

# GEOLOGIA ESTRUCTURAL DEL PROYECTO CAROLAY

**Carlos Villon**

Minera Sunset del Perú S.A.C.

[carlvillon@hotmail.com](mailto:carlvillon@hotmail.com)

## Resumen

El objetivo de este trabajo es determinar las direcciones principales de las estructuras mineralizadas del Proyecto Carolay.

El alcance está orientado a todas las estructuras del yacimiento que se han clasificado de tipo mesotermal de geometría vetiforme con contenido de plata y zinc. Y se encuentran emplazadas en una roca metavolcánica de posible composición intermedia metamorfizada que es parte del Complejo Marañón.

La aplicación de este trabajo está orientada a la exploración de nuevas estructuras mineralizadas emplazadas dentro rocas metamórficas pertenecientes al Complejo Marañón, que presenta rocas desde gneiss, esquistos, filitas, cuarcitas y metavolcánicos. Posiblemente estas estructuras podrían ser encontradas en las rocas discordantes y sobreyacentes a estas rocas precámbricas, como el grupo Mitu (Pérmico) conformada por areniscas y cuarcitas, además de las calizas del grupo Pucara (Triásico) y las cuarcitas de la formación Chimu fase oriental (Cretáceo).

En el proyecto de Carolay se han podido establecer tres orientaciones de las estructuras que están ligadas a la mineralización:

- 1.- Estructuras Noroeste (NW), pertenecen al sistema de vetas principal del Proyecto Carolay las cuales tienen  $310^\circ$  de azimut y buzamiento de  $46^\circ$  hacia el noreste.
- 2.- Estructuras Noreste (NE), son estructuras tensionales a la veta Carolay tienen en promedio  $50^\circ$  de azimut y buzamiento de  $71^\circ$  hacia el sureste.
- 3.- Estructuras Nortesur (NS), son estructuras de entre  $345^\circ$  y  $10^\circ$  de azimut y con fuerte buzamiento  $75^\circ$  hacia el noreste. Estas estructuras cortan a la anterior y la mineralizan.

Las estructuras siempre están acompañadas por fallas, son estas las que controlan la mineralización. Las fallas principales son las que están ligadas a las estructuras noroeste (NW) como primer orden, son fallas sinistral-inversas. Las fallas noreste (NE) son normales, tensionales a las primeras y serían de segundo orden. Las fallas nortesur (NS) son las de tercer orden y al parecer tuvieron reactivación pues cortan a todas las demás estructuras anteriores. También estas fallas fueron en principio fallas dextral-normales pero después de la reactivación se convirtieron en fallas reversas sinestrales.

En el análisis de esfuerzos se ha podido determinar las principales direcciones de los esfuerzos  $\sigma_1$  ( $279^\circ/43^\circ$ ) y  $\sigma_3$  ( $173^\circ/16^\circ$ ). Lo que nos estaría indicando que la dirección del esfuerzo de subducción fue oblicua.

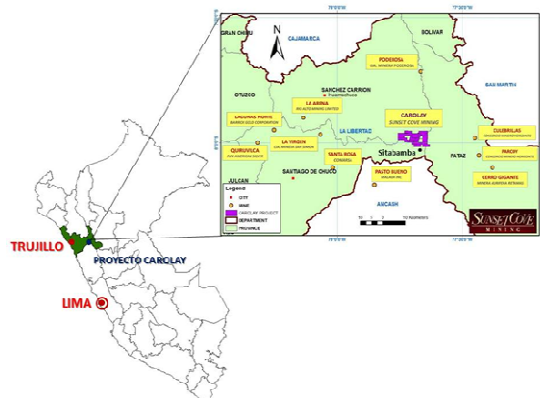
Este trabajo describe las características de los controles estructurales que podrán servir como una herramienta en el futuro a la exploración de yacimientos minerales en esta zona.

## Acceso y Ubicación

El proyecto de Carolay se encuentra ubicado entre los poblados menores de Ushnoval y Huayobal pertenecientes al distrito de Sitabamba, provincia de Santiago de Chuco departamento de La Libertad.

