

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**TESIS**

**Evaluación geológica del potencial de mineralización, zona  
Longreras Oeste, unidad minera El Porvenir, 2019**

**Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Geólogo**

**Autor: Bach. Jesica Beatriz, MORALES OSCATEGUI**

**Asesor: Ing. Ramiro Ernesto, DE LA CRUZ FERRUZO**

**Cerro De Pasco – Perú- 2020**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**TESIS**

**Evaluación geológica del potencial de mineralización, zona**

**Longreras Oeste, unidad minera El Porvenir, 2019**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

.....  
Mg. Vidal Victor CALSINA COLQUI  
Presidente

.....  
Mg. Javier LOPEZ ALVARADO  
Miembro

.....  
Ing. Eder Guido ROBLES MORALES  
Miembro

## DEDICATORIA

*A Dios, por darme salud e iluminar cada paso que doy, por darme fortaleza, por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.*

*A mis Padres, Wilfredo Morales y Mary Oscategui por darme la vida, apoyarme incondicionalmente y darme la fortaleza para cumplir mi meta y ser un profesional.*

*A mis hermanos Edith, Joseph y mi sobrino Leonel por ser un gran motivo para salir adelante.*

*A mi esposo Henri, por ser mi apoyo constante y así cumplir nuestra meta de ser profesionales ambos.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Es preciso dar mis sinceros agradecimientos a todas las personas que me apoyaron para realizar este trabajo, que fue el fruto de un intenso laboreo y la perseverancia. Asimismo, mi gratitud y mi agradecimiento a los docentes de la Escuela de Formación Profesional de Geología, quienes merecen su distinción, ya que con sus valiosas enseñanzas permitieron brindarme una sólida y actualizada formación profesional.

De una forma especial a los representantes de la empresa Nexa Resources, U.M. el Porvenir por permitirme realizar el presente estudio.

## RESUMEN

El presente informe es el resultado del reconocimiento y mapeo de la zona de Longreras Oeste y sus alrededores. En ella aflora una gran falla denominada "Longreras Oeste" cuya extensión sobre pasa los 2,300 m, a lo largo de la cual ocurren una serie de afloramientos de anchos y longitudes variables los cuales contienen óxidos de Mn y Fe en diferentes proporciones.

Esta estructura fue explorada en años anteriores utilizando un crucero de 1200 metros y 4 taladros diamantinos cuyos resultados fueron desfavorables. En el campo se han reconocido que estos afloramientos son muy irregulares por ello la exploración en profundidad que se realizó tenía mucho riesgo de intersectar mineralización.

El estudio comprende la evaluación geológica de la zona Longreras Oeste para poder estimar su potencial de mineralización para contribuir con los recursos de minerales en el incremento de las mismas.

Toda exploración se basa en caracterizar la geología, para luego determinar zonas de blancos de exploración que pueden constituir en el tiempo reservas de minerales económicos.

Este trabajo consiste en determinar zonas de exploración y verificar si es importante el blanco de exploración para continuar con una exploración a detalle.

**Palabras clave:** *falla, crucero, potencial de mineralización, reservas de minerales económicos, exploración.*

## SUMMARY

This report is the result of the recognition and mapping of the Longreras Oeste area and its surroundings. In it emerges a large fault called "Longreras Oeste" whose extension exceeds 2,300 m, along which occur a series of outcrops of variable widths and lengths which contain oxides of Mn and Faith in different proportions.

This structure was explored in previous years using a 1200-meter, 4-hole diamen-chard cruiser whose results were unfavorable. In the field it has been recognized that these outcrops are very irregular so the in-depth exploration that was carried out had a high risk of intersecting mineralization.

The study includes the geological assessment of the West Longreras area to be able to estimate its mineralization potential to contribute to mineral resources in increasing them.

Entire exploration is based on characterizing the geology, and then determining areas of exploration targets that may constitute in time reserves of economic minerals.

This job consists of determining scan zones and verifying whether the scan target is important to continue with a drill-down scan.

*Keywords: failure, cruising, mineralization potential, economic mineral reserves, exploration.*

## **INTRODUCCIÓN**

La Unidad Minera El Porvenir se ha visto en la necesidad de realizar exploraciones en áreas con altas posibilidades geológicas, por eso es importante realizar este proyecto.

La evaluación geológica se basa principalmente en determinar los recursos minerales existentes en un proyecto de exploración.

Con los resultados determinados se realiza una evaluación para decidir su continuidad en la exploración y posteriormente su explotación.

Así mismo una empresa minera necesita incrementar sus recursos de minerales para alargar la vida útil de su yacimiento.

Por lo que es importante realizar una exploración geológica para determinar el potencial mineralógico de un yacimiento.

# INDICE

DEDICATORIA .....	I
AGRADECIMIENTOS .....	II
RESUMEN .....	III
SUMMARY .....	IV
INTRODUCCIÓN .....	V
INDICE.....	VI

## CAPITULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2.DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	2
1.3.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.3.1. PROBLEMA GENERAL .....	2
1.3.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	2
1.4.FORMULACIÓN DE OBJETIVOS.....	2
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	2
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.5.JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.6.LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	3



## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES.....	4
2.2. BASES TEÓRICO – CIENTÍFICOS.....	5
2.2.1. ESTRUCTURA GEOLÓGICA.....	5
2.2.2. DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERACIONES HIDROTERMALES.....	7
2.2.3. ESTILOS Y TIPOS DE ALTERACIÓN HIDROTERMAL .....	9
2.2.3.1. Estilos de Alteración .....	10
2.2.3.2. Tipos de Alteración.....	12
2.2.3.3. Otros Tipos de Alteración .....	26
2.2.4. CONDICIONES DE OPERACIÓN.....	39
2.2.4.1. Cartografía en un Plano Horizontal .....	39
2.2.4.2. Cartografía Sobre un Plano Horizontal Imaginario .....	40
2.2.5. PROCESO DE PERFORACIÓN DIAMANTINA .....	41
2.2.5.1. Generalidades .....	41
2.2.5.2. Proceso de perforación.....	42
2.2.5.3. Perforación Diamantina (DDH).....	43
2.2.5.4. Plataforma de perforación diamantina.....	45
2.2.5.5. Poza de sedimentación .....	46
2.2.5.6. Equipo de perforación.....	47
2.2.5.7. Procedimientos de perforación diamantina.....	48

2.2.5.8.Registro de Logueo .....	50
2.2.5.9.Etiquetado de muestras preseleccionadas .....	56
2.2.5.10.Corte y muestreo .....	57
2.2.5.11.Peso de muestras.....	59
2.2.5.12.Prueba de ácido .....	61
2.3.DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	64
2.3.1. PERFORACIÓN DIAMANTINA .....	64
2.3.2. EQUIPOS PARA LA PERFORACIÓN DIAMANTINA.....	64
2.4.FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS.....	66
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL .....	66
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS .....	66
2.5 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES .....	66
2.5.1. VARIABLES INDEPENDIENTES .....	66
2.5.2. VARIABLES DEPENDIENTES.....	66
2.6.DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES E INDICADORES .....	66

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	68
3.2 MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	68
3.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	69
3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA .....	69

3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	69
3.6 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	70
3.7 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO .....	70
3.8 SELECCIÓN, VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	70
3.9 ORIENTACIÓN ÉTICA.....	73

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO.....	74
4.1.1 UBICACIÓN.....	74
4.1.2 FISIOGRAFÍA.....	75
4.1.3 GEOLOGÍA.....	76
4.1.4 GEOLOGÍA REGIONAL .....	78
4.1.5 ESTRATIGRAFÍA .....	79
4.1.6 MINERALIZACIÓN .....	82
4.1.7 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL .....	84
4.1.8 MINERALOGÍA.....	85
4.1.9 METAMORFISMO .....	86
4.1.10 ALTERACIONES DE LA ROCA Y DEL MINERAL .....	88
4.1.11 CONTROLES DE MINERALIZACIÓN.....	90
4.2 PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS..	93

4.2.1 UBICACIÓN PROYECTO .....	93
4.2.2 GEOLOGÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	93
4.2.3 MARCO ESTRUCTURAL.....	94
4.3 PRUEBA DE HIPÓTESIS .....	96
4.3.1 DESCRIPCIÓN.....	96
4.4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	98
4.5 POTENCIAL GEOLÓGICO DE LA FALLA LONGRERAS OESTE .....	99
CONCLUSIONES.....	101
RECOMENDACIONES .....	102
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	103
ANEXOS .....	104

## **CAPITULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA**

La Unidad Minera El Porvenir se ha visto en la necesidad de realizar exploraciones en áreas con altas posibilidades geológicas, por eso es importante realizar este proyecto.

La evaluación geológica se basa principalmente en determinar los recursos minerales existentes en un proyecto de exploración.

Con los resultados determinados se realiza una evaluación para decidir su continuidad en la exploración y posteriormente su explotación.

Así mismo una empresa minera necesita incrementar sus recursos de minerales para alargar la vida útil de su yacimiento.

Por lo que es importante realizar una exploración geológica para determinar el potencial mineralógico de un yacimiento.

## **1.2. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Es importante señalar que los resultados de la evaluación geológica nos determinaran el potencial de mineralización que nos permitirá conocer si los minerales reconocidos son económicos y generaran beneficios económicos a la Unidad Minera.

El proyecto solo se limita a realizar una evaluación geológica, solamente para determinar su importancia para realizar exploraciones más al detalle.

## **1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

De la formulación del problema se plantea las siguientes interrogantes:

### **1.3.1. PROBLEMA GENERAL**

¿La evaluación geológica establecerá el potencial de mineralización, zona Longreras Oeste, unidad minera El Porvenir, 2019?

### **1.3.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- a. ¿Las características geológicas determinaran el potencial del yacimiento?
- b. ¿Los controles estructurales determinaran el potencial geológico del yacimiento?

## **1.4. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS**

### **1.4.1. OBJETIVO GENERAL**

Establecer una evaluación geológica para determinar el potencial de mineralización, zona Longreras Oeste.

#### **1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a. Caracterizar la geología del proyecto Longreras Oeste.
- b. Conocer los controles estructurales del potencial de mineralización, zona Longreras Oeste.

#### **1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El presente estudio se justifica porque es necesario determinar el potencial de la mineralización existente en la zona del proyecto para tomar decisiones para realizar futuras exploraciones o la explotación.

#### **1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

Las limitaciones son que no se realizaron ensayos en laboratorios para determinar el porcentaje de metales que tiene las estructuras mineralizadas, las que se van a realizar en futuras evaluaciones en la zona en estudio.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES**

Se tiene una serie de informes privados de la empresa minera, que nos proporcionan datos geológicos de la zona el Porvenir, asimismo tenemos la tesis intitulada "Optimización de las brocas de botón de 45 mm\* r32 para minimizar los costos de perforación en la compañía minera Milpo S.A.A UEA El Porvenir. Realizada por A. Gamarra Cáceres, donde se expuesta en forma resumida la geología de la zona El porvenir

Los estudios anteriores de la zona fueron realizados por el grupo del Ing. Pedro Ly (año 2000) y posteriormente por los geólogos de la mina El Porvenir (año 2002), quienes además realizaron varias trincheras de reconocimiento.

La exploración más importante fue la que se realizó por la Cia. Milpo (año 2002) a sugerencias y recomendación del departamento de Geología,



mediante el crucero (-450) de 1200 metros, a partir del cual realizaron 4 taladros diamantinos de 520m, 550m, 815m y 835m.

## **2.2. BASES TEÓRICO – CIENTÍFICOS**

### **2.2.1. ESTRUCTURA GEOLÓGICA**

Definida como la forma en que están relacionadas las rocas entre sí, sus relaciones de organización.

**Estructuras geológicas primarias**, son estructuras relacionadas con la formación de la roca (deposición de sedimentos, evaporación, emplazamiento de rocas ígneas).

En inglés se utiliza el vocablo geologic structure.

#### ***Ejemplos de estructura geológica***

- Fallas geológicas, son fracturas en las rocas con desplazamiento
- Diaclasas son fracturas en las rocas sin desplazamiento
- Pliegues son ondulaciones de capas
- Folioaciones

El comportamiento de las rocas en respuesta al campo tectónico depende de varios factores: tipo de roca, la presión de confinamiento, la tasa de aplicación de las cargas.

Los fluidos intergranulares y los cambios ambientales. Núcleos de rocas cristalinas sometidas a ensayos de compresión simple en el laboratorio se comportan de manera frágil, es decir que fallan sin mostrar una fase plástica antes de la ruptura.

Además, soportan alrededor de los 2000 Kg/cm<sup>2</sup> antes de fallar. El resto de rocas desarrollan una fase plástica antes de la falla y su resistencia es variable.

Al incrementarse progresivamente la presión de confinamiento en profundidad dentro de la corteza terrestre, el comportamiento de las rocas cambia gradualmente de frágil a dúctil, con poca influencia en el módulo de deformación.

Si las cargas se aumentan rápidamente (como en el caso de desplazamientos repentinos en las zonas de falla) las rocas se dislocan, por la dificultad de los minerales a reacomodarse en esa condición de velocidad de aplicación de la carga.

El agua y otros fluidos que se mueven a presión través de grietas, fisuras y poros intercomunicados, tratan de separar las partículas con lo cual se promueve algo de ductilidad y se reduce la resistencia.

El ambiente en el cual se encuentran las rocas en la naturaleza cambia todo el tiempo: las fuerzas tectónicas se modifican constantemente, los estratos se van sepultando y comprimiendo en la medida que progresa la subsidencia y más capas se acumulan, con lo cual los estratos, inicialmente duros y frágiles, se deformen y pliegan.

La erosión expone rocas plegadas reduciendo el confinamiento y las rocas se fracturan. Es decir, las rocas pasan de frágiles a dúctiles cuando se sepultan y retornan a su condición frágil cuando se alivian los esfuerzos por la erosión que las pone al descubierto.

## 2.2.2. DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERACIONES HIDROTERMALES

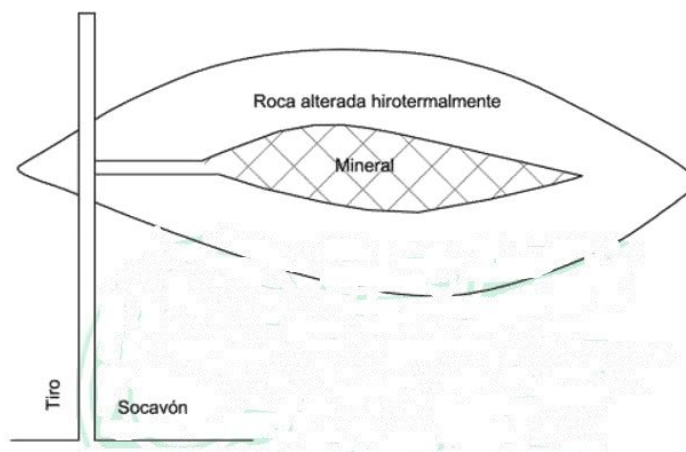
La alteración hidrotermal es un proceso muy complejo que involucra cambios mineralógicos, químicos y texturales, que resultan de la interacción de fluidos acuosos calientes, bajo ciertas condiciones físicoquímicas, con las rocas que atraviesan. La alteración tiene lugar bajo condiciones magmáticas por la acción e infiltración de fluidos muy calientes dentro de una masa rocosa. A temperaturas y presiones bajas, la mezcla de gases y fases acuosas constituyen los fluidos hidrotermales los cuales actúan sobre las rocas circundantes, produciendo cambios que resultan del desequilibrio, debido principalmente al  $H^+$  y  $OH^-$  y otros volátiles (por ejemplo, B,  $CO_2$ , F).

En esencia, los fluidos hidrotermales atacan químicamente los constituyentes minerales de las paredes de las rocas, dando lugar a nuevas asociaciones de minerales que estén en equilibrio con las nuevas condiciones.

El proceso es una forma de metasomatismo, pues produce un intercambio de componentes químicos entre los fluidos y las paredes de las rocas. Los factores principales que controlan los procesos de alteración son: (1) la naturaleza de las paredes de las rocas; (2) la composición de los fluidos, (3) la concentración, actividad y potencial químico de los componentes de los fluidos, como el  $H^+$ ,  $CO_2$ ,  $O_2$ ,  $K^+$  y  $S_2$ . Algunos autores consideran que los productos de alteración en los depósitos epitermales no

dependen tanto de la composición de las paredes de las rocas como de la permeabilidad, temperatura y composición del fluido. Otros trabajos, sin embargo, enfatizan el papel fundamental que juega la naturaleza y composición de las paredes de las rocas en los procesos de alteración hidrotermal, particularmente en los depósitos porfíricos.

La acción de los fluidos hidrotermales sobre las paredes de las rocas es por infiltración o difusión de las especies químicas. La circulación hidrotermal y la alteración correspondiente por lo general involucran grandes cantidades de fluidos que pasan a través de un volumen de roca definido, el cual puede tener una permeabilidad alta debido a las fracturas, o a los espacios de los poros interconectados. Las pequeñas cantidades de fluidos tienen efectos menores o insignificantes, como se ejemplifica en la alteración de las paredes de las rocas en los depósitos hidrotermales metamórficos. Así, la interacción entre H<sub>2</sub>O y rocas, y la intensidad de alteración es una función de la relación agua/roca ( $a/r$ ). Esta relación es un parámetro importante porque afecta el grado de intercambio con las paredes de las rocas (*véase figura 1*).



**Figura 1 - Rocas alteradas hidrotermalmente y detectadas con obras mineras subterráneas que sugieren la presencia de un cuerpo mineral.**

### **2.2.3. ESTILOS Y TIPOS DE ALTERACIÓN HIDROTHERMAL**

Los términos que se utilizan para describir y clasificar la alteración hidrotermal pueden expresarse en función: (1) del reconocimiento de asociaciones minerales y (2) de los cambios químicos. El reconocimiento de las asociaciones minerales características y específicas se efectúa en principio a través de amplios estudios de láminas delgadas y superficies pulidas. Esto conduce a una relación de minerales en orden de abundancia, o a un término descriptivo general que refleje la asociación mineralógica dominante como la argílica, potásica y sericítica.

Los cambios químicos indican el tipo de fluidos involucrados en los procesos de alteración que deben incluir los metasomatismos del ion hidrógeno, el alcalino, y el del flúor y boro. Además, el estilo de alteración toma en cuenta su intensidad, forma y carácter. En esta etapa la terminología llega a confundirse un poco por su subjetividad inherente. Términos, como débil, moderada, fuerte,

extensa, profunda, no profunda, son bien conocidos y se utilizan con frecuencia. Estos términos se refieren a la etapa de preservación de la roca original, hasta qué punto los procesos de alteración han avanzado, tanto a escala de un simple mineral como a escala regional, y a toda la geometría del halo de alteración.

