

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



TESIS

**Evaluación geológica del cuerpo mineralizado
Brenda - Mina Raura**

**Para optar el título profesional de:
Ingeniero Geólogo**

Autor: Bach. Nilton Hammer ROJAS UBALDO

Asesor: Mg. Vidal Víctor CALSINA COLQUI

Cerro de Pasco – Perú - 2019

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



TESIS

**Evaluación geológica del cuerpo mineralizado
Brenda - Mina Raura**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Luis Arturo LAZO PAGAN
PRESIDENTE

Mg. Javier LÓPEZ ALVARADO
MIEMBRO

Mg. Ramiro Ernesto DE LA CRUZ FERRUZO
MIEMBRO

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis a mis padres Rodolfo Rojas Vertiz y Gloria Ubaldo Estrada, porque ellos han dado razón a mi vida, por sus consejos y su apoyo incondicional, todo lo que hoy soy es gracias a ellos.

A mis Hermanas Sandra Lizbeth y Flor de María, por sus consejos, su paciencia y por el gran ejemplo que me brindan.

RECONOCIMIENTO

A la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión,
por brindarme la oportunidad de desarrollar
capacidades, competencias y optar el Grado
Académico de Ingeniero Geólogo

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo conocer el comportamiento geológico de la mineralización del cuerpo Brenda de la Mina Raura.

Es necesario determinar el comportamiento geológico de la mineralización del mencionado Cuerpo, para establecer la estimación de recursos.

Los rasgos característicos para la identificación de este Cuerpo en la Mina Raura ha sido básicamente encontrarnos en una zona favorable para la mineralización como zonas de contacto metasomático entre las calizas e intrusivos pórfidos cuarcíferos con importantes leyes de Zn, Pb y Cu. Asimismo es importante el control estructural asociada con la mineralización.

El entendimiento de las características geológicas del Cuerpo requiere de un análisis.

Es necesario conocer los controles geológicos de mineralización del Cuerpo Brenda y determinar la estimación de recursos.

La estimación de recursos se realiza utilizando una serie de parámetros para la estimación.

Palabra Clave: Cuerpo Mineralizado Brenda; Mina Raura

ABSTRACT

The objective of this thesis is to know the geological behavior of the Brenda body mineralization of the Raura Mine.

It is necessary to determine the geological behavior of the mineralization of said body, to establish the resource estimate.

The characteristic features for the identification of this Corps in the Raura Mine have been basically to find ourselves in a favorable zone for mineralization as metasomatic contact zones between limestones and porphyry quartz intrusives with important laws of Zn, Pb and Cu. Likewise, the structural control associated with mineralization is important.

The understanding of the geological characteristics of the Body requires an analysis.

It is necessary to know the geological mineralization controls of the Brenda Body and determine the resource estimate.

The estimation of resources is made using a series of parameters for estimation.

Keyword: Brenda Mineralized Body; Mine Raura

INTRODUCCIÓN

La Mina Raura, se encuentra en la provincia metalogenética sedimentaria mesozoica de la cordillera occidental, tipificado como un yacimiento del tipo Skarn de Zn-Pb, el cual se desarrolló dentro en un ambiente de óxido-reducción.

La profundidad de emplazamiento de las diferentes series magmáticas corresponden a un nivel mesotermal, los cuales fueron generados a partir de plutones precursores de trasarcos correspondientes al batolito de la cordillera blanca, generando cámaras de magma parental los cuales proporcionaron el magma necesario para la formación de los stocks granodioríticos y monzoníticos de 10-15 Ma y diques sub volcánicos de cuarzo monzonita y dacita porfirítica de 7-10 Ma respectivamente, ambos con una composición calco alcalina emplazados por debajo de las tobas de lapilli soldadas del cenozoico.

Estructuralmente se halla en el borde oeste de la Faja Corrida, Plegada y Fallada del Marañón, limitada regionalmente por la Falla Chonta y Sistemas de Fallas Marañón; localmente se encuentra relacionada directamente por el oeste a la Falla Chonta y por el este a la Falla Raura ambas de rumbo andino NW-SE, estos sistemas están conformados por dos o más fallas, de las cuales se puede decir que, las fallas con buzamiento menor corresponden a fallas inversas y de corrimiento, en cambio las fallas con buzamiento sub verticales son fallas transcurrentes, también presenta un segundo sistema fallas transversales de las cuales se diferencian tres

familias NW-SE, E-W y NE-SW, las dos primeras conforman un corredor estructural transversal al rumbo andino.

Los depósitos minerales del yacimiento minero Raura, presentan una paragénesis de Cu-Zn-Pb-Ag, la mineralización se encuentra estrechamente ligada a las zonas de contacto con stocks de cuarzo monzonita y granodiorita con rocas carbonatadas pertenecientes a la formación Jumasha del Cretáceo Superior; se puede distinguir una etapa de mineralización prógrada de granate-piroxeno cálcico y una fase retrogradante con calcita, epidota, cuarzo, clorita y sulfuros. Los minerales metálicos son la calcopirita, esfalerita, galena, galena argentífera, pirita y freibergita.

ÍNDICE

DEDICATORIA _____	III
RECONOCIMIENTO _____	IV
RESUMEN _____	V
ABSTRACT _____	VI
INTRODUCCIÓN _____	VII
ÍNDICE _____	IX

CAPITULO I PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Determinación del Problema _____	3
1.2. Formulación del Problema _____	4
1.3. Objetivos _____	4
1.3.1. Objetivo General _____	4
1.3.2. Objetivos Específicos _____	4
1.4. Justificación del problema _____	4
1.5. Importancia y alcances de la Investigación _____	5
1.6. Limitaciones _____	5

CAPITULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes _____	6
2.2. Bases teórico-científico _____	7
2.3. Definición de Términos _____	22
2.4. Formulación de Hipótesis _____	26
2.4.1. Hipótesis General _____	26
2.4.2. Hipótesis Específicos _____	26

2.5. Identificación de Variables _____	27
2.5.1. Variables Independientes _____	27
2.5.2. Variables Dependientes _____	27
2.5.3. Variables Intervinientes _____	27

CAPÍTULO III METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación _____	28
3.2. Diseño de la Investigación _____	28
3.3. Población y Muestra _____	29
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos _____	29
3.5. Análisis e interpretación de la información _____	29

CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Ubicación _____	30
4.2. Accesibilidad _____	32
4.3. Geomorfología _____	32
4.4. Hidrología y Drenaje _____	34
4.5. Clima _____	35
4.6. Flora y Fauna _____	35
4.7. Historia y Antecedentes _____	36
4.8. Geología Regional _____	36
4.8.1. Geología Estructural _____	37
4.8.2. Estratigrafía _____	41
4.8.2.1. Rocas Sedimentarias _____	41
4.8.2.2. Depósitos Cuaternarios _____	47

4.8.3. Rocas Intrusivas _____	47
4.8.4. Rocas Volcánicas _____	52
4.9. Geología Local _____	58
4.10. Recursos Minerales _____	70
4.10.1. Método Geoestadístico _____	78
4.10.2. Procedimiento _____	83
4.10.3. Geología del Cuerpo Brenda _____	90
4.10.3.1. Control Estructural _____	91
4.10.3.2. Control Litológico _____	92
4.10.3.3. Control Mineralógico _____	92
4.10.4. Geoestadística Del Cuerpo Brenda _____	92
4.10.5. Validación mediante Volúmenes _____	99
4.10.6. Reporte Final _____	99
4.10.7. Modelo de Bloques Cuerpo Brenda _____	100
CONCLUSIONES _____	101
RECOMENDACIONES _____	102
BIBLIOGRAFÍA _____	103
ANEXOS _____	104

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Determinación del Problema

La presente tesis tiene como objetivo conocer el comportamiento geológico de la mineralización del cuerpo Brenda de la Mina Raura.

Es necesario determinar el comportamiento geológico de la mineralización del mencionado Cuerpo, para establecer la estimación de recursos.

Los rasgos característicos para la identificación de este Cuerpo en la Mina Raura ha sido básicamente encontrarnos en una zona favorable para la mineralización como zonas de contacto metasomático entre las calizas e intrusivos pórfidos cuarcíferos con importantes leyes de Zn, Pb y Cu. Asimismo es importante el control estructural asociada con la mineralización.

El entendimiento de las características geológicas del Cuerpo requiere de un análisis.

Es necesario conocer los controles geológicos de mineralización del Cuerpo Brenda y determinar la estimación de recursos.

1.2. Formulación del Problema

¿La evaluación geológica de la mineralización del Cuerpo Brenda, determinará el incremento de reservas minerales en la Mina Raura?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Evaluar Geológicamente el Cuerpo Mineralizado Brenda de la Mina Raura.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar el comportamiento Geológico del Cuerpo Mineralizado Brenda de la Mina Raura.
- Determinar los controles Litológicos, Estratigráficos y Estructurales de la mineralización del Cuerpo Mineralizado Brenda de la Mina Raura.
- Determinar Geoestadísticamente la Estimación de Recursos de Minerales del Cuerpo Mineralizado Brenda de la Mina Raura.

1.4. Justificación del Problema

El proyecto se justifica porque es necesario realizar la estimación de recursos minerales utilizando la mineralización del Cuerpo Brenda,

asimismo contribuirá al conocimiento de la geología de la zona para realizar un incremento de reservas de minerales del yacimiento minero.

1.5. Importancia y Alcances de la Investigación

Es importante porque permite definir el comportamiento geológico de la mineralización del Cuerpo Brenda y con ella determinar el incremento de las reservas de minerales en el yacimiento.

1.6. Limitaciones

- La información solo es para el yacimiento estudiado y el cuerpo mineralizado Brenda.
- La escasa presencia de investigaciones relacionadas con nuestro tema de tesis.
- La información incompleta de los sondajes antiguos, por falta de validación de desviación.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Se tiene la tesis intitulada "Aplicación del programa de aseguramiento y control de calidad (QA/QC) en el muestreo geológico de la mina subterránea Raura S.A." de M. A. Guerrero S. donde se propone los parámetros para efectuar un muestreo con calidad y eficacia en la mina Raura.

Es importante conocer el comportamiento geológico de la mineralización del cuerpo Brenda para incrementar las reservas de minerales del yacimiento y mejorar la vida útil del yacimiento.

2.2. Bases Teórico-Científico

➤ Definición Científica

El depósito es considerado de tipo Skarn emplazado en rocas sedimentarias y volcánicas asimismo tiene zonas de mineralización epitermal.

➤ Skarn como Origen de la Mineralización

Ubicación de acuerdo a la tectónica de placas, un ambiente orogénico temprano puede ser visualizado como un arco magmático asociado con un empinado ángulo en la zona de subducción en un ambiente oceánico dominante. En algunos casos estos terrenos son subsecuentemente acrecionados creciendo márgenes continentales. Magmatismo de arco de islas incluye rocas volcánicas basálticas y andesíticas las cuales pueden localmente interdigitarse con rocas clásticas de tras-arco o con Arcos volcánicos bajo el nivel del mar, con rocas marinas superficiales clásticas incluyendo arrecifes calcáreos. Rocas intrusivas con rangos de gabro a granodiorita con menores rocas alcalinas. Depósitos de Skarn ricos en magnetita son asociados con tales plutones y se forman en andesitas volcánicas y en calizas. Algunas de las características claves de que grupo de estos Skarn aparte de estas asociaciones con magmas más evolucionados y corteza son su asociación con plutones gabroicos y dioríticos, los grandes volúmenes de endoskarn y los más difundidos metasomatismos de sodio, la mayor parte de composición ricos en Fe y pobres en magnesio, y la presencia de elementos anómalos Fe, Co, Au,

(Ni) y (Zn) y la ausencia de Sn, W y Pb reflejan la primitiva naturaleza oceánica de la corteza, roca caja y plutones. Arcos magmáticos desarrollados en corteza continental representan un más evolucionado ambiente orogénico que los arcos de islas oceánicos; plutones son granodiorita a diorita, y las composiciones de estroncio y oxígeno isotópico muestran una mayor característica continental. Estos estados pueden continuar el estado orogénico temprano si un arco de islas es acrecionado a un margen continental.

Variaciones en el ángulo de subducción pueden tener efectos significantes, incluyendo migración de arcos magmáticos, cambios en la composición del magma y cambios en el estilo estructural de los emplazamientos de magma. Estas variaciones combinadas con perturbaciones causadas por cambios de facies estratigráficas, profundidad de las formaciones y otras variables pueden dar aumento en la variación en la geometría de depósitos Skarn, mineralogía y contenido del mineral dominante. Evidencia disponible sugiere que el ángulo de subducción podría disminuir con el tiempo y en algunos casos exhibir alguna inclinación reversa. La presente discusión considera dos casos generalizados: un orogénico medio, caso en el cual la inclinación moderada causa subducción en un dominante arco magmático tipo-I, y el caso en el cual la transición de tectonismo post-subducción causa más discontinuidades magmáticas de tipo I y S, rocas más lejos hacia el cratón interior.

Skarns asociados con subducción relacionados a plutones de granodiorita y cuarzo monzonita son los más comunes y más estudiados de todos estos depósitos. Donde el magma es emplazado a relativamente grandes profundidades (5 a 15 km), grandes batolitos de grano grueso resultan como causa típica de extenso metamorfismo, pero, carece de cantidad significativa de alteración de baja temperatura. Skarns asociados con plutones son minados mayormente para tungsteno, con menores cantidades para cobre y molibdeno; zinc y plata pueden estar presentes en Skarn distales. Skarn de tungsteno son caracterizados por relativamente reducido calco-silicato y asociación de minerales opacos, menores cantidades de alteración de baja temperatura y generalmente pequeñas cantidades de sulfuros de baja sulfuración.

Donde el magma es emplazado a profundidades intermedias a superficiales de la corteza (1 a 6 km), stocks porfiríticos y plugs de granodiorita a cuarzo monzonita resulta que comúnmente tienen rocas volcánicas cogenéticas. Aureolas metamórficas no son extensas o con alto grado como en los alrededores de los batolitos más profundos y la alteración de los stocks puede ser muy extendido. Skarns asociados son ricos en sulfuros y son minados mayormente para Cu, Fe-Cu y Zn-Pb, con localmente importantes subproductos de Mo, Au y Ag. La distribución mineralógica y razones de metales de estos depósitos Skarn son bastante variables. Correlaciones con los tipos de magma, estado

de oxidación, profundidad de formación y distancia de las fuentes intrusivas han sido sugeridas para ocurrencias específicas.

Durante la transición a tectonismo de post subducción, el arco magmático puede ensancharse o migrar más hacia el interior. Las intrusiones pueden ser tipo I o S basados en evidencia isotópica, se supone que tienen mayor interacción con corteza continental que con los arcos magmáticos más tempranos. Los magmas tipo I son de composición de cuarzo monzonita a granito y son asociados con Skarns que son minados para una variedad de metales; W y Mo son generalmente dominantes con mayores cantidades de Cu y Zn y menores cantidades de Bi, Pb, Ag y Au. En algunos casos la intrusión también contiene mineralización de molibdeno.

Los intrusivos tipos S asociados con este estado orogénico tardío son de composición granítica; rocas volcánicas cogenéticas o aureolas metamórficas extensas son raras. Los plutones son generalmente de grano grueso y contienen megacrístales de cuarzo gris oscuro, cavidades miarolíticas, canales pegmatíticos y alteración de tipo greisen. Skarn asociados son minados para Sn, aunque otros elementos son usualmente presentes y pueden ser de importancia económica. Estos incluyen Be, B, F, Bi, W, Cu, Zn, Pb y U.

La disposición de los depósitos Skarn depende de la ocurrencia de rocas carbonatadas. De esta forma, la ocurrencia de los Skarn puede ser

errática y en algunas porciones mayores del cinturón orogénico ellos son ausentes o notablemente esparcidos.

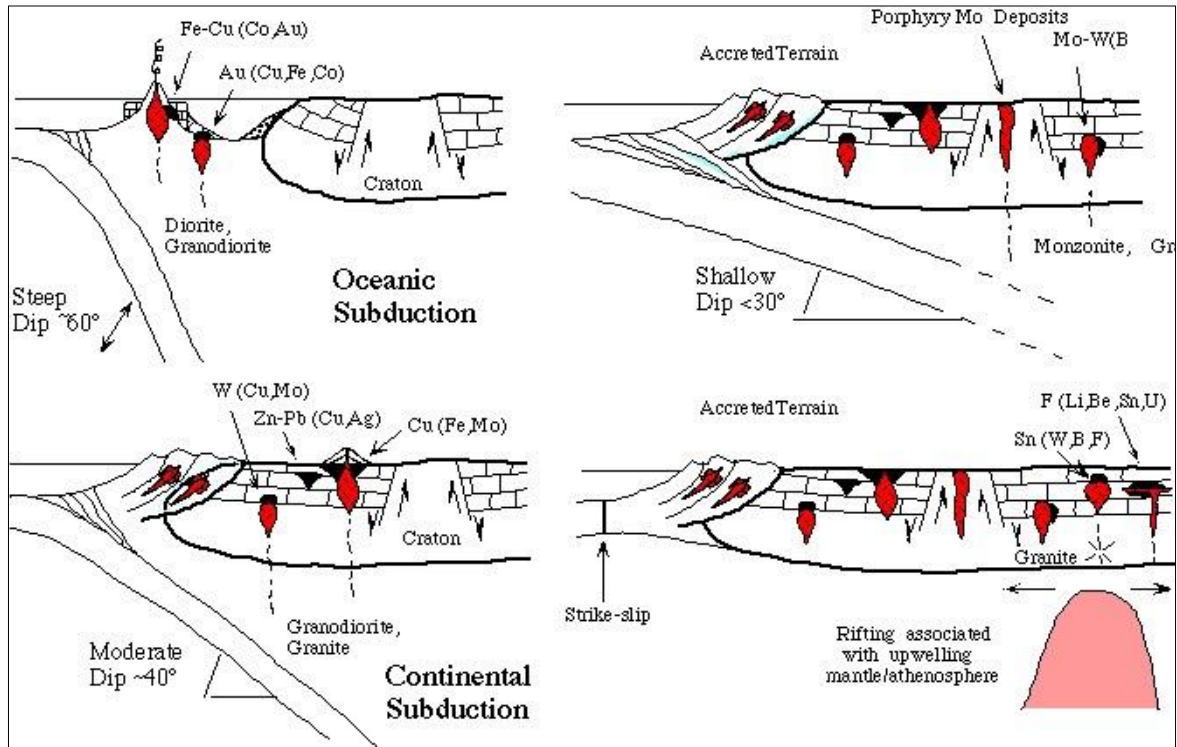


Fig. 2.1 - Ambiente de formación de los Skarn, referido a un arco magmático

El Ambiente de formación de los Skarn, referido a un arco magmático donde los intrusivos de composición media - ácida entran en contacto con rocas sedimentarias del tipo calizas y dolomitas y de esta interacción suceden fenómenos de metamorfismo de contacto y que posteriormente con el enfriamiento del intrusivo se liberan fluidos que reaccionan con las calizas y sucede el fenómeno de metasomatismo, (Modificado de Meinert, 1983).

El término Skarn fue introducido por petrólogos metamórficos suecos para designar rocas metamórficas regionales o de contacto constituidas por silicatos de Ca, Mg y Fe derivados de un protolito de calizas y

dolomitas en las cuales se ha introducido metasomáticamente grandes cantidades de Si, Al, Fe y Mg.

De modo que se entiende por Skarn rocas que contienen minerales calcosilicatados, tales como por ejemplo: diópsido, wollastonita, granate andradita y actinolita. Estas comúnmente ocurren en aureolas metamórficas de contacto en torno a plutones que intruyen secuencias calcáreas. A este tipo de rocas metamórficas se asocia un variado grupo de depósitos minerales extremadamente irregulares, los que pueden formar lenguas de mena que se extienden a lo largo de cualquier estructura planar (estratificación, diaclasas, fallas, etc.) y su distribución dentro de la aureola de contacto de un intrusivo es a menudo caprichosa. Los cuerpos de mena pueden terminar abruptamente cambios en la estructura. Los depósitos de tipo Skarn han sido denominados también: metamórficos hidrotermales, metamórficos ígneos, metamórficos de contacto pirometasomáticos (Lindgren, 1922) Sin embargo, el término SKARN es ampliamente utilizado y es adecuado para referirse a este tipo de depósitos relacionados a aureolas de contacto de intrusiones dentro de secuencias calcáreas (calizas, dolomitas). Estas últimas rocas formadas por calcita o dolomita (CaCO_3 y $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) se convierten en mármoles, rocas córneas calcosilicatadas (hornfels) y/o Skarns por el efecto del metamorfismo de contacto. La producción principal de depósitos de tipo Skarn incluye: Fe, Cu, W, C (grafito), Zn, Pb, Mo, Sn, U, Au., granate, talco y wollastonita.

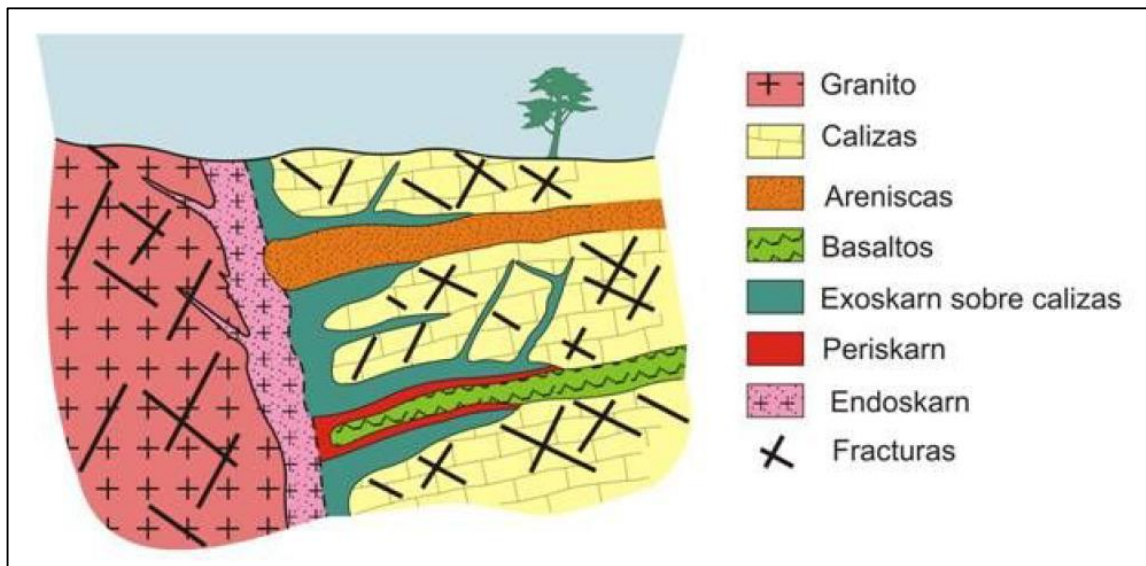


Fig. 2.2 – Esquema de un Yacimientos Tipo Skarn

➤ **Yacimientos Tipo Skarn en el Perú.**

Los yacimientos tipo Skarn en el Perú se han formado mayormente en la franja sedimentaria mesozoica de la Cordillera Interandina, en el contacto de stocks de intrusivos del terciario, de composición intermedia (granodiorita, monzonita, monzonita cuarcífera) con calizas del mesozoico (Triásico-Jurásico, Cretáceo) como Antamina, Raura, Morococha, Milpo, Atacocha, Tintaya; su mineralización polimetálica; su profundización está en función de la profundización de la caliza. Excepcionalmente se tiene mineralización de tipo Skarn de hierro en la Cordillera de la Costa en el contacto de intrusivo con caliza del paleozoico como es el yacimiento de hierro de Marcona. Y yacimiento tipo skarn de cobre como manto en caliza del paleozoico en la Cordillera Oriental, representado por el yacimiento de cobre de Cobriza.

➤ **Importancia De Yacimientos Tipo Skarn en El Perú**

El único yacimiento de fierro en producción en el Perú es el yacimiento tipo Skarn de fierro de Marcona. El futuro de explotación de yacimientos de fierro de este tipo de yacimiento está en la franja sedimentaria mesozoica de la Cordillera Interandina entre Andahuaylas (departamento de Andahuaylas) y Yauri (departamento del Cusco). Parte de la gran producción polimetálica (zinc, plomo, cobre, plata) provienen de estos yacimientos tipo Skarn que se emplazan en la Franja Sedimentaria Mesozoica en la Cordillera Interandina como son: Antamina, Raura, Morococha, Milpo, Atacocha, Tintaya y Cobriza en la Cordillera Oriental.

➤ **Yacimiento Tipo Skarn de Antamina**

El yacimiento tipo Skarn de Antamina se emplaza en el departamento de Ancash, en la Franja Sedimentaria Mesozoica, en la Cordillera Interandina. Tectónicamente se tiene un anticlinal de rumbo Noroeste, el cual sufrió un fallamiento dextral de rumbo Noreste. Las calizas de la Formación Machay del cretáceo medio fueron intruidas por stocks de cuarzo monzonita del terciario superior, produciéndose la mineralización tipo Skarn de cobre, zinc, plomo, plata, molibdeno (Petersen, U. 1965). Los silicatos más comunes están constituidos por granate, wollastonita, anfíbol, piroxeno en el Skarn. Su profundización es mayor de 600 m. Actualmente es un megaproyecto. La laguna Antamina cubre una gran

área del stock de cuarzo monzonita, una buena proporción de los cuerpos tipo Skarn rodea a esta laguna.