El acceso es en gran parte por carretera afirmada y carrozable, solamente un tramo de la carretera Trujillo – Huamachuco esta asfaltada:

Trujillo – Huamachuco 4 horas (180Km)  
Huamachuco - Ushnoval 6 horas (140Km)

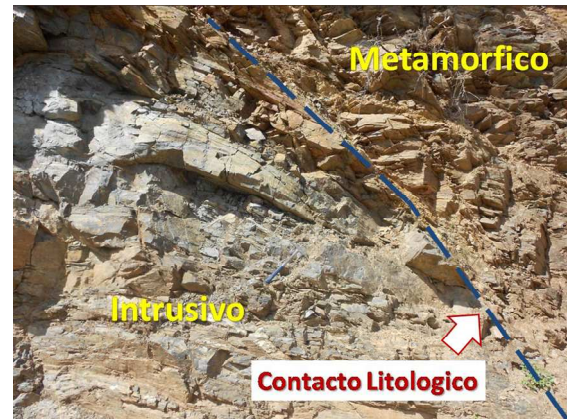


Mapa N°1. Mapa de ubicación.

## Litología

En la zona existen rocas metamórficas pertenecientes al Complejo Marañón, que van desde gneiss, esquistos, filitas y metavolcánicos. El Grupo Mitu (areniscas) también aflora en esta zona. En el proyecto también se encuentran las calizas del Grupo Pucara y las cuarcitas de la Formación Chimú. En el basamento (C. Marañón) se tiene una roca metamórfica llamada orthogneiss, sobrepuesta a ella se encuentran los esquistos que se pueden diferenciar entre micaesquistos y esquistos de granate. En estos esquistos se encuentran horizontes de cuarcita y metavolcánicos además de roca volcánica poco metamorfizada intruyendo a los esquistos en forma de sills y diques. El metavolcánico es la roca de importancia económica y se encuentra emplazada a lo largo de la falla Huayobal. Sobreyaciendo a estos metavolcánicos se encuentra una roca gneiss de ojos que presenta en algunos sectores texturas miloníticas pero en la mayor parte de su afloramiento presenta una textura porfidoblastica. Además de rocas metamorfizadas en el C. Marañón existen intrusiones pegmatíticas que forman diques irregulares. También se encuentran diques y sill poco metamorfizados de composición andesítica a basáltica de textura porfirítica y

afanítica, varios de estos diques se encuentran con diseminación de sulfuros (<1%) algunos de ellos presentan además magnetismo.

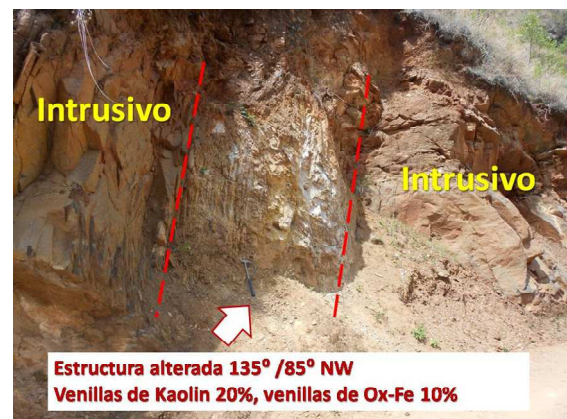


Fotografía N°1. Contacto litológico de un intrusivo metamorfizado con los esquistos pertenecientes al C. Marañón.

## Alteración Hidrotermal

La alteración hidrotermal donde está ligada la mineralización es cuarzo-sericita, argilización (caolín) moderada y fuerte silificación, que se superponen a la alteración propilítica.

Lejos de la zona de mineralización existen estructuras de arcilla con venillas de óxidos de Fe y Mn que cortan a los metavolcánicos. La alteración propilítica se encuentra alejada de la mineralización (cloritas, piritas y venillas de calcita).



Fotografía N°2. Estructura alterada 135° / 85° NW. Venillas de Kaolin 20%, venillas de Ox-Fe 10%. Estructura alterada atravesando un sill compuesta por andesita porfirítica.

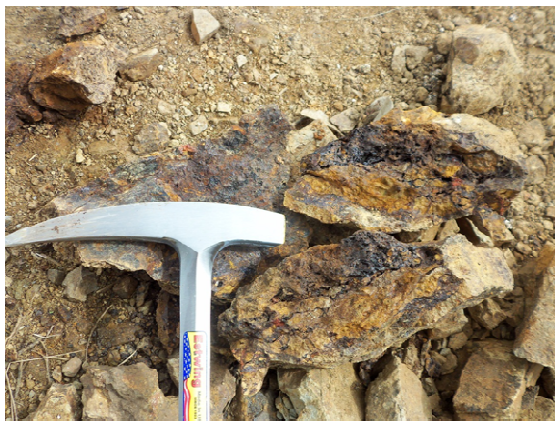
## Mineralogía

La mineralogía de las estructuras mineralizadas está compuesta principalmente por venillas de marmatita con venillas de

galena y sulfuros de plata de grano muy fino asociado a óxidos de hierro y manganeso.

