



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y**  
**METALÚRGICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**ESTUDIO GEOECONÓMICO DE LA VETA MATACABALLO EN**  
**LA MINA CAUDALOSA GRANDE, HUANCVELICA**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. ELÍAS ROSAS CHARCA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO GEÓLOGO**

**PUNO - PERÚ**

**2022**



## DEDICATORIA

*Con mucho cariño a mi esposa e hijos como una muestra de superación*

**Bach. ELÍAS ROSAS CHARCA**



## AGRADECIMIENTOS

Al Señor Dios, a mi familia, a mis docentes de la EPIG y a mis compañeros de labor con los que compartimos la preocupación por desarrollar la geología de minas...

**Bach. ELÍAS ROSAS CHARCA**



# ÍNDICE GENERAL

Pág.

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 15**

**ABSTRACT..... 16**

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 17**

**1.2. JUSTIFICACIÓN ..... 18**

**1.3. HIPÓTESIS ..... 19**

**1.4. OBJETIVOS ..... 19**

1.4.1. Objetivo general ..... 19

1.4.2. Objetivos específicos ..... 19

**1.5. VARIABLES ..... 20**

1.5.1. Variable independiente ..... 20

1.5.2. Variable dependiente ..... 20

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS..... 21**



<b>2.2. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>27</b>
2.2.1. Antecedentes internacionales .....	27
2.2.2. Antecedentes nacionales .....	28
2.2.3. Antecedentes locales.....	28
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
<b>3.1. MATERIALES Y EQUIPOS .....</b>	<b>30</b>
<b>3.2. METODOLOGIA DE ESTUDIO.....</b>	<b>31</b>
<b>3.3. MÉTODO TRADICIONAL O CLÁSICO .....</b>	<b>32</b>
<b>3.4. RECOLECCIÓN DE DATOS .....</b>	<b>33</b>
3.4.2. Ancho de Muestra (Potencia) .....	34
3.4.3. Densidad Aparente (T/m <sup>3</sup> ) .....	34
<b>3.6. CONSISTENCIA DE LA BASE DE DATOS .....</b>	<b>36</b>
<b>3.7. ETAPAS DE MODELAMIENTO GEOLÓGICO .....</b>	<b>36</b>
3.7.2. Recolección de datos .....	36
<b>3.8. REVISIÓN DE REGISTROS DE LOGUEO .....</b>	<b>39</b>
<b>3.9. VALIDACIÓN DE LA INFORMACIÓN EN 3D.....</b>	<b>42</b>
<b>3.10. VALIDACIÓN DE MODELOS GEOLÓGICOS.....</b>	<b>43</b>
<b>3.11. MODELOS GEOLÓGICOS ELABORADOS.....</b>	<b>43</b>
<b>3.12. ESTIMACION DE RECURSOS .....</b>	<b>44</b>
3.12.1. Recolección de datos .....	44
3.12.2. Análisis estadístico básico .....	45
3.12.3. Análisis e identificación de valores anómalos.....	47
3.12.4. Determinación de longitud de compuesto.....	50
3.12.5. Variografía.....	51



<b>3.13. CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE RECURSOS.....</b>	<b>57</b>
3.13.1. Recursos medidos.....	57
3.13.2. Recursos indicados.....	58
3.13.3. Recursos inferidos.....	58

## **CAPÍTULO IV**

### **CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

<b>4.1. UBICACIÓN.....</b>	<b>60</b>
<b>4.2. ACCESIBILIDAD.....</b>	<b>62</b>
<b>4.3. FISIOGRAFIA.....</b>	<b>63</b>
<b>4.4. CLIMA.....</b>	<b>64</b>
<b>4.5. HIDROGRAFIA.....</b>	<b>64</b>
<b>4.6. GEOLOGIA LOCAL.....</b>	<b>65</b>
<b>4.7. GEOLOGIA ESTRUCTURAL.....</b>	<b>69</b>
<b>4.8. MINERALIZACION.....</b>	<b>73</b>
<b>4.9. ZONEAMIENTO.....</b>	<b>73</b>
<b>4.10. ALTERACIONES HIDROTERMALES.....</b>	<b>74</b>
<b>4.11. MODELO GEOLOGICO DE YACIMIENTO.....</b>	<b>75</b>

## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS**

<b>5.1. DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOECONÓMICAS DE LA VETA MATA CABALLO.....</b>	<b>77</b>
5.1.1. Mineralogía.....	77
5.1.2. Minerales de mena.....	77
5.1.3. Minerales de ganga: los minerales en la Veta Matacallo son:.....	78
5.1.4. Mineralización.....	78



5.1.5. Zonamiento .....	79
5.1.6. Controles de mineralización .....	80
5.1.7. Alteraciones hidrotermales .....	82
5.1.8. Prospección geoquímica .....	84
5.1.9. Muestreo de canales.....	84
5.1.10. Muestreo de testigos .....	84
<b>5.2. ESTIMACIÓN DE LOS RECURSOS MINERALES DE LA VETA</b>	
<b>MATACABALLO.....</b>	<b>85</b>
5.2.1. Recurso y reserva de la Veta Matacaballo.....	85
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>92</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>93</b>
<b>VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>94</b>
<b>WEBGRAFÍA .....</b>	<b>96</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>97</b>

**Área:** Geología Aplicada

**Línea:** Ingeniería Geotécnica

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 31 de mayo del 2022



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Sondajes diamantinos y canales de muestreo con los campos correctos mencionados anteriormente (Collar-Survey-Assay-litho).....	38
<b>Figura 2.</b> Sondajes diamantinos y canales de muestreo con los campos correctos mencionados anteriormente (Collar-Survey-Assay-litho).....	38
<b>Figura 3.</b> Sección Geológica que muestra el tramo mineralizado es de los 124.00m a 194.20 m finalizando el sondaje en intrusivo. ....	40
<b>Figura 4.</b> Base de datos donde se visualiza la relación de inicio de Mineralización de los 124.00 m a 194.20 m finalizando la descripción en intrusivo. ....	40
<b>Figura 5.</b> Se observa la relación de logueos geológico, sección geológica y base de datos en la cual podemos verificar que el inicio de mineralización es de los 124.00 m .....	41
<b>Figura 6.</b> Se observa la relación de logueos geológico, sección geológica y base de datos en la cual podemos verificar el término de mineralización es a los 194.20 m continuando con intrusivo.....	42
<b>Figura 7.</b> Dirección incorrecta de sondaje diamantino(rojo). Posible dirección correcta de sondaje diamantino(amarillo). ....	42
<b>Figura 8.</b> Modelo geológico donde se muestra los taladros de impacto y tramos mineralizados dentro del modelo geológico, así como el dominio geológico de sulfuros económicos y la pirita(ganga). ....	43
<b>Figura 9.</b> Modelo geológico cuerpo Esperanza donde se muestra los taladros de impacto y tramos mineralizados dentro del modelo geológico, así	





	como el dominio geológico de sulfuros económicos y la piritita (ganga).....	44
<b>Figura 10.</b>	Mediante el Histograma para Zn de la data completa se puede observar una sola población con sesgo a la derecha del mismo modo un resumen de algunos datos estadísticos que servirán para el análisis. ....	46
<b>Figura 11.</b>	Histograma para el Zn con datos que están intersectados dentro del modelo geológico, se puede observar que la ley media del Zn incrementa en relación a la población original. ....	47
<b>Figura 12.</b>	Histograma para el Zn con posibles valores anómalos en amarillo se debe analizar cuanto afectan, cambiar su valor original por un valor de Capping a la ley media de los datos.....	48
<b>Figura 13.</b>	En este probability plot se muestra donde se podría hacer Capping, la curva muestra cierta continuidad y un cambio abrupto, este quiebre podría ser el valor por el cual se reemplazarían los valores anómalos siempre y cuando no modifique en gran porcentaje la ley media original.....	48
<b>Figura 14.</b>	Histograma para determinar la posible longitud de composito a 1.1m, 1m, 1.9m, 0.978m. Se debe analizar las diferentes longitudes y verificar el comportamiento de la ley media, así como el número de muestras en cada una de estas posibles longitudes.....	50
<b>Figura 15.</b>	Variogramas experimental para el Zn, donde se muestra cierta correlación en las muestras, se podría ajustar un Variograma teórico con estos variogramas.....	52
<b>Figura 16.</b>	Mapa variografico para el Zn. ....	53
<b>Figura 17.</b>	Posible elipsoide de búsqueda para el Zn.....	54



<b>Figura 18.</b>	Validación Cruzada Para el Zn, donde se muestra la media de los compósitos vs la media estimada.....	55
<b>Figura 19.</b>	Validación visual de compositos vs modelos estimados .....	56
<b>Figura 20.</b>	Clasificación y relación entre recursos y reservas.....	59
<b>Figura 21.</b>	Clasificación de Recursos Cuerpo Angelita medido(rojo), indicado(verde), inferido (azul).....	59
<b>Figura 22.</b>	Ubicación de la zona de estudio .....	61
<b>Figura 23.</b>	Accesibilidad a la zona de estudio.....	63
<b>Figura 24.</b>	Panorámica Mina.....	64
<b>Figura 25.</b>	Cuenca del río Pampas .....	65
<b>Figura 26.</b>	Corte esquemático idealizado de un yacimiento filoneano epitermal modelo de yacimiento tipo bonanza. ....	76
<b>Figura 27.</b>	Principales estilos de mineralización en el distrito de Castrovirreyna .....	79
<b>Figura 28.</b>	Zonamiento del yacimiento Castrovirreyna .....	80
<b>Figura 29.</b>	Reconstrucción del distrito de Castrovirreyna.....	82



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Estadística básica para la base de datos completa de todos los elementos a estimar Ag, Pb, Cu, Zn, Au. Se presentan medidas de tendencia central y de dispersión. ....	45
<b>Tabla 2.</b> Estadística básica para la base que se encuentran dentro del modelo geológico hacemos esto con la finalidad de ver el comportamiento de la zona mineralizada y si cambian la ley media en función a la data completa. Se puede observar que existe variación en la ley media en relación a la data original. ....	46
<b>Tabla 3.</b> Estadística básica para los datos con valores anómalos reemplazados por un Capping o valor máximo verificamos el comportamiento de la ley media de la data original. ....	49
<b>Tabla 4.</b> Estadística básica para los datos compositados a 1.1 m. ....	51
<b>Tabla 5.</b> Diferencia relativa de compositos con los métodos de interpolación OK y IDW.....	57
<b>Tabla 6.</b> Alcance para recursos medidos.....	57
<b>Tabla 7.</b> Alcance para recursos indicados.....	58
<b>Tabla 8.</b> Accesibilidad a la zona de estudio .....	62
<b>Tabla 9.</b> Zonamiento general Castrovirreyna.....	74
<b>Tabla 10.</b> Reservas probadas+probales .....	85
<b>Tabla 11.</b> Recursos medido+indicado .....	86
<b>Tabla 12.</b> Recurso inferido .....	86
<b>Tabla 13.</b> Recurso mineral roto (relleno mineralizado) .....	87
<b>Tabla 14.</b> Recurso potencial.....	87



<b>Tabla 15.</b> Reserva probado x bloques .....	88
<b>Tabla 16.</b> Reserva probable x bloques .....	88
<b>Tabla 17.</b> Recurso medido x bloques .....	89
<b>Tabla 18.</b> Recurso indicado x bloques .....	89
<b>Tabla 19.</b> Recurso inferido x bloques .....	90
<b>Tabla 20.</b> Recurso mineral roto (relleno mineralizado) x bloques.....	91
<b>Tabla 21.</b> Recurso potencial x bloques .....	91



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

### SIGLAS

INGEMMET: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico

DDH: Diamond Drill Hole (Sondaje de perforación diamantina)

UTM: Universal Transversal Mercator

WGS-84: World Geodetic System 1984

### UNIDADES DE MEDIDA

Km: Kilometro

m: Metro

m<sup>3</sup>: Metro cubico

mm: Milímetro

cm: Centímetro

### ABREVIATURAS GEOLOGICAS

Arg: Argilización

Bz: Buzamiento

Ts-ca: **Volcánicos Caudalosa**

Ts-ma: **Volcánicos Madonna**

Rb: Rumbo

E: Este

F: Falla

N: Norte

NN: Interpolación por el Vecino más cercano

Nv: Nivel

NW: Nor – Oeste

QA/QC: Control y Aseguramiento de Calidad



Qh-al: Cuaternario Aluvial

RQD: Rock Quality Designation

S: Sur

## **MINERALES**

Ag: Plata

Apy: Arsenopirita

Au: Oro

Clo: Clorita

Clor: Cloritización

Cpy: Calcopirita

Cu: Cobre

Gn: Galena

Prou: Proustita

Pir: Pirargirita

Ox: Oxidación

Py: Pirita

Qz: Cuarzo

Sf: Esfalerita

Zn: Zinc



## RESUMEN

El área de estudio se encuentra localizada en la Provincia de Castrovirreyna, en el Departamento de Huancavelica, región del mismo nombre, el relieve es variable, representa fuertes y pronunciadas laderas, con laderas rocosas muy pronunciadas, cortadas por quebradas de pendientes abruptas en las laderas. La geología regional se compone de rocas sedimentarias, volcano-sedimentarias del grupo Excelsior Ordovísico, continúa con rocas sedimentarias y volcano-sedimentarias del Paleozoico Ambo, Tarma-Copacabana y Mitu. En la intersección geológica de este paquete sedimentario y los intrusivos se encuentra la Veta Matacaballo motivo de estudio del presente informe. El objetivo fue caracterizar la geología económica de la veta Matacaballo, se emplearon diversas metodologías para lograr los objetivos específicos, destacando las de: mapeo de campo, muestreo sistemático perforación diamantina, logueo geológico de cores y muestreo de cores correspondiente, para el co-proceso y modelamiento se utilizó el paquete Vulcan, se obtuvo como resultado del inventario de reservas **1'179,042** Toneladas Métricas con Leyes promedio de. 4.87. Oz/TM. Ag Au. 0.429 Gr./TM., 1.24 %Pb., 2.08 % Zn. Y 2.08% de Zn.

**Palabras clave:** *Geoeconomía, Huancavelica, recurso mineral, veta Matacaballo*



## ABSTRACT

The study area is located in the Province of Castrovirreyna, in the Department of Huancavelica, region of the same name, the relief is variable, it represents strong and pronounced slopes, with very pronounced rocky slopes, cut by ravines with steep slopes on the slopes. . The regional geology is composed of sedimentary, volcano-sedimentary rocks of the Excelsior Ordoviscic group, continues with sedimentary and volcano-sedimentary rocks of the Paleozoic Ambo, Tarma-Copacabana and Mitu. At the geological intersection of this sedimentary package and the intrusives is the Mataballo Vein, the subject of study of this report. The objective was to characterize the economic geology of the Mataballo vein, various methodologies were used to achieve the specific objectives, highlighting those of: field mapping, systematic diamond drilling sampling, geological core logging and corresponding core sampling, for the co-process and modeling the Vulcan package was used, it was obtained as a result of the inventory of reserves 1'179,042 Metric Tons with average Laws of. 4.87. Oz/MT. Ag ,Au. 0.429 Gr./MT., 1.24% Pb., 2.08% Zn.

**Key words:** *Geoecconomy, Huancavelica, mineral resource, Mataballo vein.*





# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

La información tomada en el campo se complementa con el logueo geológico de testigos, luego se modeliza para controlar las leyes y finalmente se interpretan los resultados en la toma de decisiones tanto si son labores de exploración como de explotación.

La observación del comportamiento geológico, estructural y alteraciones de las vetas ha permitido ir identificando una serie de modelos conocidos y el modelo adecuado a la veta Mataballo es el Modelo de bonanza. La comunidad minera ha ido definiendo, cada vez con más detalle, los posibles métodos para obtener mayor eficiencia en la cubicación de reservas y, además, para muchos de ellos, ha podido incluso establecer unos procedimientos de evaluación o cálculo de los márgenes de seguridad que existen en función de los valores de los parámetros físicos que controlan las vetas y su valor económico.

Para el presente estudio hemos seguido un diseño de investigación de tipo mixto tanto cualitativo como cuantitativo y es lo que detallaremos ordenadamente a continuación.

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En el panorama internacional actualmente existe un acercamiento hacia las metodologías basadas en The Joint Ore Reserves Committee (JORC), dado que la estimación de recursos es esencial para las inversiones mineras, el cálculo del tonelaje y la ley debe ser lo más confiable posible.



Las civilizaciones a lo largo de la historia en mayor o menor grado dependieron de la actividad minera, que es tan antigua como el hombre mismo. La minería en el Perú es una actividad muy antigua, practicada desde épocas muy lejanas, pues los excelentes trabajos en oro, plata, cobre y piedras preciosas dejados en las tumbas preincaicas e incas demuestran la alta tecnología que utilizaban para expresar su arte, para su admiración eterna en el mundo. (Bateman & Amoró Traductor, 1957) Dada la importancia esencial de los minerales para la actividad humana, existe la necesidad de conocer mejor el potencial mineralógico, en este caso de las vetas que componen las reservas de vetas de Matacaballo, y definir y cuantificar el mineral. Para que la veta Matacaballo, que motivó nuestro estudio, puedan ser considerados económicas, deben demostrar suficiente disponibilidad de material dentro de ella para ser rentable y justificar su explotación. De esta forma, podemos mirar a futuras inversiones con gran optimismo.

Los procedimientos que actualmente se utilizan para evaluar y explotar las vetas requieren la identificación de unos modelos específicos, razón por la cual nos planteamos la siguiente interrogante: ¿Qué relación existe entre la geología y los recursos minerales de la veta Matacaballo en la Mina Caudalosa Grande?

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

La demanda y el precio de los minerales a la fecha se cotizan en un rango promedio de: la plata 23.41 USD/Oz, el Zinc 3533,00 USD/TM y el Plomo 2381,00 USD/TM, esto permite que el mineral sea económicamente explotable. Estos valores son actualizados a la fecha: Febrero del 2022.

Este actual precio de los minerales que se mantiene promedio durante estos últimos años ha hecho que los trabajos de exploración continúen, ya que en años



anteriores el precio de los minerales llegó a alcanzar un pico alto a nivel mundial de una manera considerable.

Siendo uno de los yacimientos más importantes y conocidos a nivel mundial como una de las vetas de mayor riqueza de la Corporación Minera Castrovirreyna es que se continuó con trabajos de exploración hacia el oeste de la Veta Matacaballo.

La CIA Corporación Minera Castrovirreyna, Unidad Minera caudalosa Grande se proyecta realizar una nueva campaña de muestreo sistemático en galerías, chimeneas, superficiales, por lo cual se decide la realización del presente proyecto.

### **1.3. HIPÓTESIS**

- Existe relación entre el estudio geoeconómico y la estimación de reservas de la veta Matacaballo en la Mina Caudalosa Grande, Huancavelica.

### **1.4. OBJETIVOS**

#### **1.4.1. Objetivo general**

- Determinar la relación entre el estudio geoeconómico y la estimación de reservas de la veta Matacaballo en la Mina Caudalosa Grande, Huancavelica.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Describir las características geoeconómicas de la veta Matacaballo en la Mina Caudalosa Grande, Huancavelica.
- Estimar las reservas de la veta Matacaballo en la Mina Caudalosa Grande.



## **1.5. VARIABLES**

### **1.5.1. Variable independiente**

- Recursos minerales

### **1.5.2. Variable dependiente**

- Veta Matabalho



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

**Veta:** Depósito tabular formado generalmente por la deposición de minerales y vetas en espacios abiertos en una falla o fractura, o alternativamente por desplazamiento. Corresponde a mineralización estructuralmente controlada. Yacimiento constituido por un cuerpo alargado de minerales delimitado por planicies rocosas irregulares denominadas encajonantes, en general la veta es vertical. Cuando el cuerpo mineral aparece tendido o echado, se denomina manto. Las vetas son el tipo más común de desechos en nuestro entorno. (Arroyo, 2011)

**Mena:** Un mineral o minerales que pueden ser beneficiados y extraídos de una roca con ganancia económica (utilidad). Es un agregado mineral sólido, natural, utilizable, ya sea tal como se extrae o del cual uno o más componentes valiosos se pueden recuperar económicamente. (Dávila, 1999)

**Ganga:** Aquellos minerales que se encuentran con los minerales de mena, pero no tienen valor económico. (Arroyo, 2011)

**Mina:** Corresponde al trabajo de exploración de un yacimiento, que pueden ser subterráneas o a cielo abierto. (García, 2013)

**Recursos:** Un recurso mineral es un tonelaje o volumen de roca mineralizada u otro material de interés económico intrínseco cuyas leyes, límites y otras características apropiadas se reconocen con cierta certeza y que son candidatos para la extracción económica. La cantidad, ley, características geológicas y continuidad de un recurso



mineral se conocen, estiman o interpretan con base en datos geológicos y conocimientos específicos del yacimiento.

**Tipos de recurso:** Los recursos minerales se clasifican en categorías inferidas, indicadas y medidas según su confianza geológica creciente.

**Recursos minerales:** Son la porción de recursos medido o indicado económicamente extraíble la cual incluye factores geológicos, metalúrgicos, geotécnicos, medioambientales, sociales y gubernamentales. El cálculo de reservas busca entregar el potencial económico que pueden tener los recursos mineros dando origen a diseños mineros que sustentan el plan minero a partir del cual es calculado el flujo de caja del proyecto (García, 2013).

**Recurso Mineral Medido (Probado):** Es el recurso que tanto tonelaje, densidades, forma, características físicas, leyes y contenido mineral pueden estimarse con un alto nivel de confianza, el estimado se basa en información confiable y detallada de exploración, muestreo y pruebas reunidas con técnicas adecuadas de lugares tales como los afloramientos, trincheras, pozos, labores mineras, beneficios y taladros; los lugares están espaciados con proximidad suficiente que permite confirmar la continuidad geológica, mediante muestreo adecuadamente espaciado, sondeos y labores mineras.

