

CARACTERIZACIÓN GEOMETALÚRGICA EN LOS YACIMIENTOS MINERALES

Jaime Yagua Padilla, Oscar Molina Galdós, Martin Prado Neira, Orlando Zevallos Del Carpio, Jesús Cadenas Zarate

Geólogos de Exploraciones y Mina - Cía. Minera Antapaccay S.A. – Espinar - Cusco – Perú
 jaime.yagua@glencore.com.pe,oscar.molina@glencore.com.pe,Martin.prado@glencore.com.pe,
 gustavo.zevallos@glencore.com.pe, jesus.cadenas@glencore.com.pe

INTRODUCCIÓN

El objetivo es dar a conocer la necesidad de integrar los conocimientos geológicos, metalúrgicos, químicos y los que sean necesarios, desde las etapas tempranas de la exploración así como durante la explotación de los yacimientos minerales y evitar incremento de gastos futuros ocasionados por correcciones en los procesos de la cadena de valor.

CONSIDERACIONES GEOMETALÚRGICAS A TOMARSE EN CUENTA

La evolución del conocimiento de un yacimiento mineral, sabemos que va desde la prospección-exploración, evaluación, factibilidad de proyecto, sin embargo para la etapa de explotación muchas veces nos encontramos con falencia y/o equivocada información para una buena ejecución del proyecto y, se procede a asumirla, inferirla y hasta veces inventarla; en el presente artículo queremos recomendar aspectos a tomarse en cuenta, sobre todo en la etapa de exploración y, trabajar con mayor trazabilidad y predictibilidad en la caracterización geometalúrgica del yacimiento a explotarse.



En las primeras etapas de exploración, el objetivo es el de dimensionar la magnitud del yacimiento, las características geológicas donde son básicos, el modelo geológico conceptual del yacimiento; aquí muchas veces ya sea por razones de presupuesto u otras, se restringe a la zona “a explotarse” y ya se quiere hacer mina sin concluir esta etapa; esto posteriormente tiene otro costo, en reformular ampliaciones por “haber encontrado nuevos frentes” o falta de descartes en forma contundente, etc. por otro lado se debe conocer bien la caracterización del mineral desde los inicios; me refiero a saber que minerales económicos se tiene, así como que tipos de gangas con sus características geometalúrgicas, es decir los factores físico químicos del mineral que intervendrán en la recuperación de estos minerales económicos.

Entonces la manera de enfocar el tema en la toma de información y dar solidez a la base de datos, cada vez se centra más, en las características de la mena, de la ganga y de las dos en conjunto, estas

conjugadas con las características de ambientes geoquímicos de la actual ubicación del yacimiento en el espacio.

Ahora interpretando la manera como se emplazó un yacimiento, encontraremos características que obedecerán a fenómenos de ambientes locales de presión, temperatura, aspectos físico-químicos de roca caja e intrusión de rocas ígneas; el tiempo geológico durante el cual fue el emplazamiento, etc. Factores que hacen que se deposite originariamente el yacimiento y sus propias características, todo esto da como resultado una parte central y aureolas de alteración las que pueden estar bien definidas, sobreimpuestas o ubicarse según varíen estas y otras condiciones.

Las propiedades de la mena y ganga, se reflejarán entonces en las diferentes etapas de la explotación y tratamiento de minerales como son: básicamente en procesos de voladura, estabilidad de taludes y, en el tratamiento metalúrgico, en proceso de chancado, molienda, flotación y grado de concentrado hasta llegar a la recuperación del mineral económico.

Es importante investigar la época en que se depositó el yacimiento, para ver que desde ese entonces hay otra gama de fenómenos ligados a, oxidación-reducción, hidrataciones, etc. los que a medida en que se acerque el yacimiento a superficie por erosión, se harán más conspicuos y, con la presencia de agua y otras soluciones descendentes desde superficie, harán que se tenga otro tipo de características variantes de las originarias, por lo que ya tenemos una sobreimposición de alteraciones y deben interpretarse.

