

# ROL Y DESAFÍOS DE LA GEOMETALURGIA OPERACIONAL EN CERRO CORONA, CAJAMARCA, PERÚ

Julio Castro<sup>1</sup>, Anthony Julian<sup>2</sup>, Edwin Ayala<sup>3</sup>, Gabriel Becerra<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Geometalurgista Senior, Hualgayoc, Cajamarca, Perú (Julio.Castro@goldfields.com)

<sup>2</sup> Supervisor General Geometalurgia, Hualgayoc, Cajamarca, Perú (Anthony.Julian@goldfields.com)

<sup>3</sup> Jefe de Geología Mina, Hualgayoc, Cajamarca, Perú (Edwin.Ayala@goldfields.com)

<sup>4</sup> Gerente de Servicios Técnicos, Hualgayoc, Cajamarca, Perú (Gabriel.Becerra@goldfields.com)

## Resumen

La clasificación geometalúrgica del yacimiento es extremadamente importante para la predicción del desempeño metalúrgico en el procesamiento y está dirigida a maximizar el beneficio económico. La definición de UGMs (Unidades Geometalúrgicas) basadas en la litología, alteración, caracterización estructural, mineralogía y parámetros metalúrgicos, permite pronosticar las recuperaciones, tonelaje procesado, concentración de elementos contaminantes y consumo de reactivos. El desarrollo de estrategias de producción basada en modelos geometalúrgicos beneficia a la empresa mejorando los planes de minado, planes de mantenimiento, mitigación del efecto de impurezas y la consecuente optimización del proceso.

Palabras claves: Metalurgia, recuperación, tonelaje procesado, modelo geometalúrgico y unidades geometalúrgicas (UGMs).

## Abstract

### ROLE AND CHALLENGES OF OPERATIONAL GEOMETALLURGY IN CERRO CORONA, CAJAMARCA, PERÚ

Geometallurgical ore deposit classification is extremely important for prediction of metallurgical performance in processing aimed at maximizing economic benefit. The definition of GMUs (Geo Metallurgical Units) based on lithology, alteration, structural characterization, mineralogical and metallurgical parameters allow the forecasting of recoveries, throughput, concentration of pollutants and reagents consumption. Production strategies based on geometallurgical models benefit the company by improving mining plans, maintenance plans, impurities effect mitigation and consequently process optimization. Keywords: Metallurgy, recovery, throughput, geo-metallurgical model and geometallurgical units.

## 1. Introducción

Cerro Corona es una operación minera a Tajo abierto que se encuentra ubicada en el departamento de Cajamarca en el norte del Perú (Figura 1), se trata de un yacimiento tipo Pórfido cobre-oro desarrollado en diorita (14.4 a 13.35 millones años) que intruye a la formación calcárea Yumagual del cretácico (Uzátegui, 2016).

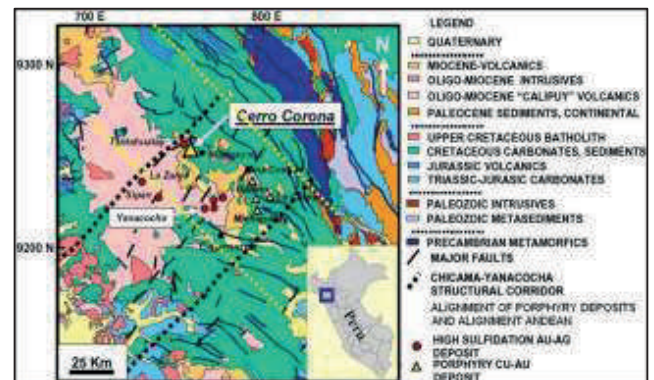


Figura 1.- Ubicación de la mina Cerro Corona y la geología regional

Es operada por Gold Fields La Cima S.A. desde el año 2008. A diciembre del 2019, se cuenta con recursos minerales, dentro del cono económico, en el orden de 107.22Mt @ 0.58g/t Au y 0.36% Cu.

La planta consta de un circuito de chancado primario/secundario, molienda SABC-B y celdas de flotación para recuperar concentrados de cobre con contenidos de oro como mineral accesorio. La planta empezó a operar el año 2008 con materiales mixtos (transicionales) y supérgenos de competencia mecánica suave (arcillas) y con leyes altas de cobre (zonas de enriquecimiento supergénico); el 2012 se crea el Departamento de Geometalurgia, con el objetivo de maximizar las ganancias y mejorar el proceso metalúrgico.

## 2. Mejoras en las etapas del proceso

### 2.1. Fragmentación

La competencia mecánica del mineral alimentado a planta ha cambiado, aumentando a medida que se profundiza el minado y está relacionado a la distribución espacial de las alteraciones.