Se recomienda una clasificación empírica cuyo propósito es el uso de símbolos para determinar el tipo de alteración. Estos símbolos son:

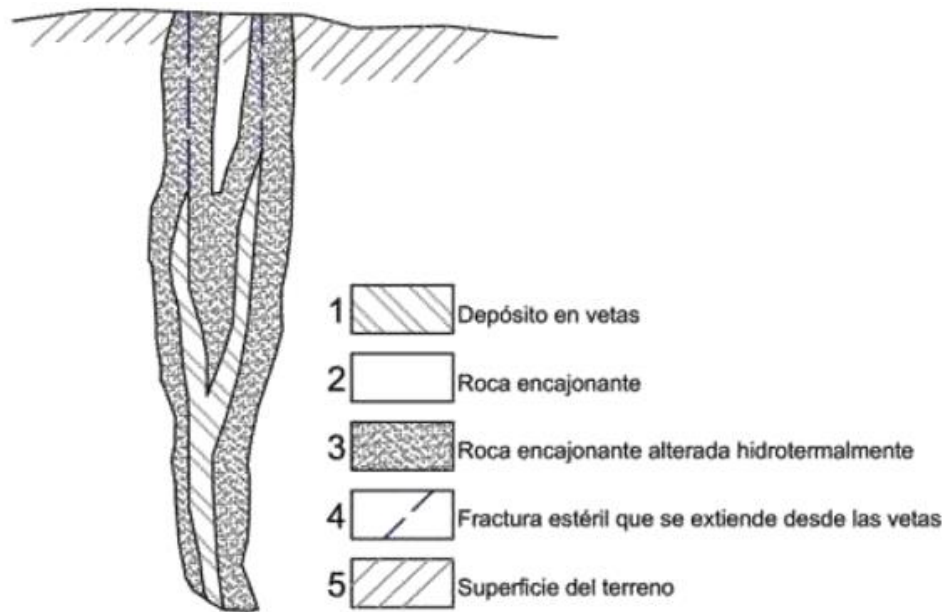
<b>Tipo de alteración</b>	<b>Símbolo</b>
Greisen	G
Potasita	P
Propilitica	PR
Silicificación	S
Filica	F
Argilica	A
Argilica avanzada	AA
Skarn	SK

**TABLA 1 - Caracterización de los tipos de alteración con el uso de símbolos**

### **2.2.3.1. Estilos de Alteración**

Los principales estilos de alteración son “profunda”, “profunda selectiva” y “no profunda”. La alteración profunda se caracteriza por el reemplazamiento de la mayoría o de todos los minerales que forman la roca original. De esto resulta la destrucción o cambio de las texturas originales. La alteración profunda selectiva se refiere al reemplazamiento de minerales originales

específicos, como por ejemplo la sustitución de la biotita por la clorita, o de las plagioclasas por la sericita. En este caso se conservan las texturas originales. La alteración no profunda significa que sólo ciertas partes de la roca fueron afectadas por los fluidos hidrotermales. Finalmente, como lo implica el nombre, la alteración hidrotermal está confinada a una cierta distancia de una veta o una fractura. La "intensidad" de la alteración, es tal vez un poco más subjetiva, por lo general se utiliza como un término de campo, y puede describirse como débil, moderada o fuerte. La intensidad se refiere al estado de reemplazamiento de las fases minerales en una roca, y al estado de destrucción de las texturas de la roca en estudio. La intensidad débil, o baja, significa que únicamente unos pocos minerales originales se reemplazan con poca o sin modificación de las texturas originales (*véase figura 2*).



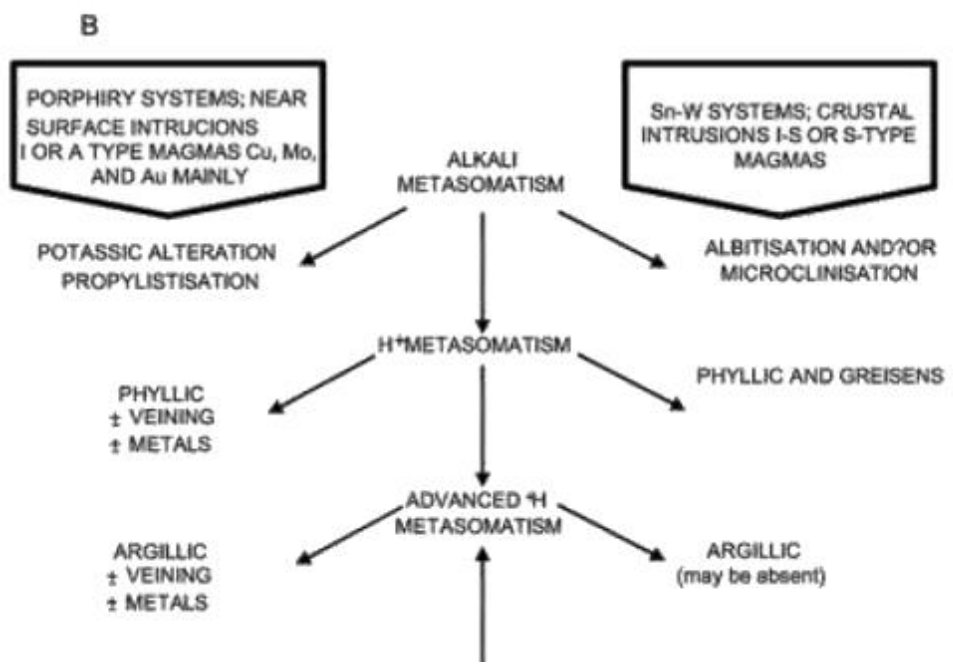
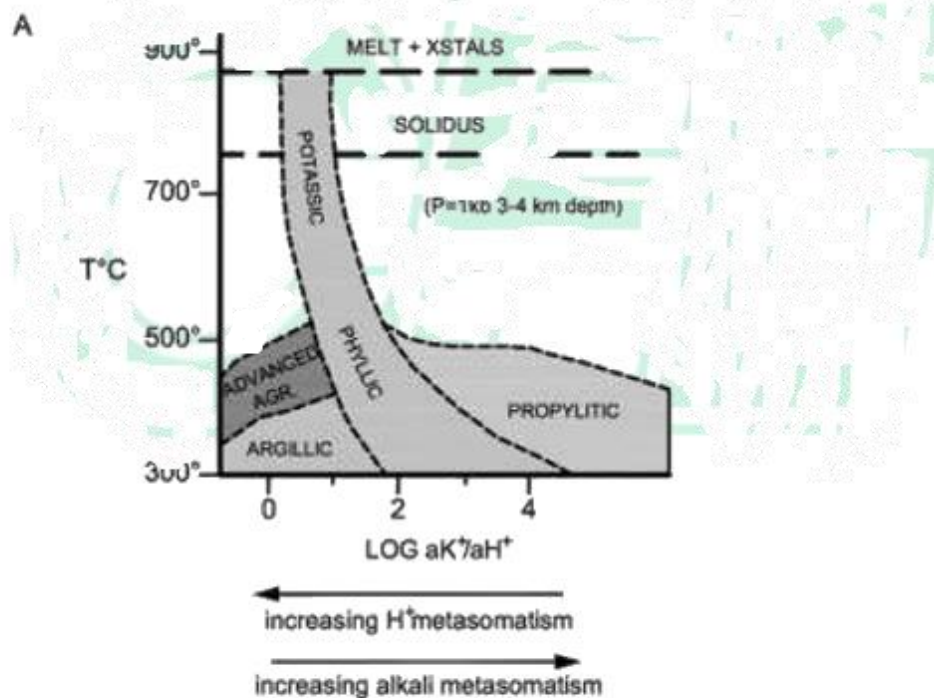
**Figura 2 - Alteración hidrotermal alrededor de una fractura estéril que aflora y que puede ser indicio de un depósito mineral oculto.**

### 2.2.3.2. Tipos de Alteración

Se examinan en forma general los tipos de alteración que resultan de la interacción de las soluciones hidrotermales con las paredes de las rocas, como se manifiesta y entiende de la gran variedad de depósitos hidrotermales, y por ende en cada tipo que se describe se considera el ambiente propio y el tipo de depósito correspondiente. Muchos procesos hidrotermales se pueden relacionar con las actividades de los álcalis e hidrógeno  $aK^+/aH^+$  en el depósito. Esta relación disminuye cuando el depósito tiende hacia temperaturas y presiones bajas. En otras palabras, con el incremento del metasomatismo del  $H^+$  los procesos de alteración se mueven de lo alcalino a lo argílico en un sistema continuo



reproducido en el laboratorio. En consecuencia, se discuten los tipos de alteración en el orden de la disminución de la relación  $aK^+/aH^+$  (incremento del metasomatismo del  $H^+$ ), y son: (1) metasomatismo alcalino y alteración sílico-potásica, (2) alteración propilítica, (3) alteración fílica o sericítica, y greisenización, (4) alteración argílica intermedia, (5) alteración argílica avanzada (*véase figura 3*).



**Figura 3 - Esquema idealizado de la evolución de la secuencia de alteración**

La parte A ilustra los tipos de alteración en función de la temperatura y las actividades del K<sup>+</sup> e H<sup>+</sup>.

En la parte B el metasomatismo alcalino libera al H<sup>+</sup>, y resulta una disminución de la relación de álcalis/H<sup>+</sup>, y

posteriormente una desestabilización de los feldespatos y micas, con el crecimiento de nuevas fases minerales (etapas de greisen y fílica). El metasomatismo avanzado del H<sup>+</sup> es propio de la introducción del agua meteórica al depósito, con oxidación y después el H<sup>+</sup>. La lixiviación ácida y alteración argílica se generan en esta etapa

- **Metasomatismo Alcalino, Alteración Sílico-Potásica**

De la interacción entre una fase fluida residual y una masa ígnea en proceso de consolidación se generan diversos cambios post-magmáticos, o subsólidos, tanto dentro del cuerpo ígneo como de la roca encajonante, cuando están fracturados (sistema abierto). Estos fluidos de alta temperatura, en el intervalo de 800°C a 600 °C, se derivan de las últimas etapas de cristalización del magma y conducen al crecimiento de nuevos minerales mediante procesos que incluyen: (1) reacciones de intercambio en los feldespatos, especialmente Na por K ó K por Na, (2) cambios en la estructura de los feldespatos, (3) albitización; (4) microclinización, (5) crecimiento de micas tri-octaedrales. En ambientes tectónicos anorogénicos los cambios mineralógicos pueden incluir una serie de anfíboles ricos en Na y asociaciones ricas en flúor y boro. Basta decir que de los fluidos alcalinos o altamente salinos desarrollados durante las etapas finales de consolidación

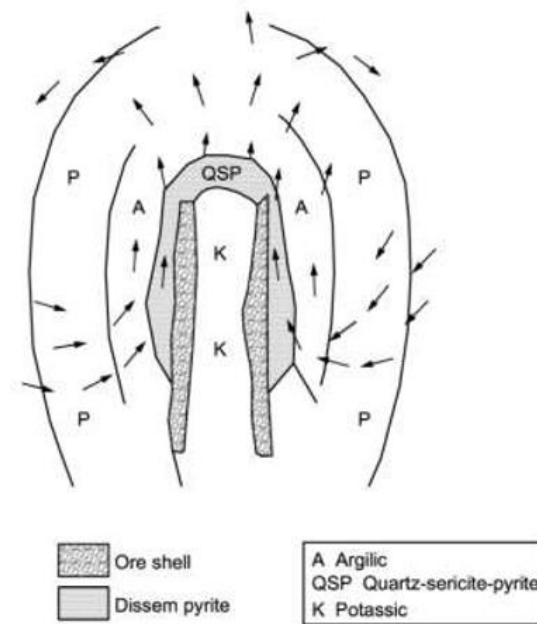
de una masa ígnea, resulta una amplia alteración potásica o sódica.

Asimismo, el metasomatismo alcalino involucra el reemplazamiento de cuarzo por feldespato K (microclinización) o albita (albitización). Estas características se pueden identificar fácilmente bajo el microscopio, por ejemplo por la presencia de vestigios de núcleos de plagioclasas circundadas por feldespato K, o por vetillas delgadas entrelazadas de feldespato K en la plagioclasa. En el caso de la albitización, son comunes la macla de la albita en los feldespatos K, la albita en los bordes de los granos y las vetillas de albita. La albitización de los feldespatos puede en algunos casos estar acompañada por muscovitización de las biotitas.

La alteración potásica se genera por la introducción de potasio en rocas con silico-aluminatos. Es especialmente común e importante en los depósitos porfiríticos y epitermales, donde ocupa los núcleos de las zonas de alta temperatura y sus minerales característicos son el feldespato K y la biotita verde rica en Fe en depósitos porfiríticos acompañada muchas veces por la anhidrita, y la adularia en depósitos epitermales. La alteración potásica viene acompañada con frecuencia por sulfuros (calcopirita, pirita, molibdenita). Los feldespatos K de las

zonas potásicas son por lo general de color rojizo debido a las pequeñas inclusiones de hematita.

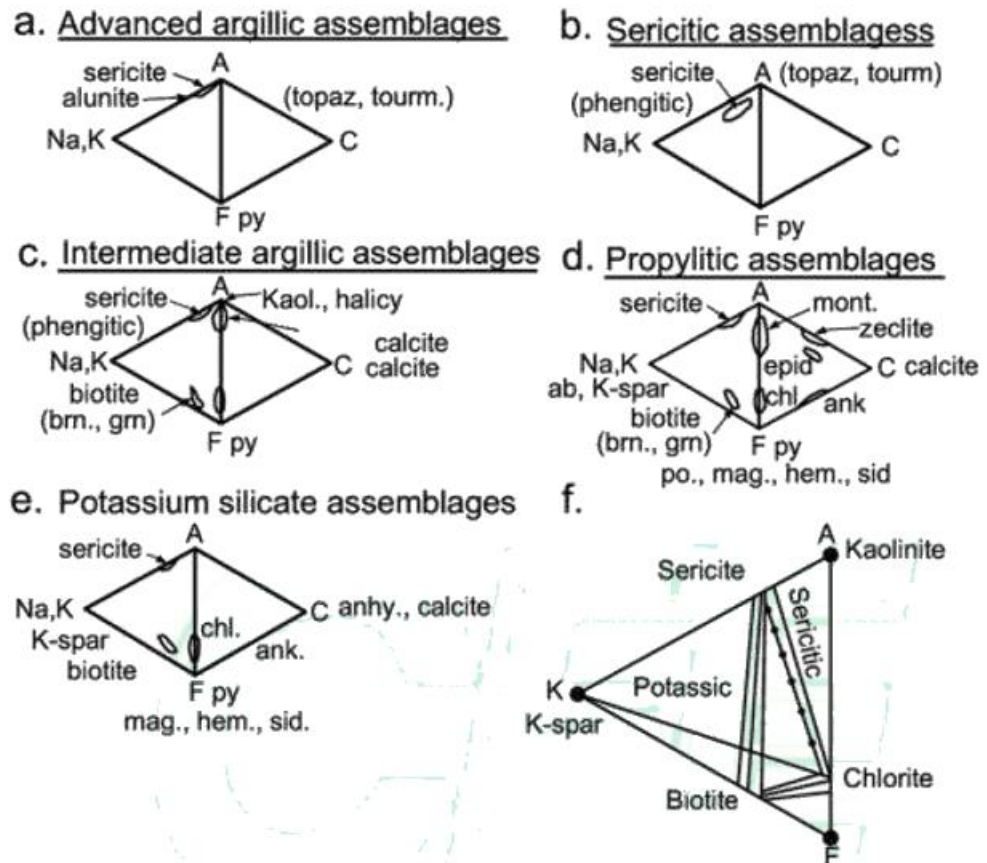
La alteración sílico-potásica se forma como un reemplazamiento de la plagioclasa y de los silicatos máficos, a temperaturas de 650 °C a 400 °C. Las asociaciones comunes son feldespato K-biotitacuarzo, feldespato K- clorita, feldespato K-biotita-magnetita, acompañadas por cantidades variables de otros minerales como la albita, sericita, anhidrita, apatito, y también ocasionalmente rutilo, derivado de la destrucción de la biotita.



**Figura 4 - Sección transversal a través de un yacimiento de pórfido cuprífero, que muestra los dos tipos de fluidos generados por las aguas subterráneas y de formaciones corticales.**

### **- Alteración Propilítica**

La propilita es un término antiguo que se emplea para describir las rocas volcánicas alteradas. La alteración propilítica se caracteriza por la adición de H<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub>, y localmente S, sin un apreciable metasomatismo del H<sup>+</sup>. Los minerales típicos son epidota, clorita, carbonatos, albita, feldespato K y pirita. En algunos lugares se pueden encontrar también la sericita, óxidos de Fe, montmorillonita y zeolita. La estabilidad de los campos de presión y temperatura puede ser bien definida por el grupo de minerales de las zeolitas que son importantes indicadores de la temperatura y profundidad. Esta característica es particularmente útil en depósitos epitermales, para facilitar la exploración del geólogo e indicar la proximidad de la fuente de calor donde se puede encontrar la zona de altas leyes de la mineralización de oro. La alteración propilítica tiende a ser más profunda o penetrante hacia las zonas internas de un depósito hidrotermal, o en otras palabras, hacia la fuente del calor hidrotermal. En superficie la alteración propilítica gradúa en las rocas sanas, o, donde el metamorfismo está presente, en las rocas de las facies esquistos verdes con las cuales es equivalente (*véase figura 5*).



**Figura 5 - Diagramas ACF ( $Al_2O_3$ - $CaO$ - $FeO$ ) y AKF ( $Al_2O_3$ - $NaO+K_2O$ - $FeO$ ) que muestran los tipos de alteración y la relación de las asociaciones minerales dominantes**

**- Alteración Fílica (Sericítica) y Greisenización**

La alteración fílica o sericítica se tipifica por la asociación cuarzo-sericita-pirita (CSP). Las fases minerales comunes asociadas son el feldespato-K, la caolinita, calcita, biotita, rutilo, anhídrita y apatito. Esta alteración gradúa al tipo potásico por el incremento de feldespato K o biotita, al tipo argílico por el aumento de minerales arcillosos y al tipo greisen por el incremento de topacio, turmalina, cuarzo y zuniya. La alteración CSP es uno de los tipos más comunes y está presente en casi todos los depósitos hidrotermales, desde los sulfuros masivos volcanogénicos

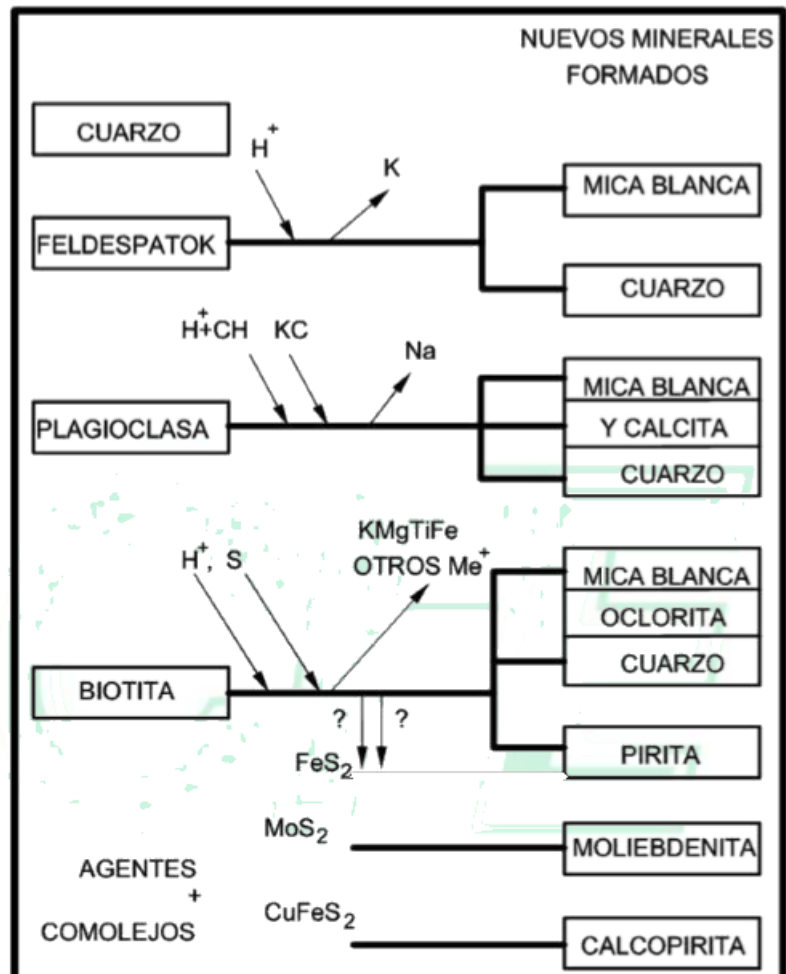
del Arqueano hasta vetas cuarzo-auríferas de depósitos epitermales recientes. La Sericita se refiere a micas blancas dioctaedrales de grano fino (muscovita, paragonita, fengita, fuchsita, roscoelita).