➤ **Yacimiento Tipo Skarn de Raura**

El yacimiento polimetálico de Raura se emplaza en el departamento de Lima, en la Franja Sedimentaria Mesozoica, en la Cordillera Interandina. Estructuralmente se tiene un anticlinal y un sinclinal de rumbo Noroeste, los cuales fueron disectados por fallas siniéstrales. Estratigráficamente se tiene a las calizas de la Formación Jumasha del Cretáceo medio, el cual fue intruido por un stock de granodiorita del terciario superior. De Norte a Sur se tiene vetas de Cu-Ag de la zona Esperanza-Flor de Loto, vetas de Zn-Pb de la zona Hada y de la zona Lead-Hill Niño y los cuerpos tipo Skarn de Zn, Pb, Ag, Cu de Niño Perdido, Catuva, Bescheva, Primavera, Verano, Brunilda, en caliza Jumasha en contacto con el stock de granodiorita. La profundización de estos cuerpos es de 300 m. en Niño Perdido, Catuva, en los otros cuerpos profundiza mayor de 500 m, al lado opuesto de estos cuerpos tipo Skarn se tiene diseminación polimetálica en Skarn de Gayco en plena exploración.

➤ **Yacimiento Tipo Skarn Morococha**

El distrito minero de Morococha se ubica en el departamento de Lima, en la Franja Sedimentaria Mesozoica, en la Cordillera Interandina. Tectónicamente se observa un gran anticlinal llamado el anticlinal de Morococha, su eje en la parte Sur, tiene un rumbo Norte Sur y un rumbo

Noroeste en la parte Norte; formado por fuerzas de compresión perpendicular a dicho eje dando lugar a fallas dextrales y sinextrales y fracturas tensionales inclinadas y perpendiculares al eje del anticlinal que al mineralizarse en el terciario superior dio lugar a las vetas polimetálicas. Estratigráficamente se tiene en el eje del anticlinal, Volcánicos Catalina del Pérmico, alejándose del eje del anticlinal y en ambos flancos se observa calizas Pucará del Triásico-Jurásico, areniscas Goyllar del Cretáceo inferior, calizas Machay del Cretáceo medio; en el Terciario medio se emplazó el stock de diorita Anticona, en el Terciario superior se intruyó el stock de cuarzo monzonita. En el Terciario superior se formó las vetas hidrotermales polimetálicas; en el contacto de los intrusivos referidos con las calizas Pucará se formaron los cuerpos polimetálicos de Skarn en las zonas de Ombla-Gertrudis. En el distrito minero de Morococha se tiene mantos polimetálicos de exhalación volcánica singenética en las calizas Pucará. En el contacto de la diorita con la cuarzo monzonita se formó el pórfido de cobre de toro Mocho. Se observa en dicho distrito un zonamiento concéntrico simétrico de la parte central de mayor temperatura a la parte externa de menor temperatura con mineralización de Cu, Ag, Zn, Pb.

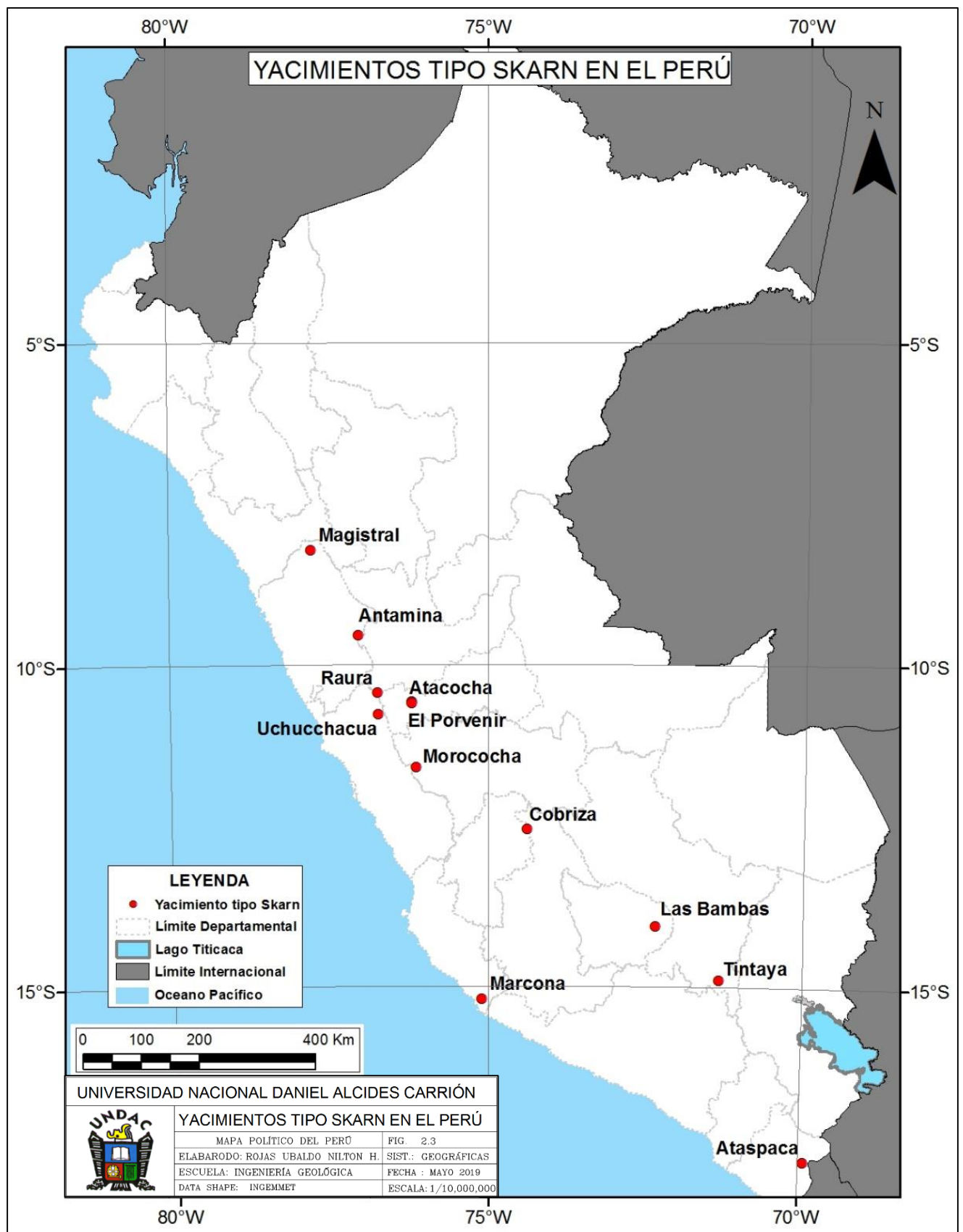


Fig. 2.3 - Yacimientos Tipo Skarn en el Perú

➤ **Tipos de Skarn de Au, Cu, Fe, Mo, Sn, W y Pb-Zn.**

Grupos de depósitos de Skarn puede basarse en las características descriptivas, como composición del protolito, el tipo de roca y de metal económico dominante (s), así como características genéticas como el mecanismo de circulación de fluidos, la temperatura de formación, y el grado de partición magmática. La tendencia general de autores modernos es adoptar una clasificación descriptiva de Skarn basada en el dominio económico de los metales y a continuación, modificar la base de cada una de las categorías de composición, tectónica, o variaciones genéticas. Esto es similar a la clasificación de los depósitos de pórfido en pórfido de cobre, molibdeno y estaño; depósitos que comparten muchas características geoquímicas y alteración, pero son, no obstante, fácilmente distinguibles. Los siete principales tipos de Skarn (Au, Cu, Fe, Mo, Sn, W y Pb-Zn) han recibido un importante estudio moderno y muchos otros (incluyendo F, C, Ba, Pt, U, REE) son importantes localmente. Además, Skarns pueden ser minadas para el sector de los minerales tales como granate y wollastonita.

➤ **Estructuras y Zonación del Skarn**

En la mayoría de Skarns hay un patrón general de zonación granate proximal, distal piroxeno e idocrase (o un piroxenoide como wollastonita, bustamita, o rodonita) en el contacto entre Skarn y mármol.

Zonación típica de Skarns de acuerdo al avance del fluido. Además, los minerales pueden mostrar más grandes variaciones en el patrón de

zonación a través de sistemática de color o de composición. Por ejemplo, es común proximal granate rojo-marrón oscuro, marrón cada vez más ligeros y por último, de color verde pálido cerca de la parte frontal de mármol. (Por ejemplo, Atkinson y Einaudi, 1978). El cambio de color del piroxeno es menos pronunciado, pero en general refleja un aumento progresivo en hierro y/o manganeso hacia el frente de mármol (por ejemplo, Harris y Einaudi, 1982). Para algunos sistemas de Skarn, estos patrones de zonación puede ser "extendida" a una distancia de varios kilómetros y puede proporcionar una guía para la exploración (por ejemplo, Meinert, 1987).

Detalles de la mineralogía y la zonificación de Skarns pueden ser utilizados para la construcción de depósito de exploración de modelos específicos, así como los modelos de utilidad más general en el desarrollo de programas de bases de exploración o de síntesis regionales. Razonablemente detallados modelos de zonación están disponibles para el cobre, oro, zinc y Skarns (Meinert, 1997).

Otros modelos pueden ser construidos a partir de los depósitos que han sido bien estudiados, como la Hedley Au Skarn (Ettlinger, 1992; Ray et al., 1993) o la Groundhog Skarn de Zn (Meinert, 1982).

Zonación que sucede en la mayoría de los Skarn la cual copia la geometría del contacto del plutón y los flujos de fluidos. Los Skarn son zonados y la zona de endoskarn y exoskarn proximal posee un alto contenido de Granate. Las zonas distales son más ricas en piroxeno y

en la zona más frontal, relacionada con mármoles puede estar dominada por piroxenoides o vesubianita.

La aureola de metamorfismo de contacto en el cuerpo Skarn santa rosa, compañía minera Raura se desarrolla entre un cuerpo porfídico de monzonita de cuarzo y un paquete de calizas, recristalizados por metamorfismo, presumiblemente del Paleozoico superior (Pérez-Segura, 2006). Ambos tipos de roca están en contacto tectónico con andesitas del Cretácico Superior, las cuales presentan alteración hidrotermal de tipo propilítico.

Una cartografía a semidetalle del área permite identificar una serie de zonas de alteración hidrotermal. Los límites entre ellas son graduales y la composición mineralógica está controlada tanto por la distancia al contacto con la intrusión, como por la composición del protolito. Un resumen de las características mineralógicas de las diferentes zonas se presenta. Partiendo de la intrusión hacia las rocas encajonantes, las zonas corresponden a:

- a) Zona de intrusión fresca. Se trata de un pórfido de monzonita de cuarzo, con fenocristales de plagioclasa y cuarzo (en forma de “ojos”), además de biotita + hornblenda (estos últimos en menos de 10 % modal), en una matriz rosada, afanítica a microlítica, muy rica en feldespatos potásicos.
- b) Zona con endoskarn en vetas y diseminaciones. Esta zona corresponde al mismo pórfido y se desarrolla en una franja de unos

300 metros de ancho. Contiene estructuras tabulares de espesor centimétrico con granate y piroxeno cálcico, los cuales también se encuentran en vetillas o diseminaciones (spots) pero nunca de manera masiva en la roca. Por otra parte, epidota, clorita, calcita, minerales opacos y sericita, producto de metamorfismo retrógrado, afectan hasta un 25 % del pórfido o se encuentran en vetillas.

- c) Zona de endoskarn con granate en mayor proporción que piroxeno. Se diferencia de la anterior porque existe un desarrollo generalizado del Skarn progrado que oblitera la litología original. El Skarn progrado afecta de manera masiva a la roca, aunque hay también menor presencia de diseminaciones o vetillas que contienen calcita, clorita y hematita (skarn retrogradante).
- d) Zona de exoskarn con granate en mayor proporción que piroxeno. Se desarrolla sobre las calizas en bancos gruesos de espesores métricos a docimétricos, y un banco de conglomerados de matriz carbonatada, con una orientación general hacia el N80E y echados de 20° a 30° al N. Se compone de abundante granate y piroxeno cálcico, calcita, feldespato secundario, cuarzo, epidota, pirita y hematita. El granate está zonado y pertenece a la serie grosularia-andradita. Los minerales del Skarn retrogradante tienen un desarrollo limitado; se observan en vetillas o bien intersticiales y se componen de epidota, calcita, cuarzo, clorita, feldespato secundario (albita), hematita y pirita.

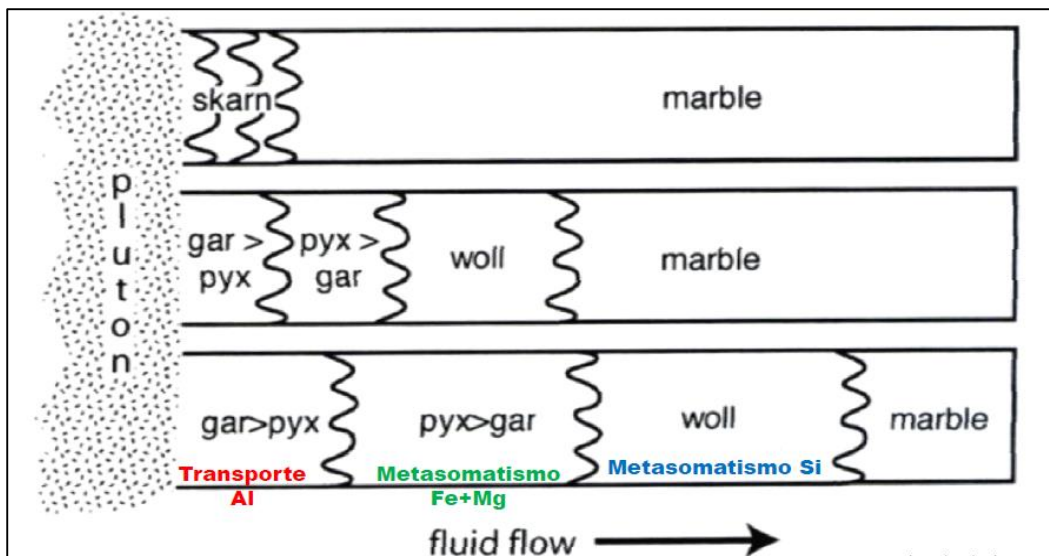


Fig. 2.4 - Zonación Hidrotermal del Skarn

2.3. Definición de Términos

- **Muestra (M):** Es parte o porción representativa de un Cuerpo mineralizado obtenida en forma sistemática, en su extracción debe respetarse las reglas que la teoría de muestreo establece.
- **Muestreo:** Es la acción de recoger muestras representativas de calidad o condiciones medias de un todo o la técnica empleada en esta selección o la selección de una pequeña parte estadísticamente determinada para inferir el valor de una o varias características del conjunto.
- **Muestreo Sistemático:** Muestras que se toman en una malla regular, en intervalos regulares de tiempo o de espacio.
- **Muestreo Aleatorio:** Muestras que se toman en intervalos de tiempo o espacios variables y distribuidos al azar.
- **Calidad.-** La Calidad es una propiedad o conjunto de propiedades cuantitativas o cualitativas inherentes a algo que permiten juzgar su valor y le confiere la capacidad para satisfacer necesidades implícitas o

explícitas y que permite que ésta sea comparada con cualquier otra de su misma especie. Calidad = Satisfacción Personal.

- **Calidad en la actividad profesional.**- Es un concepto generalmente concreto, objetivo y mensurable. Tiene elevados parámetros de eficacia y trabaja según estándares internacionales. Generalmente mediante una inversión significativa, para estandarizar y mejorar continuamente sus procesos, y con el objetivo de obtener por un lado productos y servicios estandarizados, uniformes, estables y confiables que satisfagan en forma continua al cliente para el cual están diseñados, y por otro lado lograr productividad, competitividad, seguridad, replicabilidad y globalización de las actividades, operaciones, entre otros beneficios.
- **Aseguramiento de la Calidad.** - Es un conjunto de actividades preestablecidas y sistemáticas necesarias para garantizar que una determinada actividad u operación alcance un grado aceptable de calidad.
- **Protocolos de Muestreo:** Es un conjunto de pasos y operaciones de toma de muestras y preparación.
- **Control de Calidad.** - Son técnicas y actividades de carácter operativo, utilizadas para determinar el nivel de calidad realmente alcanzado. Monitoreando los posibles errores mediante la inserción de muestras de control en el flujo de muestras.

- **Programas de Control de Calidad.** - Evaluar su comportamiento en las etapas esenciales de la secuencia muestreo – preparación - análisis, en un esfuerzo por determinar reducir al mínimo el error total posible.

Las etapas y los parámetros monitoreados en cada una de ellas se muestran a continuación:

- ✓ Muestreo: error (o precisión) de muestreo.
 - ✓ Preparación: error (o precisión) de sub-muestreo; contaminación durante la preparación.
 - ✓ Análisis: exactitud, precisión y contaminación analíticas.
 - ✓ Entrada de datos: exactitud de la entrada de datos.
- **Precisión:** Es la habilidad de reproducir consistentemente una medición en condiciones similares, vinculada a errores aleatorios, su evaluación exige reproducir la medición en condiciones tan cercanas como sea posible a las existentes en el momento en que tuvo lugar la medición original.
- **Exactitud:** Se define como la proximidad de los resultados a un valor verdadero o aceptado, y se vincula a errores sistemáticos. Este concepto de exactitud está indisolublemente vinculado al de valor real. Al determinar la ley de la muestra, nunca se llega a conocer el valor real; sin embargo, es posible preparar estándares en condiciones muy controladas, y establecer el mejor valor.

- **Contaminación:** Al preparar o analizar algunas muestras, particularmente las muy mineralizadas, es posible que cierta porción de una muestra o de una solución quede retenida accidentalmente en el equipo y contamine las muestras siguientes. La contaminación se determina mediante aplicación de muestras blancos, que son muestras estériles en las que los elementos a evaluar se encuentran presentes en cantidades inferiores a los correspondientes límites de detección.
- **Errores:** Existen en cualquier procedimiento de estimación. Es necesario diferenciar los distintos tipos de error.
- **Errores Aleatorios:** Fluctuaciones estadísticas en los resultados de las mediciones que pueden producirse en cualquier dirección, debido a limitaciones en la precisión del instrumento de medición, o del método de muestreo o del análisis, debido a la inhabilidad del experimentador o del equipo de repetir la misma medición exactamente del mismo modo para obtener el mismo resultado.
- **Errores Sistemáticos:** Son desviaciones de exactitud que generalmente se reproducen y que ocurren consistentemente en la misma dirección. frecuentemente se deben a la persistencia de un problema durante todo el experimento.
- **Errores Groseros:** Se deben a la incorrecta puesta en práctica de los protocolos de trabajo, cuando ocurren no deben de considerarse en el análisis del error experimental, puesto que se asume que los participantes en el experimento son cuidadoso y competentes.

- **Mineral:** Material que tiene un interés económico, en oposición al estéril. Esta definición depende de varios factores.
- **Ley:** Es la concentración de un elemento (elemento principal, subproducto o contaminante) en el subsuelo.
- **Potencia, Acumulación, Ley de corte:** Se trata de un valor de ley que separa categorías distintas de material, por ejemplo mineral y estéril.
- **Modelamiento geológico:** Determinación de unidades geológicas en base a la litología, mineralogía, alteración, etc. En general, cada unidad se estudia y se estima por separado.
- **Estimación de Recursos:** Consiste en evaluar o predecir el valor de la variable regionalizada en un sitio no muestreado del espacio, utilizando para ellos datos circundantes disponibles.

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

La evaluación geológica del Cuerpo Mineralizado Brenda, determina el incremento de reservas del yacimiento.

2.4.2. Hipótesis Específicos

- La determinación del comportamiento Geológico del Cuerpo Mineralizado Brenda, determinará los controles de Mineralización del mencionado cuerpo.
- La determinación de los controles Litológicos, Estratigráficos y Estructurales de la mineralización del Cuerpo Mineralizado Brenda,

influenciará en la estimación de Recurso de Minerales del cuerpo mencionado.

- La estimación de Recursos de Minerales Geoestadísticamente, determinará la confiabilidad Geológica del incremento de Reservas de Minerales del Yacimiento.

2.5. Identificación de Variables

2.5.1. Variable Independiente

La evaluación geológica del Cuerpo mineralizado Brenda.

2.5.2. Variable Dependiente

Incremento de Reservas del Yacimiento.

2.5.3. Variable Interviniente

- ✓ Leyes de muestreos
- ✓ Información Geológica
- ✓ Estimación Geoestadística

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación

Basado según el objetivo de estudio se realiza una investigación del tipo aplicada, que es aquella definida como: la investigación que utiliza los conocimientos obtenidos mediante el método científico, y con ello desarrolla aplicaciones en busca de satisfacer una necesidad.

3.2. Diseño de la Investigación

Sobre la base de la información ya existente, se realizó el siguiente proceso.

3.2.1 Método de Logueo Geológico

Se toman fotografías, RQD, muestreo de densidad, y muestreo de Cores, todos estos procedimientos que se realiza de acuerdo a los protocolos, cumpliendo con los estándares que se demanda.

3.2.2 Petrografía.

Se realiza la descripción macroscópica y microscópica de los diferentes tipos de roca que se encuentran en el yacimiento.

3.3. Población y Muestra

Considerando a la población como el conjunto espacial del yacimiento y las muestras es el Cuerpo mineralizado Brenda.

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

- ✓ En base al cartografiado geológico existente se identificarán la zona de interés, en donde se realizará cartografiado a detalle, selección, toma de datos y muestras.
- ✓ Se realizará columnas estratigráficas para diferenciar las facies litológicas y mineralógicas.
- ✓ Registro y codificación de datos.
- ✓ Para seleccionar los diferentes datos y muestras, se recolectarán muestras de roca, tanto de superficie como de los diferentes sondajes DDH; la recolección estará orientada a las zonas de interés.

3.5. Análisis e interpretación de la información:

- ✓ Ejecución de estudios de Geoestadística, que nos servirá para determinar el incremento de recursos minerales en el yacimiento.
- ✓ Técnicas Analíticas e Interpretación de toda la información obtenida en las diferentes etapas de Trabajo.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. 1. Ubicación

El Cuerpo Mineralizado Brenda, se encuentra ubicado en las concesiones de la Mina de Raura, en el departamento de Huánuco, Provincia de Lauricocha y distrito de San Miguel de Cauri. Colindando próximamente hacia el SW con el departamento de Lima (Provincia y distrito de Oyón) y hacia el SE con el departamento de Pasco (Provincia Daniel Alcides Carrión, distrito de Yanahuanca).

Está a una altura promedio de 4,700 msnm, forma parte de la Cordillera Occidental, forma parte de la divisoria continental de las cuencas del Pacífico y del Atlántico, forma la cabecera de las cuencas de los ríos Huaura, Marañón y Huallaga.

4.2. Accesibilidad

La mina Raura es accesible a través de dos rutas importantes:

La Primera: Lima-Huaral-Sayan-Churín-Raura. Ver cuadro N° 1:

CUADRO N° 1

TRAMO	KILOMETROS	TIPO DE ACCESO	CONDICIONES
LIMA - HUARAL	130	ASFALTADA	MUY BUENA
HUARAL - SAYAN	60	ASFALTADA	BUENA
SAYAN - CHURIN	61	AFIRMADA	REGULAR
CHURIN - RAURA	134	AFIRMADA	REGULAR
TOTAL	385	-----	-----

La segunda: Lima-La Oroya-Cerro de Pasco-Uchuchacua-Oyón-Raura. Ver cuadro N° 2:

CUADRO N° 2

TRAMO	KILOMETROS	TIPO DE ACCESO	CONDICIONES
LIMA - LA OROYA	174	ASFALTADA	MUY BUENA
LA OROYA - CERRO DE PASCO	128	ASFALTADA	BUENA
CERRO DE PASCO - UCHUCHACUA	114	AFIRMADA	REGULAR
UCHUCHACUA - OYON	31	AFIRMADA	REGULAR
OYON - RAURA	103	AFIRMADA	REGULAR
TOTAL	550	-----	-----

Vías de acceso

4.3. Geomorfología

La mina de Raura se caracteriza por registrar una geomorfología muy accidentada, cuya topografía de la zona está condicionada tanto al control estructural, litológico como a los procesos erosivos a los cuales está sometida de manera constante. Y como resultado se tiene una topografía abrupta con valles en forma de U y circos glaciares, la altura varía de 4,300 m.s.n.m. hasta cumbres glaciares que alcanzan los 5,700 m.s.n.m.

Debido al proceso de desglaciación y lluvias se han formado lagunas escalonadas, asimismo por el proceso de denudación y erosión se tienen

extensas zonas cubiertas con material detrítico de origen sedimentario, formando morrenas basales y laterales.



