Cerro Corona: Evolución de los modelos geológicos, vectorización geofísica y sus implicancias para el incremento de recursos minerales de Cu y Au más allá del 2030

Juan Carlos Sarmiento[1], Edwin Ayala[2], Efrain Ugarte[3], Gabriel Becerra[4] y Paul Gomez[5]

[1, 2, 3, 4, 5] Gold Fields, Av. 28 de Julio N° 1150, Oficinas 201-202, Lima, Perú.

[1] Juan.Sarmiento@goldfields.com; [2] Edwin.Ayala@goldfields.com; [3] Efrain.Ugarte@goldfields.com
[4] Gabriel.Becerra@goldfields.com; [5] Paul.Gomez@goldfields.com

Resumen
Cerro Corona (CC), a escala distrital, constituye un "cluster" de pórfidos de Cu-Au, que se caracterizan por ser polifásicos, bimodal y estar preservados. Se asocian a la actividad magmática calco-alcalina entre los 15Ma a 13.5Ma, dichos intrusivos se emplazaron en una cuña tectónica regional y en un régimen transpresivo.
Cerro Corona es un depósito tipo pórfido de Cu rico en Au, se ha minado y explorado solo 500 metros del sistema porfídico, teniendo todavía un alto potencial exploratorio y minero, que está abierto.
La re-interpretación y vectorización no-convencional de los modelos geológicos 3D junto a los modernos estudios de IP profundo y Magneto Telúricos (MT), ayudaron a definir 08 targets de perforación. En la última campaña, se completó 11,665m de perforación en dos targets, siendo el target de la zona Este del tajo el que incorporo, en el 2019, los principales recursos de Au y Cu.
En el tajo, a diciembre del 2019 se cuenta con recursos minerales, dentro del cono, en el orden de 107.22 Mt @ 0.58 g/t Au y 0.36 % Cu, los que corresponden a un incremento del 3%, que podría ampliar la vida de la mina hasta el año 2032.

Summary
At Cerro Corona, on a district scale, the Cu-Au porphyry cluster is characterized for having polyphasics, bimodals, and preserved intrusions. These pulses are associated with calca-alkaline magmatic activity between 15Ma to 13.5Ma, which were located in a regional tectonic wedge at a transpressive régime.
Cerro Corona is a Cu-Au porphyry deposit, that is rich in gold, and it has been explored and mined at the upper portion, 500 meters of the porphyry system, having a high exploratory and mining potential.
The re-interpretation and an unconventional vectoring of 3D geological models together with modern deep IP & MT studies, helped define 08 drilling targets. In the last campaign, 11,665m was completed at two of these targets. Being the eastern-wall target that incorporated new mineral resources of Au and Cu in 2019 at Cerro Corona.
In the open pit, as of december 2019, the mineral resources, within the shell pit is in the order of 107.22Mt @ 0.58g/t Au and 0.36% Cu, which represent increase of aproximately 3% respect to the previous years, that will probably increase the life of the mine towards 2032.

1. Distrito Minero de Hualgayoc

En el distrito de Hualgayoc de la provincia de Cajamarca, Norte de Perú, durante el Mioceno se han emplazado una serie de intrusiones, subvolcánicas y facies volcánicas dentro de una secuencia sedimentaria silicoclástica y calcárea del Cretácico (Wilson, 1984). El basamento cretácico, entre 135 Ma a 91 Ma, está constituido de 300m de areniscas cuarzosas y lutitas del Grupo Goyllarisquizga. En discordancia sobreyacen horizontes delgados de lutitas y limonitas de la Formación Inca, seguida de 320m de calizas nodulares y margas de la Formación Chulec, calizas bituminosas y lutitas negras de la Formación Pariatambo y finalmente se depositaron 400m de

capas de calizas grises y delgados niveles de lutitas de la Formación Yamagual.