Sin embargo, las sericitas no son marcadamente diferentes de las muscovitas, se reportan que tiene un alto contenido de SiO<sub>2</sub>, MgO y H<sub>2</sub>O, y un bajo contenido de K<sub>2</sub>O. Bajo el microscopio petrográfico la sericita se diferencia de la muscovita sólo por su menor tamaño y se puede confundir con la pirofilita, o con la flogopita, por lo que se requiere hacer análisis de rayos X o de la microsonda electrónica para poderla identificar correctamente.

La alteración sericítica proviene esencialmente de la desestabilización de los feldespatos en presencia del H<sup>+</sup>, OH<sup>-</sup>, K y S, para formar cuarzo, mica blanca, pirita y algo de calcopirita (con un contenido de sulfuros por encima del 20 % en volumen). En el proceso tiene lugar la lixiviación del Na, Mg, Ti, Fe y K (*véase figura 6*)



Las flechas hacia abajo indican los elementos que se añaden. Las flechas hacia arriba señalan los elementos que se liberan



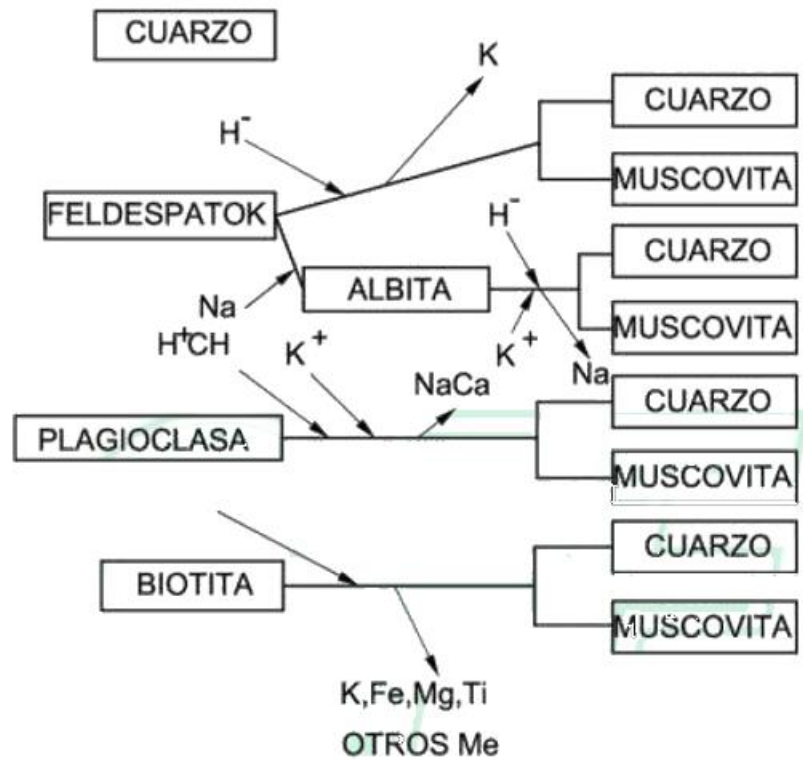
**Figura 6 – Esquema de las reacciones de alteración cuarzo-sericita-pirita (CSP), propias del metasomatismo avanzado del  $H^+$  y de la descomposición de los silicatos que forman la roca**

Greisen, es un término minero antiguo de Cornualles, Inglaterra, que se refiere a una asociación de grano fino de cuarzo-muscovita con cantidades variables de topacio, turmalina, fluorita, óxidos (casiterita, hematita), wolframita, scheelita, sulfuros de Fe, Cu, Mo, Bi y sulfosales de Cu-Bi-Pb. Sin embargo, la alteración de greisen es común en los depósitos porfiríticos, su ambiente más favorable es un tronco (stock) granítico emplazado dentro de una

secuencia argilo-arenácea, y asociada con la mineralización de Sn y W. En estas circunstancias el greisen está precedido usualmente por el metasomatismo del Na (albita), durante el cual se producen los iones de  $H^+$  y se inicia el proceso de greisenización. Esto involucra la desestabilización y destrucción de feldespatos y biotitas para formar la asociación de cuarzo+muscovita como se muestra en la figura 7. Los procesos pueden ser más complejos en aquellos depósitos minerales en los que hubo una introducción de B, F, Li. De esto resultan diversas reacciones que tienen lugar para formar el topacio, la turmalina, y los óxidos. La silicificación puede acompañar al greisen durante y después a la alteración lo que se pone en evidencia por la abundancia de cuarzo en las rocas alteradas. De preferencia la muscovita reemplaza a la biotita, y durante este proceso los cationes enlazados dentro de la estructura de esta última son liberados dentro del sistema, y quizás son los responsables de la paragénesis y posterior asociación con la mineralización metálica.

El greisen de cuarzo+muscovita puede estar acompañado por etapas progresivas de metasomatismo del F- ó del B-, y en el último caso con desarrollo abundante de turmalina, con un dominio simultáneo de las asociaciones de cuarzo-

turmalina. Después de la alteración de greisen, pueden proseguir los tipos sericíticos y argílicos debido al incremento de la actividad metasomática del  $H^+$  (véase figura 7)



NOTA: Las flechas hacia abajo indican elementos que se añaden  
Las flechas hacia arriba los elementos que se liberan

**Figura 7 - Esquema de las reacciones de greisenización propias al metasomatismo del  $H^+$  con la desestabilización de los silicatos formadores de las rocas**

### - Alteración Argílica

Se caracteriza por la formación de minerales arcillosos debido al intenso metasomatismo del  $H^+$  (lixiviación ácida) a temperaturas entre 100 °C y 300 °C. Esta alteración gradúa internamente dentro de las zonas fílicas, mientras que al exterior se pierde dentro del terreno

propilítico. Los ambientes epitermales se caracterizan por una extrema lixiviación ácida, y por lo tanto la alteración argílica proporciona una guía muy útil para la mineralización. La lixiviación de los silico-aluminatos puede dar lugar al enriquecimiento de la sílice, de modo que la alteración argílica gradúe en las zonas con material rico en sílice. Los minerales arcillosos reemplazan principalmente a las plagioclasas y los silicatos máficos (hornblenda, biotita). Las arcillas amorfas como el alófono también están presentes y reemplazan a las fases de los silico-aluminatos. Se menciona que los feldespatos K están en una fase metaestable.

La alteración argílica intermedia se define por la presencia de montmorillonita, illita, clorita, el grupo de arcillas del caolín (caolinita, dickita, halloysita, alófono) y en menor cantidad la sericita, mientras que el feldespato K puede permanecer sin alteración, y sin que se lixivien completamente el K, Ca, Mg y Na. La biotita y clorita llegan a ser localmente importantes. Es posible que se produzca un zoneamiento en la alteración argílica intermedia con la caolinita cercana a la zona filica y la montmorillonita en las zonas externas.

La alteración argílica avanzada se debe al intenso ataque ácido, y en cierto grado a la lixiviación completa de los

cationes alcalinos con la destrucción total de los feldespatos y silicatos máficos. La dickita, caolinita, pirofilita, barita, alunita y diáspora son las fases minerales típicas de este tipo de alteración. Además, pueden estar presentes los sulfuros de alta ley, como la covelita, digenita y enargita, así como silicatos como el topacio, la turmalina y una cierta cantidad de arcillas amorfas. La lixiviación que se establece por encima de los 300 °C produce asociaciones que contienen pirofilita, andalucita, cuarzo, topacio y pirita, con cantidades menores de sericita, diáspora, caolinita, rutilo, anhidrita, corindón, zunyita, dumortierita y cloritoide. Las arcillas amorfas (por ejemplo el alófono) son comunes en el ambiente supergénico. La alteración argílica avanzada se encuentra en yacimientos de pórfidos cupríferos, en las zonas internas de las vetas hidrotermales con metales preciosos y es típica de los depósitos epitermales ricos en sulfuros. La alteración alunítica es parte de la alteración argílica avanzada y como ya se mencionó, en presencia de abundantes iones de sulfatos y protolitos ricos en Al puede llegar a ser una fase dominante. Los minerales del grupo de la alunita incluyen la alunita, natroalunita (el Na reemplaza al K) y jarosita (el Fe reemplaza al Al). Los minerales asociados son la caolinita, sericita, jarosita, pirita, barita, hematita, calcedonia y ópalo.

### 2.2.3.3. Otros Tipos de Alteración

Algunas alteraciones que no se relacionan con el hidrógeno son la turmalización, alteración talcocarbonato, serpentización, silicificación, silicatación, fenitización, hematización y alteración de Fe, dolomitización y carbonización.

#### - Turmalización

La turmalina es un mineral complejo de boro con la fórmula general  $\text{Na}(\text{Mg,Fe})_3\text{Al}_6(\text{BO}_3)_3(\text{Si}_6\text{O}_{18}) (\text{OH})_4$ , con posibles cantidades accesorias de Li, F, Cr y Ca. Los últimos tres miembros de la serie de la solución sólida de la turmalina son el chorlo (rico en Fe), la elbaíta (rica en Al y Li) y la dravita (rica en Mg). La composición de las turmalinas puede indicar el ambiente en el cual se originaron. Por ejemplo, la relación Fe/Mg tiende a disminuir con el aumento de la distancia a la fuente granítica. En general, las turmalinas ricas en Fe se asocian a los greisens, mientras que las turmalinas ricas en Mg se encuentran en los yacimientos de sulfuros masivos y en los estratiformes de W. La "turmalinita" es el nombre que se le da a las rocas que contienen más del 15 % de turmalina, y se asocia a los depósitos de minerales exhalativos en un ambiente de rift o distensivo.

En los depósitos de Sn-W de afinidad greisen y en las chimeneas brechadas son comunes la turmalinización profunda a profunda selectiva. En muchos casos las rocas circundantes a las cúpulas o coronas greisenizadas de los granitos tienen turmalina diseminada, la cual tiende a ser particularmente abundante en las zonas de fracturamiento. Las asociaciones de cuarzo-turmalina forman reemplazamientos profundos, así como al cortar o cruzar vetas y vetillas. Los reemplazamientos pueden ser a escala muy fina, de manera que las características más íntimas y texturas se preservan perfectamente. Este tipo de alteración de turmalina está ligada al emplazamiento y cristalización de magmas graníticos ricos en B, con la posibilidad que el enriquecimiento en este elemento pueda provenir de una fuente regional que contenga evaporitas o protolitos ricos en turmalina. Las chimeneas brechoides con turmalina pueden estar asociadas a la cristalización de magmas graníticos bajo altas presiones de volátiles que exceden la carga litostática; los datos de las inclusiones fluidas indican que provienen de soluciones ricas en sales que se forman a profundidades que fluctúan entre 1 km y 3 km y a temperaturas que exceden los 300 °C. asociadas con sedimentos huéspedes de los yacimientos de sulfuros masivos.

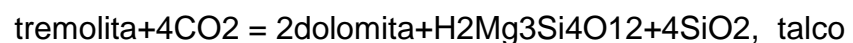
Dickita, caolinita, pirofilita, barita, alunita y diáspora son las fases minerales típicas de este tipo de alteración. Además, pueden estar presentes los sulfuros de alta ley, como la covelita, digenita y enargita, así como silicatos como el topacio, la turmalina y una cierta cantidad de arcillas amorfas. La lixiviación que se establece por encima de los 300 °C produce asociaciones que contienen pirofilita, andalucita, cuarzo, topacio y pirita, con cantidades menores de sericita, diáspora, caolinita, rutilo, anhidrita, corindón, zunyita, dumortierita y cloritoide. Las arcillas amorfas (por ejemplo el alófano) son comunes en el ambiente supergénico. La alteración argílica avanzada se encuentra en yacimientos de pórfidos cupríferos, en las zonas internas de las vetas hidrotermales con metales preciosos y es típica de los depósitos epitermales ricos en sulfuros. La alteración alunítica es parte de la alteración argílica avanzada y como ya se mencionó, en presencia de abundantes iones de sulfatos y protolitos ricos en Al puede llegar a ser una fase dominante. Los minerales del grupo de la alunita incluyen la alunita, natroalunita (el Na reemplaza al K) y jarosita (el Fe reemplaza al Al). Los minerales asociados son la caolinita, sericita, jarosita, pirita, barita, hematita, calcedonia y ópalo. Véase referencia [9] del capítulo 8 de esta guía.



Las turmalinitas estratiformes se encuentran en amplias secuencias sedimentarias del Proterozoico y Paleozoico, asociadas con sedimentos huéspedes de los yacimientos de sulfuros masivos, como por ejemplo el de Sullivan en la Columbia Británica, donde una roca de grano fino con cuarzo-turmalina se halla por debajo del depósito mineral.

- **Reemplazamiento y alteración de las rocas confinantes metavolcánicas y metasedimentarias.**

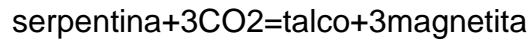
La introducción de grandes cantidades de H<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub> dentro de las fracturas principales (zonas de cizalla) es quizás la causa principal de la amplia alteración a escala regional en los ambientes del Arqueano. A lo largo de estas fracturas se observa cualquiera de las etapas de reemplazamiento y alteración por sericitización, albitización, esteatitización (talco) y carbonatos (dolomita, ankerita, magnesita), junto con la concentración local de pirita, arsenopirita y oro. Por lo tanto los procesos de alteración de talco carbonato y talco-clorita son propios a la introducción de H<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub>. Las reacciones que dan origen a la primera se resumen de la siguiente manera:



Y en presencia de soluciones ricas en CaO:

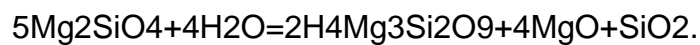


El talco y dolomita pueden formarse directamente de la serpentina:



#### - **Serpentinización**

Este es el tipo de alteración más común de las rocas ultramáficas. Los minerales de serpentina (antigorita, crisotilo y lizardita) provienen de la alteración del olivino y piroxenos por la introducción de H<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub>. Sin embargo, la simple hidratación es la reacción más probable, sin cambio de volumen y con remoción del MgO y SiO<sub>2</sub>.



Sin embargo, la serpentinización puede ocurrir a temperaturas tan altas como los 500 °C, pero en los ambientes de las crestas oceánicas o dorsales las temperaturas son de alrededor de los 250 °C. Las rocas ultramáficas en las crestas oceánicas experimentan la serpentinización como resultado de la penetración y reacción con el agua de mar.

Este fenómeno a una escala más amplia y regional es tal que la serpentinización se considera como un proceso metamórfico regional. El transporte tectónico de complejos máficos-ultramáficos de las crestas oceánicas a las

márgenes continentales ocasiona deformación y presiones altas relacionadas con los procesos metamórficos, dando lugar a las rocas denominadas ofiolitas. Las serpentinitas de las rocas ofiolíticas contienen la asociación de la lizardita+crisotilo+brucita ± magnetita. La última es un subproducto común de la serpentización y es propio de la expulsión y oxidación del Fe de la estructura de los silicatos. Otros subproductos importantes de la serpentización son los provenientes de los procesos metasomáticos tales como la albitización, y la formación de rocas peculiares conocidas como rodingitas. Estas últimas se manifiestan como diques característicos de la faja ofiolítica de Dun Mountain en Nueva Zelanda (el nombre deriva del río Roding cercano a Nelson, en Nueva Zelanda). Las rodingitas consisten en asociaciones de calco-silicatos (por ejemplo granate, clinopiroxeno, tremolita-actinolita, epidota) y junto con la albita se desarrollan a lo largo del contacto entre las serpentinitas y las rocas circundantes. En algunos casos las rodingitas y serpentinitas carbonatadas pueden estar asociadas con mineralización de Au, Ag y Co.

#### - **Silicificación**

Este tipo de alteración hidrotermal es tal vez uno de los más comunes y mejor conocido. Las formas ordinarias

comunes de la sílice son el cuarzo  $\alpha$ , de baja temperatura, el cuarzo  $\beta$ , de alta temperatura, (573 °C), así como la tridimita, cristobalita, calcedonia y el ópalo. El cuarzo  $\alpha$  es la forma más común, la cristobalita y tridimita se encuentran en rocas volcánicas y esta última por lo general es un producto de la desvitrificación de los vidrios volcánicos, que da lugar a intercrecimientos con los feldespatos alcalinos. El ópalo  $\{SiO_2(H_2O)\}$  que es submicroscópico, se asocia con los depósitos de sinter y forma costras coloformes en cavidades de rocas volcánicas. La calcedonia es el componente principal del pedernal y el jaspe, y su color habitual es rojo o café rojizo. En secciones delgadas, la calcedonia aparece fibrosa o con texturas típicas radiales o bandeadas. Durante los procesos hidrotermales la sílice puede ser introducida por los fluidos circulantes, o depositada en forma de sílice residual después de la lixiviación de los cationes. La solubilidad de la sílice se incrementa con la presión y temperatura, y disminuye cuando experimenta una expansión adiabática, de tal manera que en regiones de temperatura y presiones bajas precipita fácilmente. Muchos depósitos epitermales, inclusive el tipo kuroko, se caracteriza por sinters, coronas de sílice, brechas silíceas, silicificación de vetas y de las rocas circundantes. La sílice de los depósitos de sinter con frecuencia es de grano fino,



La silicatación resulta en los skarns, se genera por la adición de grandes cantidades de sílice que da lugar a una amplia variedad de minerales de calco-silicatos. Las asociaciones de minerales de alteración de los skarns incluyen silicatos de Ca, Fe, Mg, Mn, como la epidota, clinzoisita, granate, clinopiroxeno, wollastonita, diópsida, vesuvianita, tremolita-actinolita, andradita, grosularita, flogopita y biotita. Los skarns se desarrollan en el contacto entre los plutones y las rocas circundantes, estas últimas por lo general son carbonatos y menos frecuentes son las rocas silicatadas ricas en Ca. La génesis de los skarns involucra principalmente al metamorfismo de contacto y al metasomatismo, debido a las emanaciones de un plutón en enfriamiento. Las etapas retrogradas de la alteración se presentan en las últimas etapas del enfriamiento, en las que se genera la actividad hidrotermal más intensa y la precipitación de sulfuros y óxidos, cerca de los contactos del plutón. Los skarns se desarrollan a temperaturas comprendidas entre 650 °C y 450 °C y a una presión de 0.3 kbar a 3 kbar. Los skarns son muy importantes debido a que son rocas huéspedes de minerales de rendimiento económico y constituyen una clase distinta de yacimientos minerales.

## - Fenitización

Este tipo de alteración se genera en las aureolas de carbonatitas y complejos alcalinos. Es esencialmente un proceso de desilicatación acompañado de la introducción de Na, K, CO<sub>2</sub>, CaO, y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. La fenitización, por tanto se caracteriza por el desarrollo de piroxenos alcalinos, como la aegirina, anfíboles alcalinos, como la riebeckita, y feldespatos alcalinos (ortoclasa, microclina y albita). Estos últimos con frecuencia tienen un color rojo propio de la presencia de hematita. Las rocas afectadas se llaman “fenitas”, término proveniente de las carbonatitas de Fen (Noruega) donde este tipo de alteración se documentó, primeramente. Una plétora de nombres confusos, difíciles de recordar, se adoptaron por diferentes autores para describir las rocas fenitas. En un intento por resolver el problema, se propuso que el nombre de las rocas fenitas se debiera anteceder por el componente del mineral principal seguido por el de fenita, pero en castellano debe ser al revés, por ejemplo fenita de augita-aegirina-ortoclasa, siendo la augita el mineral principal.

