

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**T E S I S**

**Los parámetros geológicos del pórfido Cu-Mo, en la planificación de la  
exploración con perforación diamantina - Mina Raura - 2021**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Geólogo**

**Autor:**

**Bach. Jheraldin Dayana YANTAS ARZAPALO**

**Asesor:**

**Mg. Javier LOPEZ ALVARADO**

**Cerro de Pasco – Perú – 2023**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**T E S I S**

**Los parámetros geológicos del pórfido Cu-Mo, en la planificación de la  
exploración con perforación diamantina - Mina Raura – 2021**

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

---

**Dr. Reynaldo MEJIA CACERES**  
**PRESIDENTE**

---

**Mg. Vidal Víctor CALSINA COLQUI**  
**MIEMBRO**

---

**Mg. Eder Guido ROBLES MORALES**  
**MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios por ser mi guía, mi fortaleza, mi compañero de noche de estudios y por nunca soltar mi mano y acompañarme en el camino para impulsarme a ser mejor y lograr con éxito mi carrera.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer a quien me llevó por el camino correcto, gracias a Dios, él ha estado conmigo y me ayudó a prender de mis errores. Mi eterno agradecimiento a mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluyen este. Me formaron con reglas y con algunas libertades, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos. Asimismo, mi agradecimiento a los docentes de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Geológica por sus comentarios al realizar este trabajo.

## RESUMEN

La presente investigación se realizó en la Compañía Minera Raura, la cual, se localiza entre los límites de las Provincias de Lauricocha, Oyón y Daniel Alcides Carrión, departamento de Huánuco, Lima y Cerro de Pasco, el área de estudio se encuentra en la parte oeste de la Unidad Minera Raura abarcando un área de 850 000 m<sup>2</sup>. La tesis describe aspectos geológicos de la Unidad Minera como: rocas, minerales, fallas y relaciones estructurales, siendo en este caso necesario entender la continuidad de la mineralización para incrementar el recurso mineral del yacimiento y así encontrar ensambles con altos valores de Cu-Mo, adicionalmente se consideran las características geológicas del Pórfido Cu-Mo para determinar la orientación y buzamiento de la sonda de perforación diamantina.

El objetivo general del proyecto es interpretar los parámetros geológicos del pórfido Cu-Mo que influyen en la planificación de la perforación diamantina, para aumentar los recursos minerales con un valor económico. La metodología consiste en la revisión en campo y gabinete de los parámetros geológicos realizados, se revisó toda la información geológica existente tanto en superficie como en el interior de la mina (mapeos, secciones), así como planos geológicos basados en leyes de muestreo, secciones y muestras geoquímicas. Como resultado, se interpretaron y definieron sectores con potencial para adquirir nuevos recursos lográndose el incremento de 367,500 toneladas de recursos.

**Palabras clave:** Parámetros Geológicos, Perforaciones Diamantinas, Pórfido de Cu-Mo.

## ABSTRACT

The present investigation was carried out in the Raura Mining Company, which is located between the limits of the Provinces of Lauricocha, Oyón and Daniel Alcides Carrión, department of Huánuco, Lima and Cerro de Pasco, the study area is located in the part west of the Raura Mining Unit covering an area of 850,000 m<sup>2</sup>. The thesis describes geological aspects of the Mining Unit such as: rocks, minerals, faults and structural relationships, being in this case necessary to understand the continuity of mineralization to increase the mineral resource of the deposit and thus find assemblages with high Cu-Mo values, Additionally, the geological characteristics of the Cu-Mo Porphyry are considered to determine the orientation and dip of the diamond drilling probe.

The general objective of the project is to interpret the geological parameters of the Cu-Mo porphyry that influence the planning of diamond drilling, to increase mineral resources with an economic value. The methodology consists of the field and office review of the geological parameters carried out, all the existing geological information was reviewed both on the surface and inside the mine (mappings, sections), as well as geological plans based on sampling laws, sections and geochemical samples. As a result, sectors with potential to acquire new resources were interpreted and defined, achieving an increase of 367,500 tons of resources.

**Keywords:** Geological Parameters, Diamond Drilling, Cu-Mo Porphyry.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación titulada “Los Parámetros Geológicos del Pórfido Cu-Mo, en la Planificación de la Exploración con Perforación Diamantina, Mina Raura – 2021”, describe los trabajos realizados para buscar incrementar sus recursos y operaciones mineras. Durante las investigaciones se recopilaron y analizaron informes técnicos y antecedentes proporcionados por la empresa. Esta información se complementó con estudios de campo que incluyeron mapeo geológico y estructural.

En este proyecto se utilizan técnicas de perforación y métodos de perforación de sondeos, basándose en la estructura, mineralogía y comportamiento litológico de las investigaciones actuales, el cuerpo de pórfido de cobre - molibdeno busca profundizar por debajo del nivel 150 y busca mejorar el contenido mineral en término de ancho e incremento de ley.

Se espera que la mineralización se base en ensamblajes polimetálicos, buscando altos valores de Cu-Mo asociados con la mineralización de oro, buscando explicar la asociación mineralógica con los depósitos de Skarn.

La investigación comprende de cuatro capítulos: Capítulo I Problema de investigación, Capítulo II Marco Teórico, Capítulo III Metodología, Capítulo IV Resultados y Discusión, Conclusiones y Recomendaciones.

# ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	

## CAPÍTULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y Determinación del Problema. ....	1
1.2. Delimitación de la Investigación. ....	2
1.3. Formulación del Problema.....	2
1.3.1. Problema General.....	2
1.3.2. Problemas Específicos: .....	2
1.4. Formulación de Objetivos. ....	2
1.4.1. Objetivo General: .....	2
1.4.2. Objetivo Específico: .....	2
1.5. Justificación de la Investigación.....	3
1.6. Limitaciones de la investigación. ....	3

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Estudio.....	4
2.2. Bases Teóricas – Científicas. ....	7
2.3. Definición de Términos Básicos.....	35
2.4. Formulación de Hipótesis .....	35
2.4.1. Hipótesis General:.....	35
2.4.2. Hipótesis Específicas: .....	36
2.5. Identificación de Variables. ....	36
2.6. Definición Operacional de Variables e Indicadores.....	36

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación. ....	38
3.2. Nivel de Investigación.....	38
3.3. Métodos de Investigación. ....	38

3.4. Diseño de Investigación.....	38
3.5. Población y Muestra.....	39
3.6. Técnicas e Instrumento Recolección de Datos.....	39
3.7. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos.....	39
3.8. Tratamiento Estadístico.....	40

**CAPÍTULO IV 41**

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN 41**

4.1. Descripción del Trabajo de Campo.....	41
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	43
4.3. Prueba de Hipótesis.....	46
4.4. Discusión de Resultados.....	47

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

## CAPÍTULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Identificación y Determinación del Problema

El estudio tiene el objetivo de interpretar los parámetros geológicos del pórfido de Cu-Mo que influyen en la planificación de exploración; a partir de los datos geológicos obtenidos y determinar que trabajos de exploración se pueden realizar para conocer los parámetros geológicos del pórfido de Cu-Mo.

Así mismo es necesario determinar una estimación de recursos que se encuentra en explotación, conocer más sobre las características geológicas que nos ayudarán a determinar la continuidad de la mineralización y proponer un aumento de los recursos de la Mina Raura para exploración (perforación diamantina).

**Uribe E. y Zapana E. (2014).** Raura es un depósito tipo Skarn de Zn-Cu-Pb-Ag; se encuentra en la Franja de pórfidos Cu-Mo (Au), Skarn de Pb-Zn-Cu (Ag) y depósitos polimetálicos relacionados con intrusivos del Mioceno, asociada al stock de alto nivel emplazados en la zona imbricada de la faja corrida y plegada del Marañón (MTFB). De igual forma conocer más sobre las características geológicas que nos ayudan a determinar la continuidad de la

mineralización y realizar propuestas de exploración para aumentar los recursos de la Mina Raura.

## **1.2. Delimitación de la Investigación**

La delimitación de la investigación está basada en describir e interpretar la planificación que se efectúa en una exploración, utilizando los parámetros geológicos que presenta el Pórfido Cu-Mo. Asimismo, nos demuestra como la perforación diamantina es una herramienta de exploración muy útil en la determinación de nuevos recursos minerales.

## **1.3. Formulación del Problema**

De la formulación del problema se plantea las siguientes interrogantes:

### **1.3.1. Problema General**

¿Los parámetros geológicos del Pórfido Cu-Mo influyen en la planificación de exploración con perforación diamantina - Mina Raura – 2021?

### **1.3.2. Problemas Específicos**

- ¿Las características geológicas del Pórfido Cu-Mo influyen en la planificación de la perforación diamantina?
- ¿Las guías mineralógicas y geoquímicas determinan la planificación de exploración con perforación diamantina?

## **1.4. Formulación de Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Interpretar los parámetros geológicos del Pórfido Cu-Mo, que influyen en la planificación de exploración con perforación diamantina en la Mina Raura.

### **1.4.2. Objetivo Específico**

- Describir los parámetros geológicos del Pórfido Cu-Mo en la planificación de exploración con perforación diamantina.

- Aplicar la guías mineralógicas y geoquímicas para planificación de exploración con perforación diamantina.

### **1.5. Justificación de la Investigación**

El proyecto se justifica porque es necesario conocer la continuidad de la mineralización para incrementar los recursos minerales en el yacimiento, con ello se espera que la mineralización se base en la búsqueda de ensamblajes polimetálicos con valores altos de Cu-Mo.

### **1.6. Limitaciones de la investigación.**

La información geológica de la unidad minera es privada y, por lo tanto, es limitada en este estudio. La geomorfología del terreno hace que algunas áreas interesantes sean inaccesibles, lo que perjudica mucho la integridad de todos los colaboradores, se debe contar con el equipo requerido para el evento.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de Estudio.**

##### ***Nacionales***

Huaynalaya O. (2019), realizó la tesis titulada “Implementación del método de explotación “sublevel stoping” en el cuerpo Santa Rosa de Minera Raura.”, donde especifica que: “El yacimiento minero Raura es de tipo metasomatismo de contacto (Skarn), compuesto por cuerpos y vetas con mineralización polimetálica de Cu, Ag, Zn y Pb. Este estudio tuvo en cuenta una evaluación técnico económico del cuerpo Santa Rosa y su aplicación del método de minado sublevel stoping, para lo cual se realizó la evaluación geomecánica y su trade off respectivo”.

La investigación “Avances en la Reinterpretación Geológica y sus Implicancias en la Determinación de “Targets” de Exploración, Distrito Minero Raura” realizado por Uribe E. colaborado con Zapana E. (2012), donde especifica: “Los estudios recientes, como remapeos geológicos en superficie, geoquímica integral de rocas por litología, geoquímica de feeders, Relogeo de sondajes diamantinos, petroquímica de intrusivos, geofísica integral por magnetometría y local por polarización inducida, han permitido visualizar de

mejor manera el yacimiento, en la búsqueda de nuevos recursos que permitan tener una visión al nuevo enfoque de minería, con mayores volúmenes de producción a menores costos y valores de mineral por tonelada que permitan una rentabilidad atractiva para nuestros inversionistas”.

La tesis titulada: “Evaluación geológica en la programación de perforación diamantina, proyecto Puyhuancocha, unidad minera Raura” elaborado por Muñoz E. (2020), determina que: “La investigación se realiza porque la empresa Minera Raura necesita conocer el potencial mineral de la zona. El área de estudio se ubica en el Suroeste de la mina Raura, en una extensión de aproximadamente 3270 hectáreas, dentro del derecho minero de la Compañía Minera Raura”.

Megard F. (1979): “Estudios Geológico de los Andes del Perú Central”. El estudio brinda un análisis regional de los Andes Centrales del Perú, presentado en dos partes, la primera parte evalúa el Pre-Cambriano y el Paleozoico en el bloque B de la Cordillera Oriental, considerando que los datos de la parte de la Cordillera Oriental que se extiende al sur del mencionado bloque de 12° S a 13° S. El río Apurímac es el límite más oriental del área de estudio. Se examina el substrato preordoviciano y probablemente precambriano de la Cordillera Oriental a nivel del Centro Peruano y se determina su relación con la superficie del Paleozoica. La segunda parte analiza el llamado “ciclo andino”, es decir, la secuencia de eventos que tuvieron lugar en y alrededor de la extensión actual de la cordillera de los Andes desde el comienzo de la era Mesozoico hasta el presente. Cabe señalar que comienza con un largo período de sedimentación que se prolonga hasta finales del Cretáceo, luego de un período caracterizado por varias etapas de compresión tectónicas debido al emplazamiento de importantes macizos rocosos plutónicos y al desarrollo de diferentes materiales rocosos.

Barreda J. (2019) realizo el informe titulado: “Yacimientos de Pórfidos de Cobre y locg del Norte de Chile con el Sur del Perú”. El propósito del presente informe, es correlacionar Dominios Estructurales del Sur del Perú y el Norte de Chile, con el fin de identificar yacimientos en cada dominio, caracterizar la mineralización en cada unidad y seleccionar dominios con gran potencial cuprífero y ferrífero.

### ***Internacional***

Víctor Maksaev (2004), realizó el informe titulada “Pórfido Cupríferos” en la Universidad De Chile, redacta que: “Los pórfidos cupríferos son la fuente principal de cobre, contribuyendo más de la mitad de todo el cobre de mina en el mundo, y también son una fuente importante de oro. Estos depósitos son una fuente más importante de molibdeno y renio, siendo este último un elemento del grupo del platino asociado a la estructura cristalina de la molibdenita. Además, algunas operaciones de pórfido producen plata y otros metales como tungsteno, estaño, plomo y zinc”.

