

Universidad Nacional de Ingeniería
Facultad de Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica




TESIS

**Determinación de dirección de flujo mineralizante en la veta
Bienaventurada clavo nor - este, mina Kolpa - Huancavelica,
como guía de exploración**

Para obtener el título profesional de Ingeniero Geólogo

Elaborado por

Jim William Torres Delgado

 [0009-0008-2054-4888](https://orcid.org/0009-0008-2054-4888)

Asesor

M.Sc. Carlos Alberto Rojas León

 [0009-0004-0770-4104](https://orcid.org/0009-0004-0770-4104)

LIMA – PERÚ

2025

Citar/How to cite	Torres Delgado [1]
Referencia/Reference	[1] J. Torres Delgado, " <i>Determinación de dirección de flujo mineralizante en la veta Bienaventurada clavo nor-este, mina Kolpa - Huancavelica, como guía de exploración</i> " [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2025.
Estilo/Style: IEEE (2020)	

Citar/How to cite	(Torres, 2025)
Referencia/Reference	Torres, J. (2025). <i>Determinación de dirección de flujo mineralizante en la veta Bienaventurada clavo nor-este, mina Kolpa-Huancavelica, como guía de exploración</i> . [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

Dedicatoria

*A la memoria de mi papá, que en paz descansa, y cuyo
recuerdo me acompaña siempre.*

*A mi mamita, con todo mi amor y agradecimiento por cada
desvelo, cada esfuerzo y cada palabra de aliento que me
ayudaron a seguir adelante; este logro también es tuyo.*

*A mi novia, gracias por no soltar mi mano, por estar
conmigo incluso en los momentos más duros, por
motivarme y darme tu apoyo hasta donde te fue posible.*

Agradecimientos

Mis más sinceros agradecimientos a las autoridades y profesionales de la Universidad Nacional Ingeniería, por brindarme la oportunidad de estar en sus aulas y compartir las enseñanzas.

A mi asesor de tesis, el Ing. Carlos León Rojas, y a mi especialista el Lic. Atilio Mendoza Apolaya por su minuciosa revisión y sugerencias finales para la culminación de mi proyecto de tesis.

Resumen

El presente proyecto de investigación que lleva como título; "Determinación de dirección de flujo mineralizante en la veta Bienaventurada clavo nor-este, mina Kolpa - Huancavelica, como guía de exploración", tuvo como objetivo general Determinar la dirección de flujo mineralizante en la veta Bienaventurada clavo noreste de la Mina Kolpa en Huancavelica para ser utilizada como guía de exploración.

La metodología que se utilizó en el proyecto de investigación fue la de tipo aplicada, de nivel explicativo y de diseño no experimental, con una población conformada por toda la extensión de la veta Bienaventurada y de muestra conformada por zonas claves dentro del clavo noreste con indicios de mineralización.

Se concluye principalmente que mediante la interpretación de secciones de isovalores y cocientes metálicos a Veta Bienaventurada hacia el nor-este presenta altas concentraciones de Zn, Pb y Ag, acompañadas por contenidos puntuales de Cu.

Palabras clave — Isovalores, cocientes metálicos, exploración minera, flujo mineralizante.

Abstract

The present research project whose title is: "Determination of mineralized flow direction in the Bienaventurada clove vein north-east, Kolpa mine - Huancavelica, as an exploration guide", had as a general objective to determine the direction of mineralizing flow in the Bienaventurada clove vein northeast of the Kolpa Mine in Huancavelica to be used as an exploration guide.

The methodology used in the research project was applied, explanatory level and non-experimental in design, with a population made up of the entire extension of the Bienaventurada vein and a sample made up of key areas within the northeast nail. with signs of mineralization.

It is mainly concluded that through the interpretation of sections of isovalues and metallic ratios at Veta Bienaventurada towards the north - east presents high concentrations of Zn, Pb and Ag, accompanied by specific Cu contents.

Keywords — Isovalues, metallic ratios, mining exploration, mineralizing flow.

Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen.....	v
Abstract.....	vi
Introducción	xii
Capítulo I. Parte introductoria del trabajo	1
1.1 Generalidades.....	1
1.1.1 Ubicación	1
1.1.2 Accesibilidad	2
1.2 Marco geológico	3
1.2.1 Geología regional	3
1.2.2 Geología estructural	5
1.2.3 Estratigrafía:.....	7
1.2.4 Geología local	8
1.2.5 Geomorfología	10
1.2.6 Litología.....	10
1.3 Descripción del problema de investigación	12
1.4 Objetivo del estudio	13
1.4.1 Objetivo general.....	13
1.4.2 Objetivos específicos.....	13
1.5 Antecedentes investigativos	13
1.5.1. Antecedentes internacionales	13
1.5.2. Antecedentes nacionales	14
Capítulo II. Marcos teórico y conceptual	16
2.1 Flujo mineralizante.....	16
2.1.1 Flujo mineralizante de un yacimiento epitermal.....	17
2.2 Isovalores.....	19
2.3 Cocientes metálicos.....	19

2.4	Yacimiento epitermal	20
2.4.1	Mineralización en un yacimiento epitermal	20
2.4.2	Alteraciones en un yacimiento epitermal	22
2.5	Control litológico y estructural en un yacimiento epitermal	23
2.5.1	Control litológico en un yacimiento epitermal	23
2.5.2	Control estructural en un yacimiento epitermal.....	23
2.6	Marco conceptual	25
2.6.1	Interpolación	25
2.6.2	Extrapolación	25
2.6.3	Kriging	26
2.6.4	Variografía	27
Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación		30
3.1	Hipótesis y variables.....	30
3.1.1	Hipótesis general	30
3.1.2	Hipótesis específicas.....	30
3.1.3	Variables del estudio	30
3.2	Estrategia metodológica	30
3.2.1	Tipo de investigación	30
3.2.2	Nivel de investigación	31
3.2.3	Diseño de la investigación.....	31
3.2.4	Población y Muestra	31
3.3	Técnicas y recolección de información	32
3.3.1	Trabajo de campo.....	32
3.3.2	Trabajo de gabinete	32
3.3.3	Procesamiento de información	33
Capítulo IV. Análisis e interpretación de resultados		35
4.1	Secciones de Isovalores.....	35
4.1.1.	Isovalores de Zn	35

4.1.2	Isovalores de Pb	37
4.1.3	Isovalores de Cu	39
4.2	Secciones de cocientes metálicos	43
4.2.1	Cociente metálico de Pb/Zn	43
4.2.2	Cociente metálico de Ag/Zn	45
4.2.3	Cociente metálico de Ag/Pb	47
	Conclusiones	50
	Recomendaciones	51
	Referencias bibliográficas	52
	Anexos	57

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1: Accesibilidad desde la ciudad de Lima	2
Tabla 2: Relaciones estratigráficas y eventos tectónicos pre-cenozoicos	7

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1: Foto U.E.A. Huachocolpa Uno	1
Figura 2: Plano de ubicación U.E.A. Huachocolpa Uno	2
Figura 3: Mapa geológico de la distribución de vetas y fallas del distrito de Huachocolpa	5
Figura 4: Columna estratigráfica generalizada del cuadrángulo de Huachocolpa	8
Figura 5: Modelo simplificado para los depósitos de alta, intermedia y baja sulfuración ..	18
Figura 6: Control estructural de la formación de mineral en diferentes entornos estructurales y orientaciones de brotes de mineral asociados	25
Figura 7: Importación de datos	33
Figura 8: Interpolación de isovalores de Zn	34
Figura 9: Determinación de semivariograma	34
Figura 10: Histograma Zn %	35
Figura 11: Sección de Isovalores de Zn%	36
Figura 12: Histograma Pb	37
Figura 13: Sección de Isovalores de Pb%	38
Figura 14: Histograma Cu %	39
Figura 15: Sección de Isovalores de Cu%	40
Figura 16: Histograma Ag oz.....	41
Figura 17: Sección de Isovalores de Ag Oz	42
Figura 18: Sección de cociente metálico de Pb/Zn	44
Figura 19: Sección de cociente metálico de Ag/Zn	46
Figura 20: Sección de cociente metálico de Ag/Zn	48

Introducción

La exploración minera moderna requiere herramientas interpretativas que permitan optimizar el reconocimiento de estructuras mineralizadas en profundidad. En este contexto, la Unidad Minera Huachocolpa Uno, ubicada en la región Huancavelica y operada por Compañía Minera Kolpa S.A., representa un entorno geológico complejo con potencial polimetálico.

Este trabajo se centra en la caracterización de la dirección del flujo mineralizante dentro del clavo noreste de la veta Bienaventurada, empleando como herramientas de análisis los mapas de distribución metalogénica y los cocientes geoquímicos. Esta aproximación permite integrar información espacial y geoestadística con fines de mejorar la focalización de futuras campañas de exploración subterránea.

Capítulo I. Parte introductoria del trabajo

1.1 Generalidades

1.1.1 Ubicación

La zona en estudio, Huachocolpa Uno, se encuentra ubicada en la provincia y departamento de Huancavelica. Geográficamente, se halla en la cordillera central de los Andes del Centro en Perú, en el flanco este de la cordillera occidental, a una altitud promedio de 4,400 msnm, cerca de la divisoria de Huayraccasa, en la terraza superior sobre el margen izquierdo del cauce de la quebrada o río Escalera. Las coordenadas geográficas son:

- E: 502,230.550
- N: 8'555,752.860
- Altitud: 4340 a 4800 msnm

Figura 1

Foto U.E.A. Huachocolpa Uno



Fuente: Elaboración propia

1.1.2 Accesibilidad

La Unidad Minera Huachocolpa Uno se localiza en la sierra central del Perú, dentro de la región Huancavelica. Su acceso es posible desde Lima mediante rutas alternas que conectan con las localidades de Huancayo, Castrovirreyna y Huaytará, permitiendo llegar a la zona minera a través de caminos afirmados de uso mixto (Alarcón, 2018). tal como se muestra en la figura 1 y tabla 1.

Tabla 1

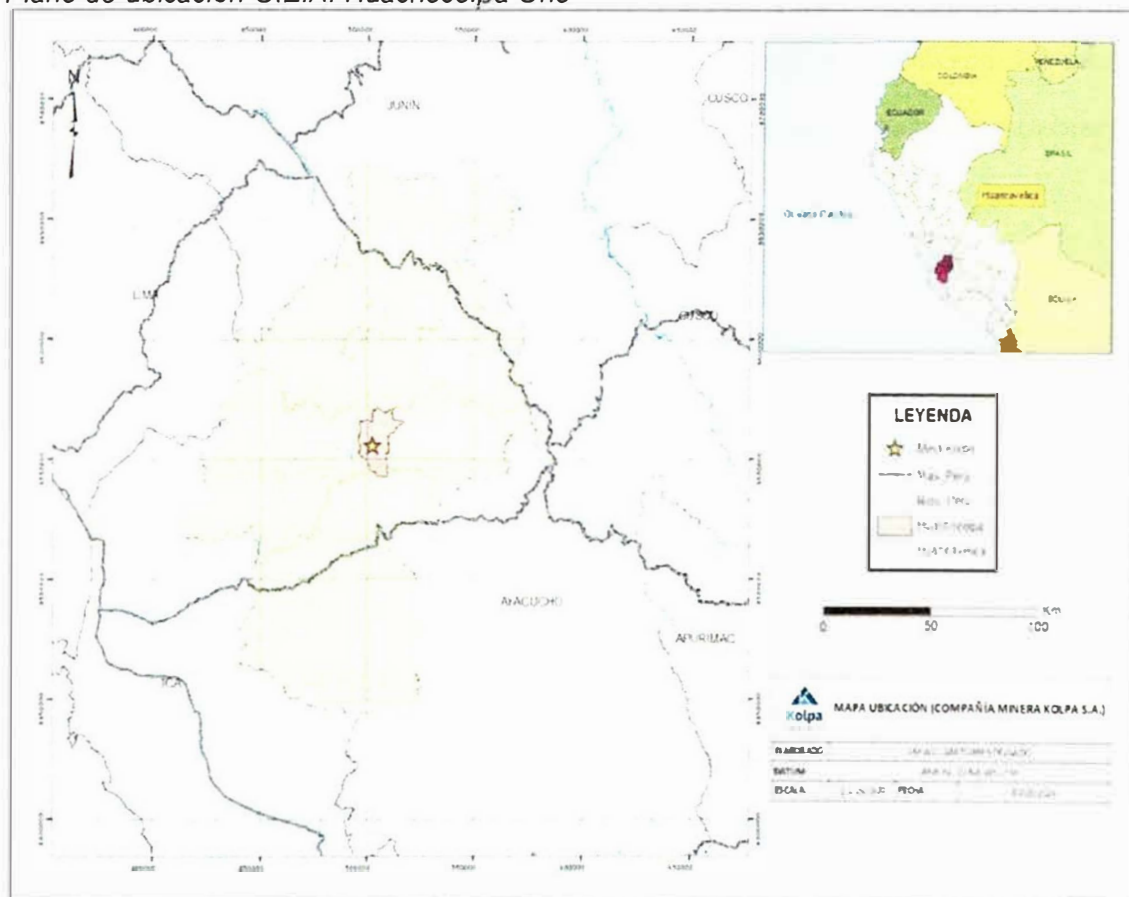
Accesibilidad desde la ciudad de Lima

TRAYECTO	TIEMPO APROXIMADO	DISTANCIA
Lima-Huancayo-Huancavelica-Paso de Chonta-Mina	12 horas	565 km
Lima-Pisco-Castrovirreyna-Paso de Chonta-Mina	10 horas	462 km
Lima-Pisco-Huaytará-Rumichaca-Paso de Chonta-Mina	9 horas	445 km

Nota: Alarcón (2018)

Figura 2

Plano de ubicación U.E.A. Huachocolpa Uno



Fuente: Elaboración propia.

1.2 Marco geológico

1.2.1 Geología regional

La secuencia estratigráfica comienza con la serie arenosa Lutácea del Paleozoico Inferior, representada por el Grupo Excelsior, que se superpone al basamento precámbrico del complejo metamórfico de Huaytapallana. Estos grupos corresponden a un largo período de sedimentación en una gran cuenca cuyo eje se alineó a lo largo de la actual Cordillera Oriental.

Los sedimentos se plegaron y metamorfosearon entre el Devónico superior y el Carbonífero como resultado de la orogenia herciniana.

Después de este período, las rocas continentales del Grupo Ambo se depositaron en la parte central de la zona.

Durante el Pensilvania y el Pérmico Inferior, gran parte del territorio estuvo cubierto por un mar relativamente profundo, en el que se depositaron las lutitas y calizas del Grupo Tarma y la Caliza de Copacabana.

Este mar persistió durante todo el Pérmico temprano y medio, seguido de un levantamiento general probablemente relacionado con una nueva fase del movimiento herciniano.

A medida que avanzaba el Pérmico, se depositaron los sedimentos clasificados del Grupo Mitu, cuyas propiedades reológicas sugieren un área de depósito continental. El material erosionado de las tierras altas probablemente fue transportado por poderosos arroyos hacia cuencas relativamente grandes y poco profundas. Además, las formaciones piroclásticas y de lava intercaladas atestiguan una intensa actividad volcánica durante este tiempo.

En el Triásico superior, se produce una transgresión marina, cuyas condiciones persisten con ligeras oscilaciones hasta el Jurásico medio. Durante este período se depositaron las calizas de Pucará (Triásico Superior - Jurásico Inferior), seguidas de los sedimentos líquido-arenosos y calizas de las formaciones Cercapuquio y Chunumayo.

En el Jurásico superior y el Cretácico inferior, se depositaron sedimentos marinos en el borde occidental del anticlinal del Marañón Mantaro, correspondientes al grupo Yura, que ocurre al sur de Castrovirreyna. En esta última fase, se depositaron las areniscas del grupo Goyllarisquizga (Cretácico inferior) que abarca el resto del área en dirección norte donde alcanza su mayor desarrollo.

La transgresión marina del Albiano medio (Cretácico inferior-medio) llegó a invadir grandes sectores, depositando los sedimentos calcáreos de las formaciones Chúlec-Pariatambo y Jumasha, de mayor exposición en la zona andina central y oriental, cuya equivalencia en el flanco occidental lo constituye la formación de los grupos Ticrapo y Ticacancha, que se prolonga hasta el Cretáceo superior.

Después de la deposición de los grupos calizos antes mencionados, se produjo un afloramiento general y un movimiento ondulatorio en la región andina; La erosión del terreno resultante y la actividad volcánica asociada con la acumulación de cuencas llevaron a la formación de los lechos rojos de Casapalca. Este período corresponde a la orogenia andina, cuya fase alcanzó su apogeo en el Terciario Inferior.

En este período se depositaron grandes masas volcánicas, cubriendo gran parte del Cuaternario, configurándose así las múltiples formaciones volcánicas cenozoicas descritas, compuestas mayormente por derrames andesíticos.

Luego del plegamiento principal, tuvo lugar una gran fase de intrusión, durante la cual se emplazaron los plutones batolíticos de "la Costa" y "Villa Azul", así como los otros cuerpos intrusivos menores, y posteriormente los de tipo hipabisal. Muchos de estos cuerpos están asociados a las fases metalogenéticas que mineralizaron la región.

En el Pleistoceno, las partes más elevadas del área sufrieron los efectos de la glaciación, formándose acumulaciones morrénicas principalmente. Finalmente, la acción de las lluvias y aguas de escorrentía, así como los vientos y otros agentes modeladores, hicieron que los materiales erosionados se depositaran en los fondos de valles y quebradas, configurándose de este modo su morfología actual, caracterizada por su dinamicidad y gran irregularidad. (Paytán, 2011, pp. 60-65)

1.2.2 Geología estructural

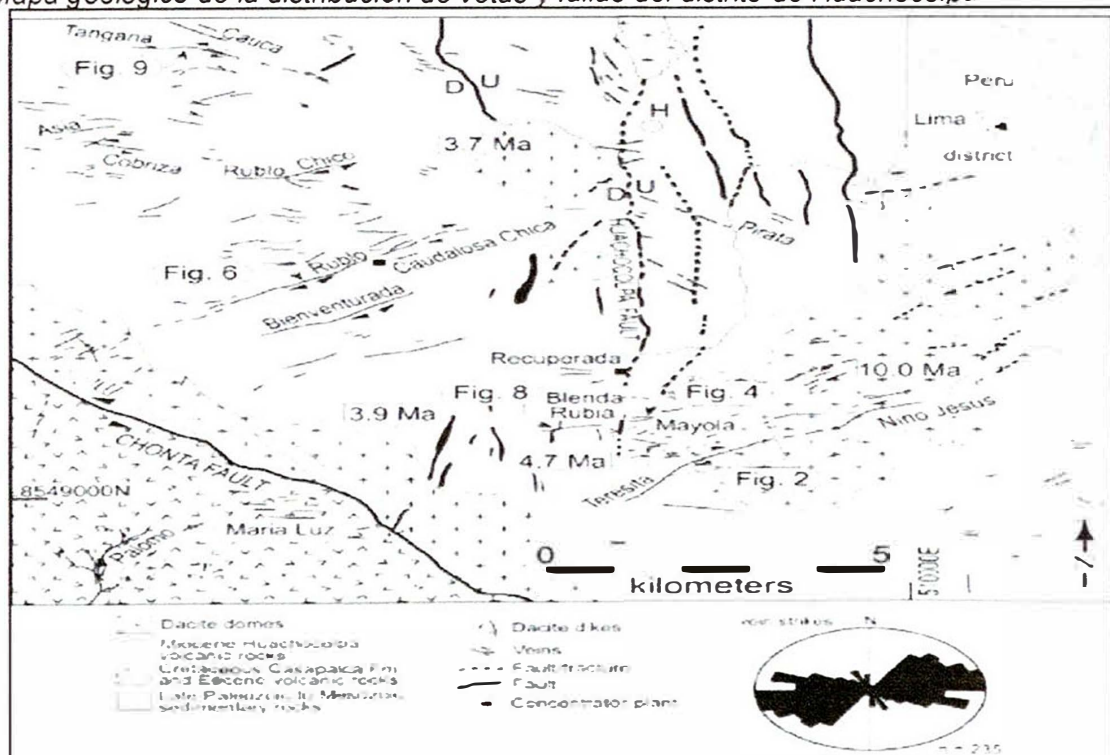
La cinemática y datos geométricos combinados en un modelo de fractura mecánica del desarrollo de una veta evalúa la hipótesis de una base de metales básicos de la veta conjugada y la formación de la falla en el distrito de Huachocolpa en el Perú Central. Las vetas polimetálicas del Mioceno tardío delimitan tres fracturas orientadas al NE, NO y EO.

La veta sinistral notable de la falla Chonta en el NE registró una edad coherente de las estrías subhorizontales del movimiento con rumbo dextral antideslizante. Las vetas sorprendentes del rumbo NO experimentaron la superposición de las limitaciones debido a un indeterminado sentido de actividad de la veta, probablemente a causa de un movimiento sinistral basado en el movimiento de la falla Chonta. (Wise, J., 2010)

La evolución cinemática del sistema de fallas de Chonta durante el Mioceno y su relación con la distribución de yacimientos minerales nos indica que la veta/falla Bienaventurada evidencia un movimiento mixto, falla primaria de desplazamiento dextral y una reactivación secundaria-dextral normal. (Rodríguez y Carlotto, 2008).

