

# **GEOLOGÍA DEL DEPÓSITO DE ALTA SULFURACION DE CERRO NEGRO OESTE EN EL DISTRITO MINERO DE YANACOCCHA CASO DE MINERALIZACIÓN DE ORO EMPLAZADA EN ESTRUCTURA VOLCÁNICA TIPO LAVA DOMOS**

Jesús P. Reyes. MYSRL

jesus.reyes@newmont.com

## **RESUMEN**

En los campos volcánicos que están afectados por procesos posteriores de alteración hidrotermal, pocas veces se puede determinar y detallar el tipo de estructura volcánica original, y el cual ha sido la roca huésped para los procesos hidrotermales. En este caso del distrito minero de Yanacocha es un complejo volcánico con múltiples edificios y estructuras que han sido desarrollados en un período relativamente largo de tiempo 19 – 8 MM años. Sin embargo existen algunas estructuras volcánicas que están parcialmente preservadas en su geometría y textura de roca donde se puede configurar (reconstruir) el tipo de estructura volcánica original. También se puede determinar la correspondencia entre textura de roca, tipos de alteración y su asociación con la mineralización, como es el caso del depósito de Cerro Negro Oeste (CNO) que es uno pequeño (a la escala de otros depósitos en Yanacocha) que se ubica en el extremo SO del distrito. Información de campo, taladros diamantinos y geofísica pueden ser asimilados y utilizados en softwares que mediante las técnicas de modelamiento tridimensional pueden configurar cuerpos y geometrías de sólidos que nos aproximan a una radiografía interna de un edificio volcánico, que en este caso se ha identificado como el tipo lava domos (clasificación USGS). Asimismo se determina una relación selectiva entre texturas de roca, tipos de alteración y la mineralización de Au.

La mineralización predominante es de oro con promedio de 1.3 ppm Au en óxidos, con bajos contenidos de Ag (<5 ppm) y esta asociada con alteraciones silíceas que a su vez se han emplazado (desarrollado) selectivamente en las brechas freáticas conformando una geometría cilíndrica en superficie.

## **GEOLOGÍA**

El área de Cerro Negro Oeste corresponde a una estructura volcánica del tipo lava domos, la cual presenta una fisiografía de un anfiteatro en forma de herradura abierta hacia el este, esta estructura tiene un diámetro de 0.8 km. y también presenta una abertura lineal (cicatriz de avalancha) de dirección NO (Fig. 1) por la cual discurrieron depósitos de avalanchas de escombros.

## **UNIDADES LITOLÓGICAS**

El edificio volcánico de Cerro Negro Oeste esta conformado por unidades estratigráficas volcánicas correspondientes a (ver Fig 1): A) Remanentes de rocas piroclásticas tipificadas como tufo de cristales (ff,Tf), B) Flujos de lava en la periferia (P), C) Brechas freáticas que presentan relleno hidrotermal posterior, por lo cual es la unidad que está relacionada con la mineralización de oro. La disposición de estas brechas conforma un anillo ovalado (Bxf, Bxo), D) Brechas freatomagmáticas que se posicionan formando un anillo concéntrico hacia el interior (Bxi) y E) Domo central resurgente tardío que se emplaza en el núcleo del edificio volcánico.

La secuencia generalizada de los eventos volcánicos está dada por una etapa efusiva piroclástica inicial (erupción peleana), con posteriores eventos lávicos (erupción pliniana) que destruyeron o removilizaron a las rocas piroclásticas preexistentes; luego se produce el emplazamiento de un domo resurgente en la parte central de la estructura. Finalizando con una etapa de erupción explosiva del

magma que interactúa con la paleotabla de agua originando brechas freatomagmáticas y freáticas que están distribuidas en forma de anillo, completando el ciclo de eventos volcánicos.

#### **ESTRUCTURAS PREDOMINANTES**

En el área de CNO se distinguen tres sistemas de fallas y fracturas predominantes. Dos sistemas conjugados NNO y NE son los sistemas principales, las estructuras EO representan estructuras de dilatación que parecen también tener una relación con la mineralización de Au (Fig. 2).