La confianza en el grado de conocimiento de la geología y controles del yacimiento es suficiente como para permitir la aplicación adecuada de los parámetros técnicos y económicos como para posibilitar una evaluación de viabilidad económica. (García, 2013).



**Recurso Mineral Indicado (Probable):** Es un recurso cuyo tonelaje, morfología, características físicas, leyes y contenido mineral se estiman con un nivel de confianza mediante razonables.

El estimado se basa en la información de exploración, muestreo y pruebas reunidas con técnicas apropiadas de lugares tales como afloramientos, trincheras, pozos, labores mineras, (cateos), beneficios y taladros; no obstante, los lugares están demasiado distantes o inadecuadamente espaciados para confirmar la continuidad geológica y de leyes.

La confianza en el estimado resulta suficientemente alta como para aplicar los parámetros técnicos y económicos para una posible evaluación de prefactibilidad económica. (García, 2013).

**Recurso Inferido:** es un recurso mineral cuyo tonelaje, leyes y contenidos minerales pueden estimarse con un *bajo nivel de confianza geológica*; resulta inferido por evidencias geológicas (afloramientos aislados) y leyes asumidas por muestreos superficiales, pero no verificadas en profundidad.

La confianza en el estimado es insuficiente como para aplicar parámetros técnicos y económicos, o realizar una evaluación económica de prefactibilidad que merezca dar a conocer al público. (Tulcanaza, 2003)

**Recurso Mineral Potencial:** En adición a las reservas y recursos de mineral. En algunos casos, ha sido definido a través de exploración distrital y regional y es una clasificación meramente referencial. (Tulcanaza, 2003)

**Reservas probadas:** Tal y como el término lo indica, “reservas probadas” se refiere a aquel mineral que se encuentra completamente expuesto o lo que es lo mismo,



conocido por los cuatro lados que limitan al bloque que lo contiene, el cual además deberá encontrarse en disposición inmediata para ser extraído por el método de minado seleccionado (García, 2013).

**Reservas probables:** Es la parte económicamente extraíble de un recurso mineral indicado. Esta Reserva incluye los materiales de dilución y los materiales por mermas que puedan ocurrir durante la explotación y tratamiento de mineral.

Son representadas por el mineral cuya ocurrencia, para efectos de estimación, se encuentra razonablemente asegurada, pero sin una certeza absoluta. Se le puede asignar una ley conservadoramente definida, a menos que las obras de extracción hayan avanzado hasta el punto en que el mineral probable pueda ser integrado como mineral explotable. La ley asignada a la mayoría de los bloques “probables” puede ser La ley determina los bloques continuos clasificados como “probados” (García, 2013).

**Depósitos epitermales:** Son definidos como productos relacionados a volcanismo con actividad hidrotermal a poca profundidad y de bajas temperaturas (Guilbert y Park, 1986).

Aquellos en los que la mineralización ocurrió dentro de 1 a 2Km de profundidad desde la superficie terrestre y se depositó a partir de fluidos hidrotermales calientes. Los fluidos se estiman en el rango desde <math>100^{\circ}\text{C}</math> hasta unos .

Un gran número de depósitos epitermales están asociados a estructuras de origen volcánico, en especial calderas y complejos andesíticos, así mismo, existe un importante control de este tipo de depósitos por parte de fallas de escala regional, en zonas de intensa fractura miento dentro de un régimen extensional (Nieto-Samaniego *et al.*, 2005).





Dichas fallas determinan la localización de los depósitos y actúan como guía para el emplazamiento de la fuente de calor magmática necesaria para la subsecuente actividad hidrotermal (Hedenquist, 1986; Fournier, 1987), que controla la duración de dicha actividad. Pero, aunque las fallas de orden mayor ejercen un control directo sobre el emplazamiento de la mineralización, ésta suele disponerse de forma preferencial en fallas subsidiarias (White y Hedenquist, 1990).

La mineralización epitermal puede formarse a partir de dos tipos de fluidos químicamente distintos. Los de “baja sulfuración” son reducidos y tienen un pH cercano a neutro (la medida de concentración de iones de hidrógeno) y los fluidos de “alta sulfuración”, los cuales son más oxidados y ácidos.

Los términos de alta y baja sulfuración fueron introducidos por (Hedenquist, 1987) y se refieren al estado de oxidación del azufre.

En los de alta sulfuración el azufre se presenta como S en forma de  $\text{SO}_2$  (oxidado) y en los de baja sulfuración como  $\text{S}^{4+ 2-}$  en forma de  $\text{H}_2\text{S}$  (reducido).

Los fluidos de baja sulfuración (BS) son una mezcla de aguas-lluvias (aguas meteóricas) que han percolado a subsuperficie y aguas magmáticas (derivadas de una fuente de roca fundida a mayor profundidad en la tierra) que han ascendido hacia la superficie.

Los metales preciosos han sido transportados en solución como iones complejos (en general bi-sulfurados a niveles epitermales; clorurados a niveles más profundos) y para fluidos de baja sulfuración la precipitación de metales ocurre cuando el fluido hierve al acercarse a la superficie (ebullición).



En ambos tipos de depósitos (BS y AS) los fluidos circulan hacia la superficie a través de fracturas en las rocas y la mineralización a menudo se presenta en esos conductos, pero también pueden circular por niveles de rocas permeables y eventualmente mineralizar ciertos estratos (Hedenquist, 1987).

**Depósitos Epitermales de Baja Sulfuración:** Se desarrollan en un ambiente geotérmico dominado por aguas clorurada con fuerte circulación de agua a profundidad (principalmente de origen meteórico). Los fluidos de baja sulfuración generalmente forman vetas de relleno de metales preciosos o series de vetas y venillas más delgadas denominadas "stockwork" o "sheeted-veins". Los sistemas geotérmicos típicos ocurren a cierta distancia de un edificio volcánico, a veces pueden ocurrir en áreas sin actividad volcánica simultánea, generalmente se originan a partir de intrusiones ubicadas a 5-6 km debajo de la superficie. (Hedenquist *et al.*, 2000)

Debido a las condiciones hidrostáticas y de baja presión en las que se forman, los depósitos epitermales exhiben una amplia variedad de formas y estilos de mineralización, incluidas vetas, brechas hidrotermales, "stockworks" pilas de almacenamiento y disseminaciones o reemplazamientos. (Sillitoe, 1999)

La variedad de formas refleja la influencia de los controles de mineralización que representan zonas de permeabilidad en la parte inferior de sistemas hidrotermales previamente activos. (Camprubí *et al.*, 2003)

La permeabilidad de las rocas determina el flujo de los fluidos y los mecanismos de precipitación mineral ("boiling" o "mixing"). La roca permeable en los depósitos epitermales se puede proporcionar estructural, hidrotermal y/o litológicamente. (Sillitoe, 1999)



## 2.2. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 2.2.1. Antecedentes internacionales

Salinas (2020), en su trabajo titulado Generación de Zonas Homogéneas Geoeconómicas del sector oriental del Municipio de Fusagasugá utilizando el proceso analítico jerárquico-AHP. Señala lo siguiente:

La elaboración de la investigación de zonas homogéneas físicas, geoeconómicas y determinación del valor unitario según tipo M51400-01 17V.1” y se complementa con una metodología multicriterio utilizada en la evaluación de inmuebles para la asignación de pesos y ponderación de las variables explicativas, dependiendo de su importancia, permiten estimar y generar zonas geoeconómicas homogéneas. con la caracterización de estas variables. Luego de la conformación de estas superficies, se definen las variables que inciden directamente en el valor del inmueble, las cuales forman la base para la conformación de las matrices de comparación, las cuales son diligenciadas por un panel de expertos. Esta información se procesa en términos estadísticos para asignar los factores AHP, que afectan los procesos de análisis de valoración económica. Los resultados obtenidos durante el AHP se utilizan en conjunto con un estudio de mercado, a través de la búsqueda de ofertas de venta de inmuebles y valores específicos en el área de investigación con la respectiva ubicación sobre el terreno. Finalmente, a través de las zonas geoeconómicas homogenizadas previamente delineadas, el estudio de mercado y la correlación de datos obtenidos durante el Proceso Analítico Jerárquico (AHP).



### **2.2.2. Antecedentes nacionales**

Zuloaga (2021) en su Evaluación Técnica Económica para incrementar la producción de mineral de la concesión minera Víctor-Jesús - provincia de Pataz - La Libertad. Señala que:

El propósito del presente estudio es analizar el incremento de la producción de mineral de la concesión minera Víctor Jesús en la provincia de Pataz - La Libertad. En particular, el objetivo es evaluar técnica y económicamente el aumento de la producción de las reservas remanentes en la concesión minera. El historial de producción planificado originalmente se registró y analizó para actualizar las reservas restantes.

### **2.2.3. Antecedentes locales**

Huisa (2019), en su trabajo de evaluación litológica y estructural del sistema de fallas mina Orión – Atiquipa.

Manifiesta el autor el objetivo fue identificar las unidades litológicas, la dirección de esfuerzos y la cinemática del sistema de fallas utilizando la metodología de: diedros rectos. La configuración geológica del depósito en las Súper Unidades Tiabaya y Linga del Cretácico Superior, compuesto además por rocas sedimentarias del Jurásico Superior (Fm Labra, Fm Cachíos), rocas hipabisales del Cretácico Inferior al Cretácico Superior (Volcánica Bella Unión). Los intrusivos se caracterizan por diorita y monzonita (monzogranito), donde presentan leves metasomatismos de potasio y microdiques de monzonita. Además, la presencia de diques andesíticos (brecha) es una plomada metálica para la mineralización del yacimiento. Se identificaron cinco (5) sistemas de fallas, correspondiendo los Sistemas I y II a vetas y fallas reactivadas, III, IV y V a fallas controladas por el sistema regional de fallas del Sistema Iquipi-Clavelinas. El depósito presenta tensores de tensión variables dependiendo de la tectónica, el análisis cinemático



muestra que la falla Ângela es de movimiento dextral con componente normal que desplaza las vetas Indio-Francia 209,00 metros verticalmente y 286,00 metros horizontalmente, generada por la activaci3n y reactivaci3n de errores, en algunos casos acompaãando a las vetas. La mineralizaci3n en el dep3sito consiste principalmente en oro nativo asociado con pirita, calcopirita, bornita, goethita, limonita, cuarzo, yeso, calcita, pirrotita, magnetita, raramente actinolita, especularita y molibdenita.



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. MATERIALES Y EQUIPOS

Para el presente proyecto de investigación se utilizaron los siguientes equipos y materiales, tanto en campo y gabinete según se detalla:

##### A. Infraestructura

- Campamento Minero y un laboratorio múltiple

##### B. Equipos

- 02 GPS Garmin
- 02 Brújula Bunton
- 02 Laptop
- Una estación total
- Una perforadora diamantina Hidrocorp Serie 2
- Una cortadora de testigos Norton Clipper CM32
- Un microscopio óptico marca LEITZ
- Un microscopio electrónico Quanta 200 marca FEI
- Un horno UTD-1295 para el secado de las muestras
- Una balanza digital



### **C. Herramientas**

- Dos unidades de picota de geólogo
- Dos unidades de lupa de 20X acromática
- Una wincha métrica (50 m)
- Un calibrador Vernier

### **D. Materiales**

- 16 paquetes de bolsa de muestreo
- 08 paquetes de talonario de muestreo
- 04 unidades de mochila de lona
- 100 ml de ácido clorhídrico
- 02 litros de solución Zinc Zap

## **3.2. METODOLOGIA DE ESTUDIO**

El tipo de investigación fue, descriptiva. Porque busca especificar las características y atributos de la veta Matacaballo.

En cuanto a la metodología esta se realizó en trabajo en campo y gabinete para cumplir el estudio geoeconómico se describieron las características geológicas tanto de la zona de veta como de las cajas y se aproximó a un modelo de yacimiento conocido como modelo bonanza. Para estimar las reservas se elaboraron secciones geológicas de la zona de veta para establecer el bloqueo y el inventario correspondiente, luego con la ayuda de paquetes estadísticos Data Mine se normalizaron las leyes; se replantearon los



taladros aproximando a un modelo 3D para obtener el inventario de reservas luego del co proceso de la data correspondiente.

Los principales métodos y procedimientos a través de los cuales los recursos minerales pueden ser categorizados en la veta Matacaballo se dividen en 2 grupos: (1) Métodos Tradicionales o Clásicos y (2) Métodos Geoestadísticos.

### **3.3. MÉTODO TRADICIONAL O CLÁSICO**

Este método es poco usado en Castrovirreyna, su aplicación es en estructuras mineralizadas lenticulares pequeños, en algunos casos irregulares en su geometría, estos oscilan entre 20 a 50 metros de largo y 2 a 4 metros de ancho. Es un método sencillo, que se basa en criterios meramente geométricos.

El método tradicional o clásico ha demostrado su valor con el paso del tiempo, pero está siendo reemplazado cada vez más por métodos geoestadísticos. Los métodos clásicos siguen siendo aplicables en situaciones en las que incluso pueden lograr resultados óptimos. Es necesario evaluar críticamente el uso de la geoestadística antes de descartar por completo las técnicas tradicionales.

El uso de técnicas geoestadísticas (kriging) presupone la existencia de una red de exploración que permita la creación de modelos matemáticos que describan la continuidad espacial de la mineralización del yacimiento en evaluación, donde no se cuenta con suficiente información exploratoria o la variabilidad es extrema, y los resultados son distorsionados.

El Método que utilizamos para la estimación de Recursos Minerales en la veta Matacaballo, es el método de secciones y áreas.





Los procedimientos de la estimación de recursos por el método clásico, comprende los siguientes parámetros:

### **3.4. RECOLECCIÓN DE DATOS**

Dentro de este procedimiento, se toma en consideración la siguiente información:

#### **3.4.1. Las leyes**

Que se obtienen por procesos de muestreo en labores mineras (Tajeos, Cruceros, Subniveles, Chimeneas, etc.) y de muestreo de taladros de perforaciones diamantinas. Dentro del muestreo se contempla el Aseguramiento y Control de Calidad (QA/QC); El proceso de muestreo está bien detallado en el manual de métodos y procedimientos de muestreo, así como el manual de protocolos de QA/QC. Preparado y desarrollado por el departamento de Geología.

Las variables (leyes) que se consideran para la estimación de los recursos minerales son:

- Plata (Ag en gramos)
- Plomo (Pb en %)
- Cobre (Cu en %)
- Zinc (Zn en %)
- Oro (Au en gramos).
- Arsénico (As en %)



El método de análisis que se utiliza en el laboratorio químico de la empresa, es el método de Espectroscopia de Absorción Atómica (EAA), para lo cual, el laboratorio de cuenta con 2 equipos de EAA.

#### **3.4.2. Ancho de Muestra (Potencia)**

En metros, es otra variable que se considera para la estimación de recursos minerales, para definir el ancho de la estructura y para la ponderación de los promedios de las leyes.

#### **3.4.3. Densidad Aparente (T/m<sup>3</sup>)**

Variable para calcular el tonelaje, el cual se determina en el laboratorio de por el método de la Fiola, el proceso es tomar muestras sistemáticas y enviadas al laboratorio; este método de la Fiola se va a dejar de utilizar, debido a que no es apropiado para medir la densidad aparente, ya que solo mide la densidad de las partículas finamente pulverizadas, por lo que no tiene en cuenta la porosidad natural. Los métodos que está implementando el Dpto. de Geología para la determinación de la densidad aparente es el método de densidad in Situ, El método del pie de Rey (Para testigos de perforación Diamantina) y el método de Arquímedes. La determinación de la densidad aparente se detalla en el manual de métodos y procedimientos de muestreo.

Para la estimación de Recursos Minerales, se considera la metodología de análisis Geoestadístico, que es un conjunto de herramientas estadísticas para el estudio de variables, distribuidas en el espacio, las herramientas Geoestadísticas son herramientas matemáticas, no son geológicas, el valor de una variable en un punto en el espacio depende de los valores de los puntos cercanos y de su distancia al punto a interpolar.

La obtención de los datos principales del imput son:



1. Recolección de Datos: Mapeos Geológicos, logueos, toma de muestras, ensayos, Medición de desviación de Taladros, (QA/QC).
2. Modelamiento Geológico. (QA/QC)
3. Análisis Exploratorio de Datos (AED).
4. Variografía
5. Interpolación.
6. Validación.
7. Estimación
8. Clasificación de Recursos
9. Reconciliación.
10. Reporte Final de Estimación.

Esta metodología se realizó para lograr obtener los modelos geológicos y la estimación de recursos. El objetivo final es la actualización del inventario de recursos.

En este trabajo se explica las implicancias en la elaboración de modelos geológicos de los diferentes cuerpos mineralizados, así mismo se realiza un proceso de estimación de recursos con estos modelos geológicos elaborados y validados por el área de geología los cuales se describen a continuación:



### **3.5. MODELO GEOLÓGICO**

El modelo geológico es una representación gráfica en 3 dimensiones de los cuerpos mineralizados, donde se puede observar características de su comportamiento, volumen, dominios geológicos preferenciales para una posterior estimación de recursos.

### **3.6. CONSISTENCIA DE LA BASE DE DATOS**

Antes de generar los modelos geológicos se debe verificar que los datos obtenidos de las perforaciones (loggeo geológico), muestreo de canales, análisis de laboratorio y tramos mineralizados tengan la misma información cargada en la base de datos que se genera en formato Excel, del mismo modo se debe verificar la posición real de los taladros(x,y,z), dirección(Azimut) e inclinación(Dip), correcta de los sondajes.

### **3.7. ETAPAS DE MODELAMIENTO GEOLÓGICO**

El modelamiento geológico permite obtener una mejor interpretación del comportamiento de los cuerpos mineralizados.

#### **3.7.1. Objetivo del modelamiento**

El objetivo principal del modelamiento geológico es obtener una representación gráfica en 3D la cual nos sirva para poder realizar la estimación de recursos.

#### **3.7.2. Recolección de datos**

La información necesaria que se requiere en el modelamiento geológico como en la estimación de recursos se describen a continuación:



**Collar:**

Tabla que contiene información de la ubicación espacial de las perforaciones diamantinas, canales de muestreo que se realizan en interior mina o superficie.

**Survey:**

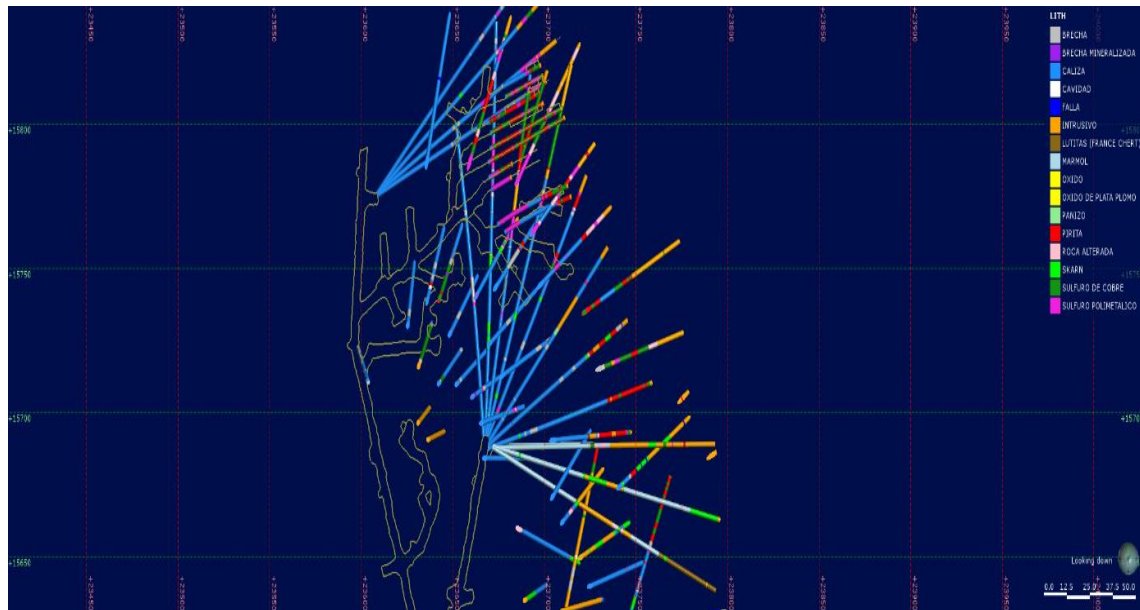
Tabla que contiene información de la dirección (Azimut) e inclinación (Dip) de los sondajes diamantinos los cuales se llevan a cabo mediante pruebas de desviación réflex.

**Assay:**

Tabla que contiene información de los análisis de laboratorio que se realizan en muestras de tramos mineralizados en sondajes diamantinos, muestreo de canales. Aquí se muestra el valor o ley que se tiene de los elementos analizados ya sea Ag, Pb, Cu, Zn, Au, As, Fe.