A partir de noviembre del 2017 se observó un incremento del ingreso de minerales competentes y sobredimensionados en la alimentación a las chancadoras, lo cual causaba frecuentes atoros del equipo, ya que estas no cuentan con un sistema de selección de tamaño previo (Figura 2).

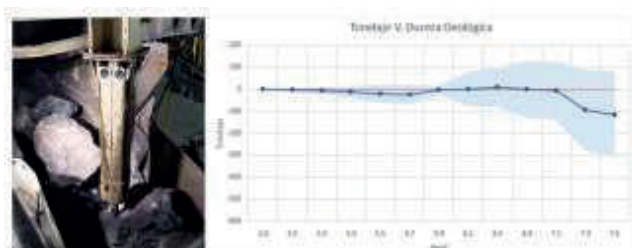


Figura 2.- Fotografía de Chancadora con material sobredimensionado y gráfico de tonelaje vs competencia mecánica.

Para mejorar la fragmentación se definieron tres nuevas configuraciones de mallas triangulares de voladura de acuerdo a un rango de competencia mecánica *en función de las alteraciones*, las cuales se muestran en la Figura 3.

COMPETENCIA MECÁNICA	MPA
D3	R3 25 – 50 Mpa
D4	R4 50 - 100 Mpa
D5	R5 100 - 175 Mpa
D6	R6 >175Mpa

Figura 3.- Rangos de competencia mecánica

Además, se está trabajando en la creación de unidades geológicas de fragmentación (UGFs) según Canchaya (2016), con la finalidad de simular el producto granulométrico de la voladura y optimizar el factor de carga; teniendo en cuenta que el tonelaje ya se ve influenciado desde un F80 mayor a 5.5 pulgadas (Figura 2).

### 2.2. Alimentación a planta

La meta de alimentación a molienda es 830 tph, pero cuando se procesan minerales de alta competitividad como la alteración potásica y silicificada (zonas con alta densidad de venillas de

cuarzo), solo se pueden lograr 600 tph. El sistema de chancado tiene dos componentes, un chancado primario que consiste en una lokotrack (trituradoras de mandíbulas) y en el chancado secundario una sizer (trituradora de rodillo). Para poder cumplir el plan de procesamiento de mineral se alimenta los minerales más finos y de baja competencia en stocks para su alimentación directa al sizer y evitar así el sobre consumo de energía. Se considera como variables de análisis: la competitividad, la performance metalúrgica, control de ley, contaminantes y consumibles. Los minerales son manejados en stocks dinámicos (Figura 4).



Figura 4.- Stocks dinámicos para disponer mineral según UGMs

### 2.3. Cinética de flotación

En la planta se obtienen concentrados de cobre-oro provenientes del proceso de flotación, los minerales son alimentados con "blending" planificado por las áreas de geometalurgia, planeamiento mina, grade control y operaciones procesos, para obtener la mejor performance, siendo la recuperación metalúrgica, una variable de análisis para el "blending". En los análisis de datos se ha identificado que la recuperación es dependiente de las áreas de procesamiento en el PIT. La recuperación de cobre evidencia una alta correlación directa con las especies de sulfuros primarios, como la calcopirita y bornita disponibles en ciertos dominios; y baja correlación cuando los sulfuros secundarios, que se presentan en forma de pátinas, o también en sulfuro asociado a arcillas (esmectítica); además los cobre grises impactan también en la concentrabilidad de cobre, estos últimos tienen una alta acidez (Figura 5) y generan inestabilidad en el pH de la pulpa de flotación y por tal motivo son altamente consumidores de cal. De forma análoga para la recuperación de oro, se encuentran zonas de poca asociación con los minerales de cobre, lo que implica una disminución en la recuperación de oro.

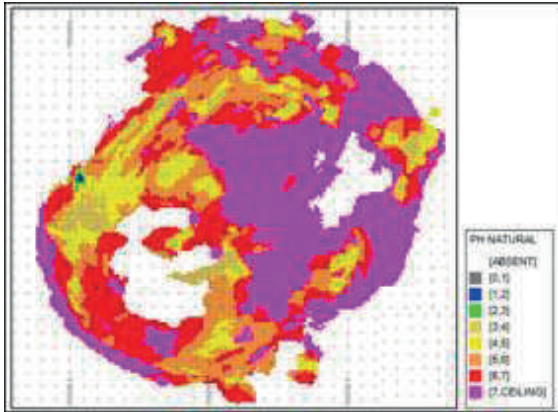


Figura 5.- Distribución espacial de pH natural

## 2.4. Elementos contaminantes (Arsénico).

El minado de nuevas fases del tajo representó un reto: manejar el contenido de arsénico en contenidos permitidos para su comercialización. El arsénico, está presente en leyes bajas en todo el yacimiento, salvo en la zona oeste del tajo, donde se presenta enargita y tenantita; que, debido a la flotabilidad natural de éstos, son más fáciles de concentrar en el proceso y no existe forma de reducir el impacto en la concentración. Debido a esto, en las mezclas es de mucha ayuda el modelo de concentrabilidad de arsénico para controlar el arsénico en el concentrado final (Ver Figura 7.).