Figura 3

Mapa geológico de la distribución de vetas y fallas del distrito de Huachocolpa



Fuente: Elaboración propia

Falla Chonta

Es una estructura regional de rumbo $N40^{\circ} - 50^{\circ}W$ que se emplaza por el extremo suroeste del Distrito de Huachocolpa, poniéndose en contacto al oeste con Fm. Chonta, al este con la formación de domos de lava y al mismo nivel con los volcánicos Castrovirreyna del Terciario reciente, ubicados al oeste con la formación Mesozoica del este.

Falla Huachocolpa

Esta falla se alinea a lo largo del valle Atocmarca con dirección N-S poniendo en contacto a los volcánicos de la formación Domos de Lava al oeste con las formaciones Mesozoicas al este. La falla Huachocolpa tiene un ancho de hasta 30m con brecha. Las evidencias indican que su movimiento longitudinal ha sido sinistral.

Lineamientos paralelos a la Falla Chonta

Estos se encuentran ubicados al este de la Formación Chonta y son estructuras que cortan y desplazan muy ligeramente a las calizas Mesozoicas con movimiento sinistral.

Lineamientos paralelos a la falla Huachocolpa

Estos son varios lineamientos de dirección N – S. Destaca el alineamiento de diques de cuarzo-latita en la margen derecha del río Atocmarca, la presencia de fallas menores paralelas a la falla Huachocolpa a lo largo de las cuales se alinea el volcánico Manchaylla y otros domos menores.

También están presentes los lineamientos de los volcánicos Chosecc, Tinquí y del domo El Palomo.

1.2.3 Estratigrafía:

Tabla 2

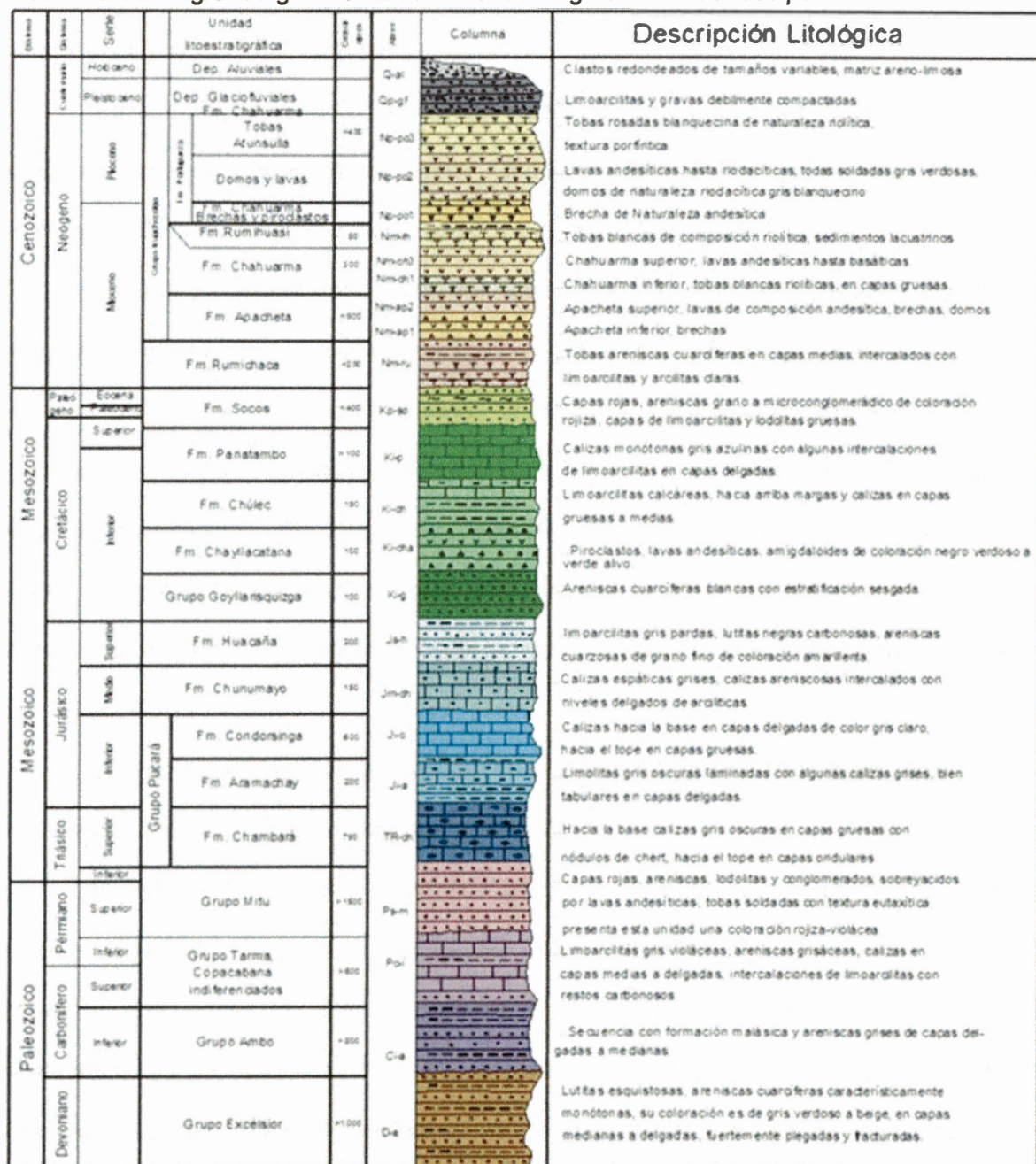
Relaciones estratigráficas y eventos tectónicos pre-cenozoicos

ESTRATIGRAFÍA		TECTÓNICA	
EDAD	UNIDAD LITO ESTRATIGRÁFICA	MOVIMIENTO	FASE
Cretácico superior - Paleozoico	Fm. Casapalca Capas rojas molásicas + calizas	Levantamiento, plegamiento	
Cretácico Inferior	Fm. Chúlec calizas amarillentas Formación Chayllacatana volcánicas Grupo Goyllarisquizga areniscas cuarzosas	Volcanismo "rifting" o "tras arco"	Peruana
Jurásico inferior Triásico superior	FM. Chunumayo Grupo Pucara: calizas, dolomitas Fm. Condorsinga Fm. Aramachay Fm. Chambará	Levantamiento en bloques, distensión	Nevadiana
Permo-Triásico	Grupo Mitu: Volcánicos alcalinos, lavas, piroclásticos Capas rojas molásicas, areniscas, conglomerados	Volcanismo "rifting" o "tras arco"	
Carbonífero	Grupo Ambo, Tarma, Copacabana conglomerados, areniscas, lutitas y calizas	compresión NNO-SSE	Tardiherciniana
Devoniano	Grupo Excelsior lutitas y areniscas cuarcíferas, metamorfizados a pizarras, filitas, esquistos, anfíbolitas y gneises	compresión NNO-SSE	Eoherciniana

Fuente: Morche y Larico (1996)

Figura 4

Columna estratigráfica generalizada del cuadrángulo de Huachocolpa



Fuente: Contreras, I. y Roy, F. (2018).

1.2.4 Geología local

En el área aflora una secuencia mesozoica compuesta por calizas del Grupo Pucará (Triásico-Jurásico) y de la Formación Chunumayo (Jurásico medio), areniscas del Grupo Goyllarisquizga y calizas de la Formación Chulec, ambas del cretácico inferior.

Esta secuencia mesozoica muestra pliegues y sobre escurrimientos sucesivos con dirección de acortamiento EO y está cubierta en discordancia angular por coladas

volcánicas, piroclastos y domos del Grupo Huachocolpa del Mioceno superior. Las unidades mesozoicas y terciarias a su vez han sido instruidas por diques y un stock del Mioceno de composición diorítica y andesítica.

En la zona del distrito minero de Huachocolpa se han desarrollado tres centros eruptivos mayores denominados Tinquí, Chosecc y Manchaylla que forman parte de la Formación Domos de Lava datadas entre 8 y 10 Ma (Injoque et al, 1994).

En estas coladas volcánicas del Grupo Huachocolpa, así como en los domos volcánicos, existen estructuras mineralizadas de gran importancia económica, tales como las que existen en las minas Tangana, Chosecc, Tinquicorral, Blenda Rubia, Maloya, Recuperada, Teresa, Teresita y otras menores (Morche et al, 1996). Igualmente, algunas vetas se emplazan en las calizas del Grupo Pucará como las que existen en las minas Pirata, Consuelo, China Hereje y Angélica. El factor estructural en los volcánicos ha sido el más importante para la localización de los clavos mineralizados o zonas de bonanza en las vetas.

Los cuerpos enriquecidos ocupan las aberturas tensionales, lazos sigmoides e intersecciones de las vetas (Injoque et al, 1994).

El relleno de las estructuras consiste en esfalerita, galena, calcopirita, pirita y geocronita, además de gangas de calcita, sílice y baritina. Ocasionalmente aparecen rejalgar y oropimente. En el distrito minero de Huachocolpa, existe una aureola externa argentífera que se observa en las minas Rescatada y María Luz al oeste, en la mina Ccolcemina al sur, y en las minas Nancy Luz y Germana hacia el este (Injoque et al, 1994).

El oro tiene anomalías de entre 0.3 a 3 g/t en la zona de escopeta, cerca del sistema de fallas Chonta (Valdivia y Meza, 1998). La edad de la mineralización y de la actividad magmática correspondiente estaría entre 8 y 4 Ma (McKee et al., 1975); otras dataciones en sericita de la veta Teresita dan 6.4 ± 0.3 Ma, lo que indica una relación genética entre la mineralización y la actividad ígnea de la Formación Domos de Lava del Grupo Huachocolpa (Injoque et al., 1994).

Pese a la abrumadora presencia de vetas con mineralización polimetálica, se debe resaltar la ocurrencia de zonas de metasomatismo de contacto que muestran un moderado desarrollo de skarn asociado a intrusivos dioríticos y dacíticos en contacto con las calizas del Grupo Pucará. Estos cuerpos, aun cuando no son económicos, muestran granates, hedenbergitas, clinopiroxenos, así como pirita, calcopirita y esfalerita (Meza et al., 2002).

1.2.5 Geomorfología

El desarrollo geomorfológico del área está ligado a diversos procesos tectónicos tales como fallamiento y plegamiento, los cuales son sobre impuestos por procesos volcánicos y geodinámicos externos. Dichos procesos han modelado el relieve actual dentro de lo cual se puede diferenciar cinco unidades geomorfológicas.

Esta unidad se encuentra modelada sobre secuencias volcánicas cuya morfología está íntimamente relacionada a otras estructuras volcánicas como derrames, mesetas, domos, espinas y estructuras circulares, así como procesos de alteración hidrotermal. Además, representan aparatos volcánicos en parte muy erosionados, pero todavía conspicuos en el relieve, tal es el caso de los centros volcánicos de Manchaylla, Jatunrite, Sagape y muchos otros.

1.2.6 Litología

1.2.6.1 Rocas sedimentarias mesozoicas

Grupo Pucará

- Formación Chambará (Norian - Jurásico), que aflora en la zona central de Huachocolpa, entre las minas Pirata y Mauricio.
- Formación Aramachay (Hetangiano – Sinemuriano), consistente en lutitas y margas negras delgadas intercaladas con algunos bancos calcáreos de 0.50 m de color gris oscuro.
- Formación Condorsinga (Sinemuriano Superior - Aaleniano Inferior), consistente en calizas gris oscuras, potentes.

Grupo Goyllarisquizga

Estructuralmente, forma parte de un sinclinal que hacia el lado oeste presenta fallas en contacto con las calizas del Grupo Pucará y hacia el lado este se presenta en contacto normal supra yaciendo con la Formación Chunumayo.

1.2.6.2 Rocas ígneas volcánicas. Son emanaciones volcánicas tempranas y tardías compuestas generalmente por andesitas, brechas tufáceas, latitas cuarcíferas, domos riolíticos, traqui-andesíticos, lavas porfíricas, tufos ignimbríticos, etc.

Volcánicos Temprano:

- Formaciones Arco Iris
- Formación Chonta (Capas rojas Casapalca)
- Formación Yahuarcocha (Volcánicos Tantará)
- Volcánico Sacsaquero - Volcánico Castrovirreyna

Volcánicos Tardío:

El grupo Huachocolpa presenta formaciones volcánicas de posición horizontal con rumbo NW-SE, aparentemente limitadas hacia el oeste con el lineamiento tectónico Chonta.

Las formaciones están representadas por la Fm. Caudalosa, Fm. Apacheta, Fm. Chahuarma y Fm. Portuguesa, emplazadas al este del lineamiento regional Chonta, con fases de erupciones interrumpidas por tiempos de tranquilidad volcánica.

Este grupo de rocas ígneas sobreyacen a las rocas sedimentarias y a la Fm. Arco Iris. Estas rocas han erupcionado a partir de tres centros volcánicos: los centros Tinquí, Manchaylla y Chosecc. Así mismo, existe una gran cantidad de domos volcánicos, diques y derrames que erupcionaron de un gran número de pequeñas chimeneas volcánicas.

Rocas intrusivas

Las rocas intrusivas son poco abundantes en todo el distrito de Huachocolpa y se describen según su edad decreciente y sus asociaciones con complejos dómicos.

- Intrusiones asociadas al Complejo Dómico El Palomo
- Intrusiones Dómicas relacionados a la Formación Domos de Lava.

- Intrusivo Patara I
- Intrusivo Mauricio III
- Intrusivo de la Divisoria
- Intrusivo Huamaripayoc.

1.3 Descripción del problema de investigación

El centro y sur del Perú son áreas con exploración intensiva, ya que la mayoría de los yacimientos están ocultos y se requiere de un alto costo de inversión. No obstante, estas zonas del Perú presentan un potencial geológico importante de depósitos minerales que no se están explorando adecuadamente por falta de metodologías de exploración eficientes y con costos más accesibles.

Raeisi et al. (2023) señalan que la elección de la metodología a emplear en una exploración mineral es muy importante porque los depósitos de mineral expuestos son raros, lo que hace necesario valorar los mecanismos más adecuados para identificarlos y explotarlos.

Por ejemplo, los métodos de mapeo de potencial mineral son más efectivos cuando se utilizan modelos conceptuales de yacimientos minerales y datos disponibles para respaldar los objetivos de exploración.

Por otro lado, los sistemas de información de exploración ayudan a reconocer los fenómenos naturales complejos de la localidad, lo que puede desempeñar un papel clave en la orientación de la exploración.

Por su parte, los modelos conceptuales deben usarse con cuidado al traducir los criterios clave en mapas efectivos de objetivos de exploración.

Con el presente trabajo de investigación, se busca analizar el comportamiento de la dirección del flujo mineralógico de la veta Bienaventurada clavo noreste para poder desarrollar una explotación más eficiente. El trabajo se realizará con el uso combinado de los cocientes metálicos e isovalores para determinar la correcta caracterización de la evolución de los fluidos hidrotermales en el estudio de yacimientos minerales. (Pérez-Puig, 2008)

1.4 Objetivo del estudio

1.4.1 Objetivo general

Determinar la dirección de flujo mineralizante en la veta Bienaventurada clavo noreste de la Mina Kolpa en Huancavelica para ser utilizada como guía de exploración.

1.4.2 Objetivos específicos

- Realizar estudios de isovalores para poder describir la distribución zonal de los valores altos de Ag, Pb y Zn a lo largo de la veta Bienaventurada.
- Realizar estudios de cocientes metálicos para establecer la dirección de migración de las soluciones mineralizantes que dieron origen a la veta Bienaventurada.
- Proponer zonas favorables de mineralización y los nuevos targets de exploración.

1.5 Antecedentes investigativos

1.5.1. Antecedentes internacionales

Chi et al. (2022), en el trabajo de investigación titulado Hydrodynamic Links between Shallow and Deep Mineralization Systems and Implications for Deep Mineral Exploration, tuvieron como objetivo comprender los factores que controlan la localización de la mineralización en profundidad para poder reducir el riesgo en la exploración de minerales profundos. Este trabajo resalta que el flujo de fluidos es una parte integral de la mineralización hidrotermal, su análisis y caracterización constituyen una parte importante de un modelo de mineralización. Además, es uno de los factores relativamente poco restringidos, pero importante en la hidrodinámica de la mineralización, la cual se ocupa del análisis de las fuerzas motrices, los regímenes de presión de los fluidos, el caudal y la dirección del flujo y sus relaciones con la localización de la mineralización.

Del Pozo (1980), en su trabajo de investigación titulado Cocientes metálicos: un Nuevo Sistema de Exploración en 2270, Distrito Fresnillo, Zacatecas, tuvo como objetivo evaluar la aplicabilidad de los cocientes metálicos como herramienta geoquímica en depósitos hidrotermales, permitiendo identificar y cuantificar la zonificación de la mineralización. Esta técnica facilita la interpretación de la distribución espacial de elementos clave, asociados a la diferenciación de fluidos hidrotermales. Su

implementación en las etapas de exploración, planificación y explotación mejora la predicción de zonas de interés económico y optimiza la toma de decisiones operativas en contextos geológicos complejos.

Hu et al (2020), en el trabajo de investigación titulado Numerical modeling of ore-forming processes within the Chating Cu-Au porphyry-type deposit, China: Implications for the longevity of hydrothermal systems and potential uses in mineral exploration, tuvieron como objetivo utilizar simulación numérica para determinar las características clave del sistema de mineralización que se formó en el depósito de Chating, ya que el análisis tradicional no lo pudo identificar. En su investigación, describieron el valor práctico de la simulación numérica para determinar los procesos que operan durante la formación de depósitos minerales y cómo se puede utilizar este conocimiento en futuras exploraciones minerales. La simulación vinculó los elementos de: transferencia de calor, presión, flujo de fluidos, reacción química y migración de materiales, e indicó la presencia de una temperatura anómala y zonas modeladas de mineralización que coinciden con la distribución ya conocida de mineralización. El modelo predice, además, una zona potencialmente mineralizada a profundidades por debajo del nivel de 1800 m. La combinación del modelo numérico con leyes promedio de Cu y tasas de reacción química, indicaron que el depósito de Chating se formó durante un período de 9600 a 75000 años. Los datos se pueden utilizar en futuros modelos prospectivos y de exploración mineral.

Moya (1991), en su trabajo de investigación titulado Cocientes metálicos y distribución zonal de Ag, Pb y Zn en la veta Santa Inocencia del Distrito minero de Fresnillo, Zacatecas, determina que los cocientes metálicos establecen la diferenciación química de la estructura, ya que identifica el comportamiento metálico del sistema, mas no las zonas más ricas.

1.5.2. Antecedentes nacionales

Tumialán (2000), en el trabajo de investigación titulado Consideraciones geológicas del yacimiento de cobre, zinc, estaño de Carabaya-Puno. X Congreso Peruano de

Geología: Puno, tuvo como objetivo comprobar que los isovalores de cocientes metálicos delimitan las áreas de exploración con mayor y menor posibilidades.

Pascual (2014), en su trabajo de investigación titulado Cocientes metálicos y cálculo de reservas minerales de la Veta Cinthia, realizó estudios de cocientes metálicos para deducir que la anomalía en las curvas de cocientes metálicas determina el conducto del flujo mineralizante que se generan desde las estructuras.

Pérez-Puig (2008), en el trabajo de investigación titulado Investigación de los controles geológicos de la mineralización en Veta Esperanza, tuvo como objetivo indicar que los usos combinados de los cocientes metálicos permiten la correcta caracterización de la evolución de los fluidos hidrotermales en el estudio de yacimientos minerales.

Capítulo II. Marcos teórico y conceptual

2.1 Flujo mineralizante

La mayoría de los depósitos de minerales se formaron a partir de la circulación de fluidos geológicos y los procesos de mineralización generalmente implican la extracción, el transporte y la deposición de los materiales formadores de minerales. (Guilbert y Park, 2007)

El flujo de fluidos constituye una parte integral de la formación de cualquier depósito mineral hidrotermal. Los estudios hidrodinámicos de la mineralización se ocupan del análisis de las fuerzas motrices, los regímenes de presión de los fluidos, el caudal y la dirección del flujo, y sus relaciones con la localización de la mineralización. Los métodos de estudios hidrodinámicos de mineralización incluyen el reconocimiento de características macroscópicas que indican altas sobrepresiones de fluidos en el campo, estudios microscópicos de temperatura de fluidos, análisis de presiones, tensiones y modelado numérico. Estos estudios pueden ayudar a comprender los procesos de formación de los depósitos hidrotermales y los resultados pueden utilizarse directa o indirectamente en la exploración de minerales. (Chi y Xue, 2011)

La generación de un depósito de mineral que involucra un fluido hidratado tiene cuatro aspectos críticos: una fuente de los componentes del mineral, generalmente dispersos en magma, rocas sedimentarias, etc.; la disolución del mineral y otros constituyentes en la fase hidratada; la migración del fluido portador de metales y la precipitación selectiva de los componentes del mineral en ambientes favorables. (White, 1968)

Por ejemplo, los fluidos mineralizantes en los depósitos epitermales de LS son, por lo general, originados mayoritariamente a partir de aguas meteóricas. La química de los fluidos en campos geotérmicos actuales, de pH aproximadamente neutro, está determinada por la interacción de las celdas de convección del agua meteórica con las rocas encajonantes a niveles intermedios, aunque normalmente se infiere un componente

indeterminado de fluidos magmáticos en profundidad. En contraste, los fluidos mineralizantes en epitermales de HS son de origen mayoritariamente magmático, pudiéndose mezclar con aguas meteóricas a diferentes profundidades. En el caso de los depósitos epitermales de IS, la composición de los fluidos a partir de los cuales se formaron es también intermedia, entre magmáticos y meteóricos. (Einaudi et al., 2003; Sillitoe y Hedenquist, 2003)

Para determinar la dirección de flujo mineralizante de un yacimiento se utilizan distintas metodologías, siendo algunas de ellas el análisis de isovalores y los cocientes metálicos.