#### **ALTERACIONES HIDROTERMALES**

Los patrones de alteración hidrotermal en este depósito se han desarrollado selectivamente en unidades litológicas específicas, siguiendo un patrón de zoneamiento típico de los yacimientos de alta sulfuración, con un núcleo central de intensa alteración pervasiva silícea, en este caso se han desarrollado preferentemente en las brechas freáticas(+70% en volumen), el otro 30 % de emplaza en rocas tobáceas. Bordeando la alteración silícea se desarrolla la alteración de sílice alunita coincidiendo con los contactos de la brecha freática con brechas freatomagmáticas y domos resurgentes (Fig 2). En algunos sectores la sílice alunita grada a sílice pirofilita principalmente hacia profundidad. Hacia los bordes periféricos se desarrolla la alteración argílica (Caolinita, dickita) que en este depósito presenta volúmenes restringidos. La alteración propilita se muestra incipiente con zonas muy restringidas de predominio de cloritas.

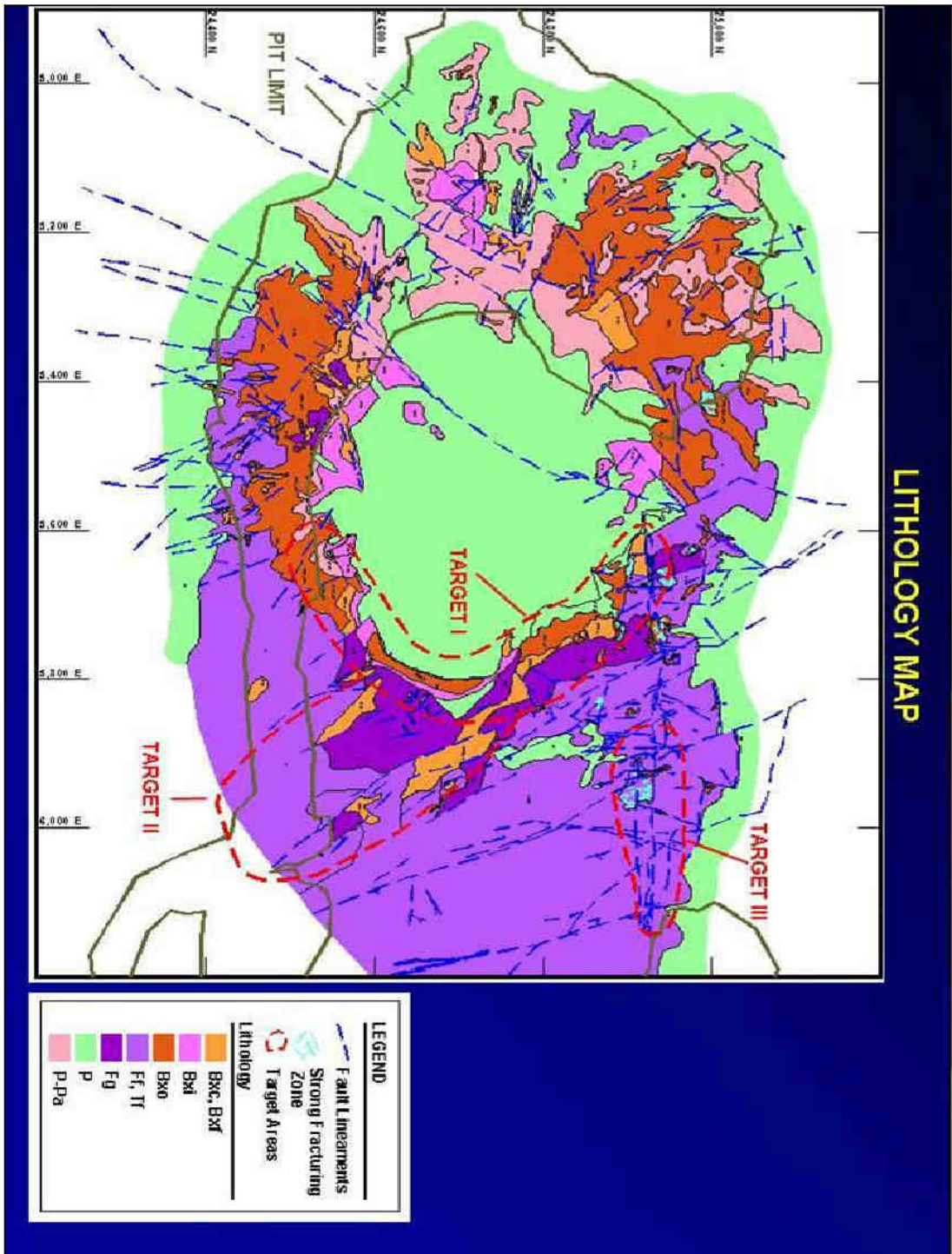
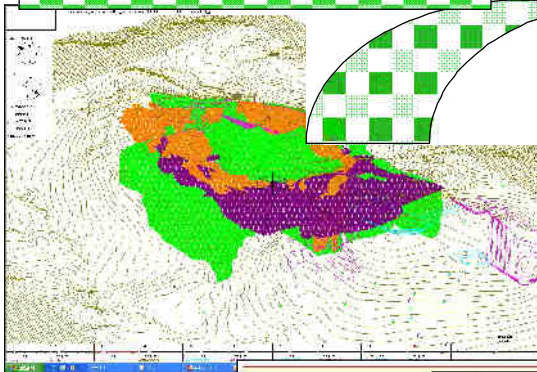
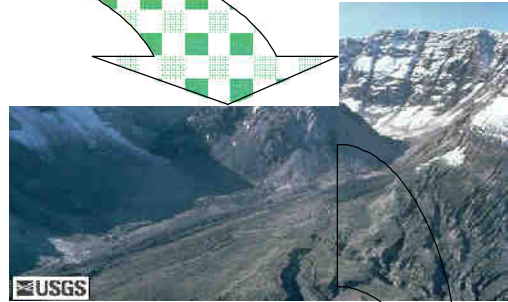