La tesis titulada: “Evolución Geológica de los Sistemas Porfídicos de CU-MO Amos y Andrés, Andes Centrales de Chile y Argentina” elaborado por Cortés Yáñez J. (2011). El objetivo de este estudio es determinar las características litológicas, de alteración y mineralización del sistema magmático-hidrotermal de Amos Andrés para comprender la evolución de los sistemas de pórfidos de Amos y Andrés y su relación con el Complejo de Diatrema Chilón.

Ávalos N. (2018), realizó el trabajo titulado: “Documento sobre inclusiones fluidas VI: Exploración para depósitos pórfido cuprífero basada en petrografía de inclusiones fluidas en el Distrito Minero Collahuasi, Chile”. En esta investigación busca establecer la efectividad de realizar exploración geológica en ambientes pórfidos cupríferos mediante la utilización de las inclusiones

fluidas viendo su factibilidad como vectores guías de zonas de interés económico, para ello se establece un objetivo general junto con una serie de tareas específicas necesarias para lograr la finalidad de la presente investigación.

## **2.2. Bases Teóricas – Científicas**

### **2.2.1. *Parámetros Geológicos***

Se trata de características geológicas, análisis de (composición mineralógica, tipo de yacimiento, litología, alteración hidrotermal, etc), su ubicación y correlación espacial con el control estructural y litológico.

### **2.2.2. *Perforación Diamantina***

La perforación se realiza utilizando una pieza de diamante para perforar la piedra, lo que da como resultado un testigo que se extrae, almacena y coloca en cajas porta-testigos para su adecuada protección y almacenamiento dentro del almacén de testigos (Coreshak).

### **2.2.3. *Yacimiento Mineral***

Parte de la corteza terrestre, donde, por procesos geológicos, se han concentrado o acumulado materias primas minerales, cuyo uso es rentable por las características de condiciones cuantitativas, cualitativas y ocasionales, de manera que puede ser aprovechado económicamente.

### **2.2.4. *Pórfido de Cu- Mo***

Los pórfidos ocurren en los márgenes convergentes de placas y arcos magmáticos asociados con los procesos de subducción y dentro de estos, se encuentra los pórfidos de Cu-Mo producidos en los márgenes continentales activos. Estos depósitos se dividen en grupos o lineamientos, los más importantes de los cuales están particularmente relacionados con el Batolito de

la Costa. En la zona sur del Perú se encuentran los yacimientos de Cerro Verde-Santa Rosa, Toquepala, Cuajone y Quellaveco. Asociado a participaciones intrusivas en los segmentos de Arequipa y Toquepala. Se conocen unos pocos prospectos sin valor económico al norte de Lima, con excepción del Cu-Mo Pashpap. En la zona de la Intercordillera del sur del Perú existen algunos depósitos de skarn asociados al Batolito de Abancay, tales como Quechua y Panchita. En el centro del Perú existe un conocido yacimiento de Toromocho que, además de Cu, contiene polimetáles y Janchiscocha de Mo. Se conocen depósitos de pórfidos de Cu del Aguila, Mo, Compaccha y California y en los sectores NE y E de la Cordillera Blanca. En el norte del Perú existe una zona que se extiende desde Cajamarca hasta Ecuador con muchos yacimientos de pórfidos de cobre asociados a una cadena de yacimientos subvolcánicos como Michiquillay, El Molino, La Granja, Cañariaco, Jehuamarca, La Vega, Páramo, La Huaca; que parecen estar relacionados con el Batolito Terciario de Pomahuaca.

#### **2.2.5. Características de los Pórfidos Cupríferos**

El pórfido de cobre se produce en condiciones geológicas similares a los depósitos de oro epitermal y comparte muchas de las mismas características y procesos de formación. Son depósitos de gran tonelada y baja ley, las concentraciones suelen variar entre 0,3% al 1% de Cu (cobre), alrededor de 0,1% de Mo (molibdeno) y 1 ppm de Au (oro).

Maksaev (2004) afirma que: Los depósitos de pórfido se pueden subdividir en distintos tipos considerando su contenido metálico. E Estos tipos incluyen Cu-Mo, Cu-Au, Cu, Au y Mo. En general, los pórfidos ricos en Cu o Au están asociados con intrusiones derivadas de la cristalización fraccionada de magmas máficos resultantes de la fusión parcial del manto en los márgenes de las placas convergentes (márgenes continentales activos y arcos de islas). Los



- Formación tardía venas y vetillas de sulfuros de cuarzo con borde de alteración prominentes de feldespato-destructivo (incluido el tipo D).

### 2.2.6.1. Tempranas o Tardimagnéticas

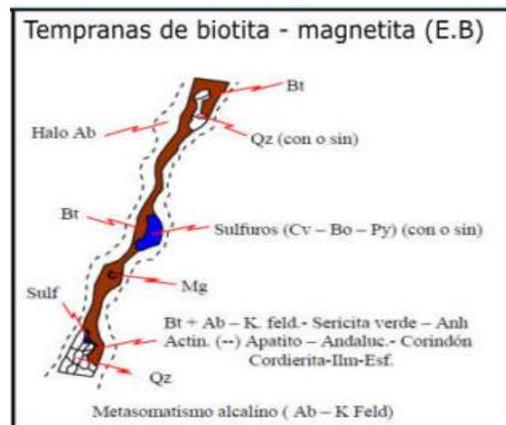
#### Vetas y Vetilla Tempranas de Biotita – Magnetita (E.B.)

Vetilla de biotita con distintas proporciones de albita, Feld-K, sericita verde, anhidrita, actinolita y en menor porcentaje apatito, andalucita, corindón, cordierita, ilmenita y esfeno. Algunas vetillas tienen un halo albitico ligeramente pálido.

Las vetillas muestran una textura entre fina a gruesa. La actinolita es un componente común de estas vetillas, siendo reemplazada por biotita-clorita. Se presenta en mayor medida en depósitos de Au-Cu.

#### Figura 2.

Vetilla Tempranas – Tempranas de Biotita-Magnetita (E.B.)



Fuente: Yandry Maldonado (2021)

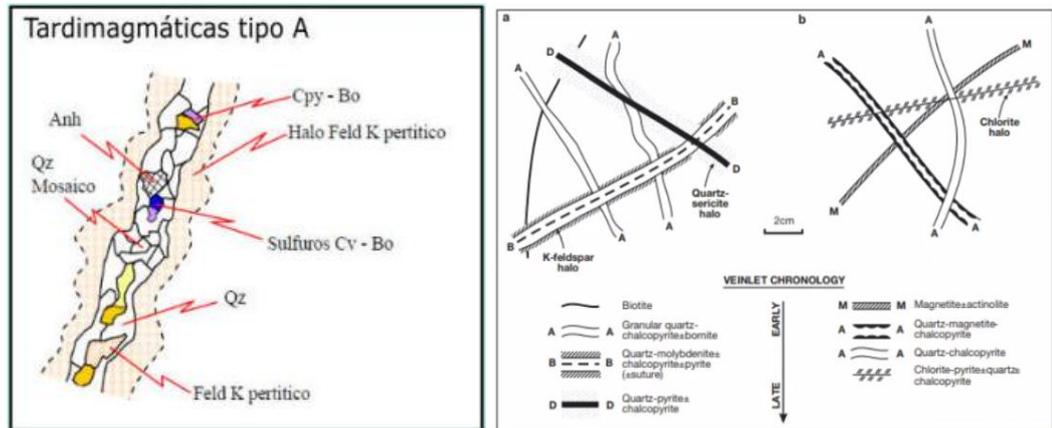
#### a. Vetas y Vetillas Tardimagnéticas Tipo A.

Se encuentra en depósitos de Au-Cu más que en depósitos de Cu-Mo, las vetillas de Tipo A suelen ser más sinuosas que las tardías las

cuales llegan ser más planares. Van desde stockworks a arreglos laminares sub paralelas son particularmente.

**Figura 3.**

Vetilla Tempranas – Tardimagnética Tipo A



Fuente: Yandry Maldonado (2021)

Sinuosidad de las vetillas de tipo A. (a) Son vetillas de depósitos de Cu-Mo, son vetillas sinuosas e irregulares. (b) son vetillas de depósitos Au-Cu, son regulares y más planares.

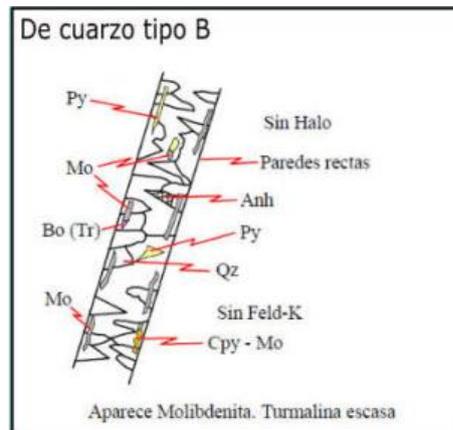
### 2.2.6.2. Transicionales

#### a. Vetas y Vetillas de Qz Tipo B.

Presenta una alteración potásica se les conoce como tipo transicionales y son vetas de Qz de pared recta que contienen anhidrita y sulfuros, con ausencia en su totalidad de feldespato potásico. Los sulfuros tienden a ser gruesos, ocupando franjas o grietas verticales paralelas a las paredes. Algunas vetillas B contienen turmalina, este tipo de vetillas presentes mayormente en yacimientos de Cu-Mo.

#### Figura 4.

##### Vetilla Transicional – De Cuarzo Tipo B



Fuente: Yandry Maldonado (2021)

El Qz es grueso y tiende a crecer desde las paredes hacia el centro. Se observan Qz en zonas paralelas, molibdenita, calcopirita. Aparecen restos de bornita y en menor cantidad de Py.

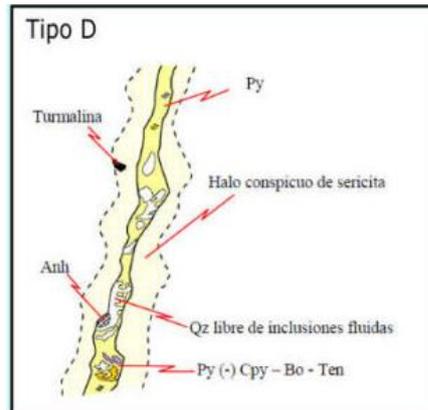
#### 2.2.6.3. Vetillas Tardías

##### a. Vetillas Tipo D.

Esta vetilla se compone principalmente de pirita y anhidrita-cuarzo de menor cantidad. El cuarzo no contiene fluidos y tiene un anillo destructivo de feldespato caracterizado por sericita. La turmalina a menudo se presenta como rosetas y halos de sericita o sericita-clorita. Pueden o no tener halos exteriores de caolín-calcita. La pirita es principalmente sulfuro con (-) calcopirita, bornita, enargita, tenantita, esfalerita y galena.

## Figura 5.

Vetilla Tardía – Tipo D



Fuente: Yandry Maldonado (2021)

### 2.2.7. Alteración Hidrotermal en un Pórfido Cuprífero

#### A. Alteración Potásica.

Es una zona mineralizada y una característica de las capas más profundas en la mayoría de los depósitos de pórfidos de cobre, especialmente dentro del núcleo estéril inferior y la tapa, Los principales minerales son el cuarzo, el feldespato potásico y la biotita. En muchos casos estos minerales forman parte de la composición básica de las rocas, especialmente en las rocas félsicas, pero se encuentran cuando la mayor parte del feldespato K y la biotita reemplazan a las plagioclasas y minerales máficos anteriores en la alteración potásica de la roca. Otros minerales alterados pueden incluir clorita, albita, sericita, magnetita, anhidrita y pirita. Estos cambios de fase se deben a la adición metasomática de potasio a alta temperatura (450-600 °C). La relación K/H del líquido es relativamente alta.

#### B. Alteración Fílica.

Esta fase de alteración es similar a la alteración del potasio, que se encuentra comúnmente en los depósitos de pórfido de cobre. Generalmente se forma en el desarrollo tardío del sistema hidrotermal y, a menudo, se superponen cinturones de alteración de potasio, clorita y sericita. Los tiempos tardíos de esta alteración están documentados, por ejemplo, desde halos de sericita hasta vetas de pirita de cuarzo tipo D, que atraviesan rocas alteradas por potasio y vetas de tipo A y B asociadas con alteración de potasio.

Los principales minerales son el cuarzo, la serita y la pirita. Estos minerales crecieron sobre la estructura anterior de la roca, lo que hace que las piedras alteradas físicamente sean blancas y, a menudo, casi sin textura cuando se prueban a mano. Otros minerales del manto pueden incluir feldespatos K, caolinita, calcita, biotita, rutilo, anhidrita, topacio y turmalina. El cambio filial ocurre a temperaturas moderadas (200-450 C°) y es el resultado de fluidos con acidez moderada a fuerte, por lo que se agrega H en la reacción del metasomatismo y K, Na, Ca, Mg, Ti, Fe se disuelven en la una roca y reemplazado. sericitizado con feldespatos K.

### **C. Alteración Argílica.**

Esta alteración puede desarrollarse localmente en los niveles poco profundos de la estructura hidrotermal arriba y alrededor de la zona fílica.