Foto. 4.1 - Topografía abrupta – Vista General mirando al Oeste

4.3.1. Unidades Geomorfológicas

➤ **Superficie Puna**

Constituida por una penillanura de superficie plana de material aluvial y tufos del grupo Calipuy, donde se encuentran ubicadas algunas comunidades aledañas a la mina.

➤ **Elevaciones**

También denominadas superficies positivas, estas conforman un alineamiento montañoso de nevados los que se encuentran alrededor del distrito minero. Los nevados que constituyen esta secuencia montañosa son: Niño Perdido, Gayco, Brazzini, Putusay y los cerros: León Dormido, Patrón, Condor Sencca, Siete Caballeros.

En la época de invierno las nevadas tienen un grado de intensidad elevado, originando que los glaciares se encuentren en forma continua.

➤ **Depresiones**

Llamadas también superficies negativas, están constituidas de material fluvial y fluvioglacial que debido a procesos de erosión y desplazamiento de grandes masas de hielo, se puede apreciar los ensanchamientos y profundidades, dando a lugar a formación de cuencas donde se ubican las siguientes lagunas: Santa Ana, Niñococha, Tinquicocha, Niño Perdido, Caballococha, Puyhuancocha y Putusay, La altitud de estas lagunas varía entre 4570 y 5810 m.s.n.m.

4.4. Hidrología y Drenaje

Debido a las precipitaciones y deshielos producidos en lo alto de los nevados, las lagunas son alimentadas por pequeñas y medianas quebradas las que originan caudales de regular caudal aproximadamente 3.40m³ por minuto.

El drenaje que presenta la mina de Raura es de tipo dendrítico, se presenta de forma ramificada con ángulos agudos con respecto a los colectores principales, este drenaje es característico en rocas sedimentarias el que converge en quebradas y depresiones de extensa longitud, este drenaje representa una determinada trayectoria la cual está bien definida con una dirección Sur a Norte.

4.5. Clima

En forma anual se percibe dos ciclos climáticos y constan de:

- ✓ Entre los meses de Noviembre a Abril, se tiene intensas precipitaciones pluviales correspondientes al verano austral.
- ✓ Entre los meses de Mayo a Octubre, se presenta el verano.

La temperatura en la estación varía de 3° a 20° C en verano y -4°C a 14°C en invierno, según la época del año, la temperatura varía de acuerdo a la estación.

4.6. Flora y Fauna

La vegetación debido al clima frígido es escasa y está conformada principalmente por el Ichu (Paja de puna) la cual se desarrolla ampliamente en la zona y en menor cantidad se encuentran las plantas herbáceas como la huira, musgos etc.

La fauna está conformada por aves como patillos silvestres, vizcachas y pequeños zorros, los que viven en los alrededores de los cerros del distrito. También se aprecia la crianza de animales domésticos como llamas, alpacas y carneros en las comunidades campesinas aledañas al distrito minero.



Foto. 4.2 - Ichu- Paja de Puna

4.7. Historia y Antecedentes

La mina de Raura tiene una larga trayectoria minera desde la colonia, iniciaron su explotación con vetas de plata, a fines del siglo XIX.

En 1960 fecha en que la CIA Minera Raura S.A.; consolida todo el denuncia de la zona de Raura e inicia la explotación normal.

Estudios realizados a lo largo de la vida de Raura son: minero-económicos, estructurales, Geoquímicos, Geofísicos, etc.; M. Lavado en 1996 realiza un trabajo geológico más detallado, Richard. Sillitoe en 1996, Larry Meinert 1998, los cuales explican el control estructural y los eventos magmáticos que precedieron a la mineralización del yacimiento.

4.8. Geología Regional

El entorno geológico regional perteneciente al yacimiento minero Raura involucra diferentes ambientes de deposición y posterior formación de rocas sedimentarias dentro las cuencas de tras arco durante el Cretáceo

(inferior-Superior). En muchos sectores la cobertura volcánica forma parte de la paleosuperficie generada durante el Paleógeno superior.

La serie sedimentaria de edad Cretácica inferior está compuesta en la parte inferior por rocas clásticas tales como areniscas, areniscas silíceas, lutitas, etc. a excepción de la formación Santa que consta de calizas. La parte de la edad Cretáceo Superior consiste en una secuencia de rocas calcáreas y algo de lutitas bituminosas. Las rocas clásticas en el área están representadas por las formaciones Chimú, Carhuaz y Farrat y la secuencia calcárea por las formaciones Santa, Pariahuanca, Chulec, Pariatambo, Jumasha y Celendín. La Formación Jumasha es el metalotecto más importante en la región, la misma que se expone ampliamente como una potente secuencia sedimentaria entre las minas Uchucchacua y Raura. Estas formaciones en los alrededores están intruidas por rocas ígneas de composición granítica, tonalítica, y monzonita.

4.8.1. Geología Estructural

Estructuralmente la región estuvo sometida a los ciclos evolutivos durante la Orogenia Andina, plegando y fallando a toda la secuencia del Mesozoico, creando zonas de debilidad cortical por donde se desarrollaron diferentes eventos plutónico - volcánicos y de mineralización en la región. Fuerzas de compresión SW-NE originaron un sistema de estructuras Andino NW-SE, que ha generado la presencia de fuertes plegamientos y sobre-escurrimientos en la misma dirección, principalmente en dirección

N 20°W y 75° a 80° SW. Las fallas longitudinales corresponden a las fallas regionales de rumbo andino. En Raura existen tres sistemas estructurales definidos (Fig. 4.3), denominados sistema de fallas Chonta, Falla Raura y Falla Oriental.

La falla Chonta, ubicada en el extremo Oeste del distrito minero de Raura, es una de las principales estructuras regionales de rumbo Noroeste que se comporta como una falla inversa de sobre-escurrimiento. Un segundo sistema de fallas tensionales E-W en la zona de Raura, y E-W a NE en la zona de Uchucchacua, son las estructuras más favorables para el fracturamiento de las rocas. La intersección de fracturas y un horizonte favorable como son el Jumasha medio e inferior constituyen, en nuestra opinión, los lugares más favorables para la formación de depósitos minerales dentro del distrito de Raura.

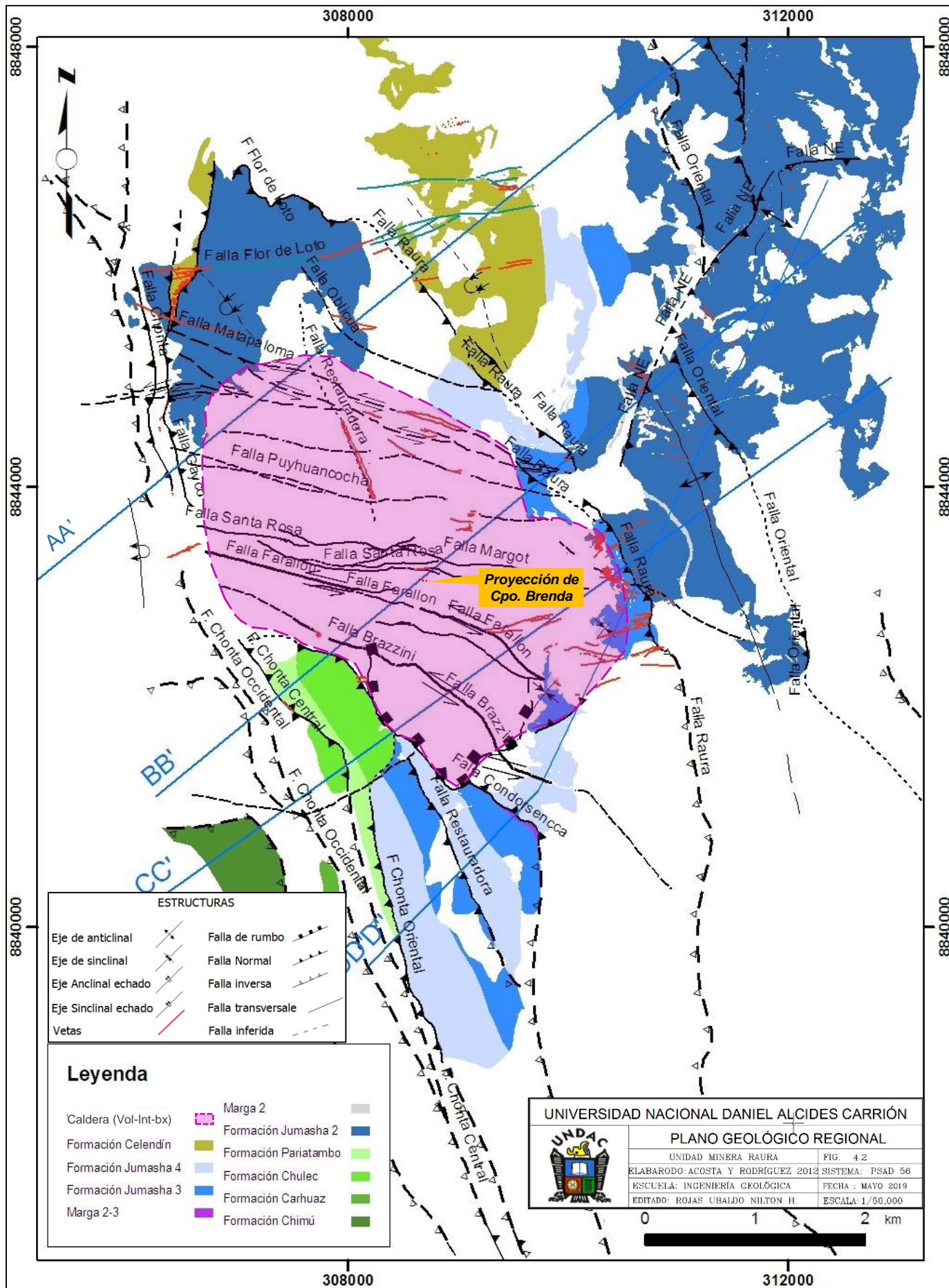


Fig. 4.2 – Plano Geológico Regional de la Mina Raura

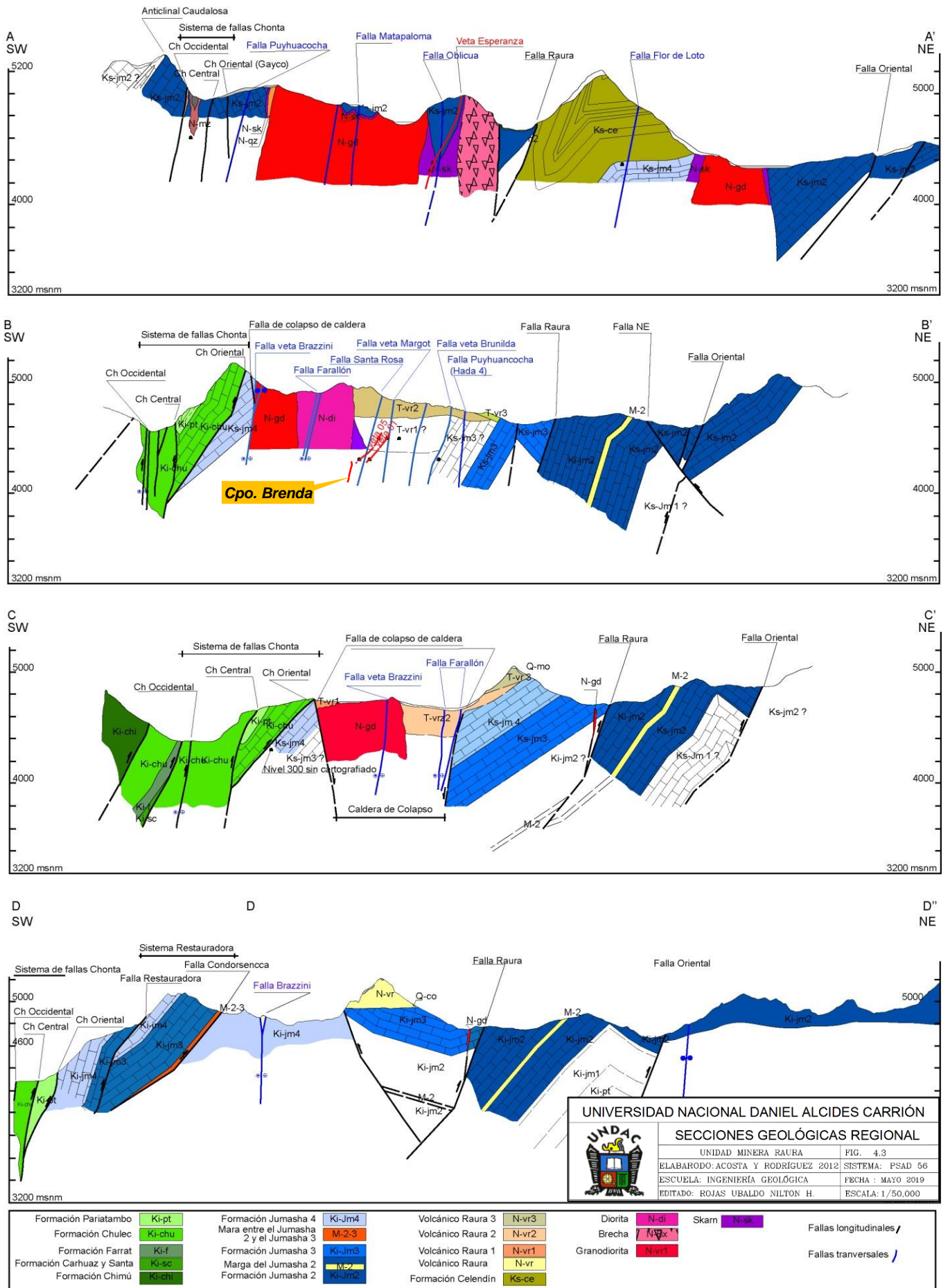


Fig. 4.3 - Secciones estructurales del distrito minero de Raura.

4.8.2. Estratigrafía

4.8.2.1 Rocas Sedimentarias (Cretáceo)

✓ Grupo Goyllarisquizga

En el sector oriental sobre el Bloque del Marañón se encuentra una secuencia de areniscas blancas friables de grano medio a grueso, en parte algo conglomeráticas con intercalaciones muy delgadas de limo arcillitas grises. En tal secuencia, abunda la estratificación sesgada; también algunas capas que se parten en lascas, y pueden notarse capas de lutitas grises. En la parte inferior, se observa siempre areniscas en capas macizas. El grosor promedio es de 500 m, dicha secuencia representa el equivalente de las cuatro formaciones que se han cartografiado hacia el Oeste, y se le considera como Grupo Goyllarisquizga indiviso debido a que sus unidades no son cartografiables a escala regional. El Grupo Goyllarisquizga aflora exclusivamente en el Bloque del Marañón y constituye la base de la secuencia del Cretáceo en aquella zona. Descansa directamente sobre todas las formaciones infrayacentes que incluyen a los esquistos del Complejo del Marañón, areniscas de Ambo, Grupos Mitu y Pucará. El Grupo Goyllarisquizga consiste de areniscas blancas friables de 500 m, con miembros de estratificación cruzada de 2 m de grosor; partes de la formación están en capas más delgadas y en lascas y pueden tener lutitas interstratificadas. La parte inferior de la unidad contiene los

miembros de arenisca más maciza. Algunas veces, el carbón está presente en la parte inferior de la unidad, pero no ha sido observado en el área cartografiada. Ocasionalmente se encuentran delgados horizontes de calizas de 1 m de grosor en la parte superior de la formación.

– **Formación Chimú**

La formación Chimú aflora en el sector de Churín, y posee un espesor promedio que varía desde los 500 y 700 m. Litológicamente la formación consiste de una ortocuarcita de grano medio, la que sin embargo ha sido recristalizada, teniendo en muestra de mano el aspecto general de una cuarcita metamórfica. Dentro de las capas arcillosas transicionales a la formación subyacente aparecen lechos de carbón, siendo difícil mapear el contacto entre las dos unidades.

– **Formación Santa**

La formación Santa aflora en el sector de Churín, y posee un espesor de 150 m. Litológicamente la formación consiste de calizas azul o gris finamente estratificadas, con algunos horizontes de calizas arcillosas, ocasionales nódulos de chert aplanados y abundantes fragmentos de conchas.

– **Formación Carhuaz**

La formación Carhuaz aflora en el sector de Churín, y posee un espesor promedio de 600 m. Litológicamente, la formación consiste de lutitas y areniscas que por intemperismo presentan una

coloración marrón o marrón amarillenta. Suelen presentarse algunos horizontes de areniscas más o menos prominentes, similares en litología y color a los de la formación Chimú.

– **Formación Farrat**

La formación Farrat aflora en el sector de Churín, y posee un espesor promedio que varía desde los 20 a 50 m. Litológicamente, la formación consiste de areniscas de color blanco y ocasionalmente poseen manchas rojas y amarillas. Con frecuencia son deleznable y cuando se presentan masivas tienen un grosor mayor que el normal.

✓ **Formación Pariahuanca**

La Formación Pariahuanca infrayace en relación concordante a la Formación Chúlec. Consiste típicamente de calizas macizas de cierto color gris azulado en estratos de 1 a 2 m de grosor. Algunas veces presenta una ligera apariencia lajosa y cuando esto sucede superficialmente puede asemejarse a las calizas Santa. En la mayor parte de los Andes Centrales, el grosor de la formación es 100 m, Dunin Borkowski (1975) menciona un grosor mayor de 400 m en la zona de la Cordillera de Huayhuash. Se observa un adelgazamiento paulatino hacia el Este, de manera que sobre el Bloque del Marañón no es cartografiable.

✓ **Formación Chulec**

La Formación Chulec igualmente al Este de la Cordillera Blanca y sobre el Bloque del Marañón descansa concordantemente sobre el Grupo Goyllarisquizga. En ambas áreas tiene un grosor uniformemente regular de 100 m, aunque en la región de la Cordillera de Huayhuash disminuye a no menos de 50 m. Esto es opuesto a lo observado en las demás formaciones, las cuales tienden a engrosar en la parte central. Litológicamente la formación consiste de una mezcla de calizas y margas. Las calizas son macizas con costras amarillas alteradas en capas de 1m de espesor que están separadas por margas cremas y grises que se encuentran en estratos de 10 a 20 m de grosor. La formación es de un color amarillo crema terrosa que es muy característico y sirve de gran ayuda para el cartografiado geológico; sin embargo, su representación en los planos geológicos a escala regional no es posible por su reducido grosor, por tal motivo, se le ha registrado conjuntamente con la Formación Pariatambo.

✓ **Formación Pariatambo**

La Formación Pariatambo consiste principalmente de margas marrón oscuras que tienen un olor fétido en superficie de fractura fresca, calizas marrón oscuro en lajas delgadas que sobresalen como miembros resistentes. Usualmente una banda de calizas es separada por 10 m de margas. Son frecuentes las intercalaciones de

calizas en estratos delgados con limoarcillitas calcáreas gris oscuras que contienen restos de ammonites.

✓ **Formación Jumasha**

La Formación Jumasha aflora dentro de la cuenca Chavín (miogeosinclinal) y sobre el Bloque del Marañón sobreyace concordantemente a la Formación Pariatambo y subyace concordantemente a la Formación Celendín. El grosor completo sólo se puede observar en el sector del Marañón donde alcanza 700 m, un grosor mayor podría corresponder a la cuenca entre el Marañón y la Cordillera Blanca, pero la parte superior siempre se encuentra erosionada. En esta zona probablemente el grosor excede los 1,000 m. En general, la Formación Jumasha presenta una litología de estratificación regularmente maciza de calizas grises en estratos de 1 a 2 m. En algunos lugares puede ser una secuencia lajosa de calizas oscuras hacia la base comparable con la Formación Pariatambo, de la cual está siempre separada, al menos por 100 m de calizas macizas. Las calizas de la Formación Jumasha constituyen una de las unidades más importantes y características en los Andes Centrales y en la zona de la cuenca occidental peruana. Se conserva en los núcleos de los sinclinales y forman cadenas de elevaciones muy conspicuas, tal como la Cordillera de Huayhuash. Sobre el Bloque del Marañón se muestra o expone en pliegues anticlinales y sinclinales. Las calizas de esta unidad se

describen como micritas y biomicritas con una buena proporción de material limo arcilloso.

✓ **Formación Celendín**

Esta unidad sobreyace concordantemente a la Formación Jumasha e infrayace a la Formación Casapalca estableciéndose un fase rápido de una secuencia netamente marina a las capas rojas continentales. Dentro del área cartografiada, mantiene un espesor regularmente constante de 500 m y solamente aflora al Este de la falla Chonta sobre el Bloque del Marañón, aunque es probable que haya sido depositada más hacia el Oeste a lo largo del eje de mayor acumulación de la cuenca Chavín (miogeosinclinal), donde ha sido subsecuentemente removida por una combinación de factores estructurales y erosionales. A la Formación Celendín se le encuentra en los núcleos de sinclinales de rumbo NO-SE que se alternan en una franja de 24 km de ancho ubicada entre la Cordillera de Raura y Yanahuanca en la parte sur y entre Huallanca y La Unión en el cuadrángulo homónimo. La formación consiste de calizas margosas nodulares, pobremente estratificadas, algo homogéneas las cuales contienen abundantes fósiles, los que alteran a un color amarillo grisáceo semejante a la Formación Chúlec. Se intercalan con las calizas, estratos de limoarcillitas grises y margas las que en general dan lugar a una morfología moderada a suave con abundante cobertura de suelos.

4.8.2.2. Depósitos Cuaternarios

✓ **Depósitos Morrénicos**

Se encuentran distribuidos mayormente en las partes más profundas del valles glaciares. Los depósitos morrénicos están constituidos por clastos de rocas pequeñas, limos y arcillas producto del resultado de la glaciación pleistocénica, por lo general en estas zonas se encuentran bofedales.

✓ **Depósitos Coluviales**

Los depósitos coluviales, son originados producto del resultado por gravedad de las partes altas de las montañas y de la glaciación pleistocénica; están constituidos por bloques y clastos de rocas, escasamente limos arcillosos. Estos depósitos muestran una morfología de lomadas y colinas de cumbres redondeadas.

4.8.3. Rocas Intrusivas

4.8.3.1 Stocks Graníticos

✓ **Granodiorita (T-gdi)**

Sus afloramientos principales se encuentran al Sureste de la garita Santa Rosa, al Este y Norte de la Laguna Putusay Alto, al Noreste y Noroeste de la Laguna Brazzini, la tendencia de la dirección del stock es N-W, de acuerdo al control estructural. El stock de granodiorita en el área de estudio se trata de un cuerpo intrusivo de grano medio a fino holocristalino, equigranular con tonalidad gris clara se presenta fresco y alterado en los contactos con los intrusivos posteriores

(cuarzomonzonita y pórfido dacita). Se nota haber formado y generado una aureola metamórfica principalmente de skarn y mármol en las calizas. Este cuerpo intrusivo está compuesto por una pasta silíceo, con minerales de cuarzo 20-35%, ortosa 5%, plagioclasas 15-20%, hornblenda (25%) junto a la biotita (10%-15%) débilmente cloritizada, este intrusivo cuando se encuentra próximo y cercano al contacto con la cuarzomonzonita se encuentra cortado con venillas de cuarzo y diques, asimismo se observa algunas biotitas secundarias. Aflora de manera predominante con “raíces” profundas que probablemente vienen del cuerpo central del distrito minero de Raura.

✓ **Cuarzomonzonita (T-qzmz)**

El afloramiento principal se encuentra entre la laguna Putusay Alto por el Sur y la Falla – Veta Brunilda por el Norte, con una tendencia de la dirección del stock N-S. Presenta textura granular porfirítica no muy clara entre sus componentes se observa una pasta de grano medio equigranular, sus fenocristales están compuestos por ojos de cuarzo en un 20-30%, plagioclasas 25-35%, ortosa 25-35%, biotita 10-15%. En los contactos de esta cuarzomonzonita se observan presencia de xenolitos de granodiorita, por lo que se interpreta que son intrusiones posteriores a la granodiorita, y cuando esta cuarzomonzonita se encuentra en contacto con los intrusivos subvolcánicos pórfido dacita se observa venillas de cuarzo y

alteraciones argílica – propilítica, interpretándose que son anteriores a los pórfido dacita. Al Sur y Sureste de la laguna Brazzini en los clastos de las brechas volcánicas (Volcánico Raura 1) se observa débil a moderada skarnización, que podrían ser producto de este intrusivo en contacto con las rocas calcáreas que se encuentran en profundidad.

4.8.3.2. Stocks Porfiríticos

✓ Pórfido Dacita 1 (T-pda)

Los afloramientos principales de este stock se encuentran al Norte de la laguna Putusay Alto y al Noroeste de la laguna Putusay Bajo. Presenta una textura granular porfirítica no muy clara entre sus componentes se observa una pasta o matriz de grano medio a fino constituido principalmente por cuarzo con fuerte silicificación y diseminación de pirita, esta pasta ocupa un 40-50% del total de la roca, sus fenocristales están compuestos por ojos de cuarzo en un 10-15%, plagioclasas 15-25%. Este stock en contacto con los intrusivos anteriores se observa asimilaciones de roca, la presencia de diseminación de pirita en la matriz es posible que se trate de la interacción química entre el azufre de este intrusivo con el fierro producto de los minerales ferromagnesianos de los intrusivos anteriores. Al Sur y Oeste de la laguna Putusay Bajo se observa diques de este pórfido dacita dentro y en contacto con las brechas volcánicas (Volcánico Raura 1), y marmolización con débil

skarnización en contacto con las rocas calcáreas. Finalmente se interpreta que este intrusivo es posterior a los anteriores (granodiorita, cuarzomonzonita) y posterior a las brechas volcánicas del Volcánico Raura 1; asimismo este intrusivo en contacto directo con las rocas calcáreas de la Formación Jumasha da origen a la skarnización.

