

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



**T E S I S**

**Modelamiento implícito usando el software Leapfrog Geo y la  
estimación de recursos minerales en el Prospecto de Cu ubicada en la  
subcuenca Cañete, Ica 2023**

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

**Autor:**

**Bach. Nancy Giovana SALCEDO LEON**

**Asesor:**

**Dr. José Fermín HINOJOSA DE LA SOTA**

**Cerro de Pasco - Perú – 2024**

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



**T E S I S**

**Modelamiento implícito usando el software Leapfrog Geo y la  
estimación de recursos minerales en el Prospecto de Cu ubicada en la  
subcuenca Cañete, Ica 2023**

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

---

**Dr. Tito Marcial ARIAS ARZAPALO**  
**PRESIDENTE**

---

**Dr. Favio Máximo MENA OSORIO**  
**MIEMBRO**

---

**Mg. Javier LOPEZ ALVARADO**  
**MIEMBRO**



**Universidad Nacional Daniel Alcides  
Carrión Facultad de Ingeniería  
Unidad de Investigación**

**INFORME DE ORIGINALIDAD N° 223-2024-UNDAC/UIFI**

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

**Modelamiento implícito usando el software Leapfrog Geo y la estimación de recursos minerales en el Prospecto de Cu ubicada en la subcuenca Cañete, Ica 2023**

Apellidos y nombres del tesista:

**Bach. SALCEDO LEÓN, Nancy Giovana**

Apellidos y nombres del Asesor:

**Dr. HINOJOSA DE LA SOTA, José Fermín**

Escuela de Formación Profesional

**Ingeniería Geológica**

Índice de Similitud

**8 %**

**APROBADO**

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 29 de noviembre del 2024



Firmado digitalmente por MEJIA  
CACERES Reynaldo FAU  
20154020046 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 29.11.2024 09:37:54 -05:00

## **DEDICATORIA**

*A Dios por darme muchas metas y fuerzas día tras día.*

*A mis padres, Nicolas Salcedo y Luisa León], por su amor incondicional, sacrificios y por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia. Su confianza en mí ha sido mi mayor fuente de inspiración y fortaleza.*

*A mis hermanos: Cristhian, Karin, Guido y Paúl y sobrinos, por su apoyo constante y por estar siempre ahí para ofrecerme aliento y comprensión en cada etapa de este proceso. Su presencia y cariño han hecho más llevadero cada desafío que enfrenté.*

*Esta tesis es el resultado de su apoyo y aliento continuo. Gracias por creer en mí y por estar siempre a mi lado*

## **AGRADECIMIENTO**

*A mis padres, Nicolas Salcedo y Luisa León  
No tengo palabras suficientes para expresar mi  
gratitud por su amor incondicional, paciencia y apoyo  
constante. Su confianza en mí y sus sacrificios a lo  
largo de este proceso han sido una fuente constante  
de motivación. Este logro es tan suyo como mío, y no  
habría sido posible sin su aliento y respaldo  
inquebrantables.*

*A mi asesor, Dr. José Fermín Hinojosa de la Sota:  
Quiero agradecerle profundamente por su invaluable  
orientación y apoyo a lo largo de esta investigación.  
Su experiencia, paciencia y consejos han sido  
cruciales para el desarrollo de este trabajo. Aprecio  
mucho su dedicación y la forma en que ha guiado  
cada paso de este proyecto con tanto profesionalismo  
y compromiso.*

## RESUMEN

La zona del prospecto de Cu ubicada en la subcuenca Cañete se encuentra en la región de Ica, en la mineralización se asocia a fallas de la Formación Huaranguillo, destacando sistemas estructurales NW-SE, NE-SE, N-S y E-W, teniendo cronologías y características específicas. La investigación tiene como objetivo de optimizar modelos tridimensionales geológicos para mejorar la precisión del análisis de dominios geológicos y actualizando la estimación de recursos mediante Leapfrog Geo y el Mineplant,. Se recopilaron datos geológicos, tanto superficiales como estructurales, mediante campañas de perforación diamantina (250 sondajes DDH) y 180 canales, procesados en el sistema Acquire, donde el 20% de los datos fue validado mediante controles de calidad. Estos datos se integraron en Leapfrog Geo, conectado a través de un enlace ODBC, y se empleó el software MinePlan para complementos de análisis. La metodología utilizada fue exploratoria, descriptiva e interpretativa. Como resultado, se logró una coincidencia superior al 95% entre sondajes y sólidos modelados, lo que permitió actualizar los dominios geológicos. La estimación de recursos se realizó mediante el método Kriging, utilizando un tamaño de bloque de 20x20x5, donde se calcularon recursos totales estimados en 45,000 millones de toneladas, con una ley promedio de 0.13% de cobre, con respecto a la discusión de los resultados nos permite cuantificar una mejora significativa en la precisión de la estimación de los recursos de los métodos tradicionales y finalmente concluimos que podemos tener un modelo implícito con mayor asertividad entre las interpretaciones y mejorar las precisiones entre los dominios y tener mejoras en la estimación de recursos de Cu.

Palabras clave: modelamiento implícito, estimación de recursos y validación

## ABSTRACT

The copper prospect area located in the Cañete subbasin is situated between the Ica regions, where mineralization is associated with faults of the Huaranguillo Formation, highlighting structural systems NW-SE, NE-SE, N-S, and E-W, with specific chronologies and characteristics. The research aims to optimize three-dimensional geological models to improve the precision of geological domain analysis and update resource estimates using Leapfrog Geo and MinePlan. Geological data, both surface and structural, were collected through diamond drilling campaigns (250 DDH drill holes) and 180 channels, processed in the Acquire system, with 20% of the data validated through quality control. These data were integrated into Leapfrog Geo via an ODBC connection, and MinePlan software was used for analysis add-ons. The methodology used was exploratory, descriptive, and interpretive. As a result, a greater than 95% match between drill holes and modeled solids was achieved, allowing for the update of geological domains. Resource estimation was performed using the Kriging method, with a block size of 20x20x5, calculating total estimated resources of 45,000 million tons, with an average copper grade of 0.13%. Regarding the discussion of results, this shows a significant improvement in the precision of resource estimation over traditional methods, and we conclude that an implicit model can provide greater accuracy in interpretations, improve domain precision, and enhance copper resource estimation.

Keywords: implicit modeling, resource estimation and validation

## INTRODUCCION

La presente investigación, titulado "Modelamiento implícito usando el software Leapfrog Geo y la estimación de recursos minerales en el prospecto de Cu ubicado en la Subcuenca Cañete, Ica 2023," no solo se caracteriza por su potencial geografía, sino también por su potencial mineral que ha despertado el interés de la comunidad minera y geológica. Dada la creciente demanda de recursos minerales, la evaluación precisa de estos prospectos es fundamental para determinar su viabilidad económica y su capacidad de producción.

Con los avances tecnológicos en el ámbito minero, el modelamiento implícito ha emergido como una herramienta clave para optimizar los procesos de exploración y planificación.

La investigación se inicia con la recopilación exhaustiva de datos relevantes, que incluye información de perforaciones, muestras de superficie y análisis de laboratorio. Estos datos son esenciales para desarrollar un modelo tridimensional que revele la distribución y características de la mineralización de cobre en el área de estudio. Mediante el uso de técnicas avanzadas como el kriging y el análisis de bloques, se realizarán estimaciones precisas de las concentraciones de cobre, las cuales son vitales para la toma de decisiones en el ámbito minero.

Este trabajo busca contribuir al conocimiento en el campo de la minería mediante la aplicación del modelamiento implícito, ofreciendo una perspectiva actualizada sobre la estimación de recursos minerales en uno de los prospectos de cobre más prometedores de la región. Los hallazgos de esta investigación no solo aportarán información valiosa sobre la cantidad y calidad del mineral, sino que también orientarán futuras actividades de exploración, estableciendo una base sólida para el desarrollo sostenible de la industria minera en Perú.

