento sí presenta las condiciones necesarias para extraer el mineral desde la superficie. En estos casos, sí es rentable quitar la capa estéril que cubre el macizo rocoso mineralizado, pues su espesor es de menor magnitud.

Como no se requiere construir túneles y galerías bajo tierra, el espacio en las minas a rajo abierto no es restringido, al contrario, el trabajo se desarrolla en amplias superficies “a cielo abierto”, por lo que no es extraño encontrar camiones y máquinas gigantes.

También impresionan las vías de circulación por las que transitan los vehículos de transporte de material y en las que se realiza el carguío, ya que su ancho debe permitir el paso de al menos dos vehículos de grandes dimensiones y abarcar el tamaño de las gigantes máquinas y palas de carga.

Extracción es la etapa que antecede a todo el procesamiento del material que culminará con la obtención de cátodos de cobre de alta pureza. ¡La gran meta!



ANEXO FICHAS DEL PROCESO PRODUCTIVO

ACTIVIDAD #EXPLICATUPROCESO

3. ETAPA: CHANCADO

“Reduciendo la roca”

En la etapa previa a esta se extraen rocas desde la tierra mediante maquinaria de proporciones gigantescas, para luego llevarlas a la planta donde serán procesadas. Sin embargo, como te imaginarás, este material extraído no tiene un tamaño regular, al contrario, puede contener fragmentos de menos de 1 milímetro y otros de más de 1 metro de diámetro, por lo que se requiere un proceso que reduzca e iguale el tamaño de las rocas. Este procedimiento es el que se conoce como Chancado.

El principal objetivo del Chancado es disminuir el tamaño de los fragmentos de roca mineralizada a un diámetro de 1/2 pulgada, que equivale a 1,27 centímetros más o menos. Este procedimiento es necesario para que el material pueda ser tratado en las siguientes etapas del proceso productivo.

Para lograrlo, los famosos “chancadores”, que son equipos eléctricos de grandes dimensiones, van literalmente “demoliendo” las rocas hasta lograr el tamaño deseado. Pero claro, no es llegar, aplastar y alcanzar la medida precisa. Para conseguir la 1/2 pulgada, el material extraído pasa por tres niveles de chancado:

- **Etapa primaria**
El chancador reduce el diámetro máximo de los fragmentos a 8 pulgadas.
- **Etapa secundaria**
El fragmento se reduce a 3 pulgadas.
- **Etapa terciaria**
Las rocas llegan por fin a su tan anhelada 1/2 pulgada.

EXTRACCIÓN SUBTERRÁNEA: El cobre profundo

Sí, en esta etapa, al igual que en la fase de Extracción, también hay máquinas enormes capaces de llamar la atención de cualquiera. Las máquinas chancadoras varían su tamaño dependiendo del nivel de chancado, de esta forma los equipos más grandes son los que se utilizan en la etapa primaria y miden aproximadamente 22 metros de alto por 16 de ancho. ¿Qué tal?

Te preguntará cómo operan estos monstruos eléctricos

Los chancadores reciben el material por su parte superior, trituran las rocas mediante movimientos vibratorios y las expulsan por abajo. Todo el material, tanto el que llega como el que sale del chancado, es trasladado a través de correas transportadoras, por lo que el proceso es bastante automatizado y no requiere de un esfuerzo físico sobrehumano.

Aunque no lo creas, estas máquinas enormes no son operadas por gigantes, sino por personas comunes y corrientes, como tú.



ANEXO FICHAS DEL PROCESO PRODUCTIVO

ACTIVIDAD #EXPLICATUPROCESO

4. ETAPA: MOLIENDA "Todo a la juguera"

Al diferencia de los óxidos, en el caso del cobre sulfurado (como la mina El Teniente por ejemplo) se necesita reducir aún más el tamaño de los fragmentos de roca. Este paso es el que se conoce como Molienda, y tal como su nombre lo indica, muele el material para que sea más fácil separar el cobre de otras sustancias y así acercarse a un mineral de mayor pureza.

¿Recuerdas que a diferencia del cobre oxidado, que se encuentran en la superficie de la tierra, los sulfuros están a mayor profundidad? Bueno, debido a esta y otras características es que el proceso también es distinto.

En la Molienda los fragmentos son triturados al máximo llegando a una granulometría de 0,18 milímetros. Bastante pequeños, ¿no crees?