✓ **Pórfido Dacita 2 (T-poda)**

El afloramiento principal se encuentra en el Norte del área de estudio, al Sureste del Tajo abierto Primavera, entre las fallas Brunilda y Puyhuancocha. Presenta una textura granular porfirítica no muy clara entre sus componentes se observa una pasta o matriz de grano medio a fino constituido principalmente por cuarzo con silicificación y argilización con débil diseminación de piritita, esta pasta ocupa un 40-50% del total de la roca, sus fenocristales están compuestos por ojos de cuarzo en un 10-15%, plagioclasas 15-20, biotita 5-10%. Este stock cercanos al contacto con los intrusivos granodiorita y cuarzomonzonita se observa asimilaciones de roca, a manera de xenolitos y brechas de intrusión, asimismo se tiene asimilación de bloques de endoskarn, este intrusivo es posible que origina alteraciones argílica y propilítica en la cuarzomonzonita y propilitica con calcosilicatos en la granodiorita; el contacto con las dacitas del Volcánico Raura 2 es difuso. Finalmente se interpreta que este intrusivo es posterior a los anteriores (granodiorita,

cuarzomonzonita) y anterior al intrusivo Pórfido cuarzomonzonita, posiblemente de la misma edad con el intrusivo subvolcánico pórfido dacita 1.

✓ **Dique de Dacita (T-dda)**

Los afloramientos de diques que se encuentran entre la Falla Quichas, Falla-veta Farallón y el sistema de vetas Victorias. Presentan una textura granular microporfirítica equigranular, entre sus componentes se observa una pasta de grano fino fuertemente silicificado, con pequeños ojos de cuarzo y fenocristales de plagioclasa. Estos diques en contacto con las rocas calcáreas dan origen a la skarnización, y se encuentran cortados por venillas de cuarzo como es el caso del dique que se observa al Este de la Veta Victoria Norte, interpretándose que tendrían una relación con fluidos hidrotermales y mineralización polimetálica.

✓ **Dique de Cuarzomonzonita (T-dqzmz)**

Afloramientos pequeños de estos diques se encuentran al Noroeste de la Laguna Brazzini. Presentan una textura granular de grano grueso (equigranular), entre sus componentes se observa cuarzo 25%, ortosa 30%, plagioclasa 30%, ferromagnesianos 15%. Estos diques se encuentran cortando a los intrusivos granodiorita, cuarzomonzonita y al Volcánico Raura 1; algunos de ellos se presentan como “Dique de guijarros” (pebble dike) con fragmentos redondeados de granodiorita y cuarzomonzonita de grano medio,

soportados por matriz de cuarzomonzonita de grano grueso. Por las evidencias que se muestran en esta zona (Noroeste de la Laguna Brazzini) nace una hipótesis que este sector sería un centro de varios eventos de intrusión que aprovecharía la debilidad estructural de la intersección de las Fallas Restauradora con Brazzini.

4.8.4. Rocas Volcánicas

✓ Brechas Volcánicas (T-bx)

Se diferencian áreas de brechas volcánicas asociados a posibles “cuellos volcánicos” y/o “diatremas”. El posible afloramiento de una Diatrema se infiere que se encuentra en el Sureste de la Garita Santa Rosa, en las partes altas del cerro que se encuentra entre las vetas Victorias– Farallón con las Vetas Celia Lucia, en este sector las brechas son polimícticas presentan clastos subredondeados de caliza, mármol y de rocas volcánicas de diferente composición (dacitas y andesitas? porfíricas), similares a estas brechas se encuentran grandes bloques como depósitos cuaternarios al Norte de la Laguna Putusay Alto y Falla Brazzini, el que nos lleva a inferir que pueden ser producto de una explosión volcánica. Al Sur de la Garita Santa Rosa (300 mts.) se encuentra afloramientos de Brechas volcánicas polimícticas con clastos subredondeados a subangulosos de mármol, skarn (exoskarn), con una matriz fuertemente silicificada de posible composición riodacítica. Al Sureste de la Laguna Putusay Bajo se encuentran afloramientos de Cuello de Brecha, con clastos

polimícticos de rocas volcánicas, calizas, mármol e intrusivo de posible composición granodiorítica y matriz fuertemente silicificada, los afloramientos de brechas tienen buzamientos verticales con las paredes inclinados hacia adentro que tienen la forma de embudo, estas se encuentran en contacto directo con las calizas de la Formación Jumasha (Miembro 2); la forma que presentan estas brechas hacen inferir que son remanentes de un cuello volcánico que puede estar ubicado al Este de la Laguna Putusay Bajo cubierto por depósitos cuaternarios.

Considerando el Complejo de Brechas del Suroeste del Tajo Primavera, se puede inferir que el intrusivo Pórfido Cuarzomonzonita (Posible mineralizador) aprovecharía la debilidad de un gran “cuello volcánico” para su cristalización. Con esta referencia se infiere una correlación similar que por debajo de los cuerpos de brecha que se encuentran entre las Vetas Victorias con la Laguna Putusay Bajo, posiblemente estén asociados a sistemas de intrusiones porfídicos.

✓ **Volcánico Raura 1 (T-vr1)**

Estas rocas afloran en el sector Sur del área que corresponde al proyecto, entre las lagunas de Brazzini, Putusay Alto y al Oeste de la Laguna Putusay Bajo. Esta unidad está constituido por brechas volcánicas polimícticas con clastos subredondeados de caliza, mármol, skarn, cuarcita y posible granodiorita; la matriz es de textura

vesicular, de posible composición dacita fuertemente silicificada, en algunas áreas con escasa diseminación de pirita.

Algunos clastos de estas brechas volcánicas al Oeste de la laguna Brazzini y sector Este de Jimena presentan una skarnización posiblemente de protolito granodiorita; al Suroeste de la laguna Putusay Bajo, se observa algunos clastos de caliza que dan una apariencia a la Formación Pariatambo y cuarcitas posiblemente de la Formación Chimú, el cual nos puede llevar a interpretar que estas rocas volcánicas son de profundidad en este sector.

El origen de estas brechas volcánicas son asociados a una debilidad estructural que sería la Falla Restauradora, el mismo que se encuentra entre el contacto de las calizas con el intrusivo granodiorita; por las evidencias geológicas en campo estas rocas volcánicas son posteriores a la granodiorita y anteriores a la cuarzomonzonita y al Pórfido dacita que se encuentra en este sector.

✓ **Volcánico Raura 2 (T-vr2)**

Estas rocas se encuentran en el sector central del área que corresponde al proyecto, al Norte de la laguna Putusay Bajo, en los alrededores de la Garita Santa Rosa y en la zona de Brunilda - Tajo Grety. Esta unidad está constituido por flujos lávicos de posible composición dacítica con matriz fuertemente silicificada el cual altera la textura original de la roca dificultando el diagnóstico del protolito, en algunos sectores débil diseminación de pirita, dentro de la matriz

se observa la presencia de líticos posiblemente de rocas intrusivas y volcánicas anteriores a esta unidad.

Estas rocas volcánicas posiblemente pueden ser posteriores a los intrusivos granodiorita, cuarzomonzonita y una posible contemporaneidad con el intrusivo subvolcánico pórfido dacita.

✓ **Volcánico Raura 3 (T-vr3)**

Estas rocas se encuentra abarcando el sector Este del área de estudio, en los sectores denominados Puyhuancocha, Victorias y Farallón; esta unidad se encuentra sobreyaciendo a las dacitas silicificadas del Volcánico Raura 2, litológicamente esta unidad está constituido por flujos lávicos que presentan pseudoestratificación de posible composición dacítico y riódacítico fuertemente silicificado, el cual altera la textura original de la roca dificultando el diagnóstico del protolito. Los líticos que contiene esta roca son clastos subredondeados a subangulosos de caliza y mármol, el tamaño de los clastos son de mayor dimensión (hasta 3 m de diámetro) que se encuentran próximos a la zona de Farallón y se observa la disminución gradual en el tamaño de los clastos con dirección al Norte hacia los Sectores de Puyhuancocha y Puyhuanmina, donde se encuentran sobreyaciendo en discordancia angular a las calizas de la Formación Jumasha (Miembro 3).

Por las descripciones que se indican en el párrafo anterior es posible que estos volcánicos tengan como centro de erupción en la zona de

brechas volcánicas que se encuentra entre las Vetas Lucia y Farallón.

✓ **Volcánico Raura Indiviso (T-vr)**

Se denominan de esta manera a las rocas volcánicas que no fueron objeto de mapeo en el presente estudio, se encuentran situados al Norte de la malla geoquímica en los alrededores de Raura Pata. De acuerdo a las revisiones bibliográficas de trabajos anteriores estas rocas son de composición Dacítica y Riodacítica, con las observaciones preliminares de campo las rocas del sector Este de Raura Pata podrían ser correlacionales con el Volcánico Raura 3.

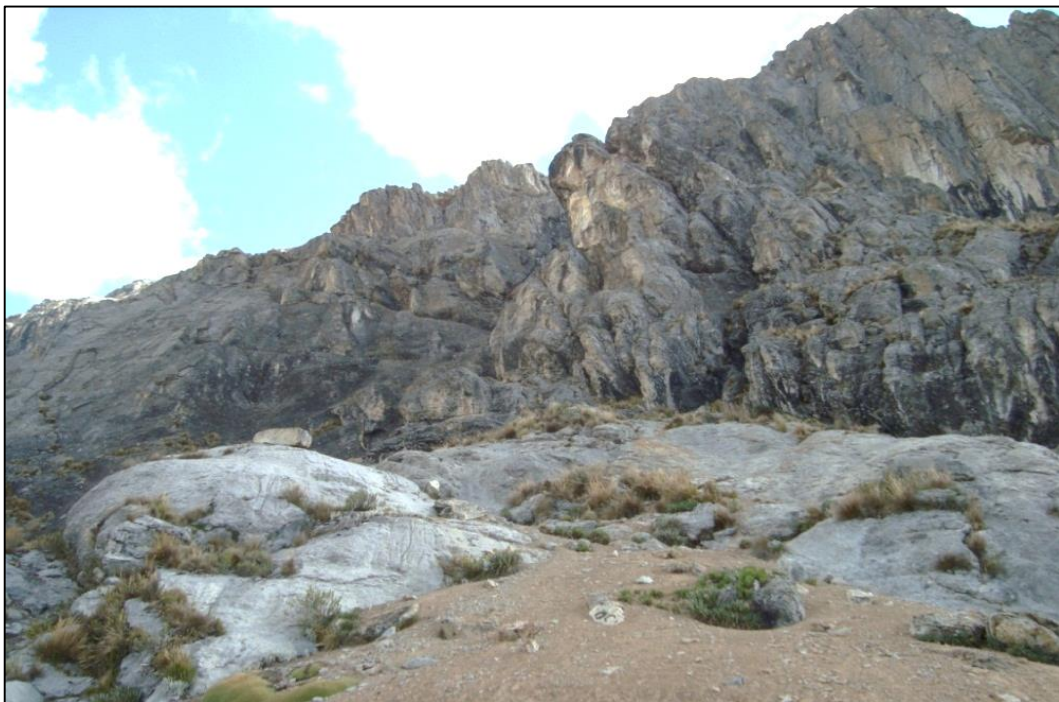


Foto. 4.3 - Vista Frontal (E-W), Volcánicos Raura

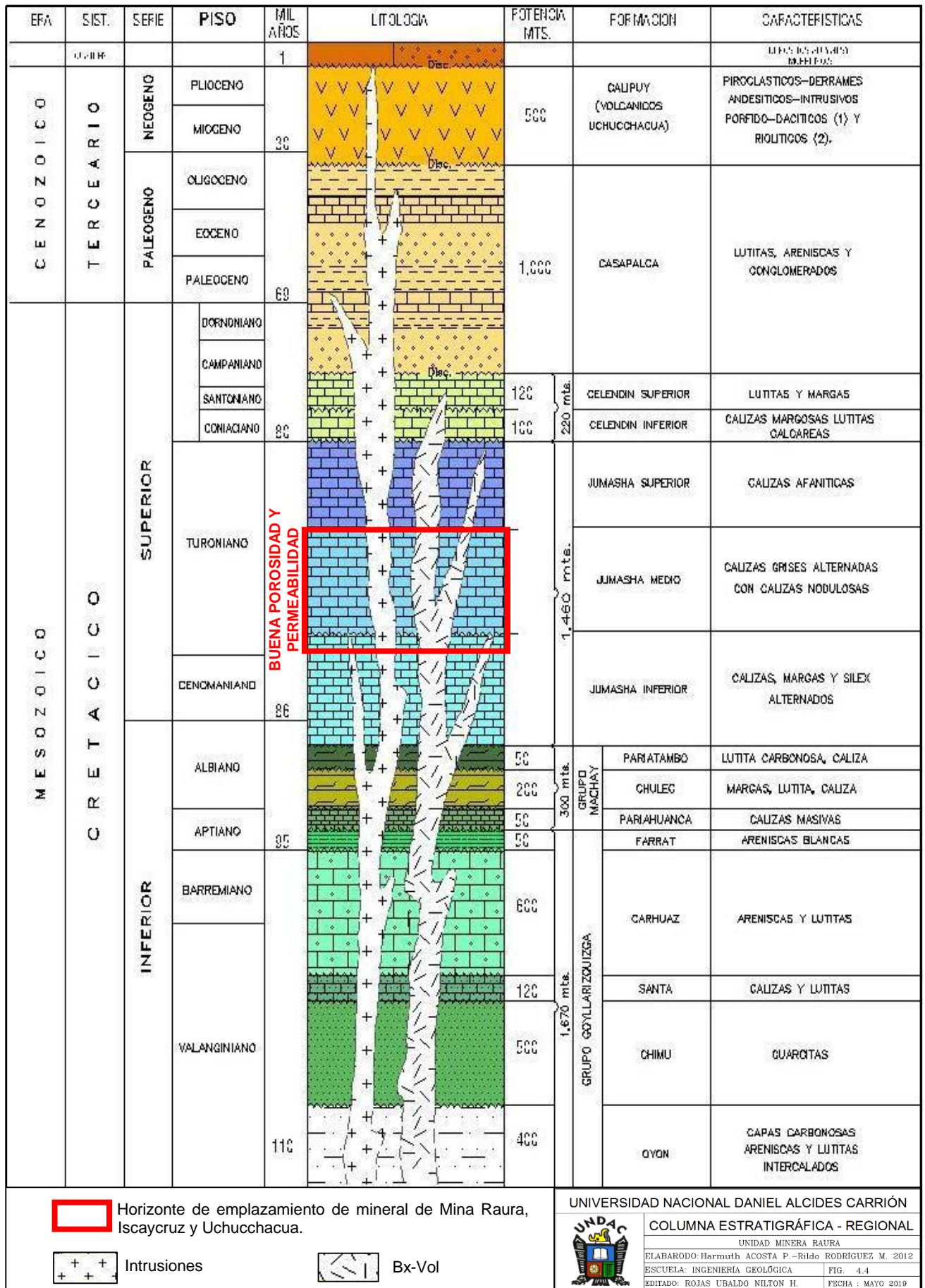


Fig. 4.4 – Columna Estratigráfica Regional de la Mina Raura

4.9. Geología Local

La estratigrafía presente en la mina Raura corresponde a la Formación Jumasha, gran metalotecto en el centro, Norte y Sur del Perú donde se encuentra emplazados varios yacimientos, de allí la importancia de esta formación. En esta secuencia sedimentaria se encuentran importantes depósitos minerales emplazados, siendo los principales: Antamina, Contonga, Raura, Uchucchacua, Chungar, Santander, Yauricocha etc.

Esta secuencia puede ser sub dividida en tres miembros, **Jumasha II**, **Jumasha III y Jumasha IV**. La base de la unidad no aflora y debe corresponder a otro miembro denominado **Jumasha I**, ubicado tentativamente al norte de Raura

4.9.1 Jumasha II

Caracterizado por poseer una gran potencia, la cual supera a los demás miembros pertenecientes a este paquete sedimentario. La base de esta unidad sedimentaria fue hallada en la zona de Gayco, donde se exponen más de 100m. de una sucesión netamente calcárea; en cambio, la columna estratigráfica levantada desde el sureste de la laguna de Puyhuancocha hasta las inmediaciones de Siete Caballeros al sur de la presa de relaves, marca una sucesión de más de 650 m. de calizas con horizontes delgados de margas. La formación Jumasha II está limitado hacia la base por un anticlinal y hacia el techo por una falla inversa que corta la secuencia impidiendo conocer el verdadero espesor y las relaciones estratigráficas con las demás unidades litológicas.

✓ **Jumasha II inferior**

El miembro inferior del Jumasha II no aflora completamente en el distrito minero Raura, es por ello que solamente se ha llegado a determinar un espesor de 300 m. Las calizas están agrupadas en secuencias elementales que presentan a la base estratos delgados de calizas tipo packstone y mudstone, en la parte media, presentan calizas tipo packstone gris oscura formado por la acumulación de clastos irregulares que desarrollan estratos cada vez más potentes; el techo está generalmente conformado por estratos potentes de brecha sedimentaria con clastos irregulares. En general las secuencias elementales son grano estrato creciente, donde los niveles de caliza tipo packstone van incrementando su espesor desde los 10 cm. en la base hasta los 3 m. de espesor al techo, en cambio los estratos de caliza tipo mudstone que se caracterizan por su coloración negra, se inicia a la base con estratos continuos de 5 cm desapareciendo nictros más arriba.

La presencia de brechas sedimentarias caracteriza al miembro inferior del Jumasha II, la cual posee clastos irregulares de caliza tipo grainstone y una matriz tipo packstone a mudstone. En algunos sectores, la matriz presenta estructuras sedimentarias tales como ripples y laminaciones oblicuas a horizontales, las cuales evidencian que los clastos fueron transportados; este fenómeno ocurrió cuando el sedimento calcáreo aún no estaba litificado.

A la base del miembro inferior del Jumasha II existe un nivel fino de aproximadamente 6 m de espesor, este nivel está conformado por una sucesión de estratos delgados de calizas tipo mudstone y packstone, siendo una secuencia grano-estrato creciente; los estratos de la base poseen espesores que van desde los 10 cm. a los 15 cm laminados y continuos. Lateralmente se aprecia que estos estratos disminuyen en espesor, formando canales alargados sin continuidad lateral. Esta característica hace que este nivel fino sea muy variable y por ende su ubicación vertical variada.

✓ **Jumasha II medio**

El miembro intermedio del Jumasha II posee aproximadamente un espesor de 110 m. Litológicamente está compuesto por secuencias elementales de caliza, los cuales se inician con una intercalación de calizas tipo mudstone y packstone de color negro, dispuestos en estratos delgados de 10 a 30 cm de espesor, y terminan con estratos potentes, de hasta 5 m de brechas sedimentarias con clastos angulosos de caliza tipo packstone y grainstone, unidos por una matriz escasa de limolita calcárea, las cuales son la característica más resaltante de esta unidad litológica. La forma angulosa y definida de los clastos de las brechas indica que fueron transportados cuando ya se encontraban consolidados al menos parcialmente, esta es la principal diferencia con el miembro inferior y superior del Jumasha II.

✓ **Jumasha II superior**

El miembro superior del Jumasha II posee un espesor aproximado de 240 m. La relación estratigráfica con el miembro intermedio del Jumasha II es normal; litológicamente está constituida por una repetición de secuencias elementales grano estrato crecientes, donde a la base de cada secuencia se observan estratos delgados de caliza tipo mudstone de color negro intercaladas con estratos de caliza tipo packstone gris oscuras de espesores variables, los cuales empiezan con un espesor de 10 cm y rápidamente van aumentando hasta alcanzar los 30cm.

La parte superior de la secuencia elemental está constituida por estratos gruesos de brechas sedimentarias con clastos irregulares de caliza que fueron transportados en estado semi consolidado y fueron acumulados en estratos que pueden alcanzar los 3 m de espesor; los clastos irregulares son de caliza tipo grainstone y packstone con diámetros variables entre 1 a 15 cm de espesor, los cuales están suspendidos en una matriz lodosa mudstone con una coloración negra preferentemente calcárea, y que en ocasiones pueden tratarse de limolitas negras bien laminadas.

Las secuencias elementales, en la base del miembro superior del Jumasha II muestran los primeros estratos formados por la acumulación de clastos con bordes irregulares; los clastos aislados de diámetro variable fueron transportados y lentamente asimilados por la

matriz de mudstone, mezclándose para formar calizas tipo wackestone o packstone; esta mezcla lógicamente no se realizó por completo, los clastos que no fueron asimilados forman aglomeraciones distribuidos en estratos potentes.

La matriz de caliza tipo wackestone y mudstone es de color negro, y el hecho de transportar clastos irregulares condiciona a que presente laminaciones oblicuas curvas y canales que indican una dirección de flujo hacia el este.

El origen de las brechas sedimentarias con clastos irregulares probablemente esté ligado a la intensa actividad tectónica ocurrida durante o inmediatamente después de la sedimentación de este material. Esto significa que la cuenca donde se depositaron los sedimentos del Jumasha II tuvo una fuerte subsidencia y que al margen de la cuenca quedaron suspendidas grandes extensiones de terrenos de lecho marino o de plataforma carbonatada, los que al ser ubicados en niveles más altos, fueron erosionados y transportados hacia los grabens o partes bajas de la cuenca.

En la parte media del miembro superior del Jumasha II, existe una secuencia margosa con un espesor aproximado de 7 m, la cual está constituido por una sucesión grano estrato creciente, donde lógicamente dominan los niveles margas color negro y limolitas negras. Estos estratos presentan laminación oblicua y laminación horizontal, además de observarse pequeños canales con algunos

nódulos calcáreos de caliza grainstone. La forma de los estratos es lenticular alargado, lo que significa que lateralmente tienden a desaparecer en vista que se trata de un depósito dinámico.

En algunos casos la cantidad de estratos de margas hace más potente el paquete sedimentario y marca un punto de distinción con respecto a los demás afloramientos. Estos niveles margosos son usados como punto de referencia en la correlación con otros lugares y como punto de referencia para distinguir una y otra unidad estratigráfica.

4.9.2. Jumasha III

La formación Jumasha III se logró identificar en la columna estratigráfica levantada en la zona de Putusay Bajo. La parte inferior de la columna estratigráfica está cortada por una falla inversa que pone este bloque cabalgante sobre la formación Jumasha IV, la parte superior está en contacto progresivo con el Jumasha IV. Se calcula que el espesor promedio alcanza los 223 m.

La parte inferior de esta unidad litoestratigráfica está compuesta por una sucesión calizas tipo grainstone con intercalaciones de calizas mudstone, con un espesor aproximado de 20 m. Los estratos varían de 20 a 30 cm de espesor y son de color gris claro a beige con laminación horizontal, fosilíferas y convolutas bien definidas.

La parte media y superior de la formación Jumasha III está formada por una serie de secuencias elementales grano estrato decrecientes que varían de 5 a 15 m de espesor. La secuencia elemental empieza con

estratos potentes color gris claro de calizas grainstone, con Jaminación oblicua curva, ripples, y canales alargados dispuestos uno sobre otro a manera de entrecruzamiento. Las estructuras sedimentarias indican que la polaridad de los estratos está normal y corresponden a una plataforma carbonatada con corrientes de agua que transportaron el material calcáreo con dirección al este y sureste. Los estratos de caliza tipo grainstone tienen una alta concentración de clastos de caliza compactada con escasa porosidad. En la parte superior de las secuencias básicas se inicia una ligera intercalación con calizas packstone, para finalmente encontrarse delgados niveles de calizas tipo mudstone color negro.

Es característica de la parte superior de la formación Jumasha III la presencia de cherts inmersos a manera de nódulos irregulares y con coloración gris oscura a negra dentro de las calizas grainstone.

