

Descripción básica del procesamiento del cobre de mina aesor UC

Gustavo Lagos

Profesor UC

Abril 2022

Extracción de mina y procesamiento

Cerca del 20% del cobre refinado de mina que se producía en 2018 se extraía de yacimientos que contenían **óxidos de cobre**. Estos se tratan, típicamente, mediante un proceso desarrollado en la segunda mitad del siglo XX: lixiviación, extracción por solventes y electroobtención (Lix/SX/EW) (figura 1). Estos yacimientos son superficiales ya que fue el oxígeno de la atmósfera el que produjo la oxidación de los minerales, los que en su forma original eran principalmente sulfuros de cobre.

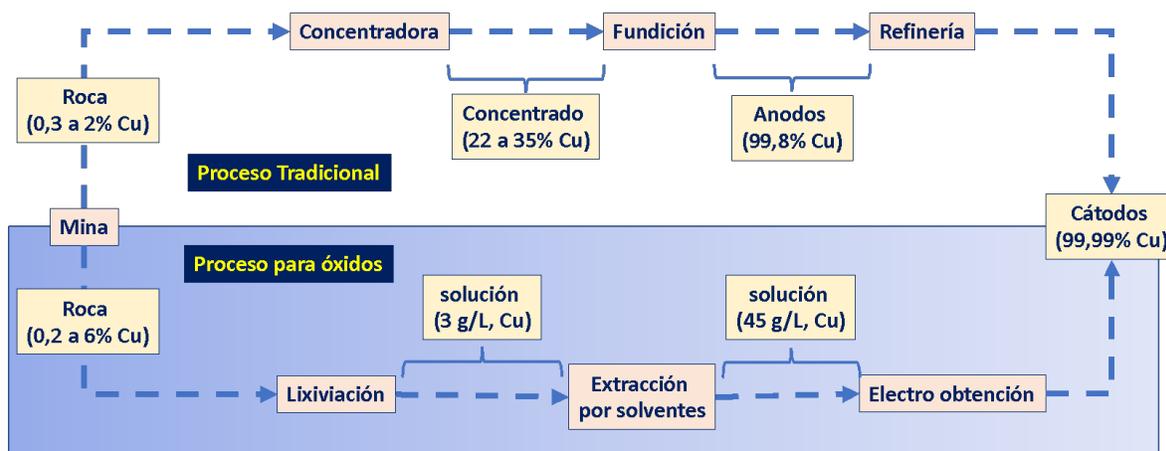


Figura 1. Dos procesos principales para extraer y procesar cobre de mina.

Fuente: Lagos y Henríquez (2004).

En la lixiviación, la roca mineralizada que proviene de la mina es chancada hasta que alcanza 1,3 centímetros de diámetro aproximadamente. Posteriormente se coloca en pilas, las que son regadas con una solución que contiene ácido sulfúrico diluido para activar la oxidación de hierro (siempre presente) y producir iones de alto poder oxidante, los que causan la disolución del metal presente en los minerales. El licor de cobre que sale de la lixiviación es de color azulado y contiene aproximadamente unos 3 gramos por litro del metal. Es enviado a un proceso de extracción por solventes, el que tiene el propósito de concentrar la solución hasta unos 40 a 45 gramos por litro de cobre. Esta concentración hace que el siguiente proceso, la electroobtención, sea más rápido. La electroobtención busca que el cobre de la solución se deposite en los cátodos, formando cobre electrolítico de 99,99% de pureza o mayor. Este proceso es el que más energía

eléctrica usa en el tratamiento de minerales oxidados de cobre, por cuanto en el ánodo debe romperse la molécula de agua para producir protones y oxígeno, lo que es costoso energéticamente.