La estructura de esta tesis se compone de cuatro capítulos:



**CAPITULO I:** Se mencionará la identificación y determinación del problema, delimitación de la investigación, formulación del problema, problema general, problemas específicos, justificación de la investigación y limitaciones de la investigación.

**CAPITULO II:** Comprendido por el Marco Teórico, donde se describe los antecedentes del estudio, bases teóricas científicas, definición de términos, finalmente la formulación de hipótesis.

**CAPITULO III:** Correspondiente a Metodología y Técnicas de investigación que se describe, el tipo de investigación, nivel de investigación, método de investigación, diseño de investigación, población y muestra, recolección de datos, procesamiento y análisis de datos, finalmente tratamientos estadísticos.

**CAPITULO IV:** Comprendido por los Resultados y discusión, descripción del trabajo de campo, presentación, análisis e interpretación de resultados obtenidos de los datos geoquímicos hasta el año 2023, prueba de hipótesis, discusión de resultados.

## INDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCION	
INDICE	
INDICE DE TABLAS	
INDICE DE FIGURAS	

## CAPITULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema .....	1
1.2. Delimitación de la investigación .....	2
1.2.1. Delimitación espacial:.....	2
1.2.2. Delimitación temporal:.....	2
1.2.3. Delimitación conceptual:.....	3
1.3. Formulación del Problema .....	3
1.3.1. Problema general.....	3
1.3.2. Problemas específicos. ....	3
1.4. Formulación de objetivos. ....	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivo específico .....	4
1.5. Justificación de la investigación.....	4
1.6. Limitaciones de la investigación.....	5

**CAPITULO II**  
**MARCO TEORICO**

2.1.	Antecedentes de estudio .....	6
2.1.1.	Antecedentes Internacionales .....	6
2.1.2.	Antecedentes Nacionales.....	9
2.2.	Bases teóricas – científicas.....	12
2.2.1.	Marco Geológico. ....	12
2.2.2.	Geología Regional:.....	12
2.2.3.	Geología local: .....	13
2.2.4.	Estratigrafía Local:.....	14
2.2.5.	Estructural .....	18
2.2.6.	Alteración .....	19
2.2.7.	Mineralización .....	20
2.2.8.	Verificación y validación de los modelos Implícitos.....	21
2.2.9.	Base de Datos.....	22
2.2.10.	Modelamiento Explicito.....	22
2.2.11.	Modelamiento Implícito.....	23
2.2.12.	Funciones de Base Radial (RBF) .....	25
2.3.	Definición de términos básicos .....	26
2.3.1.	Base de datos. ....	26
2.3.2.	Modelamiento Implícito.....	27
2.3.3.	Modelamiento geológico.....	27
2.3.4.	Cuerpo mineralizado. ....	27
2.3.5.	Backflagging.....	27
2.3.6.	Análisis geoestadístico. ....	28
2.3.7.	Estadística descriptiva EDA.....	28

2.3.8. El variograma. ....	28
2.3.9. Kriging Simple. ....	28
2.3.10. AcQuire. ....	28
2.3.11. Leapfrog. ....	28
2.3.12. MinePlant. ....	29
2.3.13. Estimación:.....	29
2.4. Formulación de la hipótesis .....	30
2.4.1. Hipótesis general.....	30
2.4.2. Hipótesis Especifica. ....	30
2.5. Identificación de las Variables.....	30
2.6. Definición Operacional de variables e indicadores. ....	31

### **CAPITULO III**

#### **METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION**

3.1. Tipo de Investigación .....	32
3.2. Nivel de Investigación .....	33
3.3. Métodos de la Investigación.....	33
3.4. Diseño de Investigación .....	34
3.5. Población y Muestra .....	34
3.5.1. Población. ....	34
3.5.2. Muestra. ....	35
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. ....	35
3.6.1. Trabajos de Campo. ....	35
3.6.2. Trabajos en gabinete.....	36
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación .....	36
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos. ....	37
3.9. Tratamiento estadístico.....	37

3.10. Orientación Ética filosófica y epistémica .....	37
---	----

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Descripción del trabajo de campo .....	39
4.1.1. Ubicación del Proyecto.....	39
4.1.2. Información relevante.....	40
.....	41
4.1.3. Desarrollo de la tesis.....	54
4.2. Presentación, análisis e Interpretación de resultados .....	55
4.2.1. Conexión de la base de datos. ....	55
4.2.2. Validación de los datos Geológicos con el modelo .....	55
4.2.3. Estimación de Recursos.....	58
4.3. Prueba de Hipótesis.....	78
4.4. Discusión de resultados.....	79

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

## INDICE DE TABLAS

Tabla_ 1 Descripción de las dimensiones de los cuerpos mineralizados .....	21
Tabla_ 2 Variables e indicadores del prospecto de cu .....	31
Tabla_ 3 Tabla de sondajes de muestreo .....	41
Tabla_ 4 Análisis de datos representativos del prospecto de cu .....	42
Tabla_ 5 Validación del modelo implícito & explícito figura_ 25 refinamiento para generar la alteración .....	53
Tabla_ 6 Validación de modelo implícito & explícito .....	56
Tabla_ 7 Estadísticas de las muestras .....	64
Tabla_ 8 Estadística antes de la categorización .....	67
Tabla_ 9 Estadística después de la categorización .....	67
Tabla_ 10 Histograma de longitud de muestra .....	69
Tabla_ 11 Modelo de variograma .....	74
Tabla_ 12 Estadísticas de la validación de kna .....	75
Tabla_ 13 Estadísticas por kriging .....	77
Tabla_ 14 Recursos totales .....	77
Tabla_ 15 Recursos por cutoff .....	77

## INDICE DE FIGURAS

Figura_ 1 Geología Regional .....	13
Figura_ 2 Columna Estratigráfica Del Prospecto De Cu.....	14
Figura_ 3 Bandeamiento De Flujo Y Brechas De Flujo .....	14
Figura_ 4 Estratificación En Tufos .....	15
Figura_ 5 Unidades Estratigráficas Del Prospecto De Cu .....	17
Figura_ 6 Secuencia De Alteración Supergena.....	20
Figura_ 7 Modelamiento Explicito Del Prospecto De Cu .....	23
Figura_ 8 Modelo Implícito Del Prospecto De Cu.....	25
Figura_ 9 Interpretación De Las Funciones De Base Radial .....	26
Figura_ 10 Ubicación De La Zona Del Prospecto De Cu.....	40
Figura_ 11 Funcionalidades Del Acquire.....	43
Figura_ 12 Creación De Collar.....	44
Figura_ 13 Creación De La Tabla Survey .....	45
Figura_ 14 Creación De La Tabla Survey .....	45
Figura_ 15 Creación De Las Tablas Assays De Cu (%).....	46
Figura_ 16 Creación De Las Tablas Assays De Roca.....	46
Figura_ 17 Creación De Las Tablas Assays De Mineralización .....	46
Figura_ 18 Creación De Proyecto Del Prospecto De Cu .....	48
Figura_ 19 Importación Conexión Odbc.....	48
Figura_ 20 Esquema De Errores.....	49
Figura_ 21 Creación De La Caja.....	50
Figura_ 22 Cortes De Las Fallas.....	51
Figura_ 23 Sólidos Geológicos .....	52
Figura_ 24 Refinamiento Para Generar La Alteración .....	53
Figura_ 25 Validación De Modelo Implícito .....	57