Las secuencias cretácicas se plegaron formando sinclinales y monoclinales N 40° - 60° O con vergencias al Sur (NE del pueblo de Hualgayoc). Distritalmente se ha reconocido tres principales sistemas estructurales, formados y reactivados durante todo el Mioceno: (1) Fallas regionales sinestrales e inversas N 30° - 60° O; (2) Sistemas de fallas kilométricas, dextrales, de orientación NE - SO. Estos dos sistemas controlan el emplazamiento de los sistemas, complejos y polifásicos, de pórfidos de Cu - Au de Cerro Corona (14.4 Ma), Cerro Jesús, Las Gordas (14.3 Ma); así como formación del batolito de San Miguel y el emplazamiento de los stocks y domos relacionados a los depósitos, erosionados, epitermales de alta sulfuración de Au, Ag, Cu de Tantahuatay (12.4 Ma), Ciénaga (12.7 Ma) y Peña de las Águilas (13.3 Ma). El tercer sistema, se formó en régimen transtensivo, es contemporáneo con la apertura / reapertura de fallas secundarias de orientación E-O, que son de carácter sinestral y dextral, estas controlan la mineralización polimetálica y argentífera de los depósitos de Carolina y Hualgayoc; así como la formación de vetas y cuerpos de enargita - pirita en San Nicolás y otros en Tantahuatay.

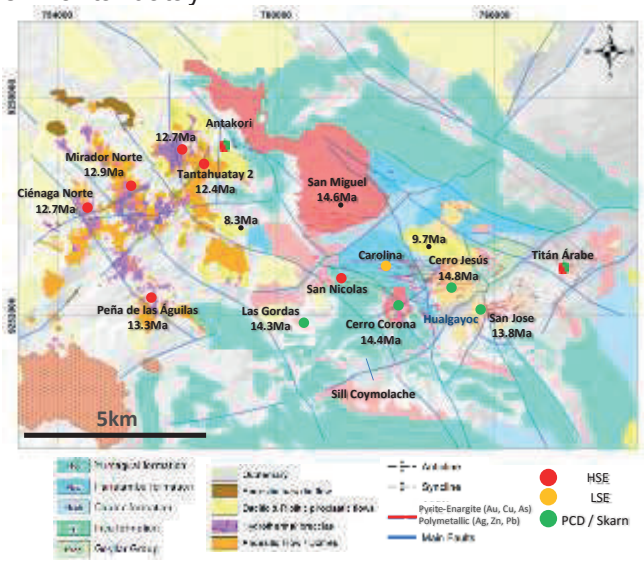

Figura N° 01. Mapa geológico distrital

Hualgayoc tiene una compleja y extensa huella hidrotermal que cubre 17Km por 7Km en dirección NO - SE. La producción histórica de Ag se remonta a la Colonia y hasta finales del Siglo XX, esta produjo +225M oz Ag y presentando +20M oz Ag equivalente, en recursos potenciales, aún por extraer. Las dos últimas décadas la producción de Au, Cu y Ag se realiza en tajos abiertos. La unidad minera de Tantahuatay tiene una planta de 36 ktpd, produjo hasta el 2019 ~1.2M oz Au y ~6.5M oz Ag en óxidos, por lixiviación en pilas, y la unidad de Cerro Corona produjo 4.27M oz Au y 1627M lb Cu en sulfuros en una planta de flotación de 20 ktpd.

1.1. Fertilidad magmática distrital

La actividad magmática calco-alcalina en el distrito fue estudiado desde la década de los 80, considerando el inicio en el Paleoceno.

Nuevas dataciones de U/Pb en zircones (Viala et al; 2019) indican un magmatismo continuo desde 14.8 Ma a 9.7 Ma, con una pausa entre 11 Ma y 10 Ma. En Cerro Corona, Cerro Jesús, Cerro Quijote y las Gordas el magmatismo relacionado a pórfidos de Cu - Au oscila entre ~15 y 13.5Ma. El magmatismo relacionado a domos / subvolcánicos, asociado a los sistemas, complejos, epitermales de alta sulfuración y potenciales skarn y pórfidos de Tantahuatay, Ciénaga y Antakori, tiene una edad de 13.5 Ma a 12 Ma. Domos y coladas riolíticas de 9.7 Ma a 8.3 Ma son post mineral, representan el fin de la actividad magmática en el distrito. Las intrusiones porfídicas mineralizadas tienen un ratio de Ce^{4+}/Ce^{3+} más alto que las intrusiones estériles, este ratio podría discriminar intrusiones que pueden ser potencialmente fértiles para pórfidos de Cu – Au para magmas oxidados.