4.9.3. Jumasha IV

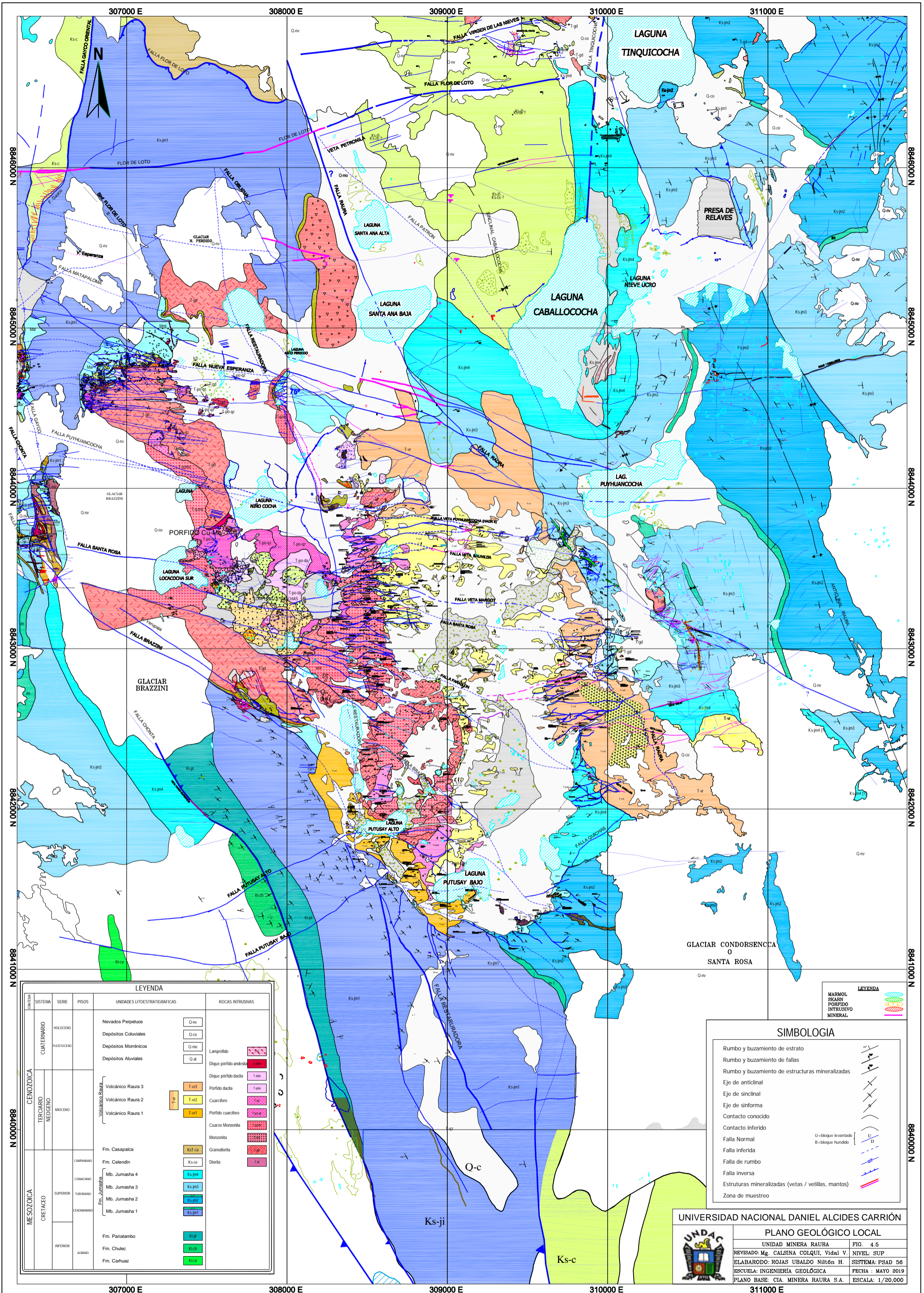
La formación Jumasha IV se logró identificar en la columna estratigráfica levantada al suroeste de la laguna Putusay bajo, la formación Jumasha IV abarca desde los 223 m hasta los 400 m, teniendo una potencia aproximada de 177 m; sin embargo, este espesor solo es parcial, ya que la parte superior está afectada por la Falla Chonta Oriental que hace cabalgar a los sedimentos de la Formación Pariatambo.

La formación Jumasha IV está conformado por una repetición de secuencias elementales grano y estrato decrecientes de 3 y 20 m de

espesor, observándose que en la parte inferior hay un dominio de calizas tipo wackestone con espesores que superan los 3 m; al techo hay un evidente incremento de calizas tipo mudstone y limolitas.

El análisis estratigráfico hecho a las secuencias básicas revela que los estratos ubicados a la base son generalmente de calizas tipo packstone con nódulos de intercrecimiento cuya forma característica lenticular es la que define esta unidad. Los nódulos de intercrecimiento se desarrollan a partir de la concentración de material calcáreo alrededor de un fragmento fósil o grano de sílice u otro material, observándose que se trata de numerosas capas estilo cebolla que forman estos nódulos agrupados consecutivamente hasta conformar paquetes o estratos potentes. La matriz que rodea a los nódulos es de caliza tipo mudstone es de color negro y se encuentran a manera de delgadas laminas. La acumulación de nódulos, formando estratos potentes de caliza, predispone a que la roca sea fácilmente fracturada en las uniones entre nódulos, lo que la convierte en un potencial receptor de mineralización.

La parte superior de la secuencia básica está conformada por una intercalación de calizas tipo wackestone y mudstone, donde los estratos de calizas mudstone son más potentes y están conformados por una masa algo estratificada de lodo color negro, con ocasionales acumulaciones de cherts formando horizontes delgados de hasta 10 cm de ancho.



LEYENDA

PERIODO	SISTEMA	SERIE	PISOS	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	ROCAS INTRUSIVAS
CUATERNARIO	HOLOCENO			Nevados Perpetuos	Q-nv
				Depósitos Coluviales	Q-co
				Depósitos Morénicos	Q-mo
				Depósitos Aluviales	Q-al
CENOZOICA	TERCIARIO	NEOGENO	MIOCENO	Volcánico Raura 3	T-v3
				Volcánico Raura 2	T-v2
				Volcánico Raura 1	T-v1
				Fm. Casapalca	Ks-ca
				Fm. Celendin	Ks-cl
				Mb. Jumasha 4	Ks-jm4
				Mb. Jumasha 3	Ks-jm3
				Mb. Jumasha 2	Ks-jm2
				Mb. Jumasha 1	Ks-jm1
				Fm. Pariatambo	Ks-pi
Fm. Chulec	Ks-ch				
Fm. Carhuaz	Ks-ca				
MESOZOICA	CRETACEO	SUPERIOR	TURONIANO	Lampromido	T-lp
				Dique porfido andesita	T-da
				Dique porfido dacita	T-da
				Porfido dacita	T-pa
				Cuarzifero	T-qa
				Porfido cuarzifero	T-pa
				Cuarzo Monzonita	T-mz
				Monzonita	T-mz
				Granodiorita	T-gr
				Diorita	T-di
MESOZOICA	CRETACEO	INFERIOR	ALBIANO		

LEYENDA

MARMOL
SKARN
PORFIDO
INTRUSIVO
MINERAL

SIMBOLOGIA

- Rumbo y buzamiento de estrato
- Rumbo y buzamiento de fallas
- Rumbo y buzamiento de estructuras mineralizadas
- Eje de anticlinal
- Eje de sinclinal
- Eje de sinforma
- Contacto conocido
- Contacto inferido
- Falla Normal
- Falla inferida
- Falla de rumbo
- Falla inversa
- Estructuras mineralizadas (vetas / vetillas, mantos)
- Zona de muestreo

U = bloque levantado
B = bloque hundido

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

PLANO GEOLÓGICO LOCAL

UNIDAD MINERA RAURA	FIG. 4.5
REVISADO: Mg. CALSINA COLQUI, Vidal V.	NIVEL: SUP
ELABORADO: ROJAS UBALDO NIÑÓN H.	SISTEMA: PSAD 56
ESCUELA: INGENIERÍA GEOLÓGICA	FECHA: MAYO 2019
PLANO BASE: CIA. MINERA RAURA S.A.	ESCALA: 1/20,000

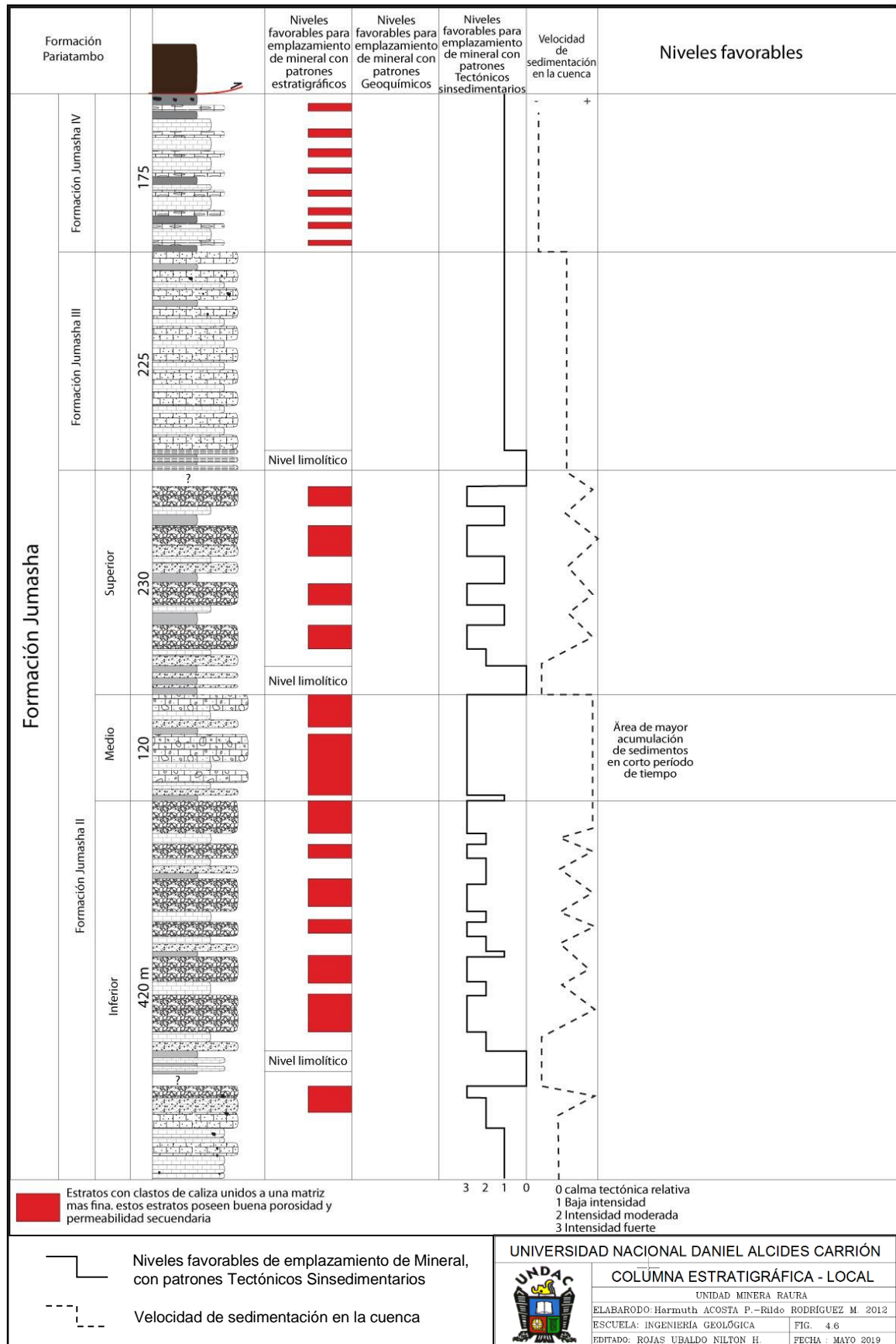


Fig. 4.6 – Columna Estratigráfica Raura.

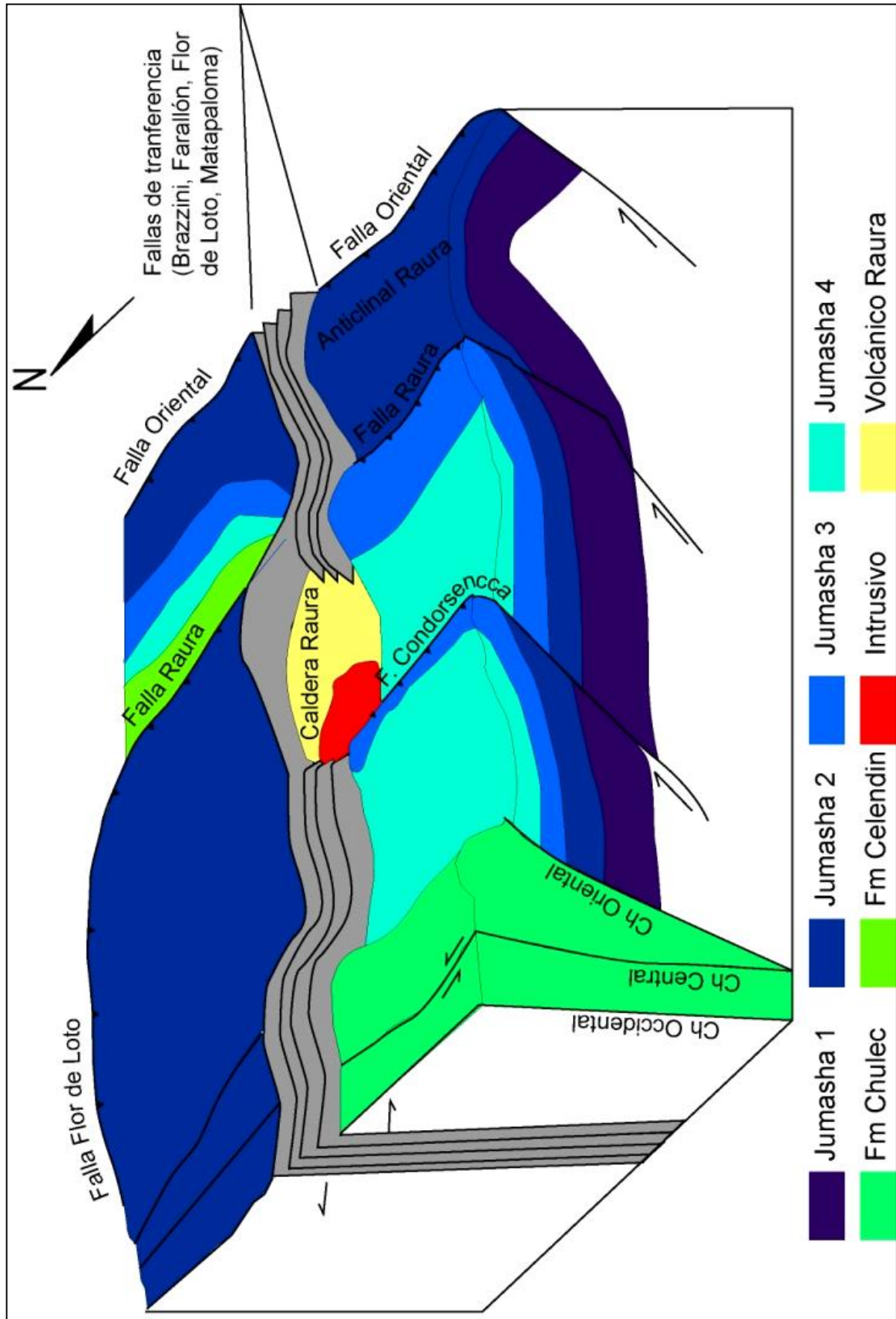


Fig. 4.7 - Modelo estructural y Litológico del distrito minero de Raura.

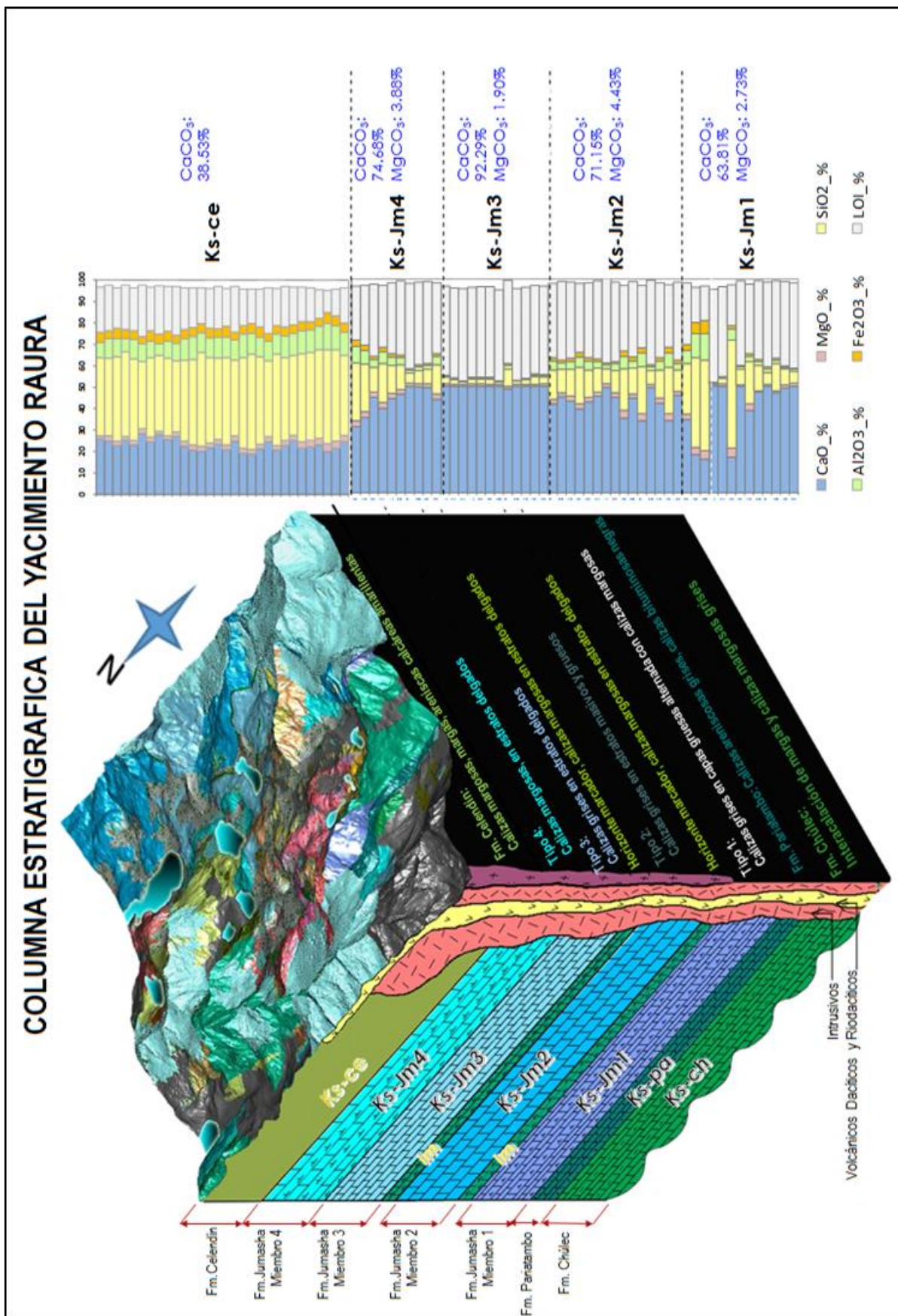


Fig. 4.8 - Columna Estratigráfica Raura 3D y Composición

4.10. Recursos Minerales

MINSUR S.A. ha adoptado como norma para los Informes de Recursos y Reservas Minerales los principios internacionales referidos por el *Joint Ore Reserves Committee (JORC)*, *Australasian Institute of Mining and Metallurgy (AusIMM)*, y *Australian Institute of Geoscientists and Minerals Council of Australia*

Estos Principios fundamentalmente son: la transparencia, total entrega de la información pertinente, e idoneidad del personal evaluador. Para adecuarnos a las normas se están adoptando las acciones necesarias para otorgar la confianza en los estimados mediante la definición de la metodología de cada proceso y hacerlos sustentables, de igual manera se aplican técnicas de verificación y validación para confirmar los resultados.

En la Fig.4.9 se muestra la relación secuencial que existe entre la Información de Exploración, Recursos y Reservas. La clasificación de los estimados debe tomar este marco de referencia, de modo tal que reflejen los diferentes niveles de confianza geológica y los diferentes grados de evaluación técnica y económica. Conforme aumenta el conocimiento geológico, es posible que la Información de la Exploración llegue a ser la suficiente como para estimar un Recurso Mineral. Conforme aumenta la información económica, es posible que parte del total de un Recurso Mineral se convierta en una Reserva Mineral. Las flechas de doble sentido entre Reservas y Recursos que se incluyen en la Fig.4.9, indican que los

cambios en algunos factores podrían hacer que el material estimado se desplace de una categoría a otra.

La importancia relativa de los criterios sugeridos variará en cada yacimiento, dependiendo del ambiente geológico, restricciones técnicas, condiciones legales y normas existentes al momento de la evaluación.

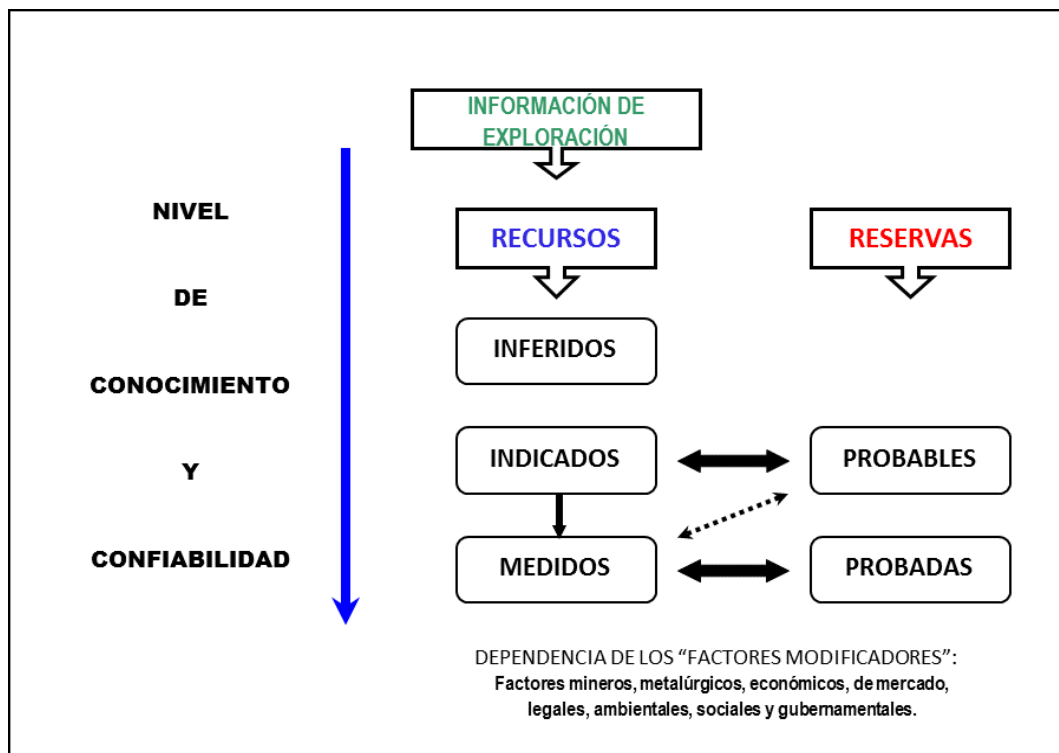


Fig. 4.9 - Clasificación y Relación entre Recursos y Reservas Minerales

Las principales definiciones que MINSUR asume y se obliga a seguir están enunciadas en los párrafos siguientes.

➤ **Recursos Minerales**

Son concentraciones de minerales que existen de manera natural en la corteza terrestre en forma, cantidad y calidad tales que la extracción económica de un producto, a partir de la concentración, sea actual o

potencialmente factible. La ubicación, cantidad, ley, características geológicas y continuidad de un Recurso Mineral se conocen, estiman e interpretan a partir de información, evidencias y conocimiento geológicos específicos, con alguna contribución de otras disciplinas.

Las declaraciones de Recursos Minerales, generalmente son documentos dinámicos y cambiantes que se ven afectados por la tecnología, la infraestructura, los precios de metales y otros factores. Según cambien estos diversos factores, el material puede entrar o salir de la estimación de Recursos.

- Las partes de un yacimiento que no tengan perspectivas razonables de extracción económica eventual, no deben incluirse en un Recurso Mineral.
- Los Recursos Minerales se subdividen, en orden de confianza geológica creciente en las categorías de Inferido, Indicado y Medido.

✓ **Recurso Mineral Inferido**

Parte de un Recurso Mineral cuyos tonelaje, leyes y contenido mineral pueden estimarse con un bajo nivel de confianza. Se le infiere o asume de evidencia geológica y/o de leyes asumidas pero no verificadas. El estimado se basa en información reunida con técnicas adecuadas en lugares tales como afloramientos, trincheras, cateos, beneficios y taladros, la cual puede ser limitada o de calidad fiabilidad incierta.

- Se asume la continuidad geológica y puede o no estar respaldada por muestras representativas o evidencia geológica.
- La confianza en el estimado es insuficiente como para aplicar parámetros técnicos y económicos, o realizar una evaluación económica de pre-factibilidad que merezca darse a conocer al público.

✓ **Recurso Mineral Indicado**

Parte de un Recurso Mineral cuyos tonelaje, densidades, forma, características físicas, leyes y contenido mineral pueden estimarse con un nivel de confianza razonable. El estimado se basa en la información de exploración, muestreo y pruebas reunidas con técnicas apropiadas de lugares tales como afloramientos, trincheras, cateos, beneficios y taladros. Los lugares están demasiado o inadecuadamente espaciados para confirmar la continuidad geológica y de leyes, pero sí lo suficientemente cercanos como para asumirlas.