**Litho:**

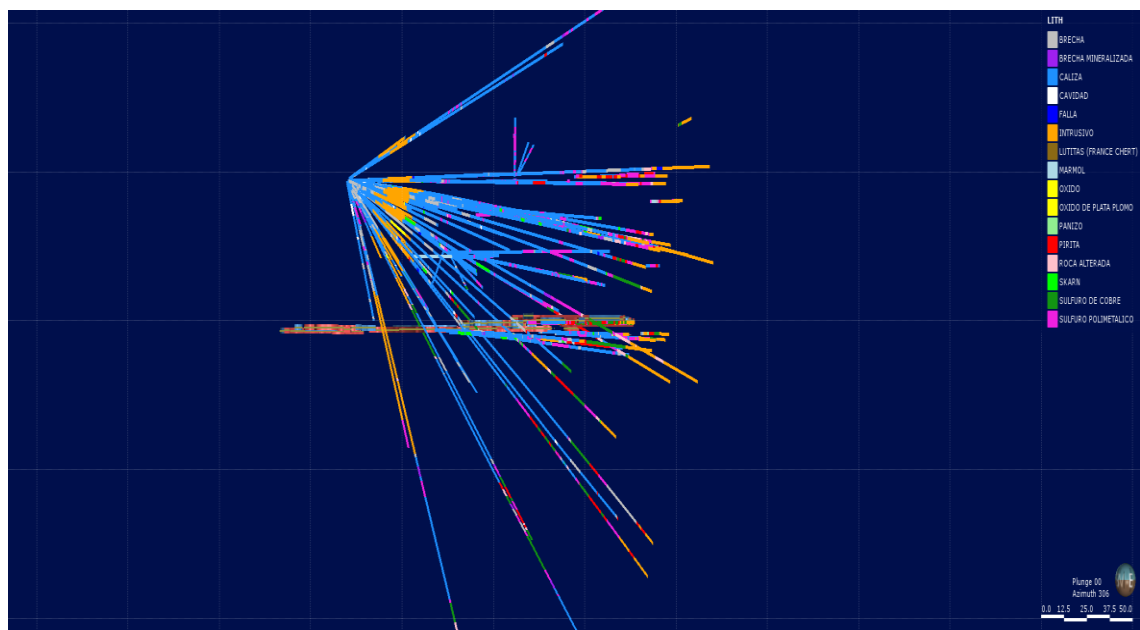
Tabla que contiene la información geológica de los sondajes diamantinos, aquí se muestra la geología, zonas mineralizadas, etc.



**Figura 1.** Sondajes diamantinos y canales de muestreo con los campos correctos

mencionados anteriormente (Collar-Survey-Assay-litho).

**Fuente:** Ing. Carlos D.



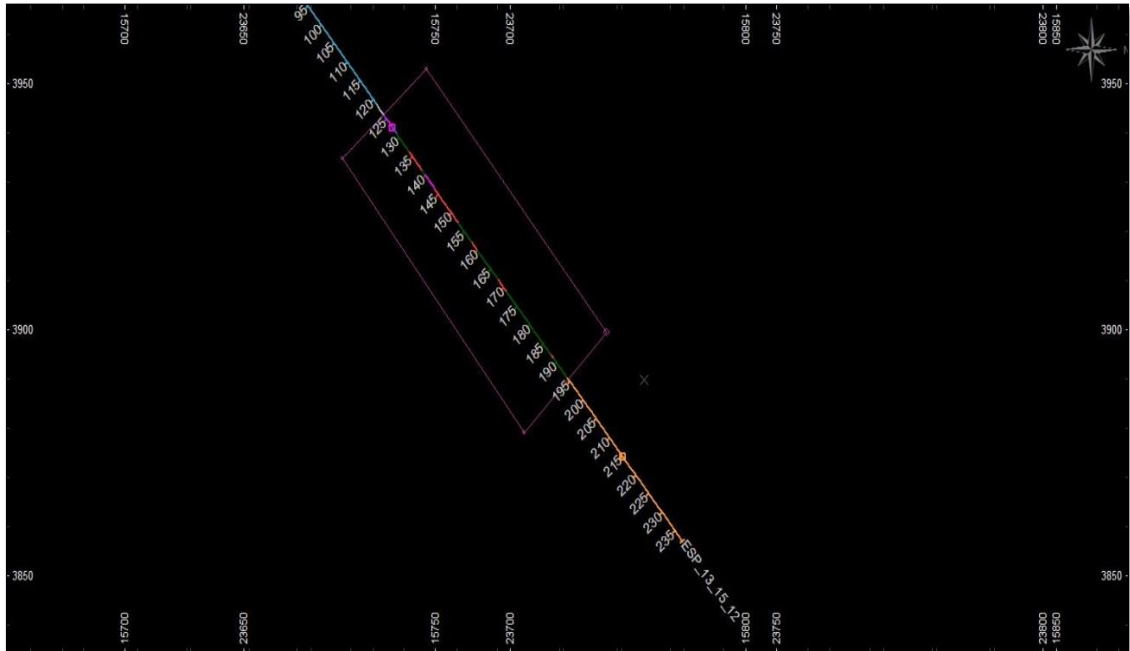
**Figura 2.** Sondajes diamantinos y canales de muestreo con los campos correctos

mencionados anteriormente (Collar-Survey-Assay-litho).

**Fuente:** Ing. Carlos D.

### 3.8. REVISIÓN DE REGISTROS DE LOGUEO

Los datos generados en formato Excel deben ser consistentes con la información que se tiene en las hojas de logueo para garantizar que la información sea la correcta.



**Figura 3.** Sección Geológica que muestra el tramo mineralizado es de los 124.00m a 194.20 m finalizando el sondaje en intrusivo

**Fuente:** Elaboracion Propia.

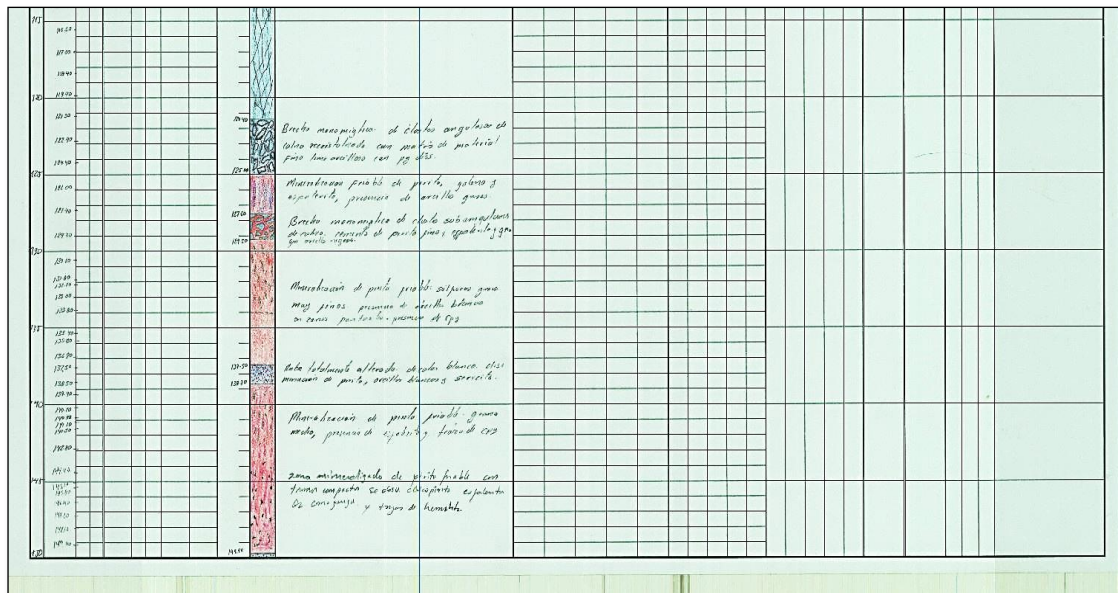


BHID	FROM	TO	LITH	NLITH	LITH_A
ESP_13_15_12	0.00	10.80	CALIZA	10	Clz
ESP_13_15_12	10.80	15.00	BRECHA	80	Bxc
ESP_13_15_12	15.00	30.30	CALIZA	10	Clz
ESP_13_15_12	30.30	31.40	BRECHA	80	Bxc
ESP_13_15_12	31.40	33.00	OXIDO	140	Ox
ESP_13_15_12	33.00	46.40	INTRUSIVO	20	Intr
ESP_13_15_12	46.40	49.90	ROCA ALTERADA	210	R_Altr
ESP_13_15_12	49.90	53.30	CALIZA	10	Clz
ESP_13_15_12	53.30	53.70	PANIZO		
ESP_13_15_12	53.70	57.20	SULFURO DE COBRE	100	Sul Cu
ESP_13_15_12	57.20	76.60	CALIZA	10	Clz
ESP_13_15_12	76.60	82.80	BRECHA	80	Bxc
ESP_13_15_12	82.80	121.40	CALIZA	10	Clz
ESP_13_15_12	121.40	124.00	BRECHA	80	Bxc
ESP_13_15_12	124.00	125.00	BRECHA MINERALIZADA	70	Bxm
ESP_13_15_12	125.00	127.60	SULFURO POLIMETALICO	90	Sul Poli
ESP_13_15_12	127.60	129.20	BRECHA MINERALIZADA	70	Bxm
ESP_13_15_12	129.20	134.00	SULFURO DE COBRE	100	Sul Cu
ESP_13_15_12	134.00	138.70	PIRITA	110	Py
ESP_13_15_12	138.70	140.00	SULFURO DE COBRE	100	Sul Cu
ESP_13_15_12	140.00	144.00	SULFURO POLIMETALICO	90	Sul Poli
ESP_13_15_12	144.00	149.70	PIRITA	110	Py
ESP_13_15_12	149.70	150.50	ROCA ALTERADA	210	R_Altr
ESP_13_15_12	150.50	151.80	PIRITA	110	Py
ESP_13_15_12	151.80	152.80	ROCA ALTERADA	210	R_Altr
ESP_13_15_12	152.80	158.00	SULFURO DE COBRE	100	Sul Cu
ESP_13_15_12	158.00	160.00	PIRITA	110	Py
ESP_13_15_12	160.00	168.00	SULFURO DE COBRE	100	Sul Cu
ESP_13_15_12	168.00	170.30	ROCA ALTERADA	210	R_Altr
ESP_13_15_12	170.30	171.00	ROCA ALTERADA	210	R_Altr
ESP_13_15_12	171.00	188.20	SULFURO DE COBRE	100	Sul Cu
ESP_13_15_12	188.20	188.90	ROCA ALTERADA	210	R_Altr
ESP_13_15_12	188.90	194.20	SULFURO DE COBRE	100	Sul Cu
ESP_13_15_12	194.20	237.80	INTRUSIVO	20	Intr

**Figura 4.** Base de datos donde se visualiza la relación de inicio de Mineralización de los 124.00 m a 194.20 m finalizando la descripción en intrusivo.

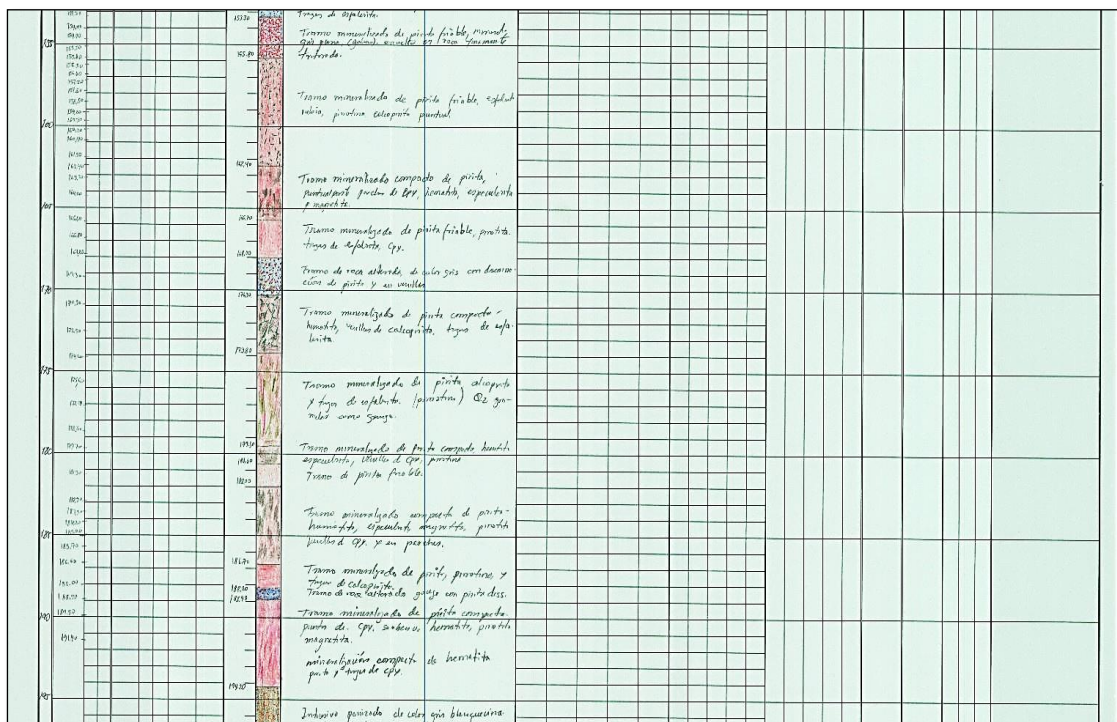
**Fuente:** Elaboración Propia.





**Figura 5.** Se observa la relación de logeos geológico, sección geológica y base de datos en la cual podemos verificar que el inicio de mineralización es de los 124.00 m

**Fuente:** Elaboracion Propia.

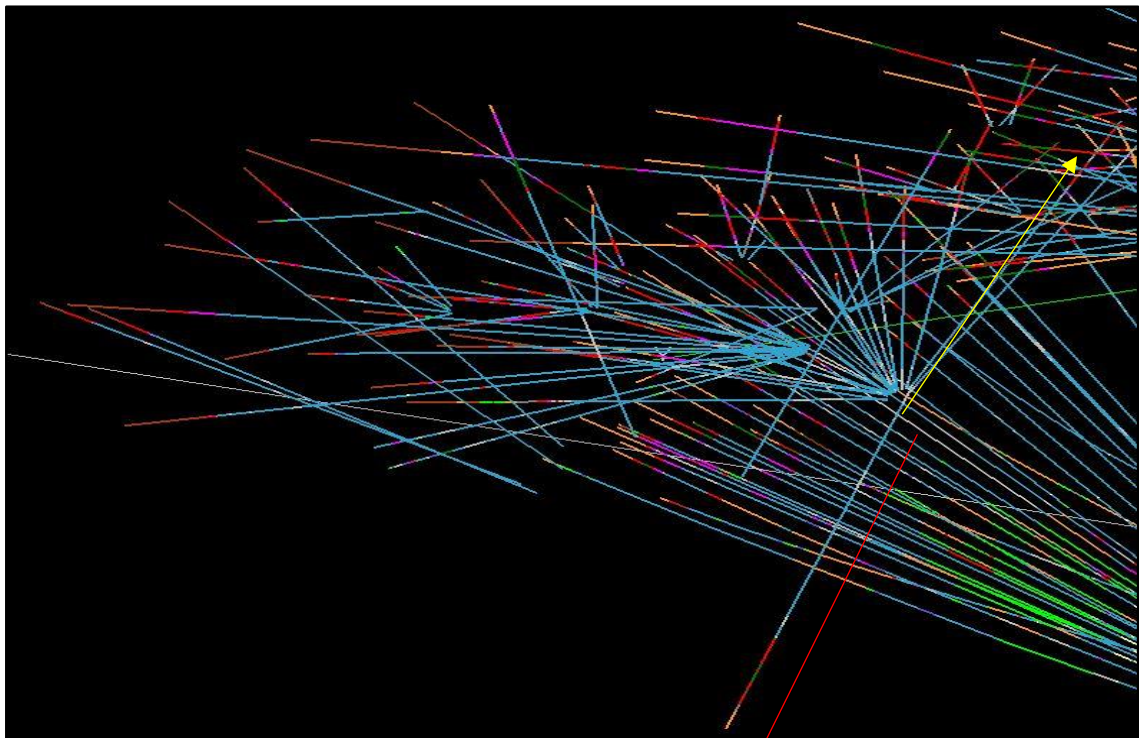


**Figura 6.** Se observa la relación de logueos geológico, sección geológica y base de datos en la cual podemos verificar el término de mineralización es a los 194.20 m continuando con intrusivo.

**Fuente:** Elaboracion Propia.

### 3.9. VALIDACIÓN DE LA INFORMACIÓN EN 3D

Para validar la información que se utilizara en el modelamiento geológico se debe hacer una validación visual, donde podamos detectar alguna anomalía en la ubicación, dirección, inclinación, tramos mineralizados anómalos, intervalos de muestreo inconsistentes. En la siguiente grafica se muestra un sondaje con la dirección (Azimut) incorrecta la cual se debe evitar en la elaboración de modelos geológicos, así como de la estimación de recursos.

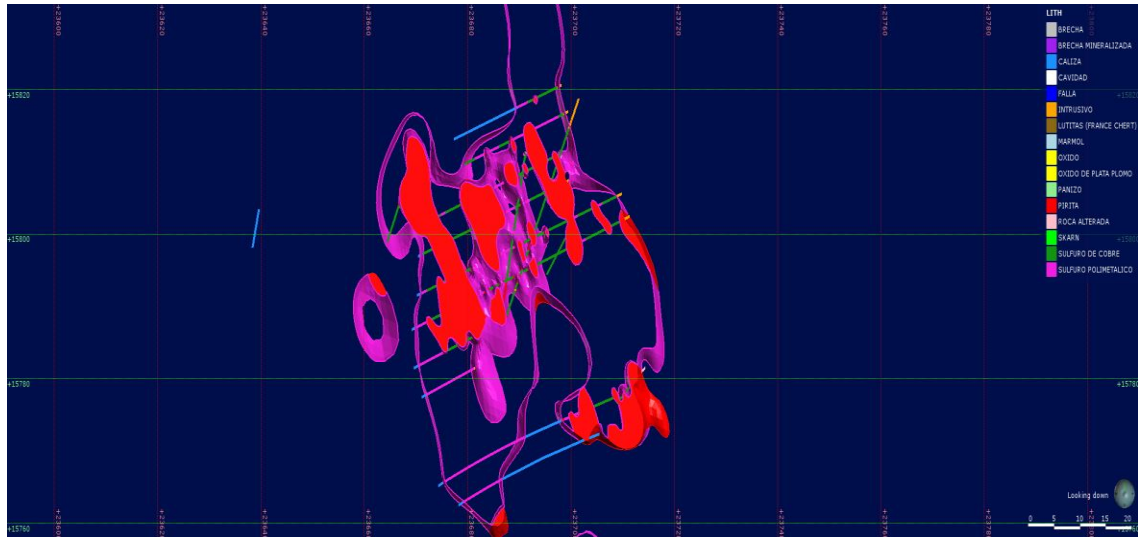


**Figura 7.** Dirección incorrecta de sondaje diamantino(rojo). Posible dirección correcta de sondaje diamantino(amarillo).

**Fuente:** Ing. Carlos D.

### 3.10. VALIDACIÓN DE MODELOS GEOLÓGICOS

Para la validación de los modelos geológicos se verifica los pasos mencionados anteriormente, posteriormente se verifica que el taladro de impacto, vale decir que los tramos de interés económico se encuentren dentro del modelo geológico.

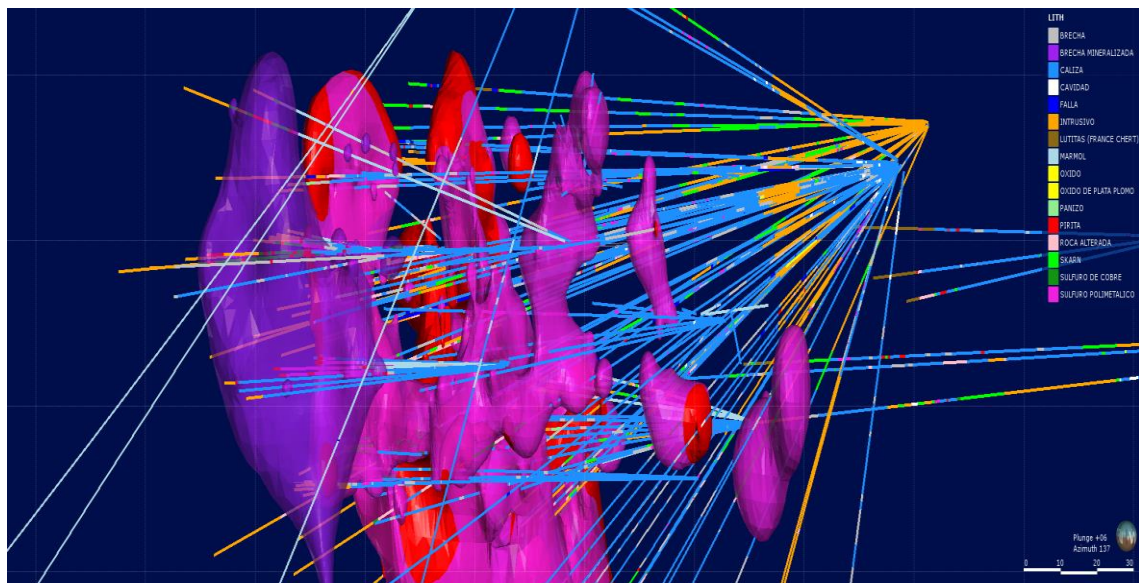


**Figura 8.** Modelo geológico donde se muestra los taladros de impacto y tramos mineralizados dentro del modelo geológico, así como el dominio geológico de sulfuros económicos y la pirita (ganga).

**Fuente:** Ing. Carlos D.

### 3.11. MODELOS GEOLÓGICOS ELABORADOS

Todos los modelos geológicos se realizan siguiendo todos estos pasos señalados líneas arriba. Por último, en la siguiente figura se muestra el modelo geológico Final.



**Figura 9.** Modelo geológico cuerpo Esperanza donde se muestra los taladros de impacto y tramos mineralizados dentro del modelo geológico, así como el dominio geológico de sulfuros económicos y la pirita(ganga).

**Fuente:** Ing. Carlos D.

### 3.12. ESTIMACION DE RECURSOS

Para el proceso de estimación de recursos se llevaron a cabo los siguientes pasos.

#### 3.12.1. Recolección de datos

- Los datos que se requieren para la estimación de recursos son los ya mencionados anteriormente.
- Base de datos de sondajes diamantinos validados con el respectivo análisis de QA/QC de los diferentes cuerpos mineralizados.
- Modelos Geológicos validados de los diferentes cuerpos mineralizados a estimar.

- Consistencia entre la base de datos de ensayos de laboratorio, litología, etc. Además de los modelos geológicos de los cuerpos a estimar.
- Precios y valores unitarios para los cuerpos de sulfuros polimetálicos y de mineral de óxidos.
- Pesos específicos de los cuerpos a estimar.