Figura_ 26 Validación De Modelo Explicito .....	58
Figura_ 27 Variación De Muestras Blancas .....	59
Figura_ 28 Análisis De Frecuencia Acumulada De Mg Para El Prospector De Cu .....	60
Figura_ 29 Análisis De Dispersión De Mg Por Método Hiperbólico Para El Prospector De Cu.....	61
Figura_ 30 Análisis De Frecuencia Acumulada De Df Para El Prospector De Cu.....	63
Figura_ 31 Análisis De Dispersión De Df Por Método Hiperbólico Para El Prospector De Cu.....	63
Figura_ 32 Histograma Y Curva De Probabilidad Assays Leyes Del Prospector De Cu En Los Dominios.....	64
Figura_ 33 Box Plot .....	66
Figura_ 34 Estadísticas De Frecuencias De Prospector De Cu.....	68
Figura_ 35 Comportamiento De La Media Y La Varianza En El Dominio Categoría.....	69
Figura_ 36 Comportamiento De La Media Y La Varianza En El Dominio Categoría 2.....	70
Figura_ 37 Comportamiento De La Media Y La Varianza En El Dominio Categoría 3.....	70
Figura_ 38 Análisis De Contacto.....	71
Figura_ 39 Comportamiento De Cu En Las Diferentes Zonas.....	72
Figura_ 40 Efecto Pepita De 0.13926% Y Spherical De Orientación D0° N90 P90° .....	74
Figura_ 41 Validación Por Kna.....	75
Figura_ 42 Validación Por Scaplot.....	76
Figura_ 43 Validación De Kriging.....	77
Figura_ 44 Tonelaje Y La Ley De Cu .....	78



## **CAPITULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACION**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

En el año 2008 en el Prospecto de Cu, el modelado geológico tradicional conocido como modelamiento explícito, se realizaba manualmente mediante interpretaciones de secciones longitudinales y transversales, lo que implicaba un proceso personalizado y altamente subjetivo, con desventajas como el elevado consumo de tiempo y la dificultad para replicar o actualizar los modelos debido a la variabilidad en las interpretaciones geológicas individuales.

Estos modelos explícitos la actualización sería de manera regular debido a la flexibilidad que contiene el modelo

Osher y Fedkiw (2003), en la publicación de su libro “Level Set Methods and Dynamic Implicit Surfaces”, crearon uno de los métodos de modelado implícito basado en la interpolación de los sondajes teniendo en cuenta las distancias entre sondajes.

En el año 2009 en el Prospecto de Cu, ubicada en la Sub cuenca Cañete se realiza los primeros modelos geológicos implícitos de una manera fácil y teniendo superficies automatizadas como leyes, alteraciones, litologías generadas

directamente por la formación de los datos geológicos. El modelamiento implícito es fundamental en la industria minera, ya que permite comprender la distribución de minerales. Este proceso es esencial para la estimación de recursos, facilitando el cálculo de las cantidades de minerales en una zona. También es crucial para la planificación minera, orientando el diseño de la secuencia de extracción y los planes de minado. En geomecánica, se utiliza para evaluar la estabilidad de taludes. Además, en perforación y voladura, el modelamiento implícito ayuda a elegir el método de explotación, planificar las mallas de perforación y controlar la calidad y dilución mediante la reconciliación según el tipo de litología.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

El presente prospecto tiene por delimitaciones lo siguiente:

### **1.2.1. Delimitación espacial:**

La presente investigación se desarrolló en el Prospecto de Cu ubicada en la Subcuenca de Cañete en la región Ica, siendo seleccionada debido a su potencial mineral y a la presencia de estructuras geológicas favorables para la mineralización.

El estudio del Prospecto de Cu abarca un área aproximada de 6,100 por 6,200 km, con las siguientes coordenadas: Este: 395,900 - 402,000; Norte: 8,547,400 - 8,553,600; Latitud: 1,200 - 4,900.

### **1.2.2. Delimitación temporal:**

La investigación para realizar el modelado implícito en el prospecto de Cu, se llevó a cabo a lo largo de un período de 15 años, desde 2008 hasta 2023. Durante este tiempo, se recopiló información geológica, se realizaron interpretaciones de secciones base y se llevaron a cabo mapeos superficiales históricos. Esta amplia temporalidad permite una comprensión integral de la evolución geológica del área y proporciona una base sólida para la estimación de recursos minerales.

### **1.2.3. Delimitación conceptual:**

Incluye la recopilación de mapeos superficiales de la zona de estudio y sus alrededores, permitiendo una comprensión detallada de las características geológicas, la mineralización y las estructuras presentes. Este enfoque proporciona un marco conceptual sólido que fundamenta el modelado implícito y la posterior estimación de recursos minerales en el prospecto de Cu ubicada en la subcuenca Cañete.

## **1.3. Formulación del Problema**

### **1.3.1. Problema general**

¿Cómo puede el modelamiento implícito a través del software Leapfrog Geo optimizara la precisión en la estimación de recursos minerales en el Prospecto de Cu ubicada en la Subcuenca Cañete, Ica?

### **1.3.2. Problemas específicos.**

- a. “¿Cómo optimizará el uso de Leapfrog Geo la integración de datos geológicos para mejorar la estimación de recursos minerales en el Prospecto de Cu ubicada en la Subcuenca Cañete, Ica?”
- b. “¿Cómo optimizará el modelamiento implícito en Leapfrog Geo el análisis de dominios geológicos para mejorar la precisión en la estimación de recursos minerales de Prospecto de Cu, ubicada en la Subcuenca Cañete, Ica?”

## **1.4. Formulación de objetivos.**

### **1.4.1. Objetivo general**

“Optimizar la precisión y eficiencia en la estimación de recursos minerales de cobre en el prospecto de Cu ubicado en la subcuenca Cañete, Ica, mediante el modelamiento implícito utilizando el software Leapfrog Geo.”

#### **1.4.2. Objetivo específico**

- a. “Optimizar la integración de los datos geológicos y geofísicos para mejorar la estimación de recursos minerales mediante el uso de Leapfrog Geo en el Prospecto de Cu”.
- b. “Optimizar el modelamiento implícito en Leapfrog Geo para mejorar el análisis de dominios geológicos, con el fin de calcular de manera precisa la estimación de recursos minerales en el Prospecto de Cu, ubicado en la Subcuenca Cañete, Ica.”

#### **1.5. Justificación de la investigación.**

La estimación exacta de los recursos minerales, como el cobre, es muy importante para que los proyectos mineros sean eficientes y sostenibles, sobre todo en áreas complicadas, como en el Prospecto de Cu ubicada en la subcuenca Cañete, Ica. Sin embargo, los métodos antiguos para hacer estos cálculos pueden ser lentos y con errores, debido a la diversidad de rocas y estructuras de la zona. Esto puede llevar a resultados equivocados que afecten el éxito y las ganancias de los proyectos mineros.

El software Leapfrog Geo es una solución para estos problemas. Este programa permite combinar de manera rápida y precisa los datos de geología y geofísica, creando modelos geológicos más rápidos y exactos. Además, el software actualiza automáticamente los modelos cuando se agregan nuevos datos, lo que asegura que los resultados sean correctos a lo largo del proyecto y reduce el trabajo manual.

Esta investigación es importante porque la minería es clave para la economía de Perú, y mejorar la precisión en la estimación de recursos ayudará a las empresas a tomar mejores decisiones, ahorrando dinero y reduciendo riesgos. Además, este estudio aportará nuevos conocimientos sobre cómo usar estas

herramientas en zonas complicadas, lo que también puede ayudar a mejorar las prácticas mineras actuales.

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

Existe una limitada cantidad de información disponible para llevar a cabo la validación del modelamiento y la estimación de recursos en comparación con otros Prospectos.

No se podrá realizar la inserción de controles ni llevar a cabo una doble validación de los análisis de laboratorio, lo que limita la fiabilidad de los datos históricos.