Los principales minerales son las arcillas (montmorillonita, caolinita). Otros minerales incluyen biotita, illita, clorita, pirofilita, diáspora, alunita, sulfuros, cuarzo y andalucita. La meteorización de las arcillas es el resultado de un intenso metasomatismo a baja

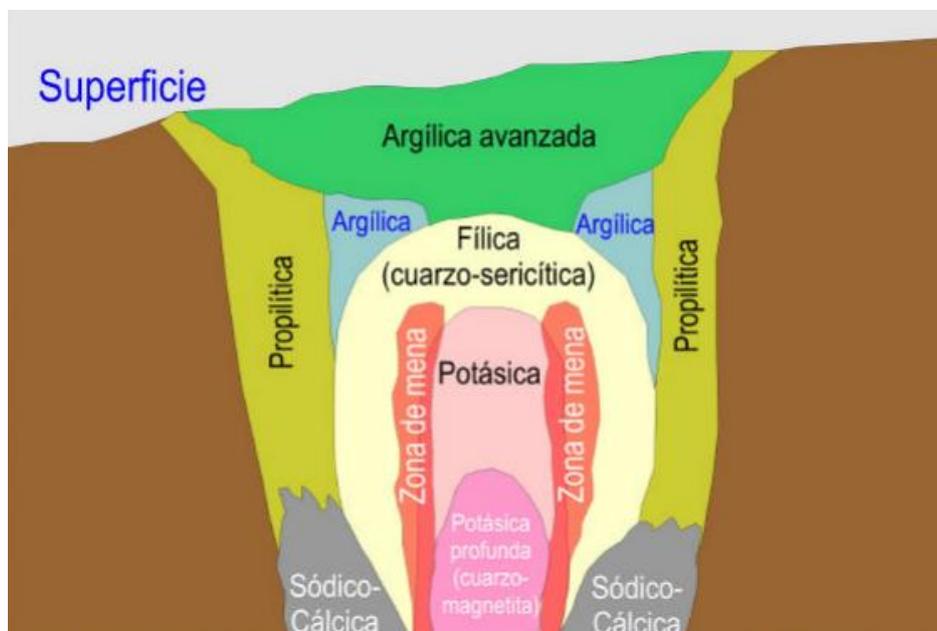
temperatura (100-300 °C), donde los minerales arcillosos se forman por lixiviación ácida de feldspatos y silicatos máficos.

#### D. Alteración Propilítica.

El metamorfismo propilítico está altamente desarrollado alrededor de la mayoría de los depósitos de pórfido y puede extenderse varios kilómetros con una densidad de crecimiento lejos del cuerpo mineralizado. Los principales minerales son la epidota, la clorita y la calcita, a menudo está presente la pirita. Otros minerales incluyen óxidos de hierro, sericita y apatita. La alteración de la propilítica resulta de la adición de H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> y, en muchos casos, S<sup>2-</sup> a la roca huésped sin la adición o lixiviación de una base superácida o minerales a aproximadamente 250-400 °C.

**Figura 6.**

Distribución de zonas de alteración hidrotermal en un pórfido cuprífero



Fuente: Víctor Maksaev (2004)

La zona potásica gradúa hacia fuera a una zona fílica que contiene cuarzo y muscovita, generalmente en una forma de grano fino llamada

sericitas, que en realidad es una etapa intermedia entre la ilita y la moscovita. La zona hija pasa a la zona arcillosa, donde se forman minerales de arcilla y cuarzo. La alteración hidrotermal más externo corresponde a la zona de propilita, que contiene carbonato de clorita-epidota que cambia gradualmente a rocas frescas o sin cambios.

### 2.2.8. Marco Geológico de la Mina.

Ubicación y accesibilidad. Raura está ubicada entre: Los distritos de San Miguel de Cauri (provincia Lauricocha, departamento Huánuco) y de Oyón (provincia Oyón, departamento de Lima), a una altura de 4700 msnm.

La accesibilidad de la Unidad Minera Raura es accesible desde la Ciudad de Lima con una longitud de 415 Km la cual se indica a continuación, Vías de acceso (Asfaltada): Lima-Huacho 170 Km, Huacho-Sayán 50 Km, Sayán-Churin 61 Km, Churin-Oyon 74 Km y Oyon a Raura 60 Km.

**Figura 7.**

Plano de Ubicación de Raura.



Fuente: MTC, Perú

## **I. Geomorfología**

Las características geomorfológicas del área de estudio se deben a los procesos tectónicos (sistemas de pliegues y fallas), procesos exógenos (clima, lluvia, escorrentía superficial, etc.). Estructuras como fallas y pliegues son en gran parte responsables de la forma actual del terreno, y el área de estudio se ubica al pie de la Cordillera Raura, parte de la cuenca de la Cordillera Occidental (4800 - 5685 msnm) y en la Región Puna. (4300 - 4800 msnm). La descripción regional de las unidades geomorfológicas se basa en la información recopilada durante el trabajo de campo y la información existente.

### **Unidades Geomorfológicas**

Se consideró las siguientes unidades geomorfológicas: Geoformas de carácter tectónico-degradaciones y Geoformas de Carácter deposicional.

- **Cordillera Raura**

Estas son las elevaciones topográficas más altas y prominentes que forman parte de cadenas montañosas con glaciares en la parte superior de sus crestas. Perteneciente a la Cordillera Occidental y Cuenca, generalmente está compuesta por rocas cretácicas, volcánicas e intrusivas. Tiene una estructura definida y se distribuye en su mayor parte de forma irregular. Las laderas de esta sierra presentan diferentes pendientes, siendo mayoritariamente pronunciadas.

- **Valle Glaciar.**

Los valles son principalmente de origen glaciar, el área de estudio presenta valles con diferentes orientaciones, siendo los más importantes: Valle de Tinquicocha, Valle de Gayco, Valle de Yanco, Shucshapac y otros pequeños

valles como el de Santa Ana. La mayoría de los valles descargan sus aguas a la vertiente del Atlántico y en menor medida al Pacífico.

- **Morrenas**

Esta unidad comprende a geoformas convexas, suaves y alargadas que se formaron como resultados de la deposición de materiales glaciales durante el Pleistoceno-Holoceno. Corresponde a coluviones de rocas con tamaños disimétricos, que corresponde a los procesos de desprendimientos, flujos y gelifracción (este último a la formación de avalanchas).

Dependiendo de su ubicación frente al glaciar, existen varios tipos de morrena: **Morrena de base** es la que contacta con la base del glaciar; **morrena lateral**, si se encuentra en las orillas o bordes de un lecho glaciar; **morrena central**, formada por la unión de morrenas laterales cuando dos glaciares se fusionan en el mismo valle; **morrena frontal o terminal**, si se encuentra en una zona de fusión de glaciares.

- **Lomadas**

Esta unidad agrupa superficies formadas por cerros (con pendientes menores a 300 m), llanuras y pampas caracterizadas por su modelado plano. Estas superficies están ubicadas en los bordes inmediatos de los glaciares, se formaron por alternancia periódica de hielo y procesos de fusión, así como por crioturbación, geliturbación, solifluxión y fluencia.

- **Quebradas**

En el área de la mina Raura existen muchos tajos de donde brota agua y agua de lluvia a través de las lagunas; tienen forma de U y localmente forma de V. Muchos de estos accidentes geográficos están modelados a partir de rocas calizas y algunos a partir de rocas volcánicas.

Asimismo, se pudo apreciar en algunas quebradas se pueden observar canales escalonados y claras huellas de modelado glaciar, así como que el eje de los desfiladeros coincide con fallas y/o huellas de contacto litológico.

## **II. Geología Regional**

El entorno geológico regional del Yacimiento Minero Raura incluye diferentes ambientes sedimentarios y la subsiguiente formación de rocas sedimentarias en las cuencas de arco posterior del Cretácico Superior y el Paleógeno Inferior. En muchos sectores, la cubierta volcánica es parte de la paleo-superficie formada durante el Paleógeno Superior. La serie Sedimentaria del Cretácico Superior está formada por rocas clásticas en la parte inferior como areniscas, areniscas silíceas, lutitas, etc., con excepción de la Formación Santa, que está formada por calizas. La parte superior del Paleógeno Inferior está formada por calizas y algunas lutitas bituminosas. Las rocas clásticas de la región están representadas por las Formaciones Chimú, Carhuaz y Farrat y la secuencia calcárea de las Formaciones Santa, Pariahuanca, Chulec, Pariatambo, Jumasha y Celendín. La Formación Jumasha es la metalotéctica más importante de la región, ampliamente expuesta como una fuerte secuencia sedimentaria entre las minas Uchucchacua y Raura. Estas formaciones circundantes consisten en rocas ígneas granítica, tonalítica, y monzonítica.

## **III. Geología Local.**

Las rocas sedimentarias expuestas alrededor de la mina Raura pertenecen a la estratigrafía del Cretácico. Los más antiguos están expuestos en el suroeste y oeste, pertenecientes al grupo Goyllarisquizga, representado por la Formación Carhuaz. Además de esto se encuentra la Formación Chulec, Pariatambo, Jumasha y Celendín. El marco geológico de la Formación

Jumasha (Miembros 1, 2, 3, 4) y Formación Celendín, rocas volcánicas clasificadas como flujos riolíticos y tobas lito cristalinas de composición dacítica a riodacítica correspondientes a la unidad del Volcánica Raura. La Formación Jumasha está ubicada en el área de afloramiento más grande y es la más importante porque contiene sitios mineros. Las unidades litológicas del área de estudio se muestran en las Figuras 1a y 1b.

## **MESOZOICA**

- **Fm. Carhuaz (Ki-ca)**

Esta formación sobreyace discordantemente a la Formación Santa y consiste principalmente de conglomerados de arcilla limosa, aunque pueden ocurrir lechos de arenisca cuarzosa en la parte central de la unidad. La limolita es en su mayoría de color gris a gris verdoso y tiene algunas capas intermedias de yeso. Esta secuencia es de 1000 m. de potencia y la morfología que describe esta formación es más uniforme con respecto a las unidades adyacentes. La Formación Carhuaz se considera de edad Hauteriviana – Barremiano.

- **Fm. Chulec (Ki-chu).**

La Formación descansa concordantemente sobre el Grupo Goyllarisquizga. Litológicamente está formado por calizas y margas. Las calizas son sólidas, alteradas con una costra amarilla en capas de 1 m de espesor. En la región Cordillera de Huayhuash tiene 50 metros de profundidad. De los fósiles encontrados en la Formación Chulec se probable que sea de una edad correspondiente al Cretáceo inferior (Albiano medio).

- **Fm. Pariatambo (Ki-pt).**

La Formación Pariatambo descansa conformemente sobre la Formación Chulec y subyace a la Formación Jumasha. Se compone principalmente de margas de color marrón oscuro y piedra caliza de color marrón oscuro, que huele mal y se presenta en capas delgadas. Esta formación tiene una profundidad de 100 m, que se mantiene regularmente sin cambios, pero es ligeramente más gruesa hacia el eje de la cuenca y alcanza una profundidad de 500 m. en la región Cordillera de Huayhuash. Esta formación contiene una rica fauna del Cretáceo inferior (Albiano medio).

- **Fm. Jumasha (Ks-jm).**

La Formación Jumasha representa una litología de depósito de caliza gris regularmente masiva en capas de 1-2 m. en algunos lugares puede ser una caliza oscura comparable a la Formación Pariatambo al norte, de la cual siempre está separada por al menos 100 m de caliza. Las calizas de la Formación Jumasha son una de las unidades más importantes y características de los Andes Centrales y Cuenca Occidental del Perú. Se observó que se conservan en los núcleos de sinclinales y forman cadenas de altura muy evidente, como la Cordillera de Huayhuash. Las calizas se describen como micritas y biomicritas con una buena proporción de material limoarcilloso. La Formación Jumasha es pobremente fosilífera, pero según Benavides (1956) y Wilson (1963) su distribución de edades es del Albiano superior al Turoniano. Alrededor de la mina, la caliza de esta formación está expuesta, en contacto con la Formación Carhuaz, debido al desbordamiento, las capas de la Formación Jumasha forman un pliegue regional con dirección N 030 W. Bajo la influencia de la granodiorita después de la intrusión. Las calizas tienen diferentes grados de variabilidad, variando desde caliza fresca hasta granitización (Skarn), que sufre marmolización, silicificación y epidotización.

- **Fm. Celendín (Ks-ce).**

Esta unidad se superpone de manera similar a la Formación Jumasha y la Formación Casapalca en la base, formando una transición rápida de una secuencia puramente marina a capas rojas continentales. La formación consiste en calizas margosas nodulares, pobremente estratificadas, algo homogéneas con fósiles, de color gris amarillento. Entre ellos se encuentran calizas, limoarcillitas grises y margas. La Formación Celendín se encuentra en los núcleos de los sinclinales de dirección NO-SE de la Cordillera de Raura. La potencia es de 500 m. aproximadamente, aflorando al noreste de la falla Chonta. La fauna presente en la Formación Celendín es indicativa del Coniaciano hasta el Santoniano (Cretáceo superior).

## **CENOZOICA**

- **Volcánico Raura (T-vr).**

El Volcánico Raura está compuesto de flujos riolíticos y tobas lito cristalinas de composición dacítica a riodacítica (Uribe, E., Zapana. E., 2012). Esta unidad local aparentemente está en contacto con la piedra caliza Jumasha erosionada. Están ubicados en la zona sureste de la unidad minera, y en la zona central del cuerpo mineralizado están expuestos a rocas intrusivas de granodiorita de edad aproximada del Mioceno.

- **Depósitos Morrénicos (Q-mo).**

En la microcuenca Putusay y en la zona de Nieve Ucro presentan morrenas laterales y terminales compuestas por material grueso de matriz fina. Se considera que los depósitos morrénicos son el resultado de la glaciación pleistocénica

- **Depósitos Glaciofluviales (Q-glf).**

Los depósitos glaciofluviales o sedimentos glaciofluviales consisten en cantos rodados, grava, arena, limo y arcilla de las capas de hielo o glaciares. Son transportados clasificados y depositados por corriente de agua. Los depósitos se forman al lado, debajo o aguas abajo del hielo. Incluyen kames, terrazas de kame y eskers formados en contacto con el hielo y abanicos de lavado y llanura de lavado debajo del margen del hielo.

