

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SANANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS

**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOQUIMICO Y MINERAGRAFICO PARA
EVALUAR EL POTENCIAL AURIFERO DE LA VETA HUACO, UNIDAD
MINERA SAN JUAN DE CHORUNGA, CONDESUYOS - AREQUIPA**

PRESENTADO POR:

Bach. PERCY CIPRIAN USCA

Bach. LADY MILADY YEPEZ HEREDIA

**PARA OPTAR AL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO
GEÓLOGO**

ASESOR:

Mgt. MAURO ALBERTO ZEGARRA
CARREÓN

CUSCO - PERÚ

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: Estudio Geológico, Geoquímico y Mineralógico para evaluar el potencial aurífero de la Veta Huaco, Unidad Minera Sam Juan de Chorumga, Condesuyos - Arequipa.

Presentado por: Percy Ciprian Usca DNI N° 71796342

presentado por: Lady Milady Yopez Heredia DNI N°: 72195538

Para optar el título profesional/grado académico de Ingeniero Geologo

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 8 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	☒
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	☐
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	☐

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 05 de mayo de 2025


Firma

Post firma Mat. Mauro Alberto Zegarra Caricón

Nro. de DNI 23848124

ORCID del Asesor 0000 - 0003 - 0716 - 3980

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:456021531

Percy, Lady Milady Ciprian Usca, Yopez Heredia

ESTUDIO GEOLOGICO, GEOQUIMICO Y MINERAGRAFICO PARA EVALUAR EL POTENCIAL AURIFERO DE LA VETA HUAC...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

tm:oid::27259:456021531

159 Páginas

Fecha de entrega

5 may 2025, 7:12 p.m. GMT-5

28.395 Palabras

Fecha de descarga

5 may 2025, 7:16 p.m. GMT-5

161.544 Caracteres

Nombre de archivo

ESTUDIO GEOLOGICO, GEOQUIMICO Y MINERAGRAFICO PARA EVALUAR EL POTENCIAL AURIFERO....pdf

Tamaño de archivo

12.0 MB

8% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text
- Cited Text
- Small Matches (less than 20 words)

Exclusions

- 3 Excluded Matches

Top Sources

- 8%  Internet sources
- 0%  Publications
- 2%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

DEDICATORIA

PERCY CIPRIAN USCA

*Dedicado a mi familia que siempre creyó en mí,
este logro es tan suyo como el mío, sobre todo
de ti mamá, Aurelia Usca Pacco por ser la
inspiración de cada uno de mis pasos.
A mi asesor de tesis, por su guía, orientación
y confianza en mi capacidad para realizar este
trabajo.*

LADY MILADY YEPEZ HEREDIA

*Dedicado a mi familia que en todo momento
fue mi mayor motivo y que confió en mi
proceso,
como también para mis queridos abuelitos
Pascuala Ccallo y Victor Yeppez que desde
el cielo son mi fortaleza.
A mi asesor de tesis, por su confianza, tiempo,
orientación en el proceso de realizar la
investigación.*

INDICE

CAPÍTULO I	1
ASPECTOS GENERALES	1
1.1. Ubicación y accesibilidad.....	1
1.1.1. Ubicación.....	1
1.1.2. Accesibilidad.....	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.2.1. Descripción del problema	2
1.2.2. Formulación del problema	3
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
1.4. Hipótesis.....	4
1.5. Marco Teórico.....	4
1.5.1. Bases teóricas	4
1.5.2. Marco conceptual	31
1.6. Metodología de la investigación	36
1.6.1. Etapas de la investigación.....	36
1.6.2. Metodología de la investigación.....	38
1.6.3. Diseño de la investigación	38
1.7. Antecedentes de la investigación	38
1.8. Variables de investigación.....	39
1.8.1. Variables Independientes.....	39
1.8.2. Variables Dependientes	39
CAPÍTULO II.....	41
GEOMORFOLOGÍA	41
2.1. Introducción.....	41
2.2. Geomorfología Regional	41
2.2.1. Descripción de las unidades geomorfológicas regionales	41
2.2.2. Descripción de unidades geomorfológicas locales	43
CAPÍTULO III	46
GEOLOGÍA	46
3.1. Introducción.....	46
3.2. Geología regional	47
3.2.1. Estratigrafía.....	47
3.2.2. Rocas ígneas.....	52
3.3. Geología local	54

3.3.1.	Generalidades	55
3.3.2.	Estratigrafía.....	55
3.3.3.	Rocas ígneas.....	55
3.3.4.	Depósitos recientes	58
CAPÍTULO IV		61
GEOLOGÍA ESTRUCTURAL		61
4.1	Introducción.....	61
4.2	Geología Estructural Regional	61
4.2.1.	Dominios Estructurales	61
4.3	Fallas Regionales.....	64
4.3.1.	Falla Iquipi	64
4.3.2.	Falla Choclon	64
4.4.	Geología Estructural Local.....	65
4.4.1.	Fallas	65
4.4.2.	Fracturas	66
4.4.3.	Estructura mineralizada Jessica	66
4.4.4.	Estructura mineralizada Roja	66
4.4.5.	Estructura mineralizada Huaco	66
4.5.	Diagrama de polos.....	67
4.6.	Diagrama de rosetas.....	68
4.7.	Sistema Riedel	68
4.8.	Zonas de Transtensión	70
4.9.	Zonas de transpresión	70
CAPÍTULO V		73
GEOQUÍMICA		73
6.1	Introducción.....	73
6.2	Geoquímica de la zona de estudio	73
6.3	Análisis estadístico	74
6.3.1.	Muestreo Superficial	74
6.3.2.	Muestreo Subterráneo	77
6.3.3.	Análisis Multielemento	86
CAPÍTULO VI		91
PETROMINERAGRAFÍA.....		91
5.1	Generalidades.....	91
5.2	Descripción macroscópica de muestras	92
5.2.1.	GRD-01-A	92
5.2.2.	GRD-02-S.....	92
5.2.3.	GRD-03-S.....	93

5.2.4. HU-01-V.....	93
5.3. Descripción microscópica de muestras	94
5.3.1. Secciones Delgadas.....	94
5.3.1. Sección Pulida	101
5.4. Paragenesis	102
CAPÍTULO VII.....	103
ALTERACIONES HIDROTERMALES	103
7.1 Generalidades.....	103
7.2 Alteraciones hidrotermales	104
7.2.1. Cloritización.....	104
7.2.2. Argilización.....	107
7.2.3. Silicificación	109
7.3. Alteración Supérgena.....	110
CAPÍTULO VIII	115
GEOLOGIA ECONOMICA	115
8.1 Descripción y caracterización de la veta Huaco.....	115
8.2 Mineralogía.....	116
8.3 Minerales Mena.....	116
8.4 Minerales de Ganga	116
8.5 Clasificación del Yacimiento.....	117
8.6 Estimación e Inventario de Reservas y Recursos de la Veta Huaco.....	117
8.7 Dimensiones de los bloques	119
8.8 Metalogenia de la veta huaco.....	121
8.9 Modelo conceptual de la evolución regional	122
8.10 Modelo conceptual geológico local de la veta	127
DISCUSIÓN Y RESULTADOS	131
CONCLUSIONES.....	132
RECOMENDACIONES	133
BIBLIOGRAFÍA.....	134

DISCUSION Y RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

ANEXOS

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 <i>Desarrollo de líneas de afluentes</i>	5
Figura 2 <i>Pasos para la elaboración de una columna estratigráfica</i>	7
Figura 3 <i>Columnas estratigráficas con presencia de superficies erosivas y estructuras sedimentarias</i>	8
Figura 4 <i>Afloramiento de agua subterránea</i>	9
Figura 5 <i>Ejemplo de las geometrías y cinemáticas de microestructuras</i>	11
Figura 6 <i>Esquema de una anomalía geoquímica en una zona de exploración</i>	13
Figura 7 <i>Propiedades ópticas de minerales opacos</i>	15
Figura 8 <i>Esquema de la mineralización de una veta</i>	19
Figura 9 <i>Mineral extraído de niveles superiores de la veta Huaco con Oxido (patina de Hematita, Goetita).</i>	22
Figura 10 <i>Epidotización en plagioclasas</i>	24
Figura 11 <i>Alteración filica o sericítica</i>	25
Figura 12 <i>Muestra de montmorillonita</i>	26
Figura 13 <i>Esquema de las alteraciones en un sistema epitermal</i>	26
Figura 14 <i>Muestreo Channel sampling</i>	29
Figura 15 <i>Muestreo por puntos</i>	30
Figura 16 <i>fases hidrotermales</i>	33
Figura 17 <i>Valles presentes a cercanías de la zona estudiada</i>	42
Figura 18 <i>Flanco Occidental de la Cordillera de los Andes</i>	43
Figura 19 <i>Subunidad de montaña en roca intrusiva en las laderas en la zona de estudio</i> .	43
Figura 20	44
Figura 21 <i>Subunidad de piedemonte aluvio-torrencial en la zona de estudio</i>	45
Figura 22 <i>Afloramientos de rocas de la Formación Moquegua en la zona de estudio</i>	55
Figura 23 <i>Granodioritas de la Super Unidad Incahuasi en la zona de estudio, , el intrusivo granodiorítico intersectada con un dique de composición andesítica.</i>	56
Figura 24 <i>la monzonita se encuentra limitada por dos estructuras marcadas con orientación Norte-Sur.</i>	57
Figura 25 <i>Se observa diques andesíticos con dirección norte sur, intersectando al cuerpo de dioritas de la superunidad Incahuasi.</i>	58
Figura 26 <i>Se observa diques apliticos con dirección norte sur, intersectando al cuerpo de dioritas de la superunidad Incahuasi.</i>	58
Figura 27 <i>Vista tomada al Oeste del Valle Chorunga. Al lado derecho al pie del cerro se observa depósitos aluviales.</i>	59

Figura 28 <i>Intersección de dos fuentes principales que generaron gran cantidad de material fluvial, al fondo Rio Chalhuané que se une al rio Chorunga.</i>	59
Figura 29 <i>Columna estratigráfica local</i>	60
Figura 30 <i>Falla regional Iquipo y Choclon</i>	65
Figura 31 <i>Sistema dextral entre la veta Jessica y veta Huaco, generado una estructura tensional veta Roja.</i>	67
Figura 32 <i>Explicación Sistema Riedel</i>	69
Figura 33 <i>Zona de transtensión</i>	70
Figura 34	71
Figura 33 <i>Fracturas presentes en la monzonita de la zona de estudio</i>	71
Figura 34 <i>Muestra GRD-01-A</i>	92
Figura 35 <i>Muestra GRD-02-S</i>	92
Figura 36 <i>Muestra GRD-03-S</i>	93
Figura 37 <i>Muestra de veta,</i>	94
Figura 38 <i>Sección delgada 1 de la muestra GRD-01-A</i>	95
Figura 39 <i>Sección delgada 2 de la muestra GRD-01-A</i>	95
Figura 40 <i>Sección delgada 3 de la muestra GRD-01-A</i>	95
Figura 41 <i>Sección delgada 4 de la muestra GRD-01-A</i>	96
Figura 42 <i>Sección delgada 5 de la muestra GRD-01-A</i>	97
Figura 43 <i>Sección delgada 1 de la muestra GRD-02-S</i>	97
Figura 44 <i>Sección delgada 2 de la muestra GRD-02-S</i>	98
Figura 45 <i>Sección delgada 1 de la muestra GRD-03-S</i>	99
Figura 46 <i>Sección delgada 2 de la muestra GRD-03-S</i>	99
Figura 47 <i>Sección delgada 3 y 4 de la muestra GRD-03-S</i>	100
Figura 48 <i>Sección pulida 1 de la muestra HU-01-V</i>	101
Figura 49	102
Figura 50 <i>Veta entre roca caja alterada</i>	109
Figura 51 <i>Alteración supérgena en las granodioritas</i>	114
Figura 52 <i>Veta Aurífera Huaco, bandas de cuarzo intercaladas con gohetita y puntos de pirita.</i>	116
Figura 53 <i>Esquema estructural transversal a los Andes sur del Perú</i>	127
Figura 54 <i>Sección longitudinal y en planta de la veta Huaco</i>	129

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Datos de ubicación de la veta	1
Tabla 2 Ruta de acceso a la zona de estudio.....	2
Tabla 3 Operacionalidad de Variables.....	40
Tabla 4 <i>Datos de las muestras de superficie</i>	75
Tabla 5 <i>Datos de las muestras subterráneas</i>	78
Tabla 6 <i>Datos de las muestras analizadas por multielementos</i>	87
Tabla 7 <i>Valores por elemento según cada muestra</i>	88
Tabla 8 <i>Muestras cloritizadas</i>	105
Tabla 9 <i>Muestras con alteración argílica</i>	108
Tabla 10 <i>Muestras silicificadas</i>	110
Tabla 11 <i>Muestras con alteración supérgena</i>	112
Tabla 12 <i>reserva y recurso mineral veta huaco</i>	118

RESUMEN

El centro minero San Juan de Chorunga está ubicado en el batolito de la costa, en la Super Unidad Incahuasi del cretácico superior, con Datum WGS 84. Donde las rocas hipohabísales del Complejo Bella Unión han penetrado este yacimiento, clasificado como mesotermal. En este yacimiento se destaca la veta Huaco, estructura que combina zonas de transpresión y transtensión.

Las granodioritas del cretácico superior, forman parte de la serie calcoalcalina del Batolito de la Costa y pertenecen a la superunidad Incahuasi, relacionadas con este yacimiento que pertenece a la Franja Aurífera Nazca-Ocoña. La investigación se desarrolla con el objetivo de evaluar el potencial aurífero presente en la veta Huaco a través de estudios geológicos, geoquímicos y mineragráficos, orientados a comprender la mineralización y los controles que permiten que la veta Huaco tenga un potencial económico.

Las interacciones físicas del depósito de veta Huaco, causadas por las tensiones que producen deformaciones de apertura y cierre, son uno de los muchos aspectos de la correlación con los flujos hidrotermales. La caracterización estructural encuentra directrices favorables relacionadas con la acumulación y mineralización de mena. La exploración e interpretación de la adjudicación del oro en depósitos de tipo mesotermal se basa en la correlación entre mineralogía y estructura como criterios geológicos, el muestreo superficial y subterráneo dan resultados favorables con leyes de 4 gr/tn a 10 gr/tn con potencias variables de 0.10 m a 0.40 m. También se ha obtenido resultados máximos que superan los 45 gr/tn asociadas a galena y pirita fina en matriz cuarzosa. La cubicación por método geométrico tradicional nos da un total de 8829 toneladas de mineral con una ley de 10.66 gr/tn entre reservas probadas y probables, en finos un total de 2772.67 Onzas de Au.

Palabras claves: Control estructural, oro, estructuras mineralizadas, geología, asociaciones mineralógicas, veta Huaco.

ABSTRACT

The San Juan the Chorunga mining center is located in the coastal batholith, in the Upper Cretaceous Incahuasi Super Unit, with WGS Datum 84. The hypohabissal rocks of the Bella Union Complex have penetrated this deposit, classified as mesothermal the Huaco Vein, a structure that combines transpression and transtension zones, is prominent in this deposit.

The Upper Cretaceous granodiorites are part of the calc-alkaline series of the Coastal Batholith and belong to the Incahuasi Super Unit, related to this deposit, which is part of the Nazca – Ocoña gold Belt. The research is being conducted to assess the gold potential of the Huaco vein through geological, geochemical, and mineralographic studies, aimed at understanding the mineralization and the controls that allow the Huaco vein to have economic potential.

The physical interactions of the Huaco vein deposit, caused by stresses that produce opening and closing deformations, are one of the many aspects of its correlation with hydrothermal flows. Structural characterization finds favorable guidelines related to ore accumulation and mineralization. Exploration and interpretation of gold adjudication in mesothermal deposits is based on the correlation between mineralogy and structure as geological criterion. Surface and underground sampling yields favorable results with grades of 4 to 10 g/tn with varying thicknesses from 0.10m to 0.40m. Maximum results exceeding 45 g/tn have also been obtained associated with galena and fine pyrite. Cubing using the traditional geometric method gives a total of 8,829 tons of ore with a grade of 10.66 g/tn between proven and probable reserves, with a total of 2,772.67 ounces of Au in fines.

Keywords: Structural control, gold, mineralized structures, geology, mineralogical associations, Huaco vein.

INTRODUCCIÓN

El lugar de estudio se ubica al extremo occidental de los Andes en el sur de Perú, en la zona aurífera Nazca Ocoña del Batolito Costanero. Se encuentra en la provincia de Condesuyos, en el distrito de Rio Grande departamento de Arequipa. A esta zona de estudio se puede llegar por carretera desde Arequipa, recorriendo 250 km y luego 80 km más por una carretera de tierra.

El depósito minero San Juan de Chorunga está formado por múltiples vetas filonianas que tienen un origen mesotermal. Con este estudio se buscará comprender de manera clara la geología local, contrastar su génesis a través de estudios petromineralógico y geoquímicos. Además, Identificar la distribución del oro y los factores que lo controlan es el mayor desafío para conocer el potencial aurífero de esta veta, seguidamente para abordar el tema se han establecido un objetivo general y varios objetivos específicos.

Las estructuras vetiformes en cuestión se encuentra controladas por un grupo de fallas normales de orientación NO-SE que controlan la mineralización en general, pero el desafío principal es identificar la distribución del oro y los factores que controlan la mineralización de este último, específicamente en la veta Huaco.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. Ubicación y accesibilidad

1.1.1. Ubicación

El filón aurífera Huaco se ubica desde un punto político y geográfico en el margen derecho del río San Juan de Chorunga, distrito Río Grande, Provincia de Condesuyos, al noreste de la ciudad de Arequipa.

Desde un punto geológico está ubicada en el flanco occidental de los Andes del Sur del Perú, metalogenéticamente en la franja aurífera Nazca – Ocoña, dentro del Batolito Costanero del sur del Perú.

Las coordenadas siguientes representan la zona de estudio las cuales se encuentran en la zona 18 S con un área de 67.5 Ha.

Tabla 1

Datos de ubicación de la veta

COORDENADAS	PUNTO A	PUNTO B	PUNTO C	PUNTO D
Coordenada Norte	8244178	8244178	8243678	8243678
Coordenada Este	701682	713031	713031	711682
Altitud	1292	969	960	1178

Fuente. Elaboración propia

1.1.2. Accesibilidad

La vía principal es por la ciudad de Arequipa a través de la carretera Panamericana Sur hacia el poblado de Ocoña, cruzando previamente por la ciudad de Camaná; a partir de este punto se prosigue por trocha con dirección noroeste hasta llegar a la mina San Juan de Chorunga, el recorrido es de 335 km, la ruta es la siguiente:

Tabla 2*Ruta de acceso a la zona de estudio*

LOCALIDAD	KM	VIA	TIEMPO
Arequipa – Camaná	180	Asfaltado	3 hrs
Camaná – Ocoña	57	Asfaltado	3 hrs
Ocoña - Mina San Juan de Chorunga	85	Trocha Carrozable	2 hrs
TOTAL	322		8 hrs

Fuente. El Fuente. Elaboración propia

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Descripción del problema

La veta Huaco está ubicada en el distrito de Rio Grande anexo San Juan de Chorunga dentro de las concesiones que pertenece a la unidad minera CENTURY MINING PERU.S.A.C.

La creciente demanda de recursos minerales en la Empresa CENTURY MINING PERU.S.A.C. requiere la identificación de nuevas áreas con potencial aurífero para garantizar la sostenibilidad de la actividad minera. La zona de interés presenta características geológicas favorables, como la presencia de estructuras tectónicas, rocas ígneas y antecedentes de pequeñas exploraciones auríferas artesanales. Sin embargo, no se dispone de un estudio sistemático que permita determinar con precisión la importancia aurífera de la veta Huaco.

En la franja IX del mapa metalogénico del Perú, se encuentran ubicados yacimientos mineros entre ellos (Analítica Orion, Ishihuinca, Miski, Minera Paraíso, Saramarca, Esperanza de Caravelí y nuevos proyectos que se encuentran en la zona como Minera Prosol, Mina Chalhuane), cuyas estructuras son muy similares y han dado importantes depósitos de

minerales metálicos económicos.

1.2.2. Formulación del problema

Problema general

- ¿Cuáles son los rasgos geológicos, geoquímicos y mineragráficos para evaluar el potencial aurífero de la veta Huaco?

Problemas específicos

- ¿Cómo el cartografiado de la geología local nos ayuda de una mejor manera a evaluar el potencial aurífero de la veta Huaco?
- ¿Cuáles son las anomalías geoquímicas presentes en la veta Huaco?
- ¿Cuáles son las asociaciones mineralógicas para determinar la secuencia paragenética vinculadas al oro en la veta Huaco?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Realizar el estudio geológico, geoquímico y mineragráfico para evaluar el potencial aurífero de la veta Huaco.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Realizar el cartografiado de la geología local enfocada a la descripción de la veta y roca caja.
- Identificar las anomalías geoquímicas en base al muestreo superficial y labores artesanales.
- Determinar las asociaciones mineralógicas de mena y ganga mediante el análisis

mineragráfico de la veta Huaco.

1.4. Hipótesis

El estudio geológico, geoquímico y mineragráfico de la veta Huaco, unidad minera San Juan de Chorunga permitirá determinar el tipo de yacimiento y contribuir con información para evaluar el potencial aurífero del filon Huaco.

1.4.1. Hipótesis específicas

- La geología local está constituida por el cuerpo intrusivo que corresponde a la superunidad Incahuasi cubierta por los paquetes sedimentarios de la formación moquegua
- Las anomalías geoquímicas identificadas me generan bloques de mineral económico económico cubicable.
- La pirita, la galena y el oro son asociaciones mineralógicas de mena y el Cuarzo, Clorita, Epidota corresponden a la asociación mineralógica de ganga.

1.5. Marco Teórico

1.5.1. Bases teóricas

Estudio geológico

La geología busca estudiar la Tierra, las rocas que la constituyen y la evolución a lo largo del tiempo geológico, así como los cambios en la superficie tanto en el pasado como en la actualidad. (Tamayo, 2013)

Aplicando de métodos y técnicas que favorecen reconstruir su evolución geológica, se busca identificar las características litológicas y estructurales de las especies presentes en el área de análisis. (Tamayo, 2013)

La mineralización y la litología, así como los materiales destacables en el área de análisis, se identifican gracias a la información proporcionada por este estudio sobre las características geológicas más significativas. (Tamayo, 2013)

Geomorfología

Disciplina que analiza el realce de la superficie terrestre y analiza detalladamente sus formas y los procesos que las crean, con el objetivo de entender cómo se originan e interpretar su evolución. (Griem, Geomorfología, 2020)

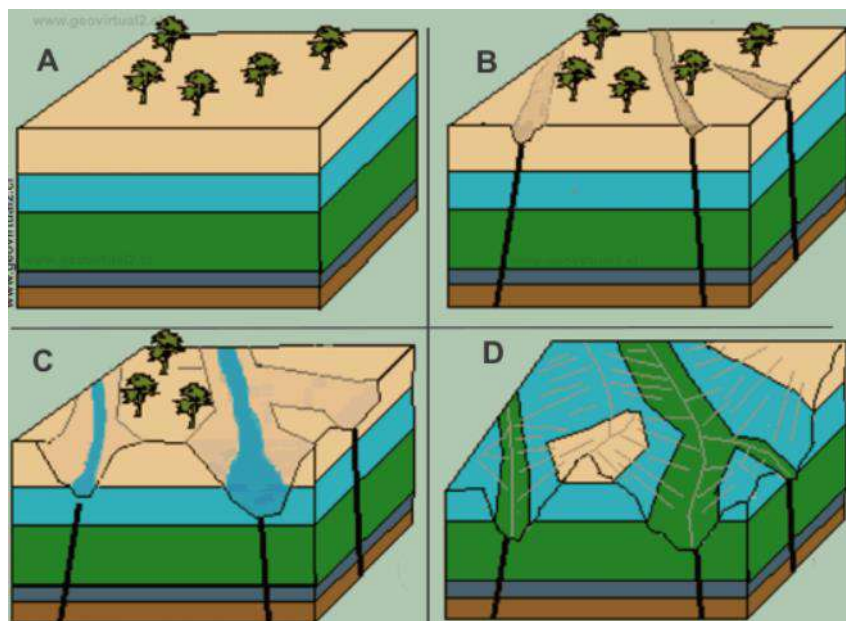
Una parte crucial de la evaluación de la estabilidad del terreno consiste en analizar la forma, la inclinación y la altitud del terreno. A diferencia de las zonas planas y bien drenadas, que suelen ser más estables, las inclinaciones abruptas o la topografía irregular pueden indicar una inestabilidad potencial. (Griem, Geomorfología, 2020)

Las diversas estructuras de la corteza terrestre, así como los procesos que las producen, los cuales son el producto de la acción de fuerzas exógenas y endógenas, son examinados por la geomorfología. Las primeras producen elevaciones y depresiones mediante movimientos verticales, mientras que las segundas son responsables de la denudación progresiva del relieve generado. La erosión, la meteorización, el transporte y la sedimentación forman parte de estos procesos de geodinámica externa. (Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, 2019)

Los factores climáticos, la composición de la roca, los movimientos tectónicos y los procesos de desgaste son componentes esenciales en la creación de un paisaje. Las geoformas son formas geomorfológicas distintivas creadas por la combinación de estos elementos. (Griem, Geomorfología, 2020).

Figura 1

Desarrollo de líneas de afluentes



Fuente. A) Un área sin erosión con capas horizontales, B) La erosión y el transporte comienzan en zonas más suaves (como fracturas o fallas), C) La erosión se intensifica en la base de los valles, se pueden observar las capas más antiguas (capa azul), D) La erosión llega a su máxima intensidad donde los valles son profundos y se observan rocas más antiguas en la base (capa verde), y en la cima de las montañas solo quedan restos de la capa superior. Tomado de (Griem, Geomorfología, 2020)|

Estratigrafía

El objetivo de la estratigrafía es comprender y analizar las rocas estratificadas, las cuales se distinguen por presentar capas superpuestas o estratos desde su formación inicial. Se estudian principalmente las rocas sedimentarias, pero también las rocas metamórficas que se derivan de ellas y que conservan su estructura estratificada, así como los sedimentos no consolidados y las rocas volcánicas estratificadas. (Molina, 2023)

El periodo de deposición de cada estrato permite reconstruir los factores ambientales en las que se presentan, incluyendo su antigüedad, mediante el análisis de los fósiles

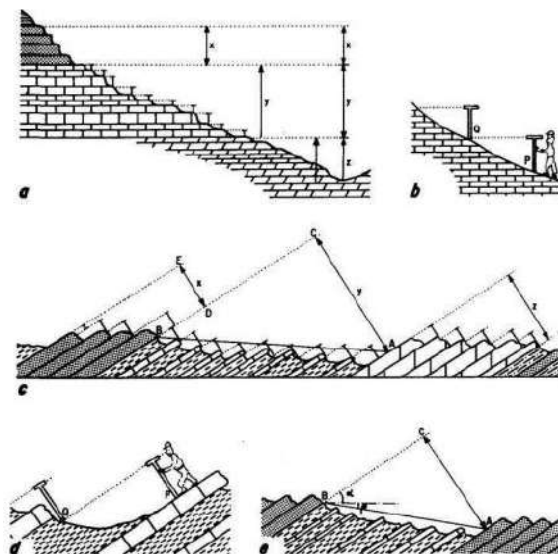
presentes en ellos. (Molina, 2023)

Dicho campo de una evaluación geología se fundamenta en el trabajo en campo mediante el reconocimiento de las litologías, colores, texturas, tipos de estratificaciones, presencia de estructuras sedimentarias, fósiles, entre otros; para así poder reconocer las unidades litoestratigráficas correspondientes. (Vera, 1994)

Conjuntamente con las actividades antes mencionadas, se realiza el mapeo geológico complementándolo con la elaboración de columnas y secciones estratigráficas. La creación de mapas geológicos permite la estructuración de perfiles geológicos mediante diagramas en el terreno o en imágenes que muestren la disposición de los materiales estratificados. (Vera, 1994)

Figura 2

Pasos para la elaboración de una columna estratigráfica

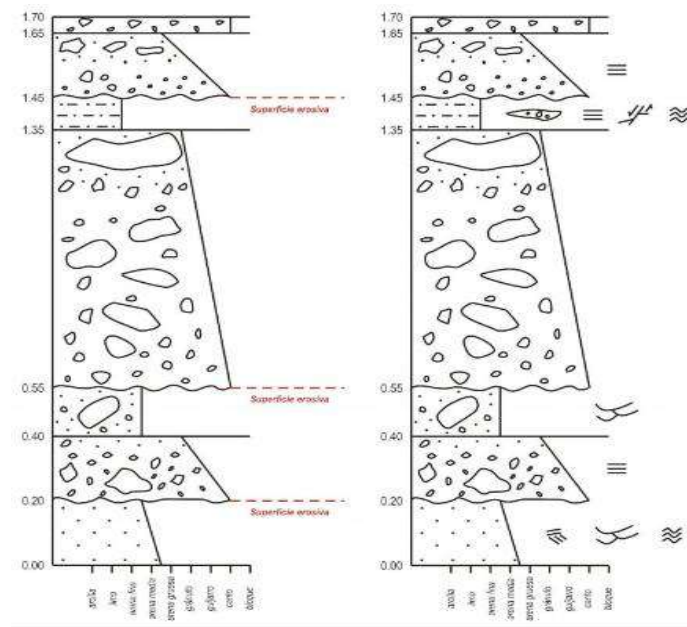


Fuente. a) Medición de unidades litoestratigráficas en materiales horizontales, b) Se corrobora las medidas anteriores con la vara de Jacob, en este caso capas de 1,5 m de altura (medida de la vara de Jacob), c) Para obtener la potencia de una unidad inclinada, se realizan medidas parciales sucesivas, d) De igual forma, con la vara de Jacob (1,5 m) se miden las

capas inclinadas, e) La distancia A-B, los ángulos de buzamiento y la línea A-B con respecto a la horizontal se utilizan para calcular el espesor de una unidad. Tomado de (Vera, 1994)

Figura 3

Columnas estratigráficas con presencia de superficies erosivas y estructuras sedimentarias



Fuente. Tomado de (Ayala, Elaboración de una columna estratigráfica, 2023)

Hidrogeología

Estudia el surgimiento y el desarrollo de las aguas subterráneas, incluyendo su ubicación, su extensión, su circulación, su comportamiento y su almacenamiento bajo la superficie terrestre. Además, examina cómo las aguas subterráneas interactúan con los suelos y las rocas, así como su estado y características físicas, químicas, bacteriológicas y radiactivas. También analiza las circunstancias que determinan la administración, supervisión y eliminación adecuada de este recurso hídrico. (Mijailov, 1989)

La gravedad es la atracción molecular, que provoca una cohesión superficial cuando

las superficies sólidas están exteriorizadas al aire, es otra fuerza importante que hace que el agua se adhiera a sus contornos. (Tucto, 2019)

Una vez reconocidas las eras geológicas producidas en el área de investigación, se estudia la hidrogeología asignando una unidad hidrogeológica, basándose en las características geológicas como tipo de roca y estructuras observadas en el terreno; así como en la descarga y propiedades fisicoquímicas de las aguas subterráneas. (Moreno, Núñez, & Dueñas, 2016)

Un mapa que represente la distribución de los suelos y rocas capaces de almacenar y transportar agua subterránea es creado gracias a los parámetros antes mencionados. En el futuro, este mapa servirá como base para investigaciones hidrogeológicas más detalladas. (Moreno, Núñez, & Dueñas, 2016)

Figura 4

Afloramiento de agua subterránea



Fuente. Tomado de (Ingeoexpert, 2022)

Geología estructural

Estudia la corteza terrestre y sus deformaciones a diversas escalas: desde cambios en

la estructura atómica de los cristales hasta pliegues y fallas en la corteza terrestre. Con el propósito de comprender la historia de la deformación de las rocas y las causas que la han provocado, su enfoque incluye una amplia gama de procesos. Se puede explicar cómo y por qué las fallas en la corteza terrestre ocurren o se reactivan mediante el uso de modelos geomecánicos, como los criterios de fracturación. (Padilla, 2021)

Las características y composición de las rocas en las que las fuerzas tectónicas han actuado tienen un impacto en los rasgos estructurales, lo que ha llevado a la creación de estructuras geológicas que se pueden observar en la actualidad. (Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, 2019)

Utilizando vectores de movimiento para entender con precisión los desplazamientos tectónicos, sus magnitudes reales y sus direcciones, el análisis estructural se centra. Esto facilita la interpretación de los esfuerzos previos que podrían haber tenido lugar en un momento determinado. Es esencial considerar las microestructuras de escala mesoscópica, tales como las fibras de recristalización, las estrías y las fracturas riedels, que se encuentran en un afloramiento. (Ayala, 2023)

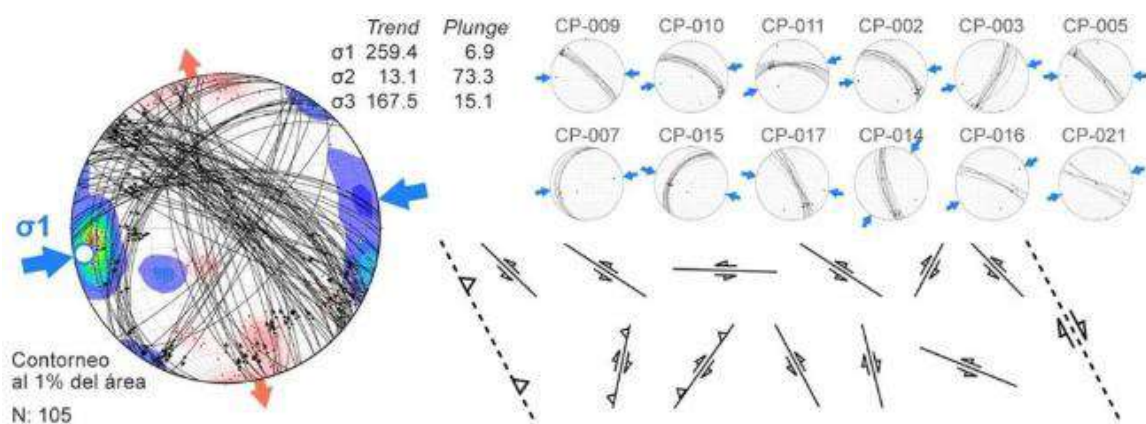
Se examinan las cinemáticas principales de cada grupo de microestructuras medido después de obtener los datos, que pueden cubrir una base de datos amplia con más de 100 microestructuras. Las cinemáticas principales se conocen con precisión gracias a la clasificación de fallas de Angelier, que se utiliza para realizar este análisis. Se puede determinar si las estructuras analizadas fueron creadas por movimientos de desgarre, oblicuos o paralelos a la dirección de buzamiento mediante mediciones de buzamientos y cabeceos. (Ayala, 2023)

El Método de los Diedros Rectos, una técnica de inversión tectónica, y la estereografía son necesarios en la última fase del análisis estructural. Es común utilizar

programas que incorporan estos métodos en sus algoritmos porque procesar manualmente una gran cantidad de datos microestructurales puede resultar tedioso. Se puede obtener información sobre los paleoesfuerzos a partir de los tensores de compresión y extensión al representar adecuadamente las geometrías y cinemáticas de las microestructuras. (Ayala, 2023)

Figura 5

Ejemplo de las geometrías y cinemáticas de microestructuras



Fuente. Tomado de (Ayala, 2023)

Estudio geoquímico

Los elementos químicos presentes en la Tierra, que se encuentran en los minerales que componen las rocas, en los productos que se derivan de ellas, así como en los organismos vivos, el agua y la atmósfera, son investigados en la geoquímica. (Oyarzún, 2022)

Para evaluar su constitución elemental y mineralógica, se recopilan muestras de suelo que contienen minerales relevantes, así como rocas de distintas litologías, en un estudio geoquímico. Para determinar su mineralogía, se decide llevar a cabo una evaluación de difracción de rayos X. Después, se realiza una evaluación elemental con fluorescencia de rayos X para evaluar las asociaciones de elementos en las pruebas de suelo y en las rocas. Por último, se utiliza espectroscopia infrarroja (FT-IR) para muestras de suelo para encontrar

otras tipos de minerales en las que se han observado irregularidades. Debido a que el análisis FT-IR requiere un tamaño de partícula no superior a 50 μm , es importante reducir el tamaño de las partículas de las muestras mediante un molino de discos. (Ruiz, 2022)

Prospección geoquímica

Es una herramienta de la prospección minera en la identificación, tanto de las especies geoquímicas como de las metalogenéticas de las que derivan. Se aplica la prospección geoquímica en todas las etapas de la prospección minera, desde la prospección a nivel estratégico hasta en la valorización de un depósito de minerales. (Levison, 1980).