Las fenitas se forman en las rocas que circundan a los complejos alcalinos, a través de las etapas del metasomatismo progresivo que involucra la eliminación del cuarzo libre y el desarrollo de los minerales alcalinos.

Se han atribuido estos efectos metasomáticos a los fluidos residuales ricos en álcalis derivados del fraccionamiento de los magmas alcalinos. Los fluidos están en un fuerte desequilibrio con las rocas circundantes, y de los productos de la alteración resultan halos que en algunos casos pueden parecerse a las rocas ígneas primarias. La fenitización se considera, como una transformación propia de los complejos ígneos, debido a la expulsión de volátiles calientes, altamente reactivos y a su posterior infiltración dentro de las rocas circundantes.

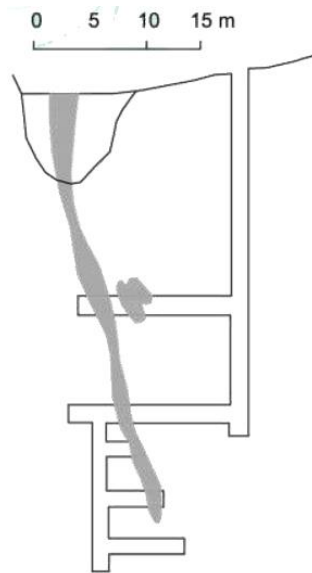
#### - **Hematización y Alteración Rica en Fe**

La hematita, los carbonatos de Fe (ankerita, siderita), la clorita rica en Fe y los anfíboles ricos en Fe son a menudo los productos de alteración dominantes en un número importante de yacimientos minerales. Las impregnaciones, disseminaciones y vetillas de hematita están asociadas con las últimas etapas de la actividad hidrotermal en depósitos de Sn-W de afiliación greisen. Asimismo, la alteración de hematita y clorita se asocia a depósitos de uranio y puede estar acompañada de arcilla, dolomitización, silicificación y aún turmalinización.

La alteración del carbonato de Fe a menudo se encuentra en las paredes de las rocas de las turbiditas que encajonan a los depósitos filonianos de Au. Los crecimientos de



siderita y ankerita como porfidoblastos dan a la pared de las rocas una apariencia moteada. La alteración de carbonatos de Fe y la cloritización son también comunes en los yacimientos de oro del Arqueano (véase figura 8).



**Figura 8 - Masa de mineral de cromo en forma de filón**

#### - **Carbonatización y Dolomitización**

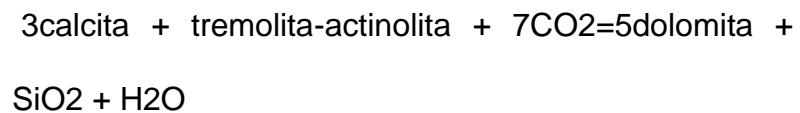
La alteración de los carbonatos de las rocas ricas en Ca y silicatos involucra dos procesos básicos: dolomitización y carbonatización. La primera es un tipo de alteración muy común en calizas, en las cuales el  $Mg^{2+}$  sustituye al  $Ca^{2+}$ , y el  $CaCO_3$  llega a ser  $CaMg(CO_3)_2$ . Desde el punto de vista de la mineralización, es importante considerar que las reacciones de dolomitización involucran pérdida de volumen (entre el 6 % y 13 %), lo que mejora la porosidad de la roca y la hace más receptiva a los fluidos mineralizantes. Hay diversos modelos que intentan

explicar la dolomitización. Uno de ellos considera a la dolomita como un mineral evaporítico, y que por lo tanto las dolomías son formadas por la acción de salmueras hipersalinas con una tasa alta de Mg/Ca, bajo posible acción catalítica de las algas, proceso mediante el cual la dolomita reemplaza a la calcita y otros minerales evaporíticos.

En otra teoría, denominada de aguas mezcladas (conocidas como “dorag” que significa sangre mezclada en lengua persa) la dolomita se forma por la mezcla de agua dulce con el agua de mar. Una tercera posibilidad es la dolomitización por diagénesis debido al sepultamiento, durante el cual se mezclan las salmueras ricas en Mg generadas a profundidad y las salmueras cercanas a la superficie. Una valoración crítica de estas teorías revela que ninguna, de hecho, es completamente satisfactoria, sin embargo, es claro que la dolomitización está asociada de modo importante a muchos tipos de yacimientos hidrotermales, por lo general a los de baja temperatura, en donde precede y tal vez favorece la precipitación de minerales de sulfuros.

Permanece incierto el origen de la dolomitización a gran escala de las fajas de mármol y tal vez está relacionado a la liberación del CO<sub>2</sub> durante el metamorfismo. La reacción

del CO<sub>2</sub> de mármoles impuros que contienen actinolita y tremolita, es propia del metamorfismo progresivo de alta temperatura, que puede producir la dolomita de acuerdo con la reacción:



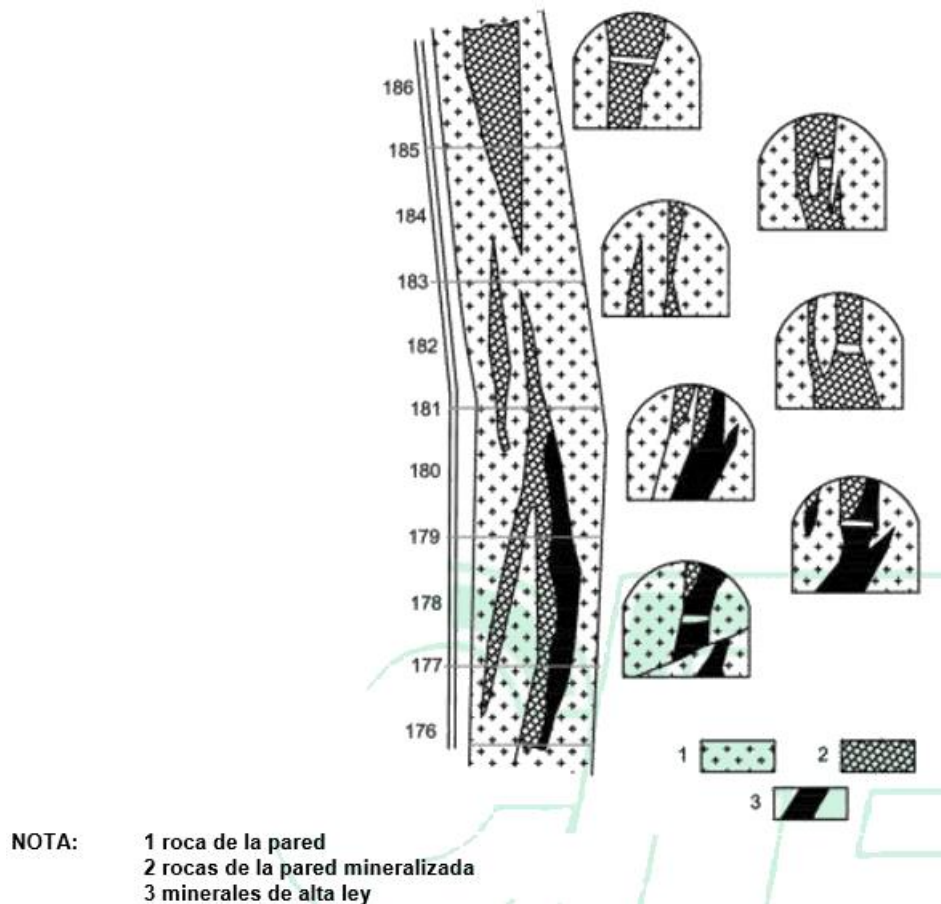
La carbonitización de las rocas máficas es un tipo común de alteración de las fajas de rocas verdes del Arqueano, que contienen vetas de cuarzo aurífero.

#### **2.2.4. CONDICIONES DE OPERACIÓN**

Ejemplo de la cartografía de alteraciones hidrotermales de obras mineras.

##### **2.2.4.1. Cartografía en un Plano Horizontal**

Las características geológicas del techo de una galería se proyectan sobre un plano horizontal, proyección que por lo general se complementa con esquemas de las frentes. Este método proporciona una imagen aproximada de la geología del techo sin utilizar la extrapolación, lo que es una ventaja, por ejemplo, si se muestra sobre el plano la ubicación de las muestras de canal. Una desventaja de este método es la distorsión de los elementos estructurales debido a la forma convexa del techo (véase figura 9).



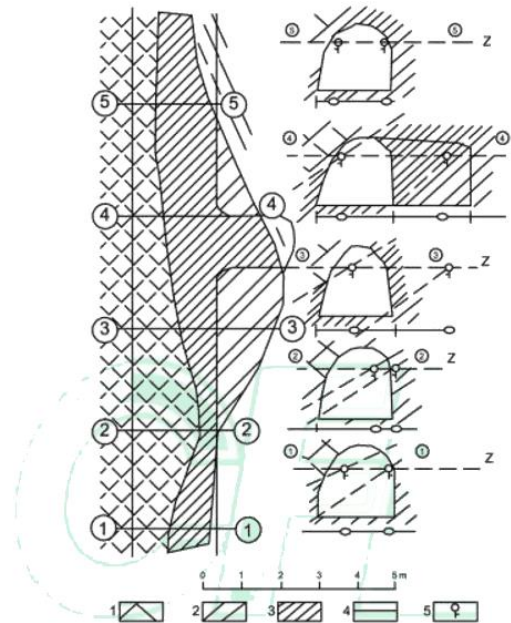
**Figura 9. - Registro geológico del techo de una galería y de sus paredes con la ubicación de las muestras de canal.**

#### **2.2.4.2. Cartografía Sobre un Plano Horizontal Imaginario**

Las características geológicas se dibujan sobre un plano horizontal, que por lo general se localiza a una altura de 1.50 m. El modelo geológico de las paredes y del techo de la galería se dibuja a la misma escala que el plano.

Todos los elementos tectónicos y límites geológicos se extrapolan e interpolan para determinar su intersección con el plano Z, que se proyectan sobre un plano horizontal, en el cual se dibujan las paredes.

Para ser más claros y específicos con las características geológicas también se dibujan secciones verticales y se transfieren datos de éstas al plano horizontal (véase figura 10).



NOTA: 1 pórfidos  
 2 pizarras cloritizadas  
 3 depósitos  
 4 posiciones del plano de proyección  
 5 puntos de control de los elementos estructurales y la dirección de su proyección en el plano de la mina

**Figura 10 - Cartografía en un plano horizontal.**

## 2.2.5. PROCESO DE PERFORACIÓN DIAMANTINA

### 2.2.5.1. Generalidades

En el proceso de la perforación diamantina están involucrados diversos trabajos previos como los referidos a temas de relaciones comunitarias, Planeamiento de operaciones, recursos humanos, seguridad industrial, estudio de impacto ambiental (EIA), etc. Además de ellos

también es importante contemplar un buen programa de perforación para optimizar recursos y este tiene que estar previamente evaluado y tienen que involucrarse a lo siguiente:

- Muestreo geoquímico.
- Mapeo y cartografiado de la zona de interés
- Trabajos de geofísica en la zona

Con todos estos trabajos más la interpretación preliminar del profesional se procedió a realizar el programa de perforación con los puntos y profundidades a perforar respectivamente.

#### **2.2.5.2. Proceso de perforación**

En el mercado en la actualidad tenemos diversos tipos de perforación como son: Perforación aire Reverso (RC) es una perforación con fines de obtener muestras del interior de la corteza terrestre, pero esta se recupera en forma triturada o de detritos, la ventaja es que esta es de menor costo y se puede realizar de manera más rápida con respecto a perforaciones de DDH.



*Figura 11 - Tricono de perforación con RC*



*Figura 12 - Muestra triturada producto de la perforación de RC*

### **2.2.5.3. Perforación Diamantina (DDH)**

Es un tipo de perforación que permite recuperar el testigo o muestra en forma completa donde es posible observar características intactas de la roca, como es dureza, peso específico, fracturamiento, textura, etc. Con tal información estas muestras resultan de más y mejor información para el geólogo.



**Figura 13 - Brocas y accesorios de perforación Diamantina**



**Figura 14 - Muestra o testigo producto de la perforación DDH**

Dentro de la perforación DDH tenemos que mencionar que existe diversos diámetros de muestras, esta se realiza según los objetivos y fines que se le quiera dar a dichas muestras como por ejemplo:

PQ: Muestras de mayor diámetro que generalmente se requieren con fines de procesos metalúrgicos, etc.



HQ: Este diámetro de muestra es la más requerida para trabajos de exploración, por contener la cantidad de muestra necesaria para realizar pruebas completas.

NQ: Este diámetro se utiliza seguidamente de alcanzar al máximo obtención de muestra HQ, por temas de operación es necesario cambiar de línea para seguir profundizando, cuando se encuentra dificultades para seguir perforando con la línea NQ, es necesario cambiar con la línea BQ que es con esta con la que se llega a las perforaciones más profundas. Cabe mencionar que existen otros diámetros de perforación como son: SQ que son de mayor diámetro y para casos muy específicos y el de diámetro AQ que es el de menor diámetro, generalmente se utiliza para perforaciones cortas, muchas veces de gran ayuda en exploraciones subterráneas para definir o encontrar vetas desplazadas, etc.

#### **2.2.5.4. Plataforma de perforación diamantina**

Para la realización de los sondajes programados en superficie, se ha tenido que preparar la plataforma en superficie, adecuándola de tal modo que brinde las condiciones de estabilidad, seguridad a los trabajadores que operan estas instalaciones y al equipo de perforación.

El lugar determinado para colocar la máquina de perforación tuvo que ser nivelado verificando la estabilidad del terreno, debajo del taladro a ejecutarse no debe existir obstrucciones o tubería subterránea que puedan ser destruidas al momento de la perforación.

#### **2.2.5.5. Poza de sedimentación**

Las pozas se construyen en los lugares próximos a la zona de perforación para contener todos los escurrimientos de materiales tales como agua, lodo de perforación así mismo para el retorno de los fluidos de perforación que serán reutilizados. Las pozas se construyen de acuerdo a las siguientes pautas.

- No deberán tener una profundidad superior a 1.5m y deberán estar adecuadamente cercadas para evitar caídas de personas y/o animales y así no generar accidentes.
- Las pozas de sedimentación estarán debidamente impermeabilizadas, para evitar filtraciones, y generar impactos al medio ambiente.

Los objetivos de los estanques o piscinas de lodo de perforación son:

- a) Proporcionar un adecuado almacenamiento para los fluidos de perforación.

b) Actuar como una piscina de decantación efectiva para los recortes en suspensión.

c) Proteger el medioambiente evitando los derrames de fluidos de perforación y lodos



***Figura 15 - Poza de sedimentación impermeabilizada y completamente cercada***

#### **2.2.5.6. Equipo de perforación**

La ejecución del equipo de perforación se realiza solo cuando la torre se encuentra en posición elevada, las válvulas tienen que estar abiertas con la finalidad que la cabeza de la torre no se mueva al momento del encendido del motor, las cajas de velocidades deben estar en neutro mientras que las manijas hidráulicas deben estar en posición de no acción



*Figura 16 - Equipo de perforación*

### **2.2.5.7. Procedimientos de perforación diamantina**

#### **Control de avance diario**

El control de avance diaria se controla mediante el reporte diario que es una hoja o formato donde se coloca los datos del sondaje como son: inclinación, plataforma, fecha de inicio de perforación, metros de avance por turno que en nuestro caso es turno día y turno noche, etc; además de los accesorios y materiales que se utilizó en dicho turno como se muestra en el formato de reporte a continuación.

**REPORTES DIARIOS DE TRABAJOS GEOTECNICOS VLV EXPLORACIONES S.A.C**

PROYECTO	LA GRANJA	SONDEO	BH-22-13	INCLINACION	90
UBICACION	PAD - 8H02	MADRINA	CC-190	DIRECCION	

FECHA: 25/03/2013

		A	B	X					
<b>1.- AVANCE DE PERFORACION</b>									
TAMANO DE TUBERIA	HQ								
LONGITUD DE TUBERIA FIN DE TURNO	34.30								
TUBERIA SOBRIANTE FIN DE TURNO	2.35								
PROFUNDIDAD FIN DE TURNO	31.20								
PROFUNDIDAD INICIO DE TURNO	30.10								
TOTAL PERFORADO :	1.19								
<b>2.- PRUEBA DE ENSAYOS</b>									
ENSAYOS	CANTIDAD	DESDE	HASTA	TIEMPO					
LUGGON									
SPT	1.00								
CPT									
SHIELBY									
LEFRANC									
<b>3.- INSTALACIONES</b>									
INSTALACION	CANTIDAD	DESDE	HASTA	HORA					
(Casa Grande)									
(Cuncho Barro)									
INCLINOMETRO									
HORIZONTAL									
<b>4.- REVESTIMIENTO CASING</b>									
CASING	#	PROFUNDIDAD (m)		TOTAL					
		DESDE	HASTA						
SAJADA				25.40					
RETNADA									
<b>5.- DISTRIBUCION DE TIEMPO</b>									
DESCRIPCION	DESDE	HASTA	HORAS TOTAL						
1.- PERFORANDO				1.00					
2.- MANTENIMIENTO Y REPARACION									
3.- LAVADO DE POZO (ADICIONAMIENTO DE SONDAGE)									
4.- INSPECCION DE EQUIPO				0.50					
5.- LLENADO AST				0.50					
6.- MOVIMIENTO DE BARRAS									
7.- DESINSTALACION DE EQUIPO Y ACCESORIOS									
8.- INSTALACION DE CASING									
9.- INSTALACION DE SPT									
10.- CHARLAS PETS									
11.- A DISPOSICION DEL CLIENTE: GUARDIANA				90					
12.- CAMBANDO A PLATAFORMA									
13.- REFRIGERIO				1.00					
14.- REPERFORANDO									
15.- LLENADO AGUA									
16.- NOMBRADO AGUA									
17.- PRUEBA DE SPT				10					
18.- OTROS ORDEN Y LIMPIEZA POZA									
TOTAL :				12.00					
<b>6.- RENDIMIENTO DE BROCAS Y ZAPATAS</b>									
BROCA	SERIE	NRO	Mts PERFORADOS TOTAL						
			DESDE	HASTA					
BROCA									
BROCA									
ESCARADOR									
ZAPATA									
<b>7.- CONTROL DE TIEMPO DE PERFORACION</b>									
ITEM	HORARIO			MANOBRAS			TESTIGO		CARACTERISTICAS DEL TERRENO
	DESDE	HASTA	TOTAL H.	DESDE	HASTA	TOTAL	LONGITUD	% RECUP	
1				30.10	30.75	0.65	0.65		SPT - 91
2				30.75	31.20	0.45	0.45		
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									

**Figura 17 - Formato de reporte diario de perforación**

### **Cálculo de recuperación del testigo**

Es una comparación entre los metros que se han perforado y la cantidad de muestra que se ha recuperado en un tramo o corrida. Este cálculo se realiza con el dato que nos da el perforista por la cantidad de tubería que ha utilizado, seguidamente se mide la muestra obtenida en el tramo perforado y con una regla de tres simple se obtiene el porcentaje con la siguiente fórmula:

Metros perforados 100 %

Metros de muestra X %

Ejemplo: 3.10m. ....100%

3.05m..... X %

### 2.2.5.8. Registro de Logueo

#### a. Registro Pre – logueo

Es el logueo rápido que se realiza diariamente a primera hora para el informe diario. Contiene información rápida y precisa de la geología del taladro. Esta información es útil para programar y reprogramar nuevos taladros. Inmediatamente después del logueo rápido la caja de testigos se envía al área de fotografía, corte y muestreo.