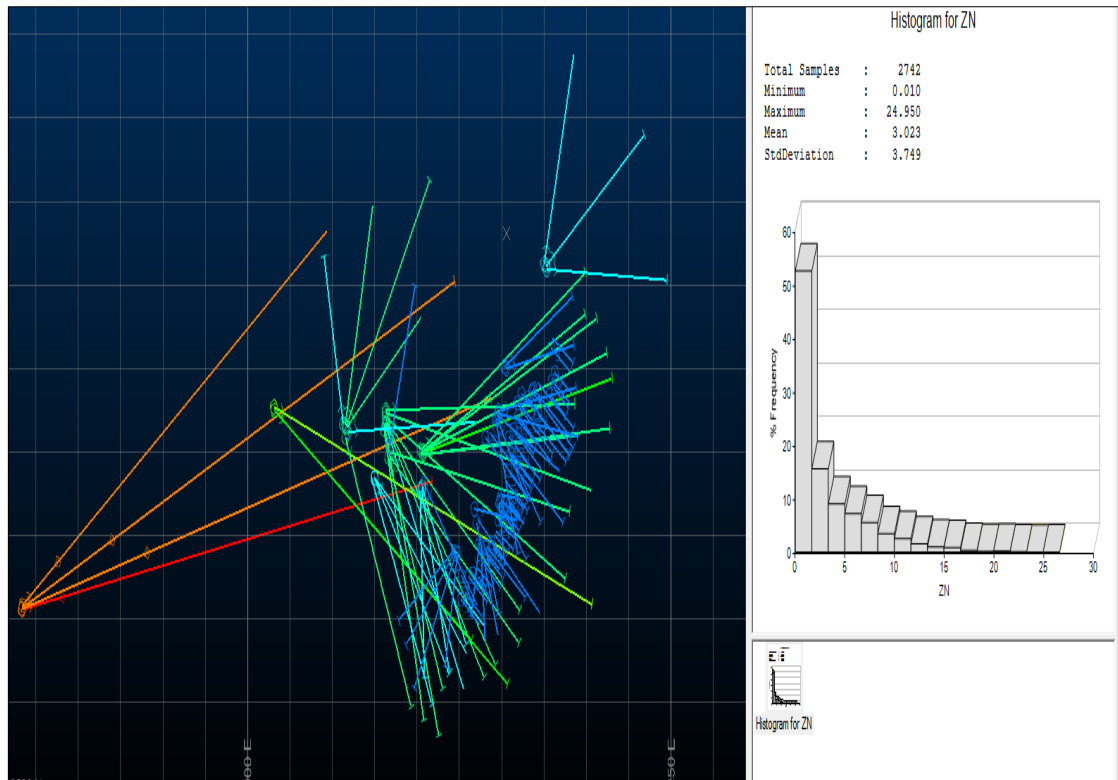
### 3.12.2. Análisis estadístico básico

Este punto es el inicio del modelamiento numérico, el cual se refiere al uso de herramientas estadísticas y probabilísticas con la finalidad de entender el comportamiento de la población mediante el uso de gráficos como histogramas, box plots, probability plots, etc. Las cuales son herramientas que nos permitirán hacer un análisis inicial de la base de datos.

**Tabla 1.** Estadística básica para la base de datos completa de todos los elementos a estimar Ag, Pb, Cu, Zn, Au. Se presentan medidas de tendencia central y de dispersión.

Elemento	N° muestras	Mínimo	Máximo	Media	Des. Estándar
Ag	2696	0.2	762	12.738	26.855
Pb	2731	0.01	21.9	0.199	0.782
Cu	2729	0.01	8.2	0.407	0.453
Zn	2742	0.01	24.95	3.023	3.749
Au	2508	0.01	3.73	0.272	0.268

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 10.** Mediante el Histograma para Zn de la data completa se puede observar una sola población con sesgo a la derecha del mismo modo un resumen de algunos datos estadísticos que servirán para el análisis.

**Fuente:** Ing. Carlos D.

**Tabla 2.** Estadística básica para la base que se encuentran dentro del modelo geológico hacemos esto con la finalidad de ver el comportamiento de la zona mineralizada y si cambian la ley media en función a la data completa. Se puede observar que existe variación en la ley media en relación a la data original.

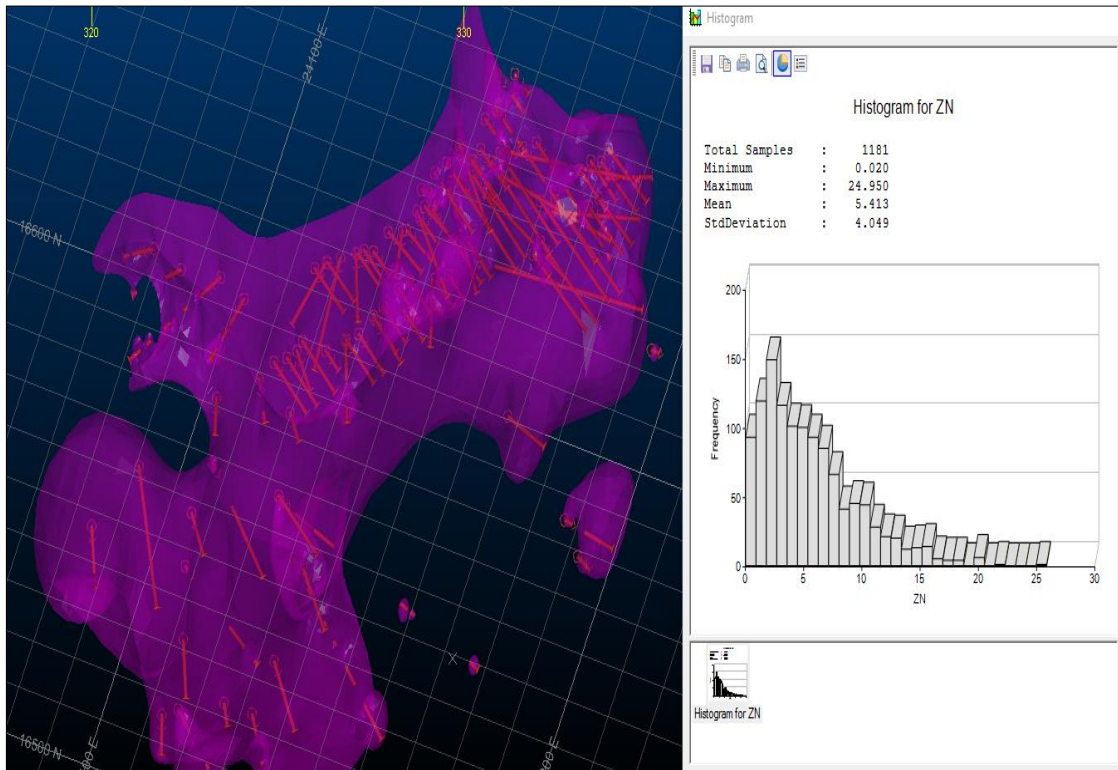
Elemento	N° muestras	Mínimo	Máximo	Media	Des. Estándar
Ag	1179	0.4	684.41	11.305	25.011
Pb	1180	0.01	21.9	0.221	0.891
Cu	1180	0.01	4.89	0.479	0.425
Zn	1181	0.02	24.95	5.413	4.049

---

Au	1121	0.01	3.73	0.322	0.275
----	------	------	------	-------	-------

---

**Fuente:** Elaboración propia.



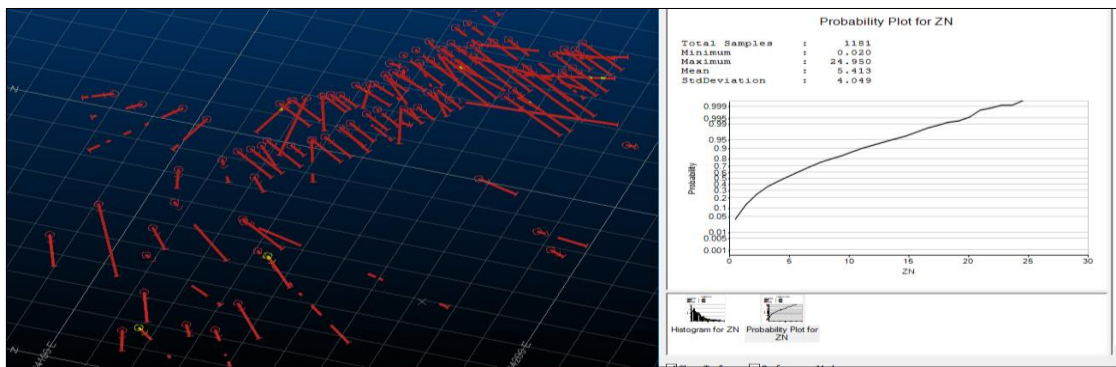
**Figura 11.** Histograma para el Zn con datos que están intersectados dentro del modelo geológico, se puede observar que la ley media del Zn incrementa en relación a la población original.

**Fuente:** Ing. Carlos D.

### 3.12.3. Análisis e identificación de valores anómalos

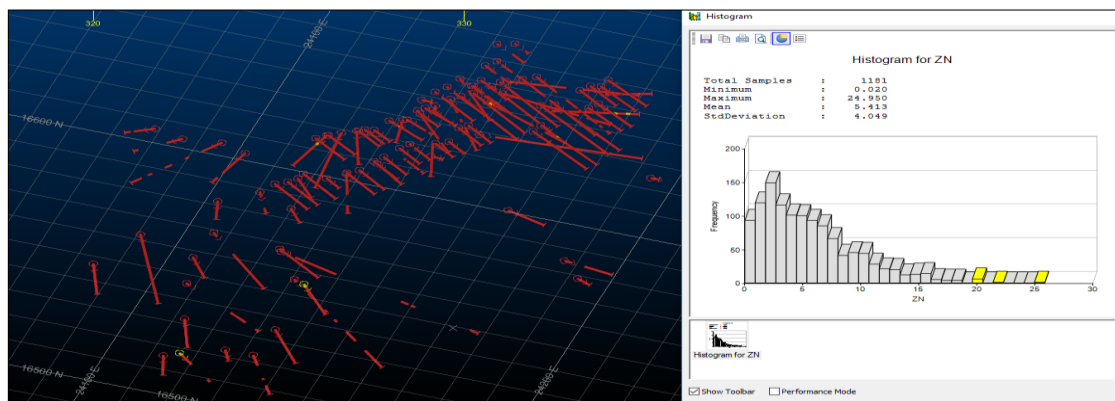
Haremos uso de histogramas y probability plots, para determinar un valor adecuado el cual no modifique en gran porcentaje la ley media de los datos intersectados en el modelo geológico.

Para lo cual analizaremos como están distribuidos estos posibles valores anómalos.



**Figura 12.** Histograma para el Zn con posibles valores anómalos en amarillo se debe analizar cuanto afectan, cambiar su valor original por un valor de Capping a la ley media de los datos.

**Fuente:** Ing. Carlos D.



**Figura 13.** En este probability plot se muestra donde se podría hacer Capping, la curva muestra cierta continuidad y un cambio abrupto, este quiebre podría ser el valor por el cual se reemplazarían los valores anómalos siempre y cuando no modifique en gran porcentaje la ley media original.

**Fuente:** Ing. Carlos D.



### Capping o ley máxima de valores anómalos

- Para el análisis de altos erráticos se pueden usar diferentes criterios; ya sean empíricos, la media más dos desviaciones estándar, ley de Sichel, ley de Capping o ley máxima, la cual usaremos para el tratamiento de valores erráticos.
- El Capping para el Zn en este análisis se determinó con un valor de 18.7% como valor máximo lo siguiente a realizar es la estadística básica para analizar el comportamiento de la ley media una vez reemplazado los valores anómalos por el valor máximo o Capping.

Se sigue el mismo procedimiento para los demás elementos a estimar.

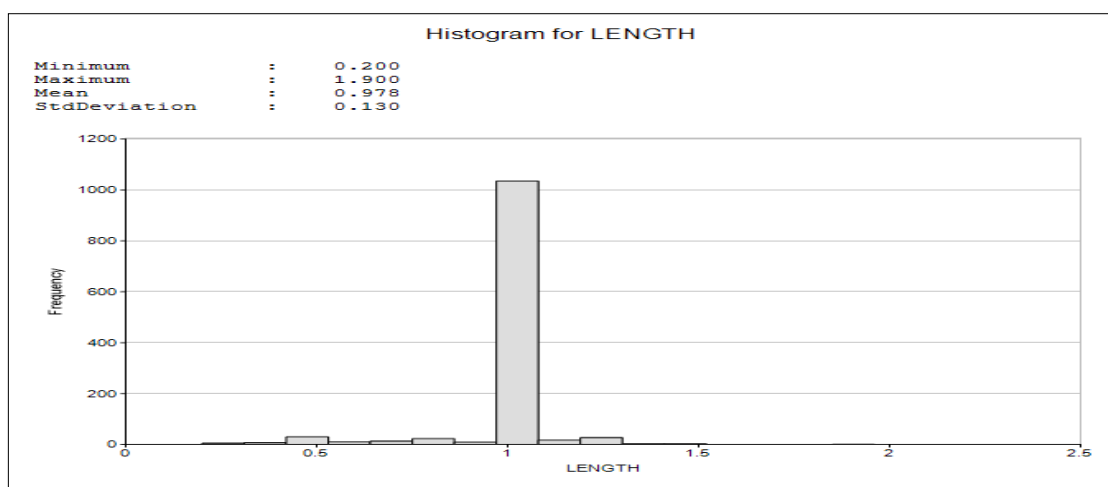
**Tabla 3.** Estadística básica para los datos con valores anómalos reemplazados por un Capping o valor máximo verificamos el comportamiento de la ley media de la data original.

Elemento	N° muestras	Mínimo	Máximo	Media	Des. Estándar
Ag	1179	0.4	99.2	10.515	13.852
Pb	1180	0.01	2.9	0.185	0.47
Cu	1180	0.01	2.3	0.473	0.381
Zn	1181	0.02	18.7	5.398	3.992
Au	1121	0.01	1.4	0.317	0.245

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.12.4. Determinación de longitud de compósito

- Los datos están usualmente relacionados a soportes de muestras que no son puntuales. Estos son afectados por microestructuras y varios errores que juntos influyen en el efecto pepita. Por eso, es necesario regularizar o compositor las muestras a una sola longitud con la finalidad de tener un mejor manejo en los datos para la estimación de recursos.
- Para determinar la longitud de compósito se hizo mediante el uso de histogramas en función de la longitud analizando el comportamiento de posibles longitudes en función a la ley media ya que la finalidad es obtener una longitud de compósitos que no afecte la ley media original, así como el número de muestras total.



**Figura 14.** Histograma para determinar la posible longitud de compósito a 1.1m, 1m, 1.9m, 0.978m. Se debe analizar las diferentes longitudes y verificar el comportamiento de la ley media, así como el número de muestras en cada una de estas posibles longitudes.

**Fuente:** Elaboración propia.



**Tabla 4.** Estadística básica para los datos compositados a 1.1 m.

<b>Elemento</b>	<b>N° muestras</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Des. Estándar</b>
Ag	1128	0.4	99.2	10.34	12.462
Pb	1129	0.01	2.9	0.176	0.431
Cu	1129	0.01	2.3	0.474	0.365
Zn	1129	0.02	18.7	5.281	3.667
Au	1101	0.01	1.4	0.312	0.229

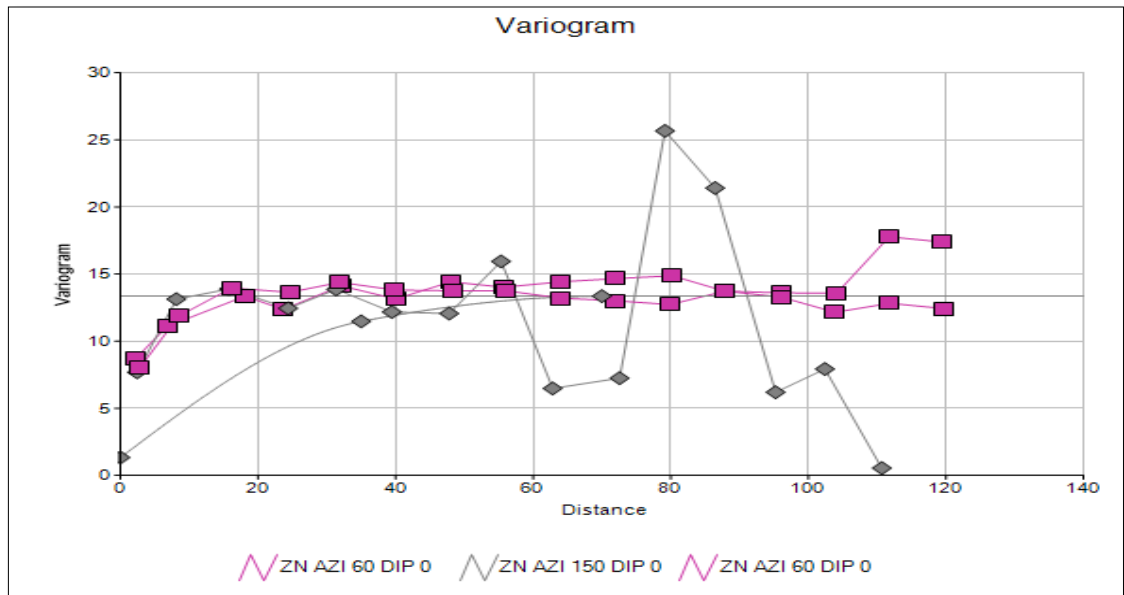
**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.12.5. Variografía

Para la obtención de variografías se utilizó el variowin 2.21

- La herramienta principal en la estimación de recursos es el Variograma, la cual nos permite describir la correlación espacial entre dos muestras, se hizo la búsqueda de variogramas en la horizontal como en la vertical.
- Primero se hizo una búsqueda en al horizontal para tener idea de cuál podría ser la tendencia preferencial de los datos.

- Seguidamente se hizo la búsqueda en el eje vertical haciendo coincidir la búsqueda con el eje horizontal en la dirección que presenta una mayor correlación.

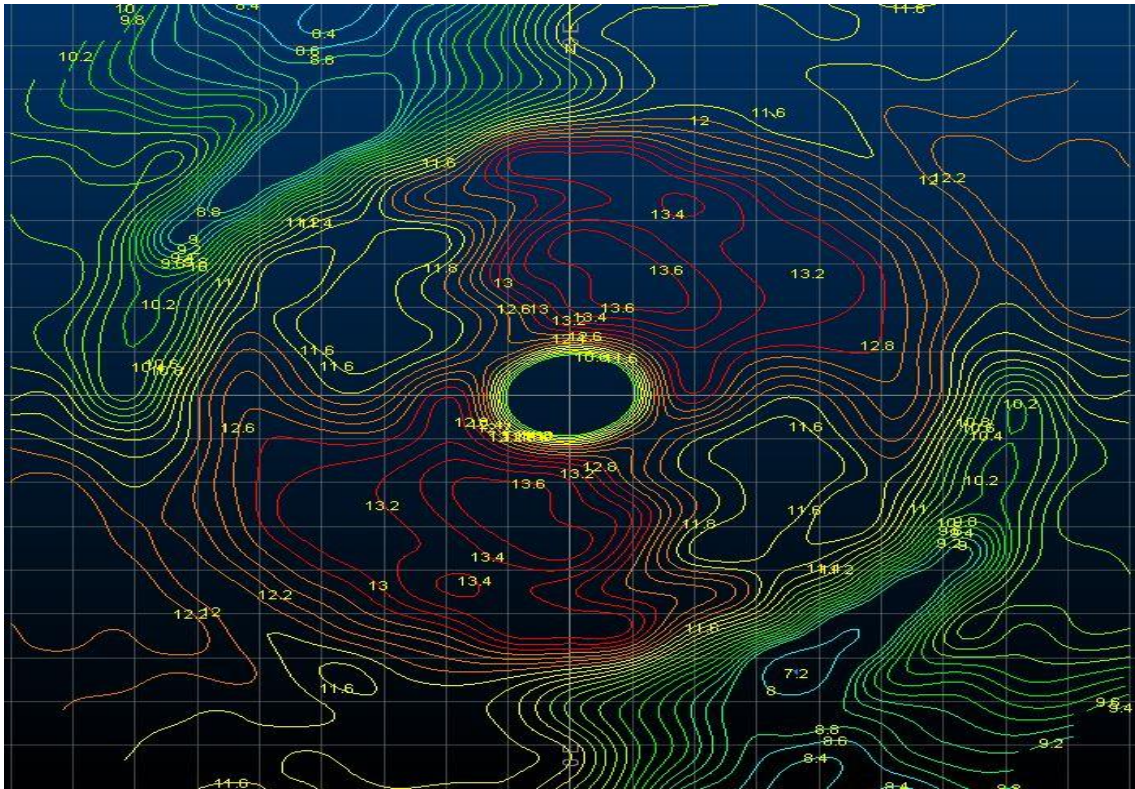


**Figura 15.** Variogramas experimental para el Zn, donde se muestra cierta correlación en las muestras, se podría ajustar un Variograma teórico con estos variogramas.

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.12.5.1. Mapa de Variogramas

Los mapas no aportan gran información a la hora de determinar si los variogramas que estamos modelando serán correctos en la estimación, el mismo procedimiento se realiza para los demás elementos a estimar.