El resto del cobre refinado de mina, es decir, cerca del 80% del total, se produce a partir de yacimientos que contienen **mineral sulfurado** (figura 1). El proceso para tratar sulfuros de cobre se denomina el **proceso tradicional**, el cual obtiene el cobre refinado mediante un tratamiento de chancado, molienda, flotación, fusión y electrorefinación. El chancado y la molienda tienen por objeto reducir el tamaño de partícula hasta un máximo de 0,2 milímetros de diámetro, para que el mineral sea liberado físicamente. El proceso más intensivo en consumo de energía en la vía tradicional de procesamiento del cobre es la molienda. Enseguida, la roca molida es dosificada con agua y algunos reactivos y se agrega a grandes tanques que tienen inyección de aire, usualmente desde el fondo. Las burbujas suben y se encuentran con las partículas que van sedimentando. Los reactivos que se añaden permiten que partículas de mineral se adhieran selectivamente a las burbujas, y no a las partículas de roca con bajo contenido de metal.

De esta manera, las burbujas con mineral adherido flotan y son extraídas por la parte superior de estos tanques (celdas de flotación), lo que constituye el «concentrado». Las partículas que no flotan corresponden al relave. Antes de enviarlas al tranque de relave, se recupera el máximo de agua y se neutraliza la pulpa restante a aproximadamente un pH 7. Hay distintos procesos para depositar relaves. Está el proceso tradicional, que transporta al tranque una pulpa con 70% de agua y el resto de partículas. Una parte importante del agua que llega al tranque es recirculada al proceso de flotación. También hay procesos más modernos de deposición que involucran depositar relaves que contienen tan solo un 15% de agua.

El proceso tradicional para extraer y procesar cobre de mina tiene dos productos principales: los cátodos y un producto intermedio que es el concentrado de cobre. En este último, la concentración de cobre es unas treinta veces mayor que aquella presente en la roca mineralizada que se extrae de la mina y que es enviada a la planta concentradora.

Los concentrados de cobre en 2018 tenían del orden de 25 a 27% de cobre. La alta concentración de cobre en los concentrados permite transportar estos económicamente para que sean fundidos en instalaciones remotas, lejos de la mina. Esta es la razón por la que las plantas concentradoras que reciben material directamente desde la mina deben estar en la vecindad de los yacimientos, lo que reduce al máximo el costo de transporte.

Los concentrados, además de calcopirita, contienen otros minerales de cobre y también algunas impurezas, especialmente pirita (FeS_2). La creciente cantidad de pirita es una de las causas de la reducción en el tiempo de las leyes de cobre en concentrados mundiales.

Las plantas concentradoras se construyeron por primera vez a gran escala a principios del siglo XX, por cuanto uno de sus procesos claves, la flotación, fue descubierta a fines del siglo XIX.

El objetivo de este proceso tradicional es producir cobre refinado clase A (con al menos 99,99% de pureza), caracterizado y reconocido por las bolsas de metales del mundo como cobre estándar, comercializable directamente para aplicaciones de conducción de energía eléctrica. El cobre de menor pureza no es adecuado para la conducción eléctrica, de acuerdo a las normas de construcción de equipos industriales, electrónicos, y de construcción de edificios y viviendas existentes en los diversos países del mundo.

El cobre fundido, de aproximadamente entre 98,5% y 99,8% en concentración, se moldea en ánodos antes de ser enviado a electrorrefinación. El hierro pasa a formar parte de los silicatos (arena) que se adicionan al baño fundido, formando la escoria, y el azufre se recupera como ácido sulfúrico de uso industrial o es emitido a la atmósfera.

La electrorrefinación es un proceso electroquímico en que los ánodos de cobre provenientes de la fundición se disuelven en el electrólito, consistente en una solución con composición de unos 200 g/l de ácido sulfúrico, y simultáneamente se electrodeposita en el cátodo. El producto es cobre electrolítico de pureza de al menos 99,99%. Además, se genera barro anódico, que contiene los metales nobles y otros elementos valiosos, los que son procesados posteriormente en plantas especiales. A diferencia de la electroobtención, la electrorrefinación utiliza poca energía, ya que el cobre impuro que se obtiene desde el ánodo se transporta por el electrólito hasta el cátodo y ahí se deposita en forma pura.