2.1.1 Flujo mineralizante de un yacimiento epitermal

Los sistemas volcánico-hidrotermales son sitios de disipación convectiva y con menor conductividad de la energía térmica. Muchos de ellos se manifiestan en la superficie por uno o más tipos de descargas de fluidos, pudiendo generar mineralización epitermal HS y IS. Mientras que los sistemas geotérmicos se caracterizan por aguas de cloruro alcalino de pH neutro relativamente reducido, aunque el componente magmático aún puede ser apreciable, particularmente este tipo de sistema se desarrollan debajo de centros volcánicos de alto relieve y pueden generar sitios de mineralización IS y LS. Estos dos sistemas se generan durante la descarga de un espectro de tipos de fluidos en condiciones variadas. (Sillitoe, 2015)

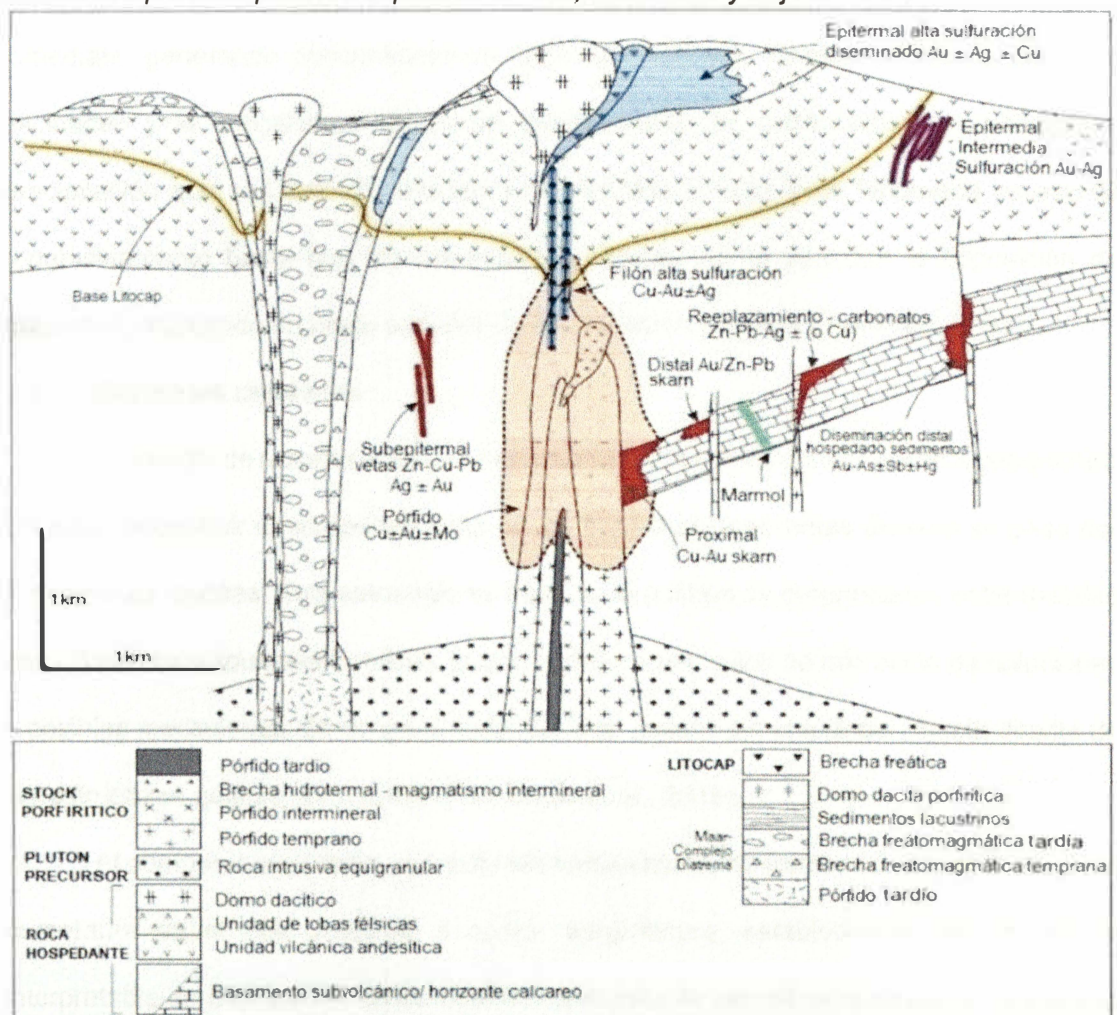
Los depósitos de oro, plata y/o cobre de alta sulfuración (HS) se generan tanto en la parte epitermal como en la parte superior de los ambientes de pórfidos subyacentes en intervalos verticales de hasta 2 km. Los depósitos de HS se generan en litocápsulas argílicas avanzadas que son productos de la absorción de volátiles magmáticos ácidos por sistemas voluminosos de agua subterránea. Las partes profundas de los sistemas HS, a profundidades mayores a 1000 m, se caracterizan por una mineralización diseminada de cobre y oro que comprende digenita, calcosina y covelina en una alteración argílica avanzada generalizada, así como una alteración sericitica subyacente.

Los niveles intermedios de los sistemas HS comúnmente contienen mineralización de cobre y oro controlada por fallas, típicamente como enargita en cuerpos de cuarzo residual vuggy, silicificación y/o sulfuro pirítico masivo.

Las partes poco profundas de los sistemas HS, a profundidades menores a 500 m, pueden albergar mineralización diseminada controlada litológicamente en la que el oro y/o la plata tienden a predominar sobre el cobre. Las zonas estériles lixiviadas con ácido formadas en el ambiente calentado con vapor por encima de las capas freáticas paleo pueden conservarse por encima o junto a los depósitos de HS poco profundos. (Sillitoe, 2000)

Figura 5

Modelo simplificado para los depósitos de alta, intermedia y baja sulfuración.



Fuente: Sillitoe (2010)

2.2 Isovalores

En estudios geoquímicos, se emplea el concepto de isovalores para describir zonas donde un parámetro químico conserva una misma magnitud. Esta herramienta gráfica, introducida en el ámbito científico en las décadas posteriores a 1950, permite representar variaciones espaciales de elementos, lo que facilita la detección de patrones de concentración y la interpretación de ambientes geológicos con potencial mineral. Su uso contribuye significativamente a la construcción de modelos espaciales precisos, útiles en la exploración de recursos naturales (Estévez, 2009).

Asimismo, la representación mediante isovalores es especialmente útil para analizar el comportamiento de metales en sistemas hidrotermales. En profundidad, donde predominan temperaturas elevadas, la solubilidad de los elementos impide su precipitación inmediata, generando concentraciones metálicas mínimas. Conforme estas soluciones ascienden y la temperatura disminuye gradualmente, se desencadenan procesos de precipitación que van dejando depósitos en distintos niveles. Este fenómeno se atenúa progresivamente hasta que las condiciones térmicas ya no permiten la deposición de minerales, marcando un límite superior de acumulación metálica (Tumialán, 2003).

2.3 Cocientes metálicos

El estudio de razones entre elementos metálicos constituye una técnica geoquímica útil para reconstruir el comportamiento de los fluidos mineralizantes durante su paso por formaciones rocosas. Esta estrategia se basa en el análisis de proporciones entre metales con diferentes respuestas térmicas, lo que permite inferir rutas de migración de soluciones y posibles mecanismos de concentración mineral, incluso sin una dependencia directa de las estructuras geológicas visibles (Torremans et al., 2018).

Al comparar elementos con distintas temperaturas de formación, se privilegia en el numerador aquel que precipita a menor temperatura, estableciendo así un patrón interpretable de distribución zonal. Este enfoque permite identificar sectores con potencial mineral y entender cómo evolucionan los sistemas hidrotermales a medida que las condiciones fisicoquímicas cambian en el tiempo y el espacio (Del Pozo, 1980).

Cuando se mantienen condiciones geoquímicas estables y un único pulso mineralizante, los cocientes entre metales predominantes ofrecen información directa sobre la composición química del entorno, sin que influyan necesariamente las deformaciones estructurales presentes. En este contexto, se pueden identificar tendencias que reflejan el enriquecimiento progresivo o empobrecimiento de ciertos elementos durante el ascenso de los fluidos (Goodell & Petersen, 1974).

Además, ciertas configuraciones gráficas, como las formas cóncavas observadas en los perfiles de cocientes, pueden señalar zonas de aporte o centros de emisión de soluciones cargadas en metales. Esto convierte a estos indicadores en herramientas útiles para representar de forma cuantitativa la distribución de la mineralización dentro de un yacimiento (Goodell & Petersen, 1974).

Sin embargo, los resultados obtenidos mediante esta técnica deben ser contrastados con evidencias complementarias. La interpretación debe reforzarse con información sobre la secuencia paragenética de los minerales presentes y con datos térmicos obtenidos por microtermometría de inclusiones fluidas, lo que permite afinar los modelos interpretativos de la zonificación mineral (Pérez et al., 2011).

2.4 Yacimiento epitermal

Los depósitos epitermales, importantes fuentes de oro y plata, se forman a poca profundidad y baja temperatura en sistemas hidrotermales relacionados con magmatismo en zonas de subducción y rift. Son comunes en regiones como la cuenca del Pacífico y Europa mediterránea, y se clasifican según alteraciones, minerales, y contenidos metálicos y de sulfuros. (Simmons, White & John, 2005).

2.4.1 Mineralización en un yacimiento epitermal

Los estilos de mineralización en los sistemas HS reflejan la profundidad de la formación, así como la interacción entre los parámetros estructurales, litológicos e hidrotermales. En sistemas altamente telescópicos, dicha mineralización puede sobreimprimir stocks de pórfido y stockworks de vetas de cuarzo asociados. (Sillitoe, 2000)

La mayoría de los depósitos epitermales exhiben características compuestas de estilos de mineralización IS y LS, así como características escasas de HS. No pueden caracterizarse simplemente como IS (depósitos polimetálicos asociados con las salmueras más salinas) o depósitos LS (principalmente Ag y depósitos de Au asociados con salmueras de menor salinidad). (Camprubí y Albinson, 2007)

Las rocas frágiles del basamento se fracturan bien y, por lo tanto, representan anfitriones competentes para las venas de fisura dentro de los marcos estructurales de dilatación.

Los modelos de ebullición explican la deposición de las aguas meteóricas de los minerales de ganga característicos que comprenden cuarzo bandeado, adularia y carbonato laminar pseudomórfico de cuarzo. Sin embargo, se postula que los metales básicos y preciosos se derivan del magma y se concentran en bandas delgadas ricas en sulfuro, comúnmente con minerales arcillosos de baja temperatura. Por lo tanto, se interpreta que la mineralización se depositó principalmente por la mezcla de fluidos mineralizados, comúnmente en ebullición, con agua subterránea fría y oxidante. (Corbett y Leach, 1998)

Los depósitos de baja sulfuración contienen pirita-pirrotita-arsenopirita y esfalerita con alto contenido de hierro, en contraste con los depósitos de alta sulfuración típicos de pirita enargita-luzonita-covellita. Un subconjunto del estilo de baja sulfuración tiene un estado de sulfuración intermedio de pirita-tetraedrita/tenantita-calcopirita y esfalerita con bajo contenido de hierro. Los depósitos en estado de sulfuración intermedia son ricos en Ag y metales base en comparación con los depósitos de baja sulfuración de miembros finales ricos en Au, lo que probablemente refleja variaciones de salinidad. (Hedenquist, Arribas y Gonzalez-Urien, 2000)

En estilos diseminados de depósitos epitermales, la mineralización a menudo se asocia con fallas de crecimiento sinvolcánicas, diques y cuerpos de brechas freáticas, alimentando zonas tabulares de alteración argílica y silícica avanzada que forman zonas mineralizadas de reemplazo estratificadas. (Rhys, Lewis y Rowland, 2020)

2.4.2 Alteraciones en un yacimiento epitermal

Los depósitos epitermales se forman principalmente en niveles superficiales de la corteza (<1 km) en ambientes volcánicos subaéreos. Hay dos clases de depósitos epitermales que se pueden discriminar en términos de sus ambientes geológicos, mineralogía de alteración y química de fluidos: los depósitos epitermales de baja sulfuración, que están espacialmente asociados con magmas donde la deposición de mineral generalmente ocurre varios kilómetros por encima del sitio de intrusión y son característicos los conjuntos cuarzo-adularia-sericita-carbonato-alteración, y los depósitos epitermales de alta sulfuración que tienen una asociación espacial más estrecha con magmas calco-alcalinos desgasificantes y se caracterizan por ensamblajes de alteración arcillosa avanzada hipogénica y cuarzo residual (cuarzo-alunita-caolinita-pirofilita). (Cooke y Simmons, 2000)

Los depósitos de baja sulfuración típicamente varían desde vetas a través de stockwork hasta formas diseminadas. Los halos de alteración de la zona del mineral, particularmente en los depósitos de vetas, incluyen una variedad de minerales arcillosos sensibles a la temperatura que pueden ayudar a indicar ubicaciones de flujo de paleofluidos.

La extensión del área de dicha alteración de la arcilla puede tener dos órdenes de magnitud mayor que el depósito de mineral real.

En contraste, un núcleo de sílice residual lixiviado es el huésped principal del mineral de alta sulfuración. Hacia el exterior de este núcleo de cuarzo comúnmente vuggy hay una zona argílica avanzada que típicamente se ensancha hacia arriba y consiste en minerales hipógenos de cuarzo-alunita y caolín, en lugares con pirofilita y diáspora. (Hedenquist, Arribas y Gonzalez-Urien, 2000)

En el distrito de Huachocolpa, las rocas volcánicas en general presentan la alteración predominante de propilítica.

Los minerales reconocidos al microscopio han sido la epidota y la clorita. Posterior, se ha reconocido una alteración fílica (cuarzo +sericita + pirlita + rutilo). La sericita se

encuentra reemplazando completamente las plagioclasas y dispersa por la matriz, asociada al cuarzo, que también está disperso. La piritita se encuentra concentrada alrededor de granos de minerales ferromagnesianos y también dispersa por la matriz. (Pérez-Puig, 2008)

2.5 Control litológico y estructural en un yacimiento epitermal

2.5.1 Control litológico en un yacimiento epitermal

En entornos extensionales, las zonas de relevo formadas a través de la vinculación de puntas de fallas laterales, intersecciones de fallas y saltos de dilatación asociados con la refracción de fallas inducida reológicamente a través de contactos litológicos, son controles comunes de brotes de mineral.

El carácter reológico de la alteración previa y sin mena también influye en el carácter estructural, la morfología y la posición de las zonas mineralizadas. (Rhys, Lewis y Rowland, 2020)

Por ejemplo, durante el Oligoceno superior – Plioceno, se establecieron en la Cordillera Occidental arcos magmáticos asociados a grandes periodos de volcanismo explosivo y efusivo (Mamani et al, 2009).

También, en el sector Condoroma-Paratía, se emplazaron de forma contemporánea a estas unidades, yacimientos epitermales tales como Antonio Raimondi, Cata y Condoroma, así como numerosas ocurrencias y anomalías. Estos yacimientos contienen principalmente minerales con contenido de plata-oro y están controlados por grandes estructuras NO – SE. (Aguilar et al., 2010)

2.5.2 Control estructural en un yacimiento epitermal

Las estructuras de deslizamiento de rumbo con buzamiento pronunciado proporcionan brotes de mineral verticales en flexiones y saltos de falla. Aunque las vetas de tensión y las vetas laminadas dominan como anfitriones de minerales, la zonificación vertical es evidente como estructuras de flor negativas en estos ambientes minerales que se extienden desde la expansión donde las intrusiones de pórfido se localizan a mayores

profundidades, hasta las venas de tensión suprayacentes y las cuencas de separación superficial donde la mineralización se localiza por las fallas normales.

Por otro lado, las fallas normales, y en particular las lístricas, en entornos extensionales albergan vetas más anchas y de mayor ley como brotes de mineral plano en porciones de vetas con buzamiento empinado de esas estructuras. En entornos de compresión, las fallas inversas albergan brotes de mineral de inmersión plana en fallas inversas. (Corbett, 2007).

La evolución del sistema de fallas de normal a inversa en el depósito caracteriza un sistema estructural en el cual el plutonismo y la mineralización de pórfido están relacionados con la etapa extensional, mientras que la parte epitermal del depósito está asociada con la etapa compresional de activación de fallas.

Estas zonas de falla están correlacionadas con alteración argílica. Hay dos conjuntos de fracturas de fallas inversas con un componente de deslizamiento de rumbo. (Yasami et al, 2017)

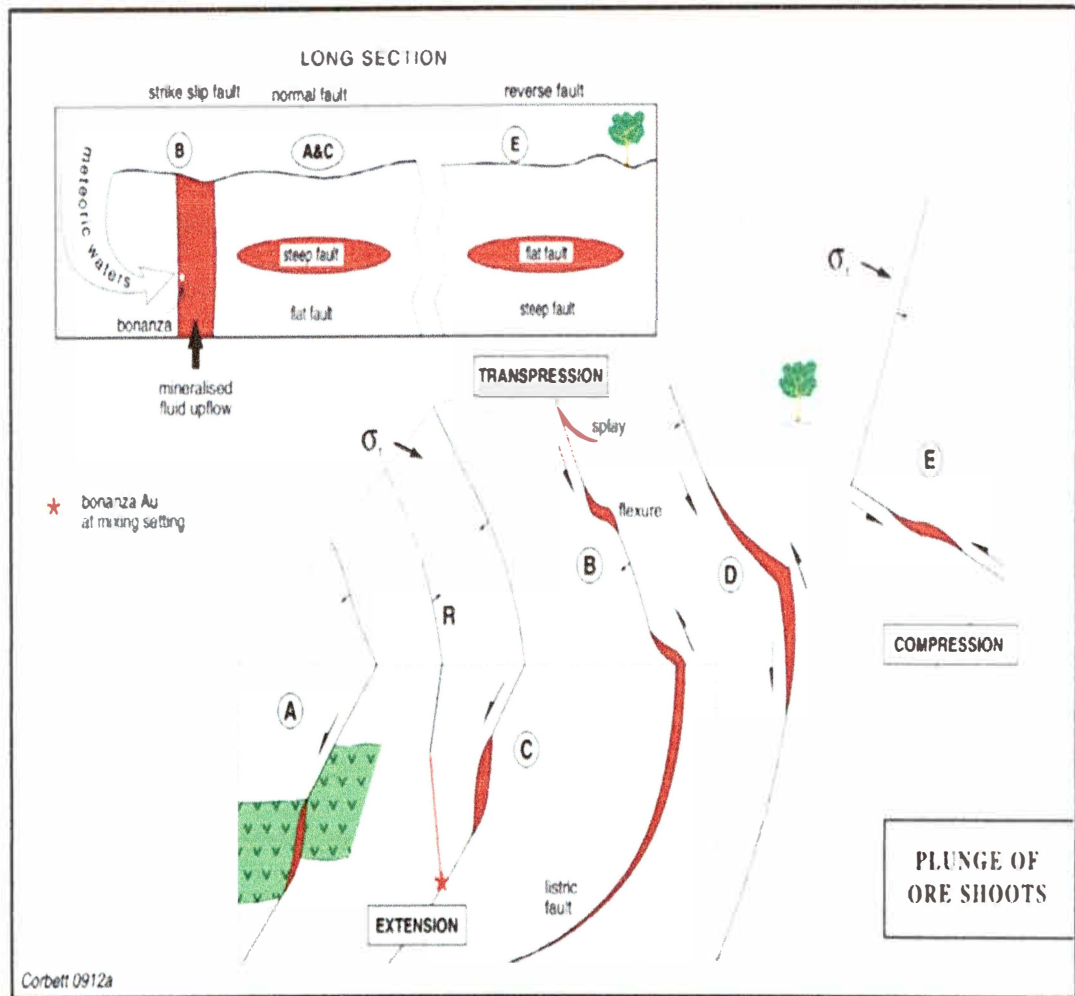
Los entornos estructurales favorables para el desarrollo de depósitos de mineral ocurren en geometrías irregulares, cambios de orientación y bifurcaciones de vetas formadas temprano en la historia de propagación de las redes de fallas principales. Estos sitios incluyen escalones, curvas de extensión y de compresión local en configuraciones de deslizamiento de rumbo.

La alteración dominante de adularia-cuarzo-illita, común a las zonas de flujo ascendente de temperatura más alta centrales a los depósitos de vetas epitermales de sulfuración intermedia y baja, se comporta como un medio frágil y competente que permite el mantenimiento de la permeabilidad de la fractura.