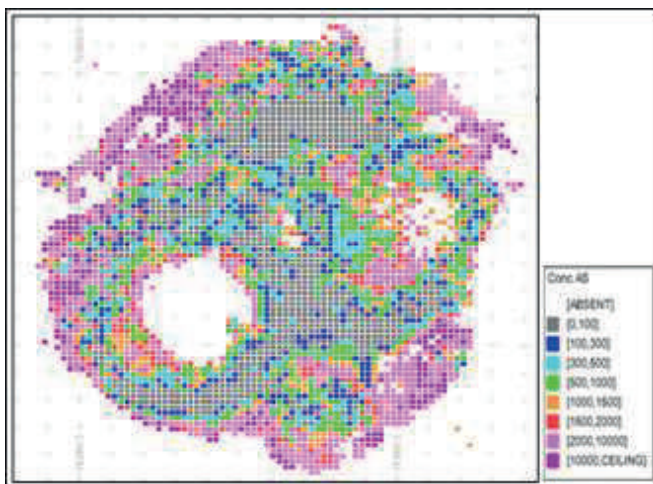


Figura 6.- Distribución espacial de la concentración de arsénico en el tajo

## 3. Geometalurgia Operacional

Se basa en mejorar el conocimiento de los diferentes tipos de mena de un recurso en operación, considerando toda la información disponible. Es importante contar con un adecuado soporte de caracterización geológica y metalúrgica, además de la gestión integral de la base de datos tanto para drillholes como para blastholes; con esta

información se define los dominios de las diversas UGMs. Su desarrollo es importante para dar solución a situaciones que no fueron identificadas en la etapa de proyecto.

En la sección 2 se ha mostrado cómo la identificación de las diversas características del mineral influye en los procesos.

### 3.1. Caracterización de UGMs

Para definir las UGMs se tomó como base la litología, alteración y tipo de mineralización; de forma que estas representen las diversas características de competencia mecánica, recuperaciones y elementos contaminantes del material a procesar.

La competencia mecánica del material considera zonas de alta y baja frecuencia de venillas de cuarzo (stockwork), resultados de ensayos de carga puntual, SPI, Wi y abrasión.

La recuperación de cobre está relacionada directamente a la presencia de calcopirita; se utiliza el método de cobre secuencial para inferir la presencia de cobre secundario y óxidos (Figura 7).

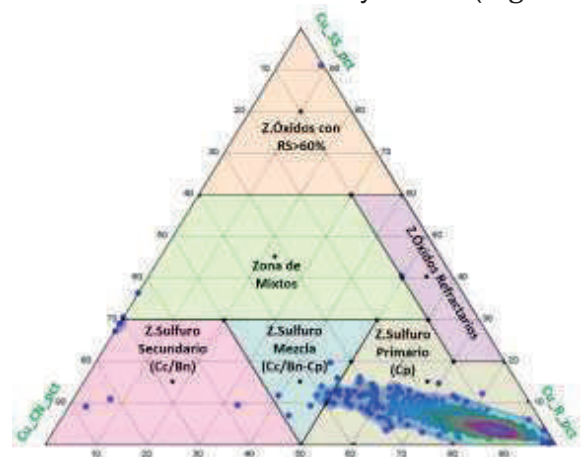


Figura 7.- Diagrama ternario de análisis de cobre secuencial para identificar especies de cobre y su influencia en la recuperación de cobre

La recuperación de oro está en función de la asociación del oro con sulfuros; si el oro está asociado con la calcopirita, tiene buena recuperación; pero si el oro está asociado a piritas, arcillas y cuarzo, la recuperación no es buena ya que este oro se pierde en la etapa de limpieza. Además, se ha identificado una zona en el PIT donde el oro está asociado a piritas micro cristalinas y enargita (Figura 8), esta zona presenta baja recuperación de oro y alta concentración de arsénico (zona oeste del PIT).