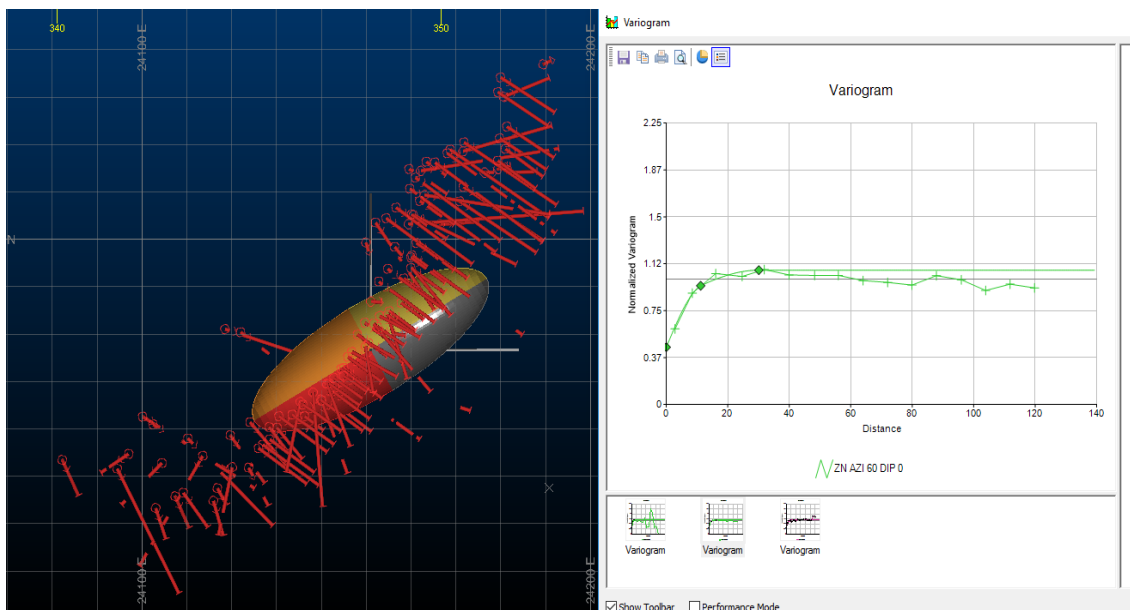


**Figura 16.** Mapa variográfico para el Zn.

**Fuente:** Elaborado Propio

### 3.12.5.2. Variograma teórico

Una vez determina la tendencia preferencial o las direcciones, se procede a ajustar un variograma teórico el cual nos mostrará cómo será los elipsoides de búsqueda, con el cual procederemos a realizar las estimaciones.



**Figura 17.** Posible elipsoide de búsqueda para el Zn.

**Fuente:** Ing. Carlos D.

### 3.12.5.3. Validación cruzada

La validación cruzada se realiza con la finalidad de verificar si los variogramas teóricos ajustados serán los adecuados en la estimación, la validación cruzada no muestra una comparación entre los compósitos y los futuros valores estimados.

```
CROSS-VALIDATION STATISTICS FOR ZN
-----
Number of samples estimated      = 1127
Number of samples not estimated  = 4

Mean of actual values            = 5.28208242
Mean of estimated values         = 5.3106261

Mean difference (act - est)      = -0.02854368
Mean difference (as % of actual) = -0.54
Mean absolute difference         = 2.07885293

Variance of actual values       = 13.4524366
Variance of estimated values    = 5.85454055

Correlation coefficient          = 0.657

Kriging Variance:
  Mean of KV estimated from model = 0.77177803
  Mean of squared differences     = 7.63881831
  Ratio                           = 0.101

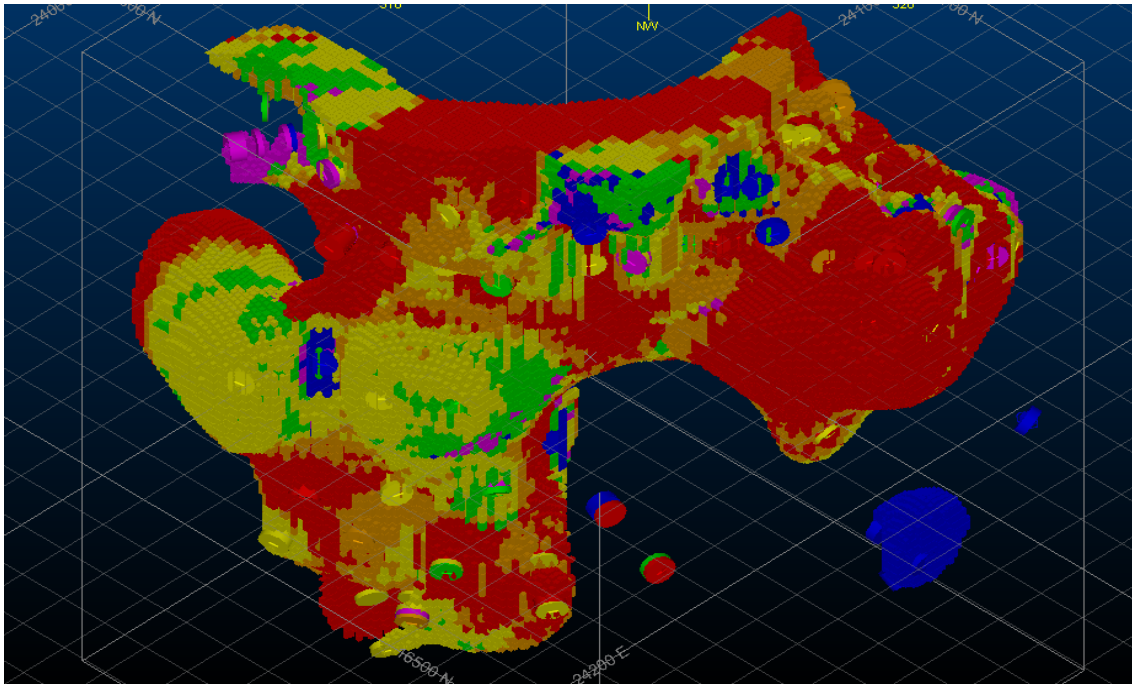
Regression Equation:
  Actual      = -0.01035301 + 0.99657467 * Estimate
  Standard Error = 2.7636814
```

**Figura 18.** Validación Cruzada Para el Zn, donde se muestra la media de los compósitos vs la media estimada.

**Fuente:** Mina Caudalosa Grande.

#### 3.12.5.4. Validación visual

Para la validación visual hacemos una comparación de los compósitos vs los bloques estimados con los mismos rangos o valores; es decir, con la misma leyenda y se debe notar la similitud entre los valores de ambos archivos.



**Figura 19.** Validación visual de compósitos vs modelos estimados

**Fuente:** Elaborado Propio

#### 3.12.5.5. Validación de compósitos vs bloques estimados

Para la validación de compósitos vs modelo de bloques estimados, se requiere hacer un cuadro resumen de los métodos utilizados para estimar ya sea Ordinary Kriging o Inverse Distant Weight con la finalidad de ver si estamos reproduciendo la ley media del cuerpo mineralizado estimado mediante el cálculo de la diferencia relativa.



**Tabla 5.** Diferencia relativa de compositos con los métodos de interpolación OK y IDW.

ATRIBUTO ANGELITA	MEDIA DE LOS COMPOSITOS	MEDIA DE LOS BLOQUES OK	DIFERENCIA RELATIVA OK	MEDIA DE LOS BLOQUES IDW	DIFERENCIA RELATIVA IDW
AG	10.34	11.298	-0.96%	11.251	-0.91%
PB	0.176	0.219	-0.04%	0.214	-0.04%
CU	0.474	0.509	-0.04%	0.513	-0.04%
ZN	5.281	4.584	0.70%	4.614	0.67%
AU	0.312	0.337	-0.03%	0.335	-0.02%

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.13. CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE RECURSOS

#### 3.13.1. Recursos medidos

Parte de un Recurso Mineral para la cual el tonelaje, densidades, forma, características físicas, leyes y contenido mineral pueden estimarse con un alto nivel de confianza. Para este caso se determinó como recursos medidos a la mitad (1/2) del alcance total del Variograma teórico modelado.

**Tabla 6.** Alcance para recursos medidos.

VREFNUM	VDESC	ST2PAR1	ST2PAR2	ST2PAR3
1	Ag	2.5	10	11.5
2	Pb	2.5	10.5	10
3	Cu	2.5	11.5	10
4	Zn	2.5	10	10
5	Au	2.5	11	9.5

**Fuente:** Elaboración propia.



### 3.13.2. Recursos indicados

Es aquella porción de un recurso mineral para el cual el tonelaje, la densidad, la forma, las propiedades físicas, el grado y el contenido mineral pueden estimarse con un nivel razonable de confianza. Para este caso se determinó como recurso indicado al alcance total del Variograma teórico modelado.

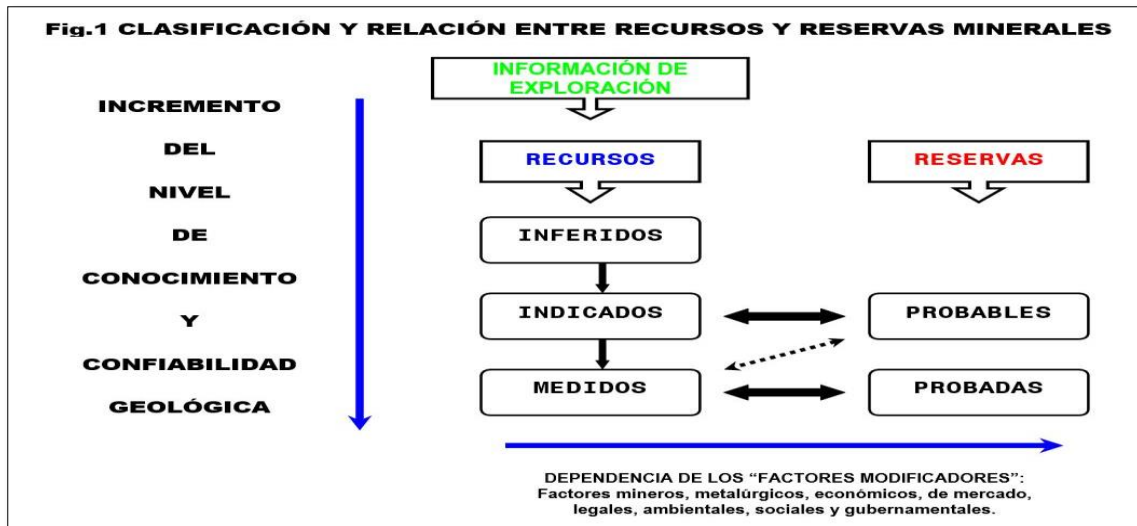
**Tabla 7.** Alcance para recursos indicados.

VREFNUM	VDESC	ST2PAR1	ST2PAR2	ST2PAR3
1	Ag	5	20	23
2	Pb	5	21	20
3	Cu	5	23	20
4	Zn	5	20	20
5	Au	5	22	19

**Fuente:** Elaboración propia.

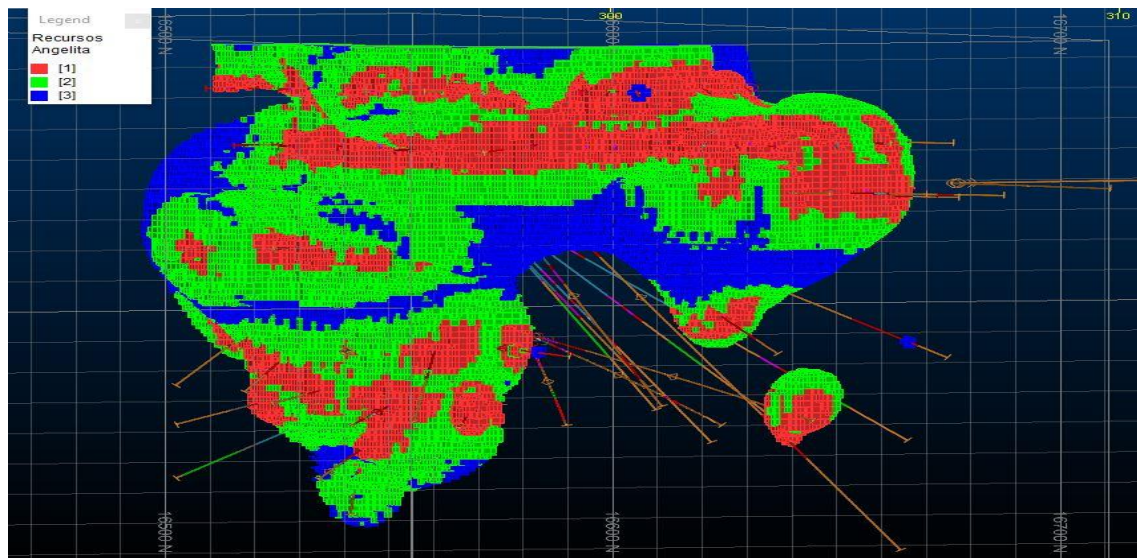
### 3.13.3. Recursos inferidos

Es aquella porción de un recurso mineral para el cual el tonelaje, la ley y el contenido mineral se pueden estimar con poca confianza. Se infiere o asume a partir de evidencia geológica y/o leyes supuestas, pero no verificadas. Para este caso, se determinó como característica derivada el rango total del Variograma teórico más 3, 4, 5 veces la distancia total del variograma.



**Figura 20.** Clasificación y relación entre recursos y reservas

**Fuente:** Mina Caudalosa Grande



**Figura 21.** Clasificación de Recursos Cuerpo Angelita medido(rojo), indicado(verde), inferido (azul).

**Fuente:** Elaboración Propia.



## CAPÍTULO IV

### CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

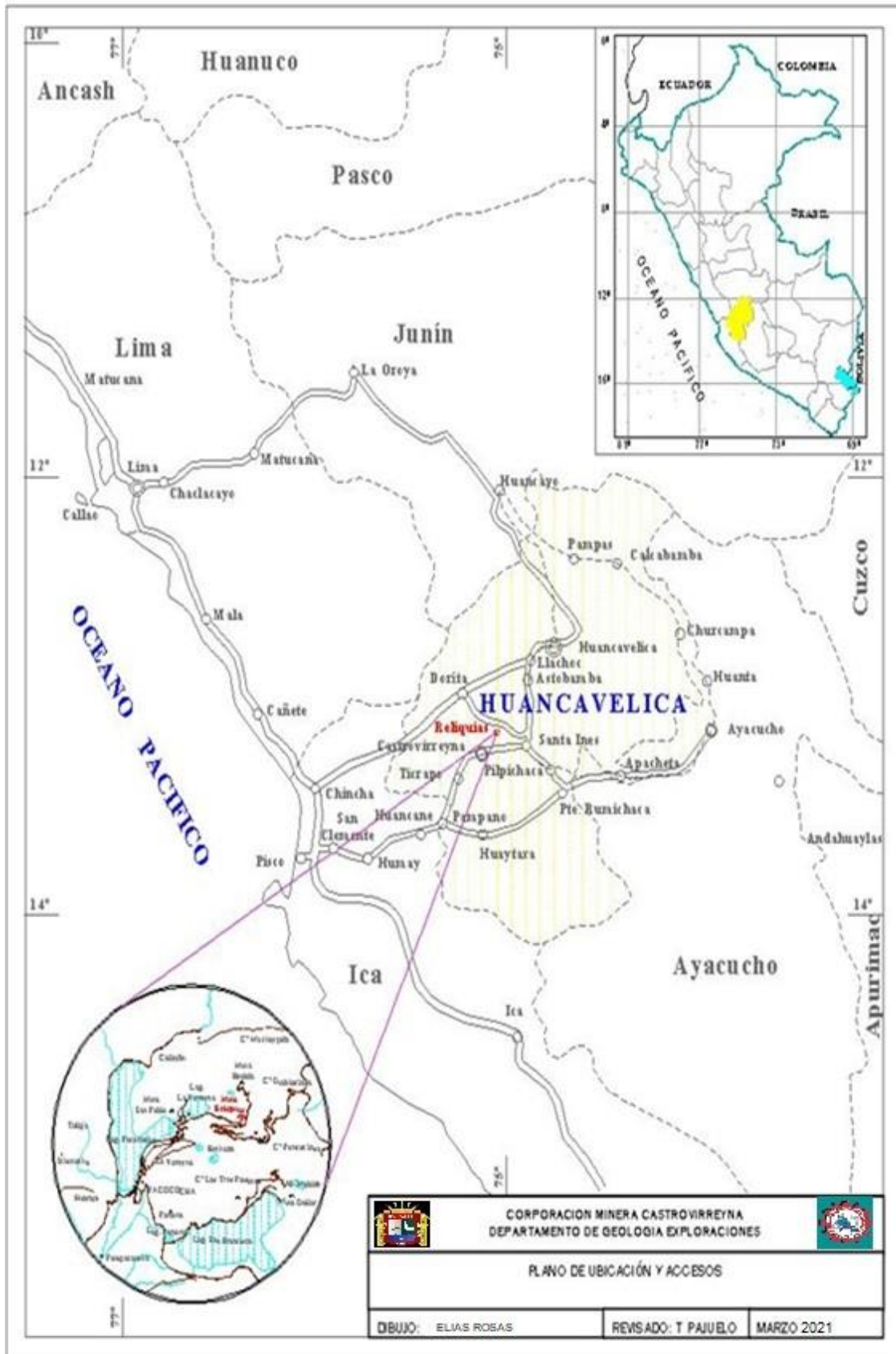
#### 4.1. UBICACIÓN

El yacimiento minero, geográficamente está ubicado en el distrito de Santa Ana, Provincia Castrovirreyna, Región Huancavelica.

Geográficamente la zona de estudio se ubica entre las coordenadas UTM

- 474,000E y 8`540,000 N
- 470,250E y 8`540,150 N
- 470,150 E y 8`540,350 N
- 470,450 E y 8`540,450 N

A una altitud de 4500 a 4900 msnm. Geológicamente el yacimiento se ubica en el flanco oriental de la Cordillera Oriental del segmentom central de los Andes Peruanos, metalogenéticamete está ubicada en el distrito minero argentífero de Castrovirreyna.



**Figura 22.** Ubicación de la zona de estudio

**Fuente:** Elaboracion Propia

## 4.2. ACCESIBILIDAD

El acceso a la mina, Caudalosa Grande, es por las siguientes rutas:

**Tabla 8.** Accesibilidad a la zona de estudio

RUTAS	Distancia Kms.	Tiempo (horas)	VIAS DE ACCESO
Lima - San Clemente - Rumichaca - Mina Reliquias	450	7	Panamericana Sur - Carretera Libertadores - Carretera afirmada
Lima - San Clemente - Castrovirreyna - Mina Reliquias – Caudalosa Grande	410	6	Panamericana Sur - Carretera Libertadores - Carretera afirmada
Lima - Oroya - Huancayo - Huancavelica – Reliquias - Caudalosa Grande	560	10	Carretera central asfaltada a Huancavelica, afirmada a Caudalosa Grande

**Fuente:** Elaboración propia.

El área de estudio se desarrolla en tres secciones:

Sección 1 desde la ciudad de Lima por la Panamericana Sur hasta la ciudad de San Clemente, luego por la vía los Libertadores hasta la ciudad de Rumichaca luego a la mina Caudalosa Grande.

Sección 2 desde la ciudad de Lima por la Panamericana Sur hasta la ciudad de San Clemente, luego por la vía los Libertadores hasta Huancano, luego se desvía a la ciudad de Castrovirreyna por vía pavimentada y luego a la Mina Caudalosa Grande.

Sección 3 de la ciudad de Lima a la ciudad de Huancayo por vía asfaltada, Huancayo a Huancavelica por vía asfaltada, Huancavelica a la Mina Caudalosa Grande.



**Figura 23.** Accesibilidad a la zona de estudio

**Fuente:** Elaboracion Propia

#### 4.3. FISIOGRAFIA

La Mina Caudalosa Grande se ubica en el distrito minero de Castrovirreyna, que a su vez se ubica en el flanco oriental de la Cordillera Occidental del tramo central de los Andes peruanos, en la provincia de Castrovirreyna, departamento de Huancavelica. Muestra características topográficas que son el resultado de la extensa meteorización que afectó el área y fenómenos asociados como la glaciación y desglaciación en el pasado. Esto se evidencia por la presencia de morrenas en el fondo de los valles y depósitos lodosos, compuestos en su mayoría por fragmentos angulares y Semi-Angulares, que indican un recorrido corto. Las principales características fisiográficas incluyen: valles glaciares, montañas con fuertes pendientes, colinas onduladas, etc.



**Figura 24.** Panorámica del área industrial y afloramientos principales

**Fuente:** Elaboracio Propia

#### **4.4. CLIMA**

El clima es frígido todo el tiempo y seco durante los meses de abril a noviembre y lluvioso entre diciembre a marzo, donde se presenta la temporada de nevadas, incrementándose el frío en los meses de junio a agosto, por ser invierno donde la temperatura baja hasta  $-10^{\circ}\text{C}$ .

#### **4.5. HIDROGRAFIA**

Los principales recursos hídricos son las Lagunas de La Virreina en la parte oeste del proyecto, Laguna Matilde y Laguna San Francisco en la parte sur de Reliquias.

El agua del deshielo y la lluvia fluye hacia la parte oeste del Cerro Diablocasa. También se notó la presencia de pequeños manantiales que alimentan a los Bofedales,



permitiendo la presencia permanente de humedad, lo que permite el crecimiento de la vegetación natural propia de la región.



**Figura 25.** Cuenca del río Pampas

**Fuente:** Elaboración Propia

#### 4.6. GEOLOGIA LOCAL

El área se caracteriza por una sucesión de tufos, brechas volcánicas, lavas andesíticas y tufos submarinas (volcánicos Madona) que se presentan en estratos pseudo-estratificados, fallados y levemente deformados; La intrusión de estas secuencias volcánicas de la Era Neógena es notoria por la ocurrencia de pórfidos, domos y diatremas feldespáticos a los que estaría asociada alguna mineralización del distrito. En la mina de Caudalosa destacaban las rocas volcánicas de Caudalosa y Madona.



**Volcánicos Caudalosa Ts-ca:** Se encuentra por encima de los volcanes de Castrovirreyna y por debajo de los volcanes de Auquivilca, en la base se encuentran las brechas de Beatitas, en la parte central las andesitas relictas con una textura porfídica que varía de gris a verde y en la parte superior los volcanes de Candelaria, formados por una intercalación de andesitas brechoides, brechas andesíticas con textura afanítica negra a gris.