Lateralmente y por encima de estas zonas de flujo ascendente, los ensamblajes de alteración argílica de temperatura más baja son menos permeables y ayudan a la formación de fallas que se enfocan aún más en las zonas de flujo ascendente de temperaturas más altas. (Rhys, Lewis y Rowland, 2020).

Figura 6

Control estructural de la formación de mineral en diferentes entornos estructurales y orientaciones de brotes de mineral asociados



Fuente: Corbett (2007).

2.6 Marco conceptual

2.6.1 Interpolación

La interpolación permite estimar valores desconocidos a partir de datos conocidos. (Burden & Faires, 2011).

El concepto principal detrás de esto es encontrar una función analítica que pase por puntos dados para interpolar el valor desconocido. (Wahab, M. 2017)

2.6.2 Extrapolación

Mientras que la interpolación produce estimados a partir de las observaciones conocidas, la extrapolación está sujeta a un mayor grado de incertidumbre y a un mayor riesgo de producir resultados insignificantes.

2.6.3 Kriging

Se considera un método de interpolación para la estimación de una variable regionalizada en puntos de cuadrícula seleccionados que predicen valores de interpolación sin sesgo y con varianza mínima. (Mesić Kiš, 2016)

Consiste en encontrar la mejor estimación lineal posible de la ley, considerando la información disponible, es decir, las leyes de las diferentes muestras que se han tomado, sea al interior o al exterior de lo que se requiere estimar.

No obstante, no es posible resolver un problema de krigeado, es decir, calcular efectivamente el peso óptimo que conviene atribuir a cada muestra, sin hacer ciertas hipótesis sobre las características geoestadísticas del depósito que se estudia. (Matheron, 2008)

Fórmula de Kriging

El método kriging es similar al de IDW, ya que pondera los valores medios circundantes para realizar una predicción de una ubicación sin mediciones. La fórmula general para ambos interpoladores se forma como una suma ponderada de los datos:

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i \cdot Z(s_i)$$

Donde:

$Z(s_i)$ = el valor medido en la ubicación i

λ_i = una ponderación desconocida para el valor medido en la ubicación i

s_0 = la ubicación de la predicción

N = la cantidad de valores medidos

Tipos de kriging

- Kriging simple: Es usado para la estimación de medias espaciales cuando los datos tienen una fuerte tendencia y la tendencia puede ser modelada por funciones simples. (Mesić Kiš, I., 2016)
- Kriging ordinario: Sirve para estimar un valor en un punto de una región para la que se conoce un variograma, utilizando datos en la vecindad de la estimación de la

ubicación. El kriging ordinario también se puede utilizar para estimar un valor de bloque. (Wackernagel, H., & Wackernagel, H., 2003)

- Cokriging: Es una extensión de las situaciones anteriores en las que dos o más variables tienen una dependencia espacial. La variable que se estima no se muestra con la intensidad con la que sí lo hacen otras variables dependientes. Es a partir de estos valores y sus dependencias que se estima la variable que se requiere.

2.6.4 Variografía

La variografía o también llamado análisis estructural consiste en estimar y modelar una función que refleje la correlación espacial de la variable regionalizada a partir de la adopción razonada de la hipótesis más adecuada acerca de su variabilidad. Esto quiere decir que, en dependencia de las características de estacionalidad del fenómeno, se modelará la función de covarianzas o la de semivarianzas. (Viera, M. A. D., & González, R. C., 2002)

Modelos de semivariograma

El modelo seleccionado influye en la predicción de los valores desconocidos. Cuanto más pronunciada sea la curva cercana al origen, más influirán los vecinos más cercanos en la predicción.

A continuación, se presentan las formas generales y las ecuaciones de los modelos matemáticos utilizados para describir la semivarianza, donde:

σ^2 variancia

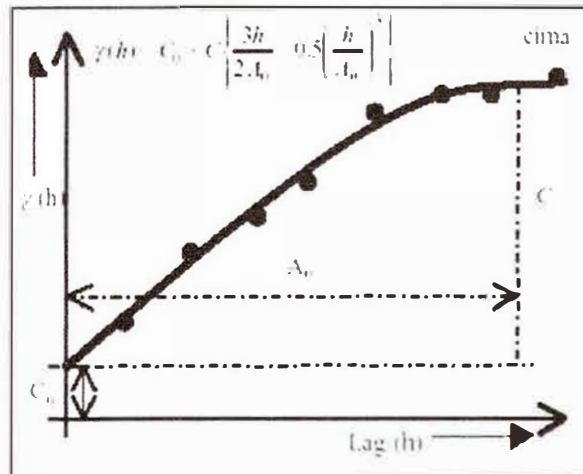
σ_0^2 nugget

α sill

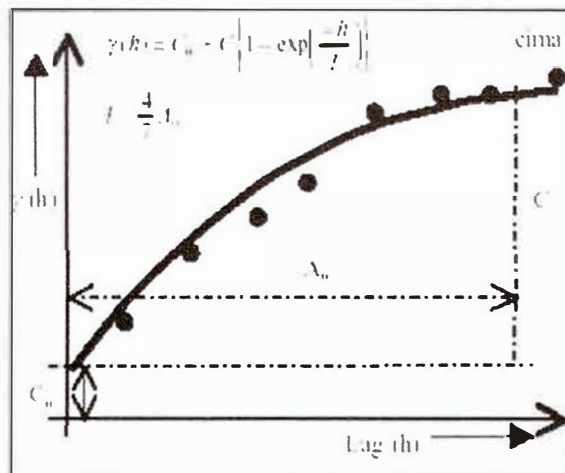
$\sigma_0^2 + \alpha$ variancia asintótica

h distancia de separación

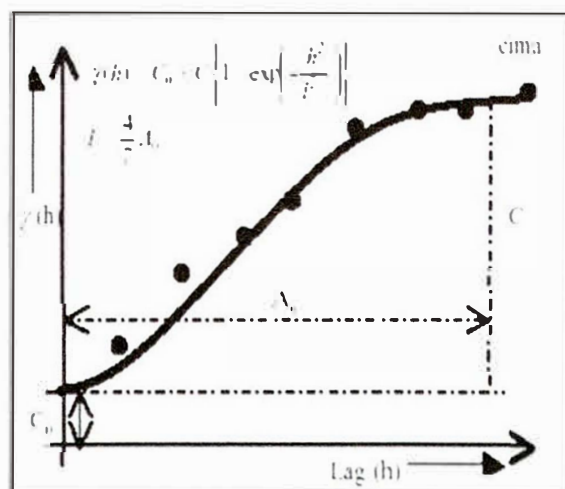
- Esférico: la forma esférica es la más utilizada y está definida por:.



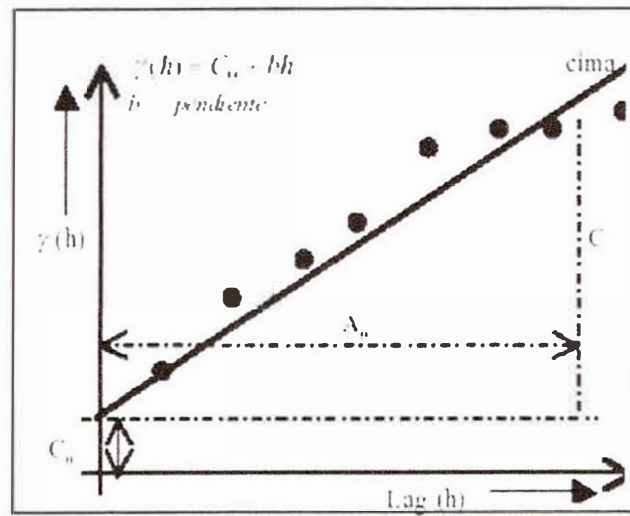
- Exponencial: la curva de variograma exponencial respeta la siguiente ecuación:



- Gaussiano: una forma gaussiana es dada por:



- Lineal: este modelo no presenta silla y es muy simple. Su curva puede ser representada por:



Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación

3.1 Hipótesis y variables

3.1.1 *Hipótesis general*

Al determinar la dirección del flujo mineralizante en la veta Bienaventurada en Huancavelica, se podrá dar alternativas de zonas potencialmente mineralizadas del depósito.

3.1.2 *Hipótesis específicas*

- Al realizar estudios de isovalores, se va a determinar las zonas de mayor concentración de Ag, Pb y Zn.
- Al realizar estudios de cocientes metálicos, se va a determinar la dirección de flujo mineralizante de la veta Bienaventurada.
- Al determinar las zonas favorables de mineralización, se influirá en un incremento favorable de la operación, desarrollo, producción y beneficios económicos de la minera.

3.1.3 *Variables del estudio*

Variable independiente

X: Dirección flujo mineralizante.

Variable dependiente

Y: Guía de exploración

3.2 Estrategia metodológica

3.2.1 *Tipo de investigación*

Esta investigación se enmarca dentro del enfoque aplicado, ya que, según Tamayo (2004), este tipo de estudio se apoya en fundamentos teóricos desarrollados por la investigación básica, con el propósito de abordar y dar solución a situaciones concretas. En este caso, se busca emplear dicho conocimiento para orientar procesos relacionados con la exploración minera. Cabe precisar que, si bien algunas metodologías empleadas en este trabajo (como los cocientes metálicos e interpretación de isovalores) también han sido

utilizadas en otras investigaciones similares, su aplicación y análisis en este caso obedecen a condiciones geológicas distintas propias de la mina Kolpa, dentro del distrito de Huachocolpa.

La diferencia de contexto tectónico, litológico y estructural garantiza que las conclusiones y recomendaciones obtenidas sean específicas y originales respecto al área de estudio.

3.2.2 Nivel de investigación

Para el presente trabajo de investigación será de nivel explicativo, en razón a Hemández, R. (2023),

El nivel de investigación mencionado se centra en analizar las relaciones causa-efecto para este proyecto la dirección de flujo mineralizante y la ubicación de zonas mineralizadas.

3.2.3 Diseño de la investigación

Arias (2006), El diseño no experimental corresponde a una metodología de investigación en la que no se realiza manipulación intencional de las variables independientes.

Los fenómenos se registran y analizan en su entorno natural, manteniendo las condiciones originales sin introducir alteraciones o intervenciones externas.

Transversal: Realiza el estudio en un periodo específico para caracterizar el flujo mineralizante y su efecto en la guía de exploración.

3.2.4 Población y Muestra

Población

En razón con Balestrini (2006), población se refiere al conjunto total de elementos, en razón a lo anterior la población será, toda la extensión de la veta Bienaventurada.

Muestra

Según Balestrini (2006), la muestra es una parte de la población, en razón a lo anterior, la muestra estará conformada por zonas claves dentro del clavo noreste con indicios de mineralización

3.3 Técnicas y recolección de información

3.3.1 Trabajo de campo

Las actividades de campo comprendieron el reconocimiento, análisis e interpretación de los sondeos de exploración, los cuales fueron ejecutados en distintas zonas estructurales con el propósito de identificar y caracterizar las litologías, mineralogías y tipos de alteración presentes en el yacimiento. Asimismo, se llevaron a cabo muestreos tanto de los testigos de perforación diamantina como de las labores de producción. Estos puntos de muestreo fueron georreferenciados topográficamente utilizando estación total, con el objetivo de garantizar su correcta ubicación espacial, aspecto fundamental para la validez del estudio. Adicionalmente, se realizó el delineamiento de las estructuras mineralizadas para fines de muestreo, siguiendo estrictamente los protocolos de control de calidad (QA/QC) establecidos y validados por el laboratorio interno de Compañía Minera Kolpa S.A.

Los equipos empleados fueron:

- Lupa
- Picota
- Rayador
- Bolsas de muestreo
- Protactor
- Balanza digital
- Cámara fotográfica
- Detector de gases
- Rotomartillo Hiltin
- Spray

3.3.2 Trabajo de gabinete

Consistió en el análisis de los resultados obtenidos mediante las labores de producción y sondeos de exploración que se realizaron en diferentes zonas de la estructura mineralizada. También, se elaboró e interpretó secciones de isovalores y

cocientes metálicos para posteriormente realizar la interpretación y determinación de los posibles trayectos de los flujos mineralizantes.

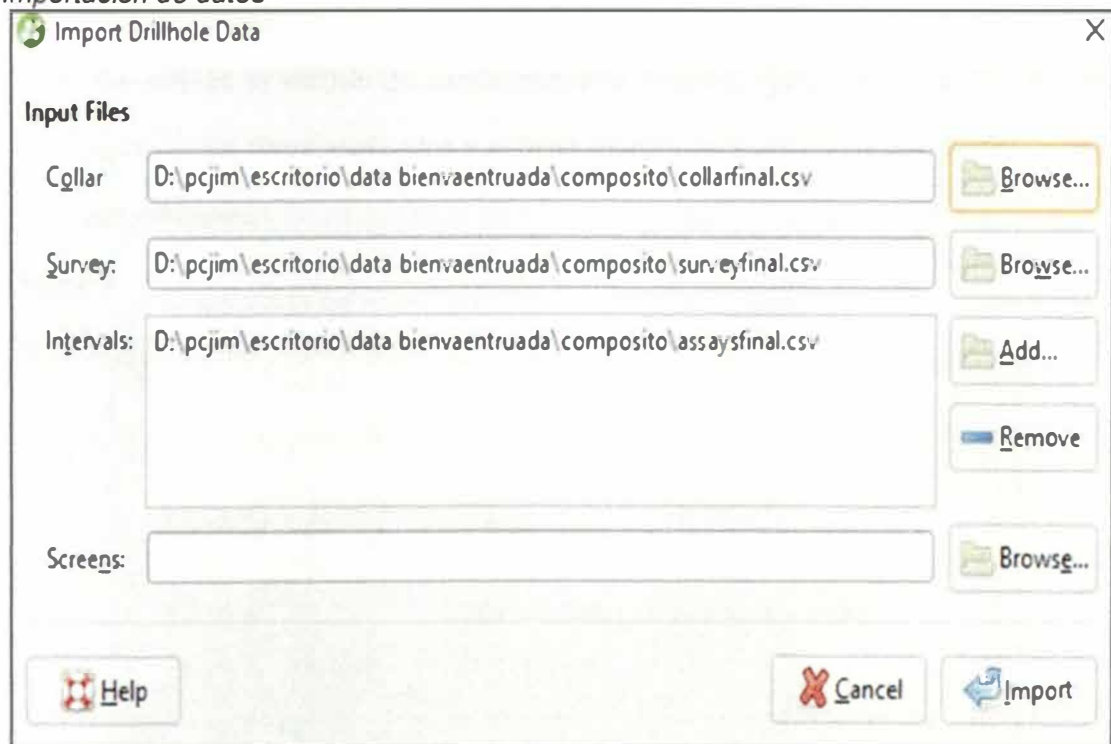
3.3.3 *Procesamiento de información*

Para realizar el estudio de isovalores y cocientes metálicos en la veta Bienaventurada, se siguió el siguiente procedimiento:

- Extracción y compilado de data.
- Determinación del área de trabajo: modelo de la veta Bienaventurada
- Importación de datos.

Figura 7

Importación de datos



Fuente: Elaboración propia.

- Asignación de una posición de mineral por cada block.
- Interpolación de los valores obtenidos en el muestreo (Zinc, Plata, Cobre y Plomo), mediante la técnica de isovalores.
- Identificación de la relación de Ag/Pb, Ag/Zn y Pb/Zn, mediante la técnica de cocientes metálicos.

Figura 8

Interpolación de isovalores de Zn

New RBF Interpolant

Values To Interpolate

Numeric values: **ZN_PER**

☐ Query Filter

☒ Surface Filter

☒ Interpolant Boundary

☐ Other

Interpolant Boundary

☒ Custom

Minimum Maximum

X (East): 502609.632994 504865.184502

Y (North): 8554859.30956 8555873.27512

Z (Elev): 4003.74857383 4992.68082416

Compositing

Composite in: **No compositing**

General

Surface resolution: 100.00 ☐ Adaptive

Volumes enclose: **Intervals**

Name: ZN_PER 2

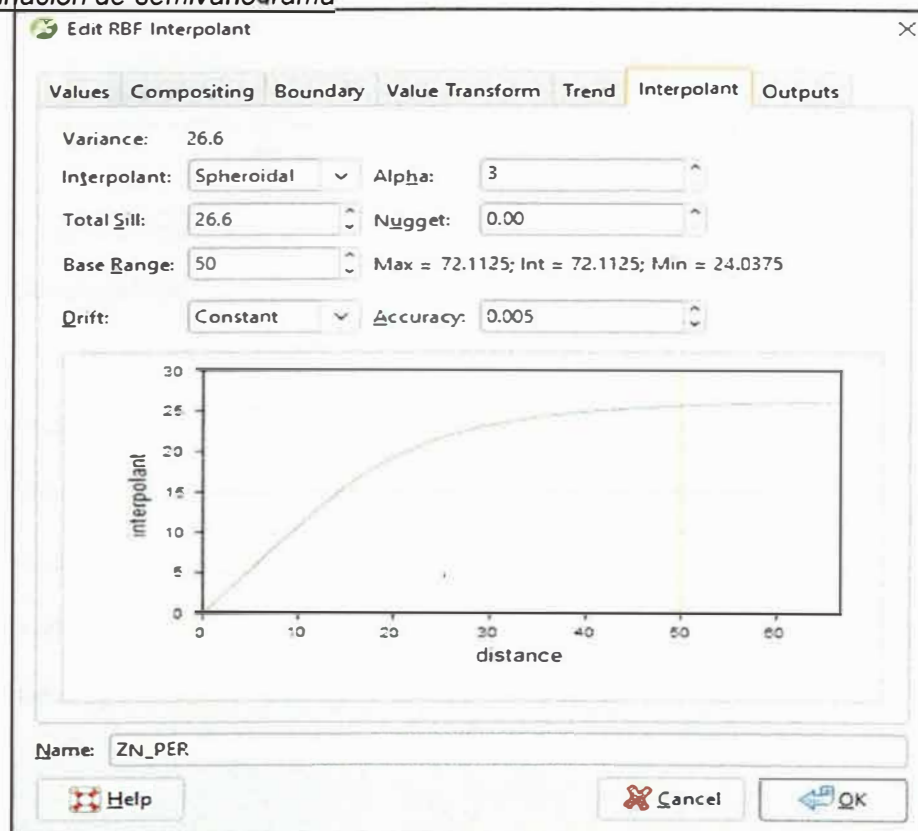
Buttons: Help, Cancel, OK

Fuente: Elaboración propia.

- Se empleó el modelo de semivariograma esférico, dado que presenta el mejor ajuste a los datos analizados y permite definir adecuadamente los rangos o zonas de influencia.

Figura 9

Determinación de semivariograma



Fuente: Elaboración propia.