Típicamente, el cimientado de lavado hacia afuera es transportado por corrientes rápidas y turbulentas, corrientes fluvio-glaciales de agua de deshielo, pero ocasionalmente es arrastrado por catastróficas inundaciones repentinas. Los elementos más grandes, como cantos rodados y gravas, se depositan más cerca del margen del hielo, mientras que los elementos más finos se transportan más lejos, a veces a lagos o al océano.

- **Rocas Intrusivas.**

En la Unidad Minera Raura cuenta con un yacimiento de 6 km<sup>2</sup> ubicado en el anticlinal de corte calizo de Jumasha, el cual ha sido modificado mediante un proceso de marmolización por contacto.

El intrusivo es complejo, tiene un marcado diaclasamiento planar paralelo al techo de la intrusión, que se encuentra alrededor de roca volcánica. El material pseudo volcánico está cortado por diques de pórfido de diorita y dacita, y también está cortado por tonalita que contiene pirita diseminada. Se encontraron grandes bloques de piedra caliza de la Formación Jumasha en zonas de contacto intrusivas y ligeramente alteradas. Las unidades litológicas del área de estudio se muestran en las imágenes:

Figura 1a

Columna Estratigráfica del Yacimiento Raura

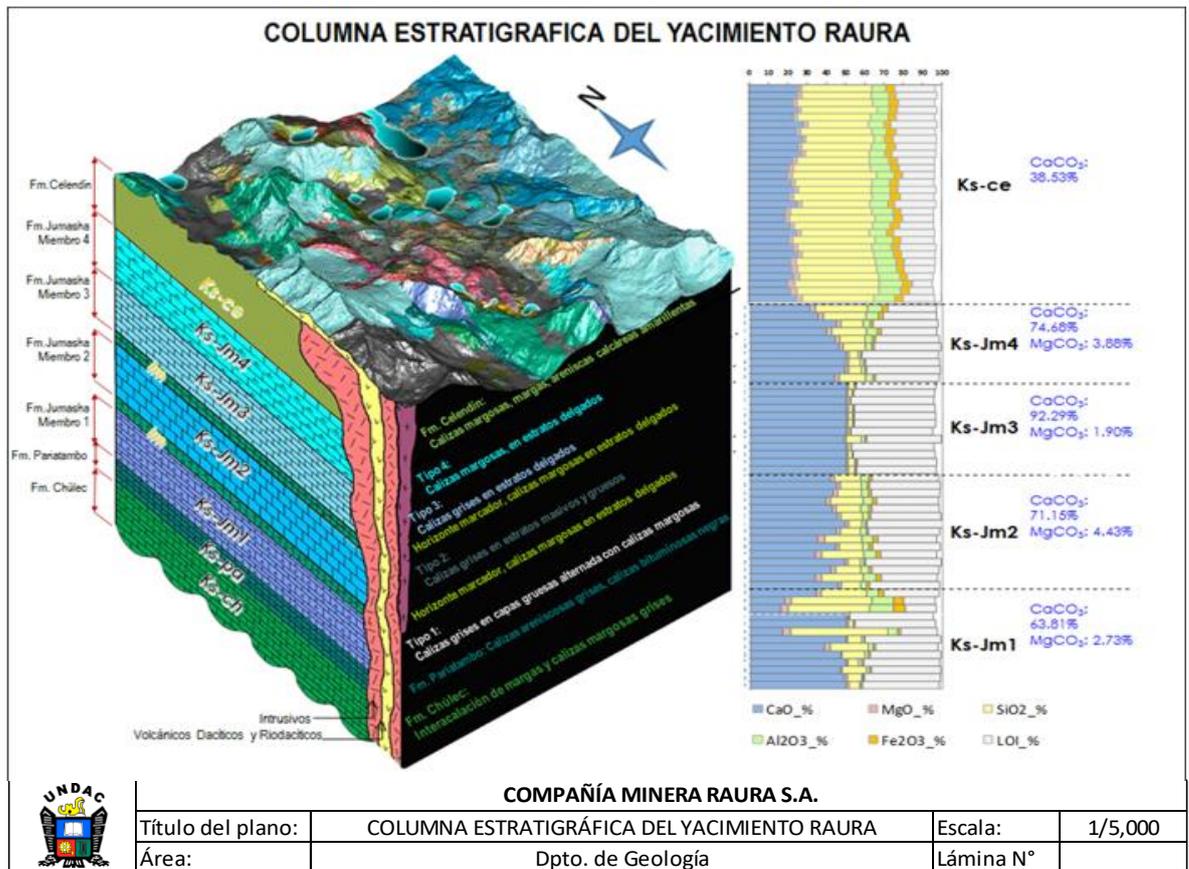
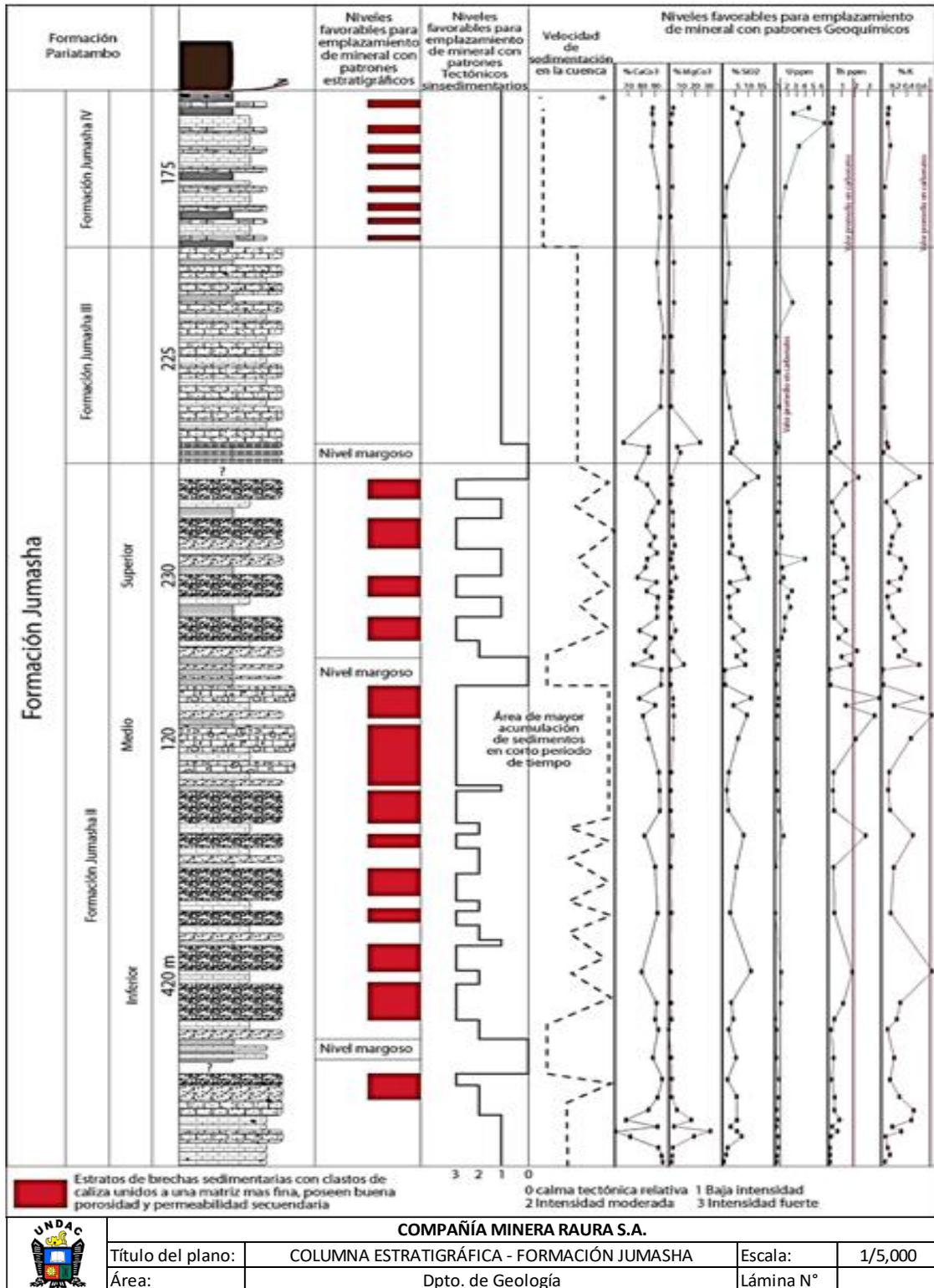


Figura 1b.

Columna Estratigráfica - Formación Jumasha



#### **IV. Geología Estructural.**

Teniendo en cuenta el patrón estructural de los Andes Centrales del Perú, el anticlinal Santa Ana y los sinclinales Caballococha son los principales pliegues de la región, con una orientación N 20–30° W. El sobre escurrimiento al Suroeste pone en contacto areniscas y cuarcitas del grupo Goyllarisquizga con las calizas Jumasha. Las fuerzas de compresivas E-W produjeron varios sistemas de fallas N 65° a 80° W (Vetas Gianina, Abundancia, Roxana, Torre de Cristal, Flor de Loto). Las fallas locales en bloques son un patrón estructural importante en Catuva.

- Dos sistemas regionales de fallas de gran ángulo amplio cortan las calizas Jumasha: El primer sistema N-NW, 70° SW, el más antiguo, inverso y longitudinal, domina las existencias aparentemente alargadas de granodiorita y monzonita de 10 Ma. Las principales fallas son Restauradora, Raura, Caballococha, Chonta y Gayco.
- El segundo sistema W-NW, 70° SW, el más reciente, transversal, sinistral y tensional, contiene diques de pórfido de cuarzo asociados regionalmente con cuerpos skarn de Zn-Pb (Ag, Cu) como Ofelia, Cobriza y vetas polimetálicas.

Cabe mencionar que la falla Flor de Loto de sentido SW-NE, ubicada en la parte noroeste del área de estudio, es una de las estructuras geológicas más importante de Raura. Su capacidad en la mina se puede estimar por las galerías más profundas que atraviesan principalmente la piedra caliza de las formaciones Jumasha y Celendin. Aparentemente es un enlace a toda la red de fallas inversas a través de las cuales las corrientes subterráneas culminan en Flor de Loto. Estructuralmente el área de estudio es compleja, las principales fallas son: Virgen de las Nieves, Matapaloma, Esperanza, Restauradora, Chonta, Puyhuancocha, Raura, Tinquicocha, Santa Rosa,

Yerupaja, Brazzini, Putusay Alto, Putusay Bajo y Quichas. Asimismo, se han identificado el Anticlinal Raura y Caudalosa y el Sinclinal de Caballococha. La caracterización de las fracturas da como resultado un sistema de 2-3 familias de fracturas para cada tipo de litología.

**Tabla 1**

**Resumen Principales sistemas de Fracturación**

<b>Formación Litológica</b>	<b>SISTEMA 1</b>	<b>SISTEMA 2</b>	<b>SISTEMA 3</b>
Fm. Jumasha	N319E / 72NE	N345E / 55NE	N027E / 82NW
Intrusivo Dacítico	N030E / 11SE	N282E / 70NE	
Fm. Celendín	N078E / 54SE	N279E / 81NE	
Volcánico Raura	N075E / 33NW	N068E / 61SE	

Con base en los resultados obtenidos de los sistemas de fracturas de diferentes litologías, se realizó una evaluación de la distribución de discontinuidades que se mencionan a continuación: La Formación Jumasha tiene 3 sistemas de fracturas principales:

- El Sistema 1 tiene una orientación de 319° y una inclinación de 72° hacia el NE.
- El Sistema 2 tiene una orientación de 345° y una inclinación de 55° hacia el NE.
- El Sistema 3 tiene una dirección de 027° y un buzamiento de 82° al NW.

El Intrusivo Dacítico tiene 2 sistemas principales:

- La dirección del sistema 1 es 030° y la inclinación es 11° SE.
- El Sistema 2 tiene una orientación de 282° y un ángulo de inclinación de 70°NE.

La Formación Celendín tiene 2 sistemas principales de fracturación:

- El Sistema 1 tiene una orientación de 078° y un buzamiento de 54° SE.
- El Sistema 2 tiene una orientación de 279 y una inclinación de 81° NE.