Las condiciones climáticas representan una limitante para explorar y realizar análisis más exhaustivos en el prospecto.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

##### **2.1.1. Antecedentes Internacionales**

MAXIMILIANO JAVIER POBLETE ESPINOZA (2023); de la tesis “MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RECURSOS DE LA MINA RAFAELA DE LA REGIÓN DEL VALPARAÍSO”, Chile; el objetivo es la actualización del modelo litológico del yacimiento utilizando el Leapfrog y tener cuerpo tridimensionales para lograr una mejor visualización espacial de la zona; teniendo como resultado obtenido es la actualización dinámica, utilizando datos nuevos y la formación de nuevos modelos para la delimitación estructural dominante tiene direcciones preferentes NNW-SSE y la actualización en la estimación de recursos y reservas.

CAMILA SOTO LEIVA (2022); de la tesis “MODELAMIENTO DE UNIDADES LITO GEOTÉCNICAS”, Chile; el objetivo es comprender la distribución espacial de las diferentes unidades y su comportamiento geotécnico y el resultado obtenido es la actualización del modelamiento de unidades lito-geotécnicas en el Proyecto Caracoles en forma rápida busca proporcionar una coherencia de los sólidos

formados con la realidad para obtener resultados más precisos al momento de la planificación y operación segura de la mina.

RODRIGO HUMBERTO CASTILLO ARAYA (2022); de la tesis “MODELAMIENTO MULTIVARIABLE Y CUANTIFICACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DE LOS RECURSOS EN UN YACIMIENTO TIPO PÓRFIDO CUPRÍFERO UTILIZANDO LOS DATOS DE MUESTREO DE LARGO Y CORTO PLAZO, CHILE”; su objetivo es la actualización del modelo litológico existente, ingresando los datos de muestreo de los pozos de perforación para que el modelo tenga más coherencia y se acerque más a la realidad y tener una planificación minera más ajustada y los resultados obtenidos es mayor precisión en las reconciliaciones entre los modelos de largo y corto plazo.

RENATO ANDRÉS FERRER AYALA (2022); de la tesis “MODELAMIENTO DE INCERTIDUMBRE EN EL DISEÑO DE UNIDADES GEOLÓGICAS MEDIANTE LA SIMULACIÓN IMPLÍCITA DE CONTACTOS CONSIDERANDO UN MODELO GEOLÓGICO INTERPRETATIVO”, Chile”; el objetivo principal es diseñar un modelado implícito considerando la base las interpretaciones antiguas y el resultados de los relagueos realizados en los años 2018-2019 donde nos genera un aumento de recursos y los resultados obtenidos es la Simulación de Distancias al Contacto realizados por McLennan & Deutsch donde en el año 2006 acuñaron el término BOUNDSIM, como una metodología de simulación de datos categóricas que realizan la simulación de las distancias entre los contactos de las unidades modeladas en el leapfrog Geo, esta teoría ha sido estudiada con anterioridad y en el año 2001 Carr lo publica con la metodología de funciones de radio basal (RBF) que fue base principal en generación de los softwares de modelamiento geológico de la industria minera y exploratoria.

SOFIA DEL PILAR MENDOZA CASTILLO (2021), de la tesis “MODELAMIENTO Y ESTIMACIÓN DE RECURSOS URANÍFEROS MEDIANTE EL USO DE TÉCNICAS DE GEOESTADÍSTICAS DEL DEPÓSITO LA COMA NUEVO LEÓN Y TAMAULIPAS-MÉXICO”, mencionan en el objetivo la formación coherente al lugar del yacimiento buscando controlar las estructuras geológicas; Teniendo como resultado el modelamiento implícito permitió obtener una representación detallada del depósito uranífero, lo que es fundamental para determinar su viabilidad económica, vida útil y extensión adecuada.

CAROLINA MAKARENA VILLAGRÁN PAREDES (2019); de la tesis “MODELAMIENTO IMPLÍCITO DE UNIDADES GEOTÉCNICAS BÁSICAS DE MINA MINISTRO HALES, REGIÓN DE ANTOFAGASTA CHILE”; el objetivo es comprender y caracterizar de manera más precisa las unidades geotécnicas fundamentales del yacimiento con uso del modelador Leapfrog Geo.

Teniendo como resultado es tener un modelo litológico que tengan un refinado con los datos de las Unidades Básicas Geotécnicas (UGTB) de ministro Hales (MH) es realizado por el método del modelado implícito, donde nos genera facilidad y un importante ahorro de tiempo que podríamos realizar una revisión por backagging para revisar la precisión de lo sólidos modelados versus la base de datos litológicos.

ROBERTO ANDRÉS PINCHEIRA TOLEDO (2019); de la tesis “EVALUACIÓN DE METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE RECURSOS TIPO GRADE CON EL SOFTWARE LEAPFROG GEO-CHILE”, el objetivo es la Construcción del modelo geológico agrupando las unidades geo minero y organizar la base de datos de litología antiguos con datos actuales y realizar una metodología de generalización de códigos de tramos mayores 2.5 para diques y teniendo el control de los contactos los mapas estructurales actualizados por los geotécnicas



de campo estructurales y teniendo como resultado un modelamiento realizado con venillas donde observamos que la principal límite de contacto de la zona de mineral y el desmote son los contacto estructurales de las unidades geo minero.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

WILSON DONATO ADAY: (2024); Universidad de Cajamarca; de la tesis “MANGANESO EN LA CONCESIÓN SAN JORGE DE CHUCHUN, NAMORA-CAJAMARCA”; uno de los objetivos menciona la migración de secciones transversales, longitudinales y plantas en el Leapfrog Geo, y el resultado es el cálculo de reserva del manganeso utilizando el software Leapfrog es de 44 436 Tn. Además, se evaluó el mercado de manganeso, donde se estableció los porcentajes aceptables para sus elementos y Mn, por ello, en las muestras analizadas se conoció que el porcentaje de manganeso es mayor a 40% por lo que resultó comercializable.

EBERT LUIS CUEVA BUSTAMANTE (2023); Universidad de Cajamarca; de la tesis “GEOESTADÍSTICA MODELAMIENTO GEOLÓGICO ESTIMACIÓN DE RECURSOS CUERPO MINERALIZADO ESPERANZA; CAJAMARCA”; el objetivo se basa en las interpretaciones en los modelos implícitos conectados con la data y de contactos geológicos proporcionados por el especialista de geología de campo, como la estructura de la cronología, mapas de superficies, cambios constantes en las modificaciones de los cuerpos modelados y tiene como resultado la importancia de la evolución de la tecnología en el modelamiento implícito que favorece la dinámica de la actualización de los modelo de forma eficiente, permitiendo realizar estadísticas entre la coherencia de los datos almacenados con el modelo 3D. cabe precisar que el enfoque del modelo litológico es importante para realizar la estimación de recursos y tener mayor precisión al momento de realizar el EDA, realizar las variografías, la creación de los dominios para tener las eficiencia en la

caracterización de los minerales sea confiables y respetando los códigos internacionales.

RUBÉN FRED GONZALES URQUIZO (2022); UNSA Arequipa, de la tesis “MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTIMACIÓN DE RECURSOS MINERALES DE LA VETA EN LA UNIDAD YAULIYACU – EMPRESA MINERA LOS QUENUALES – LIMA”; el objetivo es la actualización del modelo geológico utilizando secciones longitudinales, transversales y de planta, también la recolección de datos de datos del muestreo realizado en la veta Rayo, en esta actualización se utilización herramientas auxiliares porque no teníamos datos de perforaciones diamantina detallado de la zona un refinamiento; el resultado obtenido es la actualización de los análisis estadísticos donde permitió tener una variografía y nuevas direcciones anisotrópicas para determinar el incremento de recursos:

Recursos Medidos: 109,256 Ton con ley de Ag 7.81 Oz/T.

Recursos Indicados: 260,478 Ton con ley de Ag 7.80 Oz/T.