Capítulo IV. Análisis e interpretación de resultados

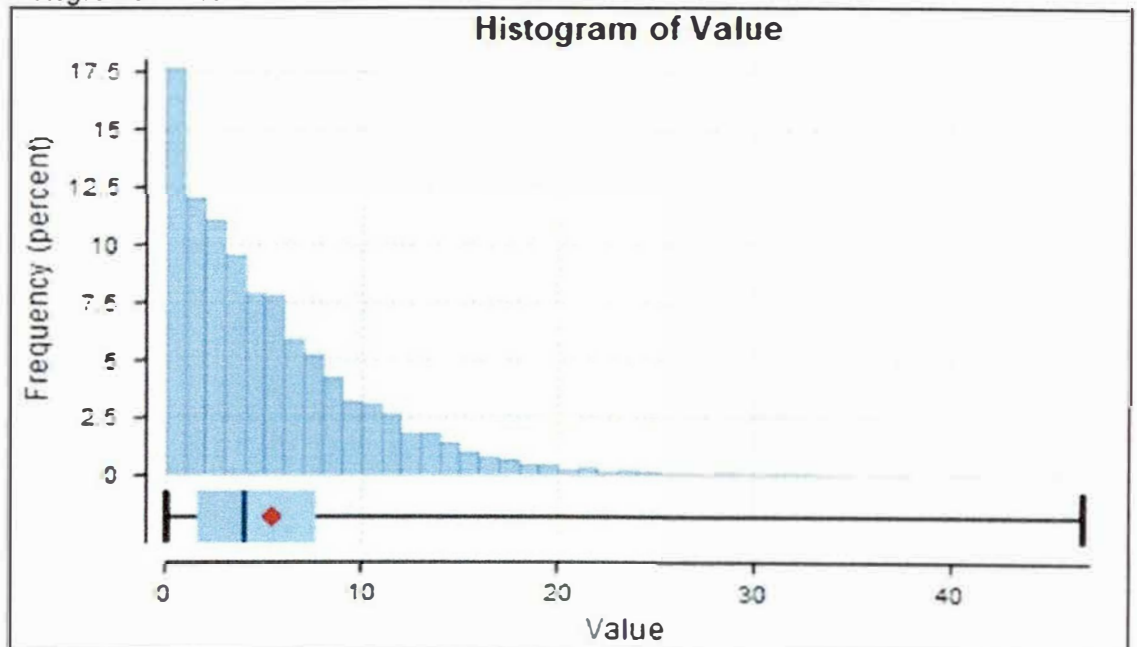
4.1 Secciones de Isovalores

En el siguiente apartado se expondrá de manera detallada la distribución de los isovalores correspondientes a cada uno de los elementos considerados en la presente investigación

4.1.1. Isovalores de Zn

Figura 10

Histograma Zn %



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

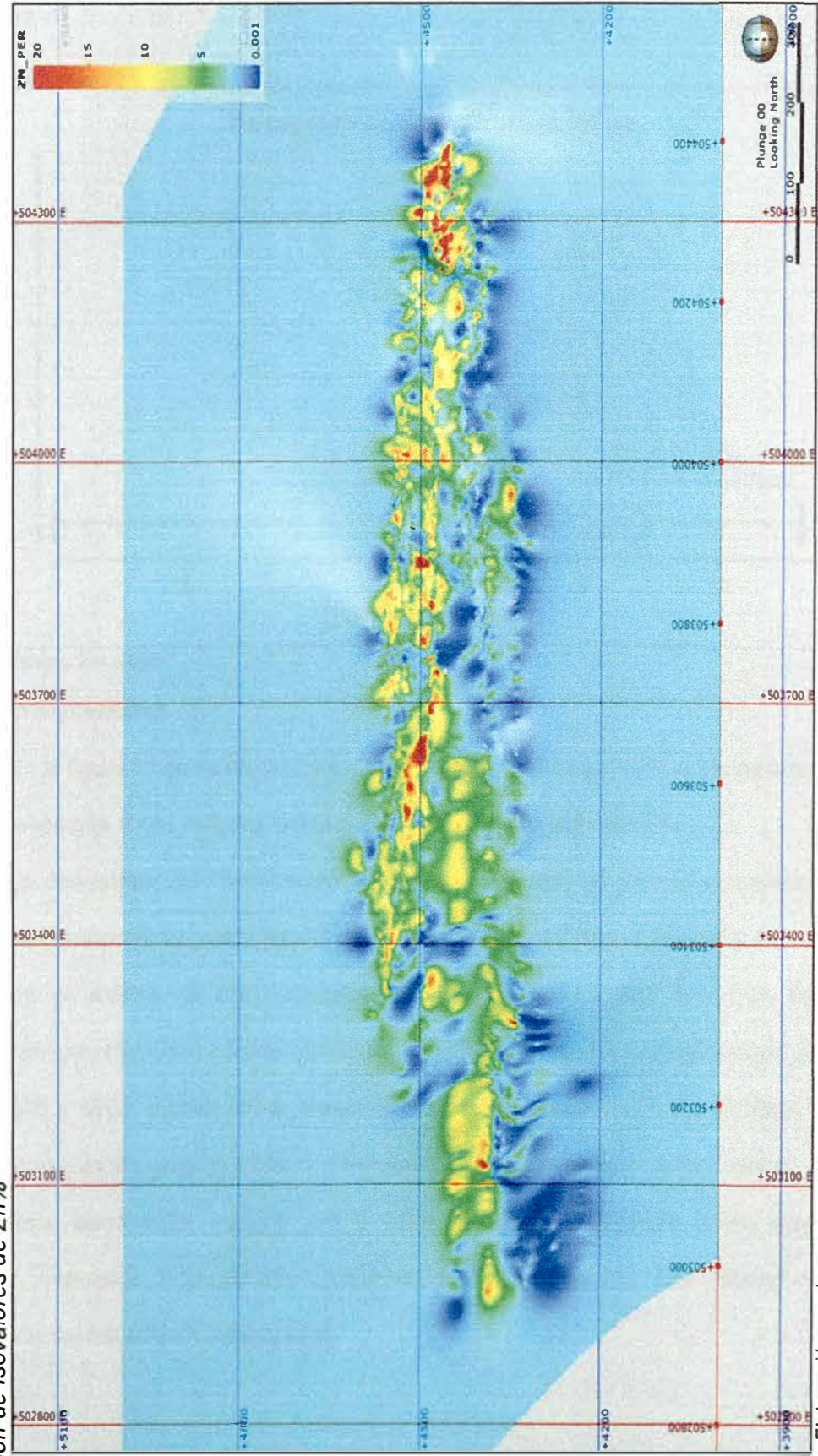
En la figura 11 se manifiesta la existencia de un cuerpo mineralizado principal continuo e identifica zonas de alta ley que podrían ser prioritarias para perforación dirigida.

Esta sección presenta una posible vía de transporte de la solución desde el noreste a suroeste, comprendido entre las cotas a 4300 y 4600.

La deposición de Zn en el yacimiento es de manera discontinua formando bolsones mineralizados tipo filoniano, con fuerte control estructural.

Figura 11

Sección de Isovalores de Zn%

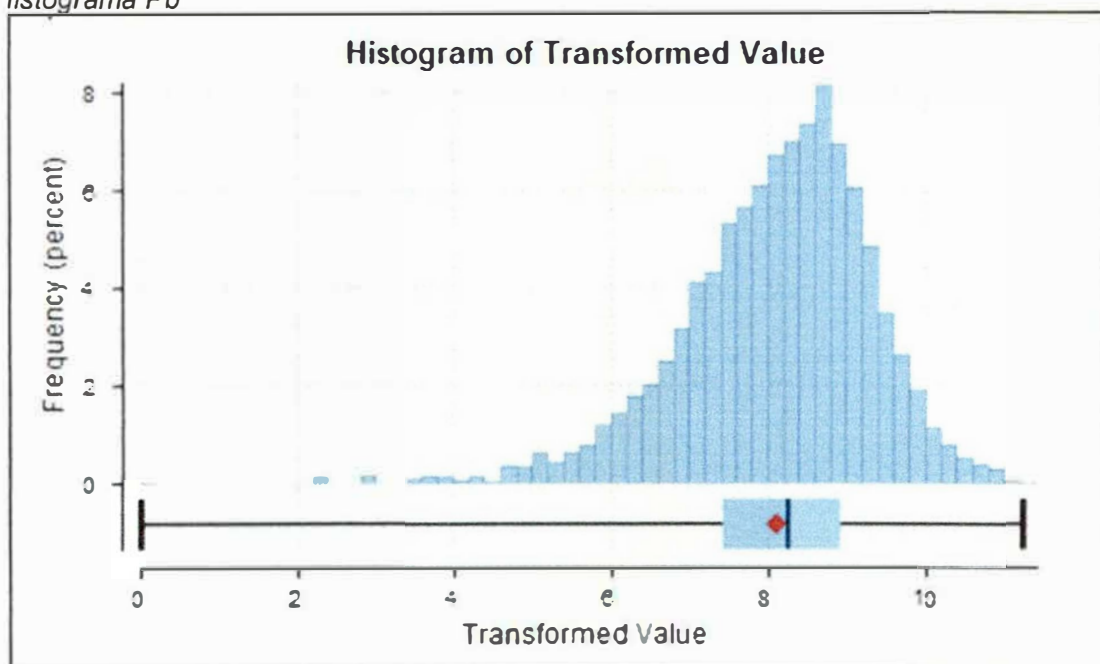


Fuente: Elaboración propia.

4.1.2 Isovalores de Pb

Figura 12

Histograma Pb



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

En la figura 13 se ha identificado una franja mineralizada de Pb entre las cotas 4300 y 4600, asociada a dos eventos hidrotermales de direcciones opuestas.

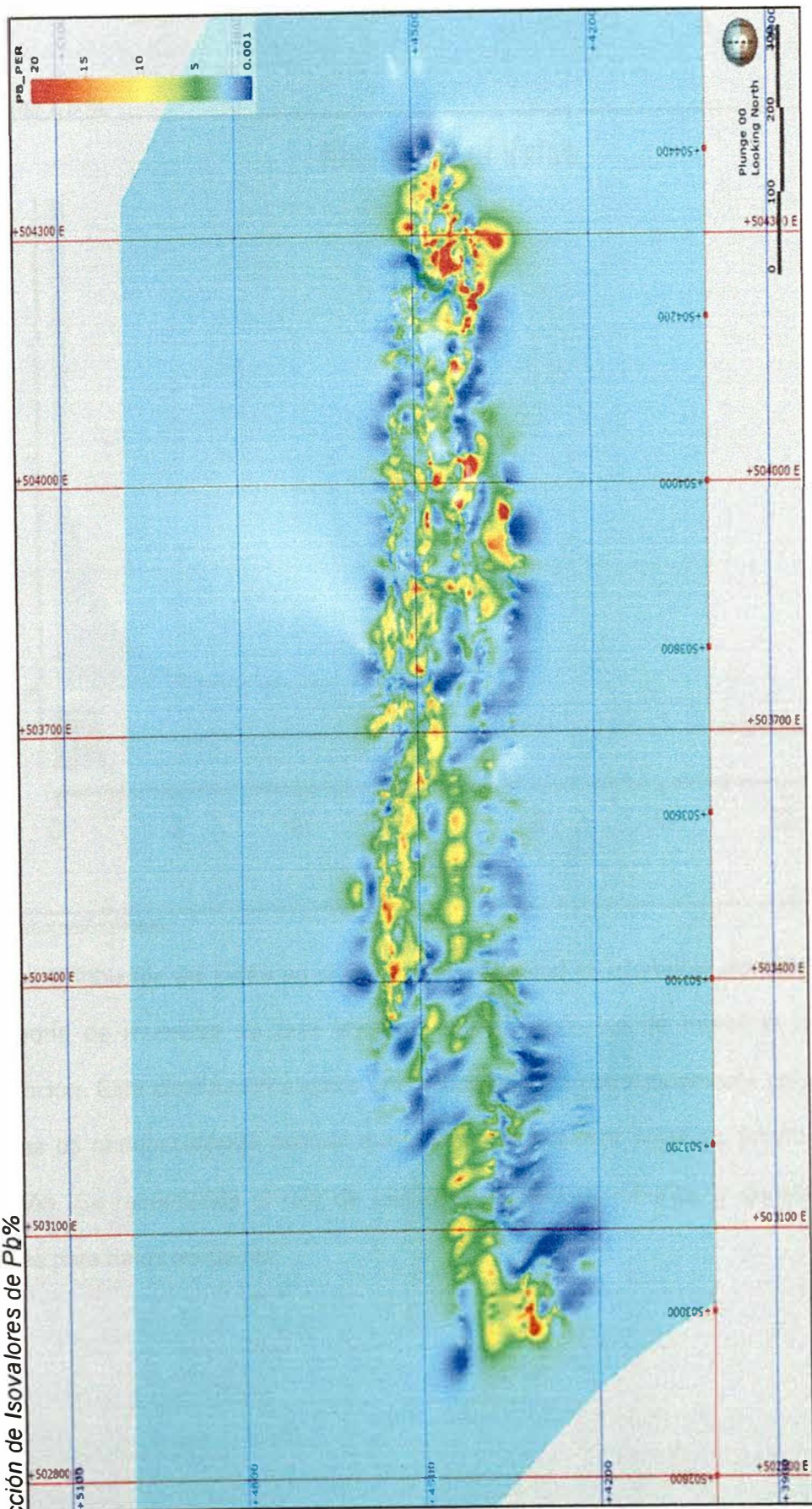
La deposición de Pb en el yacimiento es uniforme, reforzando el modelo de un yacimiento epitermal, debido a control estructural y control litológico favorables.

En el análisis de los isovalores de Pb, se observa una tendencia clara de enriquecimiento hacia los niveles inferiores. En particular, la zona comprendida entre las cotas 4300 y 4600, dichas cotas presentan una concentración más significativa, lo cual sugiere condiciones geológicas favorables para su acumulación en dichos clavos.

Esta distribución vertical podría estar asociada a factores como gradientes térmicos, procesos hidrotermales descendentes o estructuras que favorecieron la deposición del mineral en profundidad.

Figura 13

Sección de Isovalores de Pb%

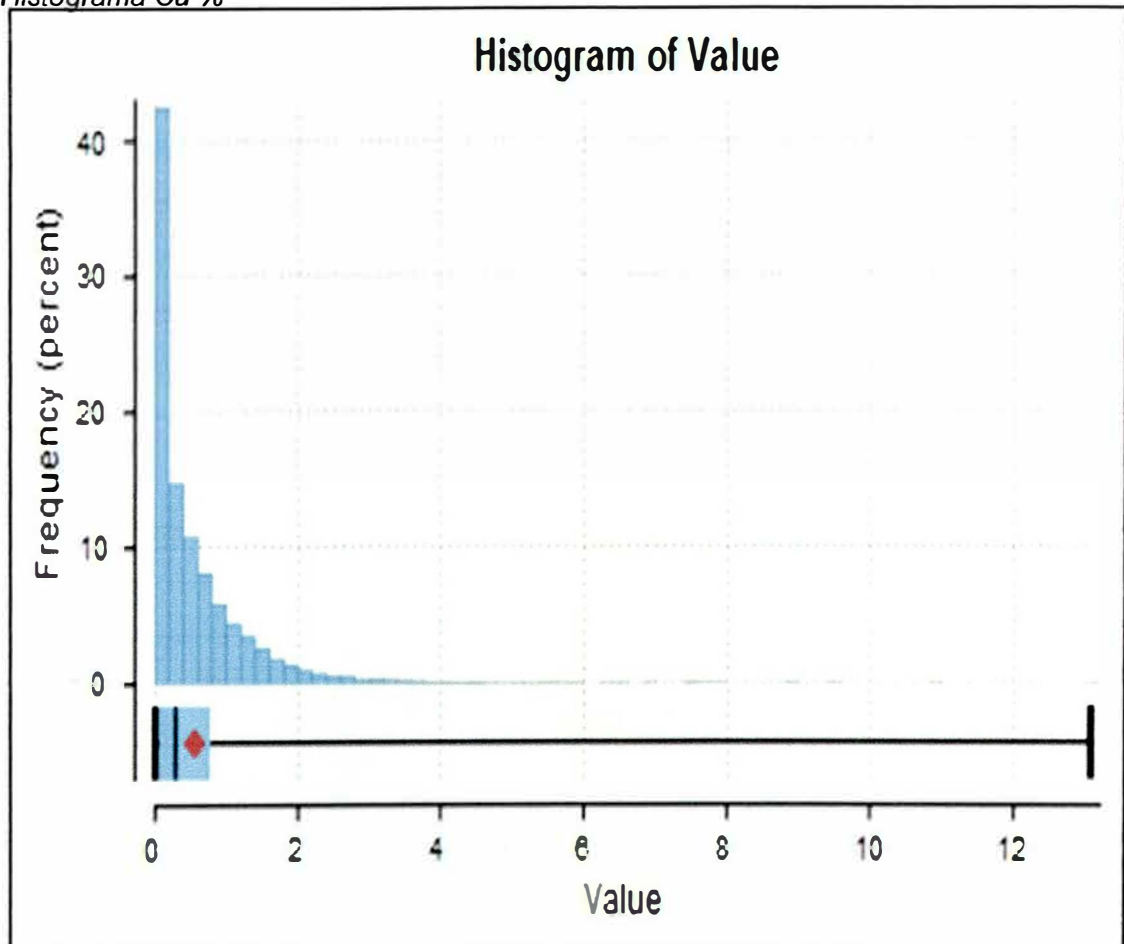


Fuente: Elaboración propia.

4.1.3 Isovalores de Cu

Figura 14

Histograma Cu %

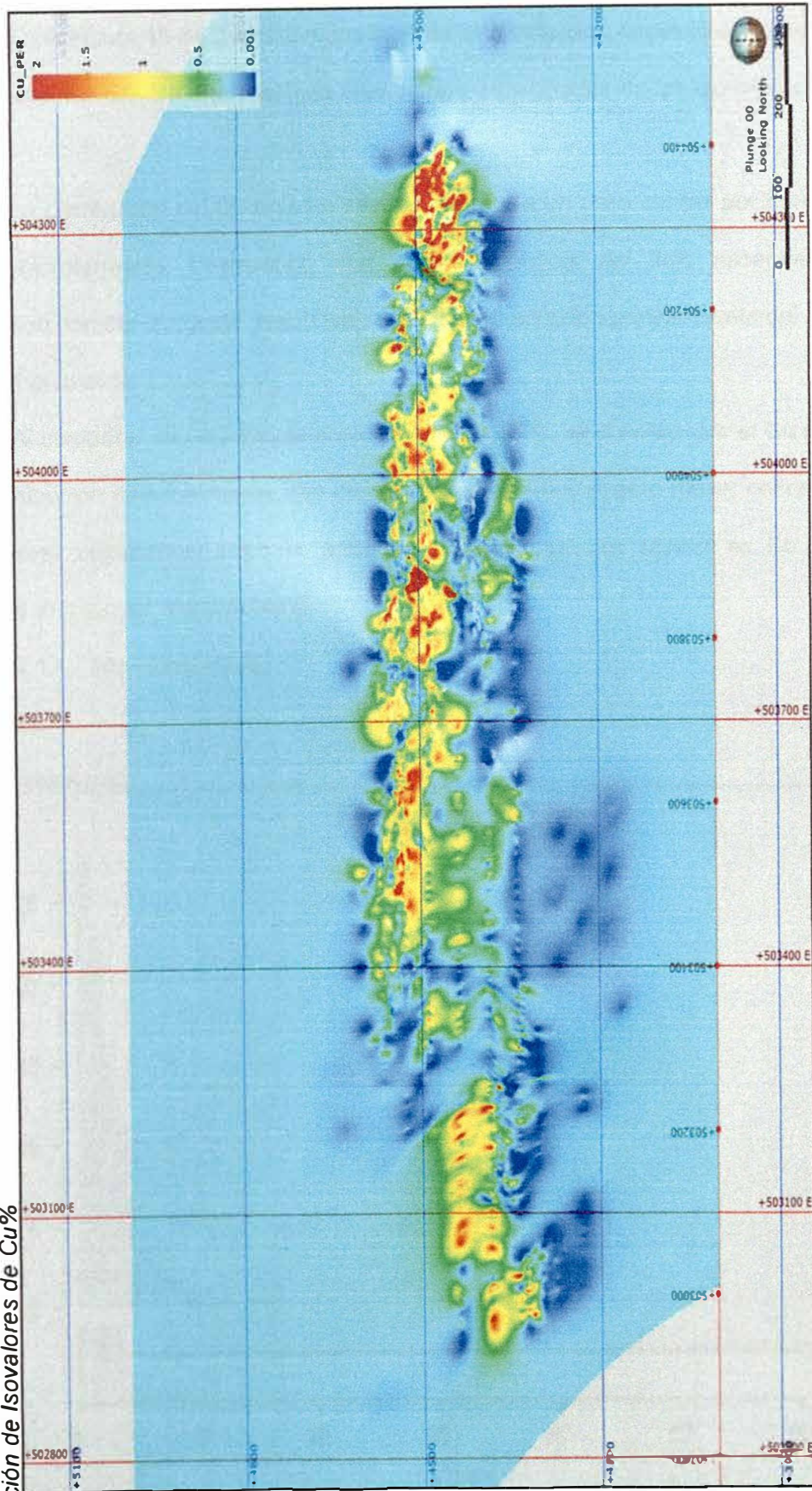


Fuente: Elaboración propia.

La distribución del cobre en el yacimiento epitermal es altamente asimétrica, con una mayoría de muestras de baja ley y un número reducido de muestras con alta concentración. Esta distribución sugiere una mineralización estructuralmente controlada, con zonas de enriquecimiento puntual que podrían representar objetivos prioritarios de exploración. Se recomienda el uso de técnicas estadísticas robustas y geostatísticas adaptadas para datos sesgados.

Figura 15

Sección de Isovalores de Cu%



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

En la Figura 15 se identifican dos anomalías principales, cuyas direcciones de flujo son coherentes con las orientaciones previamente reconocidas de los isovalores de Zn y Pb.

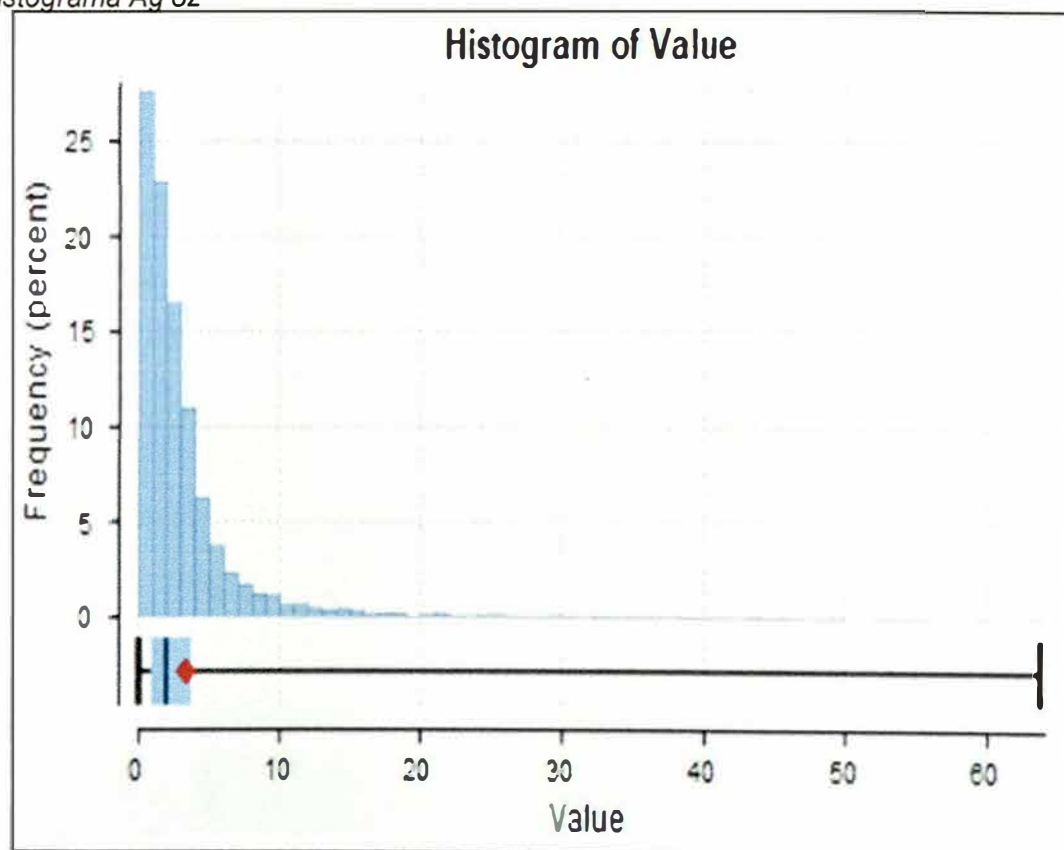
La distribución del Cu en esta sección evidencia un claro control por parte de los fluidos hidrotermales, destacando una mayor influencia del flujo ascendente con orientación noreste–suroeste, responsable de la concentración predominante del metal en el sector analizado.