Se han podido diferenciar un primer estadio de cuarzo lechoso. Segundo se tiene marmatita la cual trae la mineralización de zinc. El tercer estadio está conformado por sulfuros de plata asociado a pirita que cortan a la venillas de marmatita, al final de este estadio se ha podido observar cuarzo hialino formando geodas. En el cuarto estadio se puede observar la galena en venillas y diseminada algunas veces asociada a la calcita, corta a todas los estadios anteriores.

Todos los estados tienen venillas de pirita asociado por lo que la oxidación de este sulfuro ha formado óxido de hierro. Existe mucho hierro en el sistema hidrotermal.



Fotografía N°3. Muestra de la Veta Caroly 4 mostrando la etapa de óxidos de hierro.

### Geoquímica

En base a los muestreos de los afloramientos el Proyecto Caroly se ha podido desarrollar un análisis geoquímico de los resultados que se presenta a continuación:

La plata forma una buena relación con el antimonio llegando a un coeficiente de correlación de 0.87 (esto es típico en esta región donde varios especialistas reportan anomalías de antimonio en zonas mineralizadas). Los valores más altos de plata varían entre 110 y 200ppmAg. La relación de la plata con el Zn, Pb y Cu no es muy buena, lo que se puede pensar que la plata se encuentra formando sulfuros o sulfosales y no dentro de la estructura de la galena (galena argentífera).

El zinc es el elemento mejor difundido en el proyecto por ser un elemento muy móvil se encuentra formando sulfuros, como el mineral de la esfalerita variedad "marmatita", que es el mayor mineral de relleno de las vetas después del cuarzo y los óxidos de hierro. Los mayores valores de Zn varían entre 0.81 y 1.67%Zn.

El plomo tiene una relación con el Zn de 0.338, está formando el mineral de galena como parches o venillas entre la roca caja o como relleno de las estructuras. No forma ninguna clase de relación con la mineralización de la plata. Los mayores valores varían entre 0.77 y 1.47%Pb.

El cobre es un mineral que se encuentra concentrado en algunas zonas del Proyecto con valores de 0.84 hasta 2.20% Cu. No guarda relación con ningún elemento. En el campo se han registrado venillas de calcopirita hasta 2%.

Los elementos volátiles como mercurio, telurio y selenio se encuentran muy deprimidos, seguramente la temperatura al que se formaron las vetas fue muy alta.

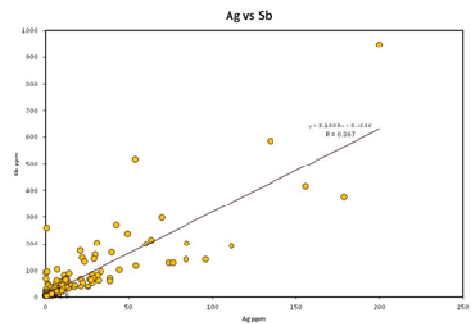


Diagrama N°1. Relación del antimonio versus la plata (R=0.867).

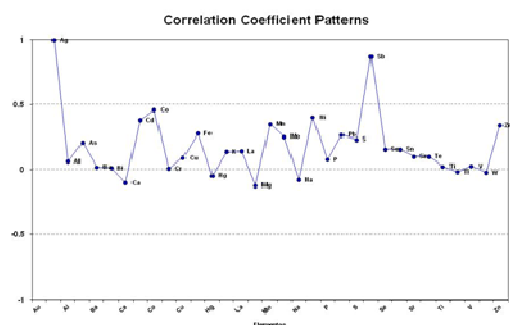
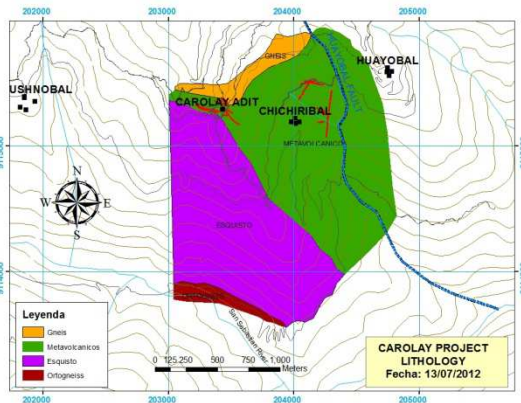


Diagrama N°2. Coeficiente de correlación de la plata con otros elementos.