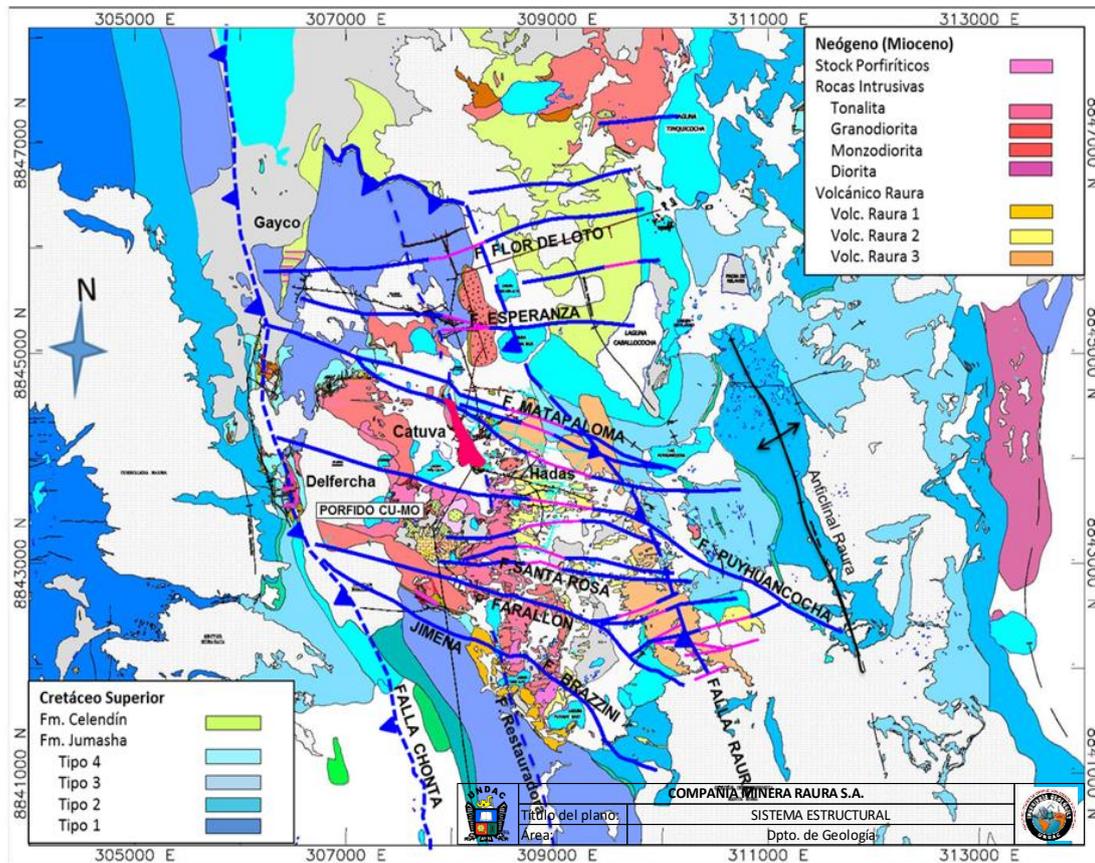
En el macizo rocoso del Volcánico Raura tiene 2 sistemas de fractura principales:

- El Sistema 1 es 075° y buzamiento 33° NW.
- La dirección del sistema 2 es 068° y el ángulo de inclinación es 61°SE.

La formación de caliza Jumasha tiene grietas de 0,5 a 2,5 milímetros y el material de relleno son óxidos y partículas finas pequeñas. Por otro lado, las discontinuidades varían de 0,3 a 1 metro, mientras que la persistencia varía de 2 a 16 metros. Cabe mencionar que la Formación Jumasha ocupa una gran extensión en la zona de estudio y es una roca de caja mineralizante, por lo que está altamente fracturada y alterada. El macizo rocoso constituido por agregados intrusivos de composición dacítita se caracteriza principalmente por fisuras abiertas de 0,5-2,5 mm y su relleno constituido por finos y óxidos. Además, las discontinuidades están separadas entre 0.3 a 3 metros, mientras que la persistencia es inferior a 15 metros. Compuesta por caliza, la Formación Celendin se caracteriza por una apertura de 0,5-10 mm llena de material orgánico y óxidos, así como una distancia de discontinuidad de 0,3-1 m y una persistencia de 1-15 m. En resumen, con base en la dinámica estructural del área de estudio, que incluye importantes fallas como Flor de Loto, Oblicua, Matapaloma, Santa Rosa, Farallón y Raura, son favorables para el movimiento de flujos subterráneos de gran altura. (áreas nevadas) hacia el funcionamiento interno de la mina.

**Figura 8.**

Sistema Estructural.



## V. Alteraciones y Mineralización

El período de mineralización del área minera de Raura probablemente ocurrió hace 8-10 millones de años, cuando se formaron minerales de cobre, zinc, plomo y plata. La mineralización ocurre principalmente como rellenos de fracturas existentes (vetas), reemplazamientos metasomáticos de contacto (bolsonadas en Skarn) y depósitos tipo Stockwork.

### Alteraciones

- **Zona de Skarn.**

Dentro del área de mapeo se encuentran identificados cuatro sectores con este tipo de alteración. Al Noreste de las vetas Victorias en el contacto de las

rocas calcáreas de la Formación Jumasha (Miembro 3) con los diques dacíticos silicificados y granodiorita se tienen una aureola metasomática, diferenciándose zonas de Exoskarn selectivo solo en algunos estratos constituidos por granates de grano medio a fino de textura granoblástica de coloraciones verde y verde-café del tipo grosularia andradita, la zona de Endoskarn está constituido por granates marrones claros y opacos del tipo almandino, se le encuentra como masas irregulares en la zona de contacto de la granodiorita como fases de reacción.

Al Sureste – Este de la laguna Putusay Bajo en el contacto de las rocas calcáreas de la Formación Jumasha (Miembro 2) con las brechas de intrusión dacítica y granodiorita se tienen una aureola metasomática, diferenciándose zonas de Exoskarn constituidos por granates de grano medio a grueso de textura granoblástica de coloraciones verde y verde-café del tipo grosularia andradita, la zona de Endoskarn está constituido por granates marrones claros y opacos del tipo almandino, se le encuentra como masas irregulares posiblemente en los clastos de granodiorita.

- **Alteración Argílica.**

Dentro del área se han identificado dos sectores importantes en la región. En el sector norte de la malla geoquímica, entre las Fallas Santa Rosa y Puyhuancocha, en el este se observa únicamente por fallas y fracturas. En la zona denominada Tajo Grety y sureste de la garita Santa Rosa Garita, la argilización es moderada con un ensamble de illita – caolinita, muy selectivamente esmectita. Al norte de la Laguna Putusay Bajo, las rocas del volcán Raura 2 presentan alteración arcillosa moderada asociada a óxidos.

- **Alteración Propilítica.**

Caracterizado por la presencia de clorita, epidota, calcita, y plagioclasa albitizada. Formado con soluciones casi neutras en temperatura variable. Se observa la presencia de epidota en manchas y fracturas.

- **Silicificación.**

Toda el área de estudio esta “tapizada” por sílice, las rocas silicificadas son volcánicas en tres de sus miembros, en donde la matriz “borra” la estructura original de la roca, dificultando la distinción del protolito.

- **Zona de Óxidos.**

En los alrededores de la Laguna Putusay Bajo se encuentran pátinas de pirolusita con ensamblajes de limonita y goethita, principalmente en pórfidos de dacita. En el área de Puyhuancocha, la presencia de pirolusita aprovecha la debilidad de las fracturas y las superficies subyacentes. Las principales áreas de óxidos de fierro (limonita, goethita, hematita),

se encuentran en el lado norte del sistema, entre las fallas de Margot y Brunilda; También se observa al noroeste del sistema Vetas Victorias, estos sectores de alteración en su mayoría están relacionados las áreas de argilización y presencia de pirita.

### **Mineralización.**

- **Mineralización en Vetas**

La mineralización en las vetas esté relacionada con el sistema NE-SW (Fallas longitudinales) que produjeron zonas de cizallas, las fallas longitudinales generalmente corresponden a inversiones tectónicas que fueron normales durante el Cretácico superior o Terciario. Para cualquier sistema de falla longitudinal, se puede decir que las fallas más al este son de menor ángulo y los más occidentales de mayor ángulo o incluso verticales. Este tipo de

estructura indica que, dentro de cada sistema de falla longitudinal, los desplazamientos más hacia el este fueron iniciados primero por una componente inversa y luego hacia el oeste por movimientos transcurrentes y una componente inversa. Las fallas transversales E-W y NW-SEE no pertenecen a la zona de cizalladura de falla longitudinal, por el contrario, es un sistema independiente. Los sistemas de fallas transversales tienen saltos con características estructurales claramente definidas, como la Falla Santa Rosa – Margot, Falla Matapaloma y Farallón. Los minerales se insertaron solo rellenando fallas de dirección NEE, porque durante la mineralización la dirección de esfuerzo máximo fue NEE, y los saltos de las fallas transversales no han jugado como extensionales, sino como transcurrentes. En cada caso, la mineralización circuló a través de fracturas transversales, pero los espacios abiertos eran pequeños y se depositó solo o discontinuamente.

- **Mineralización en Cuerpo**

La zona de contacto metasomático entre las calizas y las intrusiones de pórfido-cuarcita de la Formación Jumasha contiene cuerpos o bolsas de minerales de zinc, plomo y plata. La aparición de cuerpos de reemplazo se distribuye de sur a norte, cuyos claros ejemplos son bolsonadas, primavera, Betsheva, Catuva Niño Perdido, y Hadas Farallón. La mineralización económica se da en el reemplazo de esfalerita, marmatita, galena, galena argentífera, calcopirita y freibergita. La mineralización de las unidades sigue un patrón de zoneamiento vertical y horizontal con minerales de alta temperatura, baja movilidad y minerales de baja temperatura y baja movilidad móviles como  $Cu > Zn > Pb > Ag$ .

La mineralización asociada con metasomatismo también indica la presencia de una segunda fase de skarnización (Skarn retrógrado), debido al enfriamiento del sistema y la intrusión de los pórfidos más jóvenes cargados

en flujos hidrotermales ricos en iones metálicos solubles, a altas temperaturas y precipitaciones a medida que el sistema se enfría. Varios factores influyen en la mineralización del skarn, uno de los cuales es la alta tasa de porosidad y permeabilidad de la roca huésped (piedra caliza); el segundo miembro de la formación de Jumasha, representa estas características litológicas, a saber, la presencia de brechas sedimentarias y altos valores de  $\text{Ca CO}_3$  hacen de este miembro un potencial metalotéctico ideal para recibir flujos mineralizantes, debido a que las características litológicas de unión de clastos y matriz son escasas coherente y por lo tanto tolera poca actividad magmática (fracturamiento hidráulico).

#### **2.2.9. Relación entre la Mineralización y las Zonas de Alteración.**

- Los minerales de alta calidad se encuentran a menudo en la zona de contraste de alteración potásica.
- La zona de clorita-sericita puede contener minerales.
- En los depósitos de pórfido de cobre, el mineral se encuentra cerca del límite entre las zonas de alteración potásica y fílica, en algunos depósitos, o en mayor medida en la zona fílica.
- Si ocurre una mineralización de alto grado está en la zona fílica, se interpreta que la alteración fílica es anterior a la alteración potásica o de clorita-sericita

#### **Técnicas de Perforación Diamantina Aplicada a la Exploración Minera**

La perforación consiste en cavar un agujero por el impacto de la herramienta en el suelo o por la acción de rotación de una herramienta de corte (broca, barrena) que gira alrededor de un eje vertical. La perforadora rompe y tritura las rocas presentes en el subsuelo, cuyos

residuos suelen ser llevados a la superficie por inyección de lodo o aire. Se describirán los métodos de perforación más utilizados en la exploración minera:

- Perforación a Rotación con Recuperación de Testigos (Perforación con corona de diamante).
- Perforación a Rotación.
- Perforación a Rotopercusión.

La elección del método de perforación requiere un equilibrio entre la velocidad y el costo, la calidad y la cantidad de muestra recuperable y consideraciones logísticas y ambientales. Los sondeos más utilizados son la Perforación a Rotación con Recuperación de Testigos.

### **Perforación a Rotación con Recuperación de Testigo**

Se instala un dispositivo en la plataforma de perforación o sonda que rompe el suelo al girarlo y empujarlo cuando alcanza profundidad y retiene el material dentro del tubo central, lo que permite recuperarlo. El taladro contiene un dispositivo hidráulico que produce rotación, empuje y corte en el suelo. El elemento de corte se llama corona de diamante.

Castillo J. (2012) menciona que: “La perforación con coronas de diamante y recuperación de testigo es, generalmente este método es la más útil para el muestreo analítico, inspección visual y las pruebas, especialmente en grandes depósitos de baja ley donde la mineralización se distribuye en la roca madre”.

Este tipo de sondaje nos permite verificar muestras de recuperación en forma directa.

- El trabajo se realiza en seco o con poca agua, por lo que hay pocos residuos.
- Ejecución de sondeos en vertical, inclinados y horizontales.
- Equipos de dimensiones reducidas para trabajos en espacios limitados.

### **2.3. Definición de Términos Básicos**

- **Exploración Minera**

Esta es la etapa inicial de la minería, donde se mapean las ubicaciones de los yacimientos minerales, que luego serán utilizados en el proyecto minero de acuerdo a su tamaño y composición.

- **Testigo**

Es una muestra de roca o suelo extraída del subsuelo a varias profundidades por medio de una máquina perforadora de diamante.

- **Perforación Diamantina**

La perforación diamantina es la actividad que se realiza utilizando brocas, máquinas y accesorios diamantados. Permiten cortar rocas de terrenos específicos. El material de roca y suelo extraído durante el corte se denomina testigos.

- **Muestra**

Es una parte o una porción de un todo.

### **2.4. Formulación de Hipótesis**

#### **2.4.1. Hipótesis General**

Los parámetros geológicos del Pórfido Cu-Mo influyen en la planificación de exploración con perforación diamantina, unidad minera Raura – 2021.

#### **2.4.2. Hipótesis Específicas**

- Las características geológicas del Pórfido Cu-Mo influyen en la planificación de exploración con perforación diamantina, unidad minera Raura – 2021.
- Las guías mineralógicas y geoquímicas determinan la planificación de exploración con perforación diamantina, unidad minera Raura – 2021.

#### **2.5. Identificación de Variables**

Se identificó las siguientes variables:

##### **2.5.1. Variable Independiente**

Parámetros geológicos del pórfido Cu-Mo: Se trata de características geológicas, análisis de (composición mineralógica, tipo de yacimiento, litología, alteración hidrotermal, etc), su ubicación y correlación espacial con el control estructural y litológico.

##### **2.5.2. Variable Dependiente**

Planificación de exploración con perforación diamantina. Es la programación en el tiempo de las actividades a realizarse.