Al comparar con los mapas anteriores de Zn y Pb, se observa que el Cu presenta una distribución más localizada, con menor dispersión vertical pero mayor concentración en sectores específicos. Además, podemos distinguir que los valores en Cu hacia el suroeste disminuyen drásticamente.

4.1.4. Isovalores de Ag

Figura 16

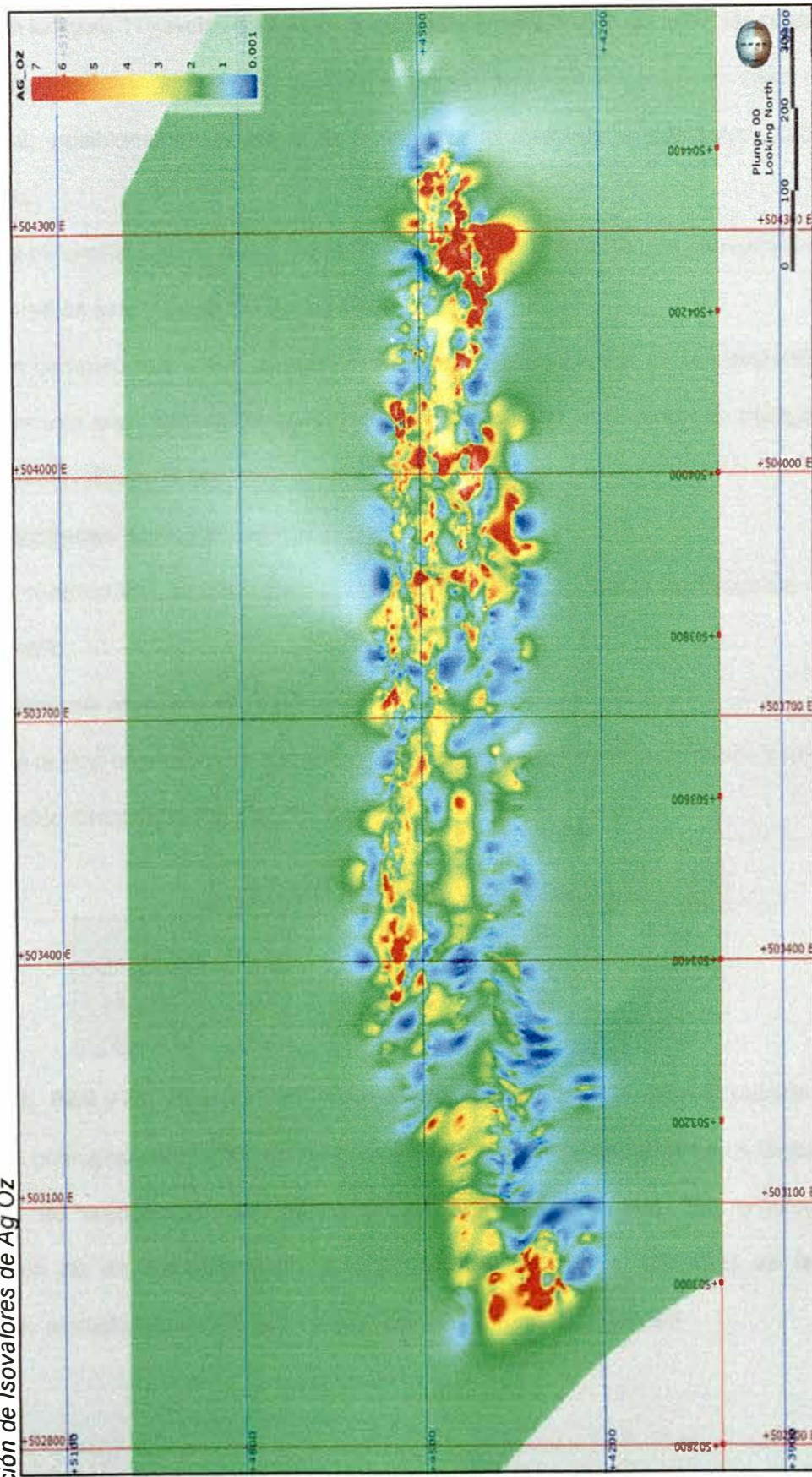
Histograma Ag oz



Fuente: Elaboración propia.

Figura 17

Sección de Isovalores de Ag Oz



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

En la figura 17 revela una franja mineralizada continua ubicada entre las cotas 4300 y 4600, la geometría elongada y la distribución en bolsones sugieren un claro control estructural, posiblemente asociado a controles estructurales o contactos litológicos favorables.

La mineralización muestra una zonación lateral bien definida, con mayor intensidad en los extremos este y oeste de la sección.

En comparación con el comportamiento espacial de Zn, Pb, Cu, se evidencia que la Ag presenta una distribución más dispersa y localizada, con bolsones enriquecidos alternados con zonas de baja ley.

4.2 Secciones de cocientes metálicos

A continuación, se presentan las secciones de los cocientes metálicos de Pb/Zn, Ag/Zn, Ag/Pb.

4.2.1 Cociente metálico de Pb/Zn

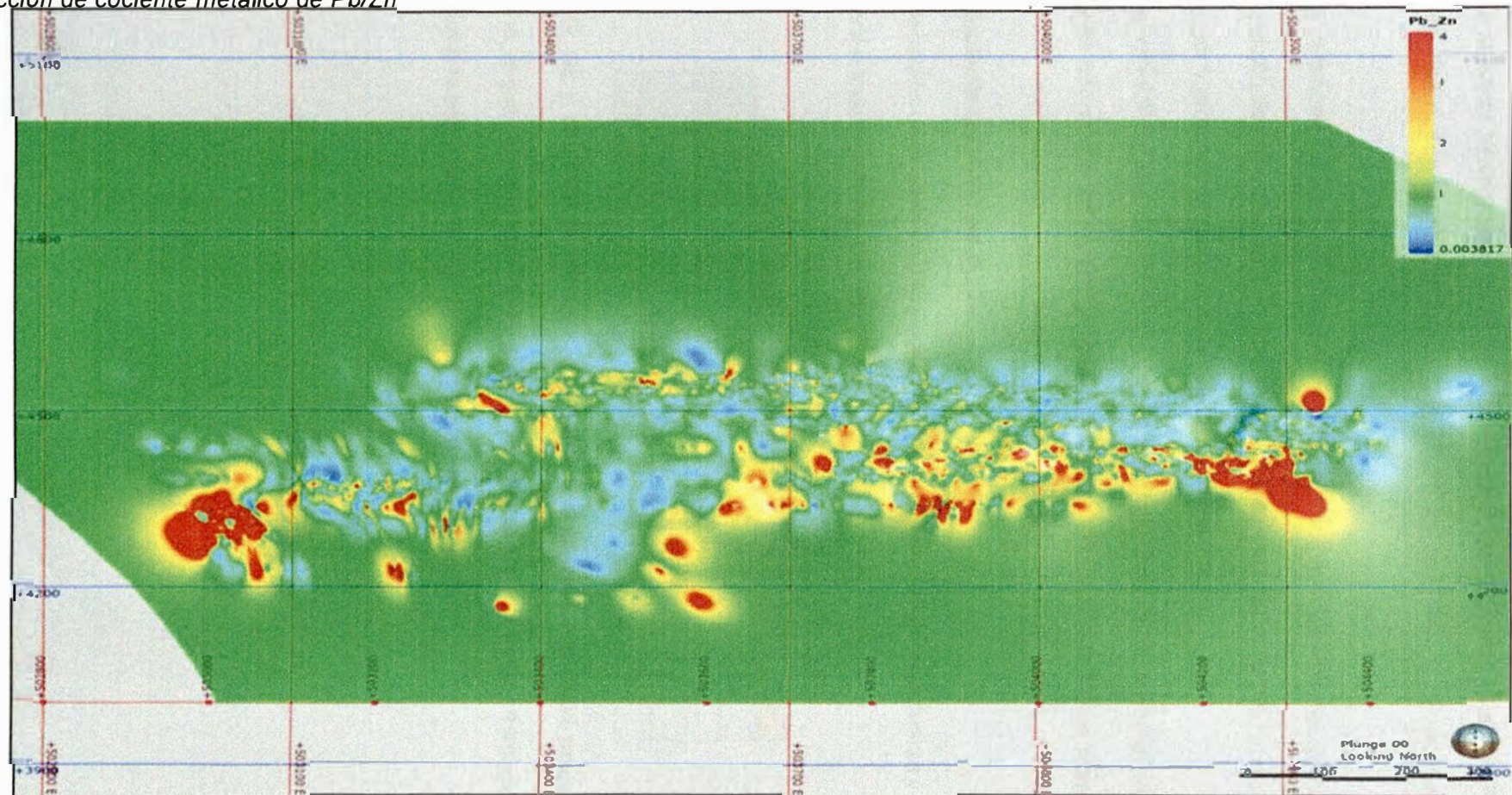
Se realizó un análisis de correlación de Pearson para identificar la fuerza y dirección de la relación lineal entre Ag, Cu, Pb, Zn.

	AG_OZ	CU_PER	PB_PER	ZN_PER
AG_OZ	1.00	0.37	0.60	0.33
CU_PER	0.37	1.00	0.49	0.49
PB_PER	0.60	0.49	1.00	0.47
ZN_PER	0.33	0.49	0.47	1.00

PB_PER y ZN_PER ($r = 0.47$): Respalda la hipótesis de que estos elementos tienen un origen geológico compartido en el sistema mineralizado, probablemente controlado por procesos de precipitación simultánea en un ambiente epitermal. Sin embargo, su distribución no es completamente paralela, lo que sugiere la influencia de factores litológicos, estructurales o termodinámicos que afectaron su deposición

Figura 18

Sección de cociente metálico de Pb/Zn



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

En la figura 18 se puede observar una zonación metalogénica bien definida según el cociente Pb/Zn, con áreas dominadas por Pb en los extremos y zonas mixtas en el centro.

La relación Pb/Zn no es homogénea en toda la sección. Se observa una tendencia de acumulación de cocientes altos en el extremo noreste, lo cual podría indicar un ambiente más reductor y profundo propicio para la precipitación de Pb.

La variabilidad del cociente Pb/Zn refleja distintos pulsos del sistema hidrotermal. Un cociente alto puede estar relacionado con fases más tardías o fluidos más ricos en plomo.

4.2.2 Cociente metálico de Ag/Zn

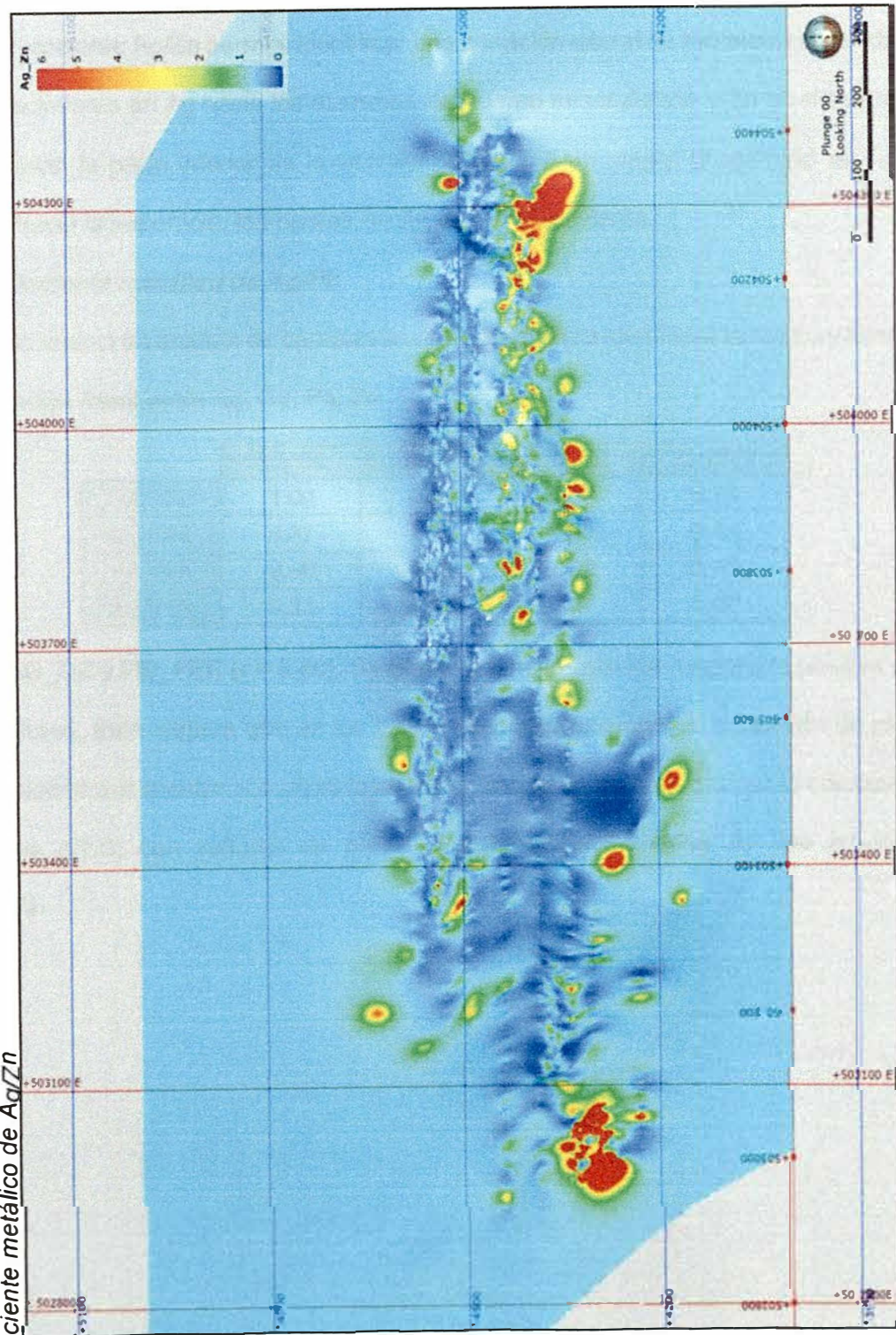
Se realizó un análisis de correlación de Pearson para identificar la fuerza y dirección de la relación lineal entre Ag, Cu, Pb, Zn.

	AG_OZ	CU_PER	PB_PER	ZN_PER
AG_OZ	1.00	0.37	0.60	0.33
CU_PER	0.37	1.00	0.49	0.49
PB_PER	0.60	0.49	1.00	0.47
ZN_PER	0.33	0.49	0.47	1.00

AG_OZ y ZN_PER ($r = 0.33$): Se observa una **correlación débil positiva** entre plata y zinc, lo que indicaría una menor asociación directa entre la plata y minerales típicos de zinc como la esfalerita, aunque aún presentes en el sistema.

Figura 19

Sección de cociente metálico de Ag/Zn



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

En la figura 19 se observan las mismas fuentes canalizadoras de los fluidos mineralizantes desarrolladas dentro del mismo rango de cotas.

El cociente Ag/Zn permite identificar una zonación lateral de metales, con tendencia a enriquecimiento en Ag hacia los extremos del cuerpo mineralizado y Zn en el centro.

Hacia la parte inferior de la sección se percibe un mayor predominio de Ag, en cambio, hacia la superficie, los niveles de Zn van en incremento.

4.2.3 Cociente metálico de Ag/Pb

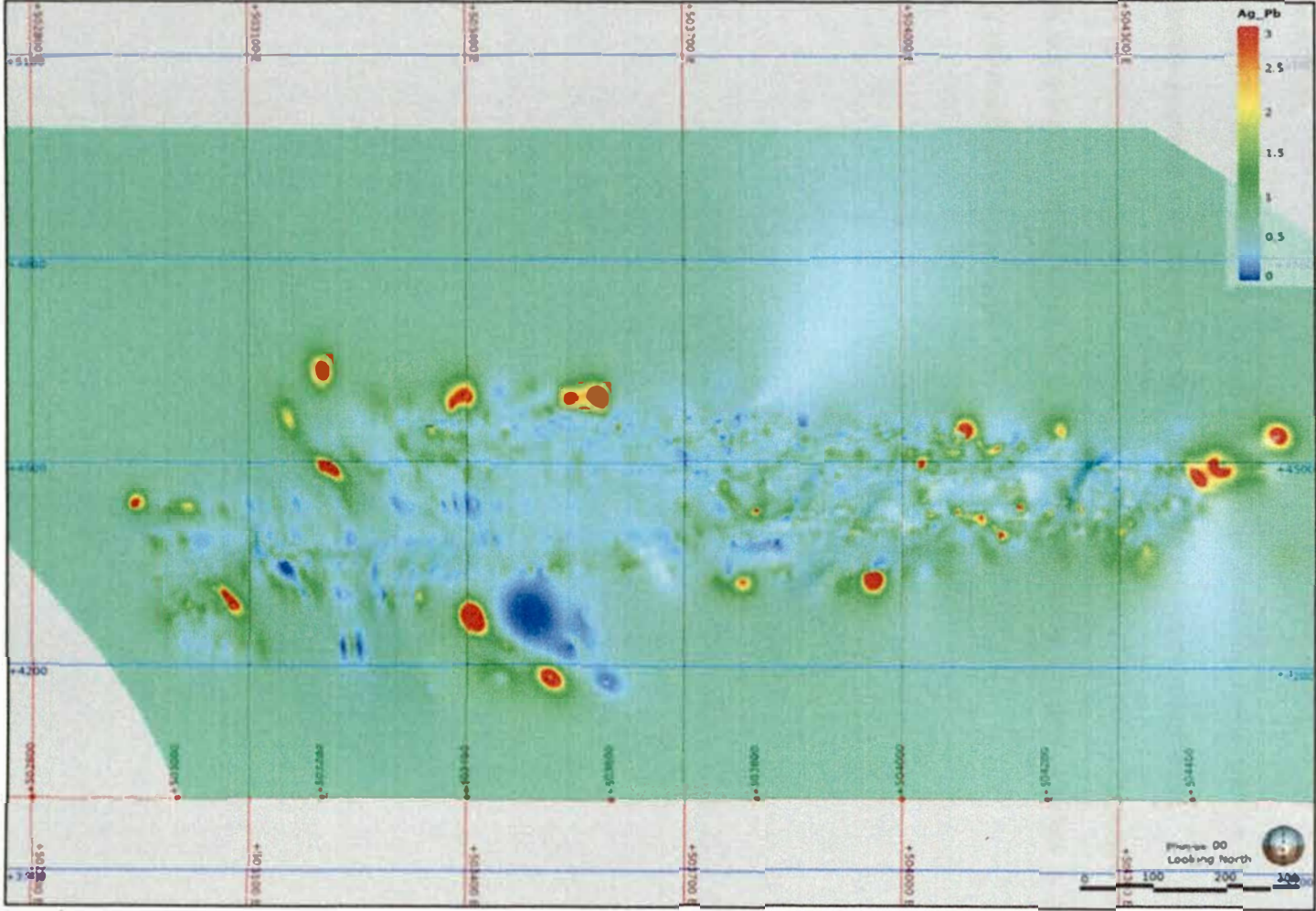
Se realizó un análisis de correlación de Pearson para identificar la fuerza y dirección de la relación lineal entre Ag, Cu, Pb, Zn.

	AG_OZ	CU_PER	PB_PER	ZN_PER
AG_OZ	1.00	0.37	0.60	0.33
CU_PER	0.37	1.00	0.49	0.49
PB_PER	0.60	0.49	1.00	0.47
ZN_PER	0.33	0.49	0.47	1.00

AG_OZ y PB_PER ($r = 0.60$): Se observa una correlación moderada positiva entre plata y plomo. Esto sugiere que en los intervalos donde aumenta el contenido de plomo, también tiende a aumentar el contenido de plata, lo cual es consistente con la coexistencia de galena (PbS) con sulfuros de plata en sistemas epitermales de tipo intermedio sulfuración

Figura 20

Sección de cociente metálico de Ag/Zn



Fuente: Elaboración propia.