**Madonna volcánica Ts-ma:** es una sucesión de tufos submarinas delgadas de color amarillo púrpura y tufos de brecha albergadas por lavas andesíticas; en la mina San Genaro se les conoce con los nombres de San Julián, Soliman y San Pedro. En Caudalosa se dividieron en Madona Inferior y Madona Superior, están separadas por tres paquetes de lavas afaníticas conocidas como Andesita Madona 1, 2 y 3, el espesor de esta sucesión varía entre 300 y 500 metros.

La mina Reliquias forma parte del distrito minero de Castrovirreyna junto con otras minas que también produjeron mineral de plata y mineral polimetálico (Ag-Au-Pb-Zn-Cu) hace 2 décadas y que actualmente se encuentran cerradas, estas minas son: Caudalosa Grande, Candelaria, Beatricita, Madonna, Seguridad, San Pablo y Beatita propiedad de CMCSA, minas como Bonanza, Carmen, Lira y Dólar pertenecían a la Compañía Minera la Virreyna propiedad de los hermanos Arias Dávila; al este, las minas San Julián, San Genaro, Pampamachay, Siglo Nuevo, Lolita, La Griega, Mañoso, Astohuaraca y Palomo, a las que pertenecía CCMSA en sociedad con Compañía Minera Santa Inés y Morococha S.A. De todas las minas mencionadas, la única que sigue en operación hoy en día es la mina San Genaro.



ESTRATIGRAFÍA REGIONAL DEL DISTRITO MINERO CASTROVIRREYNA							
ERA	SIST.	SERIE	PISO	Unidades Estratigráficas		Descripción Litológica	
CENOZOICO	CUATERNARIO	Recente		Depósitos coluviales	Qr-c	Material de escombros de gravas de gravas y bloques subangulosos distribuidos en material limoarenoso y grava fina.	
				Depósitos aluviales	Qr-al	Material de gravas, arenas, limos que se encuentran en las desembocaduras de los ríos en las lagunas que están inconsolidadas, producto del arrastre de las aguas.	
				Depósitos fluvioglaciares	Qr-fl	Material que consiste de Gravas y bloques medianos, subangulosos a subredondeados englobados en una matriz de grava fina y matriz limoarenosa.	
				Depósitos glaciares	Qr-g	Acumulaciones de material morrénico antiguo y reciente distribuido en las cabeceras de los valles glaciares, consiste de gravas y bloques englobado en limo y arena.	
	TERCIARIO	Mioceno	Plioceno	Mioceno-Plioceno	Fm. Astobamba	Ts-as	Derrames andesíticos, basálticos brechas de flujo, con horizontes tobáceos y piroclásticos, relacionados a centros volcánicos de tipo estrato volcán y explosivo.
				Mioceno	Fm. Huichinga	Ts-h	Secuencia de derrames andesíticos y dacíticos, intercalados con algunas brechas de flujo y tobas andesíticas y dacíticas, 300 metros.
				Mioceno	Fm. Auquivilca	Ts-a	Secuencia de 911 m. De piroclastos (rocas tobáceas masisas) en la base y depósitos sedimentarios lacustres en la parte superior, (areniscas, limolitas intercaladas con calizas grises en capas delgadas y brechas tobáceas).
			Mioceno	Fm. Caudalosa	Ts-ca	Conjunto de rocas volcánicas compuestas de coladas y brechas de flujo de andesitas de colores gris oscuro y verdoso, con intercalaciones lenticulares de piroclásticos y areniscas tobáceas.	



MESOZOICO	CRETACEO	Oligoceno – Mioceno Inferior	Fm. Castrovirreyna	Ts-c	Secuencia sedimentaria piroclástica de facies lacustres, consta de areniscas, calizas, tobas, brechas tobáceas y lavas, localidad típica área de Castrovirreyna, +- 400 metros..	
		Oligoceno Superior – Oligoceno	Gpo. Sacsaquero	Tm-ss	Secuencia volcánica-sedimentaria constituida por derrames andesíticos intercalados con tobas soldadas y redepositadas, areniscas, limoarcillitas y calizas lagunares.	
		Eoceno Superior	Fm. Tantarà	Ti-t	Secuencia volcánica, consta de derrames andesíticos, riolacíticos y dacíticos de color gris y pardo violáceo con textura porfirítica a veces afanítica, con pseudoestratificación.	
	CRETACEO	Superior	Cretaceo Superior –Terciario Inferior	Fm. Casapalca	Ksti-c	Al NE de la hoja de Castrovirreyna, secuencia sedimentaria de areniscas y limolitas rojas con horizontes de arenisca guijarrosa y conglomerado calcáreo cuarcítico. 1200 m.
			Albiano Superior - Turoniano	Fm. Jumasha	Ks-j	Área Ticacancha, calizas negruzcas en capas delgadas y medianas alternando con caliza nodular, ocasionalmente intercalada con margas, 300 metros.
		Inferior	Albiano Medio	Fm. Pariatambo	Ki-p	Area Ticacancha, consta de calizas grises oscuras en capas delgadas y medianas con horizontes de caliza nodulosa, intercalados con margas pardo amarillentas, 200 metros.
			Albiano Medio	Fm. Pariatambo-chulec	Ki-phch	Area de Ticrapo-Ticacancha, consta de una gruesa secuencia de calizas en estratos delgadas medianas y gruesas, intercaladas con margas y lutitas, 500 metros.
			Neocomiano-Aptiano	Gpo. Goyllarisquizga	Ki-g	Area de Ticrapo ticacancha, secuencia clástica >1000 metros, consta de areniscas cuarcíticas gris blanquecinas con intercalación de limolitas y lutitas grises,

#### 4.7. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Si observamos la imagen de satélite TM que cubre el distrito, se puede ver que el vulcanismo neógeno existente, representado por tobas andesíticas, se está aglomerando; Brechas, &c. Forman grandes domos (centros de domo) y/o conos volcánicos en los que se observa que las vetas mineralizadas y los focos de alteración hidrotermal (núcleos de alteración epitermal) se alinean con un patrón estructural dominante Este-Oeste, seguido por el Nor-Oeste de alineación Andina y en menor medida que la del sistema del Nor-Este. Además, fueron afectados por otros sistemas circulares tipo caldera con estructuras semicirculares cuyos bordes suelen ser depresiones naturales actualmente ocupadas por grandes lagunas.

En todo caso, las relaciones espaciales entre todos los parámetros estructurales ameritan un estudio estructural interpretativo para mejorar el control de la mineralización y la zonificación distrital existente, estudios que aún no han concluido.

Las vetas del área investigada son consideradas en este estudio principalmente siniestras y con características transtensionales al considerar los indicadores cinemáticos encontrados en el afloramiento; sin embargo, no se excluyen múltiples direcciones de deslizamiento.

**Pliegues y fallas:** Dos fallas de dirección oeste-noroeste y este-noreste en la veta Mataballo desplazan las líneas de bisagra de un par de anticlinales sinclinales, creando puntos de coincidencia que indican una deriva sinusoidal. Los desplazamientos aparentes a lo largo de las dos fallas son de 200 y 300 metros y se encuentran entre los desplazamientos más grandes conocidos para cualquier estructura en el distrito. Las fallas en la parte norte del distrito tienen un patrón plano similar a las vetas polimetálicas. Los tres pliegues principales, vertical y horizontal, tienen dirección norte-noroeste y ángulos



de flanco de  $45^\circ$ ,  $150^\circ$  y  $90^\circ$ . Esto indica que significativas contracciones este-oeste deformaron localmente la formación caudal antes del pleno desarrollo de las nervaduras y fallas sinetrales. Al oeste de la Laguna Orcococha, una serie de líneas de tendencia este-oeste probablemente reflejan fallas, de aproximadamente 1 a 2 km de longitud, que cruzan flujos andesíticos y brechas. Con base en el espesor de las unidades mapeadas, buzamientos y desplazamientos aparentes, estas probables fallas requieren un desplazamiento mínimo de 40 m para yuxtaponer las capas de flujo y brecha.

**Interpretación estructural de la morfología de las vetas:** La evolución mecánica de las vetas polimetálicas de Castrovirreyna plantea varias preguntas interesantes que tienen implicaciones importantes para la exploración de distritos con simetría de vetas similar y cinemática de deslizamiento compleja. El modelo de eje conjugado no es aplicable por las siguientes razones: la configuración de fallas en todo el distrito implica formas muy curvas que pueden interconectarse e incluso definir ondas con longitudes de onda aún más largas. Varias líneas de evidencia indican que hubo más de una dirección de deslizamiento de fallas durante la mineralización. Los datos de lineamientos con orientación de deslizamiento variable pueden interpretarse como un producto de perturbaciones en el régimen de estrés local durante la formación de vetas. Finalmente, con más consideraciones sobre la tectónica regional, fue posible demostrar que el campo de paleoestrés habría sido de larga duración con una dirección de compresión S1 este-oeste relacionada con la convergencia entre las placas Sudamericana y Nazca, y que las vetas de la El distrito sufrió una rotación de unos  $20^\circ$  hacia la izquierda, junto con el resto del centro del Perú.

**Vetas curvadas:** Los trastornos ondulados u ondulados se forman en todas las escalas, y existen varias explicaciones para su desarrollo. Los pequeños surcos lineales a lo largo de las superficies de las fallas se forman por el desgaste de las irregularidades de



la roca huésped o "protuberancias" conocidas como colisiones de fallas (Hancock y Barka, 1987; Petit, 1987). Las grietas y hendiduras más grandes resultan de fallas en las conexiones causadas por escalones curvos, rampas y grietas en las alas (Peacock y Sanderson, 1994; Ferrill et al., 1999; Walsh et al., 1999). En un entorno de cizallamiento único, las venas de deformación escalonada a pequeña escala generalmente se doblan sigmoidalmente durante la deformación progresiva (Beach, 1975; Ramsay, 1980).

Las fracturas y ejes muy afilados requieren propagación en un campo de tensión irregular. McKinstry (1948) reconoció que las vetas no siempre siguen un patrón de fractura idealizado, comúnmente representado por una elipse de tensión donde las fallas conjugadas se dividen por una dirección de fractura por deformación (p. 303). McKinstry (1949) explicó las diferencias geométricas en términos de las propiedades heterogéneas de un material, como foliación, fisión, estratificación o contactos geológicos. En cualquier material que se rompa o falle, se debe romper el campo de tensiones.

Inglés (1913); Irvin (1960); Ver al. (1963) hay dos órdenes generales de crecimiento de vetas tortuosas que involucran la interacción de esfuerzos entre ejes adheridos y la interacción del campo de esfuerzos mecánicos entre ejes no adheridos adyacentes (Olson, 1993). También hay casos en los que ambos tipos de interacción determinan la forma de la veta.

La conexión de fracturas adyacentes representa un cambio en el campo de tensión durante la extensión de la fisura. McKinstry (1948) caracterizó el bloque aislado dentro de la falla como el producto de la conexión de dos fracturas de bucle zimoidal. También utilizó el término "vena fracturada", lo que implica la divergencia de una fractura, aunque es más probable que estas características se deriven de la unión de dos fisuras separadas y que se propagan. (Pollard y Aydin, 1988; Olson y Pollard, 1989; Olson, 1993)



Las verdaderas trayectorias de fracturas divergentes y/o ramificadas solo pueden asociarse con fracturas que se alargaron a velocidades sísmicas (Yoffe, 1951; Sagy et al., 2001) y produjeron separaciones o bifurcaciones. Las fracturas mutuamente curvadas crecen para conectarse en direcciones opuestas y son evidencia directa de las variaciones del campo de tensión en las puntas de las fracturas (Segall y Pollard, 1980; Olson y Pollard, 1991; Davison, 1994). El área de superposición de dos fracturas crea conexiones mutuamente curvas al subdividir los bloques intrafalla (Gamond, Cruikshank et al 1987), conectados por la intersección de grietas en las alas fuertemente divergentes (Willemsse and Pollard, 1998). Las conexiones resultan en el aislamiento de bloques intrafalla como los Bloques que se describen en las vetas Lolita, Jofre y San Genaro.

La unión de fracturas separadas tiene implicaciones importantes para la historia de dilatación y el perfil de desplazamiento de vetas y fallas (Davison, 1994; Cowie y Roberts, 2001). Las distribuciones de desplazamiento sinusoidal o los gradientes de desplazamiento a lo largo de fallas aisladas tienen varias formas posibles, que incluyen elíptica, circular, lineal y sinusoidal (Stewart, 2001). Surgen complicaciones adicionales en el ángulo de corte de las fracturas confinadas cuando la fisura de corte está abierta, con deslizamiento libre o cerrada (Bai y Gross, 1999). Las fracturas nuevas que se propagan o se cruzan con fracturas abiertas más antiguas generalmente se fusionan en ángulos curvos paralelos y ocurren oblicuamente a lo largo de las grietas de extensión que se cruzan con fracturas por deslizamiento por fricción más antiguas (Dyer, 1988). La propagación de fracturas curvas está determinada o afectada por cambios en el campo de esfuerzos causados por la proximidad de otras fracturas, sus orientaciones, el carácter de sus rellenos y la magnitud de sus desplazamientos.





#### **4.8. MINERALIZACION**

La mineralogía es simple, predominan las minerales de Pb, Zn, Ag, Au y Cu. En los niveles inferiores.

Donde se encuentran dos zonas de argentíferas bien diferenciadas: Tetrahedrita Candelaria y Reliquias con Plata Roja, Proustita-Pirargirita, predominan en los niveles superiores.

#### **4.9. ZONEAMIENTO**

En la secuencia deposicional en el espacio. Es el cambio de la mineralización debido a la precipitación de los metales contenidos en la solución, esto ocurre en orden inverso a su solubilidad o al punto de cristalización de sus minerales. El zonamiento se manifiesta a través de un modelo regular de distribución de minerales o elementos en el espacio, evidenciándose los cambios mineralógicos en el área mineralizada. Las zonas pueden ser definidas por diferencias de especies mineralógicas, de los elementos metálicos, en el contenido de azufre o entre la proporción de ciertos elementos. El zonamiento puede encontrarse en todo tipo de roca.

**Tabla 9.** Zonamiento general Castrovirreyna

ZONEAMIENTO MINERALÓGICO – COCIENTES METÁLICOS MINA RELIQUIAS		
COCIENTE	INTERPRETACION	VETAS
Ag/Pb	Muestran un aumento de Plomo hacia las profundidades con respecto a la plata, con algunas excepciones.	Sacasipuedes y Matacaballo, Perseguida Este y Oeste, Beatita y Pasteur
Ag/Cu	Aumento de la plata en la parte superior con respecto al cobre el cual aumenta hacia las profundidades	Sacasipuedes y Matacaballo, Perseguida Este y Oeste, San Martín, Beatita.
Pb/Cu	Hay un incremento en las leyes de cobre hacia arriba y hacia las profundidades	Matacaballo y Sacasipuedes
Pb/Zn	Muestra dos contornos, esto indica una zona de Zinc entre dos de plomo, pero sin constituir una mineralización de plomo y zinc.	Matacaballo, Sacasipuedes, San Martín y Perseguida Este a excepción de Beatita.

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.10. ALTERACIONES HIDROTERMALES

En relación con el nivel de todo el distrito mineralizado, la alteración hidrotermal es débil, todas las rocas volcánicas están propiladas, la caolinización es más pronunciada en las zonas mineralizadas, mientras que la silicificación se limita a una pequeña área alrededor de la intrusión Bonanza (Proyecto Los Poetas). En algunos casos, la caolinización se extiende de 1 a 7 metros a ambos lados de las vetas y luego se funde en una zona de cloración, pero en la Zona Reliquias, los cambios de caja direccional son mínimos o cercanos a cero.

Sin embargo, al sur de Pique Reliquias, Stock Works puede observar un área de alteración y desarrollo hidrotermal que no está mapeada ni referenciada en los planes antiguos y, por lo tanto, este trabajo de reconocimiento está pendiente ya que existen nuevas expectativas de mineralización generalizada a partir del despertar de metales preciosos.

#### 4.11. MODELO GEOLOGICO DE YACIMIENTO

Los yacimientos epitermales de metales preciosos (Ag-Au) representan un grupo muy parecido, actualmente mejor conocidos, con diferentes morfologías: vetas (filones, vetilleos), enrejado (stock-works), (breccia-pipes), disseminaciones, bolsonadas y horizontes irregulares (mantos). Todos ellos tienen en común la temperatura del depósito mineral ( $150^{\circ} < 350^{\circ}\text{C}$ ), su ocurrencia o ubicación próxima a la superficie ( $< 1 \text{ km.}$ ) y se dan en áreas de intensa actividad geotérmica, tanto antigua como reciente, que son conocidos como puntos calientes de cambio hidrotermal.

ZONEAMIENTO MINERALÓGICO – COCIENTES METÁLICOS MINA RELIQUIAS		
COCIENTE	INTERPRETACION	VETAS
Ag/Pb	Muestran un aumento de Plomo hacia las profundidades con respecto a la plata, con algunas excepciones.	Sacasipuedes y Matacaballo, Perseguida Este y Oeste, Beatita y Pasteur
Ag/Cu	Aumento de la plata en la parte superior con respecto al cobre el cual aumenta hacia las profundidades	Sacasipuedes y Matacaballo, Perseguida Este y Oeste, San Martín, Beatita.
Pb/Cu	Hay un incremento en las leyes de cobre hacia arriba y hacia las profundidades	Matacaballo y Sacasipuedes
Pb/Zn	Muestra dos contornos, esto indica una zona de Zinc entre dos de plomo, pero sin constituir una mineralización de plomo y zinc.	Matacaballo, Sacasipuedes, San Martín y Perseguida Este a excepción de Beatita.

CORTE ESQUEMATICO IDEALIZADO DE UN YACIMIENTO FILONEANO EPITERMAL  
MODELO DE YACIMIENTO TIPO BONANZA

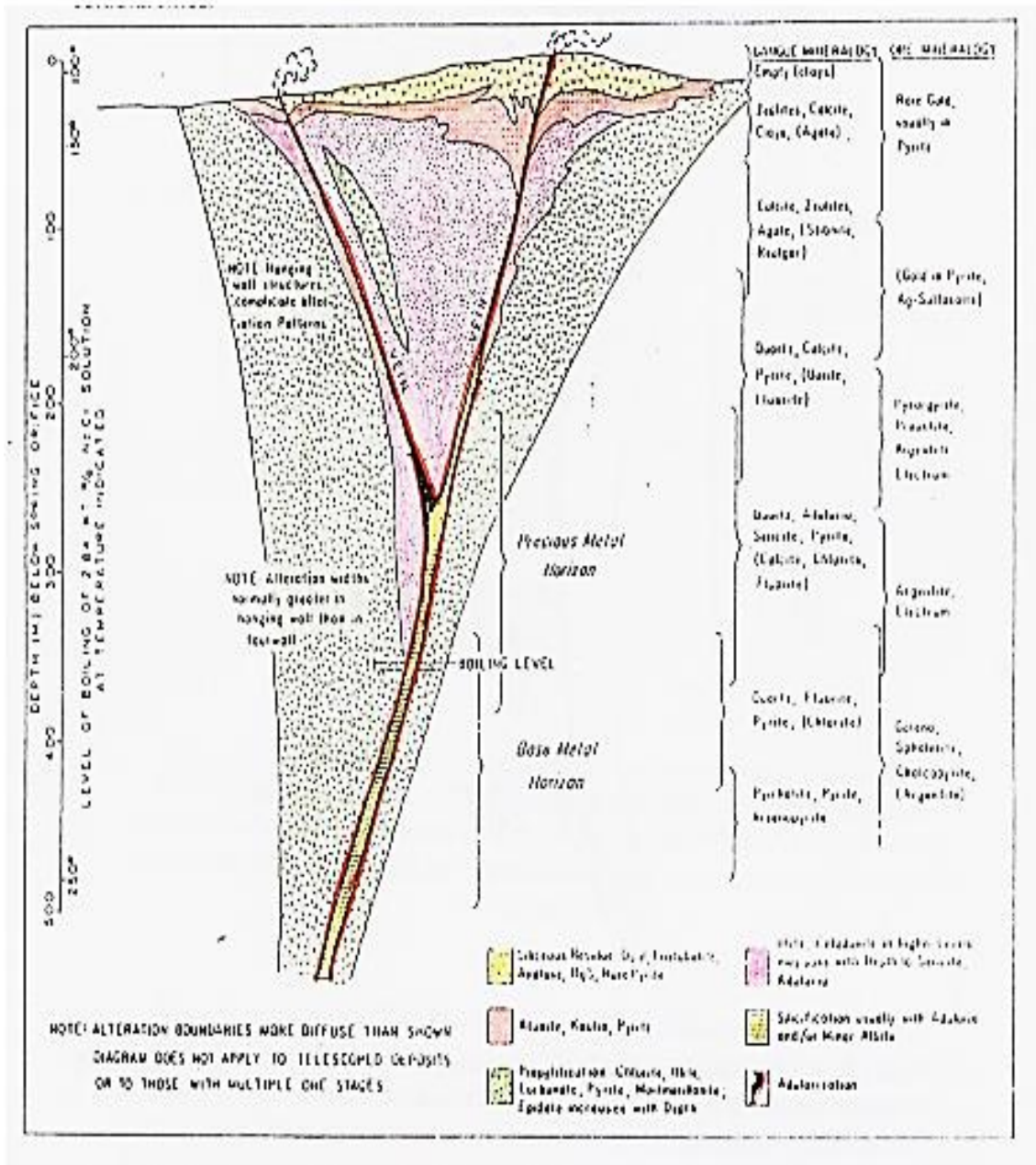


Figura 26. Corte esquemático idealizado de un yacimiento filoneano epitermal modelo de yacimiento tipo bonanza.