#### **2.6. Definición Operacional de Variables e Indicadores.**

**Tabla 2**

**Operacionalización de Variables.**

<b>Variables</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Instrumento</b>
<p><b><u>Variable Independiente</u></b></p> <p>Parámetros geológicos del pórfido Cu-Mo.</p>	<p>Uribe E. y Zapana E. (2014): Se trata de características geológicas, análisis de (composición mineralógica, tipo de yacimiento, litología, alteración hidrotermal, etc), su ubicación y correlación espacial con el control estructural y litológico.</p>	<p>Clasificación y descripción de la muestra.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estructura</li> <li>• Litología</li> <li>• Mineralización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• % de Cu</li> <li>• % de Mo</li> </ul>	<p>Mapeo geológico.</p> <p>Ficha de muestreo.</p>
<p><b><u>Variable Dependiente</u></b></p> <p>Planificación de exploración con perforación diamantina.</p>	<p>Uribe E. y Zapana E. (2014): Es la programación en el tiempo de las actividades a realizarse.</p>	<p>Proceso de exploración mediante sondeos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planificación de programas de sondeos.</li> <li>• Técnicas de perforación</li> <li>• Método de Perforación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesamiento e interpretación de información recolectada</li> <li>• Testigos.</li> <li>• Muestra</li> </ul>	<p>Registro de sondajes diamantinos.</p>

## **CAPÍTULO III**

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

#### **3.1. Tipo de Investigación**

La presente investigación es de tipo aplicativo y analítico. Se busca establecer las características geológicas del pórfido de la zona en estudio, asimismo es aplicada porque nos permite utilizar los principios geológicos en realizar una planificación con perforación diamantina.

#### **3.2. Nivel de Investigación**

La investigación es de nivel descriptiva dado a que se describe el muestreo mediante los parámetros geológicos.

#### **3.3. Métodos de Investigación**

Se ha utilizado el método de Descriptivo, Analítico – Sintético. El cual nos permitió describir y explicar las muestras de sondaje, utilizando datos recolectados en campo y su posterior análisis.

#### **3.4. Diseño de Investigación**

El diseño del estudio fue descriptivo no experimental debido a que no se manipuló la variable para su posterior análisis y procesamiento considerando el siguiente modelo.

$$M_n \longrightarrow O_n$$

Donde:

$M_n$  = Numero de muestras tomadas.

$O_n$  = Información obtenida (parámetros geológicos).

### **3.5. Población y Muestra**

#### **3.5.1. Población.**

Parte oeste de la Compañía Minera Raura, en un área de 850 x 1000 m.

#### **3.5.2. Muestra.**

Sé evaluaron 21 muestras.

### **3.6. Técnicas e Instrumento Recolección de Datos**

#### **3.6.1. Para realizar las investigaciones geológicas se utilizaron las siguientes técnicas:**

- Revisión documental: Búsqueda de información de parámetros geológicos (estructura, litología, mineralización) del área de estudio.
- Observación de Campo: Datos de campo mediante logueo geológico.
- Técnica de perforación

#### **3.6.2. Instrumentos a utilizar:**

- Mapa geológico.
- Muestreo en sondajes diamantinos.
- Registro de muestreo.

### **3.7. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos**

Primero se obtuvo el permiso respectivo del responsable del área para proceder con la recopilación de datos. Una vez aceptada la solicitud, se inició la recolección de datos. Se utilizó la técnica clásica de mapeo geológico

subterráneo y sucesivamente se realizó la interpretación geológica. Actividades a realizar: Muestreo en el lugar de extracción y mapeo en la zona superficial y subterránea, los datos obtenidos in situ se procede llevar a gabinete y realizar la descripción respectiva y luego se interpreta.

### **3.8. Tratamiento Estadístico**

Los datos se ingresaron en el software Ms-Excel v. 2016 para el procesamiento estadístico. Los resultados fueron analizados e interpretados, se utilizó la para la administración de base de datos el Microsoft Access v. 2016

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Descripción del Trabajo de Campo**

El trabajo en campo se encuentra ubicado en la parte W de la mina Raura, entre las cotas 4,800 a 5,050 msnm; Son afloramientos de pórfidos monzoníticos, cuarzos monzoníticos, pórfido cuarcífero y dacita con presencia de stockwork y brechas hidrotermales, venillas de tipo A, B y D. Tiene un área de 850 x 1000 metros. Durante la fase de campo del muestreo, se realizaron las siguientes actividades: Retiro de la muestra del equipo de perforación o sonda. El transporte y/o manejo de las cajas que contienen testigos debe ser realizado por dos personas, ya que estas cajas son bastante pesadas y por lo tanto puede causar daño óseo o muscular. Para manipular y muestrear de manera segura el personal responsable, se debe usar el siguiente equipo de seguridad en todo momento: casco, anteojos de seguridad, guantes y zapatos de seguridad.

Los geólogos responsables de supervisar estas actividades de trabajos de muestre, determinan los intervalos de mineralización interceptados por el taladro, que deberán ser muestreados. Este es el trabajo de los geólogos, establecer y marcar los intervalos de muestreo. Como regla general, el intervalo de muestreo debe interrumpirse en los contactos entre unidades

geológicamente significativas y seguir los límites entre diferentes litologías, mineralizaciones y alteraciones.

Las cajas con los testigos de perforación diamantina son llevadas a la sala de logueo según el procedimiento de traslado establecido. El geólogo junto con su ayudante se encarga de tomar las fotografías antes de comenzar con el trabajo, para lo cual utilizan un caballete para colocar las cajas en orden correlativo, luego en una pizarra acrílica se escriben los datos de los sondajes tales como:

- **Proyecto:** Nombre del proyecto, puede ser el nombre de un cerro, de un yacimiento o el nombre de una persona.
- **Sondaje:** Nombre de la máquina de perforación, zona donde se ha perforado y año de perforación.
- **Caja:** Indica el número de cajas del cual se están tomando las fotografías.
- **From:** Indica el inicio de la caja de sondaje diamantino.
- **To:** Indica el final de la caja de sondaje diamantino.

Se procede a rellenar la hoja de logueo:

**PARTE SUPERIOR DE LA HOJA:** se detalla todos los datos técnicos del sondaje diamantino tales como fecha de inicio, fecha de término, dirección, inclinación, total logueo (profundidad que alcanzó el sondaje), coordenadas del sondaje (este, norte y elevación) y se coloca el nombre del geólogo encargado del logueo.

**PARTE INFERIOR DE LA HOJA:** se describe datos geotécnicos y datos geológicos, longitud (escala de 1/100), testigo (describe la longitud perforado, longitud recuperado, RQD %), datos geológicos en este campo se describe la Litología, Alteración/Mineralización.

Cuando el testigo está muy fragmentado, el material debe separarse en dos mitades con espátula metálica, teniendo cuidado de que no quede materiales finos en la caja. Estas muestras se envasan e identifican mediante etiquetas numeradas, que deben incluir: el nombre del sondaje, la profundidad de la muestra y los elementos para los que se analiza. El sellado de estas bolsas, será hecho con precintos plásticos, agregando el ticket en la boca de la bolsa, Luego, estas muestras se empaquetan adecuadamente y se envían a un laboratorio químico para su análisis. Después de completar el muestreo, se limpia el área de trabajo.

#### 4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

En el presente informe tuvo como propósito:

1. **Resultado del Objetivo 1:** Interpretar los parámetros geológicos del Pórfido Cu-Mo, que influyen en la planificación de exploración con perforación diamantina en la Mina Raura. Los resultados obtenidos en base a la planificación con perforación diamantina. Se ha realizado la siguiente planificación:

**Tabla 3.**

**Tabla de planificación.**

AÑO	PERFORACIÓN (m.)	COSTO (\$/m)	RECURSOS (TM)
2021	10,000	899,000	367,500

Los costos se calcularon en base al programa que se desarrolló para el 2020, se ha programado con el siguiente precio: US \$ 89/m. Se desarrolló un programa de costos en el cual está considerado los suministros diversos y los servicios de terceros, se incluye el muestreo en toda su longitud.

**Propuesta de La Planificación de Exploración:** La propuesta es realizar un total de 21 sondajes diamantinos con el objetivo de interceptar los

pórfidos mineralizados y brechas haciendo un total de 10,000 metros de perforación diamantina, con un costo de US\$ 899,000 para obtener un recurso de mineral de 367,500 TM.

**Tabla 4.**

**Costos del programa de perforación diamantina.**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>2021</b>
<b>INVERSIÓN</b>	<b>1,241,689</b>
<b>SERVICIOS PRIMARIOS</b>	<b>939,000</b>
Perforación Diamantina BROWNFIELD (incluye medición)	899,000
Consultoría y asesoría.	30,000
Instrumento de gestión ambiental para las plataformas.	10,000
Tubería de 2" para plataformas.	6,000
Equipo conformación plataforma.	10,080
<b>SERVICIOS SECUNDARIOS -TERCEROS</b>	<b>236,902</b>
Laboratorio externo Muestra QA/QC.	1,392
Densidad Aparente.	1,890
Análisis Interno de Personal.	185,600
Transporte interno de personal.	24,840
Hotelería y alimentación.	21,080
Transporte terrestre de carga diversa.	2,100
Estándares de leyes Alta, Media y Baja.	5,000
<b>SUMINISTROS DIVERSOS</b>	<b>65,787</b>
Artículos para protección personal.	1,534
Artículo de higiene y limpieza.	120
Herramientas manuales.	10,597
Útiles y materiales para oficina.	625
Sacos y bolsas.	2,963
Pintura y solventes.	60
Petróleo.	9,893

Tabla 5

Los recursos que se obtendrá, para cada sondeo son:

DDH	ZONA	EST.	CUERPO/VETA	PPROG. (m)	COSTO (\$89/m) 2021	POT. (m)	DENSIDAD (kg/m3)	ÁREA (m2)	RECURSOS (Tm/\$)
14	PÓRFIDO Cu-Mo	PC 1	PÓRFIDO Cu- Mo	700	62,930	10,00	2,80	625	17,500
15	PÓRFIDO Cu-Mo	PC 2	PÓRFIDO Cu- Mo	700	62,930	10,00	2,80	625	17,500
16	PÓRFIDO Cu-Mo	PC 3	PÓRFIDO Cu- Mo	350	31,465	10,00	2,80	625	17,500
17	PÓRFIDO Cu-Mo	PC 4	PÓRFIDO Cu- Mo	350	31,465	10,00	2,80	625	17,500
18	PÓRFIDO Cu-Mo	PC 5	PÓRFIDO Cu- Mo	700	62,930	10,00	2,80	625	17,500
19	PÓRFIDO Cu-Mo	PC 6	PÓRFIDO Cu- Mo	700	62,930	10,00	2,80	625	17,500
20	PÓRFIDO Cu-Mo	PC 7	PÓRFIDO Cu- Mo	500	44,950	10,00	2,80	625	17,500
21	PÓRFIDO Cu-Mo	PC 8	PÓRFIDO Cu- Mo	700	62,930	10,00	2,80	625	17,500
22	PÓRFIDO Cu-Mo	PC 9	PÓRFIDO Cu- Mo	350	31,465	10,00	2,80	625	17,500
23	PÓRFIDO Cu-Mo	PC 10	PÓRFIDO Cu- Mo	350	31,465	10,00	2,80	625	17,500
24	PÓRFIDO Cu-Mo	PC 11	PÓRFIDO Cu- Mo	350	31,465	10,00	2,80	625	17,500
25	PÓRFIDO Cu-Mo	PC 12	PÓRFIDO Cu- Mo	350	31,465	10,00	2,80	625	17,500
26	PÓRFIDO Cu-Mo	PC 12	PÓRFIDO Cu- Mo	350	31,465	10,00	2,80	625	17,500
27	PÓRFIDO Cu-Mo	PC 13	PÓRFIDO Cu- Mo	350	31,465	10,00	2,80	625	17,500
28	PÓRFIDO Cu-Mo	PC 13	PÓRFIDO Cu- Mo	500	44,950	10,00	2,80	625	17,500
29	PÓRFIDO Cu-Mo	PC 14	PÓRFIDO Cu- Mo	500	44,950	10,00	2,80	625	17,500
30	PÓRFIDO Cu-Mo	PC 15	PÓRFIDO Cu- Mo	350	31,465	10,00	2,80	625	17,500
31	PÓRFIDO Cu-Mo	PC 16	PÓRFIDO Cu- Mo	500	44,950	10,00	2,80	625	17,500
32	PÓRFIDO Cu-Mo	PC 17	PÓRFIDO Cu- Mo	500	44,950	10,00	2,80	625	17,500
33	PÓRFIDO Cu-Mo	PC 18	PÓRFIDO Cu- Mo	350	31,465	10,00	2,80	625	17,500
34	PÓRFIDO Cu-Mo	PC 19	PÓRFIDO Cu- Mo	500	44,950	10,00	2,80	625	17,500
				<b>10,000</b>	<b>899,000</b>				<b>367,500</b>

**Tabla 6**

***Perforación diamantina, costo y recursos total.***

<b>AÑO</b>	<b>PERFORACIÓN (m.)</b>	<b>COSTO (\$/m)</b>	<b>RECURSOS (TM)</b>
2021	10,000	1.241,689	367,500

**2. Resultado de Objetivo 2:** Describir los parámetros geológicos del pórfido Cu-Mo. A través de los estudios geológicos y de acuerdo al tipo de mineralización que se presenta, los metales asociados a este depósito son Cu-Mo +/-Ag, las alteraciones mineralógicas, el nivel de erosión, podemos determinar en forma preliminar que el potencial de mineralización en la zona de pórfido son sulfuros primarios de cobre a profundidad y en la zona de brecha se puede encontrar mineralización de molibdeno y otros metales. Como la característica principal de un yacimiento de pórfido Cu-Mo, es el gran volumen de recursos.

**3. Resultado de Objetivo 3:** Aplicar las guías mineralógicas para la planificación de exploración con perforación diamantina.

Los estudios realizados: mapeos geológicos, litología, geoquímica, logueo de sondajes diamantinos nos permiten reinterpretar e interpretar los depósitos minerales, encontrar nuevos recursos y permitir que los métodos de minería logren mejores resultados a costos más bajos y mayores rendimiento.