Interpretación

En la figura 20 el cociente Ag/Pb revela una distribución heterogénea, con zonas focalizadas de enriquecimiento en Ag hacia los extremos del perfil y dominios de Pb en zonas profundas.

El patrón no es uniforme, lo que sugiere una zonación metalogénica compleja, posiblemente asociada a la superposición de múltiples pulsos hidrotermales.

La distribución dispersa y discontinua de los cocientes altos de Ag/Pb puede indicar zonas de enriquecimiento selectivo de la Ag en microfracturas, bordes de vetas, o zonas de mayor permeabilidad estructural.

Conclusiones

El análisis estructural y geoquímico de la veta Bienaventurada ha evidenciado una tendencia mineralizante asociada a estructuras orientadas en sentido noreste-suroeste. La identificación de sectores profundos con alta concentración metálica refuerza la hipótesis de migración ascendente de fluidos hidrotermales a través de fracturas preexistentes.

Los cocientes geoquímicos aplicados en el estudio (Ag/Zn , Pb/Zn , Ag/Pb) facilitaron la delimitación de zonas con potencial posiblemente económico, permitiendo trazar una zonificación preliminar que respalda la continuidad de la mineralización en profundidad. Esta herramienta resulta útil para orientar nuevas etapas de evaluación subterránea.

La comprensión de los controles estructurales, cambios litológicos (véase Anexo 2) y deformaciones tectónicas locales (véase Anexo 1) ha sido clave para interpretar la distribución del contenido metálico. Este enfoque multidisciplinario permite no solo reconocer sectores mineralizados, sino también definir áreas desfavorables con mayor precisión.

La integración de datos geoquímicos e interpretación estructural ha demostrado ser una metodología eficaz para proponer nuevos objetivos exploratorios. Su aplicación sistemática contribuye al diseño de campañas más eficientes y focalizadas, reduciendo incertidumbre y maximizando la recuperación de información relevante.

Recomendaciones

Diseñar una campaña de perforación orientada específicamente hacia las zonas profundas de la veta Bienaventurada, con énfasis en los sectores Nor - Este previamente identificados como anomalías metalogénicas. Se sugiere utilizar una malla de perforación flexible, adaptable a los resultados progresivos del avance del sondaje.

Elaborar un modelo tridimensional de distribución de leyes metálicas y cocientes geoquímicos, integrando tanto resultados analíticos como datos estructurales. Este modelo será clave para priorizar intervenciones futuras y mejorar la evaluación del potencial económico del cuerpo mineralizado.

Realizar un estudio geotécnico complementario enfocado en la estabilidad de estructuras subterráneas, a fin de anticipar condiciones de excavación y facilitar la toma de decisiones para etapas posteriores de desarrollo y planificación minera.

Extender la metodología aplicada a otros sectores del clavo noreste, con énfasis en estructuras paralelas o asociadas al sistema vetiforme principal. Esto permitirá explorar zonas actualmente no intervenidas, con bajo costo y alto valor técnico agregado.

Priorizar las campañas de perforación diamantina en el rango de cotas 4300–4600, de acuerdo con los criterios de planificación definidos en la norma NI43-101, para operaciones de perforación en exploración geotécnica y minera.

Referencias bibliográficas

- Aguilar, R., Cerpa, L., Muñoz, L., Torres, D., & Cereceda, I. (2010). *Control estructural y litológico en el emplazamiento de yacimientos minerales en el sector Condoroma-Paratía (Cusco-Puno), Sur del Perú*.
- Alarcón, E. (2018). *Innovación de controles para la reducción de accidentes generados por desprendimiento de rocas en Unidad Minera Huachocolpa Uno de Compañía Minera Kolpa S.A.* Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Burden, R. L., & Faires, J. D. (2011). *Numerical analysis* (9th ed.). Brooks/Cole.
- Camprubí, A., & Albinson, T. (2007). *Epithermal deposits in México* — Update of current knowledge, and an empirical reclassification.
- Chi, G., & Xue, C. (2011). *An overview of hydrodynamic studies of mineralization. Geoscience Frontiers*, 2(3), 423–438.
- Chi, G., Xu, D., Xue, C., Li, Z., Ledru, P., Deng, T., Wang, Y., & Song, H. (2022). *Hydrodynamic links between shallow and deep mineralization systems and implications for deep mineral exploration. Acta Geologica Sinica - English Edition*, 96, 1–25.
- Contreras, I., & Roy, F. (2018). *Estudio mediante microtermometría de inclusiones fluidas – recuperada - distrito minero de Huachocolpa - Perú*.
- Cooke, D., & Simmons, S. (2000). *Characteristics and genesis of epithermal gold deposits*.
- Corbett, G. (2007). *Controls to low sulphidation epithermal Au-Ag mineralisation*.
- Corbett, G., & Leach, T. (1998). *Southwest Pacific Rim gold-copper systems: Structure, alteration, and mineralization*. Society of Economic Geologists.
- Del Pozo, R. (1980). *Cocientes metálicos: un Nuevo Sistema de Exploración en 2270, Distrito Fresnillo, Zacatecas*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Duque, D. (2021). *Modelo geológico - estructural de la mineralización vetiforme en la mina el gran porvenir del Líbano, usando Leapfrog Geo*. Universidad EAFIT.

- Einaudi, M., Hedenquist, J., & Inan, E. (2005). *Sulfidation state of fluids in active and extinct hydrothermal systems: Transitions from porphyry to epithermal environments*.
- Estévez, E. (2009). *Apuntes sobre estimación de recursos y reservas*.
- Goodell, P., & Petersen, U. (1974). Julcani mining district, Peru: *A study of metal ratios*. *Economic Geology*, 388–390.
- Guilbert, J., & Park, C. (2007). *The geology of ore deposits*. Waveland Press.
- Hedenquist, J., Arribas, A., & Gonzalez-Urien, E. (2000). *Exploration for epithermal gold deposits*.
- Hu, X., Li, X., Yuan, F., Ord, A., Jowitt, S., Li, Y., ... & Zhou, T. (2020). *Numerical modeling of ore-forming processes within the Chating Cu-Au porphyry-type deposit, China: Implications for the longevity of hydrothermal systems and potential uses in mineral exploration*. *Ore Geology Reviews*, 116, 103230.
- Injoque, J., Valdivia, J., Garcia, L., Caballero, A., Osorio, J., Romel, M., Oscar, M., & Gamarra, L. (1994). *Geología del distrito minero de Huachocolpa*. Resúmenes extendidos, VIII Congreso de Geología, 10–15.
- Mamani, M., Wömer, G., & Sempere, T. (2010). *Geochemical variations in igneous rocks of the Central Andean orocline (13°S to 18°S): Tracing crustal thickening and magma generation through time and space*. *Bulletin*, 122*(1–2), 162–182.
- Matheron, G. (2008). *Curso de geoestadística* (S. Alfaro, Trad.).
- McKee, E. H., Noble, D. C., Petersen, U., Arenas, M., & Benavides, A. (1975). *Chronology of late Tertiary volcanism and mineralization, Huachocolpa district, Central Peru*. *Economic Geology*, 388–390.
- Mesić Kiš, I. (2016). *Comparison of ordinary and universal kriging interpolation techniques on a depth variable (a case of linear spatial trend), case study of the Šandrovac Field*. *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*, 31(2), 41–58.
- Meza, J., Inca, P., & Valdivia, J. (2002). *Ocurrencias de cuerpos de reemplazamiento y skarn en el distrito minero de Huachocolpa*. XI Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos.

- Morales, P. (2014). *Cocientes metálicos y cálculo de reservas minerales de la Veta Cinthia -Proyecto Minero Caracol S.A.C.-Barranca-Lima*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Morche, W. (1996). *Geología del cuadrángulo de Huachocolpa*. INGEMMET. Boletín, Serie A: Carta Geol. Nac, 63, 132.
- Morche, W., & Larico, W. (1996). *Geología del cuadrángulo de Huancavelica*, hoja 26-n. INGEMMET. Boletín A 73.
- Moya, A. (1981). *Cocientes metálicos y distribución zonal de Ag, Pb y Zn, en la veta Santa Inocencia del Distrito minero de Fresnillo, Zacatecas*. Universidad Autónoma de México.
- Pérez, C., Castroviejo, R., Alfonso, D., & Costafreda, J. (2011). *Geotermometría, cocientes metálicos y direcciones de flujo en la Veta Esperanza (Huachocolpa, Perú)*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Pérez-Puig, C. (2008). *Investigación de los controles geológicos de la mineralización en Veta Esperanza (Huachocolpa, Perú)*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Raeisi, D., Hajsadeghi, S., Hosseinzadehsabeti, E., Babazadeh, S., Lentz, D., & Santosh, M. (2023). *Exploration targeting in the Shadan porphyry gold–copper deposit, Lut Block, Iran: Analysis of spatial distribution of sheeted veins and lithogeochemical data*. *Minerals*, 13(4), 471.
- Rhys, D., Lewis, P., & Rowland, J. (2020). *Structural controls on ore localization in epithermal gold-silver deposits: A mineral systems approach*.
- Rodríguez, R. (2008). *El Sistema de Fallas Chonta y sus Implicaciones Metalogenéticas entre 12°15' S y 13°30' S*. INGEMMET.
- Rodríguez, R., & Carlotto, V. (2008). *El sistema de fallas Chonta: morfología, cinemática y distribución de yacimientos de minerales*.
- Sillitoe, R. (2000). *Styles of high-sulphidation gold, silver and copper mineralisation in porphyry and epithermal environments*. In *Proceedings of the Australasian Institute of Mining and Metallurgy* (Vol. 305, No. 1, pp. 19–34).

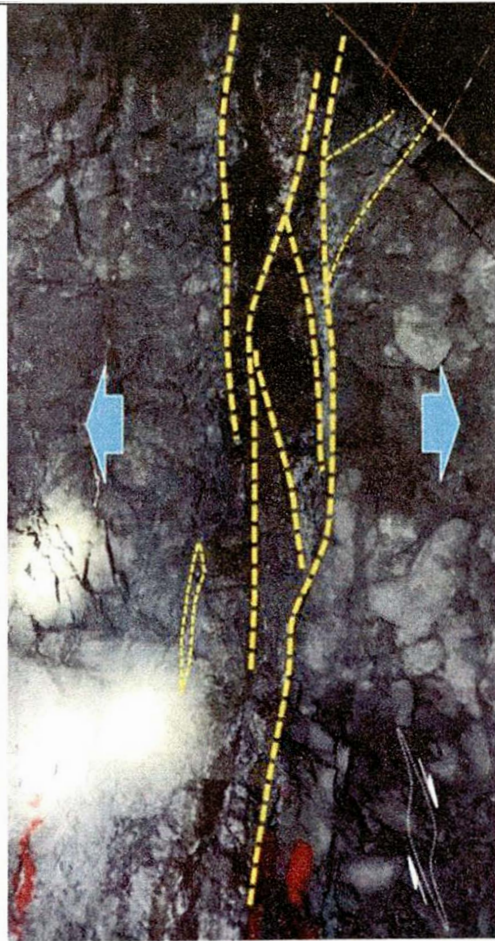
- Sillitoe, R. (2015). *Epithermal paleosurfaces*. *Mineralium Deposita*, 50(7), 767–793.
- Sillitoe, R. H. (2010). *Porphyry copper systems*. *Economic Geology*, 105(1), 3–41.
- Sillitoe, R., & Hedenquist, J. (2005). *Linkages between volcanotectonic settings, ore-fluid compositions, and epithermal precious metal deposits*.
- Simmons, S. F., White, N. C., & John, D. A. (2005). *Geological characteristics of epithermal precious and base metal deposits*.
- Torremans, K., Kyne, R., Doyle, R., Güven, J., & Walsh, J. (2018). *Controls on metal distributions at the Lisheen and Silvermines deposits: Insights into fluid flow pathways in Irish-type Zn-Pb deposits*. *Economic Geology*, 113(7), 1455–1477.
- Tumialán, P. (2000). *Consideraciones geológicas del yacimiento de cobre, zinc, estaño de Carabaya-Puno*. X Congreso Peruano de Geología: Puno.
- Tumialán, P. (2003). *Compendio de Yacimientos de Minerales del Perú* (Boletín 10, Nº 10). INGEMMET.
- Valdivia, E., & Raymundo, T. (2003). *Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Huachocolpa (27-n), Escala 1:50 000*. INGEMMET.
- Valdivia, J., & Meza, J. (1998). *Mineralización de oro relacionada a los Volcánicos Terciarios en la región de Huancavelica*. Tercer Simposium Internacional del Oro. Conferencias.
- Viera, M., & González, R. (2002). *Geoestadística aplicada*. Instituto de Geofísica, UNAM - Instituto de Geofísica y Astronomía, CITMA.
- Wackernagel, H. (2003). *Ordinary kriging*. In *Multivariate Geostatistics: An Introduction with Applications* (pp. 79–88).
- Wahab, M. (2017). *Interpolation and extrapolation*. *Proc. Topics Syst. Eng. Winter Term*, 17, 1–6.
- White, D. (1968). *Environments of generation of some base-metal ore deposits*. *Economic Geology*, 63(4), 301–335.
- Wise, J. (2010). *Evaluation of conjugate vein formation in the Huachocolpa base-metal district of Central Peru*.

Yasami, N., Ghaderi, M., Madanipour, S., & Taghilou, B. (2017). *Structural control on overprinting high-sulfidation epithermal on porphyry mineralization in the Chodarchay deposit, northwestern Iran*. Ore Geology Reviews, 86, 212–224.

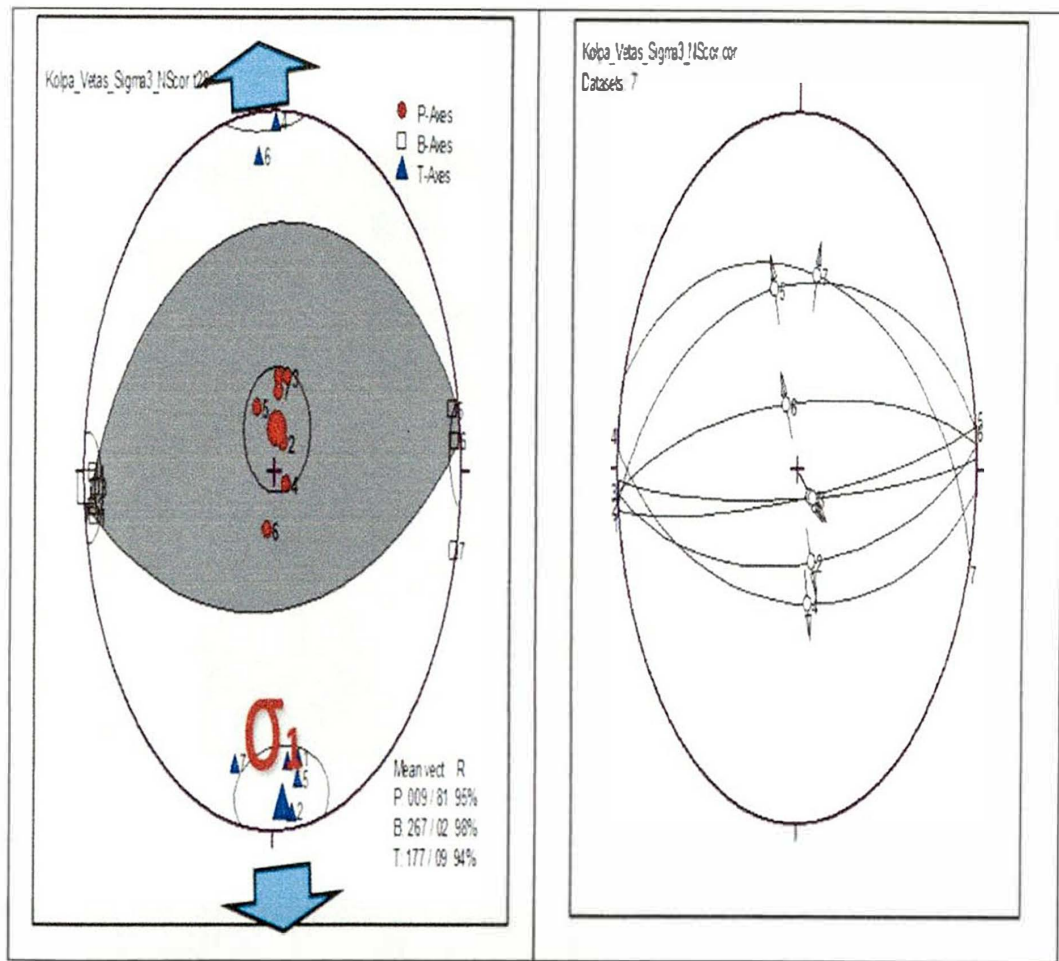
Anexos

	Pág.
Anexo 1: Indicadores cinemáticos de la veta Bienaventurada.....	1
Anexo 2: Secciones delgadas de la veta Bienaventurada.....	3
Anexo 3: Secciones delgadas de la veta Bienaventurada.....	4
Anexo 4: Secciones pulidas de la veta Bienaventurada	5
Anexo 5: Muestras para generación de Isovalores	6
Anexo 6: Cocientes metálicos por Block	8
Anexo 7: Perfil de muestreo.....	10

Anexo 1: Indicadores cinemáticos de la veta Bienaventurada

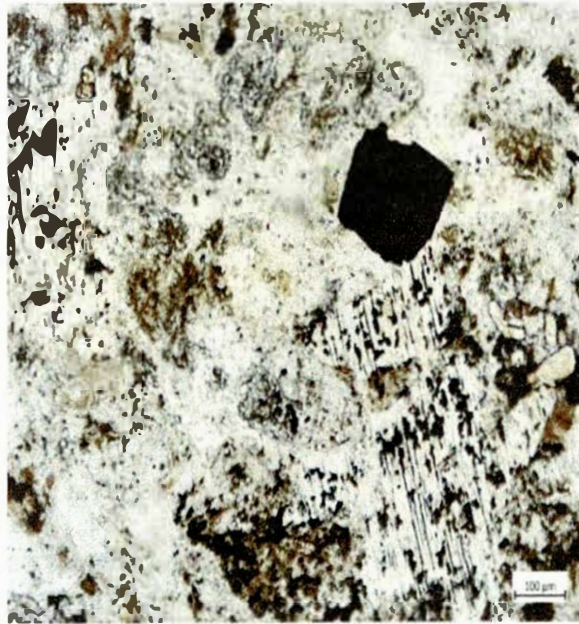


Stepover extensional cuya zona de cizalla es subvertical y de inclinación hacia la derecha. Superficies flexionadas y que son oblicuas al plano de movimiento principal. Con los datos tomados se determina el movimiento Dextral/Normal.



DipDir	Dip	Azimuth	Plunge	Sense	Quality	Comments
327	80	300	79	2	2	Veta
351	64	340	64	2	2	Veta
342	65	335	65	2	2	Veta
158	64	77	18	3	2	Veta
155	65	71	14	3	2	Veta
161	67	75	9	3	2	Veta

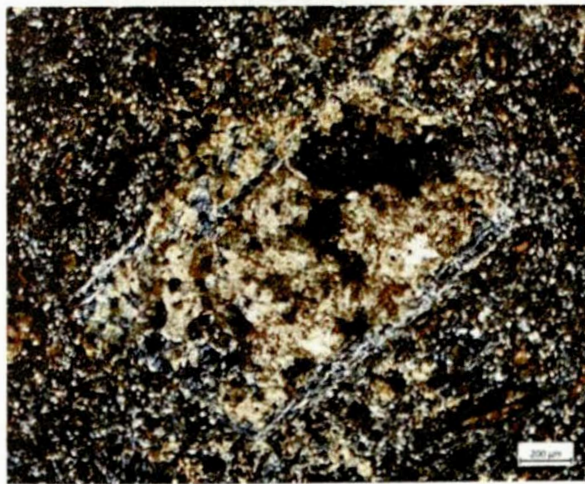
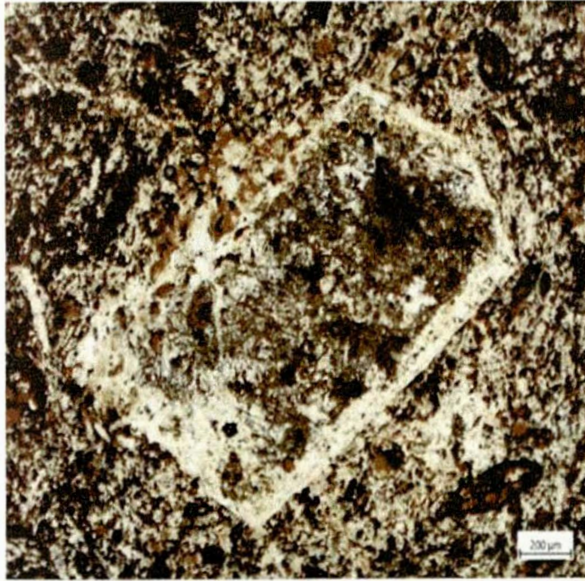
Anexo 2: Secciones delgadas de la veta Bienaventurada



En la zona inferior de la sección se observa cristales de muscovita, no presenta pleocroísmo, el cual nos da indicio de la alteración de una biotita, la presencia de cristales de rutilo como resultado también de la alteración de biotita. Se aprecia que la alteración es pervasiva.