2. Evolución de los modelos geológicos y geoquímicos en Cerro Corona

2.1. Geología Local (Figura N 02)

Cerro Corona se compone de seis eventos intrusivos de cuarzo diorita y diorita de texturas porfiríticas (Uzategui et. al, 2016), tienen forma cilíndrica sub-vertical con 80°- 85° al SE. El evento temprano es extenso, está en contacto con las calizas de la Formación Yamagual, que están marmolizadas y localmente se han formado cuerpos de exoskarn retrogrado con valores anómalos de Au y Cu, ubicados al Este del tajo.

Hay tres eventos intra mineral, estos contienen vetillas paralelas, en la parte alta, y “stockworks” conformados por vetillas de cuarzo - molibdenita (temprano); vetillas irregulares de magnetita - especularita - pirita - calcopirita ± bornita (Intermedio 1), vetillas de cuarzo - pirita - calcopirita con halos de sericita, clorita (Intermedio 2) y las vetillas de cuarzo - magnetita (tardío) cortanto a todas las preexistentes.

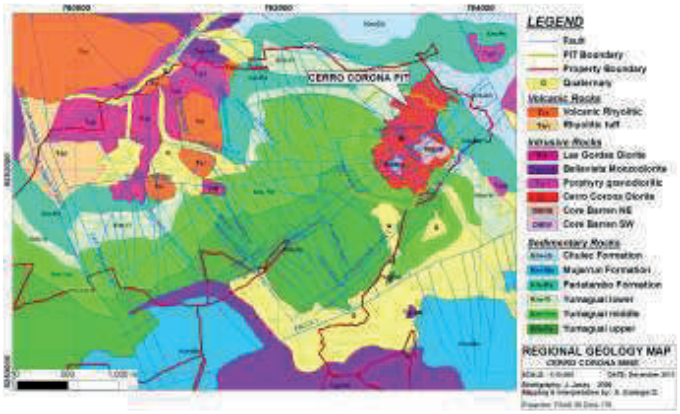

Figura N°02. Geología de Cerro corona

La zonación vertical de la alteración hidrotermal (Figura N° 03) empieza por la alteración potásica, temprana de alta temperatura y posterior la biotítica. La argílica 1 (cuarzo, illita, sericita, caolín, esmectita) y argílica 3 (cuarzo, montmorillonita, illita ± caolín), éstas dos se sobreponen a las alteraciones potásicas y se formaron por fluidos progrados de menor temperatura. Tardíamente ocurre la silicificación, controlada por estructuras verticales, está sobreimpuesta a las anteriores. La alteración Argílica 2 (Montmorillonita, clorita ± illita) es supérgena. En la base del sondaje más profundo, se evidencia una disminución de la intensidad de la alteración potásica temprana, superpuesta a una alteración calco-sódica. Actualmente más del 80% de los recursos se encuentran en la alteración potásica y silicificación.

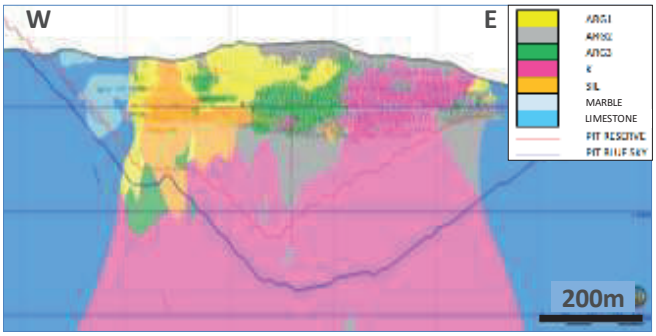

Figura N° 03. Sección E-O de alteración en CC

Cerro Corona presenta cuatro zonas de mineralización: supérgena, oxidación, transicional y zona hipógena, siendo esta última en actual producción. La mena en la zona hipógena consiste en calcopirita, con menor contenido de bornita. El oro esta principalmente como oro nativo y en pequeñas partículas de electrum (± 10%) asociado a calcopirita y pirita dentro de sus intersticios. La pirita está presente en todas las partes del depósito y no muestra una zonación como en otros pórfidos de Cu-Au (Baumgartner et al; 2016).

2.2. Distribución geoquímica

En las "Ore Zones" el Au (+ 0.3g/t) y Cu (+ 0.2%) se tiene una fuerte correlación positiva (Figura N° 04), se estima que se depositaron de manera gradual, entre los 350° - 400°C. Existen dos zonas de baja ley o "Barren Zones" relacionadas a pórfidos dioríticos tardíos, caracterizados por sus fenocristales de biotita.