Fig. 1 - Plano Geológico de detalle CNO

**Fig2.- Modelo geológico tridimensional de la estructura volcánica de Cerro Negro Oeste, basado en información de superficie y de taladros diamantinos.**



**Fig3.- Analogía moderna. Volcán Mont Sant Helen representa el ejemplo tipo de una estructura volcánica de cono de piroclastos – lavas, asociadas a un domo central resurgente.**



Types of Volcanoes			
Volcanic Type	Characteristics	Examples	Simplified Diagram
<b>Flood or Plateau Basalt</b>	Very liquid and flows very widespread; emitted from fractures	Columbia River Plateau	
<b>Shield Volcano</b>	Liquid lava emitted from central vent; large; sometimes has a collapse caldera	Larch Mountain, Mount St. Helens, Fuji and Mount Fuji, Hawaiian volcanoes	
<b>Cinder Cone</b>	Explosive liquid lava; small; emitted from a central vent; if continued long enough, may build up a shield volcano	Mount Tabor, Mount St. Helens, Chocoma Hill, Parícutin, Lava Hill, Craters of the Moon	
<b>Composite or Stratovolcano</b>	More viscous lavas, much explosive (pyroclastic) debris; large; emitted from a central vent	Mount Baker, Mount Rainier, Mount St. Helens, Mount Hood, Mount Shasta	
<b>Volcanic Dome</b>	Very viscous and relatively small; can be explosive; commonly occurs adjacent to craters of composite volcanoes	Korymbos, Mount St. Helens Lava Dome, Mount St. Helens, Mount St. Helens, Mono Craters	
<b>Caldera</b>	Very large composite volcano collapse after an explosive period; frequently associated with the dome	Crater Lake, Newberry, Kilauea, Long Valley, Medicine Lake, Yellowstone	

**Fig4.- Clasificación de estructuras volcánicas, definido por el USGS. Es muy útil en la identificación práctica de las estructuras volcánicas como es en caso de Cerro Negro Oeste.**

Fig. 2, 3, 4 - Mostrando la analogía geométrica del campo volcánico de Cerro negro Oeste con la estructura moderna de Santa Elena.

