

En el caso del cobre se utiliza el ácido sulfúrico para la lixiviación de minerales oxidados, siendo más fácil de disolver los sulfatos (chalcantita) y sulfatos básicos (anterita y brochantita), luego los carbonatos (malaquita y azurita), la atacamita y la tenorita. La cuprita en cambio, necesita la presencia de un oxidante para disolverse completamente; los silicatos de cobre son los que tienen una cinética de lixiviación más lenta. **La química asociada a los minerales sulfurados de cobre es más compleja que la de los óxidos, ya que se trata de reacciones de óxido-reducción, que requieren la presencia de agentes oxidantes para que la reacción ocurra. Sin embargo, la problemática más grave es la cinética o velocidad de reacción, que es extremadamente lenta.**

En cualquier sistema de lixiviación es inevitable la co-disolución de otros elementos e impurezas, generándose soluciones poli-iónicas que deben ser purificadas antes de recuperar el cobre desde las soluciones.

CLASE 2 Módulo 8 HIDROMETALLURGIA CUARTO I (Carlos Molina)

1

2.2. ASPECTOS CINÉTICOS

Es de vital importancia conocer la velocidad o cinética de los procesos, pues la idea es lograr un rendimiento óptimo en el menor tiempo posible. La información que entrega la cinética permite conocer mecanismos de reacción y, diseñar equipos y procesos. En la hidrometalurgia el estudio cinético es imprescindible, pues generalmente los procesos aplicados son lentos ya que se trabaja a temperatura ambiente o algo poco superior, y las reacciones son de carácter heterogéneo.

CLASE 2 Módulo 8 HIDROMETALLURGIA CUARTO I (Carlos Molina)

2

El mecanismo de reacción entre un líquido y un sólido involucra las siguientes etapas consecutivas:

- Transporte forzado de los reactivos en el líquido hacia la capa límite.
- Difusión de los reactivos a través de la capa límite.
- Difusión de los reactivos a través de los poros de las partículas hacia el centro de reacción
- Difusión de los reactivos a través de la capa de producto sólido (si es que existe) hacia la superficie de reacción.
- Reacción química de los reactivos con el mineral.
- Difusión de los productos disueltos a través de la capa de producto sólido.
- Difusión de los productos a través de la capa de producto sólido (si es que existe) hacia la superficie de la partícula.
- Difusión de los productos a través de la capa límite.
- Transporte forzado de los productos solubles al seno de la solución.

La cinética de reacción de los óxidos de cobre es dependiente de la actividad de los iones hidrógeno en el sistema acuoso, del área de la superficie de reacción, de la geometría, tamaño, flujo específico, etc.

CLASE 2 Módulo 8 HIDROMETALLURGIA CUARTO I (Carlos Molina)

3



3. MÉTODOS DE LIXIVIACIÓN

Los métodos de lixiviación corresponde a la forma en que se contactan las soluciones lixiviantes con las menas con contenidos metálicos de interés. Los métodos más conocidos son:

- i. Lixiviación In Situ, lixiviación en botaderos (dump leaching), lixiviación en pilas (heap leaching).
- ii. Lixiviación por percolación o en Bateas (vat leaching)
- iii. Lixiviación por agitación
- iv. Lixiviación a presión.

Aunque estos tipos de lixiviación se puede aplicar en forma muy eficiente a la mayoría de los metales que están contenidos en menas apropiadas para este proceso, tales como cobre (minerales sulfurados y oxidados), oro (nativo), plata (nativa), aluminio (óxidos), zinc (óxidos y sulfuros), níquel (sulfuros y óxidos) y las formas minerales de los metales cobalto, zirconio, hafnio, etc; en esta oportunidad se hará referencia solamente al caso del cobre.