Dispersión geoquímica

El análisis sistemático de cómo se distribuyen los componentes químicos en los minerales es la base de los criterios de dispersión geoquímica. La dispersión es el proceso por el cual los elementos se distribuyen o se redistribuyen debido a la acción de agentes químicos o físicos. (Córdova, 2018)

El pH y el potencial de hidrógeno (EH) del ambiente, así como los procesos de absorción y las reacciones de competencia, tienen un impacto significativo en el movimiento o la dispersión de un elemento químico en la fase supergénica cuando se extrae de las rocas mediante la meteorización. (Córdova, 2018)

La dispersión y movilidad de los componentes en el transcurso de la meteorización en un entorno supergénico pueden reflejar la redistribución de los elementos después de la mineralización. Sin embargo, con frecuencia, la dispersión de estos componentes indica una variación en su distribución en un filón primario. (Córdova, 2018)

Dispersión primaria

Se produce en ambientes primarios (con alta presión y temperatura). Las fisuras, las rupturas y los espacios entre los granos de las rocas son las trayectorias que toman las soluciones y los lugares donde se precipitan. Para varios elementos es más frecuente en los depósitos que la rodean. La extensión vertical es mucho mayor en las zonas donde los cuerpos de mineral tienen inclinaciones pronunciadas. (Córdova, 2018)

Dispersión secundaria

Los elementos se desplazan de su ubicación original debido a la erosión y la dispersión de la roca. La dispersión de los productos de meteorización puede ser provocada por la sedimentación o la precipitación selectiva a través del transporte. Para realizar una prospección geoquímica efectiva, es esencial entender los elementos mecánicos y químicos que afectan la dispersión. La dispersión secundaria se divide en dos categorías: la singenética y la epigenética. (Córdova, 2018).

Anomalía geoquímica

Conlleva una variación de los componentes geoquímicos que se consideran ordinarios en un área específica; por lo tanto, se define como una diferencia en relación con el contenido habitual. Como resultado, se puede evaluar cuantitativamente desde una perspectiva cualitativa un depósito mineral, el cual se considera una anomalía geoquímica. (Córdova, 2018)

Figura 6

Esquema de una anomalía geoquímica en una zona de exploración



Fuente. Tomado de (Medina, 2023)

Análisis Químico

Cronología de la evolución del análisis geoquímico

Los métodos de análisis geoquímico con el pasar de los tiempos y de acuerdo con las exigencias de una minería moderna, iban modernizando con la finalidad de obtener mayor precisión y exactitud en sus pruebas es así que los análisis geoquímicos hoy en día se realizan mediante la espectroscopia técnicas analíticas utilizadas para determinar la composición elemental de una muestra examinado su espectro de masas o electromagnético (Agilent technologies, 2016).

Análisis minerográfico

Sirve para reconocer los minerales de mena presentes en la muestra, se utilizan sus características físicas y se realizan pruebas físicas como el magnetismo y la dureza. (Marin, 2019)

En su mayor parte, el estudio minerográfico implica la recolección de muestras de campo; estas muestras deben estar cerca del área de investigación y deben proporcionar información geológica de interés. Para que un microscopio mineral las analice, las muestras son procesadas en forma de láminas delgadas. Se reduce el grosor de estas láminas a 30

micrómetros y se colocan sobre un soporte de vidrio con un cubreobjeto para facilitar la identificación de los minerales presentes. (Ruiz, 2022)

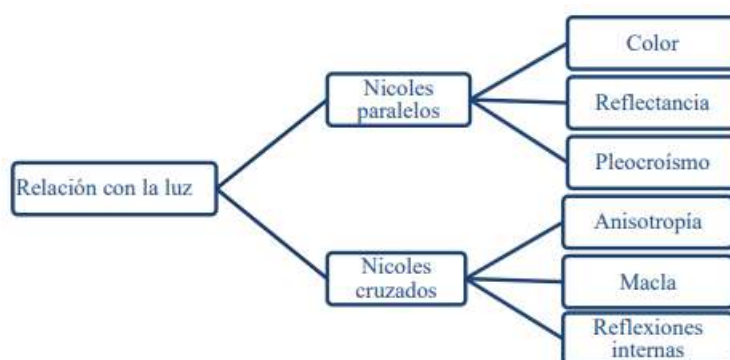
Se examina la literatura correspondiente (Tablas para la determinación de minerales opacos comunes) para obtener información sobre su composición química, sus propiedades físicas y otros datos relevantes una vez que se ha identificado el mineral. No obstante, en situaciones particulares, el análisis mineralográfico es la única forma de determinar las características significativas. Dado que afectan el comportamiento de las menas, como las propiedades físicas de dureza, el clivaje, el brillo y el tipo de fracturamiento, son esenciales. (Marin, 2019)

Minerales opacos y sus propiedades ópticas

Para su identificación, el estudio de los minerales opacos establece que un mineral opaco absorbe la mayor parte de la luz, lo que permite que solo una pequeña cantidad de luz lo atraviese. (Marin, 2019)

Figura 7

Propiedades ópticas de minerales opacos



Fuente. Tomado de (Marin, 2019)

A continuación, se definen las propiedades ópticas a considerar para el estudio en nicoles paralelos de los minerales opacos. El color, el pleocroísmo, la topografía, el tamaño,

la forma y el clivaje son características que se examinan mediante luz ortoscópica transmitida y nicoles paralelos. (Marin, 2019)

Color

El color de un mineral en una sección delgada no muestra tantas variaciones como se observarían a simple vista; esto se debe a que el impacto de las impurezas es insignificante con un grosor de 30 μm , (Marin, 2019)

En dos grupos se encuentran: con color y no coloreados. Cuando se iluminan por reflexión, la mayoría de los minerales opacos muestran tonalidades que van del blanco al gris (sin color). Los minerales cercanos, el tipo de luz y el grado de pulido pueden influir en el color de un mineral. Es fundamental para la identificación de minerales opacos, aunque es una característica bastante subjetiva. (Marin, 2019)

Pleocroísmo

Al ser iluminados desde diferentes ángulos, ciertos minerales tienen la capacidad de mostrar diferentes colores (o variaciones en la intensidad o la tonalidad). El pleocroísmo en secciones delgadas de 30 μm de espesor puede ser muy diferente en muestras más gruesas debido a que el nivel de absorción está relacionado con el grosor de la muestra. (Marin, 2019)

Al girar la platina del microscopio, el mineral muestra una variación en el color o en la intensidad del color debido a la absorción desigual de la luz en diferentes posiciones. (Marin, 2019)

Reflectancia

Se refiere al porcentaje de luz reflejada en una superficie en comparación con la luz que la toca. La orientación cristalina de la sección observada, en particular si el mineral

presenta anisotropía, y la intensidad de la luz que la ilumina son factores que influyen en este fenómeno. (Marin, 2019)

Se clasifica en tres grupos: alto, medio y bajo. Si su reflectancia es alta, un mineral incoloro se verá de color blanco y de color gris si es baja. (Marin, 2019)

Ahora se presentan las propiedades ópticas a considerar para el estudio en nicols cruzados de los minerales opacos. Podemos distinguir las orientaciones de los índices de refracción del mineral en la sección delgada utilizando el microscopio con el analizador colocado (nícoles cruzados). Adicionalmente, se puede encontrar el índice máximo y mínimo y encontrar la diferencia entre ellos. El examen de características como la elongación, la extinción, los colores de interferencia y la birrefringencia permite establecer esto. (Marin, 2019)

Anisotropía

Se trata de la capacidad de algunos minerales para permitir que la luz atraviese nicols cruzados. Los minerales anisótropos en secciones diferentes a la circular son los que exhiben esta característica. (Marin, 2019)

Reflexiones internas

La superficie del grano se ilumina con un color que es bastante distintivo para cada tipo de mineral cuando la luz entra en minerales translúcidos y se refleja en superficies de contacto, planos de clivaje, microfracturas o inclusiones. En los minerales que no sean completamente transparentes o opacos, la luz se refleja en las inclusiones, fracturas y otros elementos, lo que provoca las reflexiones internas. Todos los minerales que no son completamente opacos experimentan este fenómeno. (Marin, 2019)

El tono de las reflexiones internas es particular para cada mineral; sin embargo,

algunos minerales exhiben reflexiones internas muy similares entre sí, mientras que otros cambian de acuerdo con su composición. (Marin, 2019)

Maclas

La disposición ordenada de dos o más cristales de un mismo mineral, con orientaciones diferentes y que siguen una ley de simetría (ya sea un plano, eje o centro de macla), se conoce como macla. (Marin, 2019)

Depósitos vetiformes

Pueden dar lugar a la estructura tabular una zona de falla mineralizada, una veta hidrotermal o un dique magmático. (Griem, 2020)

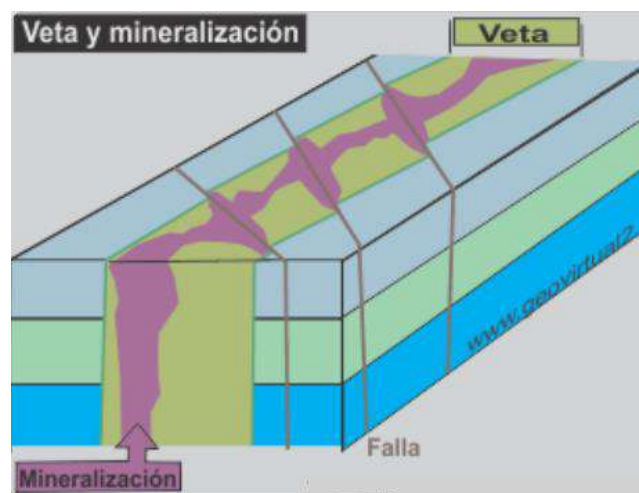
- Los diques, formaciones magmáticas presentan un grosor que oscila entre 1 m y 200 m. En relación con la roca cercana, los diques con frecuencia muestran una salbanda en sus límites. Las variaciones en el comportamiento durante la cristalización, en particular en lo que respecta al enfriamiento, en comparación con las áreas internas del dique, son la causa de esta salbanda. Esta se presenta en el suelo como 02 líneas de rocas paralelas que exhiben una resistencia distinta a la meteorización. Las aguas hidrotermales del sistema causan con frecuencia metasomatosis en los diques después de la cristalización magmática. Este proceso se conoce como autometasomatosis. (Griem, 2020)
- Se producen formaciones llamadas vetas después de la actividad magmática, en su mayor parte por medio de procesos hidrotermales. En base de las variaciones de temperatura y presión, los minerales se cristalizan a partir de una fase acuosa. (Griem, 2020)
- En las rocas fracturadas; debido a una metasomatosis, dentro de la zona de falla, se puede observar una mineralización tabular. El movimiento de fluidos descendentes y

ascendentes fue posible gracias al proceso de fracturamiento. (Griem, 2020)

Las estructuras vetiformes, sin duda, siempre reflejan la geología estructural de la región. La estructura tabular, por otro lado, se considera una estructura tectónica. Las estructuras que se cruzan también tienen un impacto en la mineralización dentro de una veta. Esto tiene que ver con la continuidad de las placas tectónicas: las etapas más recientes, en relación con la estructura, no tienen un gran impacto en la veta, mientras que las fases actuales tienen un gran control sobre la mineralización. Los desplazamientos en la estructura son principalmente el resultado de las fases que suceden después de la formación de la veta. (Griem, 2020)

Figura 8

Esquema de la mineralización de una veta



Fuente. Tomado de (Griem, 2020)

Control Estructural

El control estructural fue muy importante para la mineralización donde indican que las provincias más ricas están relacionadas a estructuras mayores de alcance cortical como las fallas regionales de primer orden, la mineralización no está hospedada en estructuras de

cizalla (Robert y Poulsen, 2021), los fluidos son conducidos por la influencia de la tectónica o sísmica por una secuencia de aglomeración de la presión, seguidamente liberada en la abertura de fallas, sellamiento y el proceso se repite; se ha demostrado una relación cercana entre las fallas inversas y mineralización de Alto Angulo.

Las fallas trasladan la solución mineralizada (Sibson et al 1988). Robert et al. (1995). Realizo estudios donde llega a una conclusión de que los yacimientos orogénicos están ubicados en zonas de deformación subsidiarias (2do o 3er orden) lo cual indica un fuerte control estructural.

Geoquímica de fluidos

Los fluidos; en los depósitos hidrotermales, son principalmente el resultado de procesos magmáticos; estos fluidos dirigen los metales a ser sedimentados de acuerdo con las circunstancias termodinámicas presentes. (Townley, 2001)

Rona (1984), propuso para la transformación del mineral de oro en la cordillera Oriental, un modelo genético como un sistema hidrotermal. Se inicia con la acumulación de lodos sulfurados ricos en metales, estos lodos están brotando de fuentes hidrotermales submarinos, que comprenden a varias grietas o conductos de salida.

Por la columna sedimentaria los fluidos hidrotermales ascendentes atraviesan un proceso de apelmazado, y así los límites de capas sirven de avenamiento, generando la impregnación de algunos niveles sedimentarias y la formación de mantos. Prevalecen grandes gradientes de temperatura, sin fenómenos de ebullición.

Procesos ígneos

Se pueden presentar los siguientes:

Plutonismo

Genera minerales metálicos e industriales, así como rocas industriales (como los granitos en general) y yacimientos ortomagmáticos, que son los resultados de la acumulación de minerales en cámaras magmáticas. (Tamayo, 2013)

Volcanismo

En combinación con procesos sedimentarios, produce minerales metálicos y rocas comerciáveis (algunas variedades de "granito", áridos y puzolanas). (Tamayo, 2013)

Procesos pegmatíticos

Resultan de filones de minerales industriales, como el cuarzo y la mica, así como de minerales metálicos (como la casiterita). (Tamayo, 2013)

Procesos hidrotermales y neumatolíticos

Filón de minerales metálicos y minerales industriales suelen ser la fuente. (Tamayo, 2013)

Procesos metamórficos

Las rocas atraviesan una secuencia de modificaciones mineralógicas, texturales en un estado sólido. Es decir, sucede un reajuste de la roca a condiciones físicas diferentes y a las condiciones físicas presentes en la superficie de la tierra y a lo largo de la diagénesis. Además, se presenta con la fusión parcial que aplica cambios en la composición química global de la roca (Bucher y Rodney, 2011).

Procesos exógenos o superficiales

Erosión

Al exponerse a la atmósfera y la hidrosfera, el mineral del espacio terrestre se fragmenta y atraviesan cambios químicos y físicas, esto provoca la formación de clastos o fragmentos, además de sales. La creación de yacimientos residuales puede ser el resultado de transformaciones relacionadas con la erosión. (Tamayo, 2013)

Transporte

El movimiento de los clastos debido al agua y al viento, así como el traslado de cationes (sales) por el agua, se afecta la composición química tanto de la región que experimenta la erosión como de la zona donde estos materiales se depositan. También ocurren cambios químicos y físicos durante el transporte, así como la erosión y el asentamiento. (Tamayo, 2013)

Alteración supergena

La oxidación de vetas auríferas es un proceso que puede concentrar el oro y la plata, haciendo que sean más fáciles de recuperar.

La oxidación es un fenómeno que se produce por la acción del oxígeno, generalmente cuando se libera en el agua. En este proceso, la sustancia oxidante se reduce al adueñarse de los electrones que pierde la que se oxida.

Figura 9

Mineral extraído de niveles superiores de la veta Huaco con Oxido (patina de Hematita, Goethita).



Fuente. Toma propia Nivel 5 Veta Huaco

Alteraciones hidrotermales

La interacción entre rocas y fluidos hidrotermales genera un intercambio químico. Debido a un desequilibrio termodinámico entre las dos fases, la roca afectada sufre alteraciones químicas y mineralógicas como resultado de esta interacción. Una alteración hidrotermal es un proceso de metasomatismo en el que la roca original sufre una transformación mineralógica y química dentro de un sistema variable (condiciones termodinámicas del fluido hidrotermal). (Townley, 2001)

Se presenta una variedad de alteraciones hidrotermales, las cuales se distinguen por la presencia de asociaciones minerales específicas. Entre otras cosas, la formación del fluido hidrotermal, la naturaleza de la roca huésped, la temperatura, el pH, el potencial redox (Eh), la relación entre agua y roca y el tiempo de interacción afectan la variedad y el grado de estas alteraciones. (Townley, 2001)

Alteración propilítica

La principal característica es la combinación de clorita-epidota (y también con cuarzo-magnetita-illita y calcita, pirita, albita o calcita). Por lo general, la alteración propilítica es un halo distal y gradual de la alteración potásica; se comienza con la actinolita-

biotita en relación con la zona potásica y continúa con la actinolita-epidota en la zona propilítica. En áreas más distales, se pueden localizar asociaciones de epidota-clorita-albita-carbonatos. Estas zonas se vuelven cada vez más abundantes en zeolitas y clorita hidratadas creadas a temperaturas bajas. (Townley, 2001)

El gradiente termal que disminuye desde el núcleo termal hacia el exterior (alteración potásica en esta discusión) es el reflejo de esta propiedad zonal y gradacional. En ambientes con unas temperaturas bajas (200°-250°C), pH neutro a alcalino, se produce esta alteración. La alteración propilítica puede ser indicada por la presencia de actinolita (280°-300°C). (Townley, 2001)

Figura 10

Epidotización en plagioclasas



Fuente. Tomado de (García, 2015)

Alteración cuarzo-sericita

La presencia de minerales como la pirita, la clorita y la illita, así como la sericita y el cuarzo son sus principales características. La sericita es el mineral predominante en la facies filítica. La alteración de cuarzo-sericita ocurre a temperaturas superiores a 250 °C y en un intervalo

de pH de 5 a 6. Se produce illita (entre 200 y 250 °C) o illita-smectita (entre 100 y 200 °C) a temperaturas más bajas. El corindón está relacionado con la sericita y la andalusita cuando alcanza los 450 °C. La paragonita puede ser la mica predominante en ambientes con abundante sodio. Rocas máficas pueden contener roescolita (mica alta en vanadio) y fuchsita (mica alta en cromo). (Townley, 2001)

Figura 11

Alteración filica o sericítica



Fuente. Tomado de (García, 2015)

Alteración argílica moderada

Esto sucede en un plazo de pH de 4 a 5 y puede ocurrir en un intervalo de pH de 3 a 4 con alunita. La presencia de arcillas (caolín) y diversas variedades de cuarzo es su característica principal. La caolinita se produce a temperaturas menores a 300°C, con frecuencia entre 150° y 200°C. La pirofilita es la fase estable a temperaturas superiores a 300°C. (Townley, 2001)

Figura 12

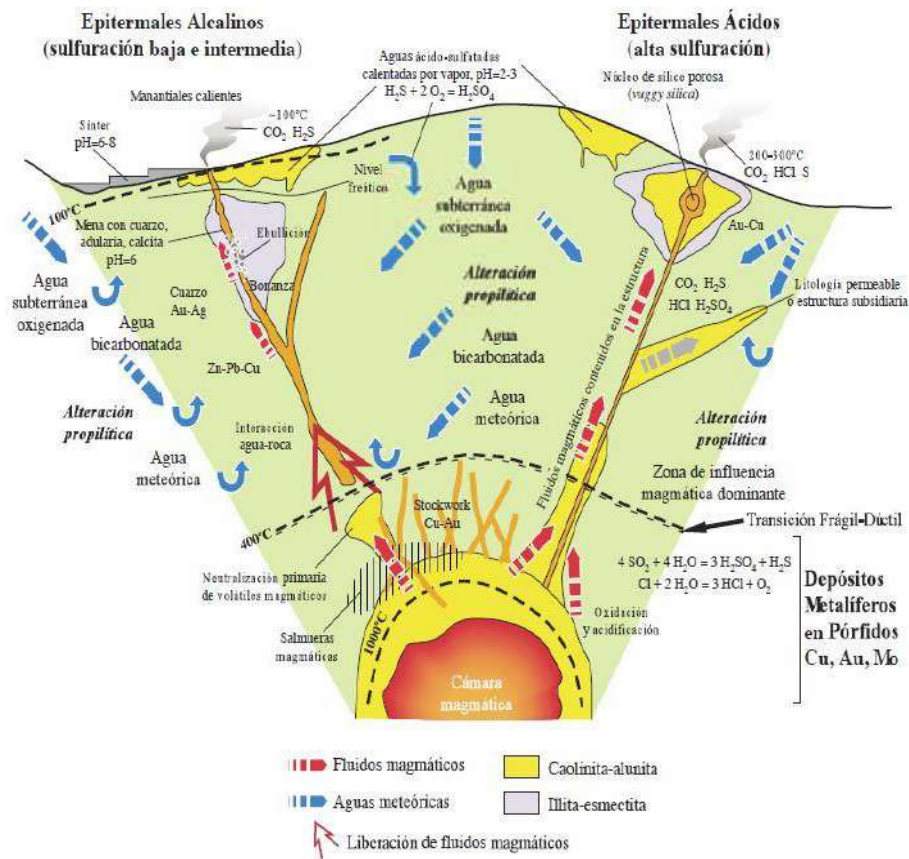
Muestra de montmorillonita



Fuente. Tomado de (García, 2015)

Figura 13

Esquema de las alteraciones en un sistema epitermal



Fuente. Tomado de (García, 2015)

Muestreo

El proceso de extraer una muestra de un material se conoce como muestreo. Cuyo valor se busca comprender. Esta sección se llama muestra y debe tener un valor lo más aproximado posible al valor total. El muestreo es crucial porque nos permite obtener argumentos válidos para rechazar o validar un proyecto. (Canchaya, 2013)

La mineralización es generalmente desigual en un yacimiento mineral, lo que provoca que los contenidos de metales y no metales varíen en diferentes áreas. Por esta razón, la proporción de minerales en todo el yacimiento no se verá representada por una sola muestra de una parte del depósito. Para obtener una representación ideal del yacimiento, es fundamental recolectar de manera sistemática una cantidad adecuada de muestras. (Mendoza, 2019)

Un muestreo meticuloso y preciso garantizará la validez de los datos de ensayos para el cálculo de reservas. El análisis de los resultados del muestreo y una evaluación geológica adecuada durante la fase de exploración permitirán determinar la calidad de un yacimiento y su exploración posterior. Al comprar o vender un yacimiento en exploración o explotación, se realizará una evaluación minuciosa de las reservas. La confiabilidad del muestreo estará muy influenciada porque una muestra insuficiente o contaminada puede llevar a conclusiones catastróficas. (Mendoza, 2019)

Los muestreos más empleados son:

Muestreo por puntos

Es el método que se emplea para cuerpos mineralizados irregulares. Este método consiste en marcar los puntos de intersección reticulado de igual espaciamiento ya sea en el techo (corona) o en la pared (hastial) y tomar una pequeña porción igual de material de cada punto previamente marcado. (CiaMineraCasapalca, 2018)

Muestreo por Canales

Es el muestreo que se aplica generalmente en el muestreo de vetas mantos, también se aplica en cuerpos cuando la mineralización es uniforme. El método de muestreo de canales consiste en cortar un canal rectangular, de profundidad y ancho estándar 0.02x0.30 m y largo dependiendo del ancho de la veta o de la estructura mineralizada, este debe ser perpendicular al rumbo de la veta (en planta) y perpendicularmente a las cajas (en sección transversal). La cantidad de muestra tomada será de 2 Kg aproximadamente, el cual será proporcional y representativamente.

Los datos que llevan el talonario será: nombre de la labor, veta o cuerpo, ubicación respecto a los puntos topográficos o referenciales, ancho de la veta, labor y finalmente el

croquis de la labor muestreada (CiaMineraCasapalca, 2018)

Otros tipos de muestreo

Muestreo Muestreo de cancha

Este método se aplica para el muestreo de rumas o lotes de mineral en cancha. El número de muestra por rumas depende del tamaño de la ruma, si la ruma es muy grande el muestreo es por talud, donde se optiene varias muestras, y si es muy pequeña se púede tomar una muestra de hasta tres rumas,. Se realiza en forma sitematica y se debe cumplir una cierta proporción entre finos y gruesos (CiaMineraCasapalca, 2018)

Channel sampling

Es una excavación de un canal continuo y estrecho, ya sea en perpendicular a su dirección o a lo largo de la capa o vena. Con el fin de mantener estas medidas lo más uniformes posible, las dimensiones del canal suelen ser de 2-3 cm de fondo y 8-10 cm de ancho. Se supone que muestra todo el material que se extrae de este canal. El material se recolecta en una tela o plástico lisa que se coloca en la base del sitio de muestreo. Si se combinan muchas muestras de un mismo canal para formar una muestra única, la cantidad de cada muestra debe ser equitativo a la veta o capa correspondiente. No se recomienda que la separación entre los canales supere los 5 metros para preservar la representatividad de las muestras, ya que depende de irregularidades o variaciones en la masa mineralizada.

Figura 14

Muestreo Channel sampling



Fuente. Tomado de (IngeOexpert, 2021)

Chip sampling

El mineral proviene de puntos geográficos dispuestos en la masa mineral, ya sea de tipo lineal o conformando una malla regular bidimensional. La separación entre puntos puede variar, pero no debe ser mayor a 20 cm. La porción de muestra siempre debe ser igual (por ejemplo, orificios de 45 mm de diámetro y 25-30 cm de profundidad). Establezca rangos fijos en la malla para evitar el comportamiento subjetivo de muestrear en exceso las áreas de mayor ley. Ocasionalmente, se realiza un muestreo al unisonó entre los puntos de la malla de voladuras en las frentes de la mina.

Figura 15

Muestreo por puntos



Fuente. Tomado de (IngeOexpert, 2021)

Metalotecto

Termino q se refiere a una determinada característica geológica que se cree ha jugado un rol en la concentración de uno o más elemento (sustancias minerales) y contribuido a la formación de depósitos minerales; puede ser estructural, estratigráfico, litológico, geomorfológico Etc. Y puede combinar espacio y tiempo. Ejemplo Orogeno andino, rocas volcánicas jurásicas, falla regional etc. Según Victor MaksaeV 2001.

1.5.2. Marco conceptual

Asociación mineral

Los minerales que se encuentran en una roca están únicamente relacionados con su proximidad espacial. (Rodas, 2009)

Fluidos hidrotermales

Presentes en las profundidades de la corteza terrestre, se encuentran líquidos a altas presiones y temperaturas. Por lo general, son soluciones acuosas que contienen una variedad de sustancias disueltas, como gases y minerales; además, pueden ser abundantes en metales y otros elementos. La circulación del agua de mar a través de la corteza oceánica, la actividad magmática, y el calentamiento del agua subterránea por rocas calientes son algunos de los procesos geológicos que pueden dar lugar a los fluidos hidrotermales. Estos fluidos pueden

generar una variedad de depósitos minerales, como el plomo-zinc, el cobre, el oro y la plata, entre otros, al entrar en contacto con rocas más frías o al aflorar a la superficie. (GeoStru, 2023)

Muestra

Se considera una muestra de un lote a una porción, que generalmente se obtiene mediante la combinación de múltiples incrementos o fracciones del lote en etapas posteriores. Sin embargo, una muestra no puede ser cualquier parte del lote; su adquisición debe cumplir con las regulaciones establecidas por la teoría del muestreo y su extracción debe llevarse a cabo mediante un método equiprobabilístico. (Mendoza, 2019)

Paragénesis mineral

Los minerales que se encuentran juntos en una roca provienen de una misma etapa del proceso genético. Están vinculados tanto genéticamente como temporalmente. (Rodas, 2009)

Potencia, acumulación, ley de corte

Es un valor económico que distingue entre diferentes categorías de materiales, como el mineral y el estéril. (Mendoza, 2019)

Protocolos de muestreo

Son una secuencia de pasos y procedimientos para recolectar y preparar muestras. (Mendoza, 2019)

Roca caja o huésped

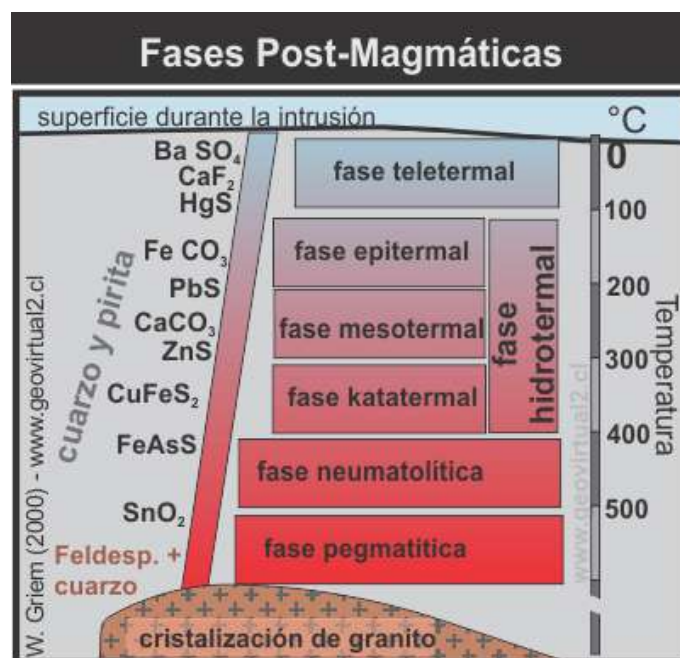
La formación rocosa que contiene el depósito. (Ilumino, 2024)

Sistema hidrotermal

Un sistema compuesto por una roca calentada y un líquido. En los mismos ambientes tectono-magmáticos se encuentran los sistemas geotermales e hidrotermales que están activos. En estos casos, las áreas coinciden con los bordes constructivos o destructivos de las placas litosféricas. (Pantoja y Gómez, 2004)

Figura 16

fases hidrotermales



Fuente. Tomado de (Bateman, 1950)

Veta

En algunas situaciones, los procesos de reemplazo o la acumulación de minerales de

ganga y mena y en cavidades abiertas dentro de una fractura o falla producen un depósito tabular. Las estructuras geológicas tienen un impacto en este tipo de mineralización. (Ilumino, 2024)

Mineral de mena

Es el mineral, cuya explotación presenta interés, en general, es un término que se refiere a minerales metálicos y que designa al mineral del que se extrae el elemento químico de interés (Cu de la calcopirita, Hg del cinabrio, Sn de la casiterita entre otros muchos más). Un mineral es mena de un metal cuando mediante la minería es posible extraer ese mineral de un yacimiento y luego mediante procesos metalúrgicos se obtiene el metal o el elemento químico de interés económico. (Chara, 2017)

Minera de Ganga

Ganga es el material que se descarta al extraer la mena de un yacimiento de mineral, por carecer de valor económico o ser demasiado costoso su aprovechamiento. Es posible que un mineral que se considere ganga en un yacimiento sea de interés en otro, o que la mejora en las técnicas extractivas o los usos industriales haga rentable el procesamiento de materiales anteriormente considerados ganga. (Chara, 2017)

Cubicación y cálculo de reservas.