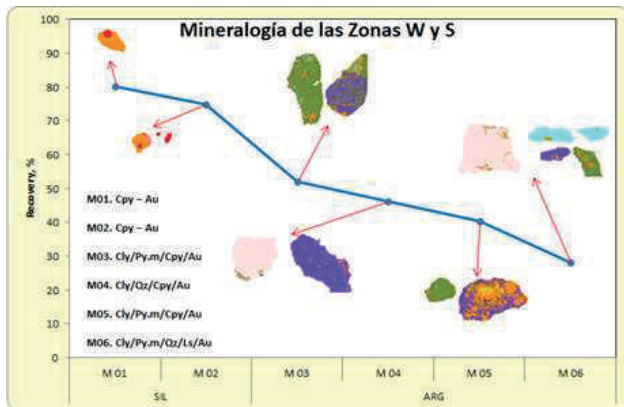


Figura 8.- Especies minerales asociadas a recuperaciones de oro

La concentrabilidad de arsénico tiene buena correlación con el ratio cobre/arsénico en la cabeza de mineral con el que se ha realizado un modelo matemático, y este producto muestra una buena reconciliación y nos ayuda a una buena planificación controlando este contaminante.

### 3.2. Modelos Geometalúrgicos

El modelo Geometalúrgico es la representación tridimensional de los diferentes tipos de mineral en el yacimiento, considerando diversas propiedades. Ello permite tener el control de todo el yacimiento de modo que el rendimiento metalúrgico y el posterior valor económico quedan determinados mucho antes de que el mineral ingrese a la planta metalúrgica.

El modelo de recuperación geometalúrgico de Cerro Corona inicialmente se basó en ecuaciones (Brittan, 2006), usando como variables los resultados de pruebas metalúrgicas de sondajes de exploración, este modelo sirvió para la planificación de la planta y los primeros años de operación. Actualmente está en curso una actualización usando UGMs (Figura 79), como dominios de interpolación y alimentado con una campaña de pruebas de flotación en muestras de sondajes.

Así mismo contamos con un modelo de recuperación de menor resolución alimentado con resultados de pruebas de flotación de compósitos de material de los taladros de voladura, este producto sirve para mejorar el pronóstico del rendimiento de la planta.

Adicionalmente, la actualización de los modelos del 2020 contempla a otras variables geometalúrgicas como el tonelaje horario, SPI, BWi, etc, todas ellas estimadas usando las mismas UGMs anteriormente descritas.

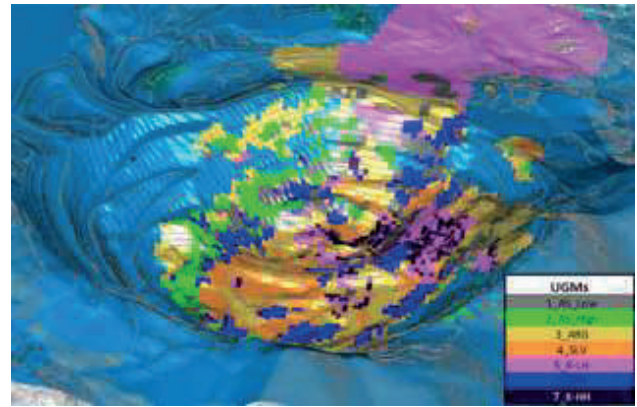


Figura 9.- Distribución de las UGMs en Cerro Corona

## 4. Beneficios

La geometalurgia cumple un rol importante en el procesamiento de minerales. En Cerro Corona hemos optimizado los siguientes aspectos:

- El modelo de "Throughput" y el control de la granulometría del material de ingreso, desde la optimización de la malla de voladura en función a la competencia mecánica, hasta la concepción de un modelo de tonelaje horario para optimizar el proceso en la molienda.
- La caracterización mineralógica para determinar las asociaciones de los metales recuperables (cobre y oro), y mitigar el ingreso de materiales problemas mediante mezclas.
- El modelo de concentrabilidad de arsénico nos permite controlar la concentración final y así minimizar el impacto y las penalidades.
- La concepción de las UGMs, ha sido de gran ayuda como dominios de interpolación de las variables geometalúrgicas. Estas se basan en características geológicas, concentración de arsénico, competencia del material y en la mineralogía.

## 6. Referencias

Uzategui, A., Azan, J. y Rios, H., (2016). Mineralización y fases intrusivas en el pórfido de cobre-oro-molibdeno de Cerro Corona: XVIII Congreso Peruano de Geología, resúmenes extendidos, Sociedad Geológica del Perú, 03 p.

Brittan, M. 2006 Cerro Corona Recovery Models. Memorandum Internal Review of Plant Recovery Estimation; Hualgayoc – Perú

Canchaya, S. 2019 Geometallurgical block model based on mineralogical-textural assemblages (MTA) and geological fragmentation units (GFU). Procemin-GEOMET 2019; Santiago de Chile.