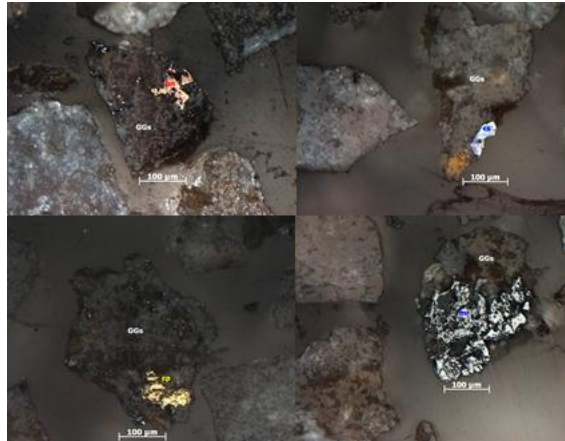
Por lo tanto llamamos a estas variaciones ubicadas espacialmente; zonas geometalúrgicas o UGMs, y que tendrán diferentes comportamientos en los procesos de explotación y tratamiento de minerales; esto podemos generalizar como la primera y cercana a superficie, interpretada como resultado de fenómenos de oxidación reducción e hidratación, etc. Con una mineralogía propia de esta zona y es la zona supergénica, una segunda zona y formada debido a la disminución en intensidad con la que actúan los factores mencionados es la que denominamos zona intermedia o "mixta" y, una tercera zona donde tendremos en cuenta la influencia de aspectos netamente de emplazamiento hipógeno con algunas de menor importancia.

Ahora todos los yacimientos no son iguales y para determinar a estas UGMs tendremos en cuenta a factores locales, por lo que no podremos generalizar procesos, métodos, etc.; a lo mucho tomaremos en cuenta ciertas generalidades para adecuarlas a cada yacimiento.

Hasta aquí no tendremos problemas, todo surge cuando hay que identificar las características de estos minerales de mena, ganga y relacionarlas con los procesos de explotación y geometalurgia.

Para la etapa de explotación estas características veremos muy generalizadas ya que el objetivo es mayormente ver la influencia en el aspecto geometalúrgico; sin embargo es muy importante señalar características como dureza de la roca a la perforación primaria, resistencia a la rotura en bloques relativamente mayores, grado de fracturamiento o RQD, orientación preferencial del fracturamiento y su relación con fallamiento primario y secundario.

Para el presente trabajo tomaremos como ejemplo el proceso de flotación de sulfuros de Cu, como es lo que tenemos en la mina Antapacay u otros, para esto necesitamos conocer primeramente las características que influirán en la conminución o (molienda), es decir todo lo concerniente al estado de cristalización de minerales, ensambles entre mena-ganga y ver la respuesta a la rotura de las partículas, hasta llegar al estado de liberación o separación de la mena de la ganga y estén en las condiciones de "flotar", lo cual se refleja en el work index o dureza de mineral; pero también debemos ver el comportamiento de esta ganga que será arrastrada con el mineral económico y que llegará hasta el concentrado, es decir conocer los "insolubles".



Superior: Bornita (bn) ocluida en ganga, calcosina (cc) asociado a ganga. **Inferior:** calcopirita (cpy) asociada en ganga y marcasita (mr) diseminada en ganga.

Para la siguiente etapa de flotación tendremos que identificar otro tipo de características y propiedades fisicoquímicas de la mena y ganga, unas serán favorables y otras refractarias a la flotación pero que al conocerlas con anticipación se puede optimizar o, estudiar el empleo de mejores reactivos y obtener mejoras en la recuperación de minerales económicos, para esto tendremos en cuenta el estado de oxidación y/o alteración de la mena-ganga, la cual será el resultados de la exposición a la zona supergénica o tratarse de la zona mixta o hipogénica.