Una vez extraído y analizado las muestras tomadas con sus respectivas leyes medias correspondientes, se procede a la delicada fase de estimación de las reservas del yacimiento (cubicación). Esta consiste en calcular, con el mínimo error posible, la cantidad de mineral existente en el yacimiento. Las reservas que se estiman en esta fase inicial son las geológicas o in situ, posteriormente se tienen en cuenta las condiciones como son los factores de diseño de explotación, método de explotación, recuperación, dilución, elementos traza, etc. El grado

de dificultad implícito se incrementa con la extensión del yacimiento a explorar, si se sobreestiman se pueden empezar trabajos mineros que no resulten rentables, si se subestiman se puede decidir el abandono de un prospecto que era rentable. (Chara, 2017)

- Métodos para la cubicación de recursos y reservas.

Existen dos tipos de métodos usados para la estimación de recursos y reservas, cuya aplicación depende de las características del yacimiento, estos métodos son los siguientes.

Métodos clásicos o geométricos.

Son los que se usan tradicionalmente, se basan fundamentalmente en los principios de interpretación de las variables entre dos puntos contiguos de muestreo, lo que determina la construcción de los bloques geométricos a los que se le asignan las leyes medias para la estimación de recursos (Roberto Oyarzun 2011). Las características principales de este método son sencillos, se basan en criterios comúnmente geométricos, están siendo superados por los métodos modernos, la variabilidad es extrema. (Roberto-Oyarzun, 2011)

Los principios de interpretación de este método son los siguientes:

- El principio de los cambios graduales presupone que los valores de una variable (ancho, ley, etc.) varían gradual y continuamente a lo largo de la línea recta que une dos puntos de muestreo contiguos.
- El principio de muestras vecinas más cercanas admite que el valor de la variable de interés en un punto no muestreado es igual al valor de la variable en el punto más próximo.
- El último de los principios permite la extrapolación de los valores conocidos en los puntos de muestreo a puntos o zonas alejadas sobre la base del conocimiento geológico o por

analogía con yacimientos similares.

- Todos estos principios de interpretación son utilizados para la subdivisión del yacimiento mineral en bloques o sectores, los cuales son evaluados individualmente y posteriormente integrados para determinar los recursos totales del yacimiento.

Los tipos de métodos clásicos o geométricos que se utilizan para la estimación de recursos y reservas son:

Media aritmética.

Bloques geológicos.

Bloques de explotación.

Perfiles

Polígonos

Triángulos.

Yacimiento mineral

Porción o segmento de la corteza terrestre donde se producen o se están produciendo recursos minerales valiosos que pueden ser extraídos de manera económica mediante la tecnología disponible. (Ilumino, 2024)

1.6. Metodología de la investigación

1.6.1. Etapas de la investigación

ETAPA 1: Trabajo en Gabinete 1

- Recopilación de información bibliográfica

- Elaboración de planos preliminares.
- Cartografía litológica por fotointerpretación de la zona.

ETAPA 2: Trabajo de Campo

- Mapeo geológico.
- Mapeo estructural.
- Recolección de muestras.

ETAPA 3: Trabajo de Gabinete 2

- Trabajo de generación de planos.
- Interpretación de imágenes aéreas con el mapeo geológico.
- Descripción macroscópica y microscópica de las muestras.

ETAPA 4: Trabajo de Campo 2

- Elaboración de secciones estructurales
- Interpretación y Análisis de los mapeos geológicos.
- Descripción y evaluación de las asociaciones mineralógicas.

ETAPA 5: Trabajo de Gabinete 3

- Análisis y estudio de los mapeos geológicos.
- Descripción e interpretación de las asociaciones mineralógicas.
- Análisis de las secciones estructurales.
- Análisis de las muestras macroscópicas y microscópicas.
- Redacción del informe final de tesis
- Registro de datos de campo, para su interpretación en un software.

- Elaboración de mapa estructural.
- Elaboración de mapas geológicos a mayor detalle
- Elaboración de una sección longitudinal de la veta. Con respecto a las muestras.
- Elaboración de un mapa de muestreo de Au.
- Descripción petrográfica y mineragráfica de las muestras Interpretación de asociaciones mineralógicas.

1.6.2. Metodología de la investigación

La metodología empleada es deductivo, inductivo e hipotético, a través del procesamiento y evaluación de datos obtenidos durante la etapa de trabajo de campo para tener como resultado la geología y geoquímica de la veta aurífera Huaco.

El desarrollo del trabajo fue agrupando en cinco etapas

Método de investigación

El método a utilizar es inductivo, hipotético y deductivo, los cuales corresponden a un método general teórico. El método a utilizar está basado en las interpretaciones, descripciones y estimaciones de los valores obtenidos en campo y gabinete, para luego con sus respectivos tratamientos e interpretaciones, dar como resultados alcances con sustento técnico.

1.6.3. Diseño de la investigación

Se aplicó un diseño de tipo transversal/correlativo, el trabajo de investigación que implica la recopilación e interpretación de resultados, así como la recolección y descripción de muestras macroscópicas y microscópicas.

1.7. Antecedentes de la investigación

Varios autores han tratado aspectos de geología económica, tenemos los siguientes:

- Carpio D. (2017), Control geológico estructural de mineralización y correlación de flujos hidrotermales en Veta Mercedes Unidad Minera

San Juan de Chorunga Condesuyos – Arequipa).

- Cabrera J. (1991), Geología, aspectos petro-estructurales y modelo hipotético de mineralización del Yacimiento Minero San Juan de Chorunga. (determina algunas zonas de mineralización en planos isovalóricos).
- De Montreuil L. (1979), Ocurrencias de oro y sus asociaciones-Franja Nazca- Ocoña. (resalta características mineralógicas del distrito, determina asociaciones mineralógicas en la franja aurífera Nazca Ocoña).
- Gutiérrez V. (1983), Geología de los cuadrángulos de Pausa y Caravelí (Hojas: 31-p y 32-p), Boletín # 37. (realiza el cartografiado geológico de la zona de investigación).
- Huanqui C. (1985) Estudio geológico y secciones longitudinales contorneadas de la Veta Alpacay Minas Ocoña S.A San Juan de Chorunga. (realiza planos isovalóricos e interpretaciones sobre mineralización).

1.8. Variables de investigación

1.8.1. Variables Independientes

- **Geológico:** Litoestratigrafía, Estructural, Metalogenia, Tectónica
- **Geoquímica:** Anomalías geoquímicas.
- **Mineragrafia:** Asociaciones mineralógicas (mena, ganga).

1.8.2. Variables Dependientes

- **El potencial Aurífero:** Tonelaje y leyes de la veta Huaco.

Tabla 3

Operacionalidad de Variables

OPERACIONALIDADES				
VARIABLE DEPENDIENTE	VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADORES	INDICES	DATOS
POTENCIAL AURIFERO DE LA VETA HUACO	GEOLOGIA	ESTRATIGRAFIA	LITOLOGIA	TIPO DE ROCA
		ESTRUCTURAL	POTENCIA, FORMA, ESTRUCTURAS, DEFORMACIONES, ETC	ESTRATO, METRO, DIRECCION Y ORIENTACION
		TECTÓNICA	EVOLUCIÓN TECTÓNICA, AMBIENTE	FACES TECTONICAS
		METALOGENIA	FRANJAS METALOGENETICAS, UNIDADES MINERAS	OCURRENCIA (Au, Ag, Cu)
	GEOQUIMICA	ANOMALIAS GEOQUIMICAS	ELEMENTOS	Au
	MINERAGRAFIA	TIPOS DE MINERALES	ASOCIACIONES MINERALOGICAS	Py, Cpy, Arg; Au.
	GEOMORFOLOGIA	PENDIENTE	CLASES	0-2, 2-4, 4-8, 8-15, 15-25, 25-50, 50-75, >75
		FISIOGRAFIA	PLANICIE, MONTAÑA	FONDO DE VALLE, TERRAS, PLANICIES, CONOS ALUVIALES, ESCARPAS
		UNIDADES GEOMORFOLOGICAS	FORMA, TAMAÑO, RELIEVE	ALTA, BAJA, MODERADAS

Fuente. Elaboración propia

CAPÍTULO II

GEOMORFOLOGÍA

2.1 Introducción

La zona de estudio está situada en el cuadrángulo 32-p de Caravelí, el cual abarca una superficie de cerca de 3,000 km² y se extiende por una porción del departamento de Arequipa.

Desde el punto de vista geomorfológico, esta región abarca una sección de la llanura costera y un sector del flanco occidental de la Cordillera de los Andes, con altitudes que van desde 1,200 hasta más de 3,800 metros sobre el nivel del mar. Se han identificado las siguientes unidades principales, que se formaron debido a los ciclos de erosión resultantes del levantamiento andino: los Valles, la Llanura de Caravelí y el Flanco Occidental de los Andes. (Pecho, 1983)

2.2 Geomorfología Regional

2.2.1. Descripción de las unidades geomorfológicas regionales

Valles

Los procesos de erosión en el Valle y el Cañón han creado una gran cantidad de quebradas y valles profundos que fluyen rápidamente hacia la costa durante su formación, lo cual ha llevado a la aparición de valles. De la Cordillera Occidental de los Andes, a una altitud de 3,800 metros, surgen los ríos. Los valles principales de Caravelí, como el Ocoña, tienen un lecho bastante amplio y un gradiente más ligero. El socavamiento, que causa un ensanchamiento de los valles, es producto de la intensa actividad erosiva, que provoca deslizamientos y asentamientos. (Pecho, 1983)

Figura 17

Valles presentes a cercanías de la zona estudiada



Fuente. Elaboración propia

Llanuras de Caravelí

Situada en una parte de la explanada costera que se encuentra a alrededor de 1,500 m.s.n.m. y cubre aproximadamente el 35% del cuadrángulo de Caravelí. El relieve de esta región es ondulado y bajo, presentando una Desviación suave hacia el suroeste; al noreste, se eleva abruptamente, creando los flancos de la Cordillera Andina. Los depósitos marinos y continentales del Terciario-Cuaternario de la llanura de Caravelí han sido alterados por numerosos ciclos erosivos, los cuales han dejado a la vista cerros aislados de poca altura, como el Indio, la India Vieja, el C° Tetilla, el C° Bandera, el C° Pan de Azúcar y otros menores. (Pecho, 1983)

Esta característica geomorfológica se puede considerar como una depresión tectónica longitudinal extensa que va a lo largo de toda la franja costera entre Ica y Tacna. La Cordillera Occidental limita al oeste y la Cordillera de la Costa al este. (Pecho, 1983)

Flanco Occidental de los Andes

La región norte del mapa de Caravelí forma parte de la Cordillera de los Andes que incluye esta unidad geomorfológica. Se compone de un conjunto de cerros dispuestos en

dirección noroeste-sureste. (Pecho, 1983)

Figura 18

Flanco Occidental de la Cordillera de los Andes



Fuente. Elaboración propia

2.2.2. Descripción de unidades geomorfológicas locales

Montaña en roca intrusiva

Las elevaciones alargadas con pendientes pronunciadas a moderadas, que alcanzan los 70°, pertenecientes a la Cordillera Occidental de los Andes, están formadas por mineral intrusivo de la Super Unidad Sacota. Abarcan la mayor parte de la zona de estudio. (Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, 2020)

Figura 19

Subunidad de montaña en roca intrusiva en las laderas en la zona de estudio



Fuente. Elaboración propia

Montañas y colinas en roca sedimentaria

Esta geoforma compuesta por mineral sedimentario de conglomerados. Se encuentra en el extremo noroeste de la región examinada. En comparación con el nivel del suelo local, su altura supera los 300 m. Procedimientos de denudación han disminuido los afloramientos de roca sedimentaria. Las elevaciones alargadas de estas formaciones geológicas tienen laderas fragmentadas y pendientes que van de 25° a 50°. Están asociadas con los fenómenos de caída de rocas, derrumbes y deslizamientos y tienen una vulnerabilidad moderada a los movimientos en masa. (Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, 2019)

Figura 20

Subunidad de montañas y colinas en roca sedimentaria en la zona de estudio



Fuente. Elaboración propia

Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial

Al pie de las montañas o en sus estribaciones, se encuentran llanuras que van desde ligeramente inclinadas hasta más pronunciadas. El acopio de sedimentos transportados por corrientes de agua estacionales ha creado estas zonas. Estas corrientes de agua suelen aparecer de manera inusual, en particular durante el fenómeno de El Niño o durante períodos de lluvias intensas. A lo largo del recorrido del evento, este proceso deja marcas visibles en forma de canales o surcos. En la mayor parte de la región evaluada, esta subunidad está

presente. (Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, 2022)

Figura 21

Subunidad de piedemonte aluvio-torrencial en la zona de estudio



Fuente. Elaboración propia

CAPÍTULO III

GEOLOGÍA

3.1 Introducción

Está constituida la zona de estudio por rocas ígneas, metamórficas, sedimentarias y volcánicosedimentarias, provenientes desde un periodo Precambriano al Cuaternario Reciente.

La sucesión estratigráfica se compone de rocas metamórficas que surgieron como resultado de la erosión intensa causada por los ríos Ocoña, Marán, y Cotahuasi. Las rocas mesozoicas se encuentran sobre las precambrianas. Las rocas calcáreas del Cretáceo medio se encuentran sobre las rocas clásticas del Grupo Yura, que afloran en los ríos Huanca-Huanca de Cotahuasi. Son testimonios sedimentarios de las transgresiones jurásicas. (Pecho, 1983)

La orogenia peruana marca el comienzo del Terciario inferior y el final del Cretáceo Superior. Una Fuenteble disconformidad angular y una serie de capas rojas persisten. Las rocas intrusivas y las rocas metamórficas del Batolito Costanero están cubiertas estridentemente por una gruesa secuencia clástica que surgió durante el Terciario inferior y se presentan en capas horizontales como restos de esta secuencia rojiza terciaria (Formaciones Sotillo y Moquegua). La sedimentación se transforma en un ambiente marino bastante fosilífero como resultado de movimientos verticales. Rocas volcánico-sedimentarias y volcánicas del Terciario medio y del Cuaternario reciente ocupan la parte superior de la secuencia estratigráfica. (Pecho, 1983)

3.2 Geología regional

3.2.1. Estratigrafía

Precámbrico

Complejo Basal

El sustento de esta zona está formado basicamente por granitos potásicos con estructuras gneísicas, por gneises o diques de composición básica e intermedia y reducidos cuerpos tabulares de pegmatita granatífera. En los ríos Ocoña, Marán y Cotahuasi y en el ángulo noroeste del mapa de Caravelí se encuentra la mayor presencia de estas rocas. En las laderas de los ríos Marán y Ocoña, donde se encuentran las colinas Llallek, Nauquipa, Parachata y otras, a 8 kilómetros al sur de Marán, se encuentran las rocas gnéísicas más destacadas. (Pecho, 1983)

Desde el punto de vista mineralógico, estos gneises tienen una constitución granítica, en general con bandas claras y oscuras y de un tono gris oscuro, que varían entre 0.5 y 2 cm de grosor. Según los estudios al microscopio, contienen entre el 15 y el 20% de ortosa y alrededor del 10% de plagioclasa. La biotita y otros minerales ferromagnesianos componen las bandas oscuras a negras. En estos minerales también se pueden encontrar sericita, esfena, muscovita, clorita y zircón. (Pecho, 1983)

Mesozoico

Formación Labra

Existen fallas y pliegues en esta unidad estratigráfica. Areniscas de tonalidades que van del blanco al gris claro, con una gradación inversa en el tamaño de los granos, siendo más finas en la parte inferior, son las principales características de su composición litológica. Muchos niveles de lutitas, con una apariencia abigarrada y colores que van entre el negro y

el gris verdoso, se pueden distinguir entre las capas de areniscas. Esta unidad tiene sus afloramientos cerca de la quebrada Las Clavelinas, donde con una disconformidad angular se superpone al Complejo Basal de la Costa. Debido al contacto con las apófisis del complejo subvolcánico Bella Unión cerca de Iquipí, estas rocas se han metamorfizado. (Quispesivana y Navarro, 2003)

Formación Huallhuani

Una sucesión continua de areniscas cuarzosas y de cuarcitas de tonalidades blancas y azuladas, compactas y con bancos de grosor que van desde 50 cm hasta más de 3 m, conforman esta unidad. Se pueden ver niveles delgados de lutitas negras en la parte inferior. Los niveles que muestran estratificación cruzada distinguen esta formación. En las orillas de los ríos Cotahuasi y Huanca Huanca se encuentran los principales afloramientos. Los farallones que forman los afloramientos de las cuarcitas Hualhuani son simples de localizar. En estratos de 50 cm a más de 2 m se encuentran cuarcitas blancas compactas y areniscas cuarzosas, que, debido a la alteración, adquieren un tono amarillento grisáceo con tonalidades rojizas en el lado este de los cerros Huaccacchamama y Tactarpo. (Quispesivana y Navarro, 2003)

Formación Arcurquina

En la mayor parte del sur de Perú, las calizas son resultado de una de las transgresiones más importantes del Mesozoico. Se pueden distinguir hasta tres niveles litológicos en su grosor que supera los 600 metros. Las calizas de naturaleza arcillosa, de tonos gris claro, con estratos delgados de caliza clástica a conglomerádica, bien estratificadas, tienen una longitud de algunos decímetros o más de un metro en la parte superior. Las calizas grises oscuro a verde grisáceo, están presentes en bancos de más de 2 metros, están intercaladas con calizas gris negras en capas de 20 centímetros, que contienen

en grandes proporciones chert en forma de nódulos alargados, y la parte media tiene un grosor superior a 200 metros. En la sección inferior, las calizas son margosas y arcillosas, con un color más claro que el de la parte media; en su superficie se observan niveles de areniscas de color marrón, como estratos lenticulares de cuarcitas, areniscas gris claro, areniscas ligeramente estratificadas junto con lutitas rojizas y capas delgadas de calizas amarillentas de grano fino, con un grosor que excede los 150 metros, como se puede ver en los afloramientos del norte de Cahuacho, donde se acumulan numerosos restos fósiles. (Quispesivana y Navarro, 2003)

Cenozoico

Formación Sotillo

Se compone de areniscas, lutitas y arcillas estratificadas finamente, las cuales tienen muchas venillas de yeso. Conglomerados finos de 0,5 a 2 cm de diámetro intercalados con areniscas rojizas de grano medio a grueso constituyen la face inferior, y las areniscas atravesadas por enjambres de venillas de yeso constituyen la face inferior. Areniscas arcóscicas entrelazadas con lutitas, lodolitas y limolitas de tono muy rojizo componen la superficie superior. Se pueden ver muchas capas de yeso y nódulos de anhidrita en forma botrioidal de diámetro entre 2 y 20 cm en la parte superior de la unidad. (Quispesivana y Navarro, 2003)

Grupo Tacaza

En su base, hay algunas brechas y conglomerados volcánicos intercalados con los flujos de lava de andesitas porfiríticas de tonalidades gris violáceas. Dado que se encuentra por debajo de las tobas post-Huaylillas y cubre el Complejo Basal de la Costa, se ha descubierto que este material tiene una edad miocena, respaldada por dataciones en

cuadrángulos adyacentes. (Quispesivana y Navarro, 2003)

Formación Moquegua

Se trata de depósitos de origen torrencial que constituyen acumulaciones en el piedemonte. Se han descubierto tres facies: Los conglomerados de tamaño medio componen la facie inferior, donde el 60% de las rocas son redondeadas o subredondeadas, en su mayor parte cuarcitas y rocas subvolcánicas. En esta facie se han encontrado capas de ceniza volcánica y conglomerados finos que, al ser erosionados, forman áreas escarpadas; las lutitas, areniscas finas y limolitas de la facie media tienen una textura similar a la de la toba. Finalmente, se pueden ver areniscas y piroclastos en la facie superior, así como conglomerados heterogéneos poco consolidados en su parte superior. (Quispesivana y Navarro, 2003)

Formación Pisco

Se compone de rocas sedimentarias que se han acumulado en el ambiente marino. Se compone principalmente de areniscas gruesas, areniscas tobáceas, areniscas arcillosas y areniscas gruesas intercaladas con lutitas. Incluye capas gruesas de coquinas. La posición de sus estratos es horizontal o casi horizontal. Se sitúa por debajo de la Formación Millo y se superpone con la Formación Moquegua debido a una discordancia erosional desde el criterio estratigráfico. (Quispesivana y Navarro, 2003)

Formación Millo

Se compone principalmente de bancos robustos de conglomerados volcánicos, intercalados con capas de areniscas grises que varían de grano grueso a fino, y presenta una capa de toba en su parte inferior. Estratigráficamente, se asienta sobre la Formación Pisco y se encuentra por debajo de las tobas post-Huaylillas, también llamadas Tobas Cuno Cuno.

(Quispesivana y Navarro, 2003)

Formación Alpabamba

Desde el punto de vista litológico, presenta una espesa sucesión de tobas riolíticas a dacíticas de color blanco o amarillento, que son duras y forman grandes farallones. De grano grueso a conglomerádico, también se pueden encontrar rangos de brecha tobácea en tonos verdes y amarillos, así como delgados estratos de areniscas tobáceas. Se calcula su espesor en alrededor de 800 m. Al descender hacia el río Huanca Huanca desde San Javier de Alpabamba, se puede ver que la Formación Alpabamba es una discordancia angular con el Grupo Tacaza. Además, viola en contradicción fundamental a la Formación Sencca. (Quispesivana y Navarro, 2003)

Formación Sencca

Está formado principalmente por brechas tobáceas de tipo dacítico o riolítico desde el punto de vista litológico. Cuarzo, feldespatos, pequeñas laminillas de biotita y vidrio volcánico se pueden ver a simple vista. Aunque puede cambiar debido a la intemperie, adquiriendo tonalidades gris amarillento o rojizo, su color varía entre blanco o blanco rosado. Esta constitución se presenta en capas compactas, con depósitos de lapilli o cornizas verticales, intercalados con tobas modificadas y arena gruesa. (Quispesivana y Navarro, 2003)

Grupo Barroso

Los depósitos volcánicos del Grupo Barroso (Plioceno-Pleistoceno) se han vinculado a los estratovolcanes Sara Sara y Solimana.

El afloramiento de la fase superior del estratovolcán Sara Sara se compone de flujos de lava andesítica de tonalidades gris verdosas y capas de brechas piroclásticas que alternan.

Estas capas alcanzan un grosor aproximado de 200 metros y se presentan de manera subhorizontal o con una leve inclinación hacia el sur-suroeste. (Quispesivana y Navarro, 2003)

En el noreste de Caravelí se encuentran los depósitos del estratovolcán Solimana. La unidad inferior (Qpl sl1), que se compone principalmente de flujos andesíticos afíricos con vesículas y tiene tonalidad gris oscuro; la unidad superior (Qpl-sl2), que es una combinación de flujos de lava andesítica afírica gris, brechas volcánicas con fragmentos angulosos de varios tamaños cubiertos por cenizas. Ambas unidades tienen un espesor aproximado de 300 m en total. (Quispesivana y Navarro, 2003)

Grupo Andagua

Se han relacionado los depósitos del Grupo Andagua con las formaciones volcánicas Mollebamba, que en cuanto a la litología, estas lavas tienen una textura amigdaloides y afanítica, en algunas muestras se pueden encontrar cristales de plagioclasa en una matriz muy fina, aunque también hay tonalidades como marrón, violeta y verde olivo, entre otras, su color varía entre negro y gris oscuro; y Sara Sara que se compone de una serie de lavas basálticas que presentan un color que varía de negro a gris oscuro, con una textura afanítica y alta densidad; el análisis microscópico indica que su textura es microtraquítica, compuesta en un 90% por plagioclasas, mientras que el restante se conforma por minerales opacos y pequeñas cantidades de cuarzo. Entre 50 y 100 metros es su espesor. (Quispesivana y Navarro, 2003)

3.2.2. Rocas ígneas

Se han identificado stocks de cuerpos plutónicos que pertenecen a las Superunidades Linga, Incahuasi y Tiabaya. Se han encontrado también apófisis subvolcánicas del Complejo Bella Unión, así como otras de origen dacítico y andesítico.

Super Unidad Linga

Se compone de monzonitas y granodioritas de color gris claro, con un tamaño de grano que va de grueso a medio. Contiene numerosas concentraciones de minerales ferromagnesianos, como la hornblenda y la biotita. Las pampas de Sondor y del Toro son los lugares donde predomina el afloramiento. La gran cantidad de cuarzo presente en las monzonitas, que oscila entre el 16 y el 21 por ciento, las clasifica como monzonitas cuarcíferas. Se encuentra en la región suroeste y se extiende hacia el oeste (hoja de Cháparra, 32-o); además, se encuentra en el sureste del mapa, en la quebrada de Chorunga, cruzando con las rocas del Complejo Basal. Se calcula que tiene 97 millones de años, lo que corresponde al Cretácico superior. (Quispesivana y Navarro, 2003)

Super Unidad Incahuasi

Dioritas, granodioritas y tonalitas forman su estructura. La plagioclasa, la ortosa y el cuarzo son los minerales principales; la biotita es uno de los minerales accesorios, y la calcita y la sericita son los minerales secundarios. La formación se extiende hacia el oeste a lo largo de la quebrada del Indio Viejo en el sector suroeste (hoja de Cháparra, 32-o). Al extenderse hacia el este, también se puede encontrar en el sector sureste, en ambas orillas del valle de Ocoña (hoja de Chuquibamba, 32-q). Se calcula que tiene 95 millones de años, lo que indica que pertenece al Cretácico superior. (Quispesivana y Navarro, 2003)

Super Unidad Tiabaya

Se compone principalmente de granodioritas con altos niveles de ferromagnesianos y tiene cuarzo, plagioclasa y ortosa como minerales constitutivos. En la región noreste, a ambos lados del valle de Ocoña y Cotahuasi, esta formación penetra en las rocas del complejo basal. Tanto hacia el norte (en la hoja de Pausa, 31-p) como hacia el este (en la

hoja de Chuquibamba, 32-q) se indica su expansión. Además, se encuentra en los cerros Santa Mónica y Ezera en el área sureste. Se remonta a 80 millones de años y se remonta al Cretácico superior. (Quispesivana y Navarro, 2003)

Intrusiones menores e hipabisales

En el sur y noroeste del cuadrángulo se encuentran afloramientos aislados y dispersos. El Complejo Bella Unión, cuya formación es andesítica a dacítica, se distingue por afloramientos discontinuos que se extienden al oeste (hoja de Cháparra, 32-o) y al este (hoja de Chuquibamba, 32-q). Con grano fino y textura afanítica, el afloramiento en la pampa del Toro tiene un color gris oscuro verdoso. Se encuentra en el valle de Caravelí, cerca del paraje de Angostura; tiene una textura porfirítica y un tono gris verdoso. Contiene cuarzo y plagioclasa. En el sector sureste de la hoja, cerca del valle de Ocoña, hay otro afloramiento que cruza el complejo basal y la Formación Labra. (Quispesivana y Navarro, 2003)

Se han descubierto otras intrusiones más pequeñas que pueden ser diques y apófisis subvolcánicas. La Superunidad Linga se cruza con una apófisis andesítica, de tonalidad gris oscuro y con fenocristales de color gris claro. El mineral principal es la plagioclasa; los minerales accesorios son los anfíboles, los piroxenos y las loritas; la matriz es parcialmente afanítica. Se valoran los diques que también cortan la Superunidad Linga. Los minerales esenciales en estos diques son plagioclasas y feldespatos potásicos; los minerales secundarios son piroxenos, epidota, clorita y anfíboles. Los fenos de estos diques tienen una tonalidad gris clara. (Quispesivana y Navarro, 2003)

3.3. Geología local

3.3.1. Generalidades

Se reconocen unidades sedimentarias como la Formación Moquegua; sin embargo, la mayor parte está expuesta por rocas de composición tonalítica y granodiorítica perteneciente a la intrusión Sacota. En el curso del río Chorunga, se reconocen depósitos cuaternarios: aluviales y fluviales, originados principalmente por la acción del río. En la parte sureste, se reconoce un pequeño afloramiento de tonalidad pertenecientes a la Unidad Incahuasi. Como intrusiones menores se tiene un stock de Monzonita con textura porfírica, así mismo la ocurrencia de diques como eventos posteriores; este dique tiene una composición andesítica y aplítica las potencias varias de 0.1 m a 3 m cortan a las estructuras mineralizadas de manera perpendicular, este dique viene acompañado por fallas ya sea en el techo o piso de la estructura.

3.3.2. Estratigrafía

Formación Moquegua - Miembro superior

Compuesta por conglomerados heterogéneos y poco consolidados, en la parte superior se observan areniscas y piroclastos (ignimbritas). Esta formación abarca toda la sección central superior del área de estudio.

Figura 22

Afloramientos de rocas de la Formación Moquegua en la zona de estudio



Fuente. Elaboración propia

3.3.3. Rocas ígneas

Super Unidad Incahuasi

Tonalitas y granodioritas de grano fino componen esta superunidad. En forma ovalada, con una ligera alineación andina, surgen las tonalitas. Se compone de hornblendas bien desarrolladas, cristales de plagioclasas y, ocasionalmente, de biotitas hexagonales; su textura es granular hipidiomórfica y tiene un tono que oscila entre gris y blanquecino. Por otro lado, en un fondo de microcristales de plagioclasas y ferromagnesianos, las dioritas tienen una textura fanerítica microgranular con un grano fino, una estructura isotrópica y una textura fanerítica.

Figura 23

Granodioritas de la Super Unidad Incahuasi en la zona de estudio, , el intrusivo granodiorítico intersectada con un dique de composición andesítica.



Fuente. Elaboración propia

Intrusiones menores

Se presentan como afloramientos discontinuos de tonalidad gris oscuro verdoso, con un grano fino y textura afanítica; su composición varía entre andesítica y dacítica. Además, se han descubierto intrusiones pequeñas que pueden ser diques y apófisis subvolcánicas. El mineral esencial es la plagioclasa, y los minerales accesorios son los anfíboles, los piroxenos y las loritas. La apófisis andesítica tiene una matriz en parte afanítica y contiene fenocristales

de un tono gris claro.

Además, se identifican cuerpos monzoníticos con una tonalidad gris clara, con una proporción de grano que oscila entre grueso y medio, y con una gran cantidad de minerales ferromagnesianos, como la hornblenda y la biotita.

Las aplitas ocurren rellenando estrururas del cuerpo Igneo diorítico. su mineralogía es mayormente feldespato y cuarzo con punto de mica moscovita, su potencia es variable desde 0.10 m a 0.7 m con orientación preferencial de norte-sur. Ver (figura 24)

Figura 24

la monzonita se encuentra limitada por dos estructuras marcadas con orientación Norte-Sur.



Fuente. Elaboración propia

Figura 25

Se observa diques andesíticos con dirección norte sur, intersectando al cuerpo de dioritas de la superunidad Incahuasi.



Fuente. Elaboración propia

Figura 26

Se observa diques aplíticos con dirección norte sur, intersectando al cuerpo de dioritas de la superunidad Incahuasi.



Fuente. Elaboración propia

3.3.4. Depósitos recientes

Depósito aluvial

En la zona, consiste en una acumulación de cantos, grava, arenas y limos de composición heterogénea. Formación de terrazas como tierras de cultivo, con acumulación en el fondo de los valles tienen aspecto muy restringida por que los valles son en forma de

V por ello que no permiten la formación de estos depósitos.

Figura 27

Vista tomada al Oeste del Valle Chorunga. Al lado derecho al pie del cerro se observa depósitos aluviales.



Fuente. Elaboración propia

Depósito fluvial

Está conformado por la acumulación de grava, arenas y limos en el cauce de ríos.

Forman algunas terrazas y son aprovechados por los pobladores para la agricultura.

Figura 28

Intersección de dos fuentes principales que generaron gran cantidad de material fluvial, al fondo Rio Chalhuané que se une al rio Chorunga.



Fuente. Elaboración propia

Figura 29

Columna estratigráfica local

ERA	SIST	SERIE	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	ESP (m)	LITOLOGIA	DESCRIPCION	EDAD
CENOZOICO	CUAT	OLOCENO	Depositos Aluviales	150		Clastos de rocas de diferentes composición (andesitas, amfibolitas, tufos dacíticos, aglomerados volcánicos, calizas, areniscas,	2
		PLIOCENO	Volcanico Sencca	80		Tobas y brechas tobáceas de naturaleza dacítica o riolítica.	12.5
	TERCIARIO	EOCENO	Formacion Caraveli	710		Conglomerados, heterogeneos poco consolidados y mal clasificados con areniscas y piroclastos que presentan niveles de tobas blanquecinas.	
						Clastos bien estratificados y compactos que alternan niveles de conglomerados finos y limonitas.	
		PALEOCENO				Conglomerados redondeados a subredondeados que son de origen intrusivo, volcánico, sedimentario, y metamórfico.	58.0
MESOZOICO	JUR - CRET	Grupo Yura	Formacion	280		COMPLEJO BELLA UNION Areniscas grises de grano medio interestratificadas con cuarcitas blanquecinas de 10-50 cm de grosor con niveles delgadas de lutita de color grises oscuras a negras.	250
			BATOLITO DE LA COSTA			BATOLITO DE LA COSTA. Diorita Granodioritas, Monzonitas.	2000

Fuente. Modificada por Ingemmet por Vega y Morocco 2004, y Sempere . 2014.