CLASE 2 Módulo 8 HIDROMETALLURGIA CUARTO I (Carlos Molina)

4



i. LIXIVIACIÓN IN SITU

Es la lixiviación de residuos fragmentados en minas abandonadas (In Place Leaching) o a la lixiviación de yacimientos que no se pueden explotar en forma convencional, ya sea por motivos técnicos y/o económicos, en este caso se riega el yacimiento "en el mismo lugar", evitándose costos de extracción mina y de transporte. Este tipo de lixiviación se caracteriza por bajos costos de inversión y de operación. En la figura 1, se puede observar un esquema de este tipo de procesos.

Para aplicar este tipo de procesos se requiere efectuar estudios geológicos, hidrogeológicos y metalúrgicos. Para el caso del cobre, este método se justifica con reservas por sobre 100 millones de toneladas, con una ley de 0.5%, obteniéndose una producción aproximada a 20000 t de cátodos/año, con una recuperación de 50% en 12 años.

CLASE 2 Módulo 8 HIDROMETALLURGIA CUARTO I (Carlos Molina)

5

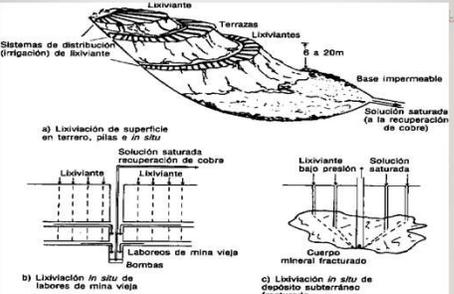


Figura 1: Lixiviación In Situ

CLASE 2 Módulo 8 HIDROMETALLURGIA CUARTO I (Carlos Molina)

6



LIXIVIACIÓN EN BOTADEROS

La lixiviación en Botaderos consiste en lixiviar desmontes o sobrecarga de minas de tajo abierto, los que debido a sus bajas leyes (menores de 0.4%) no pueden tratarse por métodos convencionales. Estos materiales se han ido acumulando a través de los años a un ritmo que en algunos casos pueden ser de varios cientos de miles de toneladas al día. La mayoría de los botaderos se construyen en áreas adecuadas cerca de la mina.

Este tipo de procesos no requiere inversión en Mina ni tiene costos asociados a transporte, lo que los hace ser proyectos atractivos del punto de vista económico. En el caso del cobre las recuperaciones fluctúan entre 40 a 60% en alrededor de 3 años de operación. En la figura 2, se muestra un esquema típico de este tipo de procesos.

CLASE 2 Módulo 8 HIDROMETALURGIA CUARTO I (Carlos Molina)

7



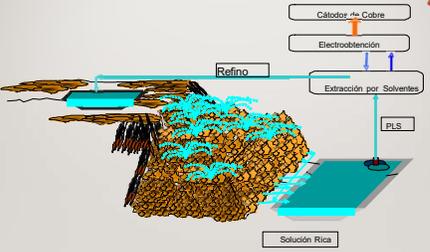


Figura 2: Lixiviación en Botaderos

CLASE 2 Módulo 8 HIDROMETALURGIA CUARTO I (Carlos Molina)

8



CUARTO I
MÓDULO 8 (Clase 2 classroom)
PREGUNTAS

1. DENTRO DE LOS ASPECTOS CINÉTICOS LAS REACCIONES SON DE CARÁCTER ¿HOMÓGENEO O HETERÓGENEO?
2. LOS MECANISMOS DE REACCIÓN ENTRE UN LÍQUIDO Y UN SÓLIDO PRESENTA 9 ETAPAS. NOMBRE 2 DE ELLAS
3. NOMBRE 3 MÉTODOS DE LIXIVIACIÓN
4. EXPLIQUE BREVEMENTE EN QUE CONSISTE LA LIXIVIACIÓN DE BOTADEROS.

ENTREGA RESPUESTAS: REGRESO A CLASES PRESENCIALES entrega a profesor c molina)
Nota trabajo igual a 20% nota final de evaluación no presencial N° 1)

CLASE 2 Módulo 8 HIDROMETALURGIA CUARTO I (Carlos Molina)

9