Anexo 3: Secciones delgadas de la veta Bienaventurada



Se aprecia relictos de posibles fenocristales de plagioclasa en toda la matriz alterado completamente, con un tamaño de 1000 micras, los cuales fueron totalmente alterados por arcillas y sericita criptocristalinas, se observa una alineación de la matriz con respecto a los moldes de plagioclasas, se aprecia una textura fluidal, esta textura es propia de rocas volcánicas extrusivas

Conclusión:

En general se reconoce la textura traquítica frente a los moldes de plagioclasa, lo cual indica un flujo de magma, la muestra aparenta ser una roca extrusiva lávica de composición andesítica que fue altamente alterada

Anexo 4: Secciones pulidas de la veta Bienaventurada



Se aprecia cristales anhedrales de esfalerita (sph) con baja reflectancia, reemplazados por galena (gn) con una reflectancia alta en ciertos cristales lo que indica que hay zonas que presentan mayor contenido de plata. Además de cristales anhedrales de calcopirita (cpy).

Anexo 5: Muestras para generación de Isovalores

Block	from	to	ancho	AG OZ	CL PER	PR PER	ZN PER	Pb/Zn	Ag/Zn	Ag/Pb
1	419.99	420.79	0.8	23.12	0.44	14.95	8.88	1.6835586	2.6036036	1.5464883
2	431.85	432.35	0.5	5.09	0.17	8.21	2.61	3.1455939	1.9501916	0.6199756
3	460.7	460.9	0.2	0.15	0.43	0.87	0.62	1.4032258	0.2419355	0.1724138
4	323.56	323.65	0.09	0.28	0.03	0.5	0.39	1.5384615	0.7179487	0.4666667
5	323.85	324.45	0.6	0.17	0.01	0.61	0.33	1.8484848	0.5151515	0.2786885
6	381.65	383.4	1.75	0.05	0.04	0.54	0.45	1.2	0.1111111	0.0925926
7	383.4	384.55	1.15	0.32	0.03	0.79	0.57	1.3859649	0.5614035	0.4050633
8	384.55	384.9	0.35	0.13	0.02	0.52	0.42	1.2380952	0.3095238	0.25
9	384.9	385.1	0.2	0.14	0.02	0.47	0.37	1.2702703	0.3783784	0.2978723
10	22.45	22.6	0.15	0.38	0.01	0.03	0.09	0.3333333	4.2222222	12.6666667
11	22.6	22.95	0.35	22.67	0.11	6.73	0.51	13.196078	44.45098	3.3684993
12	22.95	23.3	0.35	21.76	0.28	3.87	3.38	1.1449704	6.4378698	5.622739
13	23.3	23.45	0.15	0.18	0.01	0.06	0.09	0.6666667	2	3
14	32.5	32.7	0.2	7.49	0.25	0.53	0.82	0.6463415	9.1341463	14.132075
15	32.7	33.35	0.65	0.45	0.01	0.97	2.15	0.4511628	0.2093023	0.4639175
16	33.35	33.5	0.15	0.22	0.01	0.06	0.14	0.4285714	1.5714286	3.6666667
17	33.5	33.8	0.3	0.27	0.01	0.33	1.24	0.266129	0.2177419	0.8181818
18	33.8	34.9	1.1	0.23	0.01	0.19	0.26	0.7307692	0.8846154	1.2105263
19	34.9	35.2	0.3	2.57	0.21	1.12	1.23	0.9105691	2.0894309	2.2946429
20	134.4	135.1	0.7	0.23	0.01	0.15	0.2	0.75	1.15	1.5333333
21	135.1	135.4	0.3	0.39	0.01	0.95	6.04	0.1572848	0.0645695	0.4105263
22	135.4	135.95	0.55	0.14	0.01	0.11	0.06	1.8333333	2.3333333	1.2727273
23	135.95	136.95	1	0.28	0.04	0.24	0.18	1.3333333	1.5555556	1.1666667
24	136.95	137.95	1	0.28	0.01	0.85	0.66	1.2878788	0.4242424	0.3294118
25	137.95	138.25	1.3	0.11	0.01	0.13	0.06	2.1666667	1.8333333	0.8461538
26	138.25	139.45	0.2	0.07	0.01	0.01	0.01	1	7	7
27	139.45	140.1	0.65	0.16	0.01	0.01	0.02	0.5	8	16
28	140.1	140.2	0.1	0.3	0.01	0.05	0.03	1.6666667	10	6
29	140.2	141.15	0.95	0.14	0.01	0.04	0.08	0.5	1.75	3.5
30	141.15	142.2	1.05	0.12	0.01	0.07	0.03	2.3333333	4	1.7142857
31	142.2	143	0.8	0.16	0.01	0.1	0.03	3.3333333	5.3333333	1.6
32	143	143.3	0.3	0.26	0.01	0.75	2.62	0.2862595	0.0992366	0.3466667
33	143.3	144.3	1	0.42	0.01	0.58	0.05	11.6	8.4	0.7241379
34	144.3	145.55	1.25	0.16	0.01	0.03	0.02	1.5	8	5.3333333
35	145.55	146.2	0.65	1.04	0.04	1.26	0.7	1.8	1.4857143	0.8253968
36	146.2	146.9	0.7	0.04	0.01	0.01	0.03	0.3333333	1.3333333	4
37	153	153.3	0.3	0.08	0.01	0.02	0.04	0.5	2	4
38	153.3	153.4	0.1	3.38	0.05	11.32	13.94	0.8120516	0.2424677	0.2985866
39	153.4	153.8	0.4	1.09	0.01	3.02	4.99	0.6052104	0.2184369	0.3609272
40	153.8	154.8	1	0.06	0.01	0.05	0.06	0.8333333	1	1.2
41	154.8	155	0.2	0.76	0.01	1.63	1.54	1.0584416	0.4935065	0.4662577
42	180.75	181.35	0.6	3.47	0.32	4.45	12.79	0.3479281	0.2713057	0.7797753
43	53.3	53.5	0.2	5.81	0.5	7.71	0.71	10.859155	8.1830986	0.7535668
44	339.9	340.3	0.4	0.85	0.1	0.93	1.72	0.5406977	0.494186	0.9139785
45	340.3	341.6	1.3	0.2	0.03	0.62	0.57	1.0877193	0.3508772	0.3225806
46	341.6	341.98	0.38	0.27	0.03	0.64	0.42	1.5238095	0.6428571	0.421875
47	341.98	343.3	1.32	1.61	0.14	2.04	2.39	0.8535565	0.6736402	0.7892167
48	23.15	23.25	0.1	1.82	0.14	0.96	3.4	0.2823529	0.5352941	1.8958333
49	25.95	27.45	1.6	0.03	0.01	0.05	0.04	1.25	0.75	0.6
50	27.45	27.55	0.1	7.11	0.17	1.69	2.78	0.6079137	2.557554	4.2071006

51	29.2	29.25	0.05	2.19	0.03	1.28	2.78	0.4604317	0.7877698	1.7109375
52	36.8	36.95	0.15	13.2	0.18	3.86	1.41	2.7375887	9.3617021	3.4196891
53	135.3	135.5	0.2	0.56	0.03	0.44	1.01	0.4356436	0.5544554	1.2727273
54	135.5	135.65	0.15	2.83	0.16	3.31	8.43	0.3926453	0.3357058	0.8549849
55	135.65	136.1	0.45	3.67	0.16	1.77	17.2	0.102907	0.2133721	2.0734463
56	136.1	136.3	0.2	0.36	0.01	0.13	1.03	0.1262136	0.3495146	2.7692308
57	136.3	136.5	0.2	0.17	0.01	0.03	0.14	0.2142857	1.2142857	5.6666667
58	136.5	136.9	0.4	1.24	0.05	0.05	0.77	0.0649351	1.6103896	24.8
59	136.9	137.4	0.5	0.51	0.04	0.08	0.42	0.1904762	1.2142857	6.375
60	137.4	137.7	0.3	0.11	0.01	0.03	0.08	0.375	1.375	3.6666667
61	137.7	138.25	0.55	0.35	0.03	0.01	0.19	0.0526316	1.8421053	35
62	138.25	138.85	0.6	1.35	0.32	1.18	1	1.18	1.35	1.1440678
63	67.73	68.05	0.32	0.8	0.01	0.2	0.48	0.4166667	1.6666667	4
64	68.05	68.2	0.15	0.95	0.02	0.54	2.42	0.2231405	0.392562	1.7592593
65	68.2	68.52	0.32	0.41	0.01	0.15	0.41	0.3658537	1	2.7333333
66	174.8	175.17	0.37	0.34	0.01	0.06	0.08	0.75	4.25	5.6666667
67	175.17	175.71	0.54	2.32	0.03	0.25	0.03	8.3333333	77.333333	9.28
68	175.71	176.25	0.54	3.19	0.45	1.62	2.36	0.6864407	1.3516949	1.9691358
69	176.25	176.55	0.3	0.19	0.03	0.11	0.13	0.8461538	1.4615385	1.7272727
70	183.8	184.15	0.35	0.17	0.01	0.05	0.04	1.25	4.25	3.4
71	184.15	184.58	0.43	1.43	0.02	0.07	0.08	0.875	17.875	20.428571
72	184.58	184.96	0.38	0.34	0.01	0.02	0.04	0.5	8.5	17
73	259.7	259.8	0.6	0.24	0.07	0.58	0.62	0.9354839	0.3870968	0.4137931
74	35.65	35.85	0.2	37.62	1.36	35.99	6.51	5.5284178	5.7788018	1.0452904
75	245.93	246.3	0.37	1.09	0.18	3.42	4.69	0.7292111	0.2324094	0.3187135
76	376.45	378.3	1.85	0.7	0.03	2.14	1.47	1.4557823	0.4761905	0.3271028
77	378.3	379	0.7	0.15	0.01	0.21	0.25	0.84	0.6	0.7142857
78	379.8	380	0.2	0.46	0.03	1.03	0.39	2.6410256	1.1794872	0.4466019
79	94.5	94.9	0.4	0.04	0.01	0.02	0.03	0.6666667	1.3333333	2
80	94.9	95.2	0.3	5.35	0.18	1.36	3.06	0.4444444	1.748366	3.9338235
81	95.2	95.4	0.2	1.14	0.05	0.32	0.88	0.3636364	1.2954545	3.5625
82	95.4	95.92	0.52	0.18	0.01	0.05	0.13	0.3846154	1.3846154	3.6
83	95.92	96.21	0.29	0.29	0.01	0.06	0.25	0.24	1.16	4.8333333
84	96.21	96.55	0.34	0.02	0.01	0.06	0.1	0.6	0.2	0.3333333
85	96.55	96.92	0.37	0.05	0.01	0.09	0.14	0.6428571	0.3571429	0.5555556
86	164.22	164.6	0.38	0.02	0.01	0.08	0.1	0.8	0.2	0.25
87	164.6	165	0.4	5.23	0.13	0.43	0.34	1.2647059	15.382353	12.162791
88	165	165.25	0.25	0.05	0.01	0.12	0.31	0.3870968	0.1612903	0.4166667
89	165.25	165.6	0.35	0.11	0.01	0.26	0.67	0.3880597	0.1641791	0.4230769
90	165.6	165.85	0.25	0.42	0.01	0.08	0.12	0.6666667	3.5	5.25
91	165.85	166.1	0.25	0.02	0.01	0.03	0.02	1.5	1	0.6666667
92	201.22	201.8	0.58	0.02	0.01	0.03	0.06	0.5	0.3333333	0.6666667
93	201.8	202	0.2	10.85	1.89	16.95	14.75	1.1491525	0.7355932	0.640118
94	202	202.3	0.3	0.49	0.05	0.16	0.11	1.4545455	4.4545455	3.0625
95	202.3	202.65	0.35	0.58	0.03	0.09	0.11	0.8181818	5.2727273	6.4444444
96	202.65	203.1	0.45	0.2	0.01	0.03	0.14	0.2142857	1.4285714	6.6666667
97	203.1	203.7	0.6	0.22	0.01	0.04	0.08	0.5	2.75	5.5
98	203.7	204.52	0.82	0.31	0.01	0.03	0.04	0.75	7.75	10.333333
99	69.65	69.7	0.05	2.04	0.77	3.58	10.89	0.328742	0.1873278	0.5698324
100	123.15	123.25	0.1	4.39	1.33	9.85	16.76	0.5877088	0.2619332	0.4456853

Anexo 6: Cocientes metálicos por Block

Código	Labo r	Nive l	Refe re ncia	oz/TM	% Cu	% Pb	% Zn
223323	SN 156 E 4230	4230	C/BP 156+3	1.72	0.01	5.05	4.78
223366	SN179-1E	4230	PT/SN13+48	9.69	5	28.26	3.02
223367	SN179-1E	4230	PT/SN+48	1.98	1.71	3.45	6.46
223369	SN179-6E	4230	PT/SN14+21	0.47	0.01	0.45	0.23
223370	SN179-6E	4230	PT/SN14+21	0.48	0.11	0.92	1.75
223371	SN179-6E	4230	PT/SN14+21	0.66	0.05	0.57	0.35
223372	RP 830 4A30	4A30	PT/R70-3.60	2.95	1.1	6.17	10.91
223407	CM 077 4230	4230	PTO CX+2.20	1.27	0.03	0.33	0.63
223373	SN 156 E 4230	4230	C/BP156+6	0.35	0.03	0.41	0.95
223374	SN 156 E 4230	4230	C/BP+6	0.2	0.01	0.23	0.25
223375	SN 156 E 4230	4230	C/BP156+9	0.22	0.01	0.25	0.06
223376	SN 156 E 4230	4230	C/BP156+9	1.06	0.05	0.39	0.41
223377	SN179-6E	4230	PTSN14+24	0.52	0.02	0.46	0.11
223378	SN179-6E	4230	PTSN14+24	0.79	0.01	0.88	0.3
223379	SN179-6E	4230	PTSN14+24	1.58	0.02	3.79	2.61
223380	SN179-6E	4230	PTSN14+27	0.22	0.01	0.31	0.55
223381	SN179-6E	4230	PTSN14+27	1.38	0.01	1.39	0.12
223382	SN179-6E	4230	PTSN14+27	0.63	0.01	1.24	2.89
223383	SN179-1E	4230	PTSN13+51	16.89	2.2	27.3	4.17
223384	SN179-1E	4230	PTSN13+51	0.71	0.03	2.29	1.57
223385	SN179-1E	4230	PTSN13+51	10.28	0.31	17.63	0.33
223393	SN250-4W	4A30	PTSN5+48	0.8	0.1	2.52	1.8
223394	SN250-4W	4A30	PTSN5+51	5.03	0.61	7.96	7.54
223395	SN250-4E	4A30	C/CX250+57	1.35	0.22	4.74	7.7
223396	SN250-4E	4A30	C/CX250+57	3.03	0.04	13.47	10.55
223397	SN250-5E	4A30	C/CX250+18	0.3	0.01	0.79	2.14
223398	SN250-5E	4A30	C/CX250+18	2.22	0.77	7.64	11.59
223501	SN 156 E 4230	4230	C/BP156+12	0.16	0.01	0.18	0.21
223502	SN 156 E 4230	4230	C/BP 156 + 12	0.12	0.01	0.14	0.15
223503	SN 156 E 4230	4230	C/BP 156+12	0.27	0.01	0.2	0.28
223519	SN 156 E 4230	4230	C/BP156+15	1.2	0.03	0.25	0.57
223520	SN 156 E 4230	4230	C/BP156+15	0.22	0.01	0.08	0.11
223535	SN179-1E	4230	PTO SN27+24	4.47	0.68	5.85	0.76
224330		4230	C/CX77+24	1.87	0.06	0.21	0.2
224331	QLO29-E	4230	C/CX077+24	2.65	0.09	1.2	1.62
224332	QLO29-W	4230	C/VN029+3	10.68	0.32	3.28	7.65
224333	QLO29-W	4230	C/VN029+6	1.12	0.04	0.41	0.91
224334	QLO29-W	4230	C/VN029+9	0.56	0.04	0.32	0.51
224335	QLO29-W	4230	C/VN029+9	3.4	0.12	1.07	2.15
224336	SN335-2E	CAN CH	C/RP156+39	4.81	0.94	6.66	8.47
224337	TJ840	4180	C/CX840+3	55.53	1.33	5.75	6.06
224338	TJ840	4180	C/CX840+6	34.06	0.58	6.11	2.43
224339	TJ840	4180	C/CX840+12	22.56	0.34	2.99	1.51
224340	TJ840	4180	C/CX840+15	22.24	0.4	15.55	2.36
224341	TJ840	4180	C/CX840+18	45.3	0.67	10.62	5.28
224342	TJ840	4180	C/CX840+21	79.1	0.96	14.11	5.83
224343	CM 129 4230	4230		1.3	0.01	1.22	0.29
224382	CM 129 4230	4230		5.13	0.26	5.5	1.2
224483	SN010-E	4330	PTO/SN14+30	3.91	4.25	5.75	5.39

224343	GL029-E	4230	C/OX077+27	0.29	0.01	0.18	0.15
224344	GL029-E	4230	C/OX077+27	1.5	0.07	0.73	0.85
224345	GL029-E	4230	C/OX077+30	14.31	0.56	0.33	0.98
224346	GL029-E	4230	C/OX077+30	0.28	0.02	0.08	0.12
224347	GL029-W	4230	C/VN029+12	0.14	0.01	0.06	0.04
224348	GL029-W	4230	C/VN029+15	5.67	0.18	2.31	3.21
224349	SN335-2W	4230	C/RP156+33	3.18	0.1	11.95	5.78
224350	SN335-2W	4230	C/RP156+33	0.2	0.1	0.36	0.53
224351	SN010-E	4330	PTOSN14+36	4.44	1.87	14.65	15.89
224487	SN179-7E	4230	C/RP179+54	2.67	0.11	2.22	1.02
224488	SN179-7E	4230	C/RP179+54	0.7	0.02	0.34	1.84
224489	SN690	4430	C/RP690+30	1.76	0.38	2.83	3.27
224490	TJ692 NO USAR	4430	C/RP692+10	3.76	0.44	12.27	9.81
224491	TJ692 NO USAR	4430	C/RP692+15	4.42	0.82	10.35	13.26
224492	TJ692 NO USAR	4430	C/RP692+20	10.04	1.15	13.35	19.93
224493	TJ692-W	4430	C/RP692+35	4.7	0.87	9.14	14.8
224494	SN179-7E	4230	C/RP179+57	0.33	0.01	0.18	0.2
224495	SN179-7E	4230	C/RP179+57	0.23	0.01	0.23	0.43
224496	SN179-7E	4230	C/RP179+60	0.63	0.01	1.4	1.73
224497	SN179-7E	4230	C/RP179+60	1	0.02	3.11	4.84
224498	SN179-5E	4230	C/VN179+42	0.87	0.04	0.95	0.62
224499	SN179-5E	4230	C/VN179+42	0.27	0.01	0.29	0.16
224500	SN179-5E	4230	C/VN179+42	0.29	0.01	0.24	0.06
224356	GL029-E	4230	C/OX077+33	5.71	0.16	2.4	1.78
224357	GL029-E	4230	C/OX077+33	0.13	0.01	0.06	0.02
224358	GL029-W	4230	C/VN029+15	3.16	0.13	0.92	0.92
224359	GL029-W	4230	C/VN029+15	8	0.14	6.26	2.83
224360	GL029-W	4230	C/VN029+18	4.18	0.18	0.93	2.08
224361	GL029-W	4230	C/VN029+18	1.29	0.04	0.31	0.35
224362	GL029-W	4230	C/VN029+18	3.96	0.03	1.71	2.94
224701	SN179-5E	4230	C/VN179+45	3.1	0.89	2.72	0.72
224702	SN179-5E	4230	C/VN179+45	0.83	0.07	0.73	0.22
224703	SN179-5E	4230	C/VN179+45	0.64	0.03	0.38	0.28
224704	SN179-5E	4230	C/VN179+48	2.03	0.04	7.48	4
224705	SN179-5E	4230	C/VN179+48	0.96	0.06	1.21	1.83
224706	SN179-7E	4230	C/RP179+63	0.52	0.01	0.44	0.22
224707	SN179-7E	4230	C/RP179+63	1.08	0.02	0.99	0.46
224708	SN179-7E	4230	C/RP179+63	0.43	0.01	0.31	0.18
224709	SN335-2E	4230	C/RP156+42	8.85	0.62	5.05	8.34
224710	SN335-2E	4230	C/RP156+42	6.71	0.45	7.93	5.17
224711	SN335-2W	4230	C/RP156+36	3.35	0.31	7.28	5.44
224712	SN335-2W	4230	C/RP156+36	0.52	0.12	1.15	0.79
224713	SN010-E	4330	PTO/SN17+9	4.96	1.81	13.78	18.85
224714	SN010-E	4330	PTO/SN17+12	4.29	1.71	10.47	21.15
224715	SN010-E	4330	PTO/SN17+12	4.37	1.29	12.74	23.72
224716	SN010-E	4330	PTO/SN17+15	3.83	1.9	8.15	17.85
224363	SN250-4E	4330	PTOSN18+57	0.35	0.04	0.71	2.16

Anexo 7: Perfil de muestreo