Digitalización Empresa Century Mining Peru SAC.

CAPÍTULO IV

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

4.1 Introducción

La zona en evaluación posee diferentes zonas deformadas por eventos distintos, por lo que con el fin de hacer una descripción sistemática de la tectónica que afectó a los terrenos que abarcan este cuadrángulo, se ha diferenciado cinco zonas de deformación, con características propias, cuya orientación estructural sigue la tendencia andina.

4.2 Geología Estructural Regional

4.2.1. Dominios Estructurales

Zona del Macizo Pre-cambriano

Esta unidad se distingue de las demás estructuralmente por su litología y su respuesta a los procesos orogénicos, que es Fuenteblemente diferente a la de otras áreas. Además, forma la base de toda la secuencia que se sitúa sobre ella. Se ubica como un horst entre las rocas sedimentarias del Mesozoico y las rocas ígneas del batolito costero. Tiene una faja irregular en dirección NO-SE que ha sido elevada por varias fallas. Se ha observado que una foliación bien marcada y un fallamiento intenso son los principales efectos de deformación. (Pecho, 1983)

No se puede apreciar fácilmente el impacto del plegamiento en estas rocas; sin embargo, se pueden distinguir estructuras de pliegues decumbentes en el margen derecho del río Ocoña, al nivel de Chaucalla. Las zonas de debilidad donde se han formado grandes cuerpos intrusivos durante la tectogénesis andina son consecuencia de varios eventos tectónicos que han afectado esta región desde épocas precámbricas. Las características de fallamiento en bloques del sistema de fallas son similares a las de la zona costera. (Pecho,

1983)

Zona plegada y fallada

La tectónica andina ha tenido una influencia significativa en las rocas mesozoicas que surgen en este cuadrángulo; esto es especialmente cierto en el flanco occidental de la Cordillera de los Andes, donde la disposición general de las estructuras sigue una dirección NO-SE, según la tendencia principal de los Andes. (Pecho, 1983)

La litología influye en la magnitud de la deformación. Las rocas que son más capaces, las calizas y las cuarcitas del Cretácico medio e inferior, han sufrido un plegamiento más gradual, lo que ha creado sinclinales y anticlinales considerables. Areniscas arcillosas y las lutitas del Jurásico superior, por otro lado, experimentan un plegamiento y fallamiento más grave. Se han desarrollado principalmente en las rocas del Grupo Yura, como se puede observar en el río Cotahuasi; casi todos los pliegues observados son inclinados e asimétricos hacia el noreste. (Pecho, 1983)

La compresión producida durante la presencia de un substrato rígido y el plegamiento regional y en el sur de la región, que corresponde al Macizo Pre-cambriano, constituyen el grupo de fallas distintivo de esta región. Estas fallas están orientadas en direcciones NO-SE y NNE-SSO. La falla normal de Charcana, la falla inversa de Taurilla y la falla de desgarre de Tanisca son las fallas de dirección NO-SE más importantes. (Pecho, 1983)

Zona de emplazamiento del Batolito

Las estructuras previas que conservan un patrón estructural andino, como las fracturas profundas y las fallas, tienen un impacto en la ubicación del Batolito Costanero. Se pueden distinguir 03 sistemas de fallas existentes que han sido esenciales para el

posicionamiento del batolito. Por su extensión, que supera varias decenas de kilómetros, y por la cantidad de fallas, el primer sistema, que se orienta en dirección NO-SE, es el más importante. Estas fallas también facilitan el contacto entre las rocas del basamento y las unidades del batolito. Existen orientaciones E-O y NE-SO en los otros dos sistemas; es posible que muchas de estas sean posteriores a las intrusiones. (Pecho, 1983)

En estas tres categorías, la mayoría de las fallas son verticales, aunque algunas son subverticales. Muchas de ellas están cubiertas por diques de naturaleza básica y, en ocasiones, presentan deformaciones causadas por efectos estructurales producidos por fases tectónicas posteriores. (Pecho, 1983)

Zona de la Depresión de Caravelí

Una extensa depresión de tipo regional, paralela a la costa, se extiende entre la Cordillera de la Costa y la Cordillera Occidental, que actúa como un soporte tectónico; esta zona está compuesta por rocas clásticas y se denomina Pampas Costaneras. Aunque estas pampas representan llanuras amplias y casi planas a nivel regional, en el cuadrángulo de Caravelí han sido sometidas a varias etapas de erosión, resultando en un valle bastante amplio que se considera la depresión de Caravelí en esta zona. (Pecho, 1983)

Las fallas escalonadas, que están cubiertas por una capa gruesa de sedimentos clásticos, son los factores tectónicos que provocan el inicio de esta depresión. Las fallas Choclón y Chuicane muestran los efectos más Fuentebles de estas fallas: el plegamiento de las capas terciarias. (Pecho, 1983)

Zona poco deformada

El 60% del área examinada está formado por rocas volcánico-sedimentarias y volcánicas que se remontan al Terciario superior y al Cuaternario; presentan pocas

deformaciones tectónicas. La mayoría de estas rocas forman parte del Grupo Barroso, el cual presenta una estratificación clara e inclinaciones que van desde sub-horizontales hasta horizontales. Las capas del Grupo Barroso y de las unidades más recientes tienen inclinaciones que superan los 20° en las pendientes de los grandes valles y en las cercanías de los volcanes. (Pecho, 1983)

4.3 Fallas Regionales

4.3.1. Falla Iquipi

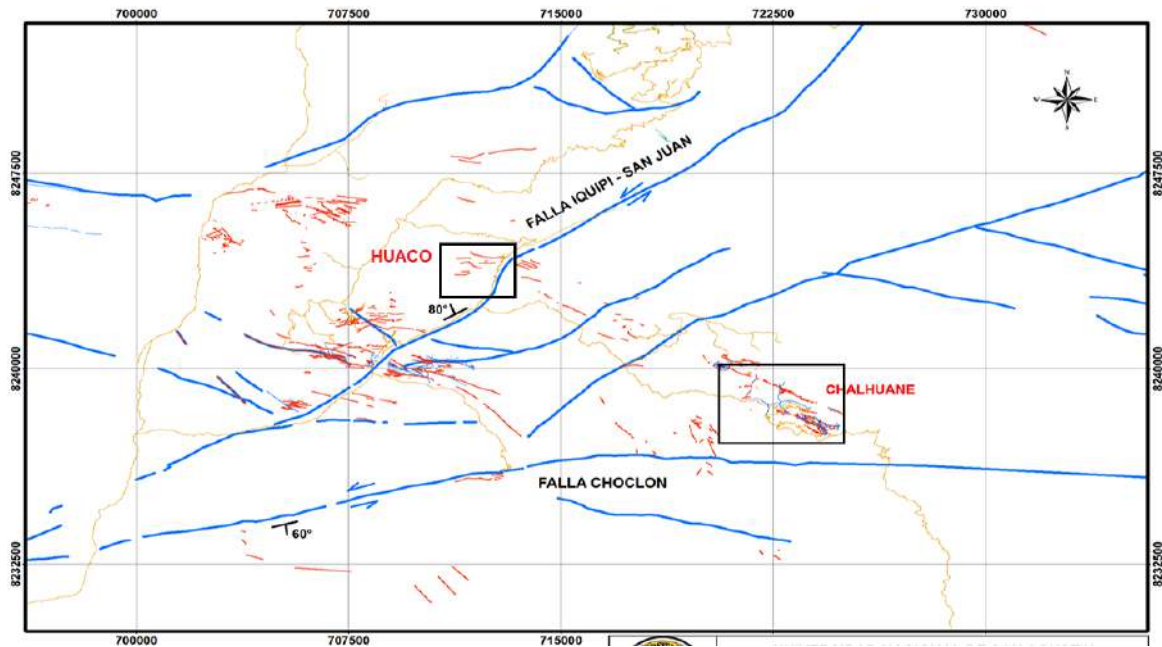
La falla Iquipi presenta un rumbo de S61°W y buzamiento 81°N, en superficie tiene una longitud de 18 km aproximadamente, es considerada como una falla de tipo cizalla con movimiento sinistral, la falla pasa cerca al poblado Iquipi por el cual lleva el nombre de falla Iquipi. En la quebrada Chorunga cercana a la falla se presenta vestigios de flujos volcánicos recientes llamadas formación Mollebamba, al parecer la falla se reactiva y a la vez pone en contacto formaciones subvolcánicas como la Formación Río Grande de composición de andesitas porfirítica. (Victor.P, 1984)

4.3.2. Falla Choclón

La falla Choclón está ubicada en la parte SE del yacimiento Chalhuane, presenta un rumbo S72°W buzamiento 69°S, aflora en una longitud aproximada de 20 km, cruza la quebrada Estibilla cerca al prospecto Santa Clarita de la unidad minera Clara, más al SW cerca de la mina Miski se junta con la falla Iquipi para luego formar una sola falla que al SW en el cuadrángulo de Chala se llamará Iquipi – Choclón. La Falla Choclón es una estructura de gran dimensión identificada en el área de estudio que se prolonga hasta el cuadrángulo de Chuquibamba (32-q), lugar donde Huamán (1985) le atribuye un buzamiento al Sur (fotografía N°15)

Figura 30

Falla regional Iquipo y Choclon



Fuente. Tesis geología y estructuras mineralizadas minera Chalhuané (Caseres.2019).

4.4. Geología Estructural Local

4.4.1. Fallas

La principal falla que se reconoce es la inversa en la zona oeste del lugar de estudio con dirección N-S. Afecta directamente a las tonalitas de la Super Unidad Incahuasi.

Se reconocen dos fallas normales definidos en la zona central del área en estudio, donde una de ellas pone en conexión a las tonalitas Incahuasi con las intrusiones menores monzoníticas y andesíticas.

En casi toda la Super Unidad Incahuasi se logran identificar fallas normales inferidas. Una de las resaltantes es la que ponen en contacto a los conglomerados de la Formación Moquegua con las tonalitas Incahuasi.

4.4.2. Fracturas

Se identifican diaclasamientos en la parte este de los afloramientos monzoníticos con direcciones SO-NE y algunos presentes en las tonalitas de la Super Unidad Incahuasi con direcciones más variadas: N-S, O-E.

4.4.3. Estructura mineralizada Jessica

Estructura mineraliza principal de potencias por encima de 0.25m hasta 1.2 m, su contenido mineralógico es mayormente cuarzo con bandas de pirita y argentita las leyes en Au oscilan entre 6 g/tn a 15 g/tn con pequeños puntos que superan la Onza en Au. Su dirección horizontal es NW-SW, con buzamiento hacia el NW.

4.4.4. Estructura mineralizada Roja

Estructura formada por esfuerzos de tensión por cizallamiento de componente dextral, esta estructura fue formada posterior a l veta jessica y Huaco. Su mineralogía tiene cierta similitud en cuanto a la asociación mineraligica sin embargo la presencia de Py suele ser mayor, además de contener mayor ley en sus clavos mineralizados respecto a las vetas huaco, la veta roja tiene un rumbo Este-oeste típico de una veta tensionaal, su potencia varia de 0.1m a 0.25m, tienes cajas definidas de roca dioritica con pequeñas intersecciones de diques aplictico.

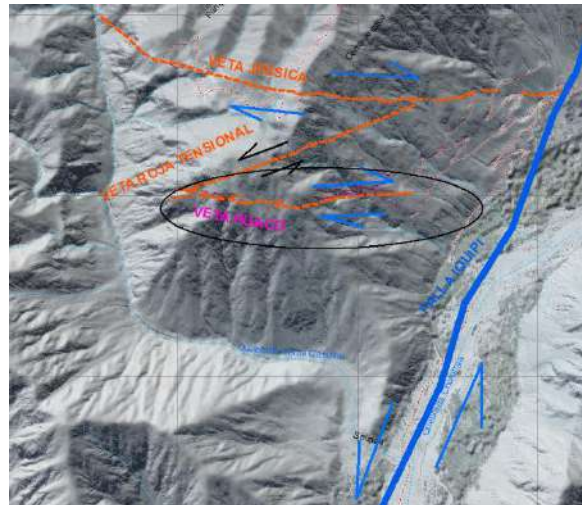
4.4.5. Estructura mineralizada Huaco

Esta estructura mineraliza de tipo filón tiene un rumbo NW-SE, con buzamiento hacia el SW. Su mineralogía principalmente de Qz, con bandas de Pirita y Argentita. En algunos puntos se apode apreciar Pirrotina, pero en menor proporción. La ley de esta veta varia de 0.1 gr/tn hasta 45 g/tn, la roca caja es de composición dioritica con cortes de diques ande siticos y en menor proporción de diques aplicticos, En el plano de los diques andesiticos al

piso se aprecia movimiento de tipo dextral generando movimiento al lado echo a lo largo del rumbo de la línea principal.

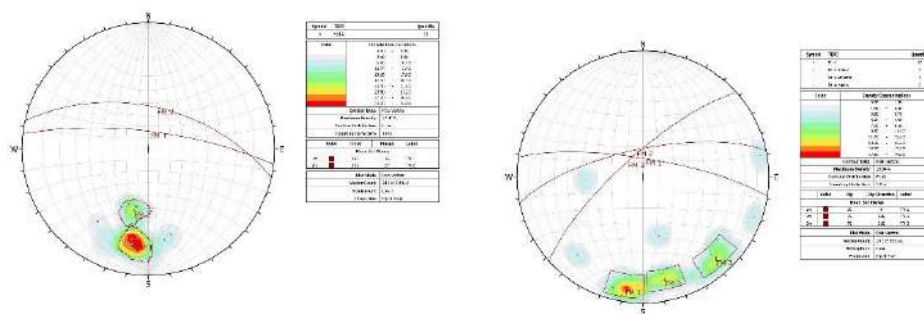
Figura 31

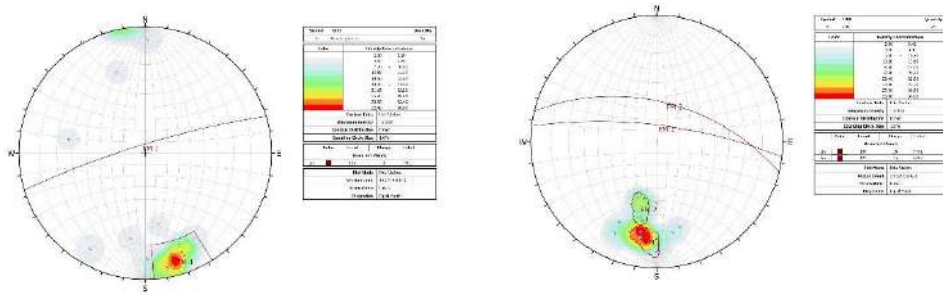
Sistema dextral entre la veta Jessica y veta Huaco, generado una estructura tensional veta Roja.



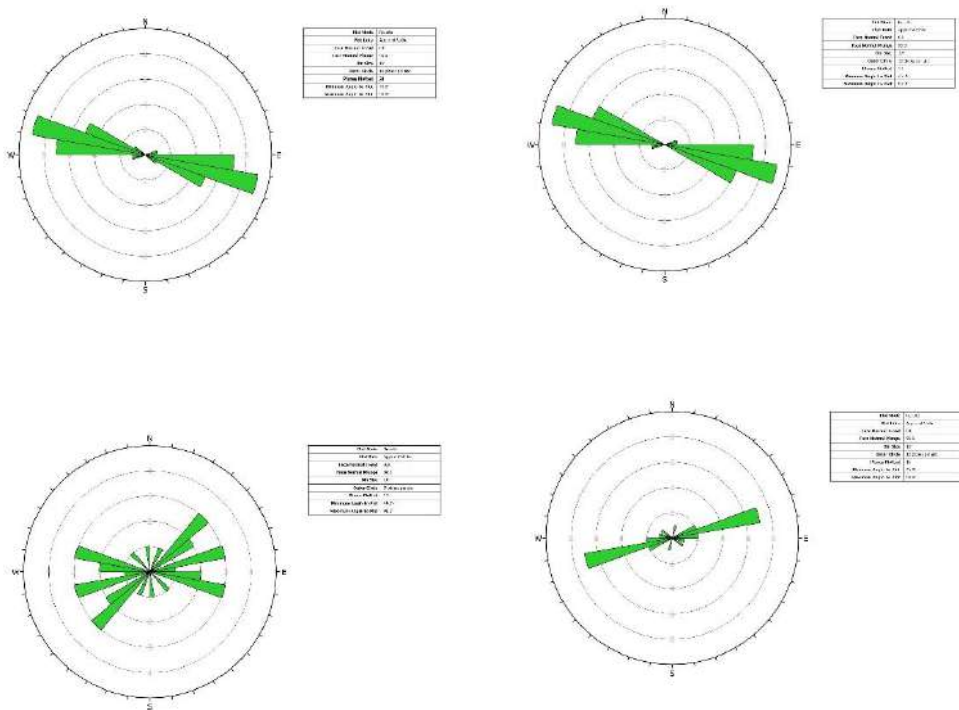
Fuente. Elaboración propia

4.5. Diagrama de polos





4.6. Diagrama de rosetas



4.7. Sistema Riedel

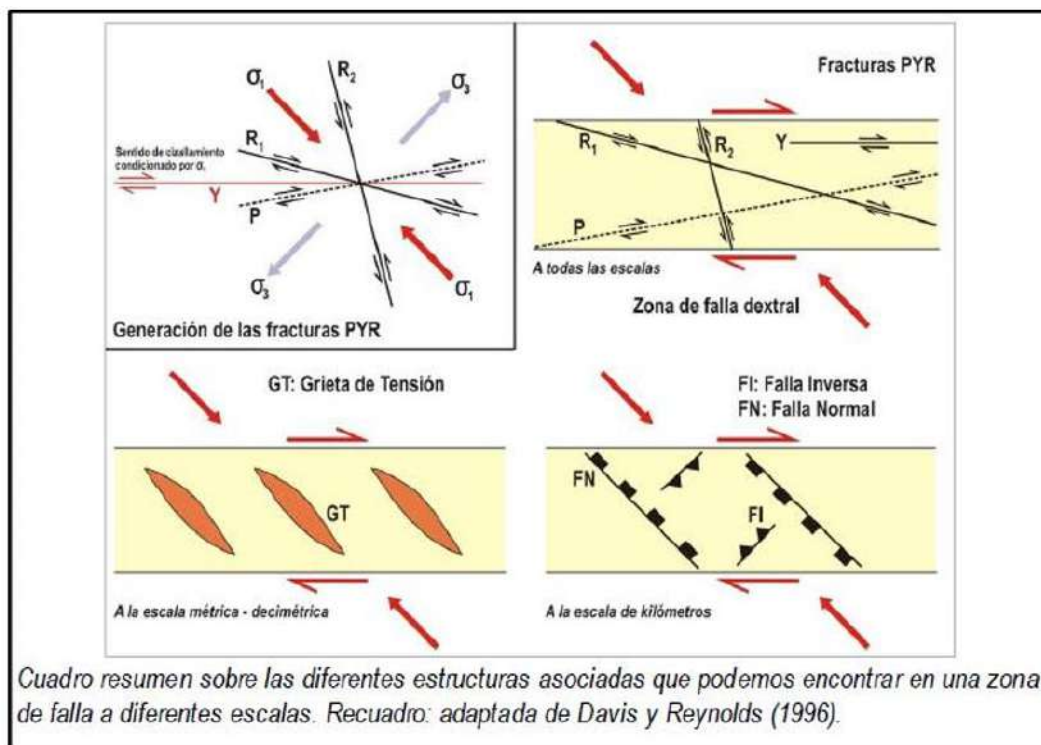
Fallas conjugadas (dextral o sinistral) las fallas que corren entre los dos sistemas principales.

- Estructuras de compresión: Cabalgamientos, fallas inversas.
- Estructuras de distensión: Diques, vetas, fallas normales, graben y horts.

- En el caso de la veta Huaco existe 01 fallas de rumbo principales serían la falla Iquipi y otra estrucra al norte. Entre ellas se forman las vetas conjugadas en forma de X en la zona Huaco por eso es importante evaluar cada estructura más allá de las intersecciones de los 2 sistemas. La consecuencia de esta observación es que probablemente, se han omitido porciones importantes de estructuras que van ser investigadas con perforación diamantina.

Figura 32

Explicación Sistema Riedel

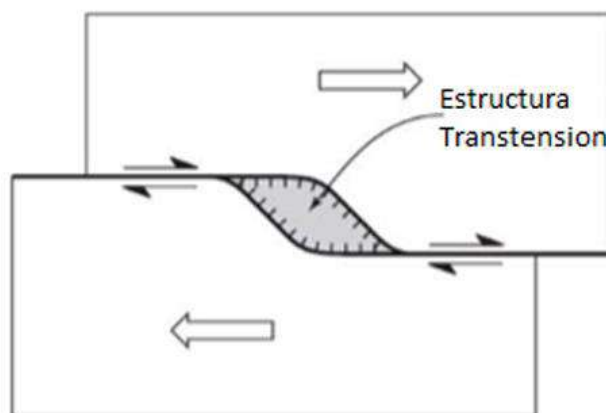


4.8. Zonas de Transtensión

Las zonas de transtensión están estrechamente relacionadas a fallas transcurrentes y el origen depende fundamentalmente del sentido de movimiento de las fallas transcurrentes. Por ejemplo, cuando una falla principal NW - SE, con movimiento sinistral y con una inflexión E - W en su parte central; por el movimiento que tiene, produce desplazamientos normales que generan cuencas con fracturas abiertas, denominadas zonas de transtensión. Mientras que, si el movimiento fuese dextral se producirían ejes de pliegues y fallas inversas, llamadas zonas de transpresión. Debido al comportamiento estructural evidenciado a través de los datos cinemáticos y datos estadísticos estructurales tomados en campo en el cruce 3021 N, (anexo) en veta Mercedes es que se determina que veta Mercedes tiene un comportamiento estructural de cizalla simple sinistral, con una componente normal el cual crea las zonas de transtensión propicias para la mineralización Dube y Guha (1992).

Figura 33

Zona de transtensión



Fuente

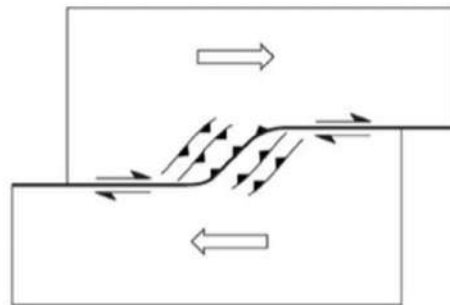
4.9. Zonas de transpresión

El mismo origen o dinámica estructural que forma a una zona de transtensión, es formada para una zona de transpresión el rol de los esfuerzos principales en una zona de

cizalla simple con una componente normal crean en el caso contrario a las estructuras de transtensionales , estructuras de cierre de espacios generalmente zona de fallamientos y estrangulamiento que no son propicias para albergar mineralización estas zonas están asociadas a zonas estériles o de ganga las cuales están determinadas por ciertas direcciones preferenciales . Es característico de las zonas de transpresión relacionarla con zonas de compresión y cizallamiento, en campo estas estructuras son registradas en ciertas direcciones las sirven con guías y controles de exploración.

Figura 34

Zona de transpresión



Fuente:

Figura 35

Fracturas presentes en la monzonita de la zona de estudio



Fuente. Elaboración propia

CAPÍTULO V

GEOQUÍMICA

6.1 Introducción

Por brindar las herramientas y métodos necesarios para comprender la dispersión y concentración de elementos químicos en la corteza terrestre, la geoquímica es una disciplina fundamental para la explotación y exploración de depósitos minerales. El análisis de muestras de suelo, roca, agua y sedimentos permite identificar áreas prometedoras para la exploración minera. El hallazgo de anomalías químicas puede indicar la presencia de minerales en el subsuelo.

La caracterización de la composición de los depósitos minerales es posible mediante el análisis geoquímico, el cual ayuda a determinar su viabilidad económica, calidad y cantidad. Esto incluye la evaluación de impurezas y la identificación de minerales relevantes. La interacción de fluidos magmáticos o hidrotermales con la roca anfitriona y la concentración de metales son procesos que se pueden comprender a través de la geoquímica. Esto es fundamental para crear modelos geológicos precisos.

6.2 Geoquímica de la zona de estudio

Las vetas en Arequipa, incluyendo Huaco, suelen ser depósitos de mineralización hidrotermal. Esto indica que los fluidos calientes que se movieron a través de las rocas fracturadas constituyeron los minerales.

Las vetas en esta zona pueden contener minerales como oro, plata, cobre, zinc, plomo y otros metales preciosos y base, según el contexto geológico. Se podrían encontrar concentraciones fuertemente elevadas de estos metales en la geoquímica de la veta Huaco. La constitución de minerales de alteración secundaria, que indican la presencia de fluidos mineralizados, es uno de los cambios que normalmente se producen en las rocas caja como

resultado del proceso de hidrotermal. La carbonatación, la silicificación y la formación de argilitas son parte de esto.

Los sulfuros metálicos, como la bornita (Cu_5FeS_4) y otros minerales de cobre, así como los minerales de oro y plata, son mineralizaciones comunes en áreas similares. Alteraciones hidrotermales como sericita, cuarzo y calcita pueden aparecer con frecuencia. Estas modificaciones muestran las condiciones de creación del depósito. Con áreas enriquecidas en cobre, oro y plata asociadas con estructuras geológicas como fracturas y fallas, la geoquímica del área puede revelar patrones de distribución inusuales de metales preciosos y base. Se analizan muestras de roca y suelo para evaluar las concentraciones de metales en ppm (partes por millón) y se descubren anomalías que podrían indicar la existencia de depósitos mineralizados en los estudios geoquímicos.

6.3 Análisis estadístico

6.3.1. Muestreo Superficial

A continuación, se muestran datos de las muestras tomadas mediante canales en la superficie. La litología es homogénea para todas las muestras, perteneciendo a las granodioritas de la Super Unidad Incahuas.

Tabla 4*Datos de las muestras de superficie*

Código	Este	Norte	Cota	Estructura	Sector	Az.	Buz.	Dip Dir.	Ancho (m)	Ley prom. Au (gr/Tn)
7094	711997.077	8244015.4	1258	Veta	Toda la estructura	270	75	360	0.2	0
7095	712066.59	8244004.99	1299	Veta	Toda la estructura	270	75	360	0.2	4.14
7096	712100	8243997.55	1313	Veta	Toda la estructura	280	65	10	0.2	11.693333
7097	712060.11	8244000	1295	Veta	Toda la estructura	260	72	350	0.25	2.22
7022	712125.09	8243991.1	1311	Veta	Toda la estructura	290	50	20	0.2	10.75
7098	712168.047	8243981.87	1303	Veta	Toda la estructura	290	50	20	0.35	3.663333
7099	712186.72	8243978.35	1280	Veta	Piso	282	50	12	0.13	9.418605
7100	712186.72	8243978.35	1280	Veta	Techo	282	50	12	0.3	0
7101	712204.72	8243983.14	1288	Veta	Toda la estructura	270	52	360	0.1	1.1
7102	712220	8243985	1289	Veta	Toda la estructura	280	58	10	0.11	7.333333
7103	712236	8243985	1282	Veta	Toda la estructura	295	70	35	0.18	9.15
7104	712256	8243980	1277	Veta	Toda la estructura	285	74	15	0.12	0.703333
7105	712271.708	8243972.92	1269	Veta	Piso	294	77	24	0.08	2.3125
7106	712271.708	8243972.92	1269	Veta	Techo	294	77	24	0.08	0
7107	712272.85	8243973.94	1269	Veta	Toda la estructura	255	70	345	0.25	1.56
7108	712336.68	8243966.06	1262	Veta	Toda la estructura	283	63	13	0.12	8.533333
7109	712368	8243976	1236	Veta	Toda la estructura	290	56	20	0.17	11.78

7110	712390	8243977	1226	Veta	Toda la estructura	280	72	10	0.2	1.19
7111	712408.69	8243986.54	1213	Veta	Piso	279	75	9	0.14	1.931034
7112	712408.69	8243986.54	1213	Veta	Centro	279	75	9	0.3	0
7113	712408.69	8243986.54	1213	Veta	Techo	279	75	9	0.12	0
7114	712438	8243994	1175	Veta	Toda la estructura	270	82	360	0.95	0.821053
7115	712516.65	8244000.91	1113	Veta	Piso	280	75	10	0.22	17.266667
7116	712516.65	8244000.91	1113	Veta	Techo	280	75	10	0.08	0

De las 24 muestras, 4 fueron tomadas del piso y 4, del techo de la labor. Solo 1 fue tomada del centro y el resto, se tomó de la estructura vetiforme. Existen 6 muestras que no posee una ley de Au. Cabe resaltar que la mayor ley que se expone en la tabla es la de 17.26 gr/Tn.

6.3.2. Muestreo Subterráneo

En la Tabla N°5 se exponen los datos de las pruebas realizadas durante las labores subterráneas correspondiente a la veta Huaco mediante un sistema de canales. De igual forma que con las muestras de superficie, la litología es homogénea para todas las muestras, perteneciendo a las granodioritas de la Super Unidad Incahuasi.