Hole_id	FROM	TO	Lithology - Alteration - Mineralization	Geologis	Litholog	MagFro	MagTo
10D-LG-109	312.70	327.00	RDDBX (Riodacite Diatreme Breccia), (QZT>RDD> AND>IMQP clasts) rock flour matrix, MSU (Clast-Matrix Supported) subround clast, Weak Argillic and Weak to Moderate Sericite alteration. Disseminated and Veins sulphides: Traces to 0.5% Chalcopyrite, traces to Sphalerite, 3% Pyrite. TBX from 316.10 to 325.00m	VBA		14.30	
10D-LG-109	327.00	335.50	RMPOBX (Retrograde Matrix with mixed clasts). Mixed clasts of QZT>MSLT>Intrusive, CPS Clast Poorly-Supported, weak to moderate retrograde alteration chlorite in matrix. Disseminated sulphides: 0.5% to 1% Chalcopyrite, 4% Pyrite.	VBA		8.50	
10D-LG-109	335.50	346.95	IMQP (Intermineral quartz porphyry) weak propylitic alteration, clorite-epidote replacement to biotite, secondary biotite replacing pseudomorphic hornblende. Disseminated sulphides: 2% Pyrite.	VBA		11.45	
10D-LG-109	346.95	349.25	IMQP (Intermineral quartz porphyry) weak propylitic alteration, clorite-epidote replacement to biotite, secondary biotite replacement for pseudomorphic hornblende. Disseminated sulphides: 2% Pyrite.	FA		2.30	
10D-LG-109	349.25	358.30	RDDBX (Riodacite Diatreme Breccia), (QZT>RDD> RSK>IMQP>POBX clasts) rock flour+clorite matrix, MSU (Clast-Matrix Supported) subangular clast, Weak Argillic and Weak to Moderate Sericite alteration. Disseminated and Veins sulphides: Traces to 0.5% Chalcopyrite, traces to Sphalerite, 3% Pyrite.	SPT		9.05	
10D-LG-109	358.30	365.70	IMQP (Intermineral Quartz Porphyry) weak propylitic alteration, (clorite replacement to biotite >epidote). From: 364.00m To: 374.05m POBX (Polyolithic breccia). Disseminated sulphides: Traces of Chalcopyrite 2% Pyrite.	SPT		7.40	

Figura 18 - Formato de logueo rápido para el reporte diario

#### b. Registro Logueo Geológico a detalle

El análisis del testigo de perforación obtenido en muestra de mano (observaciones macroscópicas a simple vista y con lupa) con base en la profundidad, constituye la base fundamental de la evaluación geológica en el proyecto y

se tiene cuidado en su preparación y desarrollo. Consiste en la descripción gráfica y numérica, mediante el uso de abreviaciones, colores, números que sirvan para describir la litología, mineralización, de tal forma que se puedan utilizar en el estudio y modelamiento del yacimiento. Se adjunta formato de Logeo Geológico detallado.

The image shows a complex grid-based form for geological logging. The columns are organized as follows from left to right:
 

- Target**: A small grid for target identification.
- Platform**: A small grid for platform information.
- Assay**: A series of colored columns (pink, yellow, green, red, blue) for recording assay results.
- Indicator**: A column for recording indicators.
- Start date**: A column for the start date of the log.
- End date**: A column for the end date of the log.
- Location**: A column for recording the specific location of the log.
- Subsites**: A series of columns for recording subsite information.
- Station**: A column for recording station details.
- Comments**: A large open area on the right for additional notes.

 The main body of the form is a large grid for recording detailed lithological and assay data.

**Figura 19 - Muestreo**

**c. Protocolo de Muestreo**

Selección y marcado de tramos de muestras El geólogo que está a cargo del logeo de un determinado sondaje es el único responsable del correcto marcado y selección de muestras; además de relevarse (incluyendo la información de muestreo) con otro miembro del equipo. El intervalo de

muestreo constante e ideal es de 3 m (números enteros), el cual puede variar dependiendo de las siguientes condiciones:

COBERTERA – CAPA LIXIVIADA – SULFUROS –  
CAMBIO DE LINEA – VACIOS BAJA RECUPERACION -  
FINAL DEL SONDAJE

NO se debe de muestrear el cover - cobertera (coluvial, aluvial, suelo)

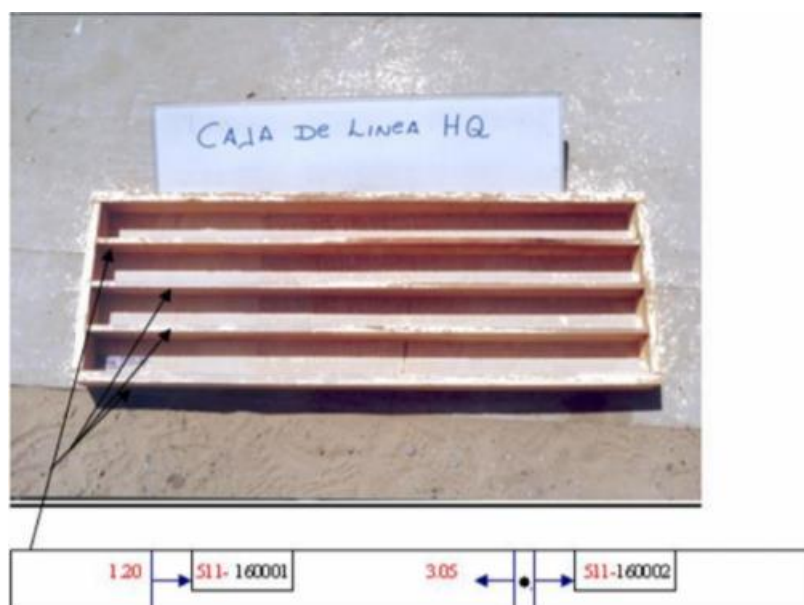
El inicio del tramo de muestreo debe de empezar en el Leached capping (capa lixiviada). Y se debe de ajustar el ultimo intervalo de muestra a este tramo (en este caso las dos últimas muestras en este tramo deben de ser compensadas en su longitud). Se retoma desde el inicio de la muestra continua en el tramo de sulfuros (tratando de ajustar el tramo a números enteros, para continuar con el protocolo de 3m de longitud). En el cambio de línea de HQ a NQ u otro, se debe de compensar las dos últimas muestras y las dos primeras (bajo ningún motivo la muestra debe de pasar dicho cambio de línea).

- En caso de encontrarse vacíos (VOID) o zonas de baja recuperación se debe de considerar lo siguiente.



- No se deben de considerar vacíos en los tramos de muestras, estos deben ser separados y anotados en comentarios en el tramo anterior de muestra demarcado en el formato y caja. Bajo ningún motivo se debe de considerar como muestra, pues generaría una muestra nula.
  
- En el caso de baja recuperación (en promedio 30%), se puede alargar el tramo de muestra (hasta 5m reales), pero se debe de informar en comentarios (muestra larga – baja recuperación)
  
- Al finalizar el sondaje las dos últimas muestras deben de ser compensadas en su longitud de muestreo.
  
- Para marcar el tramo de muestreo en las cajas de perforación considerar:
  - Siempre marcar hacia la derecha de la caja (vista de ancho de caja) o vista de largo de caja; siempre marcar abajo, nunca en la primera línea de la caja. o Utilizar plumón indeleble ROJO, (lado izquierdo) para demarcar la profundidad de muestreo (la cual es el final de la muestra anterior y el inicio de la siguiente muestra).
  
- En el caso de iniciar el muestreo marcar la profundidad de inicio.

- En el caso de pasar una zona de VOID (vacío), marcar ambas profundidades (final muestra anterior e inicio de la siguiente muestra).
  - Utilizar plumón indeleble AZUL (marca de muestra), para señalar el lugar exacto del termino/inicio de muestra.
  - Hacia el lado derecho de la marca de la muestra colocar el ticket correspondiente a dicho tramo (este se debe de colocar siempre al inicio de cada muestra). Es colocado por el encargado de corte.(pero supervisado por el geólogo a cargo del sondaje)



*Figura 20 - Caja porta testigos de diámetro HQ*

- Los datos de campo serán recolectados en el siguiente formato
- Tales como:
1. Nombre del sondaje
  2. Numero correlativo de muestras

3. From – to (desde – hasta)
4. Longitud de muestreo (se calcula en el formato)
5. Longitud de reacción al ácido (prueba de ácido)
6. Porcentaje de reacción (se calcula en el formato)
7. Tipo de muestra de sondaje (siempre ½ core)
8. Peso de muestra
9. Nombre del geólogo que realiza el test de ácido.
10. Fecha de muestreo
11. Comentarios.

El Geólogo a cargo del sondaje colocará los estándares correspondientes, considerando cada 10 muestras un BLANCO y cada 20 muestras un ESTANDAR (LG-01, LG-02 o LG-03). Iniciando en blanco, los estándares deben ser insertados aleatoriamente sin tener un patrón definido como se muestra en la imagen a continuación.

Sample Information											
07D-LG-005 La Granja 8601											
SAMPLEID	SAMPFROM	SAMPTO	LENGTH	Length React with Acid	Percentage Reaction	Drill_SampleType	Weight (kg)	Sample_Mass	Sampler	SDate	Samp_Comments
LG 00868	6.50	9.00	2.50	0.00	0.00	Core_HalfSpilt		8.00	FAyala	30/04/07	
LG 00869	9.00	11.50	2.50	0.00	0.00	Core_HalfSpilt		4.00	FAyala	30/04/07	
LG 00870	11.50	14.50	3.00	0.00	0.00	Core_HalfSpilt		5.60	FAyala	30/04/07	
LG 00871	14.50	17.50	3.00	0.00	0.00	Core_HalfSpilt		11.00	FAyala	30/04/07	
LG 00872	17.50	20.50	3.00	0.00	0.00	Core_HalfSpilt		6.80	FAyala	30/04/07	
LG 00873	20.50	23.50	3.00	0.00	0.00	Core_HalfSpilt		9.00	FAyala	30/04/07	
LG 00874	23.50	26.50	3.00	0.00	0.00	Core_HalfSpilt		8.40	FAyala	30/04/07	
LG 00875	26.50	29.50	3.00	0.00	0.00	Core_HalfSpilt		8.00	FAyala	30/04/07	
LG 00876	29.50	32.50	3.00	0.00	0.00	Core_HalfSpilt		7.00	FAyala	30/04/07	
LG 00877	32.50	35.50	3.00	0.00	0.00	Core_HalfSpilt		9.00	FAyala	30/04/07	
LG 00878											BLANK
LG 00879	35.50	38.50	3.00	0.00	0.00	Core_HalfSpilt		9	FAyala	30/04/07	
LG 00880	38.50	41.50	3.00	0.00	0.00	Core_HalfSpilt		8	FAyala	30/04/07	
LG 00881	41.50	44.20	2.70	0.00	0.00	Core_HalfSpilt		4.6	FAyala	30/04/07	depth leaching caping 44.20 m.
LG 00882	44.20	47.00	2.80	0.00	0.00	Core_HalfSpilt		9.6	FAyala	30/04/07	
LG 00883	47.00	50.00	3.00	0.00	0.00	Core_HalfSpilt		11	FAyala	30/04/07	
LG 00884	50.00	53.00	3.00	0.00	0.00	Core_HalfSpilt		9	FAyala	30/04/07	
LG 00885	53.00	56.00	3.00	0.00	0.00	Core_HalfSpilt		10.4	FAyala	30/04/07	
LG 00886	56.00	59.00	3.00	0.00	0.00	Core_HalfSpilt		10	FAyala	30/04/07	
LG 00887	59.00	62.00	3.00	0.00	0.00	Core_HalfSpilt		10	FAyala	30/04/07	
LG 00888	62.00	65.00	3.00	0.00	0.00	Core_HalfSpilt		11.4	FAyala	30/04/07	
LG 00889											STD RTLQ - 03
LG 00890	65.00	68.00	3.00	0.00	0.00	Core_HalfSpilt		11.4	FAyala	30/04/07	
LG 00891	68.00	71.00	3.00	0.00	0.00	Core_HalfSpilt		11.4	FAyala	30/04/07	

**Figura 21 - Formato de muestreo**

Después de ser fotografiado el core, el geólogo a cargo del sondaje debe demarcar la línea de muestreo (siempre se

debe de muestrear el lado izquierdo). Antes que el core pase al área de corte. (se puede utilizar una crayola AMARILLA) De haber cambios posteriores en el marcado de las muestras el geólogo a cargo del sondaje tendrá que corregir dichos cambios incluyendo la toma de fotografías del core.

#### **2.2.5.9. Etiquetado de muestras preseleccionadas**

El proceso de etiquetado de las muestras se realiza antes del corte y muestreo (en el área de corte) Es realizado por el grupo de corte y muestreo, el cual necesita tener el formato anteriormente descrito, para confirmar los tramos de muestras e ir colocando los tickets correspondientes. Luego de preparar las bolsas de muestras necesarias con el número correlativo continúan con:

- Identificar los números de muestras que corresponden a los blancos y estándares y separarlos del grupo para posteriormente insertarlos. (en presencia del geólogo a cargo del sondaje)
- El grupo de corte y muestreo no procederá al corte si no ha culminado el etiquetado de las muestras del sondaje que se va a cortar.
- El grupo de etiquetado de muestras no continuará con el proceso de haber un error tal como (no coincide el número

de metraje inscrito en la caja con el formato, no coinciden el número total de tickets con el número total de muestras demarcadas en el formato, otros).

- El grupo de etiquetado, se asegurará que el ticket este bien puesto y el número de metraje correspondiente a la muestra este legible y entendible. De no ser así, coordinará con el geólogo a cargo del sondaje para poder repintar el marcado del metraje.
- Es responsabilidad del geólogo a cargo del sondaje (aunque ya haya finalizado) supervisar al grupo de etiquetado y solucionar o aclarar cualquier duda o error observado, antes del corte.
- El grupo de etiquetado no procederá al corte y muestreo si no observa la marca dejada por el geólogo a cargo del sondaje (línea de corte), que identifica la Línea de Corte (siempre se muestrea el lado izquierdo)
- El grupo de etiquetado se asegurará que la muestra este limpia y libre de lodo de perforación, de no ser así coordinará con el geólogo a cargo del sondaje. (La idea es cortar un core limpio).

#### **2.2.5.10. Corte y muestreo**

- Después de finalizar la etapa de etiquetado en las cajas correspondientes al sondaje a ser procesado en el área de corte y muestreo se debe:

- Cumplir con el estándar de seguridad transmitidos a todo el personal que labora en el área. (HSEC-SAR-PRO-382\_Disposición Aislamiento Corte de Testigos .doc)
- Debe de haber un representante (jefe de grupo), quien es el encargado del área y quien es el responsable de los trabajos que se realizan.
- El corte y muestreo debe de realizarse consecutivamente para cada tramo de muestra, no se debe de pasar a otra muestra si no se ha finalizado la anterior (incluyendo el corte del core)
- Muchas muestras por su calidad de fracturamiento e intensidad de alteración, no pueden ser cortadas, en este caso se realiza el muestreo en la caja apoyándose de una espátula y cuchara, dividiendo la mitad del core (se muestrea el lado izquierdo). Estos instrumentos deben de estar completamente limpios para ser utilizados en la siguiente muestra.
- Bajo ningún caso las muestras deben de quedar abiertas para el siguiente turno o día.
- El turno es responsable del corte y muestreo, además del cerrado y peso de cada muestra. Que corto y muestreo
- Se debe de llevar un control del estado del disco de corte y su rendimiento de acuerdo al tipo de roca (suave, fracturado, dura, etc.). Coordinando con el geólogo a cargo

del sondaje para cambiar de disco dependiendo del avance de corte.

- Como control de calidad y asegurándose que los finos no transporten mineralización, se debe de muestrear en orden acumulativo cada 10 o 20 muestras dependiendo del caso y por sondaje, bajo ningún motivo se debe de mezclar sondajes.
- La numeración de estas muestras de finos (lodos) debe de ser como: Muestra 001 \_sondaje 001\_ de 0.00 a 9.00 (involucra a las tres primeras muestras.
- Cada vez que el sedimento (lodo) esté más del 50% de la capacidad de la tina de agua o se note esa agua ya muy turbia, esta se debe de cambiar por agua limpia y aprovechar a coleccionar muestras de finos.

#### **2.2.5.11. Peso de muestras**

La guardia debe de dejar la muestra etiquetada, amarrada y pesada. (utilizando el formato anteriormente descrito\_ Selección y marcado de muestras)

- Como control, para verificar los pesos se debe de saber que:
- Cada muestra de 3 m de longitud tipo HQ pesa entre 10 a 13 kg.
- Cada muestra de 3 m de longitud tipo NQ pesa entre 5 a 8 Kg

-Cada guardia debe de anotar en la pizarra de avance (oficina de geología) su avance de corte, muestreo y pesado de muestras realizado en su turno. Este debe de ser el mismo, para los tres casos. Además de informar los hechos relevantes en su guardia. Como aquellas muestras que no tienen el peso reglamentario de acuerdo al párrafo anterior.

- Las cajas que almacenan el  $\frac{1}{2}$  core, deben de ser almacenadas en el lugar correspondiente, bajo ningún motivo el área de corte debe de estar saturada de cajas que ya están cortadas y muestreadas.
- Luego de terminar el pesado de las muestras en el turno correspondiente, se procederá a actualizar la tarjeta correspondiente a la muestra, colocando el número de sondaje, tramo de muestreo y/o tipo de estándar según el caso. Dejando listo y actualizado el control de tarjetas según el avance de la guardia.
- Embalaje de muestras y carguío
- Después que las muestras han sido almacenadas en forma ordenada, se procede a insertar los blancos y estándares, los cuales luego de ser etiquetados con su número de muestra correspondiente son colocados en el tramo donde corresponde (supervisado por el geólogo a cargo del sondaje)



- El procedimiento de embalaje, se realiza después que se ha culminado el sondaje, se han insertado los estándares y ha sido supervisado por el geólogo a cargo del sondaje.
- Las muestras son embaladas en bolsas de polietileno y luego son forradas con sacos de yute.
- En los sacos se debe de colocar el número del sondaje y el tramo de muestras que van en él, además de colocar su numeración correspondiente de acuerdo al número de sacos que se utilicen para embalar un sondaje.
- Se deben de colocar el número necesario de muestras (4 o 5) para que dichos sacos no pesen demasiado y sean flexibles para el carguío
- Luego de terminar el embalaje de muestras, se contara por 2 veces consecutivas, cuantos sacos corresponden a dicho sondaje, los cuales se almacenaran en un lugar seco y preferentemente en orden horizontal.

#### **2.2.5.12. Prueba de ácido**

- Se realiza en el  $\frac{1}{2}$  core dejado en las cajas de perforación.
- Es realizado por el geólogo y un asistente, cumpliendo con el estándar de seguridad para dicha labor.
- En la tabla anteriormente descrita (1.- Selección y marcado de muestras), el geólogo a cargo del test marcará

la longitud de reacción y sus iniciales en la columna Sampler. Este se realiza a la muestra seleccionada en las cajas, la cual ha sido cortada y muestreada. (1/2 core)

- El geólogo a cargo del test revisará los tramos de muestreo e informará de cualquier duda o corrección de acuerdo al formato de muestras al geólogo principal.
- Se utiliza Ácido Clorhídrico al 10% y se sigue el siguiente protocolo. (Adaptado del protocolo realizado para test de sondajes antiguos)
- Se debe de tener el sondaje extendido y completo, asegurándose que las cajas estén en orden correlativo.
- Lavar el ½ core, para asegurarse que toda la suciedad acumulada este alejada del core.
- La prueba debe hacerse al core limpio, libre de polvo y/o lodo de perforación /corte.
- El geólogo que realiza el test, debe de tener una copia física del logueo detallado del sondaje, destacando su litología y alteración
- Si la reacción es un vigorosa e inmediata 'burbujeando' y en forma constante. Entonces el geólogo anotará la longitud de reacción, apoyándose de la línea de la caja que no supera el metro. Es decir Acumulará los tramos de reacción de acuerdo a la distribución de la muestra a testar.