- Se asume la continuidad geológica con muestras inadecuadamente espaciadas y que no permiten confirmar totalmente.
- La confianza en el estimado pese a ser menor que en el caso de los Recursos Medidos, es suficientemente alta como para aplicar los parámetros técnicos y económicos para una posible evaluación de pre-factibilidad económica.

- El estimado se basa en información de la exploración, muestreo e información reunida mediante técnicas apropiadas sobre afloramientos, trincheras, pozos, taladros y pruebas de beneficio.

✓ **Recurso Mineral Medido**

Parte de un Recurso Mineral cuyos tonelaje, densidades, forma, características físicas, leyes y contenido mineral pueden estimarse con un alto nivel de confianza. El estimado se basa en información confiable y detallada de exploración, muestreo y pruebas reunidas con técnicas adecuadas de lugares tales como los afloramientos, trincheras, piques, beneficios y taladros. Los lugares están espaciados con proximidad suficiente para confirmar la continuidad geológica y/o la de leyes.

- Se confirma la continuidad geológica mediante muestreo adecuadamente espaciado.
- La confianza en el grado de conocimiento de la geología y controles del yacimiento mineral, es suficiente como para permitir la aplicación adecuada de los parámetros técnicos y económicos como para posibilitar una evaluación de viabilidad económica.

➤ **Reservas Minerales**

Es la parte económica y legalmente extraíble de un Recurso Mineral Medido o Indicado y que incluye materiales de dilución y descuentos por las mermas que pueden ocurrir durante el minado. Requiere haber

efectuado evaluaciones que pueden incluir estudios de pre-factibilidad o factibilidad considerando los factores de minado, procesamiento, metalurgia, economía, mercadeo, legales, ambientales, sociales y gubernamentales asumidos en forma realista.

- **El término económico** implica que se ha podido establecer o demostrar analíticamente que es posible una extracción o producción rentable, bajo hipótesis definidas de inversión. Las hipótesis deberán ser razonables, incluyendo los supuestos relacionados con los precios y costos que prevalecerán durante la vida del proyecto. La evaluación dinámica de las operaciones implica que un cálculo válido efectuado en un momento dado, puede cambiar significativamente cuando se dispone de nueva información.
- **El término legalmente** implica que no debería haber incertidumbre en lo que respecta a los permisos necesarios para el minado y el procesamiento de los minerales, ni tampoco con la resolución de asuntos legales que estuvieran pendientes.

Se reconoce que las estimaciones de reservas, siendo éstas predicciones de lo que ocurrirá en el futuro tendrán cierto grado de inexactitud. Se reconoce también que diferentes técnicos que pudieran analizar los mismos datos, pueden llegar a interpretaciones y conclusiones discrepantes. El hecho de que se demuestre, en una fecha posterior, que la estimación de una reserva fue inexacta debido a que no

se contó con información suficiente o a que cambiaron las condiciones económicas, no significa necesariamente que la estimación se hizo de manera incompetente o fraudulenta. La información relacionada con la estimación de reservas debe tener una base sustentable y debe hacerse de buena fe.

En ciertas circunstancias, las Reservas Minerales previamente reportadas podrían revertir a Recursos Minerales. Su reclasificación no debe aplicarse cuando se prevé que los cambios serán temporales, de corta duración o cuando la Gerencia decide operar a corto plazo en forma no económica. Ejemplos de estas situaciones son la caída del precio del producto que se espera sea de corta duración, emergencia temporal en la mina, huelga de transportes, etc. Se subdividen en orden de confianza creciente en Reservas Probables y Reservas Probadas.

✓ **Reserva Mineral Probable**

Es la parte económicamente extraíble de un Recurso Mineral Indicado y en algunas circunstancias de un Recurso Mineral Medido. Esta Reserva incluye los materiales de dilución y los materiales por mermas que puedan ocurrir durante la explotación. Implica evaluaciones a nivel de un estudio de pre factibilidad o factibilidad con las consideraciones respecto a los factores económicos modificadores; estas evaluaciones demuestran que la extracción podría justificarse razonablemente en el momento del informe.

- Una Reserva Mineral Probable tiene menos confianza que una Reserva Mineral Probada y su estimado debe tener la calidad suficiente como para servir de base a decisiones sobre compromisos mayores de capital y al desarrollo final del yacimiento. Sin embargo, requiere mayor información para demostrar la continuidad geológica y su ley.
- En ciertas circunstancias un Recurso Mineral Medido puede convertirse en Reserva Mineral Probable, debido a la incertidumbre asociada con los factores modificadores tomados en cuenta. En este caso no implica una reducción en el nivel de confianza o conocimiento geológico; en una situación así, los factores modificadores deberán explicarse fehacientemente.

✓ **Reservas Minerales Probada**

Es la parte económicamente extraíble de un Recurso Mineral Medido e incluye los materiales de dilución y descuentos por mermas durante la explotación. La aplicación de la categoría de Reserva Mineral Probada implica el más alto grado de confianza en el estimado y se asume que existe suficiente información disponible para demostrar razonablemente la continuidad geológica y la ley.

- Involucra efectuar evaluaciones de pre-factibilidad o factibilidad en las que se consideran las modificaciones por factores realistas de minado, metalúrgicos, económicos, mercadeo, legales,

ambientales, sociales y gubernamentales. Estas evaluaciones demuestran que la extracción es viable al momento del informe. Normalmente involucra al material que se está minando y para el cual hay un plan de mina detallado.

- En ningún caso los Recursos Minerales Indicados podrían convertirse directamente en Reservas Minerales Probadas.

4.10.1. Método Geoestadístico

La Estimación de Recursos con Software Estudio RM (Datamine) se elaboró con soporte técnico del Dr. Alfredo Marín, quien actualmente es consultor geoestadístico de Raura.

La estimación geoestadística con Ordinary Kriging garantiza para cada bloque o celda dos aspectos:

- a) Estimación no sesgada o sea sin error sistemático.
- b) Optimizar la estimación en el sentido de proporcionar la varianza de estimación mínima.

Para realizar el procedimiento se tomara en cuenta lo siguiente:

- Se calculará todos los paneles o bloques creados dentro del sólido de veta que proporciona Área de Modelamiento por la interpretación de geología.
- El algoritmo consiste básicamente en asignar un peso a cada valor de ley de un compósito que se encuentre dentro del área de

influencia dado por la elipse de radios de búsqueda (basados en los alcances variográficos).

- Se trabaja según el peso geológico que tiene la interpretación de las continuidades mineralógicas y de la continuidad de la estructura según opinión del geólogo que trabaja en el mapeo. Este criterio prevalece sobre el radio que puede darse de búsqueda, donde inicialmente para los Recursos medidos se otorga 50% del alcance variográfico y el doble para los Indicados. Los Recursos Inferidos se extenderán casi siempre más de 2 veces el radio de búsqueda.
- La estimación global obtenida siempre se busca tenerse un sesgo cercano al 5% de error, sobre todo en zinc (Zn_pct) que es el metal según el cual se llega a clasificar. Estas interpolaciones iterativas nos conduce a variar los radios de búsqueda procurando estar cerca del criterio de radios de búsqueda descrito.
- Según el alcance anterior cada interpolación es sometida a la confrontación de la opinión geológica de su continuidad como estructura. La última versión es con el peso geológico que se da en comparación a los resultados de la estimación tradicional, cuando existe.

4.10.1.1. Desarrollo

- Usar la información guardada en la Base de Datos del Área de Geología GDMS que la Compañía posee (*Fig. 4.9*).
- Recibirla en archivo texto para poderlo cargar en programa donde se calcularán las interpolaciones (Datamine). Este punto ideal, se ha cumplido totalmente y se asume que los chequeos de consistencia y validación de datos geológicos y de análisis químicos son correctamente validado por el Área de Geología.
- Preparar los archivos con los parámetros variográficos y los distintos radios de búsqueda inicial que se usarán iterativamente hasta conseguir un resultado en concordancia con la observación y el modelo implícito que tiene el staff de geología respecto al cuerpo en estudio; de presentar la estructura inflexiones muy notorias y determinantes se procederá a realizar radios de búsqueda por zona.

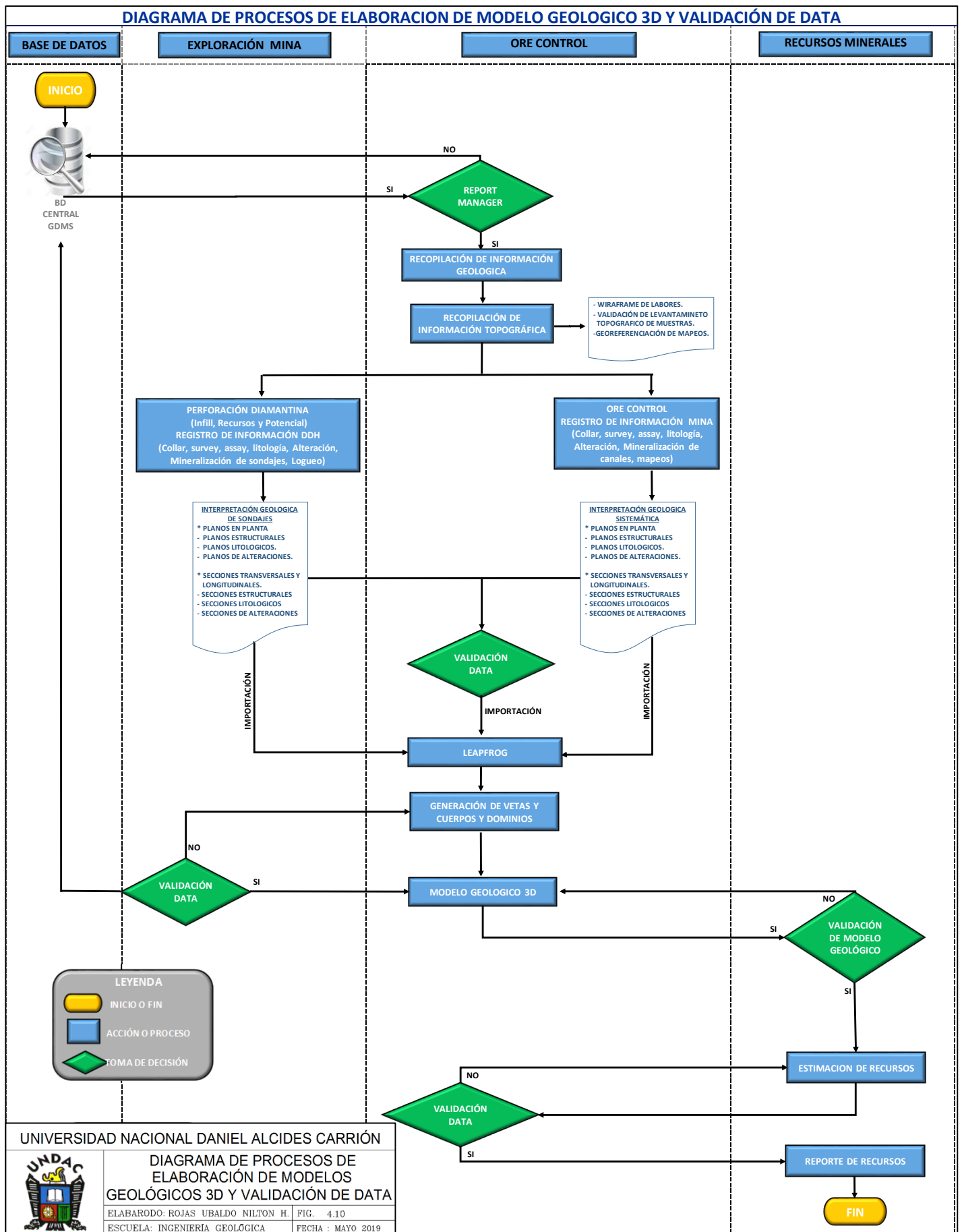


Fig. 4.10 - Diagrama de procesos de elaboración de Modelos Geológicos 3D y validación de Data

4.10.1.2. Controles

- Conociendo la estimación realizada, es indispensable hacer un seguimiento con la preparación y explotación del cuerpo en estudio.
- Mediante los trabajos de Reconciliación se tendrá que realizar ajustes al Modelo estimado en comparación al real explotado.
- Con los criterios necesarios, a medida que aumentan los datos serán necesarias ciertas actualizaciones que dependiendo de la continuidad geológica, tomar decisión de seguir usando los mismos parámetros de los variogramas o calcular nuevos parámetros.
- A medida que aumenten los datos de tajos es indispensable tener variogramas encaminados a trabajar en corto y mediano plazo. La varianza de dispersión tendrá que ser trabajada, optimizando bloques de estimación relacionados a variaciones de volumen optimizando el criterio de explotación.

4.10.1.3. Revisión y Mejoramiento Continuo

- Buscar mejoramientos de variogramas a medida que los datos aumentan sobre todo en los tajos. Luego usarlos en nuevas interpolaciones, incluso con otros interpoladores geoestadísticos simple.
- Un ejercicio importante podría ser ensayar otras longitudes de compósitos que ofrezcan diferentes varianzas de la población y mejorando los parámetros variográficos.

- Posteriormente realizar nuevas interpolaciones comparando resultados con lo explotado. De ese modo irán mejorando los Modelos de bloques interpolados.
- Usar los criterios de interpolación geoestadística logarítmica para los metales que según su histograma presentan esta distribución. Con este criterio mejorarán los promedios de Recursos Minerales entregables.

4.10.2. Procedimiento

1. Estadísticas de los datos iniciales, calculando los promedios de leyes ponderadas por la longitud de muestreo.
2. Dependiendo del ancho de la estructura se realiza la composición de los datos para tener una población regularizada.
3. Se calcula estadísticas de los compósitos y se presenta en cuadro parecido a los datos iniciales. Los promedios de leyes son ponderadas por la longitud de los compósitos (LENGTH).
4. Tareas para realizar el Capping (acotamientos de los valores altos de la población de compósitos, permite eliminar algunos sesgos de valores altos), se realiza con tres pasos básicos:
 - a) Estadísticas con histogramas.
 - b) Gráficos Probabilistic plots (Logarítmicos) para cada metal en estudio.
 - c) Centiles Metodología Irv_Parrish (Tabla detalle en Apéndice A de cada Reporte).

Este paso puede tener influencia subjetiva porque en algunos trabajos de Geoquímica se usa $TH = \text{media} + 2 \text{ desviaciones estándar}$. Como referencia se incluye TH en las tablas estadísticas, pero se espera la decisión o el visto bueno de Geología para usar los capping calculados.

5. Con tabla de Acotamientos (capping), en los compósitos se llega a determinar campos de leyes acotadas para cada metal: ag_ac para la plata, cu_ac para el cobre, pb_ac para el plomo y zn_ac para el zinc. Todos los valores altos mayores o iguales al capping serán reemplazados por este valor.
6. La variable Acumulada ($LENGTH * \text{Ley acotada}$), donde LENGTH es la longitud de compósito se determina para cada metal. Esta variable calculada con las leyes acotadas para el caso de Raura son ACCU para el cobre, ACPB para el plomo, ACZN para el Zinc y ACAG para la plata. El archivo de compósitos con estos campos se llama holes_com_capp.dm y será INPUT en cálculo de variogramas y en las interpolaciones de leyes.
7. Variogramas de variables acumuladas_acotadas (ACCU, ACPB, ACZN y ACAG). Se lleva a cabo en dos etapas:
 - a) Los variogramas experimentales trabajados mayormente con datos horizontales de labores, a falta de datos verticales
 - b) Modelamiento de los variogramas experimentales llevándolos a un ajuste a la función denominada esférica.

8. Tabla de parámetros variográficos, se obtiene del paso b) anterior, llegando a obtenerse tres parámetros básicos (Fig. 4.14 al Fig. 4.17):
 - a) El efecto de pepita.
 - b) La meseta que sumada al efecto de pepita es 1.0 porque el ajuste se hace normalizado.
 - c) El alcance, parámetros en metros que nos entrega la influencia de autocorrelación de esa ley en la dirección estudiada.
9. Crear Modelo de bloques Rotado en sus 3 ejes, dependiendo su tamaño a la escala de trabajo que hay en la mina. Para vetas angostas pueden ser cubos de 1 metro de lado, pero en cuerpos (Santa Rosa, Franja 1 o Vanessa) llegan a ser cubos de 3 metros de lado.
10. Validación de sólido con el Volumen del Modelo de bloques, el modelo de bloques debe ser medida su volumen en comparación al volumen que genera el sólido. La diferencia de estos volúmenes deben tender a 0.0.
11. Estimación de la Potencia del sólido en Modelo de bloques, dependiendo de la complejidad del sólido puede llegar a ser tarea que toma su tiempo de ejecución. Se generan sondajes ficticios creados en el sólido buscando perpendicularidad a éste. Luego son

INPUT para calcular en modelo de bloques la Potencia veta (Pot_Vet).

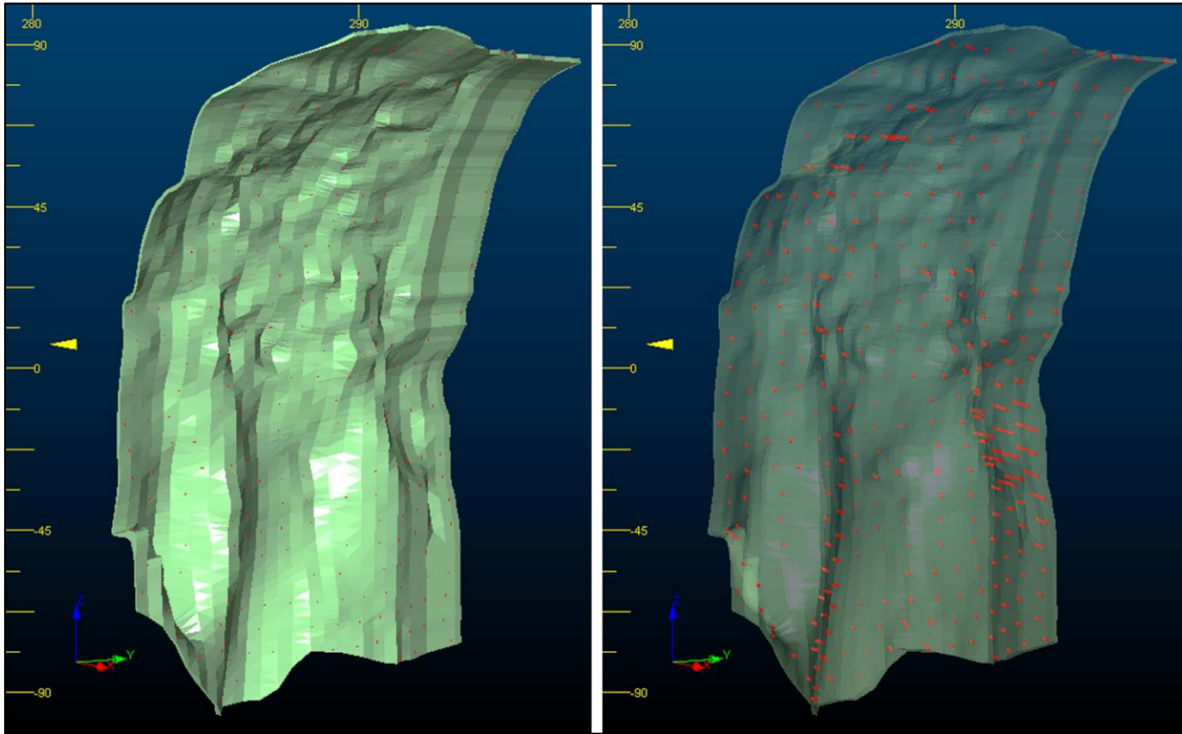


Fig. 4.11 - Sólido del cuerpo Brenda

12. Parámetros para la interpolación Geoestadística de los metales en Datamine se requiere de tres archivos:

- a) **search_volum.dm**-Tabla de radios de búsqueda basados en las longitudes de los alcances variográficos del metal relevante (Zinc). Los radios de Cobre, plomo, Plata pueden variar según se acomode a obtener una interpolación con sesgo +/- 5%.

- b) **xmod_zn1.dm**- Tabla de parámetros variográficos.
- c) Métodos de interpolación (Metales con OK y longitud de compósito LENGTH con Inverso a la distancia potencia 3, usando elipsoide de Zinc, por ser relevante a usarse en la Clasificación de Recursos.

13. La interpolación se realiza en una misma sesión usando modelo de bloques con celdas rotadas y optimizada con el uso de Sub-celdas, con la rutina ESTIMATE. Se calcula 4 puntos en cada eje relativo del bloque. El archivo INPUT de bloques es **holes_fic.dm** que contiene la potencia del sólido estimado. En este proceso el OUTPUT es el archivo **est_rc_pot.dm**.

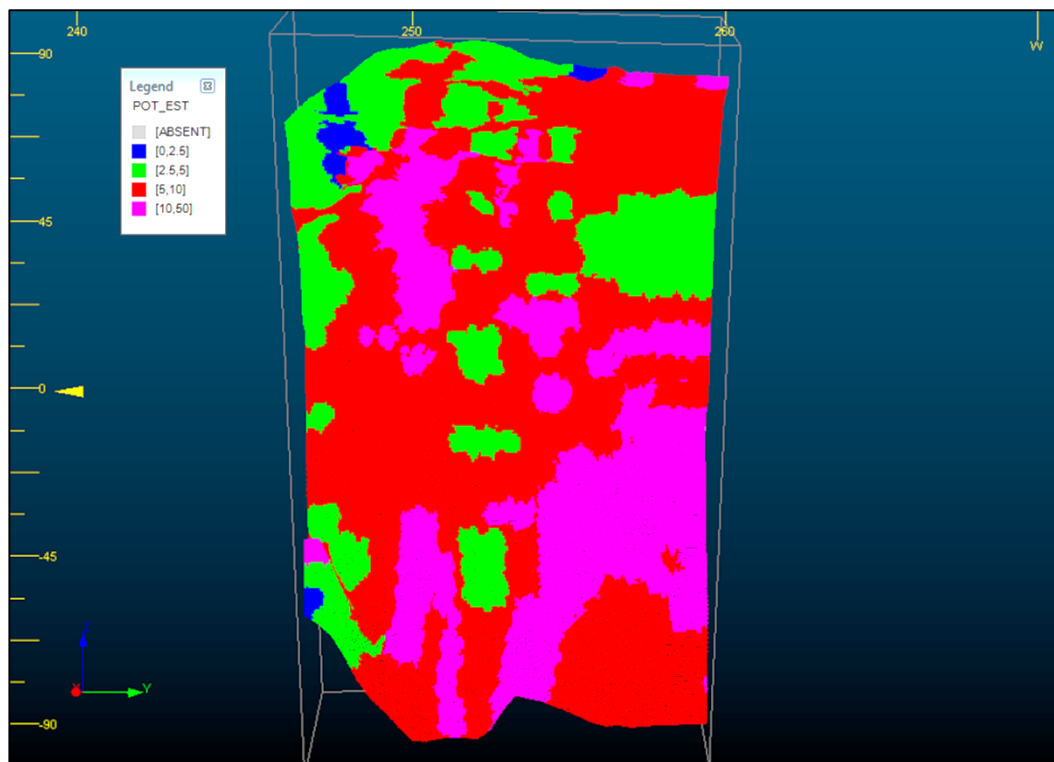


Fig. 4.12 - Iso-Potencia del cuerpo Brenda

14. El archivo **est_rc.dm** sirve de base para gestionar resultados de estimación y obtenerse con rutinas varias (entregada en una macro) las leyes estimadas respectivas, de la misma forma se Estimó la Densidad Aparente por separado y luego se une a la base de datos Estimada cuyo campo se llama **DA** y reemplazará al campo **DENSITY**. De esta gestión se desprende el archivo **est_rc_final.dm** con todos los bloques estimados.