Recursos Inferidos: 1,900,458 Ton con ley de Ag 5.60 Oz/T, teniendo un total de 2, 1896,598 Ton con ley de Ag 6.27 Oz/T.

GUSTAVO EDUARDO GUTIÉRREZ TURPO (2022); UNSA Arequipa; de la tesis “PROPUESTA DE EVALUACIÓN DE ESTABILIDAD Y OPTIMIZACIÓN DE PARÁMETROS DE DISEÑO GEOTÉCNICO DE TALUDES EN TAJO ABIERTO”; el objetivo es integrar datos geotécnicos consistentes del macizo rocoso mediante el procesamiento y la integración de bases de datos. Leapfrog Geo, el resultado es la creación de un modelo geotécnico 3D que representa la estructura del macizo y el resultado obtenido consta que el Leapfrog Geo ayuda a explorar diferentes escenarios y ajustar los parámetros para lograr un diseño geotécnico seguro y eficiente.

VÍCTOR UBER ESTRELLA COCHACHI (2022); UNDAC-PASCO; de la Tesis “ESTIMACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS DE MINERALES POR PARÁMETROS ESTADÍSTICOS Y SU APLICACIÓN A LAS VETAS MANTEADAS DE LA MINA DANZING SANTA- ANCASH” ; el objetivo es la integración de los datos geológicos detallados, como mapeo de vetas, información de sondajes y litologías, para construir un modelo geológico 3D preciso utilizando Leapfrog Geo; y los resultados obtenidos es que el modelo de recursos se acerque más a la realidad teniendo un margen de error menor de 2%.

HUBER JESUS CHARLES ZELA (2022). UNSA Arequipa; de la Tesis “MAPEO GEOLÓGICO CON EL MAPEO GEOLÓGICO CON DRONES Y ACTUALIZACIÓN DEL MODELO 3D DE LA CANTERA DE CALIZA LUDMIRCA – YURA S.A.”.; los objetivos es actualizar el modelo implícito de la Cantera Ludmirca con la información adquirida por el Drone, se obtiene el resultado de correlaciones diferentes tipos de modelos realizados en 3D: litología, alteración, mineralización y gravedad específica para definir el volumen y tonelaje de los modelos litológicos al momento de realizar una estimación en cuerpos no mineralizados.

JOSÉ HUMBERTO REQUELME QUILICHE (2021); Universidad de Cajamarca; de la tesis “CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL DEL SINCLINAL DE LLULLAPUQUIO Y SU RELACIÓN EN LA INTRUSIÓN DEL PÓRFIDO COLPAYOC, CAJAMARCA”; el objetivo es crear un modelo geológico tridimensional (3D) que represente la estructura del sinclinal de Lullapuquio. Es resultado es la visualización de la geometría y la distribución espacial de las formaciones rocosas utilizando el Leapfrog Geo 6.0 y los resultados obtenidos es la caracterización estructural y la relación entre el sinclinal y la intrusión del pórfido en la geología.

## **2.2. Bases teóricas – científicas**

### **2.2.1. Marco Geológico.**

El marco geológico del prospecto de cobre ubicado en la Subcuenca Cañete, Ica está influenciado por una serie de procesos geológicos complejos, que incluyen actividad magmática, tectónica activa y alteración hidrotermal.

### **2.2.2. Geología Regional:**

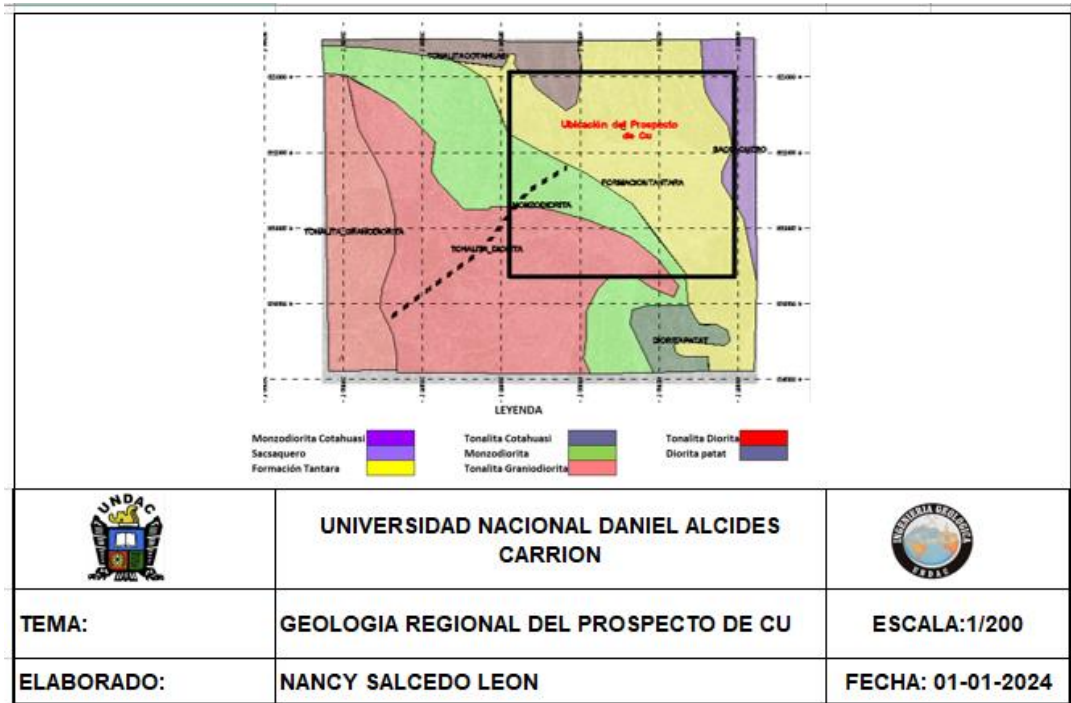
El Prospecto de Cu, se encuentra ubicada en la sub cuenca de cañete en el Grupo Casma, que pertenece al Cretácico, compuesto por secuencias volcánico-sedimentarias que afloran principalmente en el sur del Perú, específicamente en la región de Ica.

El Grupo Casma y su Formación Huaranguillo tienen una edad que varía desde el Albiano medio hasta el Senomaniano (Cretácico medio). Esta formación descansa como "roof pendants" (una masa de roca que se encuentra atrapada o rodeada por una intrusión más joven, típicamente granito) sobre los intrusivos del Batolito de la Costa. La Formación Huaranguillo presenta un rumbo general N60°W y una inclinación preferente hacia el SW.

El Batolito de la Costa, que pertenece al Cretácico superior a Terciario inferior, tiene una influencia considerable sobre el Grupo Casma, ya que lo interrumpe en gran parte de su extensión. El emplazamiento del batolito ocurrió durante un extenso período de tiempo, entre 37 y 100 millones de años (Pitcher y Cobbing, 1985), lo que generó un intenso metamorfismo de contacto en las rocas volcano-sedimentarias del Grupo Casma.

El Batolito de la Costa está compuesto principalmente por granodiorita, tonalita y diorita, rocas que muestran una afinidad calcoalcalina. Estas rocas intrusivas han sido un factor clave en la alteración hidrotermal y mineralización en la región.

**Figura\_1**  
**Geología regional**



**Fuente:** *propia*

**2.2.3. Geología local:**

A nivel local, la estratigrafía está dominada por lavas brechadas y masivas, así como piros clásticos de composición riolítica a riodacítica, existen muy escasos niveles de lavas de composición intermedia. El estudio del logeo de 2 taladros de un total de 250 taladros perforados se permitió determinar una columna estratigráfica del Prospecto de Cu, ubicada en la subcuenca de Cañete.

En la Figura 3. Se encuentra emplazado entre las unidades Topara y Huapunga, que son secuencias piroclásticas dístales y/o removilizadas compuestas de tufos a cenizas y tufos monomicticos y polimicticos a lapilli. La unidad piroclástica está dentro de unidades efusivas, mayormente brechas de flujo y algo de flujos masivos, afaníticos.