- Si la reacción es pobre y selectiva a pesar de reaccionar inmediatamente, el geólogo compensará los tramos de reacción con respecto a la longitud de la línea de la caja (no mayor a 1m). Tener en cuenta que posiblemente los carbonatos reaccionantes estén distribuidos en vetillas o aglomerado en zonas específicas.
- Si la reacción no es visible - PERO un débil 'burbujeo' y el ruido se oyen después de un par de segundos - entonces esta muestra también contiene una cantidad pequeña de carbonato (normalmente a lo largo de la micro-fractura y la apertura de espacios pequeños). En este caso la longitud total de reacción se debe de multiplicar por 0.25.
- Al final de cada muestra y siguiendo las pautas antes mencionadas para cada reacción el geólogo anotará la suma de las longitudes de reacción que anotó por línea que se distribuye en una muestra determinada; en la columna Longitud de reacción. Posterior a ello el programa calculara el porcentaje de reacción en relación a la longitud total de la muestra testada con ácido.
- Tener en cuenta que las reacciones deben de ser coherentes y variables dependiendo de la litología y alteración.
- El geólogo responsable de la prueba de ácido, verificará el correcto llenado de las tarjetas de muestreo y pondrá sus iniciales en el lugar de SAMPLER.

- Al final de cada mes el último geólogo que utiliza el HCl debe de reportar al geólogo principal el stock de dicha sustancia peligrosa, tanto concentrado al 28% como diluido al 10%.

## **2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS**

### **2.3.1. PERFORACIÓN DIAMANTINA**

Es aquella perforación que se hace utilizando una broca diamantada para perforar la roca obteniendo un testigo de la misma, el cual es extraído, registrado y colocado en cajas porta-testigos para debida protección y almacenamiento dentro del almacén de testigos (Coreshak)

### **2.3.2. EQUIPOS PARA LA PERFORACIÓN DIAMANTINA**

En el proceso de la perforación diamantina se emplean diversa maquinaria especializada para cada proyecto. Pueden ser:

#### **•Portátiles**

Por la facilidad de su traslado, estos equipos tienen la ventaja de llegar a donde otros equipos no pueden. Son ideales para llegar a las plataformas de perforación más inaccesibles para las unidades motorizadas.

#### **•Livianas**

Son equipos que pueden montarse sobre patines, camiones u orugas, y algunos están diseñados para desmontarlas de una forma rápida para su movilización.

## • Pesadas

Son máquinas que se caracterizan por su enorme potencia, tienen capacidades de perforación superiores a los 1000 metros en algunos casos pueden hacer pozos de más de 2000 metros de profundidad.



*Figura 22 - Equipos*

Entre los equipos para perforación diamantina en interior mina destacan:

- Boart Longyear Metre Eater
- Ingetrol explorer plus
- Sandvik de 130
- Drillcat (autotransportable)
- Tecdrill H-200
- Tecdrill H-400
- Boart Longyear LM 75
- Sandvik de 140
- Entre otros.

## **2.4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS**

### **2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL**

La evaluación geológica establece el potencial de mineralización, zona Longreras Oeste, Unidad Minera El Porvenir 2019.

### **2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS**

- Las características geológicas determinan el potencial de mineralización en el yacimiento.
- Los controles estructurales determinan el potencial de mineralización en el yacimiento.

## **2.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES**

### **2.5.1. VARIABLES INDEPENDIENTES**

La evaluación geológica.

### **2.5.2. VARIABLES DEPENDIENTES**

Potencial de mineralización, zona Longreras Oeste, Unidad Minera El Porvenir 2019.

## **2.6. DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES E INDICADORES**

### **- Variable Independiente**

La evaluación geológica.

#### **Dimensión**

Características petrográficas, patológicos, estructurales y asociaciones.

#### **Indicador**

Tipos de rocas, texturas, características estructurales.

- **Variable dependiente**

Potencial de mineralización, zona Longreras Oeste, Unidad Minera El Porvenir 2019.

**Dimensión**

Características mineralógicas en la zona Longreras Oeste.

**Indicador**

La mineralización asociada a la falla-veta (Longreras Oeste).

,

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El diseño de investigación es descriptivo y correlacional porque se realiza mediante una descripción de los procesos que ocurren insitu y posteriormente se correlacionan con estudios similares.

#### **3.2 MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN**

El Método de investigación es inductivo y analítico, porque este estudio es realizado por la observación y posteriormente se analiza las observaciones realizadas.

Para el presente trabajo de investigación se ha requerido básicamente del análisis muy detallado de la base teórica y antecedentes de los acuíferos del depósito, los cuales ayudaron en el entendimiento del comportamiento de las estructuras mineralizadas en el yacimiento.



### **3.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

**Exploratorio:** se tomarán datos Geomecánicos de campo de las estructuras, obteniéndose información para diseñar el tipo de sostenimiento a emplear para minado subterráneo .

**Descriptiva:** Descripción detallada Geomecánica de los macizos rocosos y de las estructuras mineralizadas.

**Explicativa:** Definiremos las causas y efectos que implican la caracterización Geomecánica.

### **3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **POBLACIÓN**

La población en toda la estructura adherente y próxima al yacimiento de Longreras Oeste, que se encuentran en la Unidad minera el Porvenir.

#### **MUESTRA**

La muestra son las perforaciones diamantinas DDH, que fueron extraídas próximos a la zona de estudio.

### **3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

- ✓ En base al mapeo geológico existente se identificarán las zonas de con mayor potencial donde se realizará la evaluación a más detalle.
- ✓ Se realizará correlaciones geológicas.
- ✓ Recopilar información existente (topográfica y geológica en las áreas de interés).
- ✓ Realizar el mapeo geomecánico en labores subterráneas, usando el método “Celdas de detalle” en “Estaciones geomecánicas”.

- ✓ Seleccionar muestras de roca para los “Ensayos de laboratorio”.

### **3.6 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

Se usan técnicas Analíticas e Interpretación de toda la información geológica obtenida en las diferentes etapas de Trabajo.

### **3.7 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO**

Para el tratamiento estadístico se utiliza la siguiente técnica.

Primero: recolección de datos

Segundo: puntos topográficos

Tercero: datos geológicos de la zona insitu

Cuarto: datos Geoquímicos

Par el procesamiento de datos se utilizó Microsoft Excel, para la inserción de datos y subir la data en Autocad y Arc gis.

### **3.8 SELECCIÓN, VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN**

#### **Control de avance diario**

Se controla mediante el reporte diario en una hoja o formato donde se coloca los datos del sondaje como son: inclinación, plataforma, fecha de inicio de perforación, metros de avance por turno que en nuestro caso es turno día y turno noche.

**REPORTES DIARIOS DE TRABAJOS GEOTECNICOS VLV EXPLORACIONES S.A.C**

PROYECTO	LA GRANJA	SONDEO	BH-22-13	INCLINACION	90
UBICACION	PAD - 8H02	MADRINA	CC-190	DIRECCION	
FECHA:	25/03/2013	A                      B                      X			

<b>1.- AVANCE DE PERFORACION</b>	
TAMANO DE TUBERIA	HQ
LONGITUD DE TUBERIA FIN DE TURNO	34.30
TUBERIA SOBRIANTE FIN DE TURNO	2.35
PROFUNDIDAD FIN DE TURNO	31.20
PROFUNDIDAD INICIO DE TURNO	30.10
TOTAL PERFORADO :	1.19

<b>2.- PRUEBA DE ENSAYOS</b>				
ENSAYOS	CANTIDAD	DESDE	HASTA	TIEMPO
LUGGON				
SPT	1.00			
CPT				
SHIELBY				
LEFRANC				

<b>3.- INSTALACIONES</b>				
INSTALACION	CANTIDAD	DESDE	HASTA	HORA
(Casa Grande)				
(Cuncho Barro)				
INCLINOMETRO				
HORIZONTAL				

<b>4.- REVESTIMIENTO CASING</b>				
CASING	#	PROFUNDIDAD (m)		TOTAL
		DESDE	HASTA	
SAJADA				25.40
RETRINADA				

<b>5.- DISTRIBUCION DE TIEMPO</b>						
DESCRIPCION	DESDE	HASTA	HORAS			
						TOTAL
1.- PERFORANDO						1.00
2.- MANTENIMIENTO Y REPARACION						
3.- LAVADO DE POZO (ADICIONAMIENTO DE SONDAGE)						
4.- INSPECCION DE EQUIPO						0.50
5.- LLENADO AST						0.50
6.- MOVIMIENTO DE BARRAS						
7.- DESINSTALACION DE EQUIPO Y ACCESORIOS						
8.- INSTALACION DE CASING						
9.- INSTALACION DE SPT						
10.- CHARLAS PETS						
11.- A DISPOSICION DEL CLIENTE: GUARDIANA						90
12.- CAMBIANDO A PLATAFORMA						
13.- REFRIGERIO						1.00
14.- REPERFORANDO						
15.- LLENADO AGUA						
16.- NOMBRADO AGUA						
17.- PRUEBA DE SPT						10
18.- OTROS ORDEN Y LIMPIEZA POZA						
TOTAL :						12.00

<b>6.- RENDIMIENTO DE BROCAS Y ZAPATAS</b>					
BROCA	SERIE	NRO	Mts PERFORADOS		TOTAL
			DESDE	HASTA	
BROCA					
BROCA					
ESCARADOR					
ZAPATA					

<b>7.- CONTROL DE TIEMPO DE PERFORACION</b>									
ITEM	HORARIO			MANOBRAS			TESTIGO		CARACTERISTICAS DEL TERRENO
	DESDE	HASTA	TOTAL H.	DESDE	HASTA	TOTAL	LONGITUD	% RECUP	
1				30.10	30.75	0.65	0.65		SPT - 01
2				30.75	31.20	0.45	0.45		
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									

**Formato de reporte diario de perforación**

### **Cálculo de recuperación del testigo**

Comparación entre los metros que se han perforado y la cantidad de muestra que se ha recuperado en un tramo o corrida. Este cálculo se realiza con el dato que nos da el perforista por la cantidad de tubería que ha utilizado, se mide la muestra obtenida en el tramo perforado y con una regla de tres simple se obtiene el porcentaje con la siguiente fórmula:

Metros perforados 100 %

Metros de muestra X %

Ejemplo: 3.10m. ....100%

3.05m..... X %

## Registro de Logueo

Es el logueo rápido contiene información rápida y precisa de la geología del taladro. Esta información es útil para programar y reprogramar nuevos taladros. Inmediatamente después del logueo rápido la caja de testigos se envía al área de fotografía, corte y muestreo.

Hole_Id	FROM	TO	Lithology - Alteration - Mineralization	Geologis	Litholog	MagFro	MagTo
10D-LG-109	312.70	327.00	RDDBX (Riodacite Diatreme Breccia), (QZT>RDD> AND>IMQP clasts) rock flour matrix, MSU (Clast-Matrix Supported) subround clast, Weak Argillic and Weak to Moderate Sericite alteration. Disseminated and Veins sulphides: <b>Traces to 0.5% Chalcopyrite, traces to Sphalerite, 3% Pyrite. TBX from 316.10 to 325.00m</b>		VBA	14.30	
10D-LG-109	327.00	335.50	RMPOBX (Retrograde Matrix with mixed clasts). Mixed clasts of QZT>MSLT>intrusive, CPS Clast Poorly-Supported, weak to moderate retrograde alteration chlorite in matrix. <b>Disseminated sulphides: 0.5% to 1% Chalcopyrite, 4% Pyrite.</b>		VBA	8.50	
10D-LG-109	335.50	346.95	IMQP (Intermineral quartz porphyry) weak propylitic alteration, clorite-epidote replacement to biotite, secondary biotite replacing pseudomorphic hornblende. <b>Disseminated sulphides: 2% Pyrite.</b>		VBA	11.45	
10D-LG-109	346.95	349.25	IMQP (Intermineral quartz porphyry) weak propylitic alteration, clorite-epidote replacement to biotite, secondary biotite replacement for pseudomorphic hornblende. <b>Disseminated sulphides: 2% Pyrite.</b>		FA	2.30	
10D-LG-109	349.25	358.30	RDDBX (Riodacite Diatreme Breccia), (QZT>RDD> RSK>IMQP>POBX clasts) rock flour+clorite matrix, MSU (Clast-Matrix Supported) subangular clast, Weak Argillic and Weak to Moderate Sericite alteration. <b>Disseminated and Veins sulphides: Traces to 0.5% Chalcopyrite, traces to Sphalerite, 3% Pyrite.</b>		SPT	9.05	
10D-LG-109	358.30	365.70	IMQP (Intermineral Quartz Porphyry) weak propylitic alteration, (clorite replacement to biotite >epidote). From: 364.00m To: 374.05m POBX (Polyolithic breccia). <b>Disseminated sulphides: Traces of Chalcopyrite 2% Pyrite.</b>		SPT	7.40	

### Formato de logueo rápido para el reporte diario

## Registro Logueo Geológico a detalle

El análisis del testigo de perforación obtenido en muestra de mano (observaciones macroscópicas a simple vista y con lupa) con base en la profundidad, constituye la base fundamental de la evaluación geológica en el proyecto y se tiene cuidado en su preparación y desarrollo. Consiste en la descripción gráfica y numérica, mediante el uso de abreviaciones, colores, números que sirvan para describir la litología, mineralización, de tal forma que se puedan utilizar en el estudio y modelamiento del yacimiento. Se adjunta formato de Logueo Geológico detallado.



## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

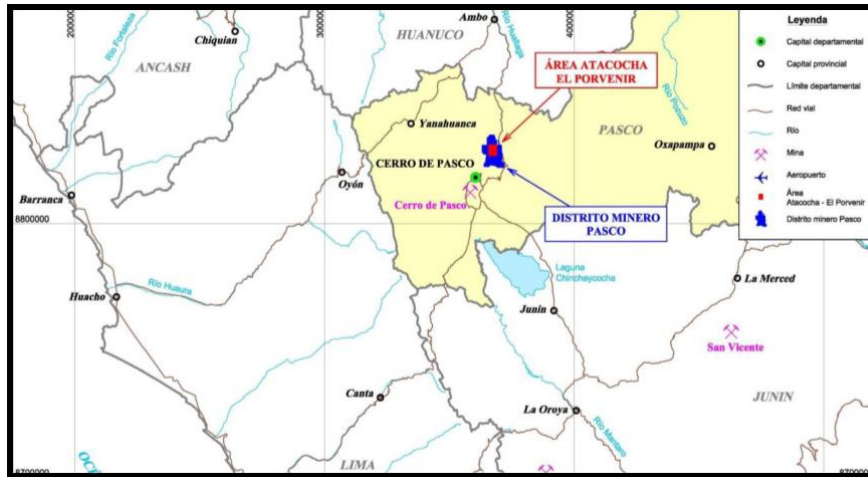
#### **4.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO**

##### **4.1.1 UBICACIÓN**

La Mina El Porvenir, ubicada en Cerro de Pasco, Perú, a 4 100 m.s.n.m. y a 190 Km. al noreste de Lima, es una de las minas más profundas de Latinoamérica .

Geográficamente se ubica.

- Distrito : Yanacancha.
- Provincia : Cerro de Pasco.
- Altitud : 3 900 A 4 300 m.s.n.m.
- Latitud Sur : 10° 35'
- Longitud Oeste : 76° 12'



**Foto N° 23 - Ubicación y Accesibilidad**

#### 4.1.2 FISIOGRAFÍA

El lugar presenta irregularidades, el campamento se ubica en un valle en forma de "U" característico del relieve glaciar, cuyas laderas del valle están cubiertas en parte por sedimentos fluvio-glaciares; también hay zonas escarpadas, las que han sido erosionadas por el hielo y la meteorización dinámica. El drenaje principal lo constituye el riachuelo de Milpo que discurre de Norte

a Sur y se une al Río Huallaga en el lugar denominado San Miguel, el drenaje es controlado por los plegamientos y fallamientos de la zona.



*Foto N° 24 - Valle en forma de U*

#### **4.1.3 GEOLOGÍA**

Los Yacimientos Milpo y Atacocha están en el rumbo de la falla regional. Ambos Yacimientos asociados a stocks de intrusivos dacíticos, y que son los que han originado y creado las condiciones necesarias para la deposición mineral.

En el rumbo de la falla Milpo – Atacocha, se presentan fallas de desgarre diagonales a la principal, y que han servido de fiders para el paso de las soluciones mineralizante.

La base de la geología empieza con los sedimentos del Grupo Pucara dentro de ella las calizas Uliachin del Triásico y calizas del Jurásico. Megard (1968) subdividió la serie Pucará en tres pisos:



Chambará (Soriano – Retianos), Aramachay (Hettangiano – Sinemuriano Medio) y Condorsinga (Sinemuriano Superior – Terciario Superior).

El techo superior lo conforma el Grupo Goyllarisquizga y la formación Machay pertenecientes al Cretáceo Inferior y Superior respectivamente, estas son intruídas por los Intrusivos Dacíticos y Andecíticos.

En profundidad estos valores disminuyen progresivamente, incrementándose los valores de zn, cu, fe, cd, y bi. Existen otros minerales como platas rojas y sulfosales de otra generación que mantiene los valores de plata. La distribución horizontal de minerales desde el intrusivo a la caliza es como sigue: intrusivo alterado, abundante piritita, diseminación de esfalerita en skarn, esfalerita, galena, mármol y caliza además del emplazamiento horizontal lejos del intrusivo (más de 100 m.), en niveles más bajos (-760) se encuentran cuerpos de plomo y plata atribuidos a la gradiente geotérmica conducidos por diques y fallas. Las brechas mixtas de clastos de mármol, skarn e intrusivo presentan Ag-Pb. En contacto intrusivo-skarn - mármol están constituidos por Pb, Zn y Fe.

#### **4.1.4 GEOLOGÍA REGIONAL**

La estructura principal es un sinclinal asimétrico con plano axial de rumbo N-S concordante al plegamiento regional desplazado por la falla inversa Milpo - Atacocha que ocasiona una distorsión en la secuencia estratifica de las formaciones Pucará, Goyllarisquizga y Machay de edad Jurásica. El marco geológico del distrito mineral es ocasionado por procesos orogénicos y magnaticos ocurridos en el Terciario que originaron en los sedimentos plegamientos, tres periodos de fracturamiento e intrusiones sub volcánicas en formas de stocks, diques y sills. Estos procesos dieron origen a diversos tipos de depósitos de remplazamiento metasomático a través de estructuras preexistentes. Existen cuerpos ubicados en el contacto intrusivo-caliza englobados en intrusivos tipo roof pendants y cuerpos de brechas post mineral relacionadas con intrusivos. Se encuentran vetas de aproximadamente 150 m de longitud y 350 m de profundidad conocida, mineralizadas de galena, esfalerita y sulfosales de plata de rumbo Noreste y buzamiento sub vertical en intrusivo y calizas, así como vetas de rumbo E-O, sub verticales, de poca potencia, de alto contenido de plata, emplazadas en las areniscas del Goyllarisquizga.