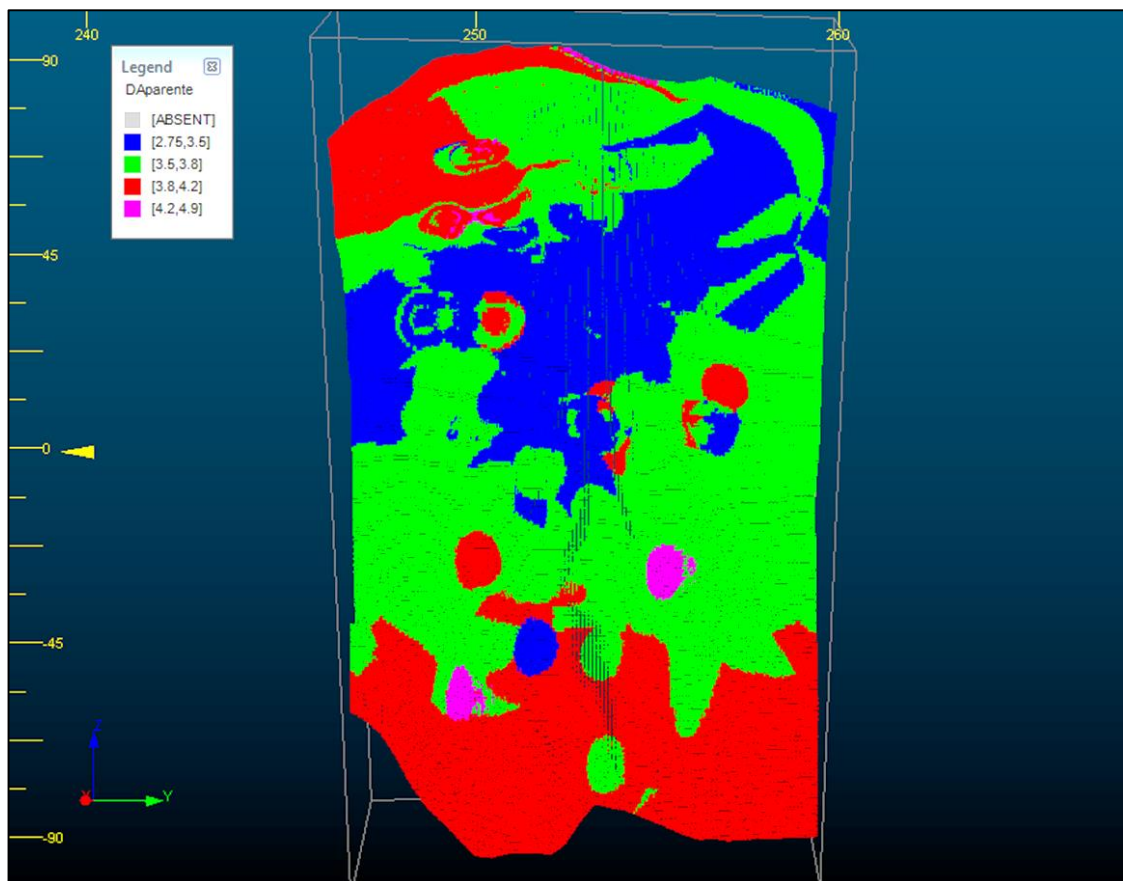


Fig. 4.13 - Densidad del cuerpo Brenda

15. Para la presente estimación se ha aplicado el cálculo de Confianza; es decir que cada reporte de bloques también contará con el

porcentaje de confianza que resulta de la mayor Varianza, para esto se aplica la siguiente fórmula en la base de datos estimada.

$$\text{CM} = (100 - ((100 * \text{VK}) / \text{VAR}))$$

16. Categorización de los Recursos Minerales (RRMM) se ha combinado distancia de radio de búsqueda y número de compósitos que intervienen en la estimación del bloque. Con 50% del alcance variográfico para los Medidos (MED) si cumple con el número de compósitos en tabla y el doble o sea todo el alcance, para los Indicados (IND). Los Recursos Inferidos (INF) se extenderán casi siempre más de 4 veces el radio de búsqueda para garantizar que la totalidad de bloques sean estimados.
17. La validación de los Recursos Minerales se hace en forma gráfica mostrando en secciones longitudinales con los mismos rangos de colores tanto los compósitos como los bloques estimados.
18. Otra validación, es la forma estadística con los gráficos probabilísticos ploteadas, buscando que al menos hasta en el 95% de la población sea semejante, habría sido importante.
19. En caso que al mostrarse los resultados al staff de Geología y ellos opinan que es necesario reajustes, entonces será necesaria retornar a realizar otra interpolación con nuevos radios de búsqueda. Los parámetros variográficos no cambian pero si se cambiará los radios

de búsqueda. Las interpolaciones continuarán hasta que sea aceptable para el Staff de Geología.

20. Un aspecto importante es trabajar los bloques geológicos con los resultados de la Interpolación geoestadística. El Área de geología trabajará estos bloques geológicos de 12.5 metros de alto por la longitud que considere el laboreo en horizontal, agrupando los resultados de los pequeños bloques geoestadísticos, como un entregable a Planeamiento. Estos reportes finales estimados cuentan con el visto bueno de la jefatura y el staff de Geólogos de Raura y los ingenieros de Planeamiento, quienes reciben los archivos en Datamine y Excel.

4.10.3. Geología del Cuerpo Brenda

El cuerpo Brenda, se ubica en la parte central del sistema con un rumbo de S 83° E y un buzamiento 80° a 85° SW. Posee una continuidad vertical desde el nivel 300 (cota 4,320) hasta el nivel 100 (cota 4,100) logrando alcanzar una longitud de 226m en la vertical y hasta 85m de longitud en el nivel 200 (cota 4,220).

Su aporte a la producción diaria es de 300 TMS de mineral con leyes de 0.26% Cu, 1.72% Pb, 5.32% Zn, 1.78 Oz Ag, el cual corresponde al 31% de la producción total del sistema Santa Rosa. La extracción de mineral se resume en 1 nivel principal, el nivel 200 (cota 4,220).



Foto. 4.4 - Testigos de la mineralización del cuerpo Brenda por debajo del Nivel (4200).

4.10.3.1. Control Estructural

El Cuerpo Brenda corresponde a un sistema de fallas tardías, las cuales son generadas por la intrusión de los pórfidos profundos; es preferentemente de rumbo E-W con un movimiento de corrimiento inverso-sinestral de alto ángulo. Se presume se generó como parte del fracturamiento propio de intrusiones de cúpulas.

Posee un sistema de Riedel propio, con el cual se pudo determinar su movimiento.

4.10.3.2. Control Litológico

El control litológico del Cuerpo Brenda, muestra a una falla la cual es susceptible a rellenarse y reemplazar en las rocas cajas que no contienen; el entorno litológico del Cuerpo es el mármol y está en contacto con el pórfido dacita.

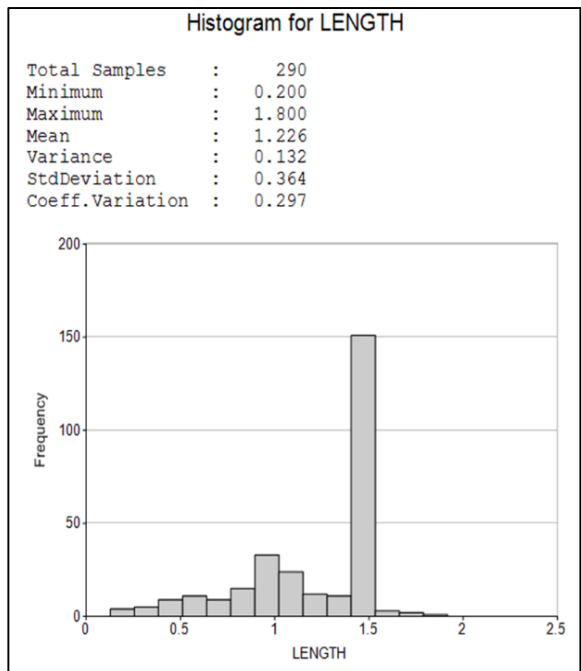
4.10.3.3. Control Mineralógico

La mineralogía del Cuerpo Brenda es polimetálica, rica en Ag-Pb-Zn-Cu, la intensidad de mineralización es generalmente masiva en zonas de relleno y diseminada en las cajas de reemplazamiento. Las características de los tipos de granate tienden a ser verdes (grosularia) por encontrarse y generarse en la intrusión del pórfido dacita.

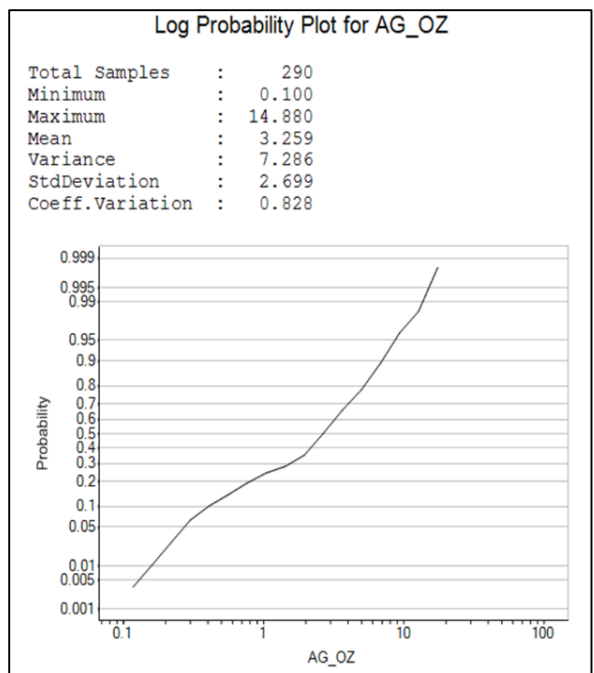
4.10.4. Geoestadística Del Cuerpo Brenda

Realizado el procedimiento propio de la Estimación Geoestadística para esta estructura presentamos el siguiente resumen:

- ✓ **Compósito:** Se hicieron los compósitos a 1.5 mts. tomando como referencia la moda del campo LENGTH según se aprecia en el histograma siguiente.



- ✓ **Altos Erráticos (CAPPING):** Para el tema de los erráticos de igual forma se trabajó apoyándonos en los Histogramas y en los gráficos “Log_Probability_Plot”.



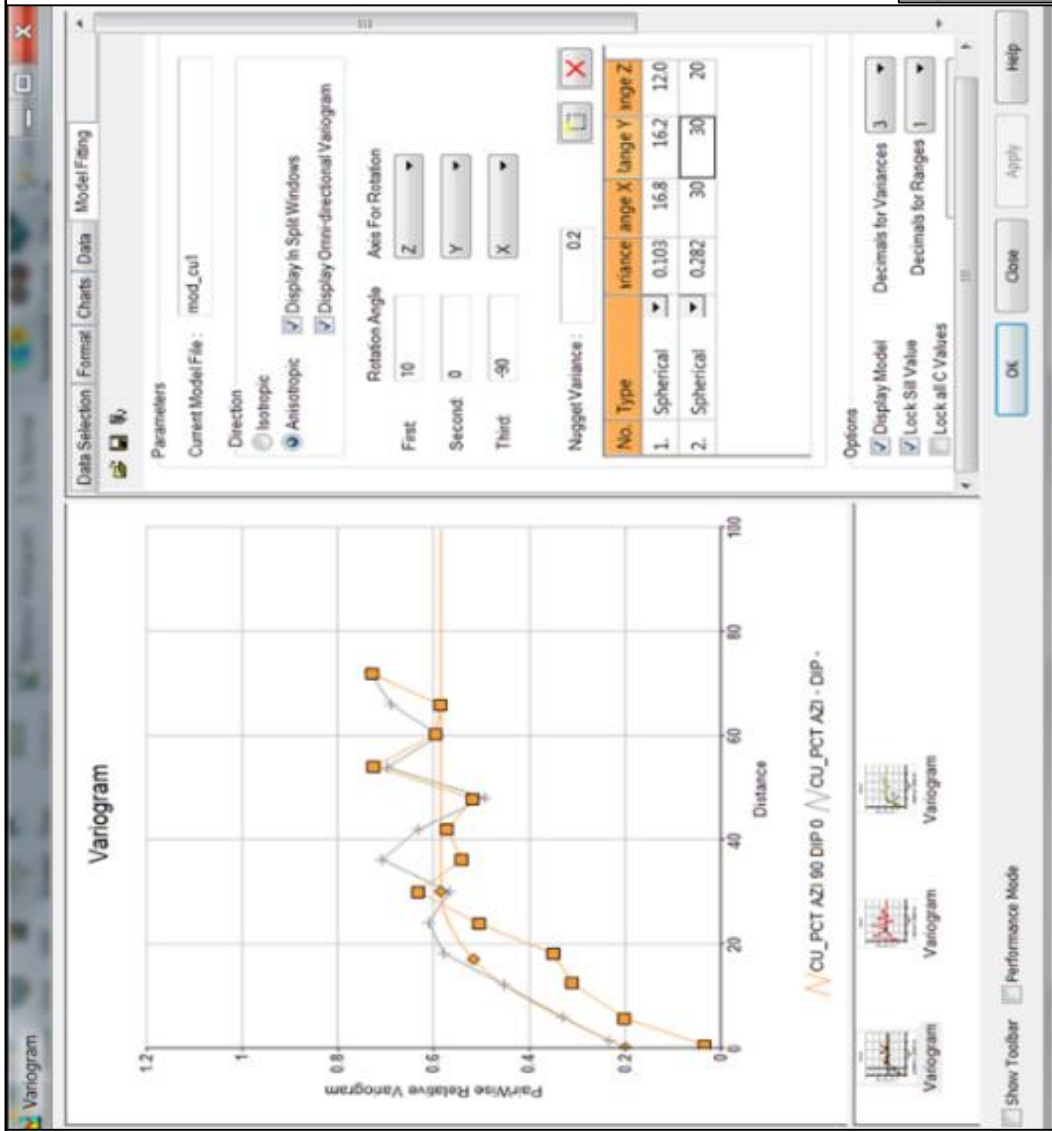
Cuadro Resumen de valores Capping para Cuerpo Brenda:

Elemento	Valor Capping
Cu%	0.8
Pb%	19
Zn%	22
AgOz	9

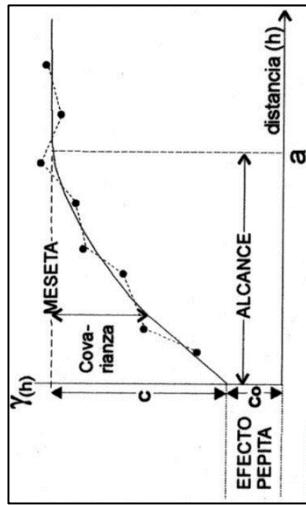
Estadística de los compósitos (1.5 mts.)

COMPOSITADO	N° Muestras	Minimo	Maximo	Media	Varianza	Desv. Estandar	Coef. Variación
Cu%	290	0.01	0.8	0.247	0.036	0.19	77%
Pb%	290	0.06	19	6.123	24.958	4.996	82%
Zn%	290	0.04	22	8.252	44.168	6.646	81%
AgOz	290	0.10	9	3.259	7.286	2.699	83%

- ✓ **Variogramas:** Elaboramos los variogramas por elemento, en este
- ✓ caso para Cuerpo Brenda la variografía nos recomienda alcances de 30 mts. En promedio, entonces para Estimar utilizaremos un alcance de 15 mts. para clasificar los Recursos.



COBRE (CU)



DISTANCIA DE ALCANCE
30m.

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

VARIOGRAMA - COBRE

Cu

UNIDAD MINERA RAURA

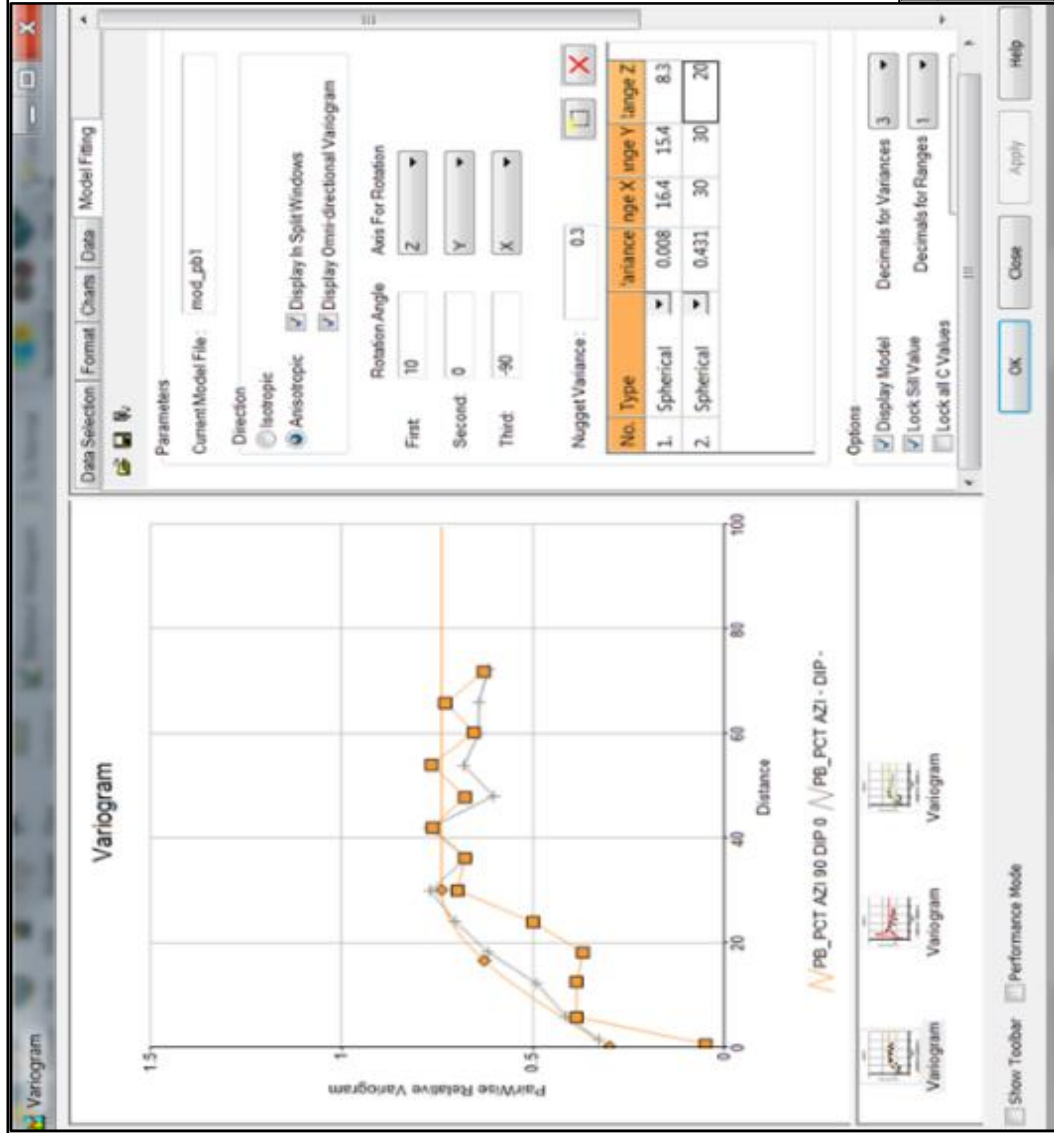
REVISADO: Mg. CAISINA COLQUI Vidal

ELABORADO: ROJAS UBALDO NILTON H. FIG. 4.14

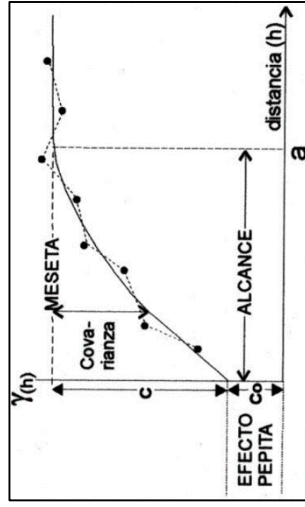
ESCUELA: INGENIERIA GEOLOGICA

FECHA : MAYO 2019

Fig. 4.14 – Variograma del elemento Cobre (Cu)



PLOMO (PB)



**DISTANCIA DE ALCANCE
30m.**

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

VARIOGRAMA - PLOMO

UNIDAD MINERA RAURA

REVISADO: Mg. CALSINA COLOQUI Vidal

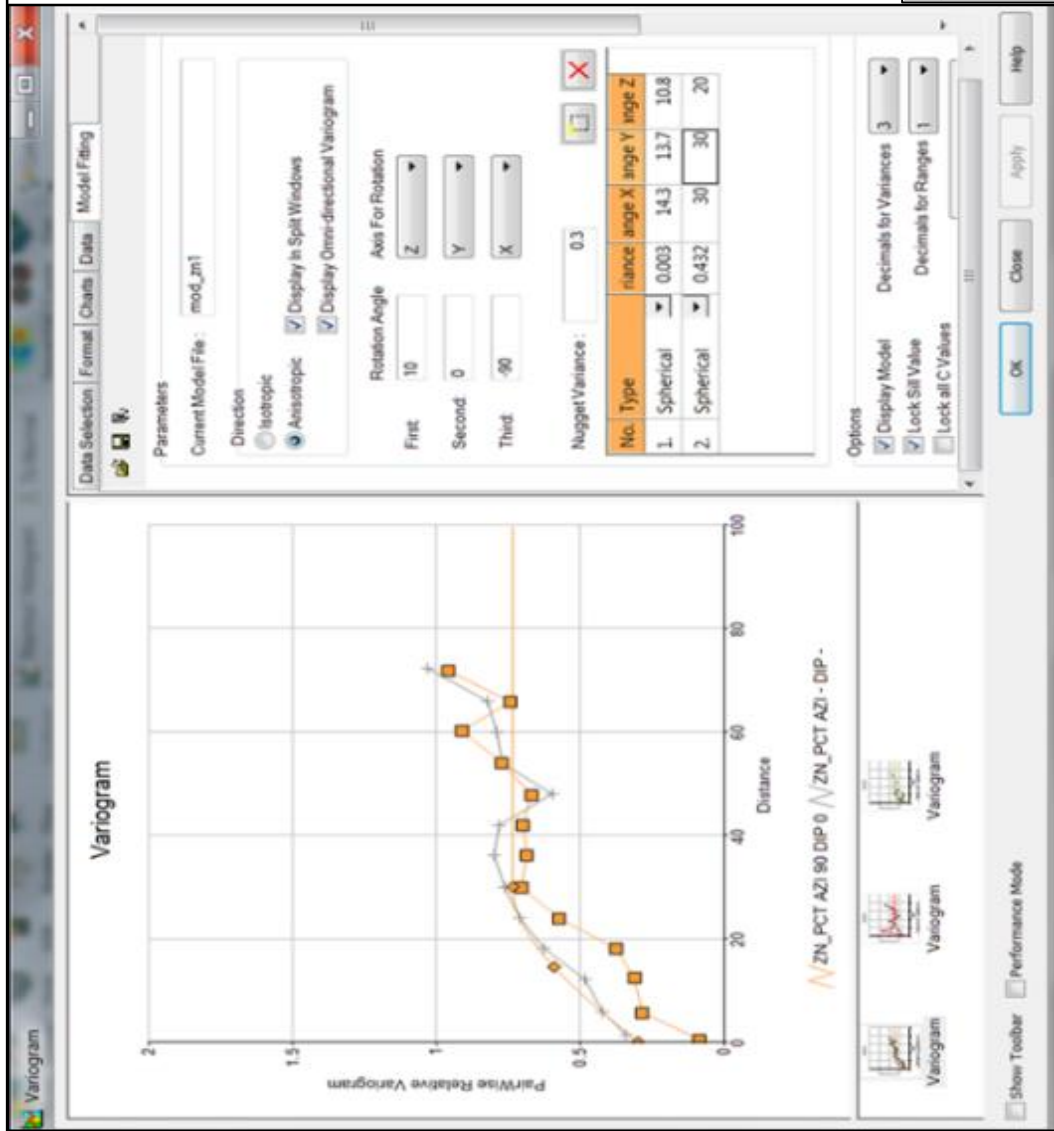
ELABORADO: ROJAS UBALDO NILTON H. FIG. 4.15

ESCUELA: INGENIERIA GEOLOGICA

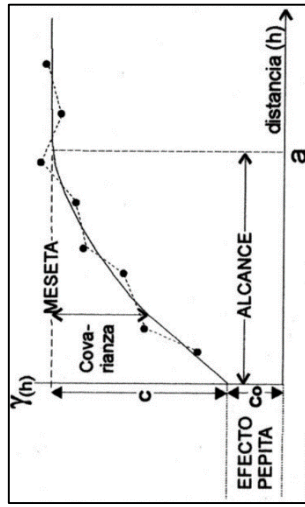
FECHA: MAYO 2019

Pb

Fig. 4.15 – Variograma del elemento Plomo (Pb)



ZINC (Zn)



DISTANCIA DE ALCANCE
30m.