**Figura\_2**  
**Columna Estratigráfica del Prospecto de Cu.**



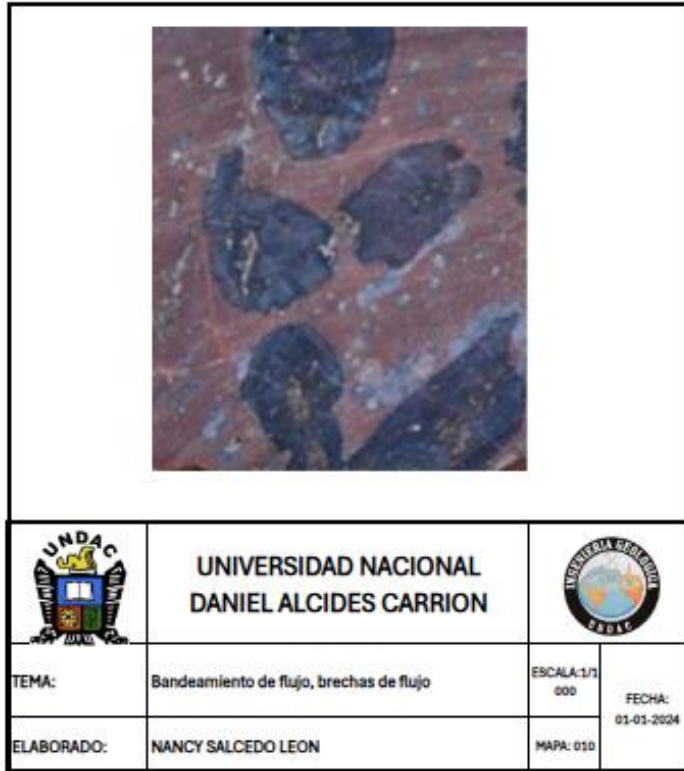
Fuente: *propia*

**2.2.4. Estratigrafia Local:**

A escala local, el Prospecto de Cu se aloja en rocas volcánicas félsicas conteniendo composición riolítica a riodacitica tanto en la caja techo.

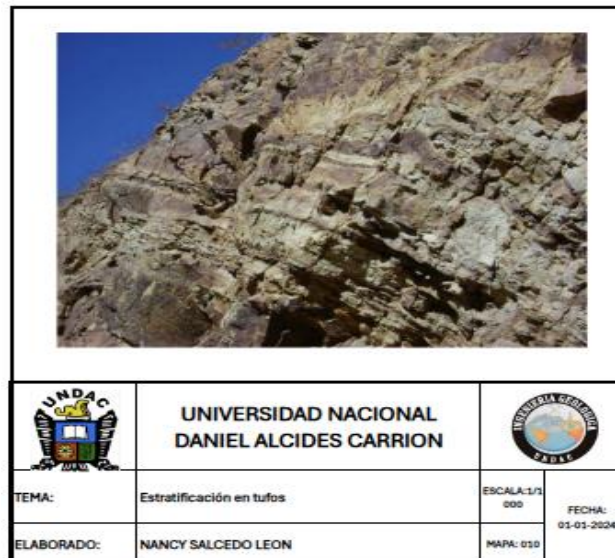
La roca es mayormente de color blanca grisácea con tonos rosado, azulino y verdusco. Texturas primarias de diagnóstico incluyen amígdalas, bandeamiento de flujo, brechas de flujo Figura 3 y la y estratificación en tufos Figura 4.

**Figura\_3**  
**Bandeamiento de Flujo y brechas de Flujo**



Fuente: *propia*

**Figura\_ 4**  
**Estratificación en tufos**



Fuente: *propia*

El metamorfismo intenso en la región DEL Prospecto de Cu, ha dado lugar a la formación de texturas porfiroblásticas y granoblásticas, características de procesos térmicos y de recristalización en las rocas afectadas. La mineralogía asociada incluye un ensamblaje compuesto principalmente por cuarzo, feldespato, biotita, sericita, andalucita y pirita, indicando un ambiente de alta temperatura y presión.

En términos de vulcanismo, se identifican afloramientos de lavas almohadilladas andesíticas, que se formaron debido al rápido enfriamiento de la lava caliente al entrar en contacto con agua marina fría. Estas características son visibles a lo largo del camino a la sub cuenca Cañete y la intersección hacia el distrito de Chavín. Estas formaciones son evidencia clara de la interacción entre actividad volcánica y ambientes marinos en la historia geológica de la región.

Adicionalmente, rocas volcánicas andesíticas se encuentran al noreste del depósito, confirmando una amplia distribución de materiales de origen volcánico, los cuales son esenciales en el contexto del modelo geológico regional y la metalogénesis de la zona. La relación de estas rocas con los sistemas de fallas y el metamorfismo asociado contribuye al control estructural y a la concentración de los minerales presentes en el depósito.

El Prospecto de Cu, se encuentra alojado en una unidad piroclástica félsica, compuesta por tufos de ceniza distal y tufos lápilli polimícticos, caracterizados por fragmentos subredondeados y con buena clasificación. Los lápillis presentan formas alargadas similares a lápices debido al desarrollo de esquistosidad, con un tamaño promedio de aproximadamente 0.5 cm x 0.5 cm x 1.5 cm. Esta unidad piroclástica se encuentra intercalada con unidades de flujo riolítico, predominantemente brechas, y con la presencia ocasional de domos masivos.

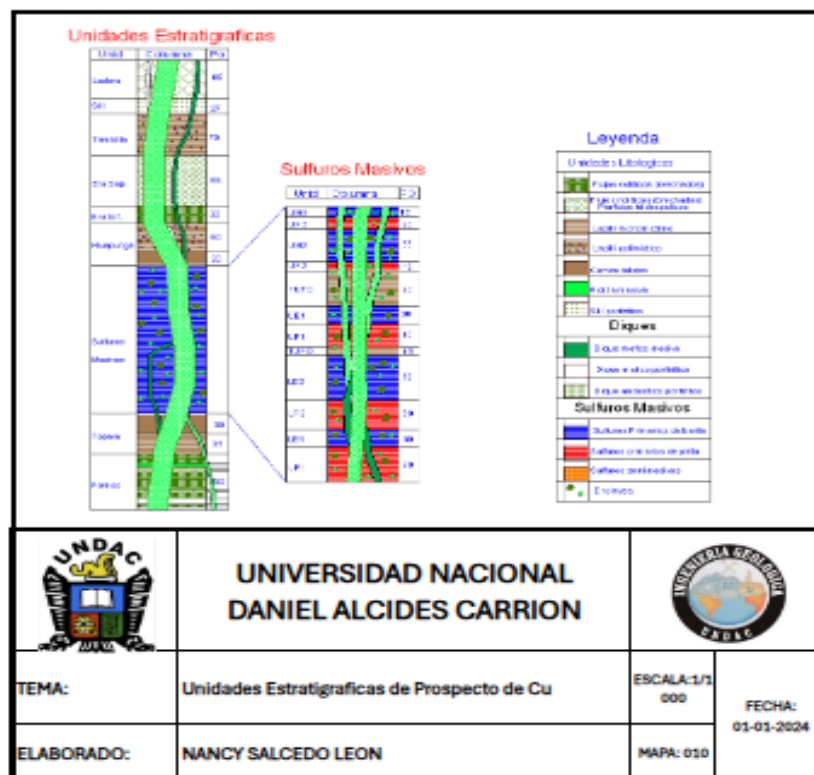


En cuanto a las exhalitas, típicas de los depósitos VMS, se observan localmente en la base o en la parte superior de los cuerpos de sulfuro masico en el Prospecto de Cu. Estas exhalitas se presentan como horizontes delgados y laminados, con espesores submétricos, compuestos de sílice y sulfuros, y con un característico color verde botella.