### Control Estructural

El principal control estructural en esta zona son las fallas noroeste (NW) la cual controla la mineralización. Se tiene un promedio de 310° de azimut. Este sistema pertenece al sistema andino. Y son fallas que en el transcurso del

tiempo geológico han tenido diversas reactivaciones. En el proyecto existe una falla llamada falla Huayobal que pertenece a este sistema, la cual parece estar ligada a la mineralización porque muchas de las estructuras mineralizadas están cerca a ella. También existen fallas nortesur que cortan a las primeras y son las únicas fallas que muestran estrías.



Mapa N°2. Mapa geológico del Proyecto Carolay mostrando la falla Huayobal (línea azul)

### Principales Direcciones

En el Proyecto de Carolay se han podido establecer tres rumbos de estructuras que están ligadas a la mineralización:

- 1.- Estructuras Noroeste (NW), pertenecen al sistema de vetas de Carolay tienen un rumbo de 310° de azimut y buzamiento de 46° hacia el Noreste (NE). Existen otras estructuras paralelas a este sistema.
- 2.- Estructuras Noreste (NE), son estructuras tensionales a la veta Carolay tienen un rumbo promedio de 50° de azimut y buzamiento de 71° hacia el SE. Además existen otras estructuras que tienen el mismo rumbo, pero de bajo ángulo (posibles mantos?).
- 3.- Estructuras Nortesur (NS) "Feeders" son estructuras de rumbo entre 345° y 10° de azimut y con fuerte buzamiento 75°. Estas estructuras cortan a las estructuras noreste (NE) y noroeste (NW) y las mineralizan. La principal estructura registrada con este rumbo es la veta Carolay 4

Se realizó la construcción de una rosa la cual se muestra a continuación, donde se puede observar las principales direcciones de las estructuras.

Adicionalmente de lo explicado anteriormente se puede observar que las estructuras noreste y este-oeste son tensionales de las estructuras noreste y nortesur.

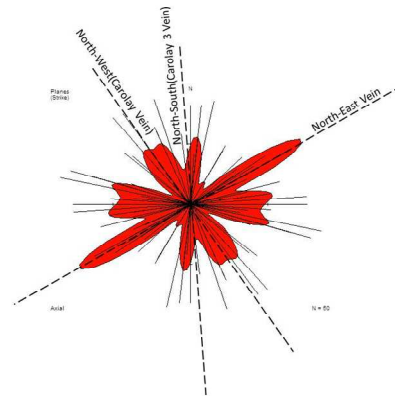


Diagrama N°3. Rosa mostrando las principales direcciones del proyecto Carolay.

### Modelo Estructural

Con todos los datos recolectados de campo se pudo realizar un modelo de las estructuras en un primer movimiento compresivo, las cuales se muestran en el siguiente gráfico.

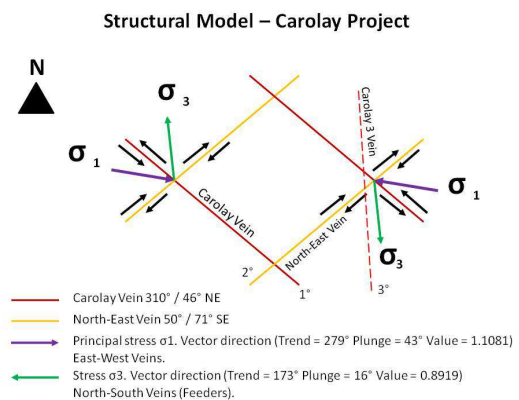


Diagrama N°4. Modelo estructural del proyecto Carolay.

Como se observa las fallas principales son las noroeste (NW) que se caracterizan por ser fallas sinestrales – inversas como consecuencia del esfuerzo  $\sigma_1$ . Como consecuencia se produjeron las fallas noreste (NE) que son fallas dextrales – normales. En dirección del  $\sigma_3$  se formaron las fallas nortesur (NS) que en un inicio fueron fallas normales y luego se convirtieron en fallas reversas por los continuos esfuerzos compresivos.