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

VARIOGRAMA - ZINC

UNIDAD MINERA RAURA

REVISADO: Mg. CALSINA COLOQUI, Vidal

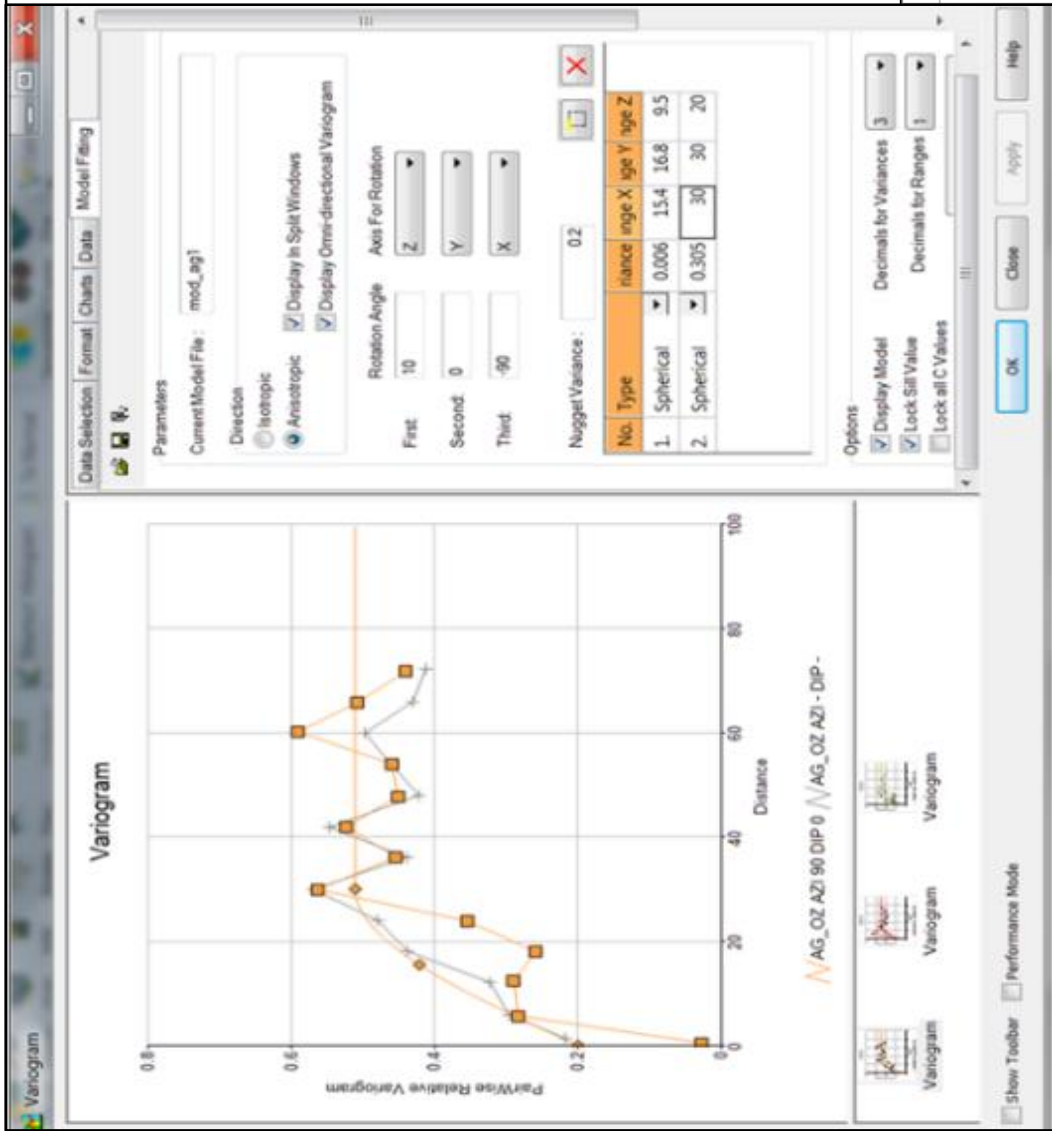
ELABORADO: ROJAS UBALDO NILTON H. FIG. 4.16

ESCUELA: INGENIERIA GEOLOGICA

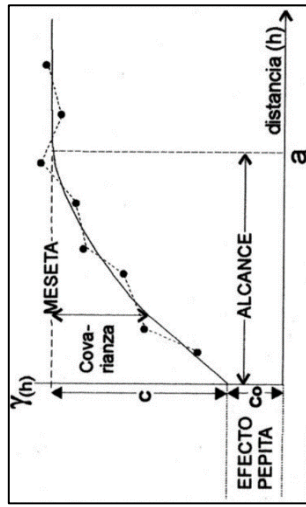
FECHA: MAYO 2019

Zn

Fig. 4.16 – Variograma del elemento Zinc (Zn)



PLATA (AG)



DISTANCIA DE ALCANCE
30m.

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

VARIOGRAMA - PLATA

UNIDAD MINERA BAURA

Ag

REVISADO: Mg. CAISINA COLQUI, Vidal

ELABORADO: ROJAS UBALDO NILTON H. FIG. 4-17

ESCUELA: INGENIERIA GEOLOGICA

FECHA: MAYO 2019

Fig. 4.17 – Variograma del elemento Plata (Ag)

4.10.5. Validación mediante Volúmenes

Se realizó la evaluación de los volúmenes entre el Sólido (Wireframe) y el Modelo de Bloques para determinar anomalías y posibles errores a la hora de construir el sólido que pudiera generar efectos de Sobre o Sub estimación. Como se aprecia en la imagen adjunta la diferencia entre uno y otro es mínima y no representa riesgo alguno para proceder con la estimación:

Sólido	M_Bloques	Dif_aritmética	% DIF
81,569	81,570	-1	-0.0007%

4.10.6. Reporte Final:

Así mismo, luego de realizar la Estimación Geoestadística El Cuerpo Brenda y nos reporta los siguientes resultados entre Medidos e Indicados.

CATG	TONNES	POT_VETA	Cu_%	Pb_%	Zn_%	Ag_Oz	US\$/TM
Medido	40,500	18.99	0.17	3.28	4.30	2.00	166
Indicado	38,700	19.07	0.24	6.46	6.80	2.84	281
Total Med+Ind	79,200	19.03	0.20	4.83	5.52	2.41	222
Inferido	73,300	11.00	0.15	4.52	4.42	2.16	192
Total	152,500	15.17	0.18	4.68	4.99	2.29	208

Este cuerpo se recortó y solo se reporta desde el Nivel 4200 hacia arriba; lo que se encuentra de este nivel hacia abajo pasó a formar parte de la Estimación del Cuerpo BREKA:

4.10.7. Modelo de Bloques Cuerpo Brenda

Según clasificación por Recursos Medido, Indicado e Inferidos se presenta el bloqueo regularizado del Cuerpo Brenda:

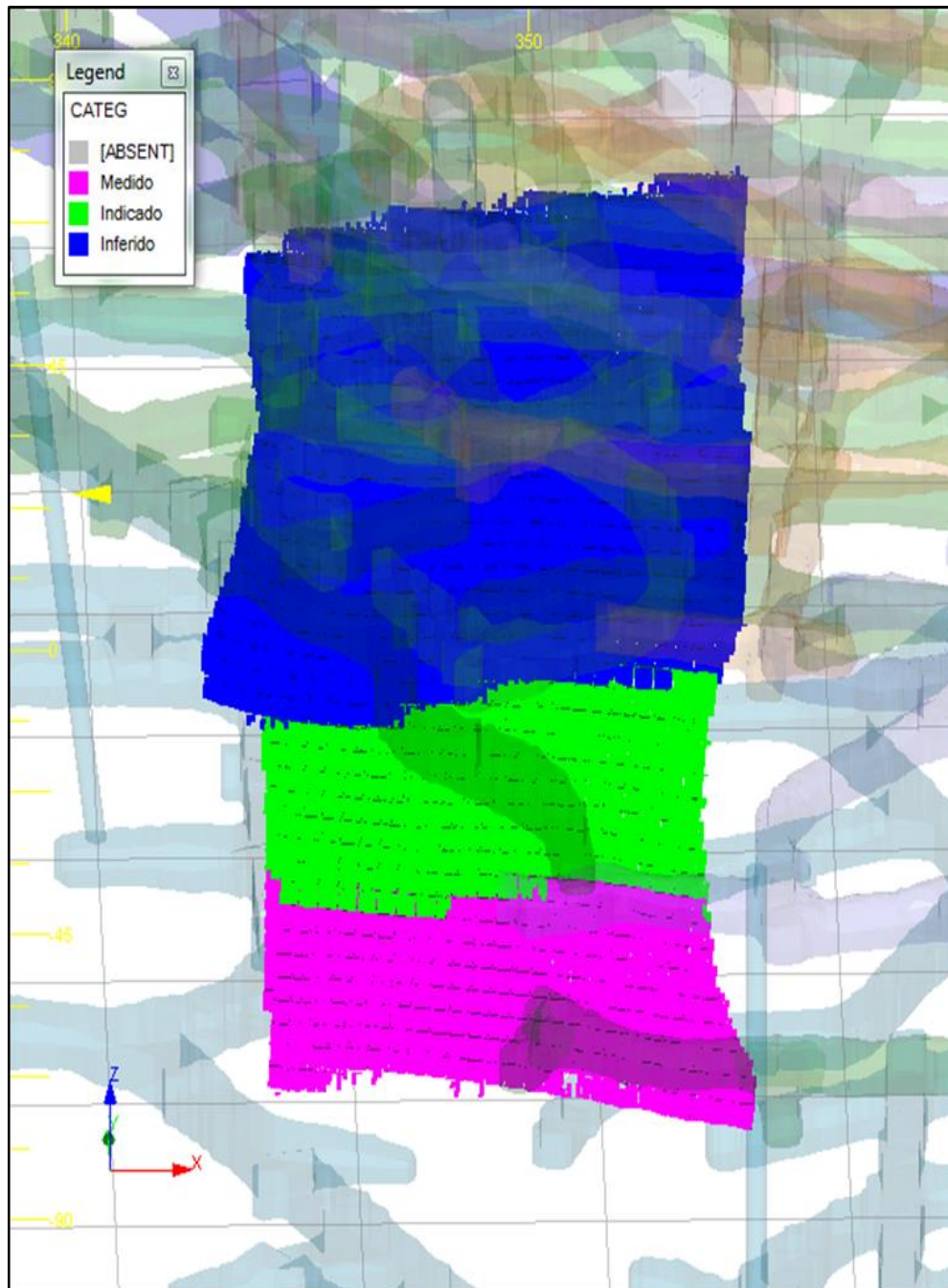


Fig. 4.18 - Modelo de Bloques Cuerpo Brenda

CONCLUSIONES

1. El cuerpo mineralizado Brenda es un Yacimiento tipo Skarn caracterizado por los tipos de granates que tienden a ser verdes (Grosularia).
2. La mineralización en el cuerpo Brenda se presenta de forma masiva en zonas de relleno y diseminada en las cajas de reemplazamiento.
3. El cuerpo mineraliza Brenda tiene un control estructural y Litológico, producto a la intrusión pórfido dacita en las rocas carbonatadas, generando sistema de feeder. Rellenando las fallas y diseminando la roca encajonante.
4. La ocurrencia de Mineral (Cuerpo Mineralizado Brenda) de la Mina Raura. Se deposita en el horizonte de Caliza, perteneciente a la Formación Jumasha II.
5. Los Recursos del Cuerpo Brenda se tiene estimado en 40,500 toneladas de Recursos Medidos y 38,700 de Recursos Indicadas con leyes promedio de 2,41 de Ag/oz, 0.21 % Cu, 4,83 % Pb, 5,52% de Zn.
6. El aporte del Cuerpo Brenda es en total 79,200 toneladas de Recurso de minerales.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar una explotación en profundidad del Cuerpo Brenda, porque tiene las características geológicas y estructurales de continuidad de la mineralización.
2. Se recomienda realizar en el Cuerpo mineralizado Brenda, una exploración de sondajes en el área de Recursos Inferido, para pasarlas a Recursos Medidos o Indicados.
3. Se recomienda interpretar detalladamente, los horizontes de Caliza de la Formación Jumasha II durante la exploración, por su ocurrencia de mineral histórica.
4. Se recomienda realizar un análisis comparativo entre la estimación cuerpo Brenda y la estimación Cuerpo Breka, porque tienen las características geológicas y estructurales de continuidad.
5. Se recomienda implementar procedimiento que asegure el correcto seguimiento de los pasos que implica el Modelamiento Geológico y estimación de Recursos.
6. Se recomienda implementar tres tipos de modelos de estimación, modelo de Largo plazo (Semestral), modelo de Corto Plazo (Mensual) y modelo Dinámico (Semanal), para realizar trabajos de Reconciliación (Ajustar al modelo estimado en comparación al real explotado).

BIBLIOGRAFÍA

1. **Harmuth Acosta Pereira, Rildo Rodríguez Mejía**, Estudio Estructural y Estratigráfico del Distrito Minero de Raura.
2. **Wolfgang Morche 2012**, El complejo volcánico – intrusivo Raura Remanente de una caldera erosionada? - Documentación de campo acompañando el informe.
3. **Dr. Wolfgang Morche** (Geólogo Consultor) **Diciembre 2012**, Revisión de campo e interpretación del magmatismo y vulcanismo del Distrito Minero de Raura.
4. **Almeida, A.S. y Journel, A.G., 1994**, Joint Simulation of Multiple Variables with a Markov-Type. Coregionalization Model, *Mathematical Geology*, Vol. 26, No. 5, pp. 565-588.
5. **Armstrong, M. y Roth, C., 1997**, Notas del curso Geoestadística Lineal, en el CFSG “Ciclo de Formación Especializada en Geoestadística”, Curso: 1997-98, Centro de Geoestadística de la Escuela Nacional Superior de Minas de Paris, Fontainebleau, Francia.
6. **Carrasco-Castelli, P. y Jara-Salame, E., 1998**, Information Impact in Mining Decisions Case Study Radomiro Tomic, Journees de Geostatistique, Centre de Géostatistique, Ecole des Mines de Paris, Fontainebleau, France, 25 et 26 Mai 1998, 14 p.
7. **SURPAC VISION UNIVERSIDAD DE ATACAMA**, TESIS Estimación de Reservas Aplicando el Software.

ANEXO



Foto. 01 - Base del Jumasha II en Gayco. Los estratos blancos son más delgados y desaparecen al techo, en donde se encuentran brechas con clastos irregulares, característica típica del Jumasha II.



Foto. 02 - Detalle de un estrato de brechas (hasta 5m de espesor) con clastos angulosos de 3 a 5 cm de diámetro, del Jumasha II medio.

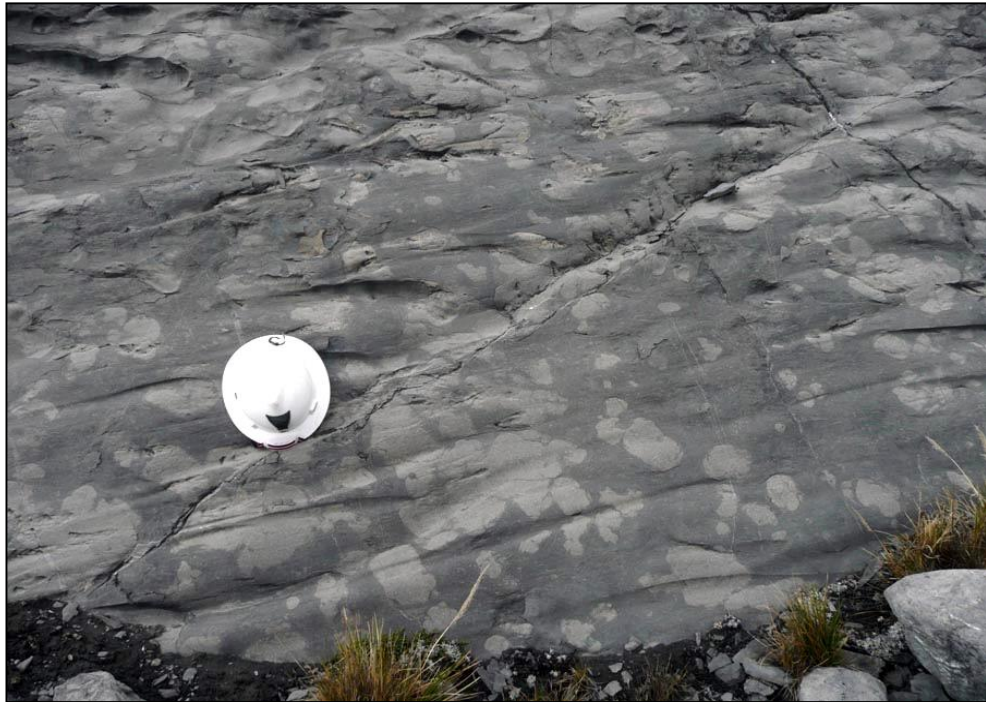


Foto. 03 – Estrato superior, Se observar que la brecha está compuesta por clastos irregulares, diferentes tamaños y formas, del Jumasha II superior



Foto. 04 – Vista de un nivel de color gris claro a beige, donde se distingue laminación horizontal, laminación algarea. Estos estratos característicos sirven para identificar la base del Jumasha III.



Foto. 05 – Vista de la forma lenticular de los nódulos de intercrecimiento



Foto. 06 – Sistema de fallas Chonta. Hacia el oeste, se observan una falla de sobreescorrimiento que no corresponden al sistema de Chonta.

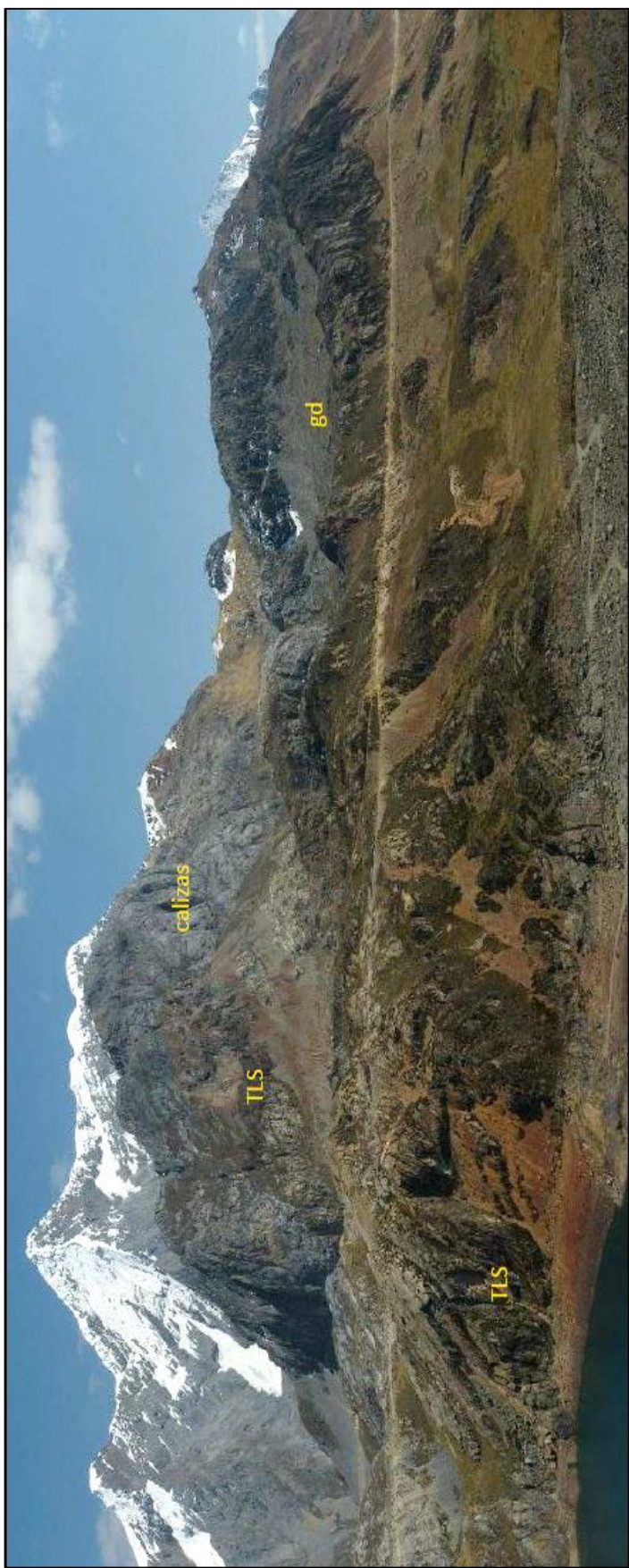


Foto. 07 – Relación entre roca caja Calizas Jumasha – TLS (Tobas de Lapilli Soldadas) – Intrusivos Granodioríticos tardíos. Carretera al Sur de Garita Sta. Rosa. **Vistas hacia el NW.**



Foto. 08 – Volcánicos, derrames lávicos y piroclásticos subhorizontales.
Valle Surasaca. **Vistas hacia el Oeste.**



Foto. 09 – Diques Riódacíticos tardíos cortando calizas Jumasha

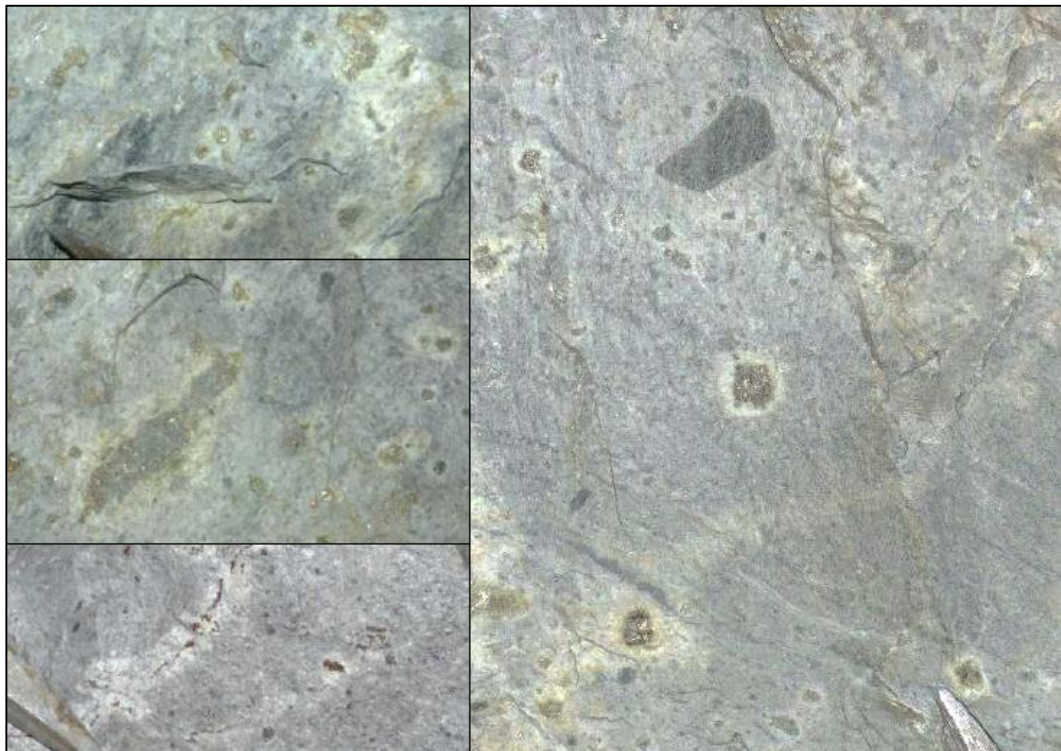


Foto. 10 – TLS (Toba de Lapilli Soldada) masivo ha laminado, clastos calcáreos alterados a clorita-pirita, con halo de reacción. Vetillas de sulfuros.

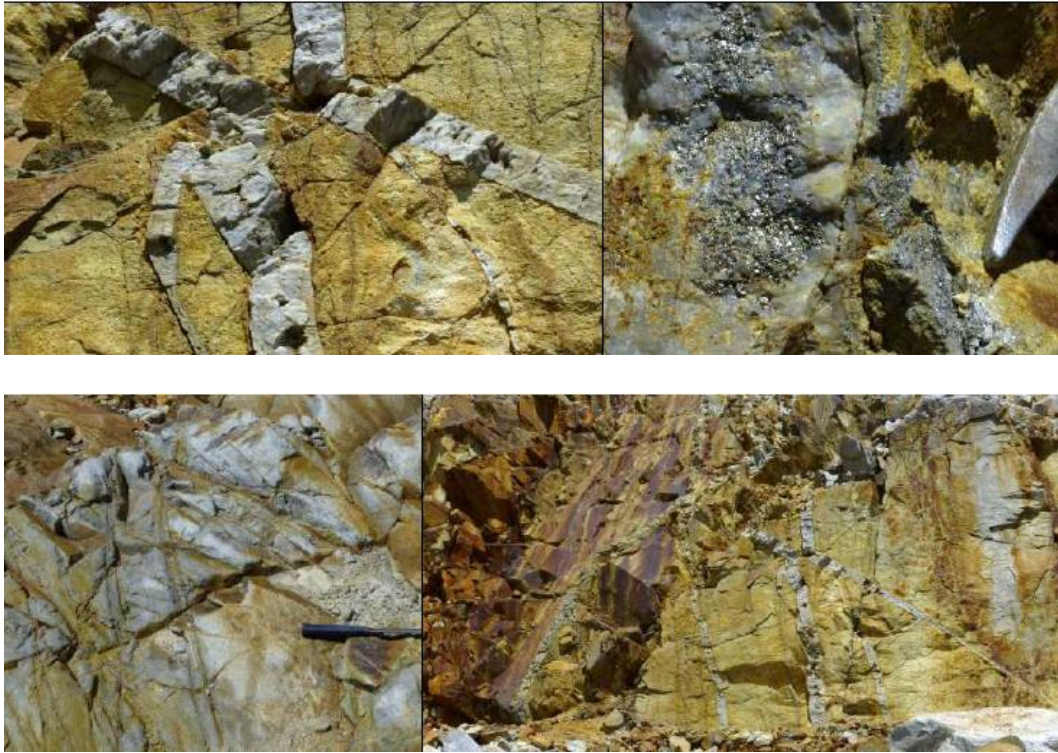


Foto.11 – Afloramiento de Monzonita con Vetas de cuarzo – Pirita.



Foto. 12 – Dique Dacítico expuesto hasta 4925 msnm.