**4.3. Prueba de Hipótesis**

Damos por aceptada la hipótesis en que los parámetros geológicos son características geológicas y estructurales de la mineralización, determinan la planificación de exploración con perforación diamantina.

Así mismo, se acepta las hipótesis específicas dando como resultado: Las características geológicas y guías mineralógicas son fundamentales para la planificación de sondajes diamantinos, analizar e interpretar exhaustivamente la

información recopilada durante el proceso de exploración con la finalidad de incrementar recursos. El desarrollo de un programa de perforación será vital para poder determinar el objetivo que se está evaluando, teniendo en cuenta los parámetros científicos y técnicos que agregan valor a la conclusión.

#### **4.4. Discusión de Resultados**

Los resultados muestran que para incrementar la vida útil y obtener beneficio económico de un yacimiento, es necesario incrementar sus recursos de minerales, para lograrlo es importante conocer en profundidad las características geológicas de la mineralización, utilizando en este caso perforaciones diamantinas. Estos resultados están cercano a lo encontrado por (Uribe E. y Zapana E. 2014), la cual señala que: Los estudios recientes, como remapeos geológicos en superficie, geoquímica integral de rocas por litología, geoquímica de “feeders”, relogueo de sondajes diamantinos, petroquímica de intrusivos, geofísica mediante magnetometría y polarización inducida, han permitido reinterpretar con mayor visión el yacimiento, para la búsqueda de nuevos recursos que permitan tener un enfoque de minería, con mayores volúmenes de producción a menores costos y valores de mineral por tonelada que permitan una rentabilidad atractiva para nuestros inversionistas, aprovechando todos los recursos disponibles en el yacimiento integral de Raura.

Se concluye que:

**Foto N° 01:** Roca cuarzo monzonita de color gris oscura, oxidada, fracturada se observan venillas de py y cpy, donde se dieron anomalías de Cu muestra Nro 577.



Las alteraciones presentes son: **ALTERACIÓN FÍLICA - ARGÍLICA**

Se presenta en la superficie, en contacto con el pórfido cuarzo monzonítico, de 0,20 a 1 m de ancho, donde se presenta como una alteración argílica avanzada.

La alteración argílica está presente en manchas, lesiones y fracturas al contacto con el pórfido de dacita.

**Foto N ° 02:** Canal de muestreo Nro 139, tomada en el pórfido cuarcífero, presenta alteración argílica moderada, donde se dieron anomalías de Cu.



Las alteraciones presentes son: **ALTERACIÓN POTÁSICA**

Esta alteración se manifiesta en niveles de profundidad, se tiene un ancho que varía de 10 cm a 2 m en contacto con el pórfido cuarzo monzónico.

**Litología:**

La mineralización de molibdeno se localiza en forma principal en zonas de brechas.

La mineralización de calcopirita se encuentra en los pórfidos cuarzo monzonitas.

**El nivel de erosión de la mineralización:**

Se determina que el sistema pórfido está aflorando en superficie y está en un nivel alto por lo tanto se puede apreciar que existió poca erosión.

**Foto N° 03:**

Vista mirando al SW,



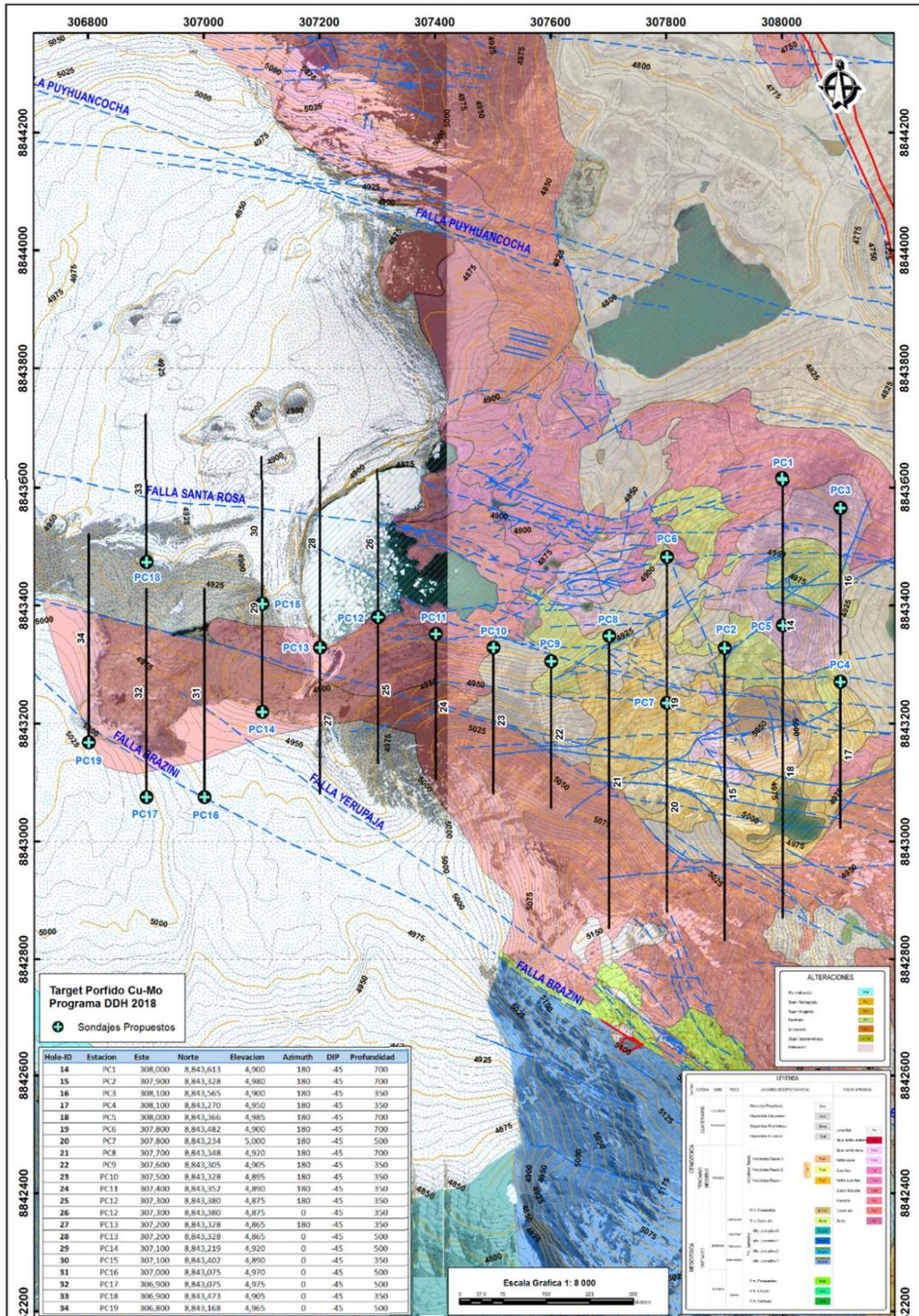
En la parte inferior del pórfido cuarcífero donde se puede apreciar el trazo de la falla Niño Cocha 1.

**Litología:**

La mineralización común que se presenta es la pirita, calcopirita con asociaciones de molibdenita.

La mineralización de calcopirita y molibdenita indican dos eventos distintos en donde la molibdenita muestra un ambiente hidrotermal más sulfurado y calcopirita menos sulfurado.

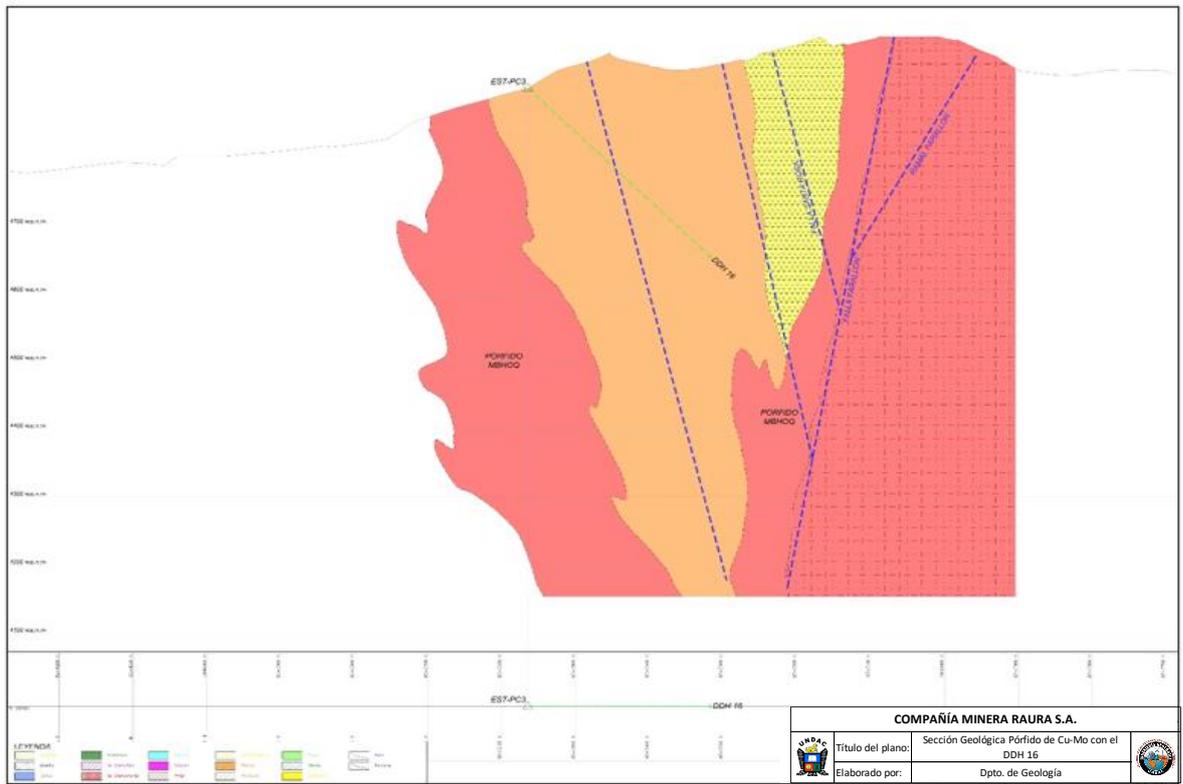
# PLANO DE UBICACIÓN DE LOS SONDAJES DEL PÓRFIDO DE CU-MO



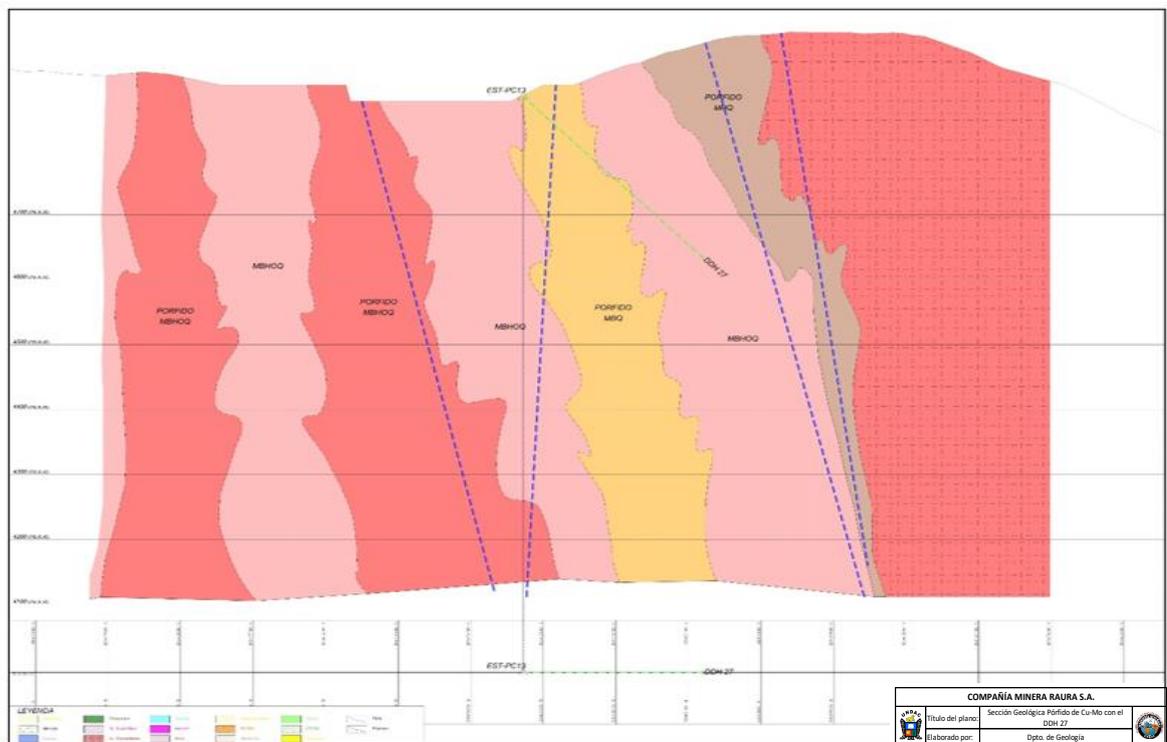
**COMPAÑÍA MINERA RAURA S.A.**

Título del plano:	PLANO DE UBICACIÓN DE SONDAJES DEL PÓRFIDO DE Cu-Mo	Escala:	1/8,000
Elaborado por:	Dpto. de Geología	Año/Fecha:	2018

### Sección Geológica Pórfido de Cu-Mo con el DDH 16



### Sección Geológica de Pórfido de Cu – Mo con el DDH-27.



## CONCLUSIONES

1. La exploración en la zona superficial nos indica que la erosión fue muy corta por lo cual se deduce la profundización del pórfido y la mineralización.
2. En los niveles superiores del yacimiento hasta el nivel 170 se tiene la continuidad del pórfido de Cu-Mo.
3. La mineralización nos indica dos eventos distintos en donde la molibdenita muestra un ambiente hidrotermal más sulfurado y calcopirita menos sulfurado.
4. Las alteraciones nos muestran rasgos de un yacimiento hidrotermal en las brechas y orogénico en el pórfido.
5. Por las características geológicas del pórfido, podemos decir que la continuidad es en profundidad.
6. Se han planificado 21 sondeos de perforaciones diamantinas.
7. Con la planificación desarrollada se logrará el incremento de 367 500 Tm. de recursos.
8. El costo total es de 1241 689 \$/m.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar trabajos de mapeo geológico (1:1000) en 150 ha., muestreo de zonas mineralizadas, geofísica (IP y Magnetometría).
- Asimismo, se debe realizar el muestreo continuo en las muestras de los sondeos.
- Se debe dar cumplimiento a la programación de los sondeos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ávalos Sotomayor N. (2018). "Documento sobre inclusiones fluidas VI: Exploración para depósitos pórfidos cuprífero basada en petrografía de inclusiones fluidas en el Distrito Minero Collahuasi, Chile". [Tesis de Título de Geólogo. Universidad de Chile]. Repositorio Institucional. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/168703>.