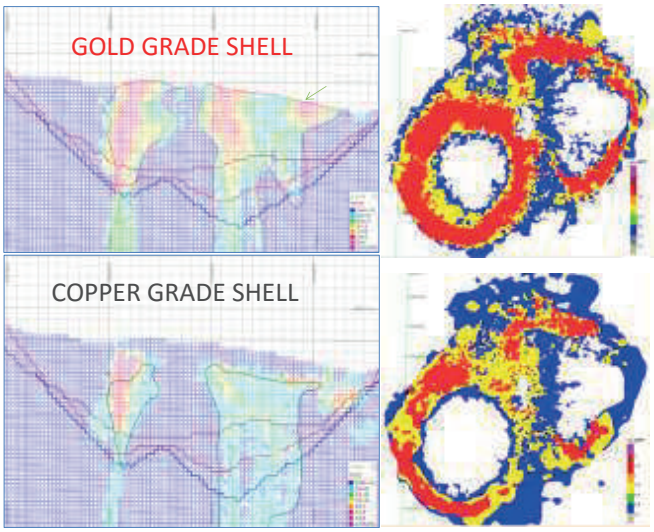

Figura N° 04. Distribución de Au y Cu en CC

El contenido de As es bajo, en promedio ~150ppm. La envolvente de As ≥ 60ppm muestra una distribución semi anular en la pared Oeste de tajo. Los valores de Sb y Ag están a nivel de trazas, estos tienen una correlación espacial positiva con el As, asociado más a enargita y tenantita. Los contenidos de Mo están a nivel de trazas.

3. Vectorización IP profundo & MT

3.1. IP profundo Orión Swath & MT

Cubrió 375 ha con 06 líneas maestras (N – S) dentro del tajo y sus alrededores (Figura N° 05). Se utilizó el método Orión Swath, el cual registró señales de IP (cargabilidad, resistividad - conductividad) de alta resolución hasta 800 m de profundidad y en paralelo se registraron señales magneto telúricas (MT) hasta 1500 m de profundidad. La primera fase del estudio se realizó dentro de las propiedades superficiales de Gold Fields.

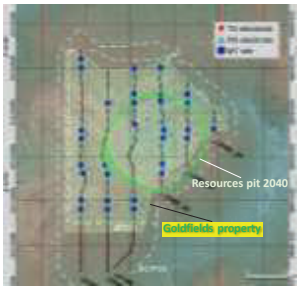

Figura N° 05. Ubicación de líneas geofísicas

3.2. Vectorización IP 3D inversión y MT

Los valores de alta conductividad (magenta, Figura N°07) o baja resistividad (<100ohm.m) se correlacionan directamente con el modelo de bloques de Cu de largo plazo. Las leyes de Cu mantienen una correlación moderada con la conductividad. Dos anomalías verticales de alta conductividad están ubicadas en la parte central del tajo relacionadas a la alteración silícea y potásica.

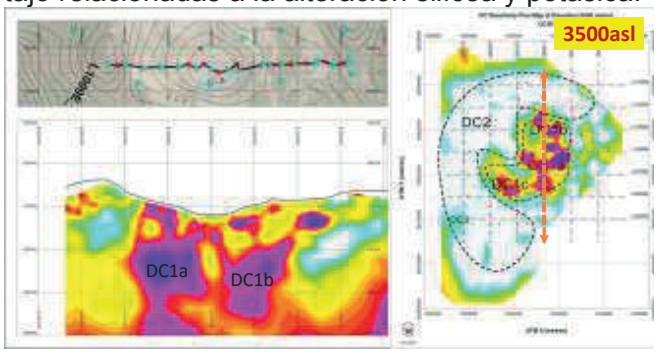

Figura N° 06. Anomalías de conductividad

Los valores altos de cargabilidad (10-60mrads) definen un cilindro vertical dentro del tajo, en la cota 3500msnm. La correlación de la alta cargabilidad es sutil con altos valores de Cu dentro del cono óptimo de recursos. La cargabilidad está limitada por la extensión del área que cubre la geofísica.

Las anomalías MT de conductividad, en color magenta (Figura N° 06), definen la continuación de la conductividad del IP 3D inversión por debajo de la cota 3200 msnm. Dos anomalías profundas, definen anillos verticales de orientación N - S, que parecen contornear un cambio de la alteración potásica interna y la mineralización (¿Zona de bornita?). Las altas conductividades del IP 3D inversión y MT tienen una inclinación de 80° - 85°SE, definiendo la inclinación del pórfido de Cerro Corona en la pared Este del tajo (Figura N°07).