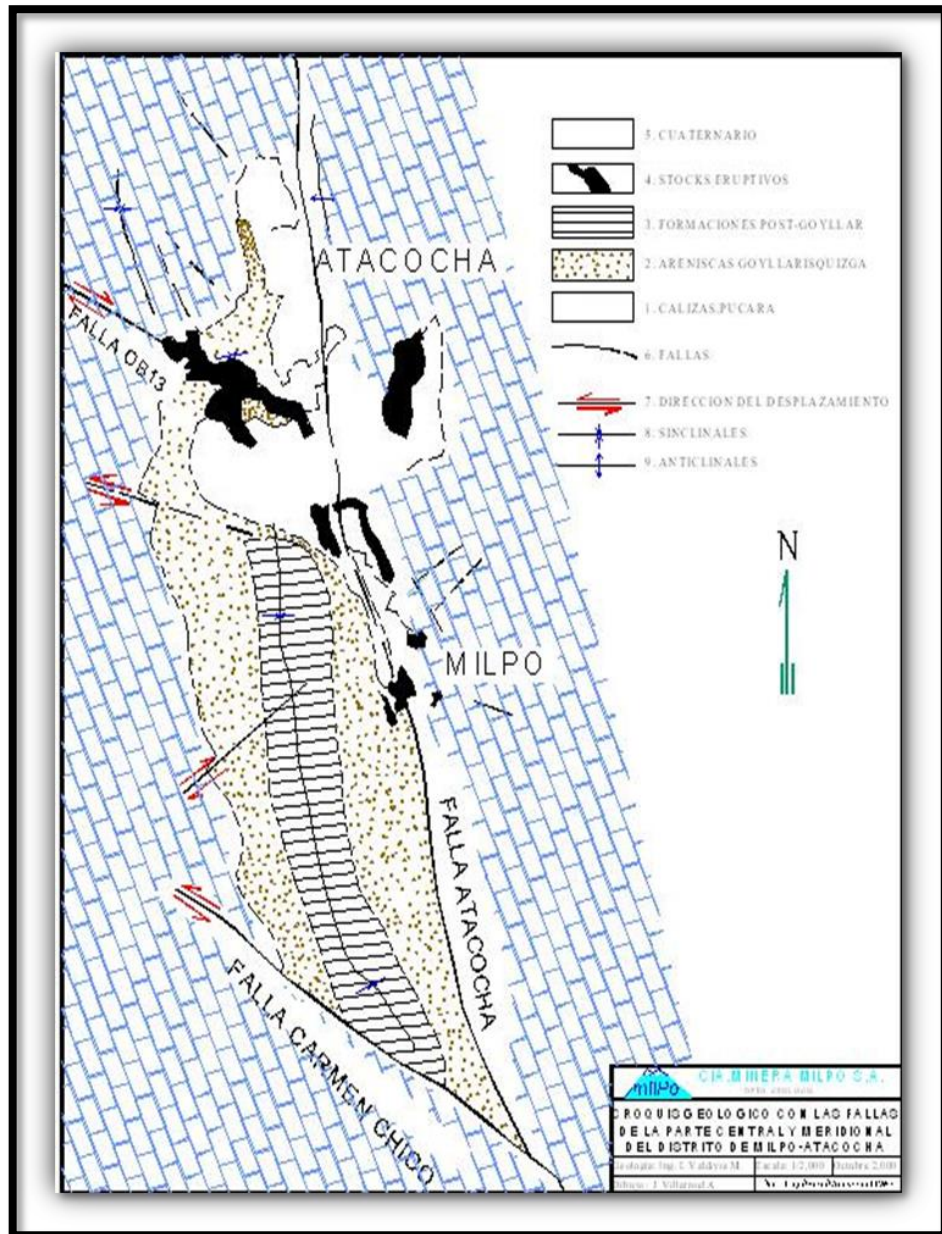


Foto N° 25 – Fallas en El Porvenir Milpo

#### 4.1.5 ESTRATIGRAFÍA

La serie de caliza de Milpo intercalada ente la Formación Mitú y Goyllarisquiza fue denominada como Pucará por Me Laughlin en 1924 y Jenk en 1951 incluyó dentro de ella a las calizas Uliachín del Triasico y a la caliza Paria del Jurásico. Megard (1968) subdividio la serie Pucará en tres pisos: Chamberá

(NoreanoReteaeno), Aramachay (Hettangiano-Sinemuriano Medio) y Condorsinga (Sinemurinao Superior-Toarciano Superior). El estudio paleontológico realizado por J.L. Guizado indica que los fósiles recolectados de las calizas adyacentes a la falla Milpo Atacocha muestran una edad correspondiente a los pisos Noriano y Retiano de la Formación Chambará.

#### **A) Grupo Pucará**

Está constituido por calizas de color gris oscuro a negro parduzco con intercalaciones de lutitas calcáreas nódulos de short, con rumbo N 20° W y buzamiento vertical que se presenta en capas de 0.10 m a 0.50 m. De espesor con una potencia total de 2 000 m. De acuerdo a la edad de este grupo se distinguen a su vez, tres sub divisiones:

Formación Chambará, Formación Aramachay, Formación Condorsinga, todos correspondientes a una deposición estrictamente marina.

#### **B) Grupo Goyllarisquizga**

Yace en discordancia aparente o dudosa sobre el grupo Pucará, debido a que la falla Milpo - Atacocha juntan estas formaciones una al lado de otra. Tiene una litología muy variada representada por las siguientes rocas:

- Arenisca de grano variable de colores gris a pardo claro.
- Cuarzitas impuras de grano medio de color gris claro.
- Brechas de sílice y matriz de cuarzo - calcedonia.
- Lavas basálticas de textura amigdaloides de color gris a pardo.

### **C) Formación Aramachay**

Yace en concordancia paralela sobre el Grupo Goyllarisquizga, con rumbo y buzamiento similar a este grupo, está representada principalmente por calizas arenosas de colores grises y pardos claro a amarillento, en bancos de 0.10 m a 0.40 m. De espesor y horizontales ínter estratificados de basalto de color marrón de textura amigdaloides, con una potencia de 100 m.

### **D) Rocas Intrusivas**

Las intrusiones de Milpo -Atacocha de edad Terciaria estarían relacionados (K.A.M. Gunnesch) al cinturón magmático Cenozoico situado al SO del Batolito Costa directamente al Batolito de la Cordillera Blanca, del cual constituirán stocks hipabisales asociados a un sistema de fallas profundas (de dirección andina) relacionadas al Tectonismo Andino. Los stocks sub volcánicos se presentan en el distrito como cuerpos de 1 km<sup>2</sup> de extensión aproximadamente, representados por Santa Bárbara, San Gerardo y Milpo. También existen diques y sills que intruyen a las calizas Pucará hacia el techo y cerca al Goyllarisquizga con orientación NS utilizando como zonas de acceso la falla Milpo-Atacocha, y fracturas preexistentes. Los intrusivos tienen fundamental importancia en la génesis del yacimiento, así como en la localización, magnitud y mineralización de los cuerpos y vetas existentes. En los contactos de roca intrusivo-caliza existe una zona de alteración de metamorfismo, skarn y mármol.

### **E) Intrusivos Dacíticos**

De composición "Granodiorítica, equivale a una dacita" en la clasificación de rocas volcánicas e hipabisales. Los "intrusivos dacíticos" están directa e indirectamente asociados con los cuerpos y vetas de mineralización económica del yacimiento.

### **F) Intrusivos Andecíticos**

De composición "Diorítica", equivalente a la andesita, como roca volcánica e hipabisales.

## **4.1.6 MINERALIZACIÓN**

### **• Cuerpos mineralizados**

Son depósitos de contornos irregulares de gran magnitud verticalmente alargadas a manera de tubos y de variada ocurrencia.

A) Cuerpos ubicados en las aureolas del contacto con el intrusivo dacíticos más favorable asociada y diseminada en el skarn. La intensidad está controlada por la extensión del modelo fracturado, con una aureola de caliza decolorada o mármol.

B) Cuerpos emplazados en bloques erráticos de caliza englobados dentro de stock, que tiene áreas de 1 600 m<sup>2</sup>.

Todos estos tipos de cuerpos mineralizados ocurren mayormente relacionados a los intrusivos dacíticos, no existiendo evidencias de su ocurrencia en o cerca de los contactos con los intrusivos Andecíticos y profundizan algunos hasta el nivel 280 como AM., la

veta V3 N° 6 solo hasta el nivel -50 etc., con características similares a los anteriormente descritos.

• **Vetas**

Las principales estructuras de vetas en Milpo estrechamente relacionadas con los sistemas de fracturamiento muestran las características del elipsoide de deformación originadas por su fuerza Compresión de dirección E. Las vetas en fracturas de tensión tienen un rumbo N°65° a 70°E y N50° A 60°W, todas buzando al N.

Las vetas tienen además características peculiares que las diferencian:

- Las vetas relacionadas a diques emplazados en fracturas que son continuación de diques.
- Vetas en intrusivo y caliza, que cruzan tanto a las calizas como al stock y se presentan hacia el lado Sur de éste.
- Vetas en el grupo Goyllarisquizga por lo menos se conoce siete vetas de rumbo N 40° E y N 70° E de buzamiento vertical, con 0.10 m. A 1.00 de ancho, ubicados en esta formación y al W de la falla Milpo - Atacocha. Son vetas con mineralización irregular de acuerdo al tipo de roca que cruzan favorable en arenisca y no favorable en lutitas.

#### **4.1.7 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**

Las estructuras predominantes en el depósito Milpo, en orden cronológico, son: Sinclinal Milpo Atacocha, Falla Regional Milpo Atacocha y fracturamientos (Lamina)

##### **A) El Sinclinal Milpo-Atacocha**

Es un pliegue cóncavo asimétrico cuyo eje se dirige al NO. Los sedimentos del depósito fueron comprimidos a E -O en la segunda fase de la orogenia andina (plegamiento Incaico) ocurrida entre el Eoceno y el Oligoceno del Terciario, ocasionando que las calizas Pucará se encuentren buzando verticalmente en el centro y a todo el largo del eje. La Formación Goyllarisquizga buza 50° al Oeste.

##### **B) La Falla Regional Milpo-Atacocha**

Es la estructura de mayor importancia del distrito y tiene un rumbo N-S con longitud de 15 Km. desde Yarusyacán en el norte hasta Carmen Chico en el Sur, Megard (1919) considera que la falla Milpo Atacocha pertenece a un sistema de fracturamiento que estuvo activo desde el Triásico tardío.

##### **C) Fracturamientos**

En el distrito se presentan varios sistemas de fracturamiento más jóvenes concordantes con la tectónica de bloques, relacionadas con las fuerzas compresionales E a O, que de acuerdo con el "elipsoide de deformación" unas corresponderían a fracturas de tensión (rumbo E-O) y otras de fracturas de cizalla rumbo N65° - 70°E y N50° - 60°O.



#### 4.1.8 MINERALOGÍA

Los minerales que se encuentran presente en el área de estudio son principalmente los siguientes:

- **Esfalerita**

Se encuentra mayormente compacta, granular y fina granular-fina, cristalizada y masiva; los cristales son de forma de tetraedros y cubos.

- **Galena**

Se presenta mayormente bien cristalizada, principalmente en las zonas de mármol, en cristales cúbicos de clivaje perfecto, también compacta y masiva; presenta porcentajes altos de plata.

La galena se encuentra en buenas cantidades después de la esfalerita con la que se está asociada, constituye al segundo mineral principal de mena, después de la esfalerita.

- **Pirita**

Se encuentra por lo general formando grandes masas, normalmente cristalizada, casi siempre en cubos y piritoedros.

Presenta maclamiento y las caras de los cristales tienen paralelas a las aristas del cristal; los cristales encontrados en Milpo llegan a tener hasta 0.05 m de diámetro. Comúnmente se encuentra en la roca intrusiva rellenando fracturas y como cristales de impregnación. También en estado masivo asociada a la esfalerita más que a la galena. La pirita ocurre casi en todo yacimiento, pero en mayor cantidad en la aureola de contacto caliza - intrusivo (endoskarn).

- **Calcita**

Se encuentra relleno de fracturas, asociada a minerales de mena en geodas y drusas, como especie de tapiz. Se presenta en todas sus formas de cristalización: escalenoédrica. La mayoría de las veces ésta presenta compacta en cristales diminutos y en mayoría de los casos es de color blanco, amarillento a grisáceo por las impurezas, su brillo es vidrio - resinoso.

- **Calcopirita**

Se ven muy pequeña cantidad en forma de impregnaciones y venillas dentro del intrusivo, normalmente en el contacto caliza intrusivo y a profundidad.

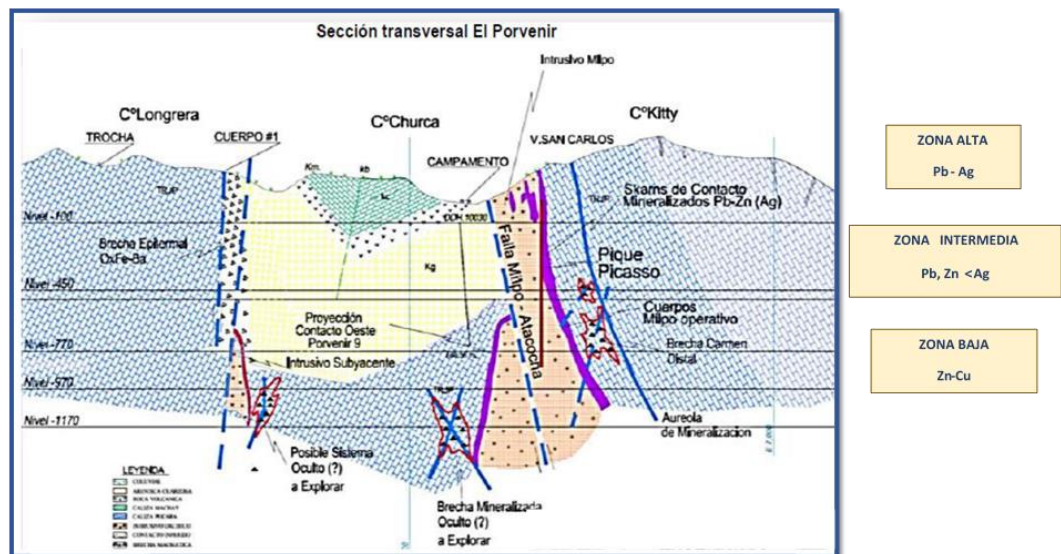


Foto N° 26 – Fallas en El Porvenir Milpo y zonas de mineral

#### 4.1.9 METAMORFISMO

La mineralización del distrito de Milpo - Atacocha está asociada a la zona de metamorfismo de contacto entre intrusivos hipabisales: stocks, sills y diques y las rocas sedimentarias de las

formaciones Pucará, principalmente Goyllarisquizga que ocurren al E de la falla Milpo - Atacocha. Dos stocks uno ácido dacítico y otro básico andesítico provenientes de la cámara magmática andina, marmolizaron a las calizas Pucará en el contacto y el proceso metasomático originó skarn.

En los bordes de los contactos se originó el endoskarns granates andracíticos y diopsidos, los stocks erráticos de caliza englobados dentro del intrusivo se metamorfizaron también a diópsido andradita, wollastonita, vesuvianita.

Durante el enfriamiento se produjo el metamorfismo retrógrado, las soluciones forman exoskarns y los volátiles migran al interior del intrusivo incrementando la presión, que rompe expansivamente la costra sólida por el escape de volátiles, originando espacios vacíos que son ocupados por soluciones que depositan nuevos minerales; feldespatos potásico, esfalerita, calcopirita, galena, pirita. Las soluciones circularon a lo largo de los contactos formando aureolas y de las diversas vías relacionadas al fracturamiento, donde los minerales de las soluciones reemplazaron a las calizas en variadas intensidades, aparentemente los contactos con los intrusivos andesíticos no fueron favorables para esta deposición.

En superficie el reemplazamiento está limitado a vetas angostas e irregulares y a cuerpos de brechas de pequeña magnitud, que en profundidad forman depósitos bien mineralizados.

Existen zonas o intervalos a lo largo del contacto donde la caliza muestra escasa o ninguna alteración y otras donde el

fracturamiento y alteración es intensa y aunque la mineralización no está íntegramente confinada en las calizas alteradas, éstas son las áreas más favorables y económicas.

La mineralización también ocurre en brechas calcáreas y en los intrusivos que contienen mineralización en vetillas.

#### **4.1.10 ALTERACIONES DE LA ROCA Y DEL MINERAL**

Con respecto a las alteraciones debemos considerar tres tipos:

- Alteración hipógenas de cajas.
- Alteraciones supérgenas de cajas.
- Alteraciones supérgenas de minerales.

La alteración hipógena de sus cajas representada por la caolinización y piritización del tipo hidrotermal, la silicificación, cloritización, propilitización, calcitización, propilitización, y recristalización de las calizas (mármol). La alteración hipógena es previa a la metalización y es de alcance epitermal.

La alteración supérgenea de cajas está representada por la limonitización de la piritización, caolinización de los volcánicos y rocas intrusivas y la disolución de las calizas.

La alteración supérgena de los minerales está constituida por la limonitización de la pirita; la esfalerita y la galena son reacios a la alteración supérgena, la misma que no es profunda. Sin embargo, estos halos de alteración se distribuyen muy irregularmente y su extensión varía desde algunos centímetros a más de 100 metros

En el intrusivo la alteración de la roca varía de muestra en muestra y consiste en la descomposición de los ferromagnesianos (biotita y hornblenda) en clorita, calcita, así como la de los feldespatos en Clorita y caolín. En casi todos los casos el intrusivo se encuentra piritizado en los márgenes del cuerpo, y relacionados especialmente con la mineralización de plomo y zinc. En la zona de contactos predomina fundamentalmente el skarn con granate, diópsido y epídota; se observa a veces una débil propilitización. Es de suma importancia la localización y análisis de las alteraciones, nos estará indicando la probable proximidad de cuerpos mineralizados y una escasa mineralización o ausencia de la misma, nos estará manifestando una nula o pobre mineralización. En las intrusivas (F. De las Casas y C. Canepa) se observaron los siguientes minerales de alteración: Clorita, Epídota La calcita como descomposición de los minerales ferromagnesianos. Clorita sericita y caolín como descomposición de los feldespatos así como también piritización. En las calizas se aprecia aureolas de recristalización marmolización, silicatización (skarn) y piritización relacionada con la mineralización de Pb. y Zn. Por lo tanto, la alteración del yacimiento de Milpo estaría representada por: Marmolización silicatización, sausseritización, sericitización, propilitización y argilítización.

#### **4.1.11 CONTROLES DE MINERALIZACIÓN**

Los controles de mineralización, a los cuales ha sido sometido nuestro yacimiento, son los siguientes:

- **Control Litológico**

La sustitución está restringida únicamente a las calizas Pucará, reflejan ordinariamente un evidente control litológico, desde el punto de vista de presencia del intrusivo a través de la falla Atacocha entre dichas calizas Pucará al este y las areniscas Goyllarisquizga hacia el Oeste, notándose remplazamiento y formación de cuerpos irregulares en las calizas y rellenos en fracturas de poca importancia en las areniscas con someras impregnaciones de Sulfuros en areniscas gruesas.

El mármol blanco a gris blanquesino es más favorable a la formación de cuerpos mineralizados de plomo y plata con poco porcentaje de zinc.

- **Control Mineralógico**

La frecuencia distribución de las concentraciones de pirita, zinc, pirita-zinc-plomo, plata, dentro de la asociación mineralógica de los contactos, es una evidencia concreta de la influencia de los controles mineralógicos durante el proceso de mineralización. La distribución predominante de la pirita cerca del endoskrarn (Skarn desarrollado dentro del intrusivo) sugiere un intenso remplazamiento de los calcosilicatos por dicho mineral en la distribución horizontal, predominando así en profundidad. La poca asociación del plomo y la plata en las masas de pirita es

claramente definida en los cuerpos; la presencia de fluorita y venillas de galena es un control mineralógico importante para la determinación de cuerpos o lentes en la zona de mármol dentro de la aureola de contacto.