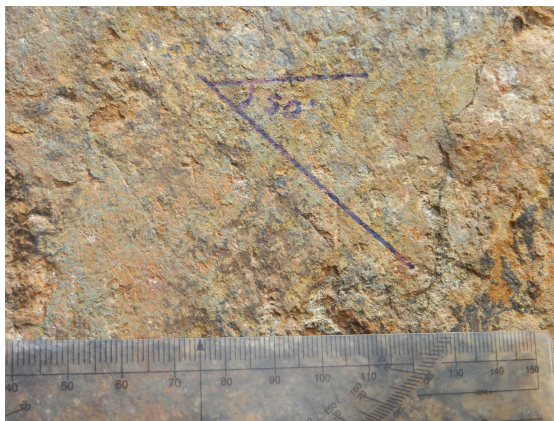
Fotografía N°4. Afloramiento de la Veta Carolay 4 donde se muestra su último movimiento como falla reversa.

En el análisis de esfuerzos se ha podido determinar las principales direcciones de  $\sigma_1$  ( $279^\circ/43^\circ$ ) y  $\sigma_3$  ( $173^\circ/16^\circ$ ).

Las fallas principales son las NW como primer orden. Las fallas NE son tensionales a estas serian de segundo orden. Las fallas NS son las de tercer orden, al parecer estas tienen una reactivación algunas veces cortan a las demás estructuras.

#### Estrías de falla

Las fallas nortesur (NS) son las únicas fallas que muestran estrías, el ángulo de pitch es igual a  $50^\circ$ . Según los datos de campo las fallas reversas de dirección nortesur son sinestrales.



Fotografía N°5. Espejo de falla (techo) de la veta Carolay 4, la cual presenta cristalización al abrigo, las estrías tienen un pitch de  $50^\circ$ .

Los tectoglifos que se pudieron diferenciar son cristalización al abrigo y planos ondulados.

#### Fallas principales ligadas a la mineralización

Según las observaciones las estructuras ligadas a las fallas noroeste (NW) están ligadas a la mineralización de zinc.

Las estructuras ligadas a las fallas nortesur (NS) están ligadas a la mineralización de plata. También estas estructuras NS funcionan como "Feeders" a las estructuras noreste y noroeste.



Fotografía N°6. Estructura nortesur (NS) cortando y mineralizando estructuras noreste (NE), las cuales forman pequeños mantos (<20 metros).

#### Discusiones

La roca metavolcánica es una roca al parecer de composición intermedia su edad es muy discutible podrían estar relacionado a los volcánicos Lavasen (indiferenciado) tal vez de edad Carbonífera.

Muchos diques y sills cortan al metavolcánico y también se conocen en la zona diques de igual composición intermedia que cortan las areniscas de la formación Chimu (Cretáceo), por lo cual se podría inferir que estos deben ser terciarios.

La mineralización podría estar relacionada a la actividad hidrotermal de estos últimos diques por lo que la mineralización podría ser terciaria.

La geoquímica indica que el antimonio y la plata tiene buena relación algo parecido al distrito de Pataz donde se reporta relación entre el oro y el antimonio.

El control más importante en el proyecto son las fallas noroeste (NW) seguidas de las fallas nortesur (NS).

Según el análisis estructural se podría decir que la dirección del esfuerzo de subducción fue oblicua.

Las estructuras son irregulares y cuando pasan a las rocas esquistosas estas desaparecen.

### **Recomendaciones y conclusiones**

Las dataciones de las rocas es importante realizar, algo que falta realizar, para poder establecer los principales movimientos en el tiempo.

Las estructuras mineralizadas están relacionadas a fallas noroeste (NW) y nortesur (NS).

La roca hospedante es la roca metavolcánica.

La mineralización está asociada a la alteración hidrotermal cuarzo-sericita y argilización(caolín) con fuerte silicificación.

### **Referencias**

Geología del cuadrángulo de Pataz. Boletín N°9, Hoja 16h por John Wilson y Luis Reyes R. Ministerio de Fomento y O. P. Setiembre 1,964.

Carboniferous orogenic gold deposits at Pataz, Eastern Andean Cordillera, Peru Geological and structural framework. Economic Geology, vol. 99, p.p. 73-112, January-february 2,004.