Finalmente, se ha establecido una columna estratigráfica detallada para el Prospecto de Cu, ubicada en a la subcuenca Cañete.

Se ha aplicado lito geoquímica para caracterizar las unidades litológicas de la caja piso y la caja techo. Del total de 250 taladros diamantinos, fueron seleccionados 20 taladros y 15 muestras de superficiales, teniendo una columna estratigráfica del Prospecto de Cu.

**Figura\_ 5**  
**Unidades Estratigráficas del Prospecto de Cu**



Fuente: propia

### **2.2.5. Estructural**

En el área de estudio del Prospecto de Cu, ubicado en la Subcuenca Cañete, se ha podido identificar gran cantidad de fallamientos que afectan las secuencias volcánicas de la Formación Huaranguillo. Estos fallamientos están relacionados con la mineralización y por otro lado son reactivaciones posteriores al levantamiento de los andes. En alrededor del Prospecto de Cu se ha reconocido cuatro sistemas principales de fallamientos

Sistema NW-SE. Estas estructuras corresponden a lineamientos estructurales regionales de alto ángulo, las siguientes fallas: Falla domo, falla Rumi, falla Patahuasi falla OB, falla Casuarinas, falla Milpo y falla Pahuaypite, ocurren anterior a la deposición de los cuerpos mineralizados, estos lineamientos posiblemente dieron la forma al paleo relieve controlando la forma de la cuenca, conformando el corredor principal donde se emplazan los cuerpos mineralizados con sulfuros masivos.

Sistema NE-SE. Este sistema se caracteriza principalmente como fallas normales de componentes mayormente sinestrales a dextrales; en este caso, las estructuras sinestrales presentan bajo ángulo de pitch, mientras las dextrales moderado. Su mejor evidencia lo encontramos en la quebrada Topará, cuyo conjunto de fallas fue denominada Sistema Topará.

Sistema N-S. Este sistema de fallas es el más predominante en toda el área de estudio y considerada post-mineralización, mostrando orientaciones NS. Se caracteriza generalmente como fallas normales de componentes mayormente dextrales con un ángulo de pitch alto y ocasionalmente sinestrales con ángulo de pitch moderado a alto. Se encuentran cortando principalmente al sistema NW-SE, a los sulfuros masivos y todas las unidades litológicas, a excepción de los diques (pórfido andesíticos y riodacíticos), en este sistema existen muchas estructuras NS,

sin embargo, debido a su importancia y denominaciones por trabajos previos, se tiene como las fallas principales a: Falla Gallorumi.

Sistema E-W. Este sistema son estructuras muy notorias desde las imágenes satelitales (Ortofotos), mostrando ser uno de los principales sistemas de fallas causante de la morfología de la quebrada Topará, son estructuras extensionales, que se encuentran en conjunto con sistemas de fracturas secundarias (diaclasas), mostrando así áreas erosionada donde la estructura E-W son difícil de registrar.

#### **2.2.6. Alteración**

La alteración hidrotermal del Prospecto de Cu ubicado en la sub cuenca Cañete, se origina a partir de cambios mineralógicos en las rocas encajonantes que rodean el depósito. Estos se comportan como flujos félsicos, como riolitas y riolacitas, que están compuestas mineralógicamente por plagioclasas sódicas y cuarzo, junto con algo de biotita. La alteración predominante es extensa y pervasiva, caracterizada por una asociación de cuarzo-sericita-pirita, acompañada de silicificación en las rocas circundantes, donde las texturas originales son apenas discernibles. En la superficie, se observa silicificación con pirita diseminada y microvenillas alteradas a óxidos de hierro en forma de hematita, goethita y jarosita, lo que genera una notable anomalía de color. Además, se identifica una alteración propilítica de tonalidad gris-verde oscura compuesta por clorita, epidota, calcita y pirita, que se reconoce localmente en áreas debilitadas por fracturamientos y fallamientos, destaca la alteración supérgena que aflora y está directamente relacionada con los cuerpos mineralizados en profundidad. Esta alteración se manifiesta en diferentes niveles según la intensidad de las anomalías de color.

**Figura\_ 6**  
**Secuencia de alteración Supergena**



Fuente: Dr. Marcelo Lavado

### 2.2.7. Mineralización

El prospecto de Cu ubicado en la sub cuenca Cañete, compuesto por cuerpos irregulares a lenticulares formados por sulfuros masivos, que incluyen pirita (50-95%), esfalerita, calcopirita y galena en menores proporciones. Se encuentran cantidades significativas de calcopirita (10-60%), especialmente en las partes superiores de los cuerpos mineralizados. Estos cuerpos están delimitados por fallas transversales no volcánicas con una tendencia NNE y buzamientos que oscilan entre 60-80° ESE; además, se han emplazado diques pórfido andesíticos tardíos dentro de estas estructuras. **En la tabla 1** se realiza la descripción de las

dimensiones de los cuerpos mineralizados del depósito de sulfuros masivos donde tiene dimensiones de 1000 m de largo, 170 m de ancho y 350 m de espesor, ocupando un graben intracuenca alargado hacia el NW. Este depósito presenta una inclinación aproximada de 65 grados hacia el SW como resultado de la deformación orogénica. La cantidad total de sulfuros masivos depositados en el graben supera los 90 millones de toneladas. El depósito está compuesto por tres cuerpos principales, denominados OB1, OB2 y OB5, que están limitados por fallas; el OB2 se sitúa en la zona central y contiene alrededor de la mitad del tonelaje estimado. Se observan prominentes fallas de deformación en dirección NE, las cuales son interpretadas como estructuras transversales no volcánicas.

**Tabla\_ 1**  
**Descripción de las dimensiones de los cuerpos mineralizados**

Descripción	Unidad	Cuerpos		
		OB-1	OB-2	OB-5
Longitud	m	350	450	350
Ancho	m	60	110	65
Profundidad	m	300	300	380
Cota Máxima	m.s.n.m.	1,850	1,940	1,980
Cota Mínima	m.s.n.m.	1,550	1,640	1,600

**Fuente:** *propia*

### **2.2.8. Verificación y validación de los modelos Implícitos**

La verificación del modelo implica evaluar si se ha construido correctamente. Esto incluye lograr una precisión cercana al 95% entre los datos de los taladros y los sólidos generados. Además, debemos asegurarnos de que el modelo refleje adecuadamente la realidad geológica del prospecto que estamos estudiando. Para esto, utilizaremos el método estadístico conocido como backflagging.

Una vez que validemos el modelo implícito, pasaremos a validar el modelo de recursos. Esta validación tiene dos aspectos fundamentales: primero, asegurar la consistencia interna del modelo, y segundo, garantizar que el modelo sea preciso en relación con los datos existentes.

#### **2.2.9. Base de Datos**

Es un conjunto organizado de información geológica, geofísica, estructural, geoquímica y mineralógica. Estos datos se recopilan tanto de manera remota (través de los satélites) y local, y se almacenan de forma sistemática para facilitar el acceso rápido y sencillo a la información.

Para nuestro Proyecto “Prospecto de Cu ubicada en la Subcuenca Cañete, Ica, nuestros datos se encuentra en un sistema gestor de base de datos (SGBD) o conocido como Data Base System (DBMS), que nos permitirá gestionar la información de los datos y estos a su vez conectarlo al Software AcQuire.