Fuente: Larry J. Buchaman (1980)



## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.1. DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOECONÓMICAS DE LA VETA MATA CABALLO

La Veta de Matacaballo tiene una orientación media de E – W y N 85° E con una pendiente de 75° - 85° N; con una anchura media de 1,40 , largo 500 m. en superficie

La mineralogía está representada por plata roja (en la parte superior) y galena y esfalerita en los niveles inferiores.

Las oportunidades de exploración deben estar orientadas hacia el este, hacia la zona de toba volcánica.

##### 5.1.1. Mineralogía

La mineralización de la veta polimetálicas se caracteriza por ser del tipo LS (Low Sulphidation) con presencia de Ag, Au, Pb, Zn, Sb, As minerales, Fe, Cu; Consiste en el mineral y los minerales de las vetas observados macroscópicamente en la Veta Matacaballo.

##### 5.1.2. Minerales de mena

- Pirargirita
- Proustita
- Esfalerita
- Galena



- Argentita
- Tetraedrita

### **5.1.3. Minerales de ganga: los minerales en la Veta Matacallo son:**

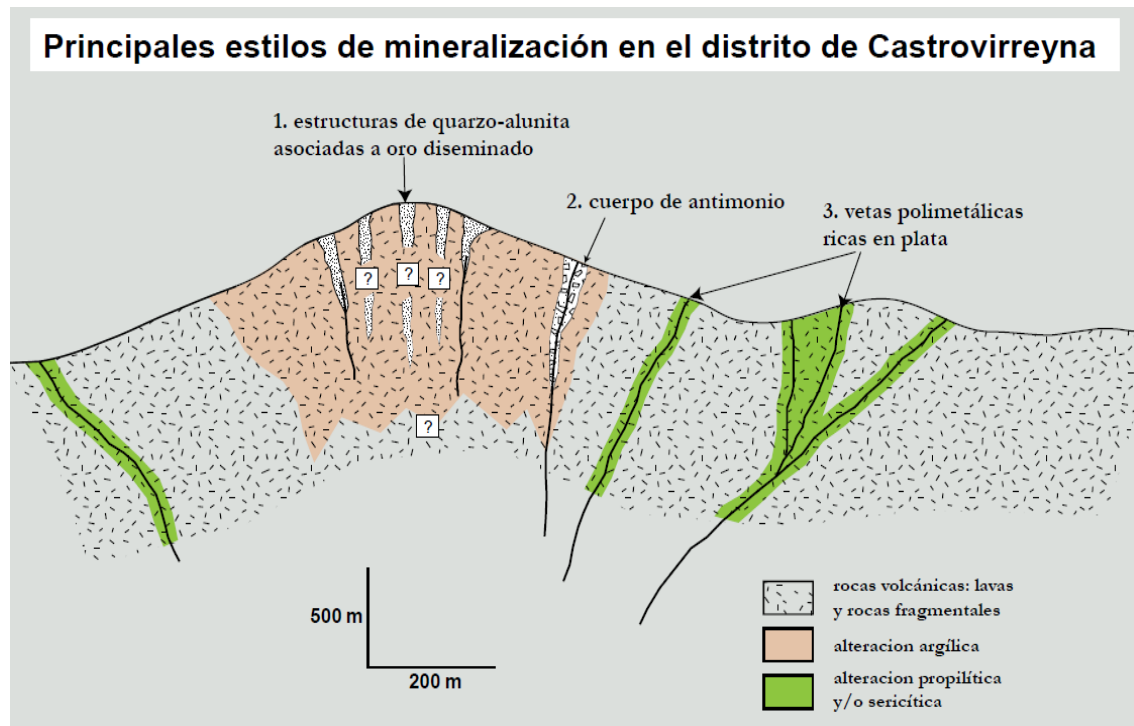
- Pirita
- Rodocrosita
- Calcita
- Rodonita
- Caolinita
- Baritina
- Hematita
- Limonita
- Goethita
- Jarosita

### **5.1.4. Mineralización**

Los minerales que predomina son de Pb, Zn, Ag, Au y Cu.

De acuerdo a Lewis - 1956, se reportaron minerales de plata roja en la parte superior y minerales de cobre y plomo en la parte central inferior, como enargita, boulangerita, bournonita, tetraedrita en la parte medio-oeste. De acuerdo a estudio de inclusiones fluidas, Sawkins (1974) el depósito mineral se encuentra dentro de una

temperatura de 325 °C y 270 °C con una caída de temperatura de 250 °C a 170 °C para el último depósito de esfalerita y 100 °C para el último depósito de esfalerita.



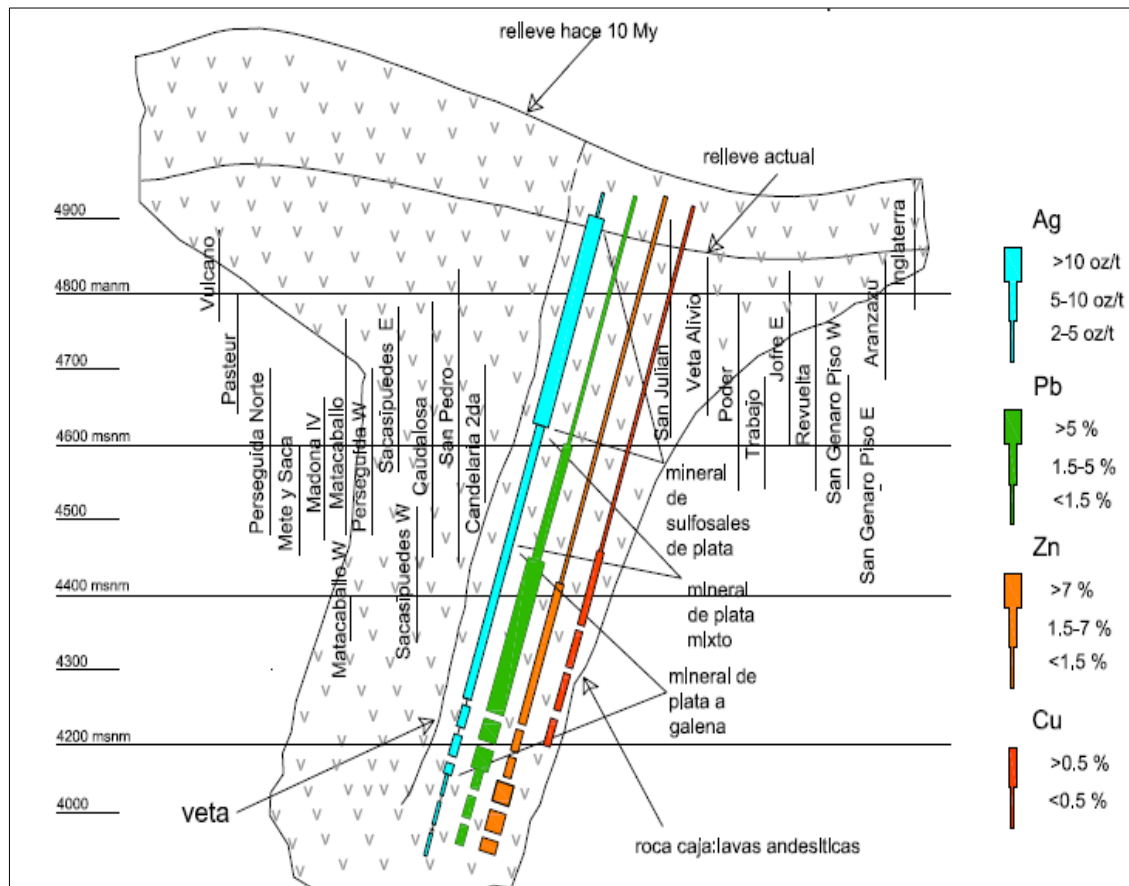
**Figura 27.** Principales estilos de mineralización en el distrito de Castrovirreyna

**Fuente:** Mina Caudalosa Grande.

### 5.1.5. Zonamiento

En la Veta Mataballo la mineralización contiene de Ag-Pb-Zn-Cu-Au. El Cu se encontró por debajo del nivel 560, según lo confirmado por la perforación diamantina.

En profundidad la mineralogía cambia y se refleja en las proporciones metálicas de la Veta Mataballo la dirección de las soluciones es subhorizontal; pero desconectados. Su origen de estas soluciones podría estar relacionado al intrusivo de Virreyna.



**Figura 28.** Zonamiento del yacimiento Castrovirreyna en sexto orden la veta Matacaballo

**Fuente:** Mina Caudalosa Grande.

### 5.1.6. Controles de mineralización

Está asociada con controles estructurales y litológicos. Estos determinan las condiciones idóneas para albergar mineralización polimetálica.

#### Control estructural

Está controlado por 3 corredores estructurales:

- Candelaria – Caudalosa
- Sacaspuedes – Matacaballo – Vulcano
- Perlas – Ytanayoc

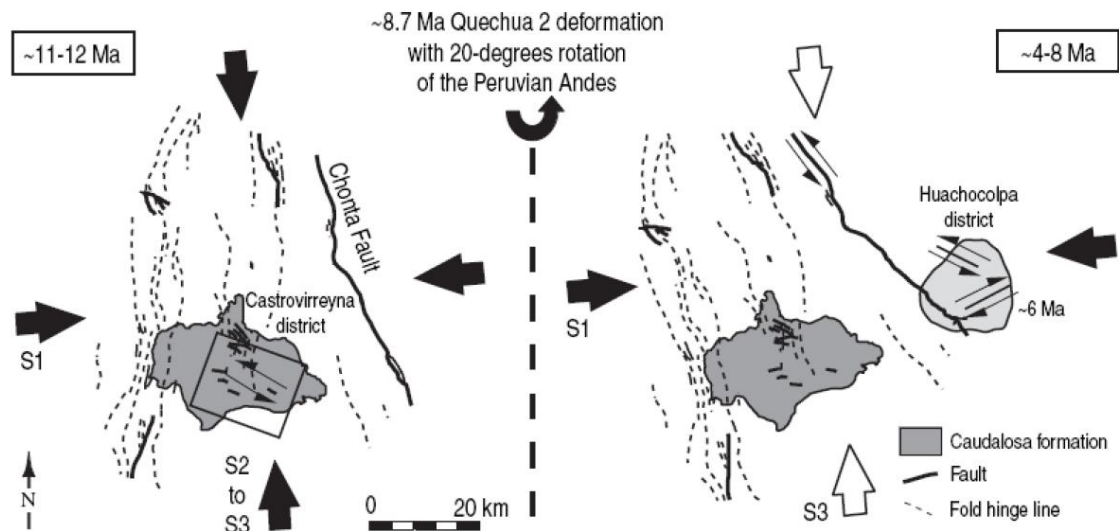




La veta Mataballo está altamente corrugada y se formó en un sistema de fallas siniestras de desplazamiento corto, ensanchadas y anastomosadas durante una fase de compresión Este-Oeste del Mioceno Tardío. Las estrías, junto a ángulos de intersección y los mapas de patrones, indican que la veta no se formó por un sistema de fractura conjugado simple. La interpretación preferida es que el crecimiento de la fractura curva y las distribuciones complejas de deslizamiento evolucionaron debido a un régimen de tensión modificado por la propagación de la falla y la dilatación de los segmentos de la veta durante la compresión regional con sesgo este-oeste.

Las estrías de fallas de orientación variable, los perfiles de desplazamiento compuestos y las múltiples escalas de curvatura de las vetas son características de las interacciones de tensión.

Las deflexiones de la falla Chonta, particularmente aquellas con una orientación que produce desviaciones del tipo *releasing bend*, pueden resultar en estructuras separadas. El desarrollo continuo de estas estructuras, donde la línea de falla principal crea patrones anastomóticos, creará zonas de corte y podría crear una serie de estructuras secundarias frágiles que pueden albergar mineralización similar a una veta.



**Figura 29.** Reconstrucción del distrito de Castrovirreyna indicando la posición de los esfuerzos principales

**Fuente:** Mina Caudalosa Grande.

### Control litológico

Está conformado por rocas del Mioceno Superior. La Formación Caudalosa, conformada principalmente por lavas de composición andesítica con niveles piroclásticos y algunos niveles de lavas basálticas, sobreyacen las tobas de Choclococha las cuales dieron una edad K-Ar de  $12.2 \pm 1.0$  Ma y  $12.3 \pm 0.3$  Ma (McKee and Noble, 1982).

#### 5.1.7. Alteraciones hidrotermales

La alteración propilítica de baja intensidad que rodea a las demás alteraciones es prevalente se hace más notoria a medida que se acercan áreas de estructura vetiformes. continua la alteración argílica avanzada la cual es muy localizada y casi siempre rodeando la alteración argílica baja a moderada, formando áreas irregulares alrededor de cuerpos y vetas de sílice, la argitonia avanzada se encuentra confinada a un punto en el área



vulcaniana que es la formación de Los cuerpos de muestra de consolidación y la agregación de cuarzo-sericita-arcilla se limitan a las cajas inmediatas de las vetas.

### **Propilítica**

La alteración propilítica se caracteriza por el contenido de H<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub> y azufre local, con metasomatismo H<sup>+</sup> acentuado. el ensamblé está caracterizado por; clorita, epidota, carbonatos, albita, feldespato potásico y pirita, también son comunes los óxidos de Fe, la montmorillonita y las zeolitas, en vez de la sericita. Esta propiedad es particularmente importante en los sistemas epitérmicos.

La alteración hidrotermal de ferromagnesiano se forma en una temperatura de 180° a 220°C.

La alteración de propilita pasa hacia afuera a rocas inalteradas o hacia adentro donde está presente el metamorfismo.

### **Argílica**

Se forma a una temperatura de 100° a 400°C. Por la alteración de feldespatos, máficos y por lixiviación de cationes alcalinos y cálcicos. Este cambio paulatino es al interior de la zona fílica, considerándose el exterior una gran zona propilítica.

La alteración avanzada de las arcillas se debe a un intenso ataque ácido y una lixiviación más o menos alcalina con destrucción completa de las fases de feldespato y silicato máfico, Alunita, dickita, caolinita, pirofilita, barita y diáspora son las fases minerales típicas de esta alteración.



## **Silicificación**

Con la temperatura y la presión, aumenta la solubilidad de la sílice y cuando la solución experimenta una expansión adiabática, el ácido silícico precipita de modo que se separa fácilmente en regiones de baja presión y baja temperatura.

### **5.1.8. Prospección geoquímica**

En la veta Mataballo se realizaron dos tipos de muestreos de análisis geoquímico, como son: B.: Muestreo en canales en los frentes de socavón, muestreo de testigos de perforación diamantina.

### **5.1.9. Muestreo de canales**

En la veta Mataballo se realizó muestreo por canales rectangulares previamente marcados en el terreno, en forma transversal al rumbo de las estructuras tabulares y cuerpos elongados a intervalos regulares.

### **5.1.10. Muestreo de testigos**

Los testigos de perforación diamantina han estudiados desde el punto de vista geológico, posterior a la interpretación de sondaje se toman tramos mineralizados y de interés para el análisis químico y/o geoquímicas.

Realizada una descripción minuciosa de los testigos de perforación, el geólogo procederá con la ubicación y marcado de estructuras mineralógicas y tramos que vea por conveniente, la muestra no deberá ser mayor de 1m ni menos de 0.20m.

Los tramos de testigos seleccionados serán cortados paralelamente y de la mitad, el geólogo deberá marcar de manera que la muestra sea representativa para un mejor análisis químico.

Una de las mitades es retirada, embolsada, codificada y sellada sistemáticamente; para su envío a laboratorio.

Cada 5 muestras se pone una muestra denominada “blanco” compuesta de fragmentos de roca fresca, para llevar un mejor control en los resultados de laboratorio.

## 5.2. ESTIMACIÓN DE LOS RECURSOS MINERALES DE LA VETA MATA CABALLO

Para la estimación de los recursos minerales de la veta mataballo sea realizado la determinación de bloque de cubicación, altura de bloques, cálculo de áreas, también se considerado la gravedad específica de los minerales polimetálicos: 3.08, mineral argentífero: 2.80, relleno mineralizado: 2.50 y roca encajonante: 2.50 con los cuales sea estimado las leyes. Sea tomado como criterio y factores de estimación de reserva, la dilución, la recuperación, la accesibilidad y el factor de valorización, el cual sea realizado de acuerdo a los precios de los metales. Encontrado la ley mínima explotable Cut Off de US \$ 85.00/t.

### 5.2.1. Recurso y reserva de la Veta Mataballo

Los recursos y reserva de la veta mataballo se tiene en las siguientes tablas

**Tabla 10.** Reservas probadas+probales

RESERVA	T.M.S.	Ancho veta (m)	Ancho minado (m)	LEYES DE MINADO					Ley Equivalente
				Oz Ag	gr Au	% Pb	% Cu	% Zn	
PROBADO	26,536	1.34	1.40	5.37	0.435	1.22	0.90	1.76	7.88
PROBABLE	17,648	1.31	1.37	5.44	0.421	1.28	0.95	2.57	8.31
<b>TOTAL</b>	<b>44,184</b>	<b>1.32</b>	<b>1.38</b>	<b>5.40</b>	<b>0.428</b>	<b>1.25</b>	<b>0.92</b>	<b>2.16</b>	<b>8.09</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

El total de Reserva probable más probable es de 44.184 TMS para un ancho de minado 1.39 m, con leyes Ag 5.40 Oz, Au 0.428gr, Pb 1.25 %, Cu 0.92 % Zn 2.16%, que hace una ley equivalente 8.09

**Tabla 11.** Recurso medido+indicado

RECURSO	T.M.S.	Ancho veta (m)	Ancho minado (m)	LEYES DE MINADO					Ley Equivalente
				Oz Ag	gr Au	% Pb	% Cu	% Zn	
MEDIDO	4,440	1.18	1.20	2.16	0.447	0.69	0.00	1.27	4.11
INDICADO	22,088	1.11	1.15	8.56	0.291	1.68	0.00	1.80	11.30
<b>TOTAL</b>	<b>26,528</b>	<b>1.14</b>	<b>1.17</b>	<b>5.36</b>	<b>0.367</b>	<b>1.18</b>	<b>0.00</b>	<b>1.53</b>	<b>7.10</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

El total, de Recurso medido más indicado es de 26.528 TMS para un ancho de minado 1.17 m, con leyes Ag 5.36 Oz, Au 0.367gr, Pb 1.18 %, Zn 1.53%, que hace una ley equivalente 7.10

**Tabla 12.** Recurso inferido

RECURSO	T.M.S.	Ancho veta (m)	Ancho minado (m)	LEYES DE MINADO					Ley Equivalente
				Oz Ag	gr Au	% Pb	% Cu	% Zn	
INFERIDO	22,088	1.34	1.37	4.68	0.415	1.20	0.99	2.17	7.39
<b>TOTAL</b>	<b>22,088</b>	<b>1.34</b>	<b>1.37</b>	<b>4.68</b>	<b>0.415</b>	<b>1.20</b>	<b>0.99</b>	<b>2.17</b>	<b>7.39</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

El total de Recurso inferido es de 22.088 TMS para un ancho de minado 1.37 m, con leyes Ag 4.68 Oz, Au 0.415 gr, Pb 1.20 %, Cu 0.99 % Zn 2.17%, que hace una ley equivalente 7.39

**Tabla 13.** Recurso mineral roto (relleno mineralizado)

RECURSO	T.M.S.	Ancho veta (m)	Ancho minado (m)	LEYES DE MINADO					Ley Equivalente
				Oz	gr	%	%	%	
				Ag	Au	Pb	Cu	Zn	
R. MINERAL ROTO	69,672	1.50	1.70	4.60	0.315	0.50	0.15	0.70	6.04
<b>TOTAL</b>	<b>69,672</b>	<b>1.50</b>	<b>1.70</b>	<b>4.60</b>	<b>0.315</b>	<b>0.50</b>	<b>0.15</b>	<b>0.70</b>	<b>6.04</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

El total de Recurso mineral roto (relleno mineralizado) es de 69.672 TMS para un ancho de minado 1.70 m, con leyes Ag 4.60 Oz, Au 0.315 gr, Pb 0.50 %, Cu 0.15 % Zn 0.70 %, que hace una ley equivalente 6.04

**Tabla 14.** Recurso potencial

RECURSO	T.M.S.	Ancho veta (m)	Ancho minado (m)	LEYES DE MINADO					Ley Equivalente
				Oz	gr	%	%	%	
				Ag	Au	Pb	Cu	Zn	
POTENCIAL	260,980	1.30	1.40	3.65	0.415	1.29	0.10	2.89	6.80
<b>TOTAL</b>	<b>260,980</b>	<b>1.30</b>	<b>1.40</b>	<b>3.65</b>	<b>0.415</b>	<b>1.29</b>	<b>0.10</b>	<b>2.89</b>	<b>6.80</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

El Recurso potencial es de 260.980 TMS para un ancho de minado 1.40 m, con leyes Ag 3.65 Oz, Au 0.415 gr, Pb 1.29 %, Cu 0.10 % Zn 2.89 %, que hace una ley equivalente 6.80

**Tabla 15.** Reserva probado x bloques

Nivel	BLOCK	T.M.S.	Ancho veta (m)	Ancho minado (m)	LEYES DE MINADO					Ley Equivalente
					Oz Ag	gr Au	% Pb	% Cu	% Zn	
642	965	2,264	0.93	1.00	9.70	0.428	1.51		1.58	12.45
560	966	5,608	1.70	1.80	8.48	0.447	0.10		0.80	9.46
560	969	1,432	1.39	1.45	3.25	0.441	1.38			5.25
560	970	1,152	1.40	1.45	6.64	0.460	1.33			8.63
560	973	5,192	1.66	1.68	3.61	0.454	0.98		1.52	5.92
560	974	560	2.30	2.40	3.68	0.446	2.17		2.11	7.37
560	977	832	1.02	1.05	4.49	0.447	1.39		1.31	7.06
520	980	2,784	0.46	0.60	4.45	0.354	1.02		1.92	6.78
520	986	2,616	1.20	1.25	4.28	0.441	3.09	0.90	3.85	9.52
520	989	3,112	1.23	1.30	3.26	0.434	1.55		2.36	6.50
520	1001	984	1.25	1.30	2.48	0.442	1.62		2.51	5.74
<b>TOTAL</b>		<b>26,536</b>	<b>1.34</b>	<b>1.40</b>	<b>5.37</b>	<b>0.435</b>	<b>1.22</b>	<b>0.90</b>	<b>1.76</b>	<b>7.88</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 16.** Reserva probable x bloques