## MINERALIZACIÓN DE AU Y SU RELACIÓN CON LAS UNIDADES LITOLÓGICAS Y ALTERACIONES

### CONTROL LITOLÓGICO

Los patrones de mineralización de Au en superficie siguen una distribución de anillo semicircular relacionados directamente con las unidades litológicas (protolito) del edificio volcánico de CNO. Así las principales concentraciones > 0.7 g/t han sido emplazadas en brechas freáticas con relleno hidrotermal en la matriz. Evidenciado por los múltiples eventos silíceos y abundante presencia de óxidos de Fe (fig.7), los valores de 0.1 a 0.5 g/t corresponden a las brechas freatomagmáticas y a zonas de contacto de lavas, y la zona central estéril (barren) corresponde al domo central que se comporta como unidad no permeable a la alteración hidrotermal y consecuentemente a contener mineralización económica de Au. En este caso el factor determinante para albergar alteración – mineralización esta determinado por el grado de permeabilidad de cada unidad litológica. En un inicio

para ser receptivas a la alteración hidrotermal (con mineralización de Au) y al grado de competencia estructural que genera la friabilidad que favorece también a la permeabilidad.

### CONTROL ESTRUCTURAL

Internamente las zonas más favorables donde se ha desarrollado la mineralización, se relacionan con las zonas de fracturamiento conjugado NE y NO, sin embargo las zonas de mayor ley se emplazan en las zonas de dilatación estructural, generada de dirección EO (Fig. 2).

### PATRONES DE ALTERACIÓN

En este caso la mineralización de oro está estrechamente relacionado con la alteración silícea, que en sus últimos estadios trajo un alto contenido de sulfuros (pirita) y que actualmente por producto de intemperismo se presenta como intensa presencia de óxidos de Fe, predominando goethita sobre limonitas.

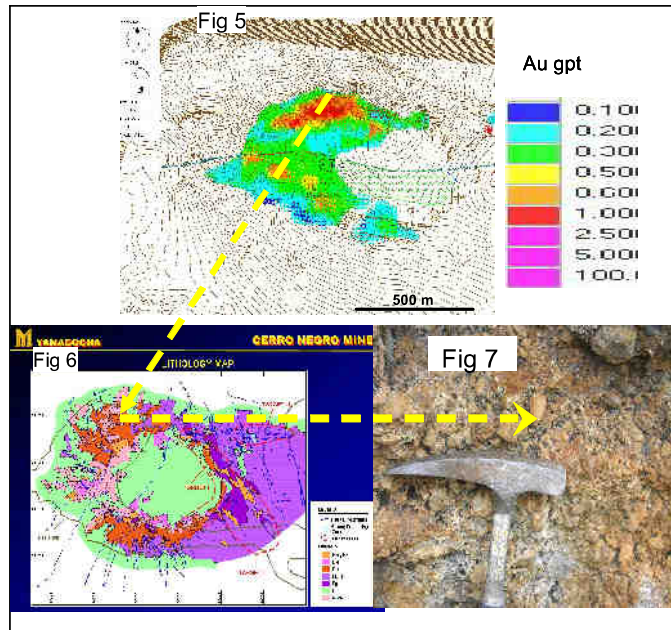


Fig 5,6,7 La figura 5 muestra la anomalía geoquímica de oro, en rojo los valores  $> 1$  g/t Au, se correlaciona con las unidades de brechas freáticas con relleno de hidrotermal, mostradas en la figura 6 y 7.

### CONCLUSIONES

Evidencias de campo y detalle de interpretación geológica (suficiente información) demuestran la relación entre la mineralización aurífera con unidades geológicas específicas de litología, alteración y alineamiento de fallas en la estructura volcánica de Cerro Negro Oeste. La dimensión relativamente pequeña del depósito y el nivel de información (suficiente taladros diamantinos) nos han permitido configurar muy bien la estructura volcánica de Lavas Domos ó Estratovolcán, para lo cual ha sido muy útil hacer similitudes (analogías) con estructuras volcánicas modernas, en particular en este caso fue de mucha ayuda utilizar la información geológica del monte Santa Elena (ampliamente difundida).

### AGRADECIMIENTOS

A los directivos del área de Geología de MYSRL por permitir la publicación de este artículo y al equipo de geólogos de la empresa que han contribuido con este trabajo, en especial al geólogo Raúl Rojas que participó activamente en los trabajos de campo.

### BIBLIOGRAFÍA

Marino, J., Thouret, J. 2004. Geología, historia eruptiva y evaluación de peligros del volcán Ticsani (sur del Perú). IGP, Laboratoire Magmas et volcans, Université Blaise Pascal-France.  
Reportes internos MYSRL, 1998,1999, 2004, 2005.