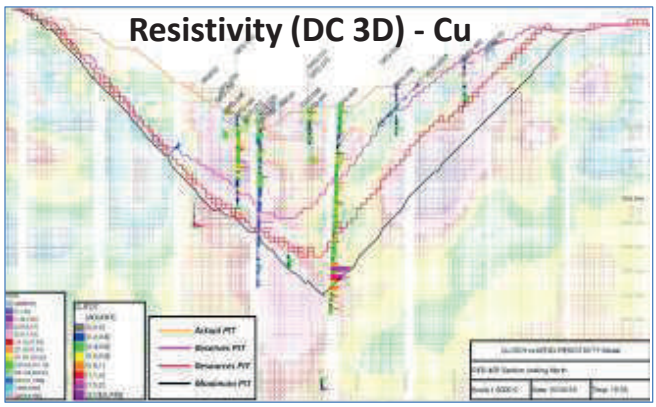

Figura N° 07. Sección E – O mirando al Norte. Valores de resistividad con leyes de Cu (%).

3.3. Targeting y potencial exploratorio

Se definió 08 targets de perforación (Figura N° 08). Los targets de primera prioridad están ubicados el Norte y Sur del tajo y están enfocados en generar nuevos recursos. Los targets de segunda prioridad tienen como objetivo incrementar recursos de Au y Cu y se exponen en la pared Oeste y Este del tajo (aquí se completó la última campaña de perforación). Las anomalías de conductividad y cargabilidad están abiertas al NE y SO. Finalmente, al Este se tiene una extensa anomalía resistiva somera (DC2), con moderada cargabilidad y está relacionada a las calizas Yamagual y diques dioríticos argilizados.

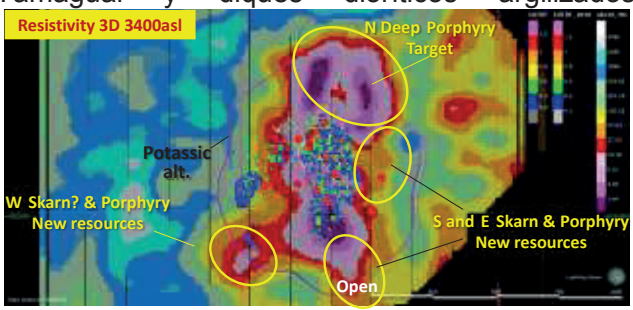

Figura N° 08. Targets de perforación en CC

4. Incremento de recursos de Au y Cu

Cerro Corona desde el 2008 hasta diciembre de 2018 ha producido 4.27M oz Au y 1627M lb Cu.

La última campaña de perforación termino en el primer semestre del año 2019 y se completaron 11 665 m. Se ha logrado incorporar nuevos recursos minerales, principalmente en la pared Este, representando un incremento de casi 3% en tonelaje y aproximadamente 1% en leyes de Au y Cu; en comparación al modelo de recursos del 2018

Los recursos minerales estimados a diciembre del 2019, dentro del cono, están en el orden de 107.22 Mt @ 0.58 g/t Au y 0.36 % Cu equivalentes a 2.07M oz de Au y 851M lb de Cu (www.goldfields.com), sin considerar los recursos de óxidos y “stockpiles” existentes.

Agradecimientos

Nuestro especial reconocimiento al Ingeniero Luis Rivera, presidente ejecutivo de Gold Fields Las Américas y a todo el equipo de Servicios Técnicos.

Referencias

Baumgartner, R., Gomez, P. and Escobar, G., (2016) Comprehensive Mineralogical Characterisation at the Cerro Corona Cu-Au Porphyry Mine – the Fundamental Key for Geometallurgical Applications: The third AUSIMM international Geometallurgy Conference, Perth, WA, Publ. Esp., p. 221-230.

Uzategui, A., Azan, J. y Ríos, 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.

Viala, M., Hattori, K., (2019) Temporal evolution of magmas associated with Au-Cu mineralization in the Hualgayoc Mining District, Northern Peru: Geological Association of Canada-Mineralogical Association, Quebec City, 2019 Annual Meeting.

Wilson, J., (1984) Geología de los cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo y Chepén: Ingemmet, Serie A, Boletín N° 38.