Nivel	BLOCK	T.M.S.	Ancho veta (m)	Ancho minado (m)	LEYES DE MINADO					Ley Equivalente
					Oz Ag	gr Au	% Pb	% Cu	% Zn	
560	967	5,608	1.75	1.80	8.48	0.447	0.10		2.09	10.26
560	971	1,152	1.40	1.45	6.64	0.460	1.33		1.95	8.63
560	975	560	2.33	2.40	3.68	0.446	2.17		2.41	7.37
560	978	832	1.02	1.05	4.49	0.447	1.39		2.31	7.06
520	981	2,784	0.46	0.60	4.45	0.354	1.02		1.92	6.78
520	987	2,616	1.20	1.25	4.06	0.419	3.24	0.95	4.45	9.48
520	990	3,112	1.23	1.30	3.09	0.412	1.63		2.79	6.42
520	1002	984	1.25	1.30	2.36	0.420	1.70		2.64	5.70





<b>TOTAL</b>	<b>17,648</b>	<b>1.31</b>	<b>1.37</b>	<b>5.44</b>	<b>0.421</b>	<b>1.28</b>	<b>0.95</b>	<b>2.57</b>	<b>8.31</b>
--------------	---------------	-------------	-------------	-------------	--------------	-------------	-------------	-------------	-------------

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 17.** Recurso medido x bloques

Nivel	BLOCK	T.M.S.	Ancho veta (m)	Ancho minado (m)	LEYES DE MINADO					Ley Equivalente
					Oz	gr	%	%	%	
					Ag	Au	Pb	Cu	Zn	
520	983	1,984	1.15	1.17	2.11	0.460	0.70		1.51	4.19
520	992	688	1.15	1.18	2.17	0.439	0.68		0.97	3.97
520	995	480	0.65	0.70	2.02	0.427	0.84		1.21	4.03
520	998	1,288	1.45	1.51	2.30	0.440	0.63		1.09	4.11
<b>TOTAL</b>		<b>4,440</b>	<b>1.18</b>	<b>1.20</b>	<b>2.16</b>	<b>0.447</b>	<b>0.69</b>	<b>0.00</b>	<b>1.27</b>	<b>4.11</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 18.** Recurso indicado x bloques

Nivel	BLOCK	T.M.S.	Ancho veta (m)	Ancho minado (m)	LEYES DE MINADO					Ley Equivalente	
					Oz	gr	Au	%	%		%
					Ag			Pb	Cu		Zn
710	964	9,776	1.45	1.47	15.36	0.460	0.26		0.39	16.59	
520	984	1,984	1.15	1.20	2.00	0.460	0.74		1.58	4.14	
520	993	688	1.15	1.19	2.06	0.417	0.72		1.02	3.87	
520	996	480	0.65	0.69	1.92	0.406	0.88		1.27	3.95	
520	999	1,288	1.45	1.48	2.19	0.418	0.66		1.15	4.01	
520	1004	7,056	0.67	0.71	4.01		3.77		3.86	8.87	
520	1005	816	0.36	0.39	1.92		5.78		3.50	8.37	
<b>TOTAL</b>		<b>22,088</b>	<b>1.11</b>	<b>1.15</b>	<b>8.56</b>	<b>0.291</b>	<b>1.68</b>	<b>0.00</b>	<b>1.80</b>	<b>11.30</b>	



**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 19.** Recurso inferido x bloques

Nivel	BLOCK	T.M.S.	Ancho veta (m)	Ancho minado (m)	LEYES DE MINADO					Ley Equivalente
					Oz Ag	gr Au	% Pb	% Cu	% Zn	
560	968	5,608	1.80	1.83	8.48	0.447	0.10		1.77	10.12
560	972	1,152	1.45	1.48	6.64	0.460	1.33			8.63
560	976	560	2.40	2.42	3.68	0.446	2.17		2.41	7.37
560	979	832	1.05	1.07	4.49	0.447	1.39		1.31	7.06
520	982	2,784	0.60	0.63	4.45	0.354	1.02		1.92	6.78
520	985	1,984	1.15	1.18	1.89	0.460	0.77		1.65	4.09
520	988	2,616	1.25	1.27	3.85	0.397	3.40	0.99	4.66	9.46
520	991	3,112	1.30	1.32	2.93	0.390	1.70		2.93	6.33
520	994	688	1.15	1.19	1.95	0.395	0.75		1.07	3.77
520	997	480	0.65	0.68	1.82	0.384	0.92		1.33	3.87
520	1000	1,288	1.45	1.47	2.07	0.396	0.69		1.20	3.89
520	1003	984	1.30	1.33	2.23	0.398	1.78		2.76	5.65
<b>TOTAL</b>		<b>22,088</b>	<b>1.34</b>	<b>1.37</b>	<b>4.68</b>	<b>0.415</b>	<b>1.20</b>	<b>0.99</b>	<b>2.17</b>	<b>7.39</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 20.** Recurso mineral roto (relleno mineralizado) x bloques

Nivel	BLOCK	T.M.S.	Ancho veta (m)	Ancho minado (m)	LEYES DE MINADO					Ley Equivalente
					Oz Ag	gr Au	% Pb	% Cu	% Zn	
710	1006	42,456	1.60	1.80	4.80	0.366	0.48	0.16	0.72	6.49
560	1007	27,216	1.40	1.60	4.40	0.264	0.52	0.14	0.68	5.32
<b>TOTAL</b>		<b>69,672</b>	<b>1.50</b>	<b>1.70</b>	<b>4.60</b>	<b>0.315</b>	<b>0.50</b>	<b>0.15</b>	<b>0.70</b>	<b>6.04</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 21.** Recurso potencial x bloques

Nivel	BLOCK	T.M.S.	Ancho veta (m)	Ancho minado (m)	LEYES DE MINADO					Ley Equivalente
					Oz Ag	gr Au	% Pb	% Cu	% Zn	
390	V	260,980	1.30	1.40	3.65	0.415	1.29	0.10	2.89	6.80
<b>TOTAL</b>		<b>260,980</b>	<b>1.30</b>	<b>1.40</b>	<b>3.65</b>	<b>0.415</b>	<b>1.29</b>	<b>0.10</b>	<b>2.89</b>	<b>6.80</b>

**Fuente:** Elaboración propia.



## VI. CONCLUSIONES

Del estudio geoeconómico de la veta Matacaballo, concluimos que se trata de un depósito epitermal, en el que se da la presencia de un zonamiento vertical hacia el SE, lo que hace suponer también que la mineralización hacia niveles inferiores continúa con mineralización de plata y oro asociados a los sulfuros de plomo, zinc y cobre.

La cubicación obtenida luego de haber seguido el procesamiento de la data obtenida considerando reservas probadas y probables, de la veta Matacaballo nos da el siguiente Total de reservas: **44.184** Toneladas Métricas con Leyes promedio de. 5.40 Oz/TM. Ag Au. 0.428 Gr./TM., 1.25 %Pb., 2.16 % Zn.



## VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda hacer estudios de grados de liberación del oro contenido en la esfalerita.

Realizar una correlación de isovalores e inclusiones fluidas lo que determinara el grado de desmantelamiento

Realizar el mismo estudio de zoneamientos en las principales vetas porque mayores detalles pueden hacer variar sustancialmente lo actualmente concluido.



## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bateman, A. M. (1982). *Yacimientos minerales de rendimiento económico*. (5ta ed.).  
Barcelona, España: Editorial Omega. 987 pág.
- Benavides, J. (1983). Alteración y mineralización en un sector del Distrito Minero de  
Julcani. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú.*, N° 72. pp. 99-110.
- Camprubí, A.; Gonzáles, E.; Levresse, G. y Carrillo, A.; 2003. Depósitos epitermales de  
alta y baja sulfuración: una tabla comparativa. *Boletín de la Sociedad Geológica  
Mexicana*. Toomo LVI, núm. 1, p. 10-18.
- Davis J. F. (1980). K-Rb Patterns in an Archean “Porphyry Type” *Copper deposits,  
Timmins, Ontario, Canada; Economic Geology*, Vol. 75, 1980; pp. 1462- 1472.
- Deen, J., Rye, R., Muñoz, J. y Drexler, J. (1994). The Magmatic Hydrothermal System at  
Julcani, Perú: Evidence from fluids inclusions and hydrogen and oxygen isotopes.  
*Economic Geology*, Vol 89, Number 8, 1994; pp. 1924-1938.
- Goodell, P. (1970). *Zoning and Paragenesis in the Julcani, District, Peru, Informe  
Privado CMBSAA*.
- Govett, G. J. S. (1983). *Rock Geochemistry in Mineral Exploration*, Volume 3, Elsevier  
*Scientific Publishing Company Amsterdam-Oxford-New York*.
- Hankes, H. E. y Webb, J. S. (1962). *Geochemistry in Mineral Exploration*. Harper & Row  
Publishers New York and Evanston.
- Lueth, V., Goodell, P. y Pingitore, N. (1990). Encoding the Evolution of an Ore System  
in Bismuthinite-Stibnite Compositions, Julcani, Peru, *Economic Geology* Vol 85,  
1990, pp. 1462-1472.



- Mason, B. (1960). *Principios de geoquímica*. Barcelona: Ediciones Omega.
- Mayta, O. y Herrera, J. (1987). *Otros Lineamientos Estructurales Mineralizados en Julcani-Huancavelica- Peru*. VI Congreso de Geología.
- Noble, D. (2007). Preliminary Results on New Isotopic Dating at Julcani. Memorandum. *Informe Privado CMBSAA*.
- Noble, D. (2007). Some New Observations and Preliminary Discussions on The Geologic Evolution and Mineralization of Julcani, Memorandum. *Informe Privado CMBSAA*
- Noble, D. (2001). Comments on the Mineral Potencial at Depth in the Central Part of the Julcani District. *Memorandum. Informe Privado CMBSAA*.
- Noble, D. y Silberman, M. (1984). Evolución Volcánica e Hidrotermal y Cronología de K – Ar del Distrito Minero de Julcani, Perú., *Boletín Sociedad Geológica del Perú – Volumen Jubilar LX Aniversario*. Homenaje Dr. George Petersen, Fasc. 5, pp 1-35.
- Noble, D. y Vidal, C. (1990). Association of Silver with Mercury, Arsenic, Antimony and carbonaceous material at the Huancavelica District, Peru, *Economic Geology* Vol 85, 1990 , pp. 1645-1650.
- Petersen, U. (2001). Julcani K y Rb., Memorando. *Informe Privado de CMBSAA*.
- Petersen, U., Noble, D., Arenas, M. y Goodell, P. (1977). Geology of the Julcani Mining District, Peru, *Economic Geology* Vol 72, pp. 931-949
- Rankama, K. y Sahama, T. (1949). *Geoquímica*. Aguilar, SA Ediciones-Madrid



Scherkenbach, (1978). Potassium and Rubidium metasomatism related to mineralization at the Julcani district, Peru, *Informe Privado CMBSSA*.

Scherkenbach, D. y Noble, D. (1984). Potassium and Rubidium Metasomatism at the Julcani District, Peru, *Economic Geology* Vol 79, 1984, pp. 565-572.

Shelnutt, J. y Noble, D. (1985). Premineralization Radial Dikes of Tourmalinized Fluidization Breccia, Julcani District, Peru, *Economic Geology* Vol 80, 1985, pp. 1622-1632

INGEMMET, Morche, W. y Larico, W. (Setiembre de 1996). Geología del Cuadrangulo de Huancavelica, *Boletin N° 73* hoja 26-n, pp. 21-102.

Arenas, M. y Noble, D.C. (1975). Cronologia del Volcanico Terciario y Mineralizacion del Distrito de Huachocolpa – Julcani, *Economic Geology* N° 70, pp.388-390.

Villanueva, R. (abril de 2001). Estadísticas Aplicadas y análisis Factorial, *Folleto Recursos Naturales Medio Ambiente SRL*, N° 01, pp.4-79

Candia Ticona, Jose Luis (2016-11-11) Estimación de Reserva de la Veta Vulcano con perforación diamantina Castrovirreyña – Huancavelica

## WEBGRAFÍA

<http://www.buenaventura.com.pe> (Compañía de Minas Buenaventura S.A.A)

<http://www.peru.com> (Información por Departamentos –Huancavelica)

<http://biblioteca.unmsm.edu.pe> (Biblioteca de la Univ. Mayor de San Marcos Perú)

<http://www.ingemmet.com.pe> (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú)

Dávila, B. J. (1999). "Diccionario Geológico". *Tercera Edición*. Lima, Perú

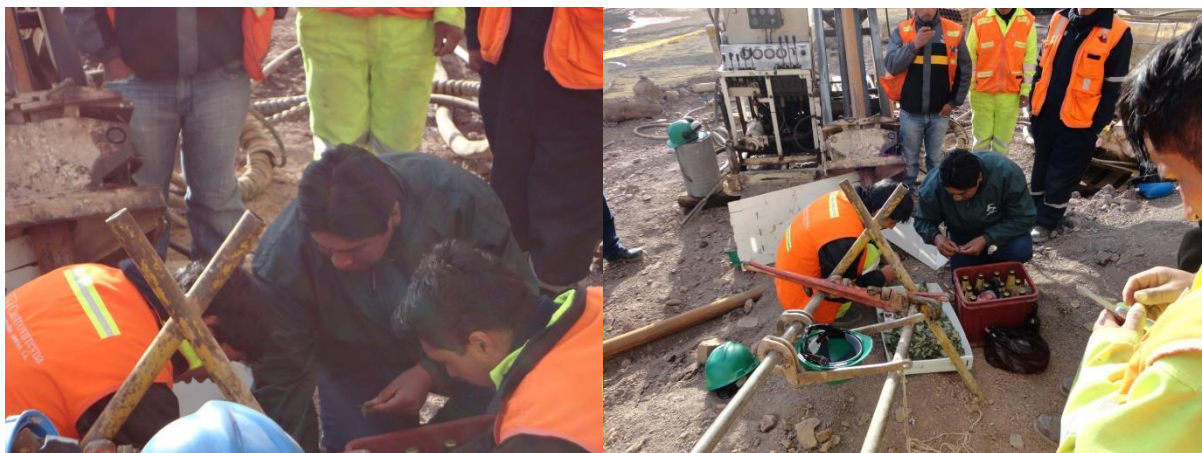




# ANEXOS



Punto de Perforación



Pago a la tierra

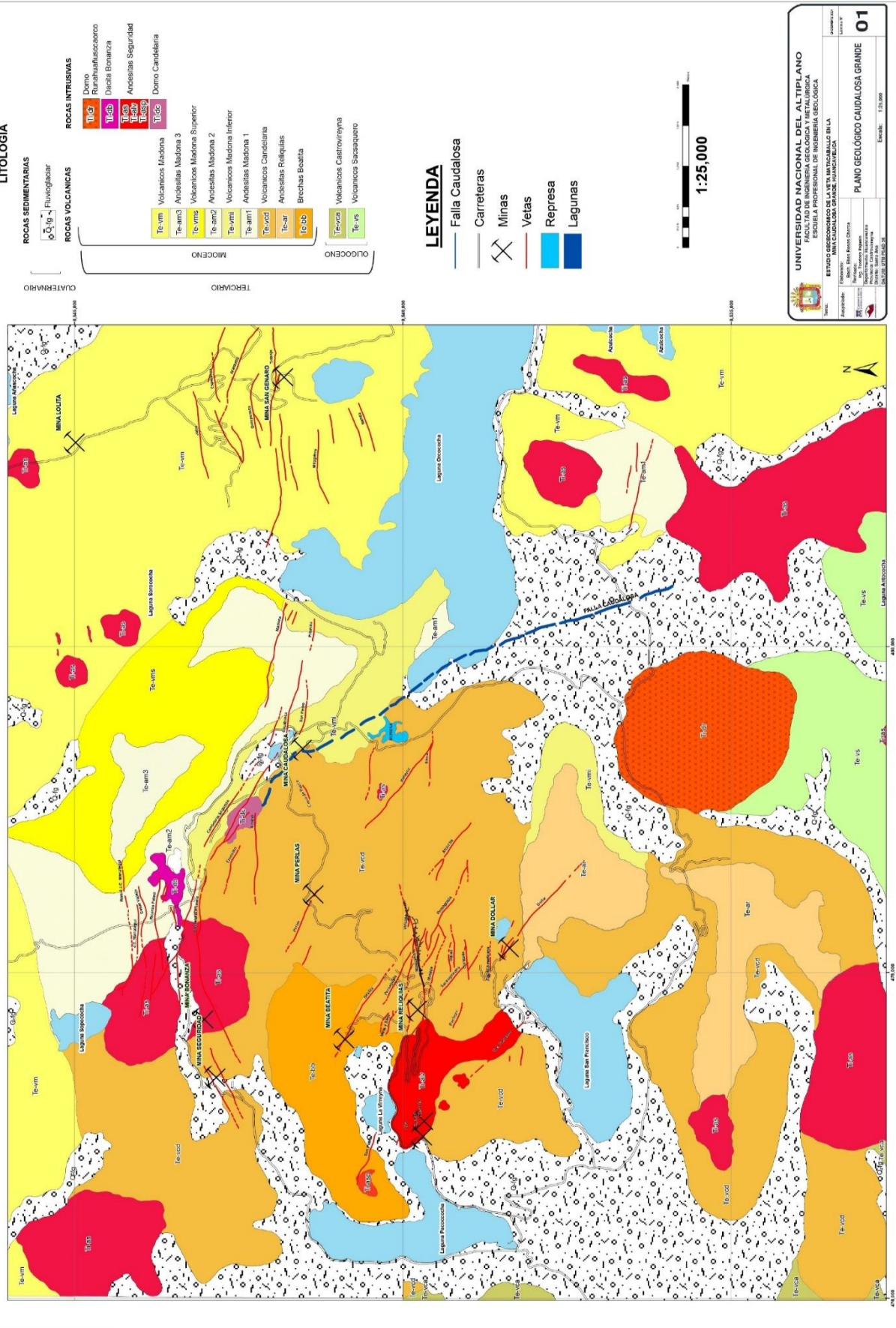


Dirección de la Perforación Diamantina

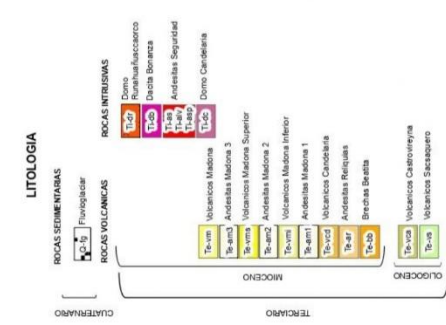
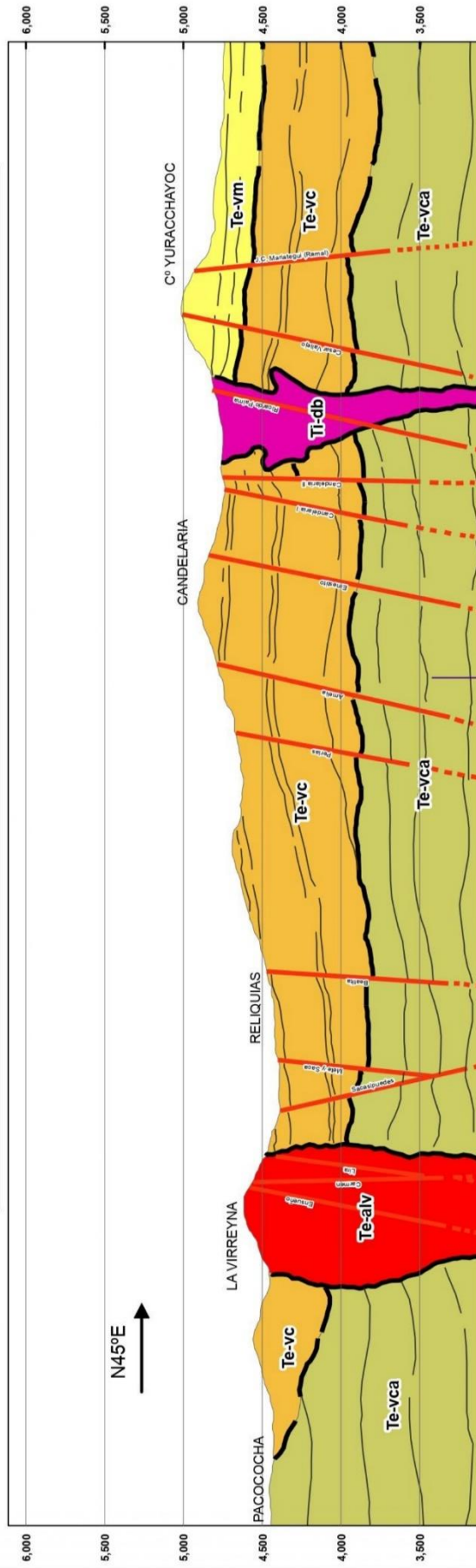


Control de la Perforación Diamantina

# PLANO GEOLOGICO DE CAUDALOSA Y ALREDEDORES



# SECCIÓN GEOLÓGICA TRANSVERSAL DE CAUDALOSA GRANDE



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y MINERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

ESTADÍSTICO DE COMERCIO DE LA VENTA DE PRODUCTOS EN LA  
CANTIDAD DE PRODUCTOS EN LA VENTA DE PRODUCTOS EN LA

02