Esta labor se realiza para encontrar las partículas de cobre y separarlas lo más posible de otras sustancias. Luego serán llevadas a las siguientes etapas en las que se trabajará para alcanzar la máxima pureza del mineral.

¿Cómo se hace la Molienda?

Imagínate una gran juguera. El procedimiento de molienda es bastante parecido a lo que hacemos normalmente en nuestras cocinas. Las máquinas utilizadas son grandes equipos cilíndricos, también conocidos como molinos, que trituran el material mediante movimientos giratorios.

Al igual que cuando te haces un jugo de frutas en la licuadora, en la Molienda se le agrega agua a los fragmentos de rocas en cantidades suficientes para formar un fluido lechoso, y se le añaden reactivos para facilitar el siguiente paso en el proceso productivo: la Flotación.

Más de un tipo de Molienda

Si bien este es el procedimiento general de la Molienda, existen diferentes modos de llevarlo a cabo, según el tipo de tecnología que se utilice en cada planta minera.

- **Molienda de Barras**

Este equipo tiene barras de acero de 3,5 pulgadas de diámetro en su interior que son las encargadas de moler el material proveniente del chancado terciario, que llega continuamente a través de las correas transportadoras. Estas barras caen y se mueven libremente dentro del equipo, moliendo así los fragmentos de roca. El mineral molido es llevado luego a una segunda etapa de molienda: la Molienda de Bolas.

- **Molienda de Bolas**

Este molino de grandes dimensiones está lleno de bolas en su interior. Sí, bolas de acero de 3,5 pulgadas y 3 kilos de peso aproximadamente. El movimiento y choque de estas bolas va moliendo aún más el material durante aproximadamente 20 minutos, logrando que las partículas alcancen el tamaño buscado: 0,18 milímetros. Varias de las plantas modernas solo poseen este tipo de



ANEXO FICHAS DEL PROCESO PRODUCTIVO

ACTIVIDAD #EXPLICATUPROCESO

- **Molienda de SAG**

Este es un nivel más moderno y eficiente de Molienda. Se recibe el mineral directamente desde el chancado primario (no del terciario como en la Molienda convencional) y se mezcla con agua y cal. El material se reduce gracias a la acción de las mismas partículas que poseen diversos tamaños y por el movimiento de numerosas bolas de acero que se desplazan en caída libre cuando el molino gira. Así se logra un efecto conjunto de chancado y molienda más efectivo y con mejor consumo de energía. ¿Qué mejor?



ANEXO FICHAS DEL PROCESO PRODUCTIVO

ACTIVIDAD #EXPLICATUPROCESO

5. ETAPA: FLOTACIÓN

“Burbujas de cobre”

Seguimos con la tarea de separar el cobre sulfurado de otras sustancias para poder llegar a su máxima pureza. Esta vez, el material obtenido de la Molienda es sumergido en enormes piscinas (llamadas celdas de flotación) en las que, gracias a la acción de reactivos, el cobre emerge a la superficie dentro de burbujas.

Así nos pasamos de la “juguera”, en la etapa de Molienda, a las “piscinas” en el proceso de Flotación. Desde el fondo de estas grandes piletas llamadas celdas de flotación, se bombea aire para generar burbujas. Debido a la acción de los reactivos que fueron añadidos en la Molienda, el cobre y el molibdeno, los minerales que nos interesa rescatar, ingresan a estas burbujas y suben a la superficie de la solución.

El Molibdeno

El molibdeno es un elemento metálico que no se encuentra en estado puro en la naturaleza, por lo que se extrae de otros materiales, como por ejemplo, los minerales sulfurados. Se usa, principalmente, en la fabricación de acero gracias a su gran resistencia a la temperatura y corrosión.

¿Cómo se realiza la Flotación?

En la etapa previa (Molienda) se le añaden distintos reactivos al material para lograr que el cobre flote.
¿Cuáles son?

- **Reactivos colectores**

Tienen la función de hacer que las partículas de cobre y molibdeno hagan todo lo posible por rechazar el agua. Su objetivo es generar una conducta “hidrófoba” (fobia al agua) en el mineral para que este se separe del agua e ingrese a las burbujas de aire.

- **Reactivos depresores**

Su función es generar el efecto inverso que los reactivos colectores, pero en otro tipo de minerales presentes en las “piscinas”. Es decir, que el material que no interesa recolectar, prefiera el agua antes que el aire. Por ejemplo, la pirita es un sulfuro que no tiene cobre, ¡se va al agua!