Tabla 5*Datos de las muestras subterráneas*

Código	Este	Norte	Cota	Estructura	Sector	Az.	Buz.	Dip Dir.	Ancho (m)	Ley prom. Au (gr/Tn)
2653	712143.098	8243993.49	1295	Veta	Toda la estructura	280	78	10	0.22	33.44
2654	712141.168	8243994.02	1295	Veta	Toda la estructura	280	78	10	0.17	13.62
2655	712139.228	8243994.53	1295	Veta	Toda la estructura	280	78	10	0.43	77.08
2656	712135.154	8243995.53	1295	Veta	Toda la estructura	280	78	10	0.25	18.12
2657	712133.14	8243996.05	1295	Veta	Toda la estructura	280	78	10	0.28	14.88
2658	712131.111	8243996.57	1295	Veta	Toda la estructura	280	78	10	0.28	21.68
2659	712128.967	8243997.07	1295	Veta	Toda la estructura	280	78	10	0.28	10.65
2660	712126.971	8243998.08	1295	Veta	Toda la estructura	280	78	10	0.38	16.5
2661	712125.158	8243998.08	1295	Veta	Toda la estructura	280	78	10	0.26	26.45
2662	712123.448	8243998.6	1295	Veta	Toda la estructura	280	78	10	0.3	7.41
2663	712121.579	8243999.11	1295	Veta	Toda la estructura	280	78	10	0.23	23.37
2664	712119.666	8243999.61	1295	Veta	Toda la estructura	280	78	10	0.26	9.72
2665	712117.726	8244000.13	1295	Veta	Toda la estructura	280	78	10	0.24	19.09
2666	712115.786	8244000.64	1295	Veta	Toda la estructura	280	78	10	0.25	7.69
2667	712114.015	8244001.15	1295	Veta	Toda la estructura	280	78	10	0.23	13.4
2668	712112.128	8244001.66	1295	Veta	Toda la estructura	280	78	10	0.24	5.19
2669	712110.198	8244002.17	1295	Veta	Toda la estructura	280	78	10	0.13	17.34

2670	712108.268	8244002.68	1295	Veta	Toda la estructura	280	78	10	0.37	13.59
2671	712106.278	8244003.2	1295	Veta	Toda la estructura	280	78	10	0.22	50.25
2672	712103.978	8244003.81	1295	Veta	Toda la estructura	280	78	10	0.17	24.1
4709	712306.57	8244110.14	1298	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.22	0
4710	712304.6	8244109.9	1298	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.2	0
4711	712304.415	8244113.64	1298	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.16	1.64
4712	712302.42	8244113.49	1298	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.08	4.81
4713	712298.175	8244112.37	1298	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.24	34.36
4714	712296.45	8244111.35	1298	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.14	23.65
4715	712294.803	8244110.19	1298	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.1	77.36
4716	712293.198	8244108.94	1298	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.14	35.37
4717	712291.519	8244107.84	1298	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.09	67.15
4718	712289.942	8244106.54	1298	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.07	22.56
4719	712288.332	8244105.31	1298	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.11	47.18
4720	712286.798	8244103.93	1298	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.1	11.14
7117	712436.245	8243996.12	1175	Veta	Toda la estructura	270	75	360	0.2	3.226667
7118	712434.235	8243996.2	1175	Veta	Toda la estructura	277	75	7	0.14	2.613333
7119	712432.255	8243996.25	1175	Veta	Toda la estructura	281	68	11	0.14	1.323333
7120	712430.215	8243996.28	1175	Veta	Toda la estructura	287	80	17	0.2	2.896667
7121	712428.235	8243996.41	1175	Veta	Toda la estructura	285	75	15	0.13	1.176667

7122	712426.215	8243996.44	1175	Veta	Toda la estructura	280	80	10	0.13	1.52
7123	712424.265	8243996.49	1175	Veta	Toda la estructura	285	85	15	0.2	22.52
7124	712422.255	8243996.57	1175	Veta	Toda la estructura	280	85	10	0.18	19.82
7125	712420.225	8243996.57	1175	Veta	Toda la estructura	285	80	15	0.22	4.903333
7126	712418.205	8243996.52	1175	Veta	Toda la estructura	280	80	10	0.15	11.07
7127	712416.215	8243996.41	1175	Veta	Toda la estructura	280	80	10	0.18	45.253333
7128	712414.023	8243996.41	1175	Veta	Toda la estructura	280	85	10	0.18	13.506667
7129	712411.983	8243996.33	1175	Veta	Toda la estructura	285	80	15	0.2	20.006667
7130	712410.003	8243996.3	1175	Veta	Piso	280	75	10	0.23	10.576271
7131	712410.003	8243996.3	1175	Veta	Centro	280	75	10	0.18	0
7132	712410.003	8243996.3	1175	Veta	Techo	280	75	10	0.18	0
7133	712408.023	8243996.23	1175	Veta	Toda la estructura	280	75	10	0.17	3.133333
7133-A	712406.033	8243996.15	1175	Veta	Toda la estructura	280	75	10	0.2	2.023
7134	712404.053	8243996.12	1175	Veta	Toda la estructura	280	75	10	0.18	2.777
7135	712402.033	8243996.31	1175	Veta	Toda la estructura	280	71	10	0.2	6.53
7136	712399.993	8243996.57	1175	Veta	Toda la estructura	285	75	15	0.15	2.33
7137	712394.225	8243997.44	1175	Veta	Toda la estructura	280	75	10	0.15	3.486667
7138	712392.245	8243997.7	1175	Veta	Toda la estructura	288	75	18	0.13	1.783333
7139	712390.235	8243997.99	1175	Veta	Toda la estructura	288	75	18	0.13	0.726667
7140	712387.854	8243998.32	1175	Veta	Toda la estructura	285	75	15	0.2	23.613

7141	712385.894	8243998.58	1175	Veta	Toda la estructura	290	80	20	0.12	1.523333
7142	712383.884	8243998.87	1175	Veta	Toda la estructura	291	76	21	0.1	0.447
7143	712465.38	8244000.32	1150	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.1	4.016667
7144	712462.618	8244001.32	1150	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.11	10.173
7145	712452.895	8244002.43	1150	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.08	1.673
7146	712443.879	8244003.82	1150	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.07	11.153
7147	712441.572	8244004.49	1150	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.08	62.09
7148	712434.122	8244006.68	1150	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.06	7.186667
7149	712432.292	8244007.29	1150	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.07	4.62
7150	712430.342	8244007.78	1150	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.06	2.936667
7151	712428.422	8244008.32	1150	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.07	7.57
7152	712500.237	8244016.99	0	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.1	74.17
7153	712504.437	8244016.56	0	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.05	80.425
7154	712439.785	8244026.18	0	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.08	0.376667
7155	712441.855	8244025.65	0	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.1	3.63
7156	712443.785	8244025.2	0	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.1	4.016667
7157	712445.765	8244024.85	0	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.09	0.78
7158	712447.829	8244025.59	0	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.09	2.633333
7159	712449.765	8244024.51	1030	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.08	20
7160	712576.975	8244037.55	1030	Veta	Toda la estructura	253	84	343	0.07	4.116667

7161	712574.96	8244037.04	1030	Veta	Toda la estructura	253	84	343	0.07	8.56
7162	712570.006	8244032.62	1030	Veta	Toda la estructura	260	88	350	0.05	0.72
7163	712524.753	8244026.4	1030	Veta	Toda la estructura	280	70	10	0.12	0.976667
7164	712522.743	8244026.41	1030	Veta	Toda la estructura	282	78	12	0.1	0.88
7165	712520.773	8244026.75	1030	Veta	Toda la estructura	290	74	20	0.08	0.336667
7166	712518.873	8244027.39	1030	Veta	Toda la estructura	290	74	20	0.07	1.423333
7167	712510.879	8244030.88	1030	Veta	Toda la estructura	283	68	13	0.12	0.17
7168	712493.45	8244035.11	1030	Veta	Toda la estructura	280	65	10	0.1	4.385
7169	712485.126	8244038.03	1030	Veta	Toda la estructura	280	80	10	0.18	4.64
7170	712483.116	8244038.37	1030	Veta	Toda la estructura	285	70	15	0.18	0.53
7171	712481.296	8244039.01	1030	Veta	Toda la estructura	285	68	15	0.18	2.656667
7172	712479.326	8244039.51	1030	Veta	Toda la estructura	285	70	15	0.12	4.2
7173	712477.406	8244040.03	1030	Veta	Toda la estructura	282	70	12	1.13	63.106154
7174	712475.526	8244040.66	1030	Veta	Toda la estructura	282	75	12	0.15	0.59
7175	712471.626	8244041.63	1030	Veta	Toda la estructura	285	74	15	0.2	0.74
7176	712458.963	8244044.77	1030	Veta	Toda la estructura	270	75	360	0.15	1.786667
7177	712456.963	8244045.15	1030	Veta	Toda la estructura	270	75	360	0.17	1.993333
7178	712442.486	8244044.41	1030	Veta	Toda la estructura	275	75	5	0.07	0.78
4754	712303.07	8244111.76	1298	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.1	1.64
4755	712299.39	8244110.02	1298	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.1	8.04

4756	712298.22	8244109.65	1298	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.08	11.65
4757	712314.44	8244116.37	1298	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.2	8.33
4758	712316.32	8244117.08	1298	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.2	2.65
4759	712318.28	8244117.69	1298	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.15	10.33
4760	712320.16	8244118.46	1298	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.12	73.98
4761	712321.96	8244119.28	1298	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.2	8.12
4762	712325.63	8244120.89	1298	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.15	9.18
4763	712327.43	8244121.71	1298	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.15	7.05
4764	712331.03	8244123.4	1298	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.1	2.72
4765	712332.62	8244124.23	1298	Veta	Toda la estructura	0	0	0	0.2	17.63
4821	712123.98	8244004.75	1278	Veta	Toda la estructura	287	74	17	0.27	12.8
4822	712122.06	8244005.27	1278	Veta	Toda la estructura	287	74	17	0.27	8.94
4823	712120.15	8244005.82	1278	Veta	Toda la estructura	287	74	17	0.26	14.81
4824	712118.22	8244006.4	1278	Veta	Toda la estructura	287	74	17	0.28	17.845
4825	712116.29	8244006.97	1278	Veta	Toda la estructura	287	74	17	0.28	10.225
4826	712114.38	8244007.5	1278	Veta	Toda la estructura	287	74	17	0.28	8.75
6851	712517.018	8244002.81	1108	Veta					0.15	2.76
6852	712510.69	8244004.15	1108	Veta					0.2	32.18
6853	712487.267	8244005.94	1108	Veta					0.1	12.16
6854	712473.49	8244006.73	1108	Veta					0.07	6.94

6855	712471.437	8244005.71	1108	Veta	0.15	2.13
6856	712462.511	8244006.5	1108	Veta	0.18	4.5
6300	712435.723	8243995.33	1175	Veta	0.15	2.03
6301	712427.766	8243995.26	1175	Veta	0.2	1.18
6302	712417.05	8243995.74	1175	Veta	0.13	10.28
6303	712410.815	8243995.44	1175	Veta	0.15	4.36
6304	712403.817	8243994.98	1175	Veta	0.15	4.91
6305	712396.079	8243995.42	1175	Veta	0.17	3.6
1208	712511.986	8244010.22	1084	Veta	0.05	56.8
6365	712450.998	8244017.55	1081	Veta	0.18	8.26
6364	712462.333	8244016.53	1081	Veta	0.15	3.62
6363	712470.283	8244015.9	1081	Veta	0.13	43.37
6028	712478.907	8244015.19	1081	Veta	0.17	11.83
6027	712484.777	8244014.17	1081	Veta	0.18	9.2
6029	712492.151	8244012.53	1084	Veta	0.13	29.53
6361	712572.124	8244033.12	1031	Veta	0.08	5.44
6362	712582.685	8244037.6	1031	Veta	0.04	4.47
1544	711973.124	8244366.83	1325	Veta	0.05	0
1543	712013.513	8244355.41	1325	Veta	0.08	0
8311	712095.51	8244013.72	1281	Veta	0.45	

8316	712095.51	8244013.72	1281	Veta	0.13
8312	712093.51	8244013.72	1281	Veta	0.25
8313	712091.53	8244013.23	1281	Veta	0.45
8314	712090.17	8244012.96	1281	Veta	0.35
8315	712090.17	8244012.96	1281	Veta	0.3
8317	712119.53	8244007.86	1281	Veta	0.22
8318	712117.91	8244009.05	1281	Veta	0.2
8319	712116.14	8244009.9	1281	Veta	0.28
8321	712114.26	8244010.69	1281	Veta	0.09
8320	712114.26	8244010.69	1281	Veta	0.4

Se tienen 147 muestras subterráneas, de las cuales una fue tomada del piso, una del techo y otra del centro de la veta. Además, se tienen 34 muestras de las cuales no se tiene información del sector de procedencia. Existen 11 muestras que no poseen una ley de Au, mientras que la mayor ley que se encuentra en estas muestras asciende a 80.425 gr/Tn.

6.3.3. Análisis Multielemento

Es la técnica que permite la determinación simultánea de varios elementos químicos en muestras de varios tipos, como suelos, aguas, rocas, sedimentos y minerales. Este tipo de análisis es esencial para comprender los procesos geológicos y la composición química de la Tierra. Es fundamental para la minería y la prospección de minerales porque ayuda a identificar la presencia de elementos útiles y valiosos en muestras de roca y suelo.

Por ello, se tomaron 10 muestras mediante un muestreo sistemático de canales y por puntos, tanto a nivel superficial como local.

Tabla 6

Datos de las muestras analizadas por multielementos

Código	Descripción	Este	Norte	Cota	Tipo de muestreo
M-001-2022	Veta superficial	712016.775	8244014.53	1275	Canal
M-002-2022	Veta superficial	712106.426	8243995.9	1300	Canal
M-003-2022	Veta subterránea	712114.621	8244011.67	1250	Canal
M-004-2022	Veta subterránea	712123.511	8244009.04	1250	Canal
M-005-2022	Veta superficial	712186.72	8243978.35	1295	Canal
M-006-2022	Veta superficial	712272.85	8243973.94	1270	Canal
M-007-2022	Dique contacto	712435	8243995	1170	Chip
M-008-2022	Veta subterránea	712361.558	8244000.94	1140	Canal
M-009-2022	Subterráneo dique andesítico	712581.097	8244036.83	1030	Chip
M-010-2022	Subterránea monzonita	712436	8244036	1030	Chip

Si bien se busca estimar los valores de Au presente, se realizó este tipo de análisis para evaluar si se presentan valores anómalos de otros metales como la plata, zinc y hierro. Así es que se tienen las siguientes tablas que exponen los resultados arrojados por el laboratorio.

Tabla 7*Valores por elemento según cada muestra*

Muestra		Elementos												
Nº	Código de Servicio	G0108	G0148	G0148	G0148	G0148	G0148	G0148	G0148	G0148	G0148	G0148	G0148	G0148
	Elemento	Au	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe
	Unidad	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	%
	Límite Inferior	0.005	0.2	0.01	3	1	0.5	5	0.01	1	1	1	0.5	0.01
	Límite Superior	10	100	15	10000	10000	10000	10000	15	10000	10000	10000	10000	15
1	M-001-2022	3.190	81.7	0.14	95	8	<0.5	57	0.52	<1	5	240	161	4.42
2	M-002-2022	2.768	5.6	0.05	40	4	<0.5	5	1.40	<1	1	324	17.1	2.01
3	M-003-2022	5.341	44.2	0.48	32	17	<0.5	9	0.09	2	8	227	367	5.41
4	M-004-2022	3.581	>100	0.05	16	9	<0.5	6	0.29	<1	2	287	53.8	1.90
5	M-005-2022	3.670	19.3	2.72	41	5	<0.5	56	0.16	<1	60	89	4.4	>15
6	M-006-2022	3.194	>100	1.17	22	4	<0.5	26	4.46	<1	19	161	35.0	7.91
7	M-007-2022	0.867	10.9	0.54	10	14	<0.5	<5	2.29	<1	13	171	9.0	5.62
8	M-008-2022	3.983	>100	1.73	47	7	<0.5	14	1.43	<1	28	170	16.9	7.34
9	M-009-2022	>10	>100	0.04	<3	5	<0.5	<5	0.80	13	4	326	81.2	3.89
10	M-010-2022	0.046	0.4	2.69	<3	87	<0.5	<5	2.21	<1	15	62	90.1	3.90

N o	Código de Servicio	G0148	G0148	G0148	G0148	G0148	G0148	G0148	G0148	G0148	G0148	G0148	G0148	G0148
	Elemento	Ga	K	La	Mg	Hg	Mn	Mo	Na	Nb	Ni	P	Pb	S
	Unidad	ppm	%	ppm	%	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm	%
	Límite Inferior	10	0.01	0.5	0.01	1	2	1	0.01	1	1	0.01	2	0.01
	Límite Superior	10000	15	10000	15	10000	10000	10000	15	10000	10000	15	10000	10
1	M-001-2022	<10	0.09	1.0	0.04	1	56	5	0.09	<1	8	0.01	62	0.89
2	M-002-2022	<10	0.02	<0.5	<0.01	<1	48	6	0.03	<1	8	<0.01	43	1.08
3	M-003-2022	<10	0.12	7.7	0.20	3	91	50	0.03	<1	6	0.01	454	0.04
4	M-004-2022	<10	0.09	<0.5	0.01	7	36	2	0.04	<1	8	<0.01	131	1.12
5	M-005-2022	<10	0.11	<0.5	3.14	5	291	9	<0.0	<1	6	0.01	219	>10
6	M-006-2022	<10	0.11	4.4	0.32	36	401	3	0.04	<1	6	<0.01	172	8.08
7	M-007-2022	<10	0.18	3.7	0.28	<1	334	31	0.01	<1	6	0.02	38	5.41
8	M-008-2022	<10	0.14	1.8	1.38	6	244	3	0.02	<1	6	0.02	72	6.60
9	M-009-2022	<10	0.03	<0.5	0.02	6	220	5	<0.0	<1	11	<0.01	>1000	3.68
10	M-010-2022	<10	0.38	8.0	0.91	<1	533	<1	0.35	<1	2	0.11	25	0.40

N°	Código de Servicio	G014 8	G0148	G0148	G0148	G0148	G0148	G0148	G014 8	G014 8	G0148	G0148	G0148	G0148
	Elemento	Sb	Sc	Sn	Sr	Th	Ti	Tl	U	V	W	Y	Zn	Zr
	Unidad	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
	Límite Inferior		0.5	10	0.5	50	0.01	2	50	2	10	0.5	0.5	0.5
	Límite Superior	10000	10000	10000	5000	10000	15	10000	10000	0000	10000	10000	10000	10000
1	M-001-2022	8	<0.5	<10	18.9	<50	<0.01	<2	<50	31	19	1.2	31.3	<0.5
2	M-002-2022	<5	<0.5	<10	31.4	<50	<0.01	<2	<50	7	<10	<0.5	10.3	<0.5
3	M-003-2022	<5	1.3	<10	8.8	<50	<0.01	<2	<50	32	11	4.1	72.4	<0.5
4	M-004-2022	<5	<0.5	<10	20.5	<50	<0.01	<2	<50	2	<10	<0.5	13.5	<0.5
5	M-005-2022	8	7.7	<10	6.8	<50	0.01	<2	<50	80	<10	1.9	34.1	<0.5
6	M-006-2022	<5	1.0	<10	53.5	<50	<0.01	<2	<50	11	19	5.5	15.4	0.6
7	M-007-2022	<5	1.5	<10	31.5	<50	<0.01	<2	<50	12	1060	4.8	41.0	1.7
8	M-008-2022	<5	1.5	<10	25.0	<50	0.02	<2	<50	15	13	3.1	40.5	0.7
9	M-009-2022	8	<0.5	<10	4.4	<50	<0.01	<2	<50	<2	<10	0.8	516	<0.5
10	M-010-2022	<5	3.2	<10	229	<50	0.13	<2	<50	91	<10	4.6	46.8	1.2

Podemos observar que la muestra M-009-2022 posee valores por encima de su límite superior para elementos como Au, Ag y Pb, por ello se podría concluir que el dique andesítico posee una mineralización atractiva económicamente. Además, no es la única muestra que presenta valores atípicos para Ag, las muestras: M-004-2022 M-006-2022 y M-008-2022, poseen valores por encima de los 100 ppm, correspondientes a la estructura de vetas tanto superficial como subterránea

CAPÍTULO VI

PETROMINERAGRAFÍA

5.1 Generalidades

La mineragrafía es una técnica muy útil que utiliza un microscopio de luz reflejada para identificar minerales metálicos (o opacos). Esta técnica está estrechamente relacionada con la petrografía. Esta técnica es muy efectiva y adaptable para caracterizar yacimientos minerales, brindando información útil en la investigación petrológica de las rocas, a pesar de que su aplicación es bastante sencilla. Además, para realizar posteriores análisis isotópicos y microquímicos, estos estudios son esenciales.

Se elaboraron las secciones pulida y delgadas con el fin de distinguir y describir los minerales según sus características. Para su estudio bajo el microscopio, se prepararon tres secciones delgadas y una sección pulida. El Laboratorio de Microscopia de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco fue el lugar donde se realizaron la preparación, la descripción y el análisis.

Las características fundamentales que se han observado, como la textura, la mineralogía y cualquier indicación de procesos geológicos, como la sedimentación, el metamorfismo o la alteración química, se discutirán en esta sección. El análisis de estas secciones elaboradas proporcionará información valiosa sobre las condiciones ambientales en las que se originó la roca y su transformación durante el tiempo geológico.

5.2 Descripción macroscópica de muestras

5.2.1. GRD-01-A

Roca ígnea leucócrata de color gris blanquecino con textura fanerítica, muestra de roca tomada en superficie de la caja techo de la veta Huaco el lado oeste vista en una sección longitudinal.

Figura 36

Muestra GRD-01-A



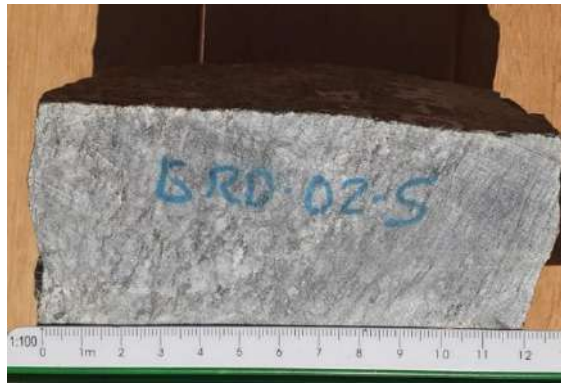
Fuente. Elaboración propia

5.2.2. GRD-02-S

Roca ígnea mesócrata de textura fanerítica, su esquistosidad se debe al resultado de esfuerzo en el contacto de dique andesítico con el cuerpo ígneo encajonaste.

Figura 37

Muestra GRD-02-S



Fuente. Elaboración propia

5.2.3. GRD-03-S

Roca mesócrata de textura fanerítica su composición esta entre una Monzonita a diorita de hornblenda. Ocurre a manera de un cuerpo de menor tamaño, presenta una alteración leve de sericita.

Figura 38

Muestra GRD-03-S



Fuente. Elaboración propia

5.2.4. HU-01-V

Muestra de veta de cuarzo masivo, contiene patina de óxido Fe, (Hematita), El oro está presente entre los Óxidos dentro las estructuras Buggy.

Figura 39

Muestra de veta,



Fuente. Elaboración propia

Diferencia entre las unidades ígneas rocosas

Granodiorita.- Es una roca ígnea plutónica con textura fanerítica, esta principalmente constituida por cuarzo y feldespato. (cuarzo mayor a 20% contiene Biotita, anfíbol y Piroxenos.)

Tonalita. - Roca ígnea plutónica compuesta por cuarzo y plagioclasa, Hornblenda y Biotita; contiene ortoclasa en menores cantidades.
(cuarzo mayor a 20% y Feldespato menor a 10%)

5.3. Descripción microscópica de muestras

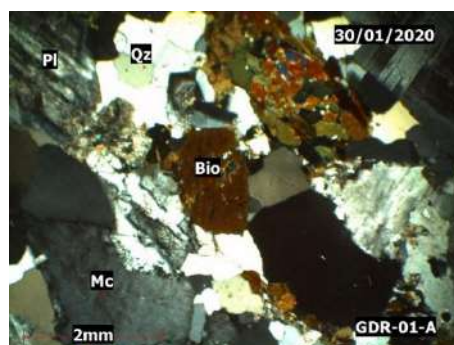
5.3.1. Secciones Delgadas

GRD-01-A

La muestra presenta una textura holocristalina granular con presencia de cristales subhedrales de cuarzo mayor del 10% y plagioclasa mayor que microclina peritítica (feldespato potásico). Como minerales ferromagnesianos se tiene la biotita presentándose en cristales subhedrales.

Figura 40

Sección delgada 1 de la muestra GRD-01-A

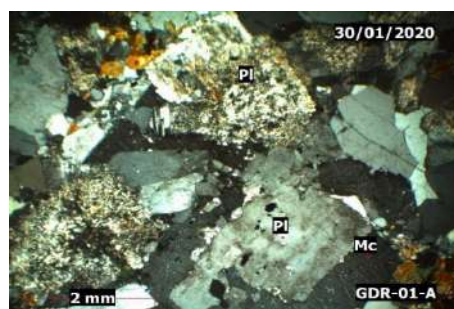


Fuente. Propia, Pl=plagioclase, Qz=cuarzo, Bio=biotita, Mc=microclina. Visualización en nicoles cruzados.

La siguiente muestra contiene una textura holocristalina inequigranular con existencia de cristales subhedrales de plagioclasas y microclina conformando el 80%.

Figura 41

Sección delgada 2 de la muestra GRD-01-A

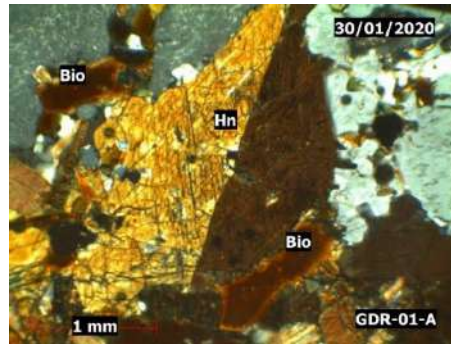


*Fuente. Pl=plagioclase, Mc=moscovita.
Vista en nicoles cruzados.*

A continuación, en la Figura 42, se muestra una microfotografía de una muestra con textura holocristalina inequigranular. Se reconocen minerales ferromagnesianos como cristales subhedrales de biotita que predominan sobre las hornblendas.

Figura 42

Sección delgada 3 de la muestra GRD-01-A



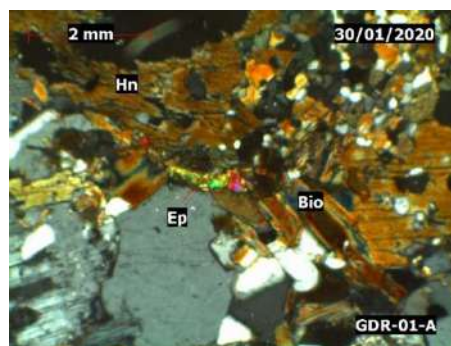
Fuente. Bio=biotita, Hn=hornblenda.

Vista en nicoles cruzados.

En la **Figura 33**, se expone una microfotografía de una sección delgada de una roca con textura holocristalina inequigranular. Se reconocen minerales ferromagnesianos como cristales subhedrales de biotita. En este caso, los cristales anhedral de la hornblenda predominan en la muestra; y en menor proporción, se reconocen cristales de epidota.

Figura 43

Sección delgada 4 de la muestra GRD-01-A

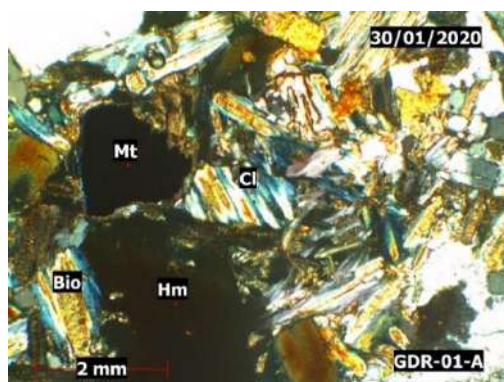


Fuente. Bio=biotita, Hn=hornblenda, Ep=epidota. Vista en nicoles cruzados.

La muestra siguiente presenta una textura holocristalina con tamaños variables de granos. Presenta cristales anhedral de biotita alterándose a clorita. Además, se identifican los cristales isótopos como magnetita y hematita.

Figura 44

Sección delgada 5 de la muestra GRD-01-A



Fuente. Bio=biotita, Hm=hematita, Cl=clorita, Mt=magnetita. Vista en nicoles cruzados.

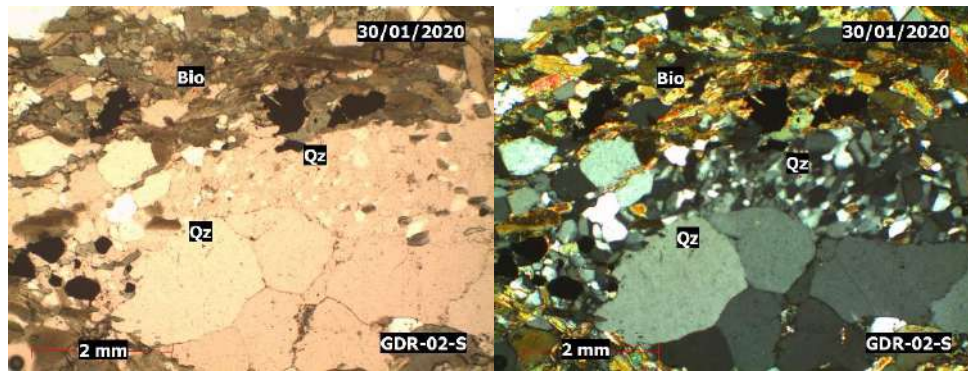
Gracias a las secciones delgadas anteriores, se puede definir la muestra como una granodiorita de biotita y hornblenda a cuarzomonzonita de biotita y hornblenda. Es importante reconocer la alteración moderada a fuerte de plagioclasa a sericita y la alteración de los ferromagnesianos a OxFe (Hm⁺⁺, Mg⁺) que presenta.

GRD-02-S

Se reconoce una muestra con textura holocristalina milonítica anastomosada, con planos curvados principalmente por la biotita. Se aprecia granos subhedrales de cuarzo elongado perpendicularmente al mayor aplastamiento de deformación; (deformación plástica de cuarzo con signos de recristalización y recuperación) en tanto los granos de plagioclasa alterados anteriormente a sericita se encuentran microplegados a fracturados componiendo ojos circunscritos por planos curvados de biotita.

Figura 45

Sección delgada 1 de la muestra GRD-02-S

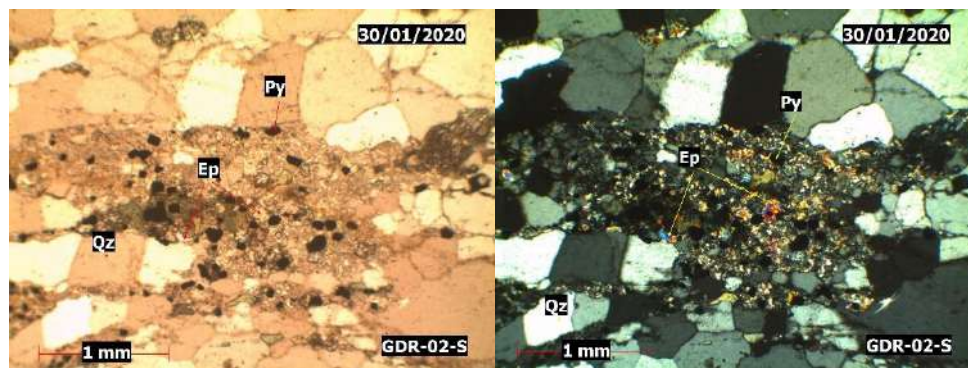


Fuente. Qz=cuarzo, Bio=biotita. Izquierda: visualización en nicoles paralelos. Derecha: visualización en nicoles cruzados.

En la Figura 36, se reconocen cristales subhedrales a euhedrales de cuarzo y granos más pequeños de epidota y pirita, reconocida por su anisotropía.

Figura 46

Sección delgada 2 de la muestra GRD-02-S



Fuente. Qz=cuarzo, Ep=epidota, Py=pirita. Izquierda: vista en nicoles paralelos. Derecha: vista en nicoles cruzados.

Teniendo en cuenta las descripciones previas, se denomina a esta muestra como una granodiorita milonitizada (margen en contacto con el dique).

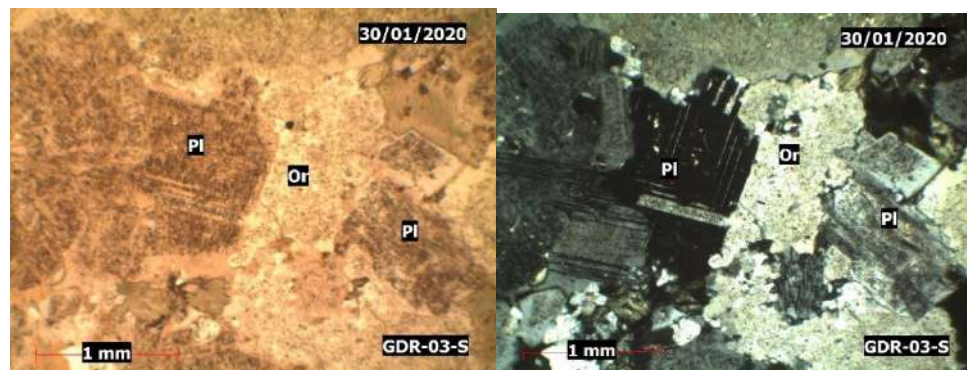
GRD-03-S

Presenta una textura intergranular, listones de plagioclasa entrelazados entre sí, y los ferromagnesianos representados principalmente por hornblenda que se encuentra entre los espacios de listones. En los granos de plagioclasa, se reconocen planos de clivaje.

Se reconoce también granos subhedrales de ortosa presente entre los cristales de plagioclasa. La textura en general es holocristalina inequigranular.

Figura 47

Sección delgada 1 de la muestra GRD-03-S



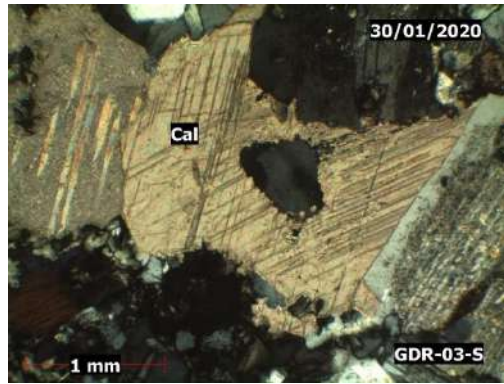
Fuente. Pl=plagioclasa, Or=ortosa. Izquierda: visualización en nicoles paralelos.

Derecha: visualización en nicoles cruzados.

En la Figura 38, se reconoce un cristal grande subhedral de calcita con dos direcciones de exfoliación muy bien marcadas.

Figura 48

Sección delgada 2 de la muestra GRD-03-S

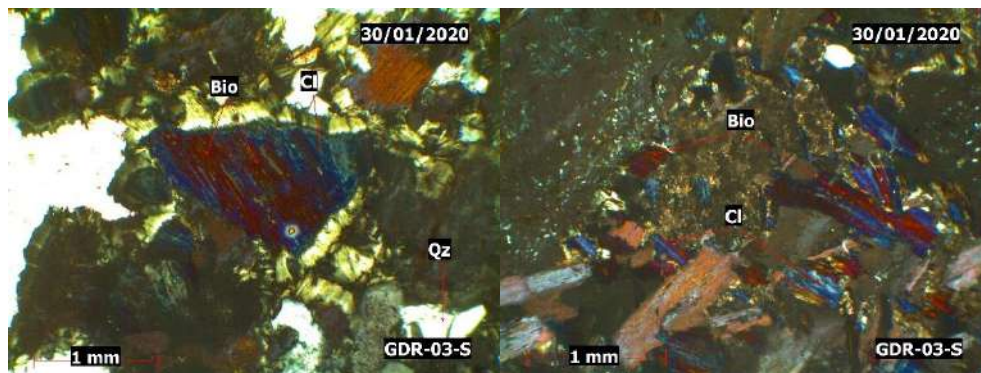


Fuente. Cal=calcita. Vista en nicoles cruzados.

En la siguiente figura, se quiere resaltar la alteración de las biotitas a cloritas. Además, se reconocen cristales subhedrales de cuarzo.

Figura 49

Sección delgada 3 y 4 de la muestra GRD-03-S



Fuente. Bio=biotita, Cl=clorita, Qz=cuarzo. Vistas en nicoles cruzados.

Por las descripciones anteriores, se determina a la muestra como una diorita de hornblenda. Presenta una alteración moderada a fuerte de plagioclasas a sericita. En tanto los minerales ferromagnesianos, la biotita se altera fuertemente a clorita-epidota. La clorita que reemplaza a anfíbol (pennina ++, OxFe^+). Posteriormente ha sufrido intervención de un fluido hidrotermal sobreponiéndose a granos de la clorita dando aporte mineral de calcita como alteración de origen hidrotermal y feldespato potásico.

Las plagioclasas evidencian un metasomatismo, presentando clorita de alta temperatura.

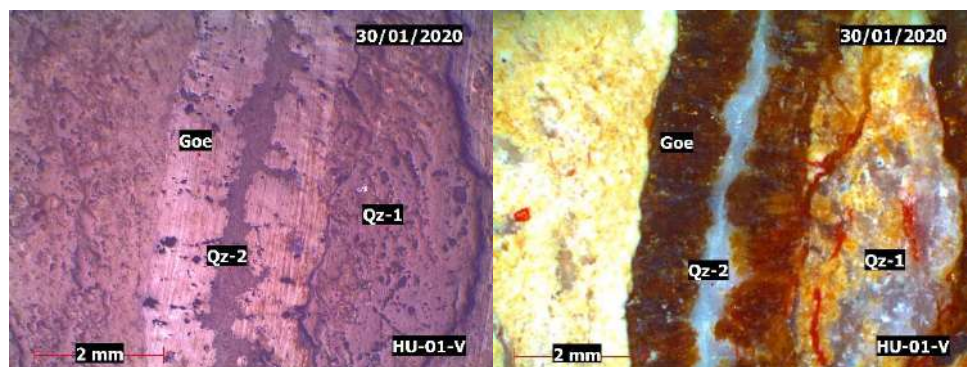
5.3.1. Sección Pulida

HU-01-V

La Figura 40 corresponde una muestra de la veta, donde se reconoce una textura bandeada, con presencia de cuarzo de primario a segunda generación y un par de bandas de goethita.