Uno de los problemas principales que se ven, es ¿cómo identificar la mejor manera de cuantificar esta caracterización?, la cual debe ser confiable y sustentable, para ser utilizada en tiempo real, hay empresas que implementan equipos sofisticados (microscopios electrónicos, DRX, entre otros) cuyo costo de operación, mantenimiento y, sumado al tiempo de respuesta hacen que no se apliquen, por otro lado los laboratorios químicos no tienen estandarizadas las marchas analíticas, cada uno tiene sus propios métodos, por lo que al hacer los QA/QC tendremos que tener mucho cuidado y trabajar con anticipación a las campañas de análisis químicos y, determinar los tipos de análisis para cuantificar estos minerales y sus características; ejemplo la cuantificación y determinación de arcillas, cuantificación de pirita, pirrotina, sílice libre, hierro en sus diferentes variaciones, determinación de minerales de la zona de oxidación, de la zona mixta cuprita, cobre nativo, etc. y de la zona hipogénica diferenciar las sulfosales de sulfuros, etc. Es aquí donde tendremos en cuenta la cristalografía y la estequiometría, es decir las propiedades químicas de la mena-ganga frente a reacciones químicas empleadas para determinar no solo elementos sino las especies minerales.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se debe definir bien la zona de alteración supergénica, zona de alteración mixta y, la zona de alteración hipogénica, en cada una de ellas la caracterización mineralogía de mena y ganga resultante de procesos físico químicos propios de cada zona.
- Para la determinación y caracterización de las especies minerales ya sean de alteración u originarias, definir bien los métodos y tipos de análisis para una buena caracterización, los que deben demostrar su trazabilidad y confiabilidad en una sólida base de datos.
- En la etapa de exploración, correr la pruebas geometalúrgicas, donde se debe interpretar los resultados para identificar las características de la mineralogía que influirán en futuros procesos de explotación y tratamiento geometalúrgico.
- Orientar desde la etapa de exploración, la toma de datos de las características geometalúrgicas, ya que uno de los objetivos finales del proceso del conocimiento geológico del yacimiento es la recuperación de estos minerales para ponerlos al servicio del ser humano.
- Es responsabilidad de la alta dirección el tomar conocimiento de la conceptualización de estos trabajos y no incurrir muchas veces en trabajos incompletos o sesgados generalmente por “falta de presupuestos”, que después con llevan a riesgos y gastos innecesarios.

- El conocimiento geológico detallado de las especies minerales ganga y mena, que serán tratadas en procesos de explotación y metalurgia, es la base de las explicaciones del comportamiento de los mismos, por lo que los equipos de trabajo entre geología, metalurgia, química y otras disciplinas siempre debe estar basada bajo una explicación geológica.
- En cada etapa del proyecto implementar los equipos de trabajo, con personal profesional capacitado para el objetivo y, con conocimiento del tema y evitar el famoso “prueba y error”.
- La caracterización de las UGMs, debe ser el resultado de combinación de propiedades de la mineralogía de ganga y mena, asociado a la interpretación resultado de pruebas metalúrgicas de laboratorio.
- Debe hacerse el máximo esfuerzo para que las diferentes pruebas metalúrgicas y definición de UGMs, con todas sus variables y detalle posibles, se realicen antes de la etapa de explotación, ya que en la misma por cuestiones operativas se dificulta en extremo, por ejemplo, la realización de nuevos sondajes para esclarecer aspectos geometalúrgicos y otros.

REFERENCIAS

1. Jaime Yagua P. Walter Coa Y. 2002 *Evaluación geológico-metalúrgica de mineral, sulfuro con alta presencia de cobre nativo*, Mina BHP Billiton Tintaya S.A. Tintaya.
2. Jaime Yagua P. Walter Coa Y. Hubert Gamarra R. 2002 *Estudio de muestras de Chabuca Este-Oeste y Tajo Tintaya para zoneamiento geo metalúrgico del yacimiento Tintaya*.
3. Arturo F. Maldonado Neyra, Maestría en Geología N° 208, Brasilia 2006 *Caracterizacáo das estruturas Geológicas e estimativa da resistencia ao cisalhamento das discontinuidades na meneracao de cobre de Tintaya, Perú, Universidade de Brasilia-Instituto de geociencias departamento de Geología*.
4. *Antapaccay Feasibility Study, Bechtel Doc. N° 25429-220-30R-G01-00002*.
5. Reportes internos de pruebas geo metalúrgicas de plan de minado mensual, mina Antapacay 2014.