- **Reactivos espumantes**

Su gran tarea es generar burbujas resistentes. Claro, el cobre y el molibdeno necesitan un lugar firme en el cual resguardarse del agua.

- **Otros aditivos**

El resto de componentes añadidos cumplen la sencilla tarea de estabilizar la acidez del material en un valor de pH determinado, para que el proceso de flotación pueda llevarse a cabo sin problemas. Un ejemplo de estos aditivos es la cal.

Los reactivos cumplen una importante labor, ya que gracias a ellos el cobre se adhiere a las burbujas y se separa de otras sustancias.



ANEXO FICHAS DEL PROCESO PRODUCTIVO

ACTIVIDAD #EXPLICATUPROCESO

¿Qué se obtiene con este proceso?

Las burbujas que llevan el mineral deseado emergen a la superficie. Una vez ahí, rebasan las celdas de flotación (piscinas) por los costados y caen hacia canaletas que las conducen a estanques especiales, desde donde esta pulpa resultante será enviada a la siguiente etapa.

Este proceso se lleva a cabo en reiterados ciclos, por lo que cada vez se logra un producto más concentrado. Es en una de estas fases en la que se recolecta el molibdeno, cuya ley o pureza, luego de la Flotación, alcanza un 49%.

Por su parte, el cobre resultante de esta etapa, logra una pureza máxima de un 31%. Bastante bien, si pensamos que en la roca original tenía solo cerca de un 1% de ley. ¡Vamos a paso firme!

El concentrado final obtenido de la Flotación se seca mediante filtros para luego ser llevado a la siguiente etapa del proceso productivo del cobre: la Fundición.



ANEXO FICHAS DEL PROCESO PRODUCTIVO

ACTIVIDAD #EXPLICATUPROCESO

6. ETAPA: FUNDIACIÓN

"Recién salido del horno"

En esta etapa, el concentrado obtenido es expuesto a altísimas temperaturas para ser fundido y así separar el cobre de otros minerales e impurezas. Quedan atrás los baños de burbujas en las celdas de flotación y entran a escena los hornos y el fuego para conseguir un cobre de mayor pureza.

¿Cómo es el proceso de Fundición?

RECEPCIÓN Y MUESTREO- FUSIÓN - CONVERSIÓN - PIROREFINACIÓN

1. Recepción y muestreo

El concentrado de cobre que proviene de la Flotación se almacena en áreas especiales, desde donde se extrae una muestra del material y se lleva a análisis de laboratorio.

¿Por qué hay que analizar el concentrado?

Porque además de cobre, contiene varios otros minerales. El objetivo de esta primera fase es, por tanto, determinar la cantidad de cobre, hierro, azufre y sílice, además del porcentaje de humedad que presenta el material. Esta información es fundamental para iniciar el segundo paso de esta etapa.

De acuerdo a los resultados, el material se clasifica en silos (construcciones de almacenaje), desde los cuales más tarde será despachado a los hornos de fundición.

2. Fusión

¿Cómo se hace?

El material es llevado a hornos de fundición y expuesto a 1200 °C.

¿Qué tipo de hornos se utilizan para la fusión?

Tradicionalmente, pueden usarse dos tipos: el Horno de Reverbero y el Convertidor Modificado Teniente (CMT). Este último es el modelo que utiliza Codelco, ya que posee una tecnología más avanzada y realiza, al mismo tiempo, fusión y conversión (además fue desarrollado por la misma División).

Obviamente que estos hornos no son los mismos que tienes en tu cocina, ya que los de acá son especiales para la fundición de la minería y calientan aproximadamente 10 veces más. ¿Te imaginas cómo quedaría una pizza a 1200 °C?

Cuando el concentrado pasa a estado líquido, los elementos que lo componen se separan naturalmente según su peso. De esta forma, los minerales más livianos se quedan en la parte superior del fundido, mientras que el cobre, que es más pesado, se va al fondo del mismo.