Figura 50

Sección pulida 1 de la muestra HU-01-V



Fuente. Qz-1=cuarzo primario, Qz-2=cuarzo secundario, Goe=geothita. Izquierda: vista en nicoles paralelos. Derecha: microfotografía.

5.4. Paragenesis

La Paragénesis es la relación mineralógica expresada en función de un determinado tiempo (orden cronológico), si varían las condiciones progresivamente a través del tiempo aparecerá un mineral como determinado como derivado de una mineral anterior, y puede por último convertirse en un tercero, siendo a la recrystalización el proceso responsable. Foto Micrografía N°44. Secuencia para genética de depósito mesotermal Huaco Mediante los estudios de microscopía, mapeo en detalle, observación de campo e interpretación se puede discutir la secuencia paragenética, reforzando este análisis con los informes IL-OTSM 109-2016_Rev.0(José Yparraguirre 2013)

Figura 51
Secuencia paragenética del depósito

Mineralización	HIPOGENICA			SUPERGENICA
	Fase 1	Fase 2	Fase 3	
Cuarzo	—————			
Pirita	—————			
Pirrotita		-----		
Arsenopirita		-----		
Calcopirita		-----		
Esfalerita		-----		
Galena		-----		
Oro Nativo-Electrum		-----		
Carbonatos		-----		
MAYOR TEMPERATURA INICIAL → MENOR TEMPERATURA FINAL				
Escaso Moderado Abundante				
..... ————— —————				

Fuente, Elaboración Propia

CAPÍTULO VII

ALTERACIONES HIDROTERMALES

7.1 Generalidades

Las alteraciones hidrotermales son procesos geológicos que ocurren cuando fluidos calientes, en su mayor parte aguas termales ricas en minerales, alteran rocas preexistentes. Estos cambios son cruciales para la transformación de las cualidades químicas y físicas de las rocas y para la creación de depósitos minerales. Las alteraciones hidrotermales se estudian en una variedad de ambientes geológicos, desde cuencas sedimentarias hasta sistemas volcánicos, y se caracterizan por un conjunto de reacciones químicas que generan la precipitación de minerales nuevos y la disolución de los minerales ya existentes.

Es posible que los fluidos que participan en estos procesos sean magmáticos, meteóricos o incluso debido a la transformación de aguas subterráneas a altas presiones y temperaturas. El tipo de minerales que precipitan se determina por la importancia de la temperatura y la presión en la velocidad y la naturaleza de las reacciones químicas. El desarrollo de arcillas, zeolitas, carbonatos y sulfuros, entre otras, pueden ser parte de las fases de alteración. Las alteraciones hidrotermales, además de su relevancia mineralógica, también son relevantes desde aspectos geotérmico y medioambiental, ya que pueden afectar la habitabilidad de algunos ecosistemas y la estabilidad de las estructuras geológicas. El estudio de estas alteraciones ayuda a los geólogos a comprender mejor los procesos geodinámicos de la Tierra y a identificar áreas potencialmente ricas en recursos minerales en la investigación mineral.

7.2 Alteraciones hidrotermales

7.2.1. Cloritización

A menos que la hematita haya sido erosionada hasta formar un tono rojo, rosado o marrón, la alteración clorítica en los afloramientos suele ser gris azulado o verdoso. La roca subyacente y su composición determinan la relación entre la clorita y el cuarzo, así como el patrón de textura (que incluye formas masivas, en brechas y parches). La alteración clorítica suele presentar una esquistosidad o una fuerte exfoliación en áreas deformadas.

El proceso implica la sustitución de clorita por minerales ferromagnesianos, como biotita, piroxeno y anfíbol. Esta es una de las maneras comunes de alteración. Debido a la transformación de los silicatos féreos, donde se introduce agua y se elimina un poco de sílice, puede ocurrir. En otras circunstancias, la roca que rodea se enriquece con cloritas al agregar magnesio, hierro, aluminio y algo de SiO_2 .

De las 20 muestras correspondientes a este grupo, la mayoría se describe como filones de cuarzo con texturas desde brechada a bandeada con presencia de hematita terrosa y limonita relleno de cavidades y fracturas. Además, se reconocen remanentes de goethita y pirita en suturas. En los contactos con la roca caja, se puede distinguir venillas de yeso, patinas de óxidos y oolita.

Las muestras que corresponden a la roca caja se encuentran cloritizadas con venillas de cuarzo y patinas de óxidos y hematita. Asimismo, presentan una leve lixiviación de color rojiza que las afecta.

Tabla 8*Muestras cloritizadas*

Código	Este	Norte	Cota	Alteración	Intensidad	Descripción
7101	712204.72	8243983.14	1288	Cloritización	Leve	Filón de Cz hial textura bandeada, presencia de patinas de OxFe, Hm terrosa, goet<0.1%, vnlls de yeso en dirección a la estructura
7102	712220	8243985	1289	Cloritización	Leve	Filón de Cz blanco hial, textura brechada, Cz con crackelamiento, presencia de OxFe, 5%, Hm terrosa en oquedades, goet<1% lm en contactos oolin
7106	712271.708	8243972.92	1269	Cloritización	Moderada	Estructura de roca alterada con ojos de Cz, Hm terrosa, Lm en vnlls y oquedades, OxFe<20%, Lix. Rojiza.
7109	712368	8243976	1236	Cloritización	Moderada	Filón de Cz blan-hial textura bandeada, ptos de Py, OxFe, Goet<01% Py en suturas, yeso en contacto a la roca caja.
7111	712408.69	8243986.54	1213	Cloritización	Moderada	Filón de Cz hial text bandeada, presencia de OxFe, Hm terrosa en suturas, Goet remanente<0.1%, halos de Oolin.
7112	712408.69	8243986.54	1213	Cloritización	Leve	Caballo, matriz rocosa cloritizada Gdr, presencia de Py diss<0.5%, Goet remanente.
7114	712438	8243994	1175	Cloritización	Moderada	Roca caja, dique matriz microporfiditica, vnlls de Cz hial, presencia de OxFe, Hm terrosa y en patinas.
7124	712422.255	8243996.57	1175	Argilización- Cloritización	Moderada	Filón de Cz blan-hial leve crack, ptos de galena<0.5%, Lm rellenando fracturas y oquedades, yeso en fracturas polidireccionales.
7126	712418.205	8243996.52	1175	Cloritización	Moderada	Filón de Cz blan-hial con oquedades rellenas de Lm, ptos de Galena<0.5%, patinas de Lm y Hm, yeso en fracturas.

7127	712416.215	8243996.41	1175	Argilización- Cloritización	Moderada	Filón de Cz blan-hial altamente crack, en una matriz arcillosa, patinas de Lm, yeso en fracturas polidireccionales.
7128	712414.023	8243996.41	1175	Argilización- Cloritización	Moderada	Filón de Cz blan-hial con oquedades rellenas de Lm, vnlls de OxFE, Lm en patinas, yeso en fracturas.
7129	712411.983	8243996.33	1175	Argilización- Cloritización	Moderada	Filón de Cz blan-hial con oquedades rellenas de Lm, Cz moderadamente Crack, yeso en fracturas polidireccionales.
7131	712410.003	8243996.3	1175	Argilización- Cloritización	Moderada	Caballo con Filón de Cz blan-hial, Py fina<0.5%, patinas de Hm.
7147	712441.572	8244004.49	1150	Argilización- Cloritización	Moderada	Filón de Cz Blan-hial, textura bandeada, ptos de Py, OxFE, Hm en patinas, películas de yeso. Matriz levemente cloritizada.
7150	712430.342	8244007.78	1150	Argilización- Cloritización	Moderada	Filón de Cz blan-hial con oquedades, Galena <0.1%, Lm en oquedades, Hm en patinas.
7160	712576.975	8244037.55	1030	Argilización- Cloritización	Moderada	Filón de Cz hial, presencia de sulfuros, Py cubica.
7162	712570.006	8244032.62	1030	Argilización- Cloritización	Moderada	Estructura, vnlls de Cz de 2cm hial, Py diss en caja.
7164	712522.743	8244026.41	1030	Argilización- Cloritización	Moderada	Filón de Cz hial, presencia de OxFE en patinas, Goet <0.5%, Py diss cubica, al techo panizo, Oolin al contacto.
7173	712477.406	8244040.03	1030	Argilización- Cloritización	Moderada	Estructura con Cz blanco en vnlls, Py cubica diss, al techo panizo, vnlls de yeso, Lix pardusca.
7174	712475.526	8244040.66	1030	Argilización- Cloritización	Moderada	Veta-falla, Filón de Cz blanco, piso panizo falla, Py cubica diss <5%.

7.2.2. Argilización

La presencia de minerales arcillosos en diferentes proporciones de cuarzo la distingue. Presenta una transición gradual hacia las áreas internas en zonas fílicas y hacia alteraciones propilíticas en su exterior debido a procesos de lavado con pH muy ácido. En comparación con la alteración propilítica, este fenómeno indica una mayor hidrólisis. Este tipo de transformación ocurre en un rango de pH que va de 4 a 5.

Esta alteración se presenta en las granodioritas tomadas de las labores subterráneas. Todas las muestras (69) presentan una argilización moderada (ver Tabla 6). En su mayoría, corresponden a Filónes de cuarzo con amplia presencia de venillas de hematita y limonita, en menor proporción se reconocen venillas de galena y siderita, así como disseminaciones de pirita cúbica.

Se reconoce, además, yeso y calcita en contacto con las rocas cajas, las mismas que están cloritizadas. Se expone una ligera lixiviación rojiza a parduzca en las rocas.

Tabla 9*Muestras con alteración argílica*

Código	Este	Norte	Cota	Alteración	Intensidad	Descripción
2653	712143.098	8243993.49	1295	Argilización	Moderada	Filón de Cz blan-hial con oquedades rellenas de Lm y Hm, ptos de
						Filón de Cz blan-hial, Hm y Lm en patinas y oquedades,
2654	712141.168	8243994.02	1295	Argilización	Moderada	Goet<0.1%, yeso en fracturas, cajas con halos de Oolin.
						Filón de Cz blan-hial con oquedades rellenas de Lm, Calcita, vnlls
2655	712139.228	8243994.53	1295	Argilización	Moderada	de Siderita, yeso en fracturas.
						Filón de Cz blan-hial leve Crack, ptos de Galena, Lm en
2656	712135.154	8243995.53	1295	Argilización	Moderada	oquedades y fracturas.
						Filón de Cz blan- hial con oquedades rellenas de Lm, ptos de
2657	712133.14	8243996.05	1295	Argilización	Moderada	Goet<0.1%, patinas de Lm, yeso en fracturas polidireccionales.
						Filón de Cz blan-hial con oquedades, vnlls de siderita, Lm y Hm
2658	712131.111	8243996.57	1295	Argilización	Moderada	en patinas, yeso en fracturas.
						Filón de Cz blan-hial moderado Crack en una matriz de arcilla,
2659	712128.967	8243997.07	1295	Argilización	Moderada	Lm relleno oquedades y patinas, yeso en fracturas.

Algunas de las muestras expuestas en la tabla anterior, son tomadas en el contacto de la veta con fallas, las cuales se pueden reconocer por la presencia de panizo y crack.

En la Figura 51, se puede reconocer el filón de cuarzo entre la roca caja. Del lado izquierdo, se reconoce que está siendo afectada por procesos de sericitización, mientras que la argilización moderada es la que predomina en el lado izquierdo, produciendo minerales de arcilla.

Figura 52

Veta entre roca caja alterada



7.2.3. Silicificación

Se distingue por el deterioro total de la mineralogía original, lo que resulta en una masa silíceá. Este procedimiento muestra el nivel más alto de hidrólisis que se puede lograr. Los fluidos circulantes pueden transportar la sílice durante los procesos hidrotermales o puede depositarse como sílice residual después de que los cationes se lixivien. La solubilidad

de la sílice aumenta con la presión y la temperatura; sin embargo, cuando se produce una expansión adiabática, disminuye; por lo tanto, precipita fácilmente en zonas con bajas presiones y temperaturas.

Las dos muestras de esta sección presentan una silicificación moderada, que presentan venillas polidireccionales de yeso, así como minerales arcillosos como la limonita. Se pueden distinguir remanentes de goethita.

Tabla 10

Muestras silicificadas

Código	Este	Norte	Cota	Alteración	Intensidad	Descripción
7115	712516.65	8244000.91	1113	Cloritización-Silicificación	Moderada	Estructura de alteración, Goet remanente, vnlls de yeso polidireccionales.
7116	712516.65	8244000.91	1113	Cloritización-Silicificación	Moderada	Veta de Cz Silisificado, Goet remanente<0.1%, Lm, vnlls polidireccionales de yeso.

7.3. Alteración Supérgena

Un proceso de reequilibrio de la mineralogía hipógena (hidrotermal) en condiciones oxidantes cercanas a la superficie terrestre, por encima del nivel de las aguas subterráneas, se conoce como alteración supérgena. En este ambiente, la mayoría de los grupos de minerales sulfurados son inestables y se meteorizan para producir una mineralogía nueva que es estable en condiciones de meteorización.

De la Tabla 9, se extrae que se obtuvieron 28 muestras con presencia de alteración supérgena moderada las cuales pertenecen a filones de cuarzo blanquecino mate a hialino con presencia de hematita terrosa y limonita en patinas y oquedades. También, se reconocen puntos de goethita y venillas de óxidos (Mn) y calcita. En los contactos con la roca caja, se puede distinguir venillas de yeso y halos de oolín.

Tabla 11*Muestras con alteración supérgena*

7098	712168.047	8243981.87	1303	Supérgena	Moderada	Filón de Cz hial bandeado, patinas de O _x Fe, Hm terrosa en oquedades, goet<0.1%, vnlls polidireccionales de yeso,
7099	712186.72	8243978.35	1280	Supérgena	Moderada	Estructura alterada, vnlls de Cz de 1cm, O _x Fe<20%, hm en fracturas, lm, yeso en direccion a la estructura, lix rojiza
7100	712186.72	8243978.35	1280	Supérgena	Moderada	Filón de Cz blanco, goet<0.1% Hm terrosa en oquedades, hm y lm en patinas, Hm en fracturas, yeso en contacto de las cajas
7103	712236	8243985	1282	Supérgena	Moderada	Filón de Cz blan-hial, ptos de Goet<0.1%, O _x Fe<5%, Hm y Lm en patinas, Hm terrosa en oquedades, yeso en contacto a las cajas. Cajas cloritizadas.
7104	712256	8243980	1277	Supérgena	Moderada	Filón de Cz blan-hial, ptos de Goet<0.5%, Oxido de Mn, Lm en patinas y fracturas.Falla en caja techo al contacto, cajas cloritizadas.
7105	712271.708	8243972.92	1269	Supérgena	Moderada	Filón de Cz blan-mate de 2cm, Lm en vnlls y oquedades, Hm en patinas, Goet<0.5%, yeso en fracturas, caja piso cloritizada.
7107	712272.85	8243973.94	1269	Supérgena	Moderada	Filón de Cz blanco fracturado, habito drúsico, malaquita<0.1%, halos de Oolin, O _x Fe <0.5%, Hm en patinas.
7108	712336.68	8243966.06	1262	Supérgena	Moderada	Filón de Cz blan-hial oqueroso, relleno de Lm, Goet<0.1%, ptos de Hm terrosa, vnlls de Lm y Hm, yeso en contracto a las cajas.
7110	712390	8243977	1226	Supérgena	Moderada	Estructura con ojos de Cz blan-hial, ptos de Goet<0.5%, Hm terrosa, Lm, Oxido de Mn, vnlls de calcita de 2cm al piso y techo de la

De la Tabla 9, se extrae que se obtuvieron 28 muestras con presencia de alteración supérgena moderada las cuales pertenecen a filones de cuarzo blanquecino mate a hialino con presencia de hematita terrosa y limonita en patinas y oquedades. También, se reconocen puntos de goethita y venillas de óxidos (Mn) y calcita. En los contactos con la roca caja, se puede distinguir venillas de yeso y halos de oolin.

De la Tabla 9, se extrae que se obtuvieron 28 muestras con presencia de alteración supérgena moderada las cuales pertenecen a filones de cuarzo blanquecino mate a hialino con presencia de hematita terrosa y limonita en patinas y oquedades. También, se reconocen puntos de goethita y venillas de óxidos (Mn) y calcita. En los contactos con la roca caja, se puede distinguir venillas de yeso y halos de oolín.

Figura

53

Alteración supérgena en las granodioritas



CAPÍTULO VIII

GEOLOGIA ECONOMICA

8.1 Descripción y caracterización de la veta Huaco.

La veta huaco se encuentra dentro de la Franja IX correspondiente a depósitos de Au-Pb-Zn-Cu relacionados con intrusivos de Cretácico superior, la cual, en cuatro áreas, se distribuye de manera discontinua: Huarmey ($9^{\circ}30'-10^{\circ}$), Canta ($11^{\circ}-11^{\circ}30'$), Huancavelica-Ayacucho ($14^{\circ}-15^{\circ}$) y Sarmamarca-Nazca-Ocoña ($14^{\circ}30'-17^{\circ}$).

Es una estructura filoneana de tipo orogénico con potencias que oscilan entre de 0.20m a 0.50 m, teniendo una dirección Este – Oeste con buzamiento entre 80° a 89° hacia el Norte, longitudinalmente la veta tiene una extensión de 1.5 km limitada por dos fallas importantes. (mapa R-2), en cuanto a la profundidad se tiene reconocido 240 m cuya potencia se mantiene en ambas direcciones.

La roca encajonante es de tipo granodiorítico con moderado grado de metamorfismo en los contactos de diques que intersectan de manera transversal a la veta Huaco. Estos diques presentan una dirección Norte-Sur de composición aplitica y andesítica. Actualmente la veta Huaco es trabajada por pequeños productores mineros que tienen un desarrollo de galerías y cortada en niveles superiores de la veta.

Figura 54

Veta Aurífera Huaco, bandas de cuarzo intercaladas con gohetita y puntos de pirita.



Fuente: Elaboración propia

8.2 Mineralogía

En el área de investigación, cerca de la superficie, dentro de la zona de oxidación que profundiza alrededor de los 200 metros, la mineralogía consiste de cuarzo, hematita, jarosita y Au nativo visible a simple vista, esta mineralogía se observa en labores de exploración superficial de tipo artesanal. En la intersección de diques hay la presencia de malaquita y crisocola (GL 2148 W), en niveles inferiores existen horizontes de mineral primario como es el cuarzo, pirita el cual reporta valores altos de Au, tiene acompañamiento variable de clorita, sericita, epidota, especularita, calcita carcanas al cuerpo Monzonítico.

8.3 Minerales Mena

Son minerales de valores comerciales asociados a los yacimientos, la explotación minera depende netamente del contenido de valor de cada mineral a explotarse, en la Mina Orión se tiene los siguientes minerales de mena, (Au Nativo, Pirita aurífera, pirita, Argentita)

8.4 Minerales de Ganga

Son minerales sin valor comercial y se encuentran asociados a los minerales de mena, en la Mina Orión, los minerales de ganga muy comunes son, (Cuarzo, Calcita, Sericita, Clorita, Epidota).

8.5 Clasificación del Yacimiento.

Dada las características mineralógicas, petrológicas, el yacimiento minero aurífero Mina San Juan de Chorunga (veta Huaco), es parte de la familia de vetas auríferas mesotermales de la franja costera del batolito de la costa. Las mineralizaciones de esta franja se caracterizan por tener cuarzo, pirita, con contenidos menores de calcopirita, calcita, y en ocasiones Argentita, magnetita, molibdenita (De Montreuil, 1979, 1987; Banco Minero, 1987), ensambles característicos de ambientes mesotermales. En la provincia metalogénica de Au-(Cu) Mesotermal del batolito de la costa, la profundización de las vetas es lo más interesante, hacia San Juan regularmente tienen entre 500 y 1000 metros. Hacia el sur, en Chala, y Mina Orión las vetas alcanzan 400 m de profundidad, manteniendo su potencia y ley de Au (de Montreuil, 1987). Aun no se tiene explicación a esta variación

8.6 Estimación e Inventario de Reservas y Recursos de la Veta Huaco

La estimación e inventario de minerales del yacimiento minero San Juan de Chorunga (veta huaco).

Reservas minerales.

Recursos minerales.

Otros minerales

En la explotación o producción de la U.E.A. Mina Orión-Chala, la estimación e

inventario comúnmente contiene los tres componentes arriba mencionados. En proyectos de exploración avanzados y en los de desarrollo, en los que no se tiene estudio de factibilidad técnico-económico, pero con pruebas metalúrgicas, contiene recursos minerales y otros minerales. Con un estudio de factibilidad técnico económico los recursos minerales de un proyecto pueden convertirse en reservas minerales parcial o totalmente.

Evaluación de reservas

Para evaluación de mineral de las vetas Huaco

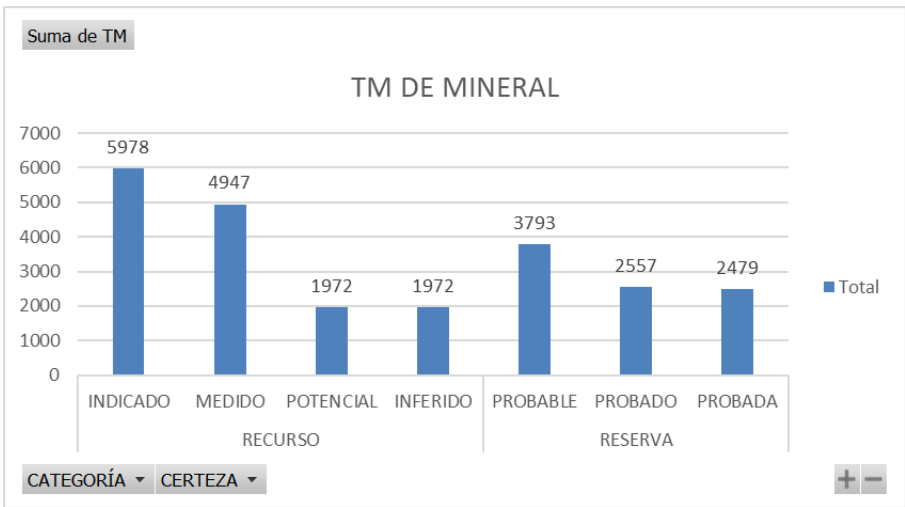


Tabla 12

reserva y recurso mineral veta huaco

CATEGORÍA	CERTEZA	TM	TOTAL
RECURSO	INDICADO	5977.64	14869.04
	MEDIDO	4947.18	
	POTENCIAL	1972.11	
	INFERIDO	1972.11	
RESERVA	PROBABLE	3793.63	8829.11
	PROBADO	2556.63	
	PROBADA	2479.23	
TOTAL			23698.15

Fuente, elaboración propia

RVS Y RCS A DIC 2024 - VETA HUACO							VETA	
U.E.A.	ZONA	ESTRUCTURA	NOMBRE	BLOCK	CERTEZA	ACCESIBLE	TM	POT. Veta
0	HUACO	VETA	HUACO	1	PROBADO	ACCESIBLE	415.73	0.19
0	HUACO	VETA	HUACO	2	PROBADO	ACCESIBLE	748.72	0.19
0	HUACO	VETA	HUACO	3	PROBADO	ACCESIBLE	1392.18	0.22
0	HUACO	VETA	HUACO	4	PROBABLE	ACCESIBLE	3146.50	0.22
0	HUACO	VETA	HUACO	5	MEDIDO	ACCESIBLE	3146.50	0.22
0	HUACO	VETA	HUACO	6	INDICADO	ACCESIBLE	4155.75	0.22
0	HUACO	VETA	HUACO	7	MEDIDO	ACCESIBLE	938.34	0.20
0	HUACO	VETA	HUACO	8	INDICADO	ACCESIBLE	959.55	0.20
0	HUACO	VETA	HUACO	9	INFERIDO	ACCESIBLE	1972.11	0.20
0	HUACO	VETA	HUACO	10	POTENCIAL	ACCESIBLE	1972.11	0.20
0	HUACO	VETA	HUACO	11	PROBADA	ACCESIBLE	2479.23	0.17
0	HUACO	VETA	HUACO	12	PROBABLE	ACCESIBLE	646.76	0.17
0	HUACO	VETA	HUACO	13	MEDIDO	ACCESIBLE	862.34	0.17
0	HUACO	VETA	HUACO	14	INDICADO	ACCESIBLE	862.34	0.17
							23698.15	0.20
								10

Fuente; elaboración propia

La realización de la cubicación nos permitirá realizar un planeamiento de minado real y dirigido al block mineralizados al determinar sus posibilidades económicas, así como su factibilidad y aplicabilidad.

8.7 Dimensiones de los bloques

Una vez que se determinan los Anchos y Leyes Promedios Diluidos de los diferentes tramos de Mineral ubicados en Galerías y Chimeneas, se procede a dimensionar los Bloques de Mineral de acuerdo con el valor y de acuerdo con su certeza. Para determinar la forma y tamaño de los bloques depende de la cantidad de labores que lo limita, pero siempre debe tenerse en cuenta primero los criterios geológicos (curvas de isovalores, interpretación estructural y mineralógica) e inFormación de sondajes, y si es posible aplicar la geoestadística con los cuales se puede dar la forma más apropiada.



Para mineral probado

La altura de los bloques para longitudes de mineral entre 1 O a 25m podrá ser de 5m, para longitudes de mineral entre 25 y 100m la altura de los bloques será del 20% y para longitudes mayores de 100m la altura será de 20m.

Para mineral probable

Se ubicará mineral probable teniendo en cuenta la geología de la zona, pero en ningún caso el bloque probable a partir de un bloque probado será menos de 10m de longitud. En los casos en que por razones de altura de dos niveles en su espaciamiento normal haya dos bloques probados y un espacio en blanco, se considera un solo bloque probable entre los bloques probados siendo las leyes promedio ponderado de ambos. Los bloques de mena que tengan entre 5 y 10m de longitud se considerara mineral probable con una altura igual o menor de su longitud, esto de acuerdo con criterio geológico.

Para mineral inferido

La altura de los bloques de mineral inferido puede ser la correspondiente al mineral probado + probable o la mitad de la longitud del afloramiento muestreado con valor de mena y/o marginal y sub marginal si el promedio de leyes con este ultimo de más que la ley marginal, salvo que el criterio geológico permita estimar la dimensión. Cuando se delimitan a partir de los sondeos diamantinos el área que se estima mucho depende del criterio geológico, de la cercanía de las labores, de la correlación con otras evidencias, etc. En este caso si no existen criterios geológicos suficientes, se les estimara con 20m de radio a partir del sondeo o crucero.

Para mineral potencial

En los casos que se delimiten a partir de mineral inferido, con valor de mena más

marginal se puede ampliar hacia las extensiones de bloques con valor sub marginal que en conjunto están más o menos agrupados. En este caso la altura puede ser dos veces la altura del inferido correspondiente salvo que el criterio geológico de otra longitud (curvas isovalores, profundización de vetas vecinas relacionadas, litología, etc.). Cuando los bloques potenciales que se estiman a partir de anomalías geofísicas y/o geoquímicas, las alturas de los bloques pueden corresponder al de las estructuras mineralizadas en minas o vetas vecinas, o lo que dé las anomalías.

BLOCK	PROBADO			PROBABLE			TOTAL			ONZAS
	TM	POT	LEY	TM	POT	LEY	TM	POT	LEY	
1	415.73	0.19	9.30				415.73	0.19	9.30	124.36
2	748.72	0.19	11.48				748.72	0.19	11.48	276.40
3	1,392.18	0.22	10.81				1,392.19	0.22	10.81	483.86
11	2,479.23	0.17	10.42				2,79.23	0.17	10.42	830.38
12				646.76	0.17	10.42	646.76	0.17	10.42	216.62
4				3,146.5	0.22	10.81	3,146.5	0.22	10.81	1,093.58
TOTAL GENERAL	5,036	0.19	10.59	3.79	0.21	10.74	8,829	0.20	10.66	3,025.20

Finos Au kg	94,094.2
Onzas Au	2722.67701
Precio \$/Oz	\$2,600.00
costo Operativo Referencial	\$2,300.00
Margen de Seguridad	\$300.00
Utilidad Neta	\$816,803.10
Rentabilidad	12%

8.8 Metalogenia de la veta huaco

La zona estudiada se encuentra dentro de la **Franja IX correspondiente a depósitos de Au-Pb-Zn-Cu** relacionados con intrusivos de Cretácico superior, la cual, en cuatro áreas, se distribuye de manera discontinua: Huarmey (9°30'-10°), Canta (11°-11°30'), Huancavelica-Ayacucho (14°-15°) y Sarmarca-Nazca-Ocoña (14°30'-17°).

El Batolito de la Costa es un granitoide del Cretácico superior que contiene estructuras mineralizadas que contienen sulfuros, cuarzo y oro. Los controles estructurales en Huarmey y Canta son fallas secundarias con orientaciones NO-SE, N-S y NE-SO; estos forman parte de los sistemas de fallas regionales NO-SE Conchao-Cocachacra y Tapacocha. (Acosta, et al., 2020)

Cerro Ballena es un depósito importante en Huarmey, mientras que en Canta se encuentran los depósitos Lomada, Caracol y Lajas. El sistema de fallas Cincha-Lluta afecta las vetas en la región de Huancavelica-Ayacucho, donde se encuentran depósitos como El Encanto, Zorro Plateado, Jatun Pata y Melchorita, entre otros. Las fallas con orientaciones NO-SE, N-S y E-O, que forman parte del corredor Nazca-Ocona en Saramarca-Nazca-Ocoña, regulan las estructuras mineralizadas más al sur. Los depósitos más importantes de esta región sur son Orión, Caravelí, Ishihuinca, Calpa, Arirahua y San Juan de Chorunga. (Acosta, et al., 2020)

El yacimiento de San Juan de Chorunga se trata de uno de oro relacionado con batolitos. En general, las estructuras mineralizadas tienen una orientación predominante hacia el Oeste-Noroeste, relacionada con las tensiones geológicas y las estructuras de cizallamiento. La Super Unidad Incahuasi es un plutón formado por facies de tonalita y granodiorita que contiene la mayor concentración de mineralización. El cuarzo-pirita-oro, el cuarzo-galena-esfalerita-calcopirita-oro y el cuarzo-óxido de manganeso-limonitas-oro están presentes en las zonas de oxidación, según su importancia. La alteración potásica, la silicificación, la epidotización, la cloritización, la limonitización-hematización y la sericitización son los principales cambios detectados en el suelo. (Acosta, Rodríguez, & Huanacuni, 2011)

8.9 Modelo conceptual de la evolución regional

La erosión de los terrenos precámbricos en el territorio de Perú durante el período Cámbrico provocó la creación de una plataforma que se extendía desde el Escudo Brasileiro hasta la antigua Cordillera de la Costa. Se cree que el volcanismo en un ambiente continental fue causado por procesos tectónicos de distensión que tuvieron lugar en todo el continente. La formación de la Cuenca Paleozoica y la fractura de la corteza terrestre fueron causadas

por estos mismos procesos de distensión.

El mar invadió la región durante la formación de la cuenca en el Ordovícico inferior, lo que provocó la formación de una sedimentación clástica y una plataforma marina de moderada profundidad. La cuenca de deposición se extendía por las regiones subandinas y la Cordillera Oriental en el centro y sur de Perú durante el Ordovícico medio; se extendió hacia el sur a través de Bolivia y Argentina, donde se acumularon miles de metros de sedimentos. El mar se levantó y regresó durante el Ordovícico superior (Edad Caradociana), avanzando hacia el sur de Bolivia. La sedimentación en Perú, Bolivia y el norte de Argentina dejó de existir al final del Ordovícico (Edad Ashgيلية). La Tectónica Caledónica ocurrió en el noroeste, mientras que la actividad magmática produjo la formación de cuerpos plutónicos de tipo granítico en la costa sur.

El mar volvió a cubrir la misma cuenca durante el Silúrico inferior, aunque en una pequeña extensión. Dejó al oeste una llanura costera que se extendía hasta la Cordillera de la Costa. El Macizo de Arequipa (Cordillera de la Costa) permaneció expuesto a lo largo del Siluriano, lo cual produjo aportes significativos de sedimentos detríticos; por otro lado, el Escudo Brasileiro probablemente formó una región baja y uniforme, aportando únicamente sedimentos finos. Las actividades tectónicas de la era Caledoniana estarían relacionadas con el magmatismo que originó el Batolito de San Nicolás, que se remonta a 400 a 442 millones de años.

La sedimentación del Devónico y del Silúrico están sincronizadas en el sur de Perú. En la región costera del sur, se han observado capas devonianas que indican la llegada de mares fríos desde el norte de Chile, así como pequeñas incursiones de aguas cálidas que llegaron durante el período emisiano. El ciclo sedimentario del Paleozoico inferior termina cuando los mares retroceden debido al levantamiento gradual de la cuenca hacia el final del

Devónico medio.