En suma, la asociación de los cuerpos tiene una dirección horizontal indicada, partiendo de la alteración del intrusivo hacia la zona de skarn, terminando en el mármol y la caliza negra; en función de condiciones adecuadas; temperatura, presión y tiempo; la evolución de las asociaciones mineralógicas establece un estado ambiental de una aproximada constancia de azufre, una disminución de fierro y un crecimiento del contenido de zinc, plomo y plata hacia el mármol. El mineral de cobre se encuentra en proporciones insignificantes en los niveles es más notoria y siempre relacionada a las masas de pirita.

#### • **Control estructural**

Es uno de los principales controles geológicos de la mineralización, sin cuya presencia no habría sido posible el remplazamiento de la magnitud del yacimiento de Milpo, ya que la distribución de los silicatos y sulfuros tiene una relación estrecha con las diversas estructuras. Las siguientes evidencias sostienen dicha relación:

- Además de la sustitución por los silicatos de la parte afectada del calcáreo Pucará, existen halos de los mismos, en las paredes de las diversas fracturas y fallas localmente desarrolladas en las calizas.

- A pesar del remplazamiento parcial del skarn por los sulfuros (pirita, esfalerita, galena), se observa en algunos sitios de la mina, un control por fallas y dique.

En la parte Oeste de la mina las fracturas tensiones preliminares que siguen una orientación general Este -Oeste han sido rellenados por minerales de plata-plomo y zinc. Un control interesante se considera la brecha producida por minerales tectónicos, principalmente en las calizas al norte de los cuerpos veta 3 y éxito, zona denominada Carmen Norte.

#### • **Control por Contacto**

Es el principal control de la mineralización de Milpo; es el control por contacto entre el intrusivo pacífico Milpo y las calizas Pucará. Las soluciones hidrotermales portadores de los sulfuros metálicos, aprovecharon el contacto y el fracturamiento existente como zonas de debilidad para circular y depositar su contenido metálico en un proceso de solución y deposición esencialmente simultáneo. De esta forma encontramos mineral como lentes de remplazamiento en la zona de contacto, principalmente en el mármol y el skarn, también como filones de pequeña corrida que cruzan el contacto a ambos lados y a lo largo de él. En resumen, la mineralización que se encuentra en los contactos siempre está relacionada con el fracturamiento.



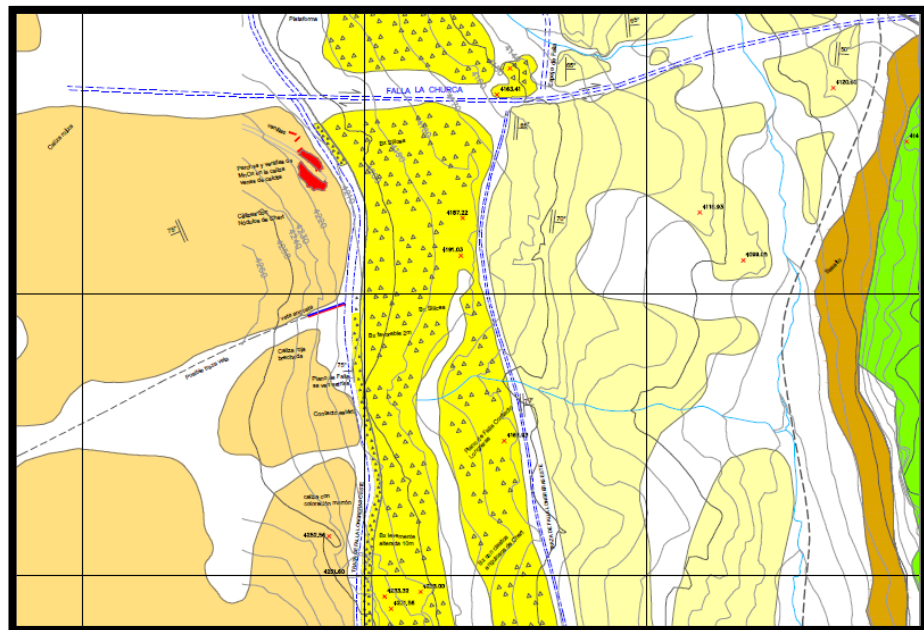
## 4.2 PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

### 4.2.1 UBICACIÓN PROYECTO

La zona de Longreras Oeste se encuentra ubicada a 1.5 Km al oeste de la mina el Porvenir. El acceso más fácil es a través de la carretera que se dirige al poblado de San Juan de Milpo y hacia la Mina Atacocha.

### 4.2.2 GEOLOGÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO

**Características Principales** - La falla principal Longreras tiene rumbo promedio de N 20° W y Buzamiento de 75° al NW, y está cortada por fallas transversales de rumbo N 70° E por ejemplo la falla La Churca *Lámina N° 1*.

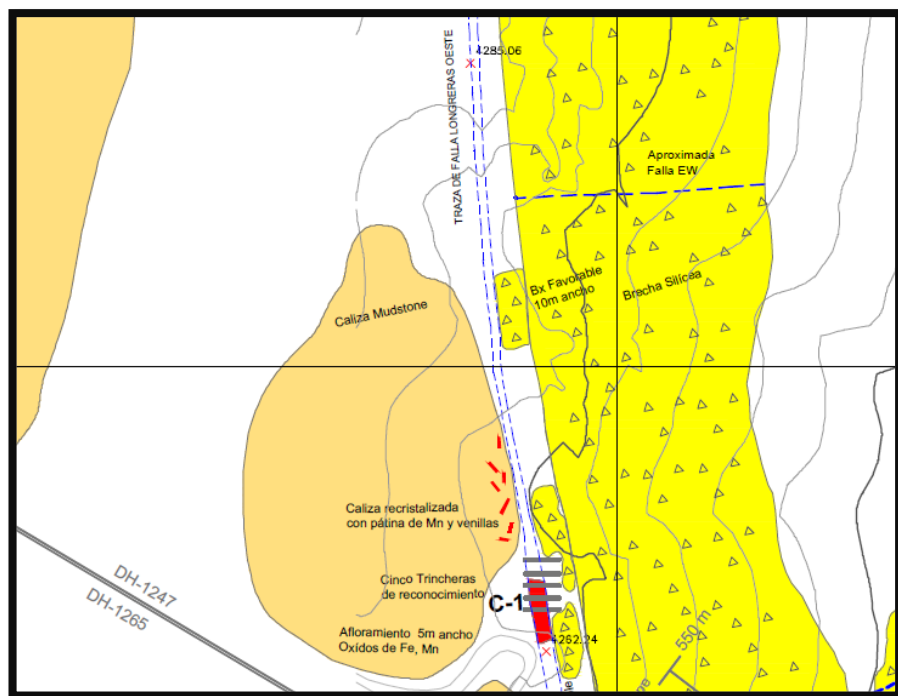


**Lámina N° 1**

- La longitud reconocida de la falla es de 2,300m a lo largo del rumbo en el cual ocurren varios afloramientos de diferentes

dimensiones (ancho y longitud) el detalle se puede ver en la *Lámina N° 1*.

- En el afloramiento C-1 se observan varias trincheras que se realizaron hace muchos años. La intensidad de la óxidación con Fe y Mn no es tanto como en otros afloramientos. Las exploraciones diamantinas fueron dirigidas hacia esta zona tal como se muestra en las *Laminas N° 1 y N° 2*.



**Lámina N° 1**

- Los afloramientos C-5; C-6 y C-7 tienen rumbo promedio de N 65° E a N 70 °E los cuales se correlacionan con las fallas del sector este, que tienen el mismo rumbo, el detalle se puede observar en la *Lámina N°1*.

#### **4.2.3 MARCO ESTRUCTURAL**

La falla Longreras Oeste junto con la falla Longreras Este (*Lámina N°1*) forman un horst estructural <sup>(1)</sup>, al este se encuentran

las areniscas del Grupo Goyllarisquizga y al oeste las calizas del Grupo Pucará.

*(1) Una zona situada en una posición relativamente elevada, formada por el movimiento de las fallas directas que se inclinan alejándose unas de otras. Los pilares tectónicos tienen lugar entre bloques de fallas en una posición baja, denominados grábenes. Los pilares tectónicos se forman en zonas de rifting o de extensión, en las que las fallas directas constituyen la variedad más abundante de falla.*

La falla Longreras Oeste, materia del presente estudio, tiene rumbo promedio N 10° E variando al N 10° W, y más de 2.3

Km de extensión. A lo largo de ella ocurren una serie de afloramientos rellena con óxidos de Fe y Mn, los cuales presentan coloraciones variadas. También ocurren una serie de fallas transversales (Lámina N° 1) siendo la principal la falla Manuel 5.

En la zona ocurren tres tipos de mineralización:

1- Mineralización asociada al contacto falla de la brecha silícea con las calizas marrón (roja) del Grupo Pucará.

2- Mineralización dentro de la caliza Pucará a pocos metros al oeste de la falla principal, que está emplazada en forma de cuerpos irregulares (parches, vetillas) y mantos.

3- Mineralización en vetas, son estructuras definidas dentro de las calizas, los anchos varían de 1.2m a 2m, las vetas cortan a los estratos casi en forma vertical (90°).

## **4.3 PRUEBA DE HIPÓTESIS**

### **4.3.1 DESCRIPCIÓN**

#### **1) Mineralización Asociada al contacto falla de la brecha silíceo con las calizas.**

La mineralización se presenta irregular a lo largo de los 2.3Km, ocurren varias manifestaciones (afloramientos) con óxidos de manganeso y fierro de varios colores y anchos variables desde 1m hasta 3.5m y de 8m a 20m de largo. El relleno principal es roca craquelada y brechada con abundante óxido de manganeso que está rellenando las fracturas y la brecha, también el óxido de manganeso ocurre en forma masiva, su color está en relación directa con las leyes de Mn, Ag y Zn, los más oscuros (negros) tienen alto contenido de Mn y con buenos valores de Ag.

La zona más favorable es de 10m de ancho, dentro la brecha silíceo, en el contacto con la caliza (Lámina N° 1).

#### **2) Mineralización en cuerpos irregulares, parches, vetillas y mantos dentro de la caliza.**

Ocurre generalmente a escasos metros del contacto falla pero dentro de la caliza Pucara. Se presenta en varias formas: parches, venillas, cuerpos irregulares y mantos, estas características se han identificado en varios lugares, un caso típico es el afloramiento C3.

### 3) Mineralización en vetas

Las vetas están cortando a las calizas en forma perpendicular, se inician cerca a la falla pero en las calizas. Se han observado 3 importantes vetas de anchos variables desde 1m hasta 3m de ancho. La continuidad de las vetas al NW dentro de las calizas no se conoce pero se observa alguna evidencia (*Lámina N° 1*).

Los afloramientos C-5, C-6, C-7 se encuentran emplazados en las calizas marrón – rojas al sur oeste de la zona de estudio (*Lamina 1*), de los cuales C-6 y C-7 tienen orientación al NE y podría alinearse con las vetas que se encuentran cerca a la falla Longreras Oeste (*Lamina N° 1*) si esta relación se confirma las vetas alcanzarían al menos 600 metros de extensión (el detalle se puede observar en la *Lámina N°1*).

En toda la extensión del contacto-falla Longreras Oeste se han mapeado 10 afloramientos de anchos y largos diferentes siendo el más extenso el afloramiento que se encuentra a la altura de las coordenadas Este = 366150 y Norte = 882900, este afloramiento se reconoció con dos trincheras tipo cruz (*Lamina N°1*), tiene 50m de largo por 20m de ancho, la información de campo indica que se trata de un manto de reemplazamiento que está asociado con el conducto mineralizante (Falla-Veta) “Longreras Oeste” la cual contiene mineralización en forma irregular a lo largo del rumbo.

Otro afloramiento de importancia es el C-3 *Lámina N° 1*; es un gran afloramiento con MnOx de colores oscuros está emplazado

en las calizas Pucara a unos metros al Este de la falla, es un cuerpo irregular emplazado en la caliza pero asociado a la Falla-Veta la cual es un feeder mineralizante.

También ocurren vetas bien formadas especialmente las 2 vetas 1.2 m. y 1.5 m. ubicadas a la altura de las coordenadas E= 366280; N= 8827550 son buenas estructuras que sobre pasan el 1.2m de ancho.

#### **4.4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

##### **Exploración Anterior:**

La geología de la zona en forma general (macro) no fue entendida en su integridad y con el detalle correspondiente.

Esta zona se ha explorado con 4 taladros diamantinos. Dos de ellos DDH1247 y DDH1265 sobrepasando la proyección vertical del afloramiento (Lamina 1) pero no han intersectado mineralización, previamente para explorar la zona realizaron 1200m de crucero aproximadamente desde la altura del pique Picaso (Nivel – 450 sector Oeste). Este nivel fue re-mapeado en detalle para diferenciar mejor la litología, un aspecto geológico importantes es la presencia del sinclinal San Juan (el detalle del mapeo se observa en la (Lamina N° 3).

La roca principal que aflora en el crucero son las areniscas Gollarisquizga las cuales están intercaladas con basalto y areniscas de color marrones con limolitas, esta labor de exploración en el Nivel (- 450), alcanza los 1200 metros.

También tengo entendido que la exploración diamantina fue del tipo (RC) Reverse Circulation "Aire Reversa". Esta se usa generalmente para yacimientos del tipo Pórfido de Cobre, en estos sistemas de mineralización como Longreras Oeste pueden dar resultados contradictorios.

La sección A-A' que se muestra en la *Lamina N° 2* considera las características geológicas que se han reconocido en la superficie y en las labores mineras del Niv. – 450. Los taladros diamantinos están graficados en la sección A-A' solo los DDH 1265 y DDH 1247 pasaron la proyección de la falla-veta, se sabe que no han intersectado mineralización. En la *Lamina N°2* se han graficado las alternativas de la proyección hacia profundidad en un caso la proyección con 90° (vertical) en otro caso la proyección con 78° de buzamiento al este. Se puede ver que solo el DDH, 1247 paso la proyección de la falla veta. El DDH 1118 se ha quedado corto no paso la proyección vertical (90°) de la falla-veta. El DDH 1086 tampoco consiguió intersectar la falla-veta aparentemente se quedó corto.

#### **4.5 POTENCIAL GEOLÓGICO DE LA FALLA LONGRERAS OESTE**

Para el potencial geológico se puede considerar la extensión reconocida donde ocurren los afloramientos que son 2300 metros, aunque se conoce que la falla contiene al norte y al sur unos metros más. La falla debe continuar por varios cientos de metros en profundidad, pero la estructura mineralizada también baja, pero en forma muy irregular, al menos unos 800m desde la superficie, el ancho

de la estructura varía de 1.2m hasta 8m, se puede considerar un promedio de 4m.

Un cálculo simple de las dimensiones daría lo siguiente: 7'360,000 m<sup>3</sup> de los cuales solo considerar 1/3 como margen de seguridad, entonces serían 2'453,333 m<sup>3</sup>, el peso específico se puede considerar 2.9 con lo que se tendría 7'114,666 TM de potencial en la zona. El margen de 1/3 como factor de seguridad compensaría los parámetros donde se tenga duda como la longitud y profundidad.



## CONCLUSIONES

- La re-interpretación geológica de la zona muestra características geológicas importantes en la zona, la mineralización está asociada a una gran falla-veta (Longreras Oeste) la cual está emplazada en el contacto de la brecha silícea al lado este y las calizas rojas al lado oeste (Lamina N°1). A lo largo de la falla se presentan múltiples afloramientos irregulares dentro de los 2300 metros de extensión, la falla continua abierta hacia el norte y al sur, pero ya no se observan afloramientos asociados.
- Las posibilidades de hacer alguna exploración diamantina en la superficie es difícil la comunidad de San Juan de Milpo se opone a todo tipo de exploración.
- El Niv. -450 se debe considerar en un futuro cercano para explorar en las cercanías al Grupo Goyllarisquizga. En la Lamina N°3 se puede observar que los DDH 981 y 1199 intersectan mineralización en profundidad con buenas leyes, podrían tratarse de vetas o mantos mineralizados. Se debe correlacionar este Nivel (-450) con otros Niveles Superiores e inferiores en la búsqueda de nuevos targets.

## RECOMENDACIONES

- Considerar al proyecto Longreras Oeste como una alternativa de exploración en un futuro cercano, esta estructura daría muchas sorpresas cuando se explore. La información geológica de campo y en la labor minera del Nivel -450 sustenta a la zona para considerarla como un buen target de exploración.
  - La zona de Longreras Oeste es un buen target de exploración de riesgo, lo recomendable sería ubicar otras posibilidades de ingreso a la zona en niveles superiores (a menos profundidad que el Niv. -450), podría ser con alguna labor minera desde la mina Atacocha.
  - Los taladros están ubicados a muchos metros en profundidad respecto a los afloramientos no siendo conveniente para proyectar la información desde la superficie en este caso son 560 metros verticales desde el afloramiento C-1 hasta el nivel (-450) esta gran diferencia vertical no permite controlar con certeza la información geológica de la superficie a esta profundidad. En estos casos la exploración más conveniente es realizar desde la superficie hacia niveles inferiores.
- (Lámina N° 2)

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cobbing, Edwin John | Quispesivana Quispe, Luis Juan | Paz Maidana, Manuel Geología de los cuadrángulos de Ambo, Cerro de Pasco y Ondores 21-k, 22-k, 23-k – [Boletín A 77] 1996
- Informe Interno Unidad Minera El Porvenir 2018
- Blazy, P.; (1980). EL BENEFICIO DE LOS MINERALES", Edición Rocas y Minerales, Madrid.
- Dana, H.:(1965) "MANUAL DE MINERALOGIA", Editorial Reverté, S.A., Barcelona, España.
- Ly Zevallos, P., 1999. Yacimiento Cerro Lindo. En Primer Volumen de Monografías de Yacimientos Minerales Peruanos. Historia, Exploración y Geología. Volumen Luis Hochschild Plaut. Instituto de Ingenieros de Minas del Perú. Pro Explo 99.

## ANEXOS

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	POBLACION Y MUESTRA
<b>Problemas general</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Hipótesis general</b>	<b>Variables independientes</b>	<b>Población</b>
¿La evaluación geológica establecerá el potencial de mineralización, zona Longreras Oeste, unidad minera El Porvenir, 2019?	Establecer una evaluación geológica para determinar el potencial de mineralización, zona Longreras Oeste.	La evaluación geológica establece el potencial de mineralización, zona Longreras Oeste, Unidad Minera. El Porvenir 2019.	La evaluación geológica.	La población en toda la estructura adherente y próxima al yacimiento de Longreras Oeste, que se encuentran en la Unidad minera el Porvenir.
<b>Problemas específicos.</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específicas.</b>	<b>Variables dependientes</b>	<b>Muestra</b>
-¿Las características geológicas determinaran el potencial del yacimiento?  -¿Los controles estructurales determinaran el potencial geológico del yacimiento?	-Caracterizar la geología del proyecto Longreras Oeste.  -Conocer los controles estructurales del potencial de mineralización, zona Longreras Oeste.	-Las características geológicas determinan el potencial de mineralización en el yacimiento.  -Los controles estructurales determinan el potencial de mineralización en el yacimiento.	Potencial de mineralización, zona Longreras Oeste, Unidad Minera El Porvenir 2019.	La muestra son las perforaciones diamantinas DDH, que fueron extraídas próximos a la zona de estudio.