ANEXO FICHAS DEL PROCESO PRODUCTIVO

ACTIVIDAD #EXPLICATUPROCESO

3. Conversión

En esta fase, el material proveniente de la fusión es procesado mediante combinaciones químicas para separar aún más el cobre de la denominada “escoria” (residuos del proceso). La conversión se realiza en reactores cilíndricos de 4,5 metros de diámetro por 11 metros de largo, y el mineral obtenido en esta etapa se denomina “cobre blister” (el que se logra tras la fusión y conversión) que alcanza, aproximadamente, un 96% de pureza. Nada de mal.

4. Fusión

Este último gran paso de la Fundición tiene por objetivo extraer los restos de oxígeno presentes en el cobre blister, para así incrementar la pureza del mineral.

¿Cómo se hace?

El cobre blister pasa por los hornos anódicos en los que también se inyecta gas natural con vapor de aire. Esta combinación reduce el nivel de oxígeno presente en el material fundido, logrando 99,7% de pureza.

El producto resultante de la Fundición es moldeado en planchas de cobre llamadas ánodos, de un peso que puede llegar a superar, incluso, los 400 kg dependiendo del tipo de faena. Estas pueden ser vendidas directamente o llevadas a una última etapa de procesamiento, la llamada Electrorrefinación.



ANEXO FICHAS DEL PROCESO PRODUCTIVO

ACTIVIDAD #EXPLICATUPROCESO

7. ETAPA: ELECTROREFINACIÓN

"Ánodos y cátodos se encuentran"

Este intenso viaje del cobre sulfurado culmina con la Electrorrefinación. Acá se realiza el proceso químico de la electrólisis, la cual consiste, básicamente, en disolver los ánodos provenientes de la Fundición a través de la aplicación de corriente eléctrica.

¿Cómo se realiza?

Se coloca alternadamente un ánodo (plancha de cobre obtenido de la Fundición) y un cátodo (placa muy delgada de metal) en las denominadas celdas electrolíticas, que son como enormes piscinas con una solución de ácido sulfúrico y agua, por las que se hace pasar corriente eléctrica.

Esta acción hace que el cobre del ánodo se disuelva, produciendo cationes y electrones, los que se dirigen al cátodo y se adhieren a él. Es decir, el cobre se corroe en los ánodos para depositarse en los cátodos (placa metálica).

El procedimiento mediante el cual el cobre se despegga de los ánodos y se traslada a los cátodos puede durar entre 12 a 14 días. Durante ese lapso, el ánodo se habrá disuelto en un 85%. El restante 15% se retira, lava y vuelve a fundir para reingresarlo al proceso.

De esta forma, los ánodos que llegaron con un 99,7% de concentración de cobre desde la etapa de Fundición se transforman en cátodos de 99,99% de pureza. Aquel 0,3% de diferencia corresponde al denominado barro anódico (impurezas del ánodo) que contiene oro, plata, selenio, paladio y platino, metales que también son recuperados por su alto valor.

Nada se pierde, todo se transforma

¿Qué se obtiene?

Una vez terminado el proceso de refinación del cobre mediante electrólisis, los cátodos se retiran de las celdas electrolíticas y se examinan para asegurar su calidad.

Finalmente son embalados para su posterior comercialización en los principales mercados del mundo. Como ves, ya estamos listos para hacer negocios con nuestros cátodos de cobre.



ANEXO FICHAS DEL PROCESO PRODUCTIVO

ACTIVIDAD #EXPLICATUPROCESO

8. ETAPA: LIXIVIACIÓN

"El riego"

Después del Chancado el cobre oxidado pasa por la etapa de Lixiviación que, básicamente, consiste en recuperar los metales presentes en la roca mineralizada mediante la aplicación de agua y ácido sulfúrico.

A diferencia del cobre sulfurado, que debe atravesar por una segunda etapa de reducción de las rocas (Molienda), los óxidos pasan directamente a la Lixiviación para comenzar el proceso de separación del metal rojo de otras sustancias.

Esta fase se realiza mediante un procedimiento hidrometalúrgico. Puede que esta palabra te suene un poco compleja, pero su significado es bastante simple, "hidrometalurgia" quiere decir la extracción o recuperación de metales a través del uso de soluciones líquidas. Es decir, las rocas reducidas se riegan para rescatar los minerales deseados.

¿Cómo se realiza el proceso?

El material chancado se lleva en correas transportadoras hacia el lugar en el que será ubicado en pilas. Ya en este trayecto, las rocas mineralizadas se rocían con una solución de agua y ácido sulfúrico para comenzar rápidamente con la Lixiviación. Este procedimiento se conoce como curado.