La tectónica de compresión durante la Fase Eoherciniana provoca la formación de repliegues, plegamientos y metamorfismo a nivel regional. Un plutonismo sintectónico y un frente de esquistosidad surgen como resultado de este proceso estructural. La discordancia general entre el Paleozoico superior (Carbonífero o Pérmico) y el Paleozoico inferior, que está muy plegado, distingue esta fase tectónica, que es la principal del ciclo Hercínico. La tectónica Eohercínica provocó un cambio significativo en la paleogeografía y la total emersión de las cuencas. Las montañas se erosionaron a principios del Carbonífero (Mississipiano), lo cual afectó a las series del Paleozoico inferior. La distensión y la subsidencia produjeron volcanismo explosivo y efusivo en la Cordillera Oriental al final de este período; esta actividad volcánica continuó incluso durante el Pensylvaniano.

En comparación con el centro, la deformación tardiherciniana se presentó en el sur del Perú con una intensidad y características distintas. En el Carbonífero y el Permiano inferior se ha observado un fuerte plegamiento, sobre el cual se han acumulado moladas continentales del Permiano superior de manera discordante. El transporte fue causado por las corrientes fluviales durante este período; además, se produjo una gran erosión en las zonas elevadas y se llenaron las zonas bajas con una serie de moladas rojizas. Las depresiones intramontañas conocidas como cuencas continentales surgieron en la etapa tardihercínica.

El mar ingresa en el territorio peruano en menor medida durante el Triásico superior (Noriano), estableciéndose en la región costera y en la parte baja del Flanco Pacífico de los Andes. Las transgresiones marinas avanzan en el Jurásico inferior, lo que permite unir el mar de Abancay con el del Suroeste. Debido al desplazamiento del Continente Sudamericano hacia el oeste, sobre la Placa Oceánica, la actividad volcánica en el sur se extendía hasta la Región de Arequipa y luego hacia Ayacucho y la Costa Central, abarcando así todo el

margen continental.

Se producen regresiones que sumergen algunas regiones del Sur (como Arequipa y Moquegua) hasta el Jurásico medio al finalizar el Jurásico inferior. Durante el Bajociano, se producen subsidencias que acumulan sedimentos clásticos en las áreas marginales. Debido a una breve regresión, la sedimentación se detiene en la región occidental durante el Bathoniano. En la Cuenca Sur Occidental, en el final del Jurásico medio (Caloviano), se observa una nueva transgresión procedente del Norte de Chile. Esto genera una secuencia elástica fuerte en un ambiente somero y variable, que se transforma en facies volcánicas en las zonas marginales (Grupo Yura).

En el Jurásico inferior y medio, la cuenca sur peruana se extendió durante el Jurásico superior, siguiendo su eje de sedimentación a lo largo de la Cordillera Occidental, donde recibió sedimentos detríticos. Los movimientos neovados que separaron bloques elevados de otros hundidos, así como las fallas longitudinales heredadas de la tectónica hercínica, impulsaron la sedimentación en cuencas y cubetas durante el Cretácico. La Cuenca Occidental, en su parte sur, mantuvo límites similares a los del Jurásico superior; se extendió hasta los mares que llegaban a la plataforma paleozoica, que se encontraba al este de la cuenca, entre Arequipa y el Lago Titicaca; esta plataforma se mantuvo como una zona positiva durante el Jurásico.

Una transgresión ocurre en todo el territorio peruano durante el Albiano temprano. En el Albiano medio, supera la Cordillera Oriental y cubre la región con facies que, en un principio, son arenocarbonatadas y luego carbonatadas. Durante la primera etapa de la Orogénesis Andina, los océanos se retiran de manera definitiva de la región andina al final del Cretácico; esto provoca regresiones graduales y, más tarde, un levantamiento de la secuencia sedimentaria. El Batolito de la Costa, que se desarrolla en forma de pulsaciones

que continúan hasta el Terciario inferior y disminuyen en el Terciario superior, coincide con esta fase tectónica.

La información sobre los acontecimientos del Paleoceno-Eoceno inferior en la costa sur es limitada. La primera de las cuencas de sedimentación marina, conocida como Cuenca Pisco y Cuenca Camaná, comienza a llenarse después del Eoceno medio (Formación Paracas), posiblemente como resultado de fallos. La actividad volcánica aumentó durante el Oligoceno; se formó una secuencia que es principalmente volcánica y volcano-sedimentaria, a veces en facies lacustres, con múltiples litologías que dificultan su relación. La Formación Chilcatay (Oligoceno medio-superior) y la Formación Paracas (Eoceno superior) tienen una diferencia en la frontera, lo que demuestra estos movimientos verticales después del Eoceno.

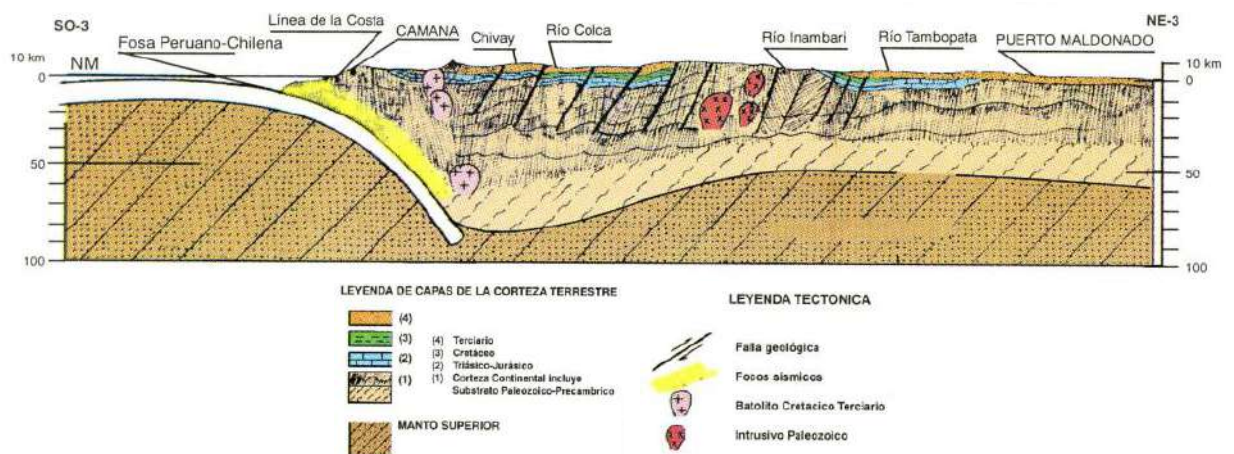
La Cordillera Occidental experimentó una fuerte actividad volcánica explosiva durante el Mioceno; esto produjo una secuencia extensa y variada de materiales piroclásticos que, en muchas ocasiones, se mezclan con sedimentos lacustres. Las ignimbritas del Plioceno temprano cubren discordantemente las rocas volcánicas del Mioceno superior. Como en el norte, las cenizas volcánicas provienen del Este de la Cordillera Occidental, donde, como se mencionó anteriormente, la actividad volcánica, en particular la explosiva, era intensa; por lo tanto, el mar es extenso en la Costa Sur, lo que provoca secuencias elásticas y tobáceas. Los Andes se elevaron de nuevo en el Plioceno temprano, con altitudes superiores a los 3,000 m. La actividad volcánica, principalmente andesítica, se concentró gradualmente en la región meridional. Numerosos volcanes tuvieron secuencias locales con fases explosivas y efusivas, lo que resultó en estrato-volcanes alineados en dirección NNO.

El levantamiento de la Cordillera de los Andes continuó siendo activo durante el Pleistoceno. Tras la glaciación, el vulcanismo continúa en el sur, emitiendo lavas, lapilli y cenizas que llenan valles y superficies ya existentes. Este periodo corresponde al Cuaternario

reciente, es decir, a los últimos 11,000 años, tiempo durante el cual el paisaje peruano adquiere su forma actual y la erosión ocasionada por los ríos se intensifica. La acumulación de arena en las áreas desérticas de la costa es causada por el viento y las acumulaciones fluvio-aluviales se vuelven más densas.

Figura 55

Esquema estructural transversal a los Andes sur del Perú



Fuente. Tomado de (Palacios, Sánchez, & Herrera, 1995)

8.10 Modelo conceptual geológico local de la veta

En la provincia de Río Grande, en la región de Arequipa, en el sur de Perú, se encuentra la veta Huaco. Las riquezas minerales de esta región son muy apreciadas, especialmente en lo que respecta a la minería de metales preciosos como la plata y el oro.

La región de Arequipa cuenta con complejos geológicos que incluyen rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas. La formación de vetas minerales ha sido influenciada por la presencia de sistemas volcánicos y tectónica activa. La actividad hidrotermal ha creado condiciones favorables para la mineralización en esta región de la Cordillera de los Andes.

La veta Huaco está principalmente relacionada con los depósitos de minerales metálicos. Por lo general, la veta contiene oro, plata y ocasionalmente otros metales como cobre y zinc. Los procesos hidrotermales producen mineralización, en los que los fluidos ricos en minerales fluyen a través de cavidades y fracturas en las rocas.

El grosor, la longitud y la orientación de las vetas minerales pueden variar y suelen ser lineales. Estas estructuras pueden variar en su composición mineral a lo largo de su longitud debido a las tensiones tectónicas. Se pueden encontrar otras estructuras menores junto a la veta Huaco, lo cual podría indicar un sistema de mineralización más amplio.

Figura 56

Sección longitudinal y en planta de la veta Huaco

DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Las interacciones físicas del depósito de veta Huaco, causadas por las tensiones que producen deformaciones de apertura y cierre, son uno de los muchos aspectos de la correlación de los flujos hidrotermales.

La caracterización estructural encuentra directrices favorables relacionadas con la mineralización y la acumulación de mineral de mena. La exploración e interpretación de la distribución del oro en yacimientos de tipo mesotermal se basa en la correlación entre mineralogía y estructura, basada en criterios geológicos.

Además, permite diferenciar dos categorías de mineralización: una asociada con mena y otra asociada con ganga, que se encuentran distribuidas a lo largo de estructuras de transtensión y transpresión. Las interpretaciones de los planos llegaron a la conclusión de que la identificación de estructuras de transtensión está relacionada con la distribución del oro.

CONCLUSIONES

- La geología local está compuesta por las areniscas e ignimbritas del miembro superior de la Formación Moquegua, por las granodioritas de la Super Unidad Incahuasi e intrusiones monzoníticas y andesíticas en menor proporción. La roca caja de la veta Huaco se compone de granodioritas faneríticas con contenidos de hornblendas como minerales ferromagnesianos. Como minerales de alteración se reconocen biotitas, cloritas, calcitas, muscovitas, hematitas, magnetitas y epidotas. Estas últimas asociadas a mineralizaciones de pirita. La veta Huaco posee una textura bandeada con presencia de cuarzo I y II, acompañado de minerales como la gohetita y hemetita producto de alteración supergena.
- La identificación de anomalías geoquímicas facilita la zonificación de áreas que requieren un estudio más detallado para la exploración de recursos minerales. El análisis de las muestras superficiales y subterráneas dieron resultados favorables teniendo leyes de 4 gr/tn a 10 gr/tn en promedio. También se ha obtenido resultados máximos que superan los 45 gr/tn los cuales permitieron identificar patrones geoquímicos anómalos que podrían indicar la presencia de recursos minerales con potencial económico como el oro, incluso asociados a plata y plomo. Los resultados sugieren la necesidad de un estudio más profundo para comprender el origen de estas anomalías.
- Las asociaciones mineralógicas de ganga están compuestas por cloritas-epidotas-pirita correspondientes a una alteración propilítica, feldspatos-biotita correspondientes a una alteración potásica, cuarzo-sericita correspondiente a una alteración fílica o sericítica y hematitas que corresponden a una fase de oxidación. Como mineral de mena se puede reconocer a las bandas de goethitas en la veta.

RECOMENDACIONES

- Investigar las vetas que están paralelas a la veta Huaco porque hay indicios de mineralización positiva en la región de análisis.
- Continuar explorando en los niveles inferiores hacia la parte “Este” de la Veta Huaco. Para definir si la mineralización se extiende en profundidad a través de la interpretación de las correlaciones estructurales y mineralógicas. Por lo tanto, se recomienda continuar explorando en los niveles inferiores hacia la parte este de la veta Huaco.
- Verificar la presencia de agua, se debe realizar un pique de exploración y avanzar la galería Proy. Cx 825 N del nivel 80. También se debe excavar una galería de exploración en caso de que no haya agua.
- Dentro del plan de exploración se recomienda realizar sondeos de perforación diamantina para tener resultados IN SITU de ley y potencia de la veta.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, J., Rivera, R., Valencia, M., Chirif, H., Huanacuni, D., Rodríguez, I., . . . Santisteban, A. (2020). Memoria Descriptiva del Mapa Metalogenético del Perú. ingemmet
- Acosta, J., Rodríguez, I., & Huanacuni, D. (2011). memoria sobre la geología económica de la región arequipa. proyecto ge 33 “metalogenia y geología económica por regiones”, instituto geologico minero y metalurgico, direccion de recursos minerales y energéticos.
- Burns, Ross F, Van Hees and Greasley Mark (2008), Technical Report on the San Juan Mine (Arequipa-Perú).
- De Montreuil L (1990), Mineralogía de Yacimientos Auríferos del Perú
- Gutiérrez V. (1983) Geología de los cuadrángulos de Pausa y Caravelí (Hojas: 31-p y 32-p), Boletín N°37.
- Huamán, D., (1985). Evolution tectonique cénozoïque et néotectonique du piémont pacifique dans la région d’Arequipa (Andes du Sud-Pérou). Thèse de doctorat de 3e cycle, Université de Paris-Sud (Orsay), 220 p.
- Sillitoe, R. & Mortensen, J. (2010). Longevity of porphyry copper Formation at Quellaveco, Perú. Economic Geology, v. 105, p. 1157–1162.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Boletín N° 9, 63 p.
- Stewart, J. (1968). Rocas intrusivas del cuadrángulo de la Joya: Servicio de Geología y Minería del Perú Boletín, N° 19, p. 43-78.
- Stewart, J., Evernden, J. & Snelling, N. (1974). Age determinations from Andean Peru: a reconnaissance survey. Geological Society of America Bulletin, 85: 1107-1116.
- Torres, P., Alván, A. & Acosta, H. (2008). “The Proterozoic basement of the Arequipa massif, southern Peru: Lithologic domains and tectonics”. 7th International Symposium on Andean Geodynamics ISAG, Niza, Extend Abstracts: p. 549-552.

- Tosdal, R., Farrar, E. & Clarck, A. (1981). K-Ar geochronology of the Late Cenozoic volcanic Rocks of the Cordillera Occidental, southernmost Peru. *Journal of Volcanology and Geothermal research*, Vol. 10, p. 157-173.
- Wilson, J. & García, W. (1962). Geología de los cuadrángulos de Pachía y Palca. Bol. N° 4, Comisión Carta Geológica Nacional, 82 p.
- Zúñiga R. (2014) Modelo Geológico Estructural y Evaluación Económica veta San Juan y Veta Mercedes. Tesis.
- Ayala, L. (2023). *Explorock*. Obtenido de <https://www.explorock.com/elaboracion-de-una-columna-estratigrafica/>
- Ayala, L. (2023). Geología 3D. Obtenido de <https://3dgeol.com/analisis-estructural-en-geologia-como-deberia-hacerse/>
- Bateman, A. M. (1950). Obtenido de <https://www.geovirtual2.cl/depos/fthermal01.htm>
- Casapalca, C. ., & Cia , M. (2018). págs. https://www.emis.com/php/company-profile/PE/Compania_Minera_Casapalca_SA_es_3398538.html.
- Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. (2019). Evaluación de peligros geológicos en el sector del cañon de Huasamayo. Región Arequipa, provincia Caylloma, distrito Lluta. Informe técnico;N° A6953, Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2390>
- Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. (2019). Evaluación geológica, geomorfológica y geodinámica por peligro de hundimientos y caída de rocas en el Poblado de Salpo. Región La Libertad, provincia Otuzco, distrito Salpo. Informe técnico;N° A6918, Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2386>
- Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. (2020). Evaluación de peligros geológicos de las zonas propuestas para la reubicación del centro poblado Borogueña. Región Tacna, provincia Jorge Basadre, distrito de Ilabaya. Informe técnico; N° A7037, INGEMMET. Obtenido de

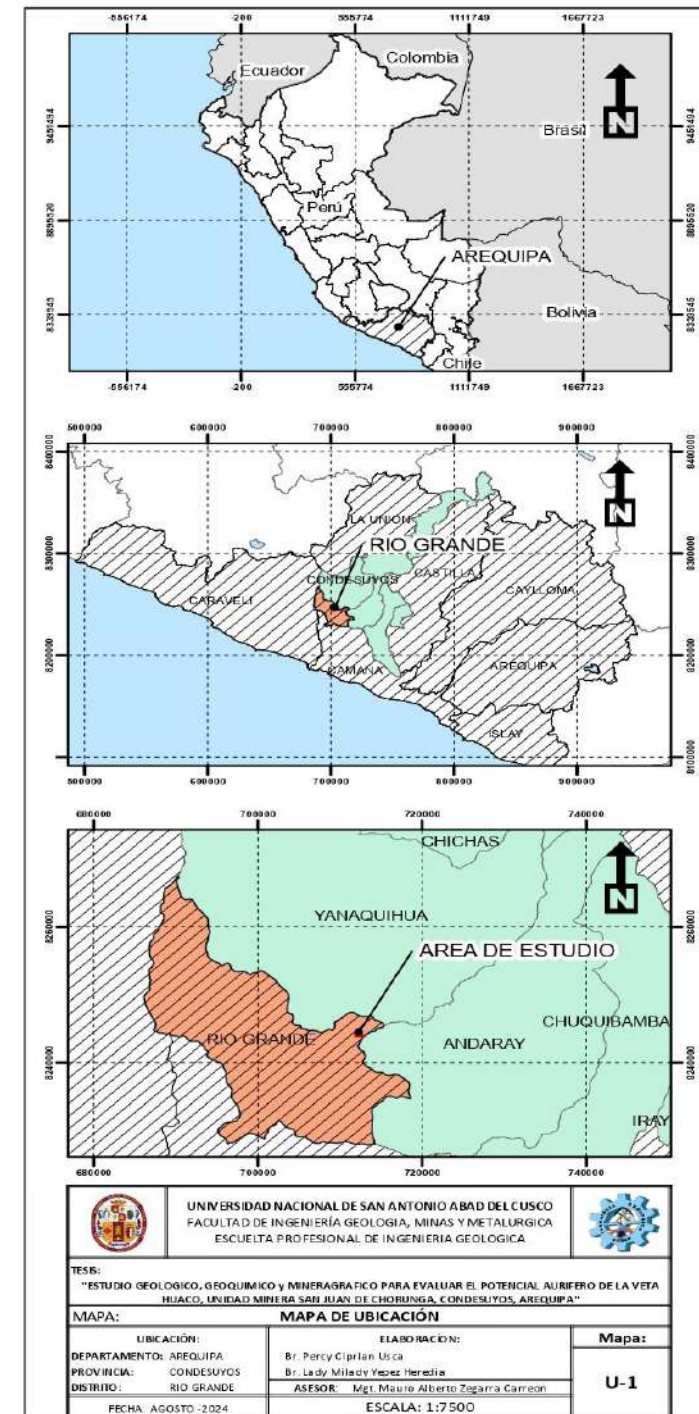
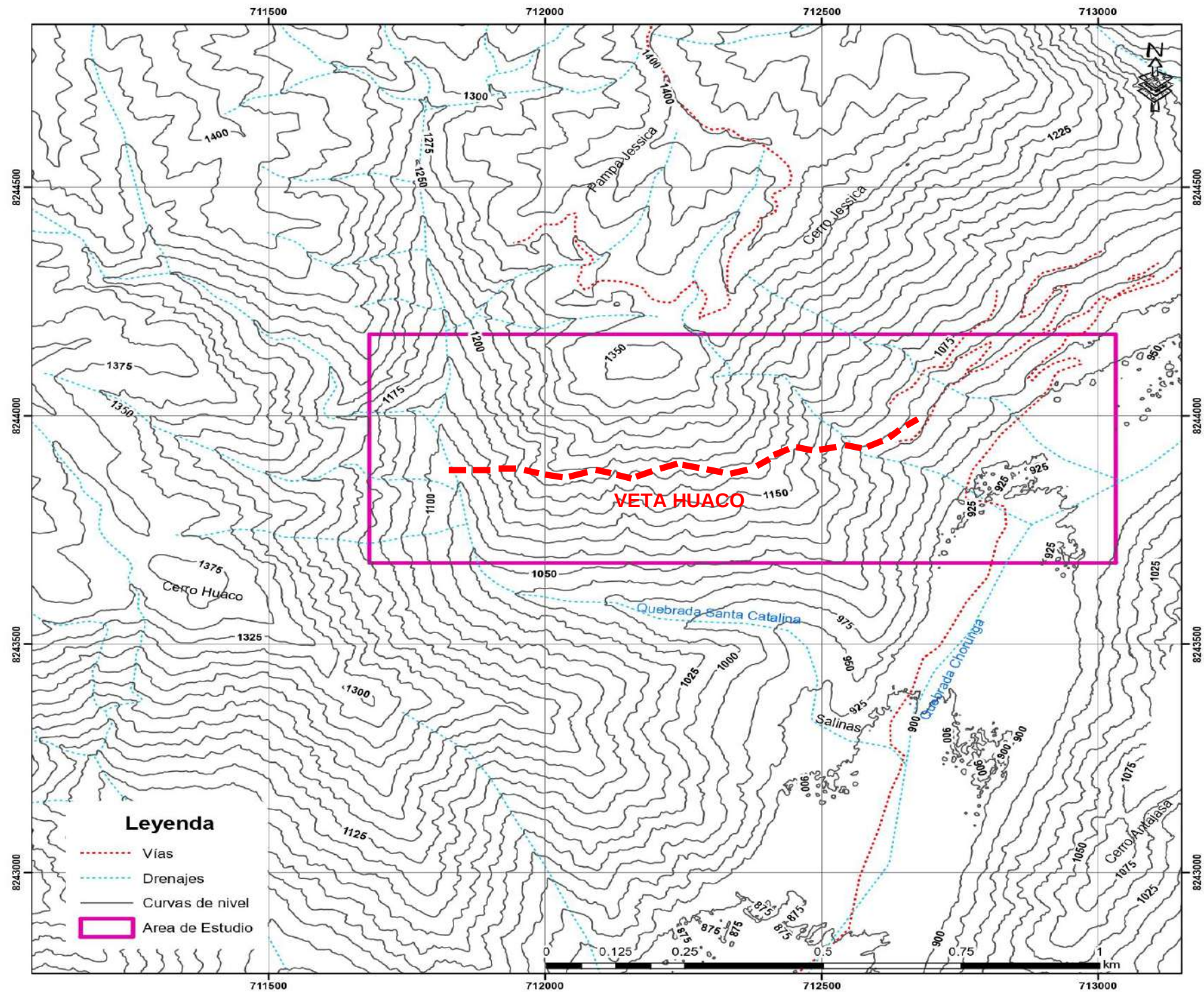
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/2614>

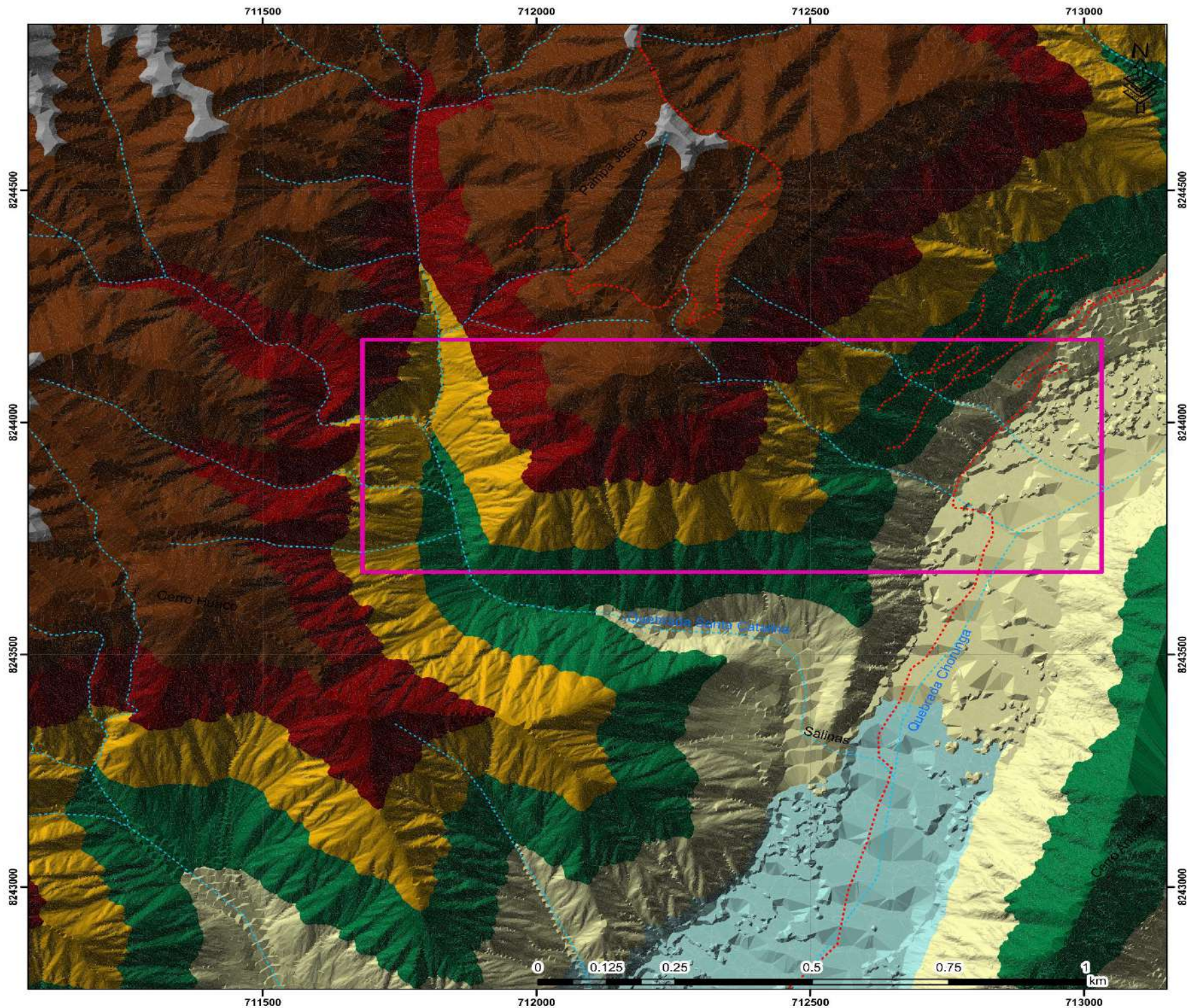
- Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. (2022). Evaluación de peligros geológicos por flujos en el Asentamiento Humano Isidoro Berrocal Coronado. Distrito Caravelí, provincia Caravelí, departamento Arequipa. Informe técnico; N° A7317, INGEMMET. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12544/4261>
- Dominy, S. (2010). Grab sampling for underground gold mine grade control. The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy.
- García, J. (2015). Alteraciones hidrotermales. Obtenido de <https://es.slideshare.net/slideshow/2-alteraciones-hidrotermales/77688833#1>
- GeoStru. (2023). GeologyScience. Obtenido de <https://es.geologyscience.com/geology-branches/mining-geology/ore-bearing-hydrothermal-fluids/?amp>
- Griem, W. (2020). Geovirtual2. Obtenido de <https://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap05h.htm>
- Griem, W. (2020). Geovirtual2. Obtenido de <https://www.geovirtual2.cl/depos/01veti001.htm>
- ILUMNO. (2024). Yacimientos minerales. Fundación Universitaria del Área Andina.
- IngeOexpert. (2021). Obtenido de <https://ingeoexpert.com/articulo/tipos-muestreo-mineria/>
- IngeOexpert. (2022). Obtenido de <https://ingeoexpert.com/2022/03/17/que-es-la-hidrogeologia-y-para-que-sirve/>
- Marin, K. (2019). ANÁLISIS MICROSCÓPICO DE MINERALES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES MINERALÓGICOS. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho.
- Medina, R. (2023). Anomalías geoquímicas: una revisión sistemática según el método prisma. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4531

- Mendoza, A. (2019). Comportamiento Geológico De La Veta Infallible, Mina Shalca. UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN, Cerro De Pasco.
- Mijailov, L. (1989). Hidrogeología. Rusia: Editorial Mir. Moscú.
- Molina, J. (2023). ESTRATIGRAFÍA Y TIEMPO GEOLÓGICO: Aspectos fundamentales. Universidad de Jaén.
- Moreno, J., Núñez, S., & Dueñas, K. (2016). Evaluación geológica e hidrogeológica del sector Aguas Claras. Distrito Pardo Miguel, provincia Rioja, departamento San Martín. Informe Técnico;Nº A6724, Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. Retrieved from <https://hdl.handle.net/20.500.12544/1167>
- Oyarzún, J. (2022). Geoquímica Aplicada. Ediciones GEMM. Obtenido de https://www.aulados.net/GEMM/Libros_Manuales/Geoquimica_Aplicada.pdf
- Padilla, R. (2021). Geología Estructural. Métodos Modernos. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
- Palacios, O., Sánchez, A., & Herrera, F. (1995). Geología del Perú – [Boletín A 55]. Serie A: Carta Geológica Nacional, nº 55, INGEMMET.
- Pantoja, J., & Gómez, J. (2004). Los sistemas hidrotermales y el origen de la vida.
- Pecho, V. (1983). Geología de los cuadrángulos de Pausa y Caravelí. Hojas: 31-p y 32-p - [Boletín A 37]. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, nº 37, INGEMMET. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12544/156>
- Quispesivana, L., & Navarro, P. (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Caravelí (32-p), Chuquibamba (32-q), Chivay (32-s), Cailloma (31-s), Velille (30-s), Livitaca (29-s) y Pacapausa (30-p). Escala 1:100 000. Memoria Descriptiva. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2052>
- Rodas, M. (2009). Ambientes genéticos.

- Ruiz, J. (2022). ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOQUÍMICO DE ANOMALÍA DE LITIO EN SUELOS DE LA REGIÓN NORTE DE SAHUARIPA, SONORA, MÉXICO. Universidad de Sonora.
- Tamayo, E. (2013). ESTUDIO GEOLÓGICO ESTRUCTURAL Y ELABORACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD MINERA EN EL ÁREA MINERA “BRAVO” (CÓDIGO 2250.1) DE LA PARROQUIA BELLA MARÍA, CANTÓN SANTA ROSA, PROVINCIA DE EL ORO. Universidad Nacional de Loja, Loja.
- Townley, B. (2001). Metalogénesis: Hidrotermalismo y Modelos de Yacimientos. Universidad de Chile.
- Tucto, H. (2019). Evaluación hidrogeológica en las labores subterráneas, zona Catuva - Mina Raura. UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN, Cerro de Pasco.
- Vera, J. (1994). ESTRATIGRAFÍA: PRINCIPIOS Y MÉTODOS. Madrid: Editorial Rueda.





