

Métodos para la Extracción del Cobre

Los métodos industriales utilizados para la concentración de cobre son dos, flotación y lixiviación, el primero se utiliza cuando el metal de interés está asociado a sulfuros, del cual se obtienen concentrados de mineral que son tratados en otro proceso para obtener el metal puro.

Mientras que en el proceso de lixiviación predominan los óxidos y a partir de este proceso se obtiene una solución rica en iones de cobre, la cual es sometida a un proceso de extracción por solventes para posteriormente realizar una electrodeposición. (Codelco, 2007).

Flotación

La definición tradicional de flotación se refiere a una técnica de concentración de minerales en húmedo, en la que se aprovechan las propiedades fisico-químicas superficiales de las partículas para efectuar la selección. En otras palabras, se trata de un proceso de separación de materias de distinto origen que se efectúa desde sus pulpas acuosas por medio de burbujas de gas y a base de sus propiedades hidrofílicas e hidrofóbicas.

Según la definición, el proceso de flotación contempla la presencia de tres fases: sólida, líquida y gaseosa. La fase sólida está representada por las materias a separar, la fase líquida es el agua y la fase gas es el aire. Los sólidos finos y liberados y el agua, antes de la aplicación del proceso, se preparan en forma de pulpa con porcentaje de sólidos variables pero normalmente no superior a 40% de sólidos. Una vez ingresada la pulpa al proceso, se inyecta el aire para poder formar las burbujas, que son los centros sobre los cuales se adhieren las partículas sólidas. Para lograr una buena concentración se requiere que las especies que constituyen la mena estén separadas o liberadas. Esto se logra en las etapas previas de trituración y molienda. Para la mayoría de los minerales, se logra un adecuado grado de liberación moliendo a tamaños cercanos a los 100 micrones (0,1 mm). Al aumentar el tamaño de la partícula, crecen las posibilidades de mala adherencia

a la burbuja; en tanto que las partículas muy finas no tienen el suficiente impulso para producir un encuentro efectivo partícula burbuja.

En un proceso de concentración de minerales ideal, la mena mineral se divide en un concentrado enriquecido con el componente útil y una cola con los minerales que componen la ganga. Por su parte, la estabilidad de la burbuja dependerá del espumante agregado (Cuadra, P. 2006).

Lixiviación

La lixiviación es un proceso hidrometalúrgico que permite obtener el cobre de los minerales oxidados que lo contienen, aplicando una disolución de ácido sulfúrico y agua. Este proceso se basa en que los minerales oxidados son sensibles al ataque de soluciones ácidas.

El material extraído de la mina (generalmente a cielo abierto), que contiene minerales oxidados de cobre, es fragmentado mediante trituración primaria y secundaria (eventualmente terciaria), con el objeto de obtener un material mineralizado de un tamaño máximo de 1,5 a $\frac{3}{4}$ de pulgada. Este tamaño es suficiente para dejar expuestos los minerales oxidados de cobre a la infiltración de la solución ácida (Cuadra P., 2006).

El material triturado es llevado hacia el lugar donde se formará la cama del mineral. En su destino, el mineral es descargado y se va formando un terraplén continuo de 6 a 8 m de altura: la cama de lixiviación. Sobre esta cama se instala un sistema de riego por goteo y aspersores que van cubriendo toda el área expuesta. Bajo las camas de material a lixiviar se instala previamente una membrana impermeable sobre la cual se dispone un sistema de drenes (tuberías ranuradas) que permiten recoger las soluciones que se infiltran a través del material.

A través del sistema de riego por goteo y de los aspersores, se vierte lentamente una solución ácida de agua con ácido sulfúrico en la superficie de las camas. Esta solución se infiltra en la cama hasta su base, actuando rápidamente. La solución disuelve el cobre contenido en los minerales oxidados, formando una solución de sulfato de cobre, la que

es recogida por el sistema de drenaje, y llevada fuera del sector de las camas en canaletas impermeabilizadas. El riego de las camas, es decir, la lixiviación se mantiene hasta que se ha agotado casi completamente la cantidad de cobre lixiviable. El material restante o ripio es transportado a terreros donde se podría reiniciar un segundo proceso de lixiviación para extraer el resto de cobre.

De la lixiviación se obtienen soluciones de sulfato de cobre (CuSO_4) denominadas PLS que son llevadas a diversos estanques donde se limpian eliminándose las partículas sólidas que pudieran haber sido arrastradas. Estas soluciones de sulfato de cobre limpias son llevadas a planta de extracción por solventes. (Teoría general de extracción por solventes, 2006).

Extracción por solventes (SX). La planta de SX recibe la solución rica generada en la etapa de la lixiviación de minerales de cobre. Esta solución se caracteriza por tener una baja concentración de cobre disuelto, junto con impurezas como, Fe, Cl, Mn, Mg, Na y otros, disueltos durante el proceso. El objetivo del proceso es extraer selectivamente el cobre contenido en esta solución impura, mediante intercambio iónico entre la fase acuosa (solución rica) y la fase orgánica (reactivo orgánico). Este reactivo es capaz de descargar el cobre en una etapa posterior del proceso a una solución de alta pureza y concentración de cobre y ácido, formando un electrolito apto para ser electro depositado.

Este proceso se caracteriza por presentar dos etapas principales: Etapa Extracción. En dicha etapa, la solución rica se mezcla con un líquido orgánico para transferir el cobre desde la fase acuosa a la orgánica en forma selectiva. Las dos fases luego se separan debido a su insolubilidad. En esta etapa, se carga el orgánico con cobre, generándose el refino y el orgánico cargado. En las etapas de extracción se transfiere la gran parte del cobre de la fase acuosa al orgánico. Dado que los extractantes que se utilizan son selectivos para el cobre, las impurezas permanecen en la solución acuosa. El refino es devuelto a la etapa de retornado a lixiviación.

Etapa de Reextracción o descarga. El orgánico cargado se contacta con un electrolito ácido para transferir ahora el cobre de la fase orgánica al electrolito acuoso. En esta etapa, se descarga el orgánico, generándose el electrolito rico apto para el proceso de

electroobtención y orgánico descargado apto para su reciclaje a extracción. Adicionalmente en la configuración del circuito de SX, se puede constatar con una etapa del lavado si es necesario para el proceso. Esta etapa de carácter secundaria, tiene el propósito de lavar el orgánico cargado con agua adecuada para disminuir el traspaso de impureza hacia el electrolito. (Teoría general de extracción por solventes, 2006).