Una vez en el lugar de destino, el material se deposita y distribuye ordenadamente formando un montículo continuo de 6 a 8 metros de altura, que se denomina pila de lixiviación. Encima de esta se instala un sistema de riego por goteo y aspersores que cubren toda el área.

Este mecanismo de aspersión rocía la mezcla de agua y ácido sulfúrico, solución que se encarga de disolver el cobre contenido en los minerales oxidados, formando una emulsión de sulfato de cobre.

¿Cómo se recolecta el cobre?

A los costados de cada pila hay canaletas que recuperan las soluciones resultantes del riego divididas en dos secciones, una destinada a los líquidos de bajo contenido en cobre y, otra, para los que tienen mayor concentración del mineral.

Estas emulsiones recogidas se llevan primero a piscinas desarenadoras para ser clarificadas y luego a diferentes piletas según la calidad de la solución.

El riego o lixiviación dura entre 45 a 65 días para intentar diluir la cantidad máxima de cobre. El material restante o ripio se transporta a botaderos donde se podría iniciar un segundo proceso de lixiviación para extraer más metal. ¡Hay que aprovechar todo!



ANEXO FICHAS DEL PROCESO PRODUCTIVO

ACTIVIDAD #EXPLICATUPROCESO

¿Qué se obtiene con la Lixiviación?

Se consiguen soluciones de sulfato de cobre con una concentración de metal rojo de hasta 9 gramos por litro (gpl).

Extracción por solvente

Finalmente, estos líquidos se limpian para remover los restos sólidos que podrían haber sido arrastrados y se llevan a una próxima etapa de purificación llamada extracción por solvente. El objetivo de esta fase es liberar de impurezas al sulfato de cobre para que pase de una concentración de 9 a 45 gpl, mediante la aplicación de un compuesto de parafina y resina orgánica que captura los iones de cobre de forma selectiva.

La solución resultante es la que se lleva, posteriormente, a la etapa de Electroobtención, que tal como su nombre lo indica, recupera el cobre mediante la aplicación de energía eléctrica. Como ves, el proceso de producción del cobre oxidado es más rápido que el del mineral sulfurado. Ya queda muy poco para que lleguemos a los cátodos de 99,99% de pureza.



ANEXO FICHAS DEL PROCESO PRODUCTIVO

ACTIVIDAD #EXPLICATUPROCESO

9. ETAPA: ELECTROOBTENCIÓN

"Obteniendo la máxima pureza"

La electroobtención, también conocida como electrodeposición, es uno de los procedimientos actuales más sencillos para recuperar el cobre contenido en soluciones líquidas.

Tal como la Lixiviación es un proceso hidrometalúrgico, la Electroobtención se basa en la "electrometalurgia" para recolectar el metal, es decir, utiliza la electricidad para atraer las partículas de cobre.

¿Cómo se realiza el proceso?

1. La solución electrolítica proveniente de la Lixiviación, y que contiene el sulfato de cobre, se traslada a las denominadas celdas electrolíticas o de electroobtención (especie de pequeñas piscinas).
2. En estas celdas se disponen en su interior ánodos (+) por donde entra la corriente eléctrica y cátodos (-) por donde sale la corriente eléctrica.
3. Luego, en las celdas se hace circular una corriente eléctrica de muy baja intensidad entre el ánodo (polo positivo) y el cátodo (polo negativo).
4. Mediante la electrólisis, los iones de cobre (cationes) presentes en la solución de sulfato de cobre son atraídos por la carga negativa del cátodo y se depositan en él.

Como puedes ver, este proceso se parece bastante a la Electrorrefinación, etapa de producción final del cobre sulfurado, pero a diferencia de esta, en la Electroobtención el cobre se traslada desde la solución hacia los cátodos y no desde los ánodos, como en el caso de los sulfuros.

¿Qué se obtiene?

Tras siete días de este ciclo en el que cobre se traslada los cátodos por efecto de la electricidad, comienza la esperada cosecha, en la que se obtienen cátodos de metal rojo de 99.99% de pureza.

El proceso productivo de los óxidos es bastante más sencillo y rápido que el del cobre sulfurado, el cual debe pasar por varias etapas más. Sin embargo, ambos procedimientos tienen el mismo final feliz: cátodos de alta pureza que son altamente cotizados en el mercado internacional.