Leyenda

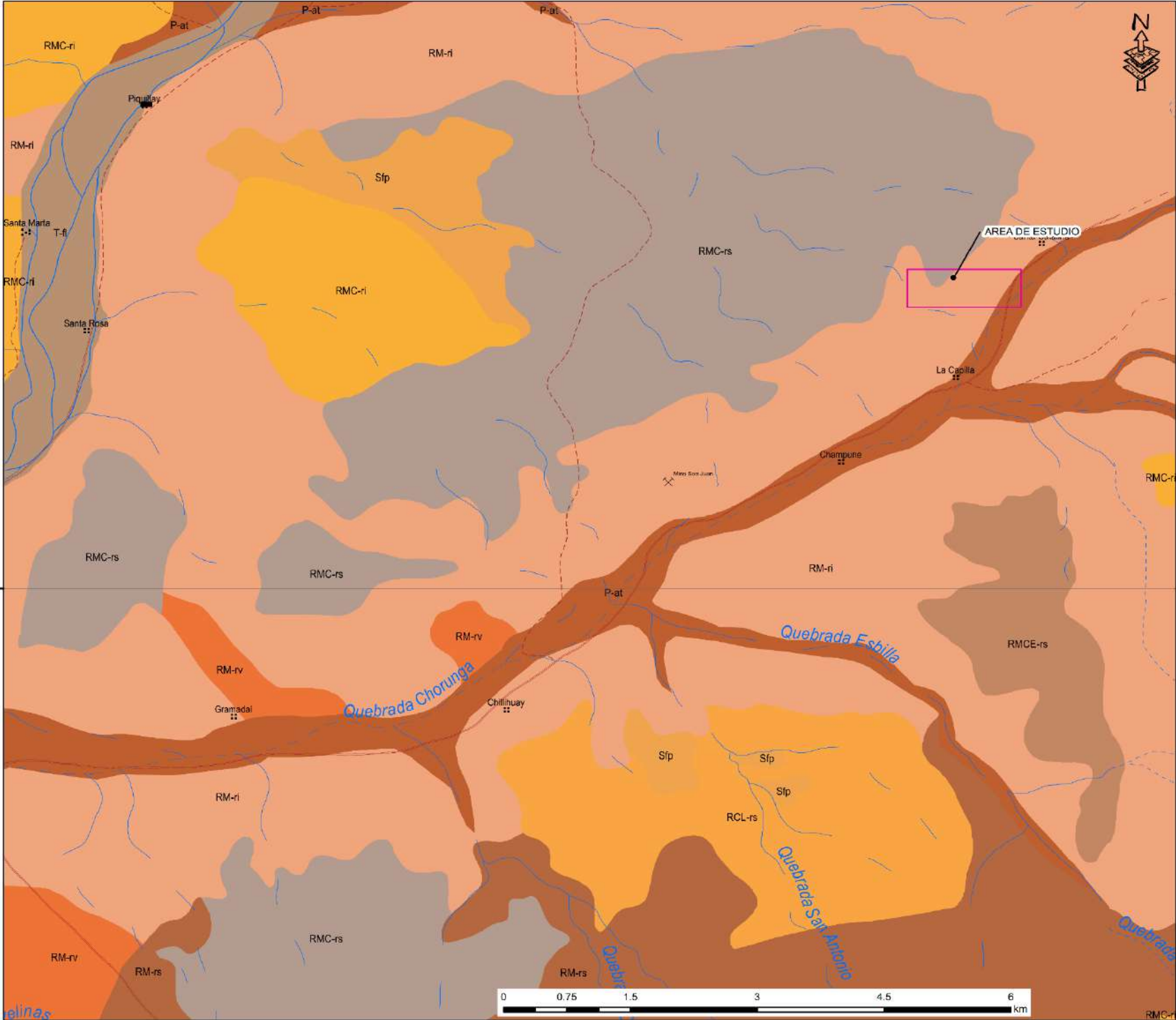
- Vías
- Drenajes
- Area de Estudio

Niveles

Elevation

- 1500 - 1600
- 1400 - 1500
- 1300 - 1400
- 1200 - 1300
- 1100 - 1200
- 1000 - 1100
- 900 - 1000
- 865 - 900

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLOGIA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
TESIS: "ESTUDIO GEOLOGICO, GEOQUIMICO Y MINERAGRAFICO PARA EVALUAR EL POTENCIAL AURIFERO DE LA VETA HUACO, UNIDAD MINERA SAN JUAN DE CHORUNGA, CONDESUYOS, AREQUIPA"		
MAPA: MAPA DE ALTITUDES		
UBICACIÓN:	ELABORACIÓN:	Mapa: A-2
DEPARTAMENTO: AREQUIPA	Br. Percy Ciprian Usca	
PROVINCIA: CONDESUYOS	Br. Lady Milady Yopez Heredia	
DISTRITO: RIO GRANDE	ASESOR: Mgt. Mauro Alberto Zagarra Carreon	
FECHA: AGOSTO -2024		ESCALA: 1:7500



- SIMBOLOGÍA**
- Area de Estudio
 - Mina activa
 - Río principal
 - Río secundario
 - Quebrada
 - Quebrada seca una parte del año
 - Carretera afirmada, transitable
 - Camino de herradura
 - Superficie ligera, una sola vía
 - Contorno de ciudad

- LEYENDA**
- RM-ri, Montaña en roca intrusiva
 - RM-rv, Montaña en roca volcánica
 - RM-rs, Montaña en roca sedimentaria
 - RMC-rs, Montañas y colinas en roca sedimentaria
 - RCL-rs, Colina y lomada en roca sedimentaria
 - Sfp, Superficie de flujo piroclástico
 - P-at, Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial
 - T-fl, Terraza fluvial

COORDENADAS - VETA HUACO

COORDENADAS	PUNTO A	PUNTO B	PUNTO C	PUNTO D
Coordenada Norte	8244178	8244178	8243678	8243678
Coordenada Este	701682	713031	713031	711682
Altitud	1292	969	960	1178



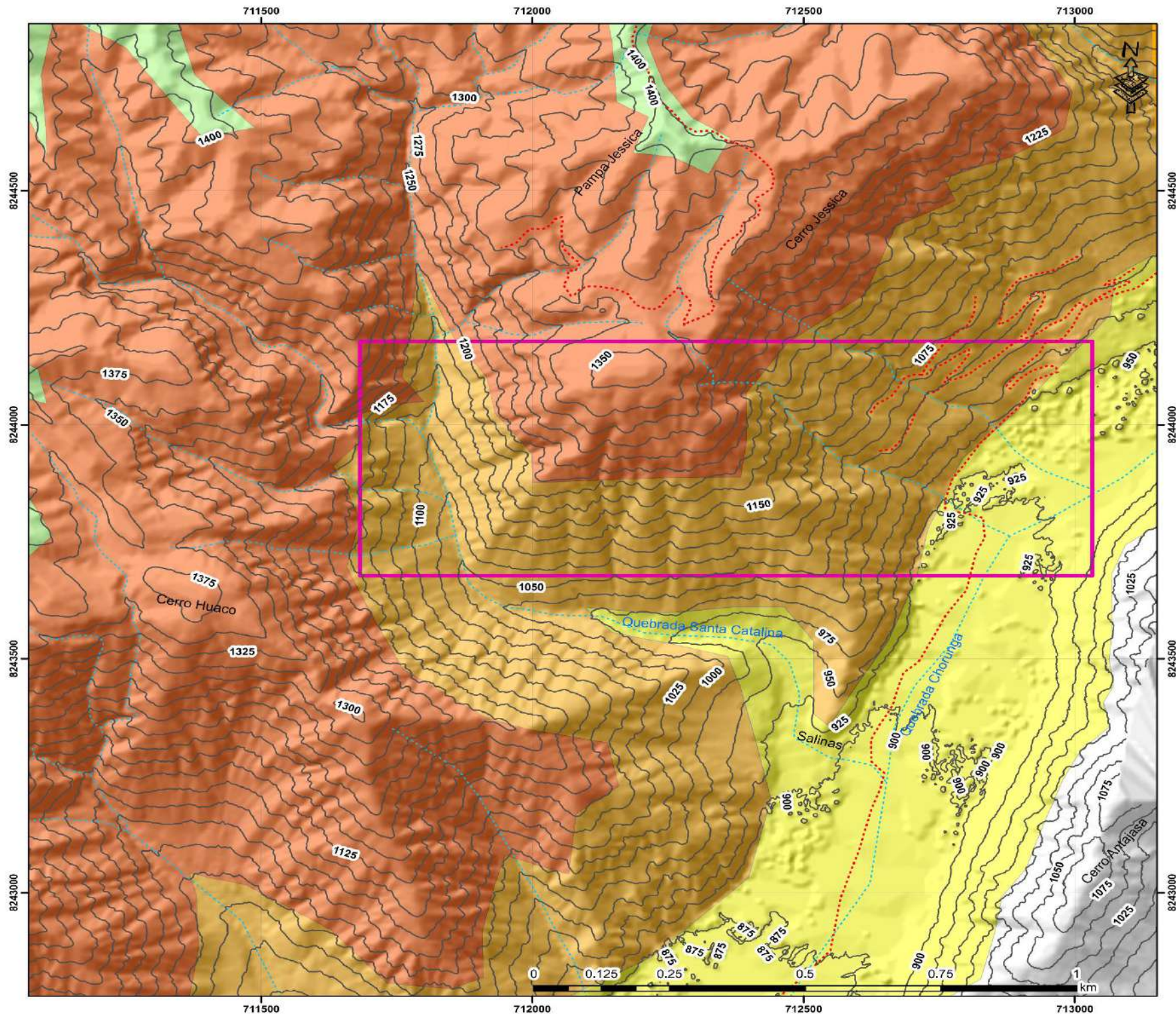
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA



TESIS:

"ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOQUÍMICO Y MINERAGRÁFICO PARA EVALUAR EL POTENCIAL AURIFERO DE LA VETA HUACO, UNIDAD MINERA SAN JUAN DE CHORUNGA, CONDESUYOS, AREQUIPA"

MAPA:	MAPA GEOMORFOLÓGICO REGIONAL	
UBICACIÓN:	ELABORACIÓN:	Mapa:
DEPARTAMENTO: AREQUIPA	Bach. Percy Ciprian Usca	G - 1
PROVINCIA: CONDESUYOS	Bach Lady Miladyb Yopez Heredia	
DISTRITO: RIO GRANDE	ASESOR: Mgt. Mauro Alberto Zegarra Carreon	
FECHA: AGOSTO - 2024	ESCALA: 1 : 50 000	



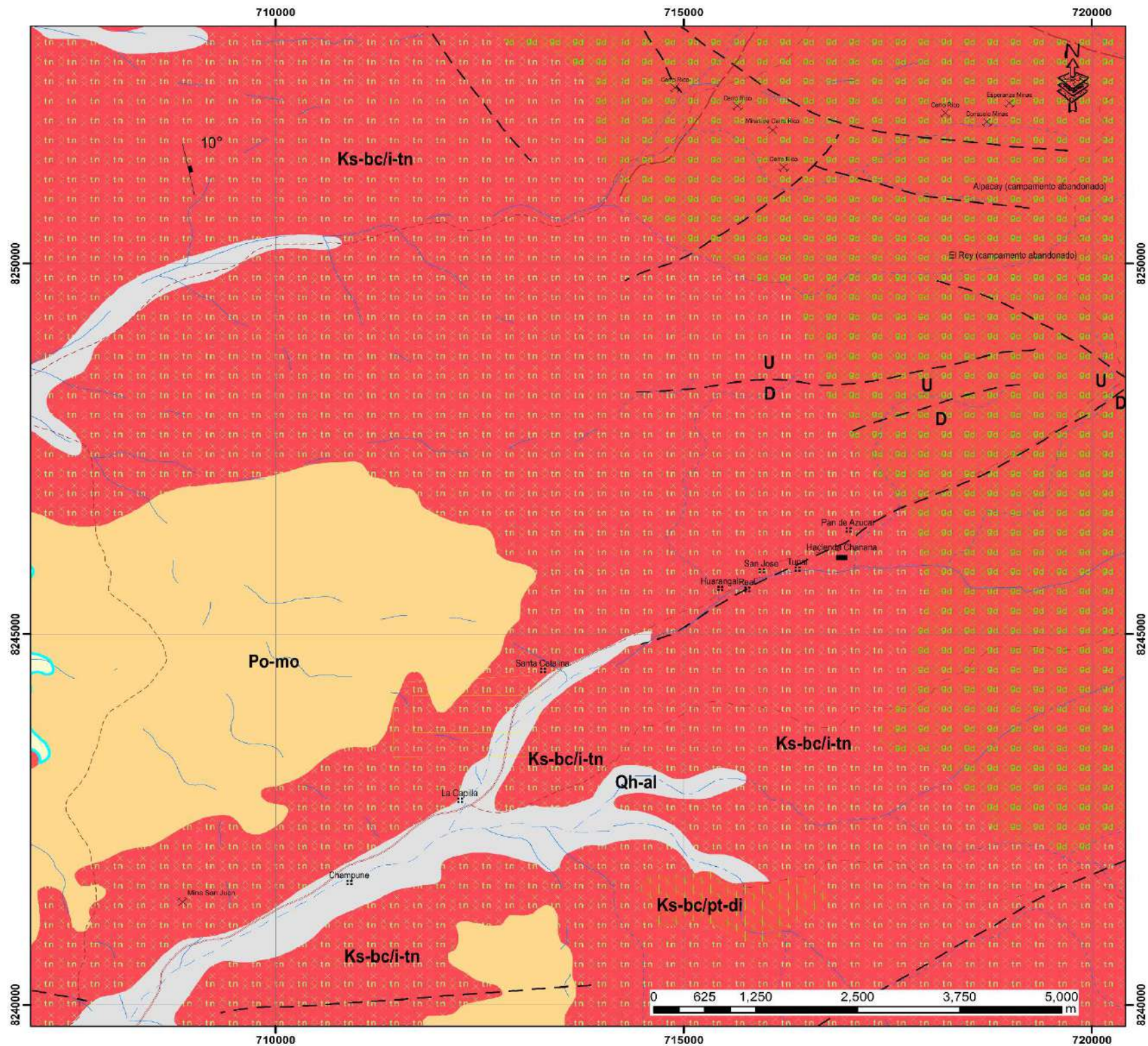
Leyenda

- Curvas de nivel
- - - Vías
- - - Drenajes
- Area de Estudio

GEOMORFOLO

- Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial
- Ladera de montañas
- Colinas en roca sedimentaria
- Montaña en roca intrusiva

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLOGÍA, MINAS Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLOGICA	
TESIS: "ESTUDIO GEOLOGICO, GEOQUIMICO Y MINERAGRAFICO PARA EVALUAR EL POTENCIAL AURIFERO DE LA VETA HUACO, UNIDAD MINERA SAN JUAN DE CHORUNGA, CONDESUYOS, AREQUIPA"		
MAPA: MAPA DE GEOMORFOLOGIA LOCAL		
UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: AREQUIPA PROVINCIA: CONDESUYOS DISTRITO: RIO GRANDE	ELABORACIÓN: Br. Percy Ciprian Usca Br. Lady Milady Yopez Heredia ASESOR: Mgt. Mauro Alberto Zegarra Carreon	Mapa: G-2
FECHA: AGOSTO - 2024		ESCALA: 1:7500



SIMBOLOGÍA

AREA_DE_ESTUDIO

Mina activa

Capital de departamento

Capital de provincia

Localidad común

Caserío

Escuela

Iglesia

Hacienda

Cementerio

Río principal

Río secundario

Quebrada

Quebrada seca una parte del año

Carretera afirmada, transitable

Camino de herradura

Superficie ligera, una sola via

Rumbo y buzamiento de estratos

Rumbo y buzamiento de diaclasa

Rumbo y buzamiento de foliación

Falla normal

Falla inferida

Lineamiento

Falla normal inferida

Eje de anticlinal

Eje de sindinal

Contorno de ciudad

LEYENDA

Deposito Aluvial

Formación Sencca

Batalolito de la Costa - S.U Tiabaya granodiorita

Batolito de la Costa - S.U - Incahuasi tonalita

Formación Moquegua

COORDENADAS - VETA HUACO				
COORDENADAS	PUNTO A	PUNTO B	PUNTO C	PUNTO D
Coordenada Norte	8244178	8244178	8243678	8243678
Coordenada Este	701682	713031	713031	711682
Altitud	1292	969	960	1178



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA



TESIS:

"ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOQUÍMICO Y MINERAGráfICO PARA EVALUAR EL POTENCIAL AURIFERO DE LA VETA HUACO, UNIDAD MINERA SAN JUAN DE CHORUNGA, CONDESUYOS, AREQUIPA"

MAPA:

MAPA GEOLÓGICO REGIONAL

UBICACIÓN:

ELABORACIÓN:

Mapa:

DEPARTAMENTO: AREQUIPA

PROVINCIA : CONDESUYOS

DISTRITO : RIO GRANDE

Bach. Percy Ciprian Usca

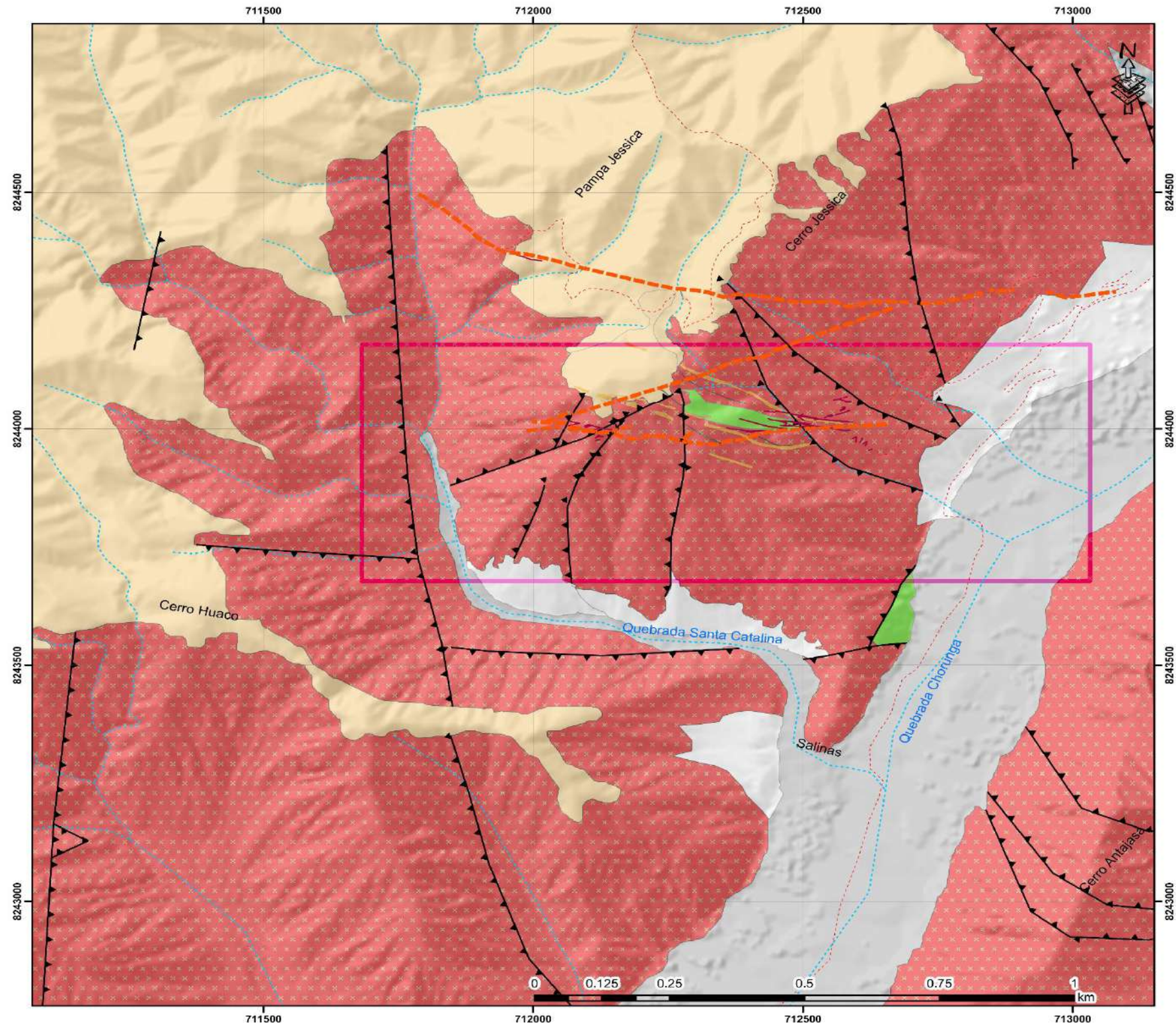
Bach Lady Miladyb Yopez Heredia

ASESOR: Mgt. Mauro Alberto Zegarra Carreon

FECHA : AGOSTO - 2024

ESCALA : 1 : 50 000

G - 3



Legenda

- Vetas Superficie
- Fallas Superficie
- Vías
- Drenajes
- Area de Estudio

Unidades Geologicas

- Andesita
- Cuaternario Aluvial
- Cuaternario Coluvial
- Dacitas
- Formacion Moquegua
- Monzonita
- Superunidad Inkahuasi



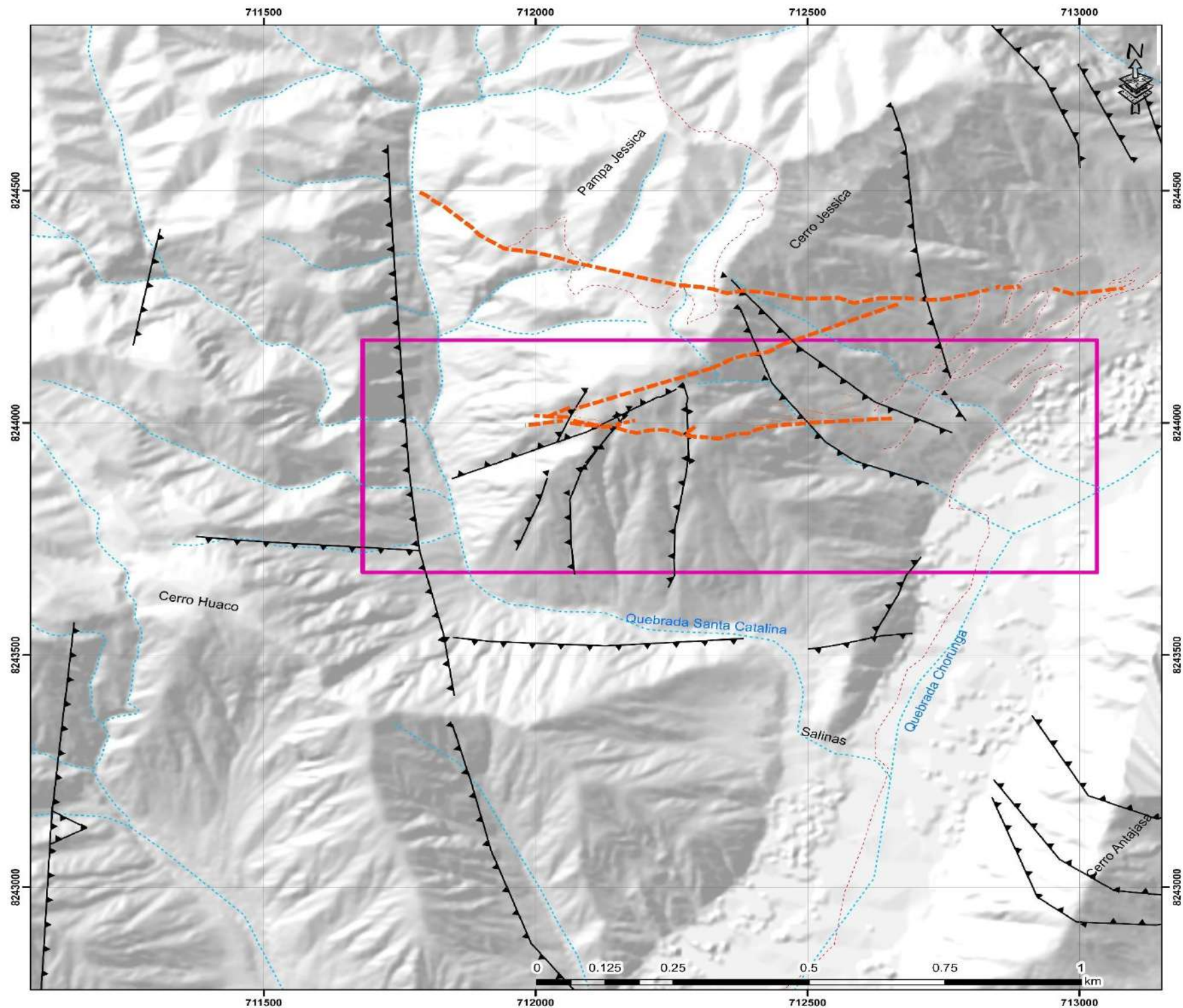
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLOGIA, MINAS Y METALURGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



TESIS:
"ESTUDIO GEOLOGICO, GEOQUIMICO Y MINERAGRAFICO PARA EVALUAR EL POTENCIAL AURIFERO DE LA VETA HUACO, UNIDAD MINERA SAN JUAN DE CHORUNGA, CONDESUYOS, AREQUIPA"

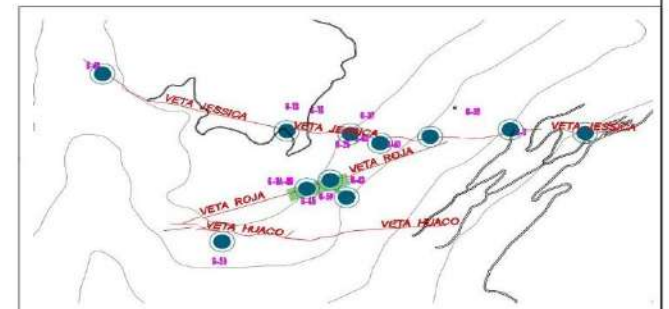
MAPA: **GEOLOGIA LOCAL**

UBICACIÓN:		ELABORACIÓN:		Mapa:
DEPARTAMENTO:	AREQUIPA	Br. Percy Ciprian Usca		G-2
PROVINCIA:	CONDESUYOS	Br. Lady Milady Yepes Heredia		
DISTRITO:	RIO GRANDE	ASESOR:	Mgt. Mauro Alberto Zegarra Carreon	
FECHA: AGOSTO -2024		ESCALA: 1:7500		

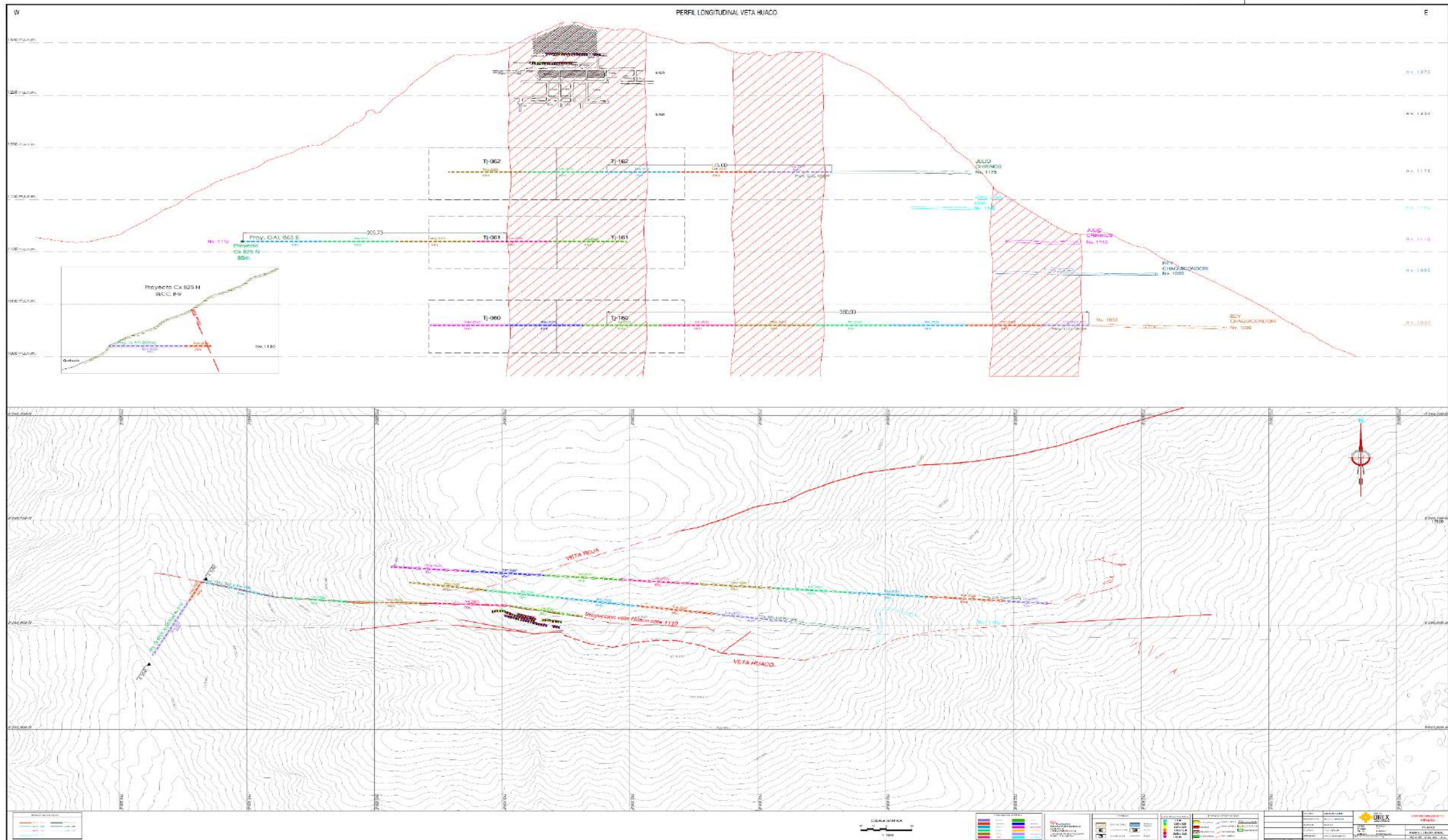


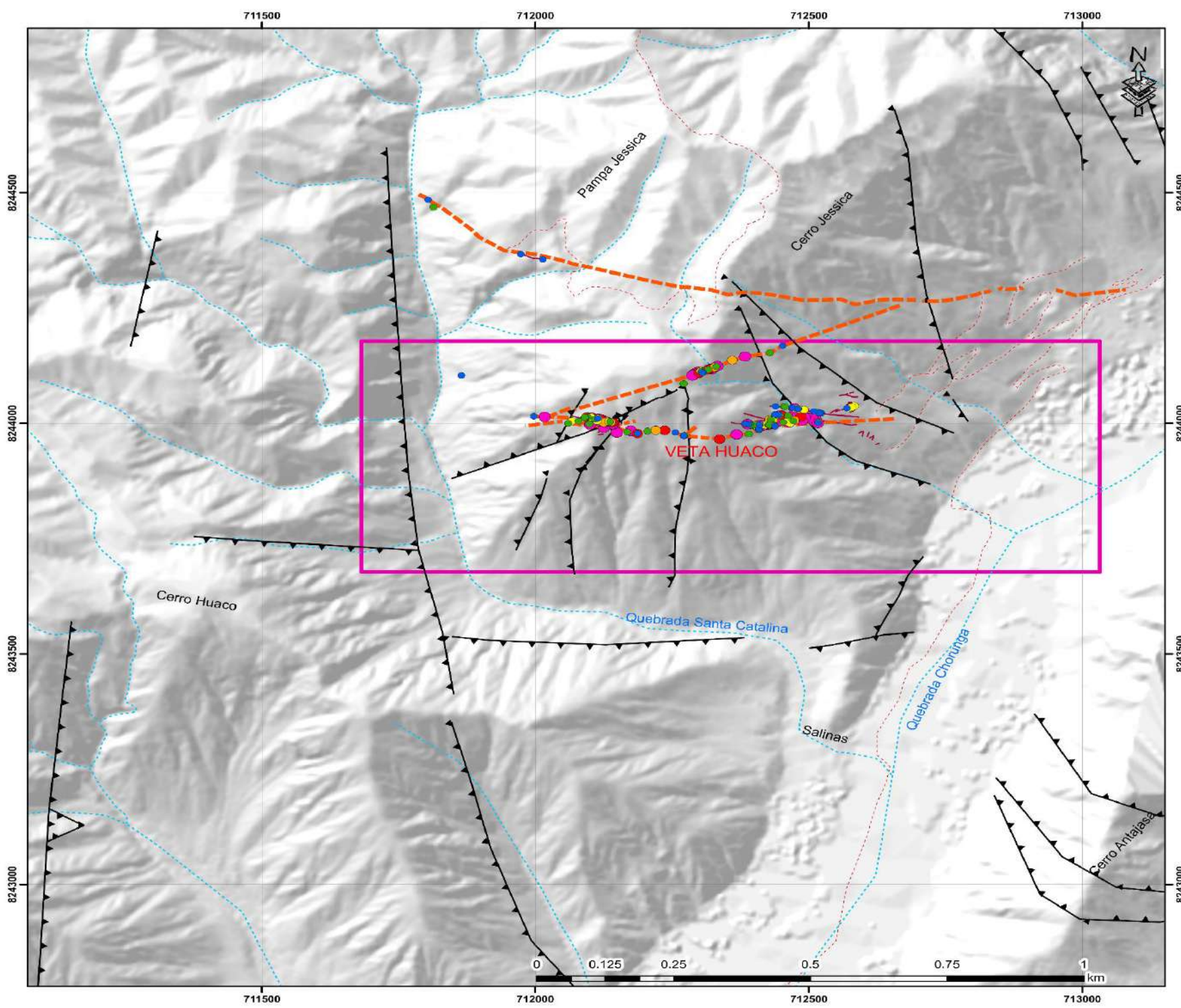
Legenda

- Vetas Superficie
- Fallas Superficie
- Vías
- Drenajes
- Area de Estudio



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLOGÍA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA	
TESIS: "ESTUDIO GEOLOGICO, GEOQUIMICO Y MINERAGRAFICO PARA EVALUAR EL POTENCIAL AURIFERO DE LA VETA HUACO, UNIDAD MINERA SAN JUAN DE CHORUNGA, CONDESUYOS, AREQUIPA"		
MAPA: GEOLOGIA ESTRUCTURAL LOCAL		
UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: AREQUIPA PROVINCIA: CONDESUYOS DISTRITO: RIO GRANDE	ELABORACIÓN: Br. Percy Ciprian Usca Br. Lady Milady Yepes Heredia ASESOR: Mgt. Mauro Alberto Zegarra Carreon	Mapa: R-2
FECHA: AGOSTO -2024		ESCALA: 1:7500





Leyenda

- Vetas Superficie
- Fallas Superficie
- Vías
- Drenajes
- Area de Estudio

NIVELES GEOQUIMICOS

MUESTREO_HUACO

Ley_Prom

- 0 - 1
- 1- 4
- 4- 6
- 6 - 8
- 8 - 10
- >10

Proyecto de la Tesis (Huaco/TN)

Leyes Au gr/tn Superficie

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLOGÍA, MINAS Y METALURGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TESIS:

"ESTUDIO GEOLOGICO, GEOQUIMICO Y MINERAGRAFICO PARA EVALUAR EL POTENCIAL AURIFERO DE LA VETA HUACO, UNIDAD MINERA SAN JUAN DE CHORUNGA, CONDESUYOS, AREQUIPA"

MAPA:		MAPA GEOQUIMICO	
UBICACION:	ELABORACION:	Mapa:	
DEPARTAMENTO: AREQUIPA	Br. Percy Ciprian Usca	G-5	
PROVINCIA: CONDESUYOS	Br. Lady Milady Yopez Heredia		
DISTRITO: RIO GRANDE	ASESOR: Mgt. Mauro Alberto Zegarra Carreon		
FECHA: AGOSTO -2024		ESCALA: 1:7500	