AVR CONSULLTORES. Pórfidos Cupríferos. Disponible en: <https://avrconsultores.cl/porfidos-cupriferos/>.

Barreda J. (2019). "*Yacimientos de Pórfidos de Cobre y locg del Norte de Chile con el Sur del Perú*". Asesor en Empresas Mineras y Petroleras.

Castilla Gómez, J. y Herrera Herbert, J. (2012). "*El Proceso de Exploración Minera Mediante Sondeos*". Universidad Politécnica de Madrid". Departamento de Explotación de Recursos Minerales y Obras Subterráneas, Madrid, España. Disponible en: <https://oa.upm.es/10695/>.

Cortés Yáñez, J. (2011). "*Evaluación Geológica de los Sistemas Porfídicos de CU-MO Amos y Andrés, Andes Centrales de Chile y Argentina*". [Tesis de Magíster en Ciencias Mención Geología. Universidad de Chile]. Repositorio Institucional. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/102517>.

Huaynalaya M. (2019). "*Implementación del método de explotación "sublevel stoping" en el cuerpo Santa Rosa de Minera Raura*". [Tesis de Ingeniero de Minas. Universidad Continental]. Repositorio Institucional. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12394/6394>.

Uribe E. y Zapana E. (2012) *Avances en la reinterpretación geológica y sus implicancias en la determinación de "targets" de exploración, Distrito Minero Raura*. Sociedad Geológica del Perú.

Uribe E. y Zapana E. (2014) *Exploraciones aledañas y descubrimiento de nuevos recursos que permiten una visión de ampliación de la producción en mina Raura*. Sociedad Geológica del Perú.

Maksaev V. (2004). “*Pórfido Cupríferos-Depósitos de Cu(Mo) de gran tonelaje y baja ley*”. Informe. Universidad De Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas – Departamento de Geología.

Maldonado Y. (2021). *Pórfidos cupríferos Vetillas y Alteraciones*. Disponible en: <https://geologiaweb.com/recursos-naturales/porfido-cuprifero/>.

Megard, F. (1979). “*Estudios Geológico de los Andes del Perú Central*”. Inst. Geol. Min. Y Metal., Bol. 8-Serie D, Estudios Especiales.

Muñoz P. (2020). *Evaluación geológica en la programación de perforación diamantina, proyecto Puyhuancocha, unidad minera Raura*. [Tesis de Ingeniero Geólogo. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Repositorio Institucional.

Uribe E. y Zapana E. (2012) *Avances en la reinterpretación geológica y sus implicancias en la determinación de "targets" de exploración, Distrito Minero Raura*. Sociedad Geológica del Perú.

## **ANEXOS**

## PROCEDIMIENTO DEL TRABAJO DE CAMPO

Diagrama de flujo



Perforación y Testigos

Retiro de la muestra del equipo perforadora

Transporte de cajas de testigos

Medición /Evidencia Fotográfica

Logueo Geotécnico (longitud recuperada, RQD%)

Logueo Geológico (litología, alteración, mineralización)

Base de Datos

Laboratorio Químico

Envío de muestras

Preparación y Análisis de Muestras



## MAPEO GEOLÓGICO SUPERFICIAL

N° de Muestra	ANÁLISIS GEOQUÍMICO				DESCRIPCIÓN DE LA ROCA	ALTERACIÓN	UBICACIÓN
	As	Bi	Cu	Mo			
1	3.4	0.75	63.2	4.1	granodioritas ferromagnesianos 15 - 20%, cuarzo de 8 - 10 % plag silicificada > 20%, py 0.5%	Propilítica débil a mod.	Laguna La Cocha Norte
38	52.7	31.5	203	5.1	brecha de pórfido dacítico? (por falla), contacto pórf qz/cama fenos plag. 3 mm cz 5% diss py 2 - 4% de grano grueso y fino, textura equigranular fina.	Argílica moderada	Borde Laguna La Cocha.
71	90.1	152	46.4	21.7	facie contacto brecha porf cz/czmz, clastos silicificados py fina 3 - 8% Mo? Posible inclusión posterior al sistema cobre con py fina y diss. Pórf cz silicificado.	Silicificación mod. Argílica moderada?	Punto Bernal.
111	291	39.8	1095	4.31	Pórfido cz/ posible contacto czmz py 2- 3% textura equigranular cz >10%, plag. Silicificada, feldespatos argilizados, py diss gruesa trazas de cpy ensamble con py cpy incluida en la plag.	Silicif. Mod. Fuerte Argílica sobre impues.	Punto Bernal cerca al contacto con cz mz.
139	3.22	34.1	2230	0.72	pórfido cz, cuarzo 25 - 30%, plag. 8 - 10%, silicif. Débil a mod. argílica sobreimpuesta mod. py ensamble con cpy 1.5% trazas de sericita.	Argílica moderada	
151	3.6	1.19	20	7.93	tufo siliceo brechado (microbrecha), textura cristalina cuarzo 10 - 20%, plag alterada 3 - 5% protolito riolítico? Py fina de 5 - 7%.	Silicificación fuerte	Laguna Niño Cocha W.
167	6.4	7.6	105	1.47	cuarzo monzonita a gd, no tiene magnetita, color gris claro py >5% (reemplazo clorita- biotita hornb. Facie comagmatica), (clorita, epidota por biotita - hornb. 5 - 7%, py 3% diss. reemplazando a los ferromagnesianos, textura granular fina a media cuarzo > 15% (mineral marrón arborescente suave.	Silicif. Mod. Fuerte Argílica débil	Punto Gloria cerca al contacto con pórf cz ojos de cuarzo.

236	3.4	3.74	41.6	8.3	riodacita py 3- 5%, cuarzo > 5%, plag alteradas silicificadas 15 - 20% clorita epidota, posible py reemplaza a los ferromagnesianos 5 - 7% grano fino, anomalía baja de Mo.	Silicif. Mod. Fuerte Argílica débil	SE del pto. Gloria cerca de la Laguna.
283	3.7	5.82	89.7	1.44	dique contacto pórfido dacítico/brecha dacítica py 2 - 3%.	Silicificación fuerte	SE del pto. Gloria con dique porfídico dacítico.
294	4.3	1.7	12.2	117.5	brecha dacítica silicificada, plag > 10% tapizadas por la silicificación microbrechada, py en mi-crovetillas diss de 3 - 5% en halos de bordes de la plag. Argílica débil, en fracturas P e alto de color gris oscuro.	Silicificación mod. F. Argílico mod. Débil	Zona escarpada de Mo/contacto riodacita.
301	16.4	1.96	12.2	22.8	brecha tufacea dacítica, color gris oscuro clastos subangulosos de pórfido cuarífero? Diss de py de grano fino a grueso 5%, P e alto epidotización moderada.	Silicificación mod. Epidotización débil	Brecha silícea contacto con falla Restauradora 1
336	10	2.11	6.2	15.35	brecha dacítica de grano fino, textura equigranular fina, plagioclasas alteradas argilizadas (d) py gruesa y fina 3 - 4%.	Silicificación mod. Argílica débil	Al SW del Pto Yudy cerca contacto pórfido dacítico.
349	37.9	4.44	20.7	349	tufo dacítico a riolítico cuarzo 10 - 15%, plag silicificada, tapizada ligera calcosilicatadas.	Silicificación mod/ F. Piritización argílica	Pto. Moli, anomalía alta.
435	43.3	51.9	103.5	7.68	brecha tobácea/tufo brechado clastos de cuarcita, tufos matrices tufacea arenosa, textura dacítica py diss y al borde de clastos microbrechados.	Silicificación mod. Argílica débil sobre im	Entre el Pto. Domo y Moli
438	5.9	6.9	8.4	7.6	tufo riodacítico cuarzo > 10%, plagioclasa silicificada >15%, pirofilita, diss py fina 2 - 3%.	Silicificación modera.	
454	46	1.93	60.2	1.56	pórfido dacítico? Ojos de cuarzo esporádicos 1 - 2mm, fenos de plagioclasa - feldespato 1- 3 mm biotita - hornb. 2% py incrustada gruesa < 0.5% ligera carbonatación efervece débil a moderado.	Silicificación modera.	Norte Domo " Chalmy" contacto con porf. Dacítico.

460	2.2	0.98	5.2	15.7	riolita " Chalmy", color gris claro, feld. Argilizados venillas de py (limonita) de grano fino, equigranular, vidrio volcánico (obsidiana).	Silicificación fuerte	Domo "Chalmy".
461	33.8	5.61	7.3	187.5	riolita silicificada, micro fracturada limonitizada py fina 2% con pequeñas oquedades por la Disolución de las plagioclasas.	Silicificación modera. Argílica débil fractura	Pto. Domo.
503	15.9	2.44	9.4	1.21	dacita alterada, argilizada, limonitizada, P e bajo, plagioclasas argilizadas moderada.	Argílica moderada	Pto Aida y Domo.
547	157	19.25	306	0.7	pórfido dacítico? ¿Ojos de cuarzo +- 1 mm Mn?, biotita - hornb.? ¿Mineral? Plomo plata color blanquecino.	Silicificación modera.	Qda falla Restauradora.
577	21.1	45.6	3460	4.12	cuarzo monzonita a gd?, vetillas de calcopirita, alimentador fenos 10% alterandose a clorita, epid. diss py, cpy < 0.5%, ortosa de 3 - 5%.	Silicificación mod Propilítica débil a mod.	Lag. Loca Cocha Sur.
GPS 1					pórfido dacítico > plagioclasa, facie de contacto pórfido cuarcífero, alteración tapizada sericita, silicif. Ligera epidotización.	Argílica moderada sobreimpuesta.	Qda. Hacia Jimena.
GPS 2					pórfido dacítico plag. Silicificadas tapizadas, ojos de cuarzo subredondeados 5%, feldesp. 20% Mn (pirolusita) 1%, carbonatización en microfracturas.	Silicificación modera. Argílica débil	Cerca de GPS, hacia el Sur Qda. Hacia Jimena.
GPS 3					pórfido dacítico brechado (microbrecha), carbonatización, cuarzo 5 - 8%, plag. De 10 - 15% relictos detríticos cuarzoes, Mn 1 - 2%.	Silicificación modera. Argílica moderada.	Qda. Hacia Jimena lado W, cerca de GPS 2.
GPS Q					pórfido cuarcífero, diss de py fina 1 - 2%, cuarzo > 20%, vetillas de 1.5 cm., ensamble Py+++ cpy-, ver el ensamble en el diss. Y en la vetilla como canal feeders.	Argílica moderada a fuerte	
Aida					pórfido dacítico? Alterado brecha clastos tipo líticos de volcánicos tufos, ojos de cuarzo 1 - 2mm matriz con 15 - 20%, plagioclasas alteradas por la silicificación de grano medio.	Silicificación mod. Argílica débil a mod.	Pto. Aida.

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

**Título de la Tesis:** Los Parámetros Geológicos del Pórfido Cu-Mo, en la Planificación de la Exploración con Perforación Diamantina - Mina Raura - 2021.

**Autor:** Bach. Yantas Arzapalo Jheraldin Dayana

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE
<p><b>PROBLEMA GENERAL:</b></p> <p>Interpretar los parámetros geológicos del Pórfido Cu-Mo, que influyen en la planificación de exploración con perforación diamantina en la Mina Raura.</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL:</b></p> <p>¿Los parámetros geológicos del Pórfido Cu-Mo influyen en la planificación de exploración con perforación diamantina, Mina Raura – 2021?</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL:</b></p> <p>Los parámetros geológicos del Pórfido Cu-Mo influyen en la planificación de exploración con perforación diamantina, unidad minera Raura – 2021.</p>	<p>Parámetros geológicos del pórfido Cu-Mo</p>
<p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</b></p> <p>Describir los parámetros geológicos del Pórfido Cu-Mo en la planificación de exploración con perforación diamantina.</p> <p>Aplicar la guías mineralógicas y geoquímicas para planificación de exploración con perforación diamantina.</p>	<p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b></p> <p>Describir los parámetros geológicos del Pórfido Cu-Mo en la planificación de exploración con perforación diamantina.</p> <p>Aplicar la guías mineralógicas y geoquímicas para planificación de exploración con perforación diamantina.</p>	<p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICOS:</b></p> <p>Las características geológicas del Pórfido Cu-Mo influyen en la planificación de exploración con perforación diamantina, unidad minera Raura – 2021.</p> <p>Las guías mineralógicas y geoquímicas determinan la planificación de exploración con perforación diamantina, unidad minera Raura – 2021.</p>	