#### **2.2.10. Modelamiento Explícito**

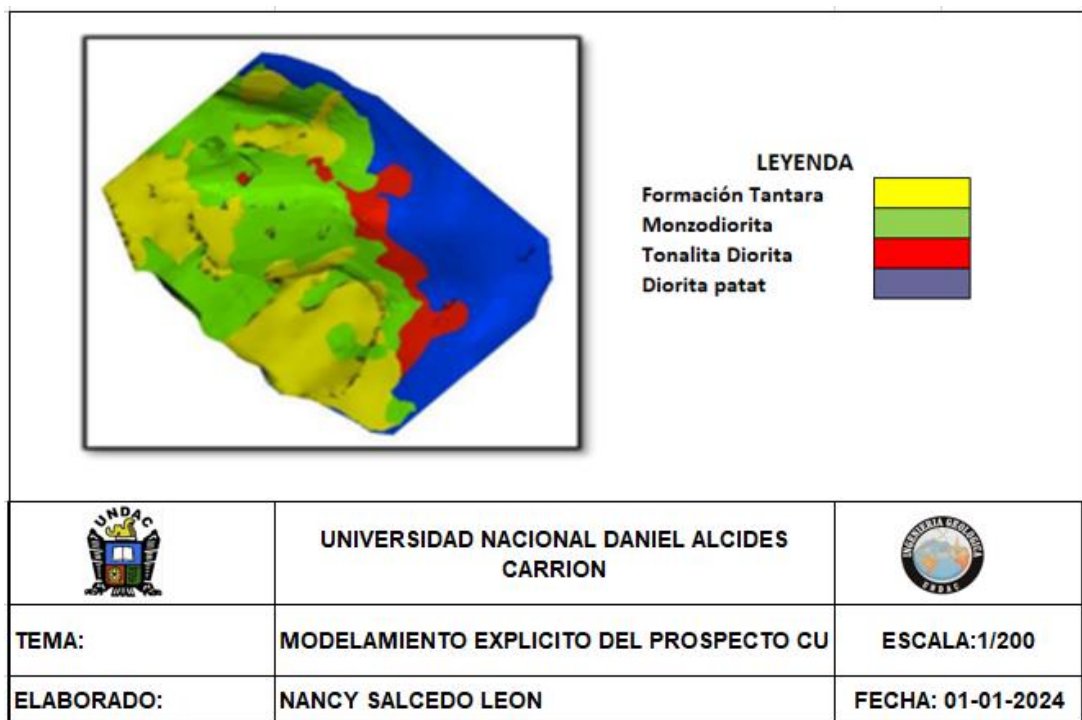
El Ing. Jorge Paredes, en la pág. 05 (2019) menciona que el modelado explícito implica proyectar los datos de sondeos en secciones secuenciales junto con la variable categórica correspondiente que se desea modelar. Luego, se utiliza herramientas auxiliares para limitar los contactos entre dos tipos de litologías mediante polilíneas, polígonos y puntos. Este proceso se realiza utilizando secciones transversales, secciones longitudinales y secciones en planta, para que realizar las intersecciones en una tercera etapa donde las secciones en planta se realiza la triangulación; donde el resultado es un sólido cuantificado.

A pesar de sus ventajas, este enfoque también presenta algunas desventajas. En primer lugar, es un proceso totalmente manual, lo que consume mucho tiempo. Además, requiere la experiencia de un geólogo modelador para construir geometrías complejas. El modelo resultante es único para cada

geólogo y no se puede replicar fácilmente, lo que dificulta la auditoría por parte de personal externo. Además, la inflexibilidad del modelo hace que las modificaciones sean laboriosas y que no se actualice regularmente.

Sin embargo, a pesar de estas limitaciones, el modelo explícito sigue siendo confiable. Su interpretación y evaluación por parte de expertos en geología del depósito mineral garantizan resultados sólidos y precisos.

**Figura\_ 7**  
**Modelamiento Explicito del prospecto de Cu**



**Fuente:** *propia*

### 2.2.11. Modelamiento Implícito

El Ing. Jorge Paredes, en la pág. 06 (2019), El modelado implícito se genera mediante los algoritmos informáticos directamente de la combinación de los datos de interpretación realizado por el usuario.

El modelado requiere la visión de un geólogo, pero esto se hace en forma de tendencias, secuencias estratigráficas y otros términos geológicamente

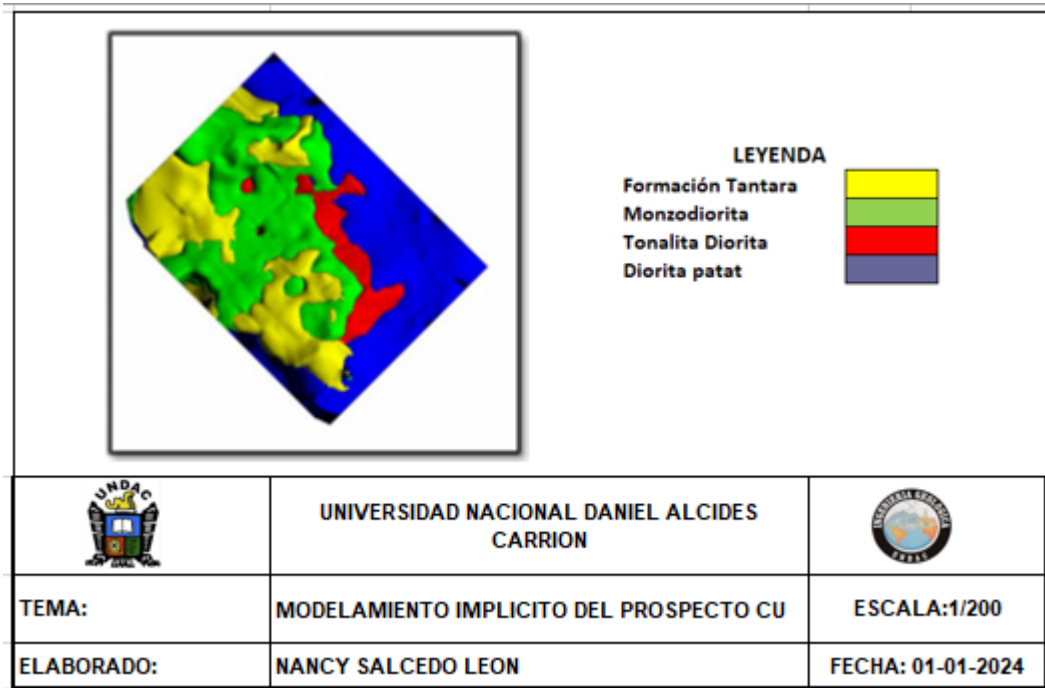
significativos. Este enfoque es más rápido, más flexible y fundamentalmente más adecuado para modelar geología. Los modelos también pueden satisfacer importantes restricciones geológicas, por ejemplo, Las unidades litológicas pueden llenar el espacio debajo del suelo sin espacios y espacios, cortando cualquier sección en cualquier posición siempre será consistente con otras secciones. A diferencia del modelado explícito donde las secciones se crean de forma independiente y se juntan para intentar crear un modelo 3D. En la figura 2, aparecen similares, sin embargo, la sección explícita (izquierda) es una entrada utilizada para crear el modelo formado uniendo manualmente puntos de contacto, mientras que la sección implícita (derecha) es una salida creada al cortar a través de un modelo 3D creado directamente desde los datos.

La generación de los modelos geológicos en la formación de los dominios se realiza de forma inmediata teniendo como la data de sondajes en forma homogenizada y validada.

El modelamiento Implícito es una herramienta valiosa para una auditoria o validación del modelo porque nos permite la visualización tridimensional, que nos proporciona la visualización de las interpretaciones y nos permite probar nuevas ideas y refinar modelos y también nos permiten duplicar modelos, aplicar flujos de trabajo simplificados y compartir interpretaciones alternativas y lo resaltante en pasar una auditoria utilizando el modelo Implícito es la efectividad y transparencia del modelo y la utilización de las cronologías de un yacimiento bien estructurado y alienado y la efectividad en la actualización de modelo con sus respectivas validaciones con la data original que se modela.



**Figura\_ 8**  
**Modelo Implícito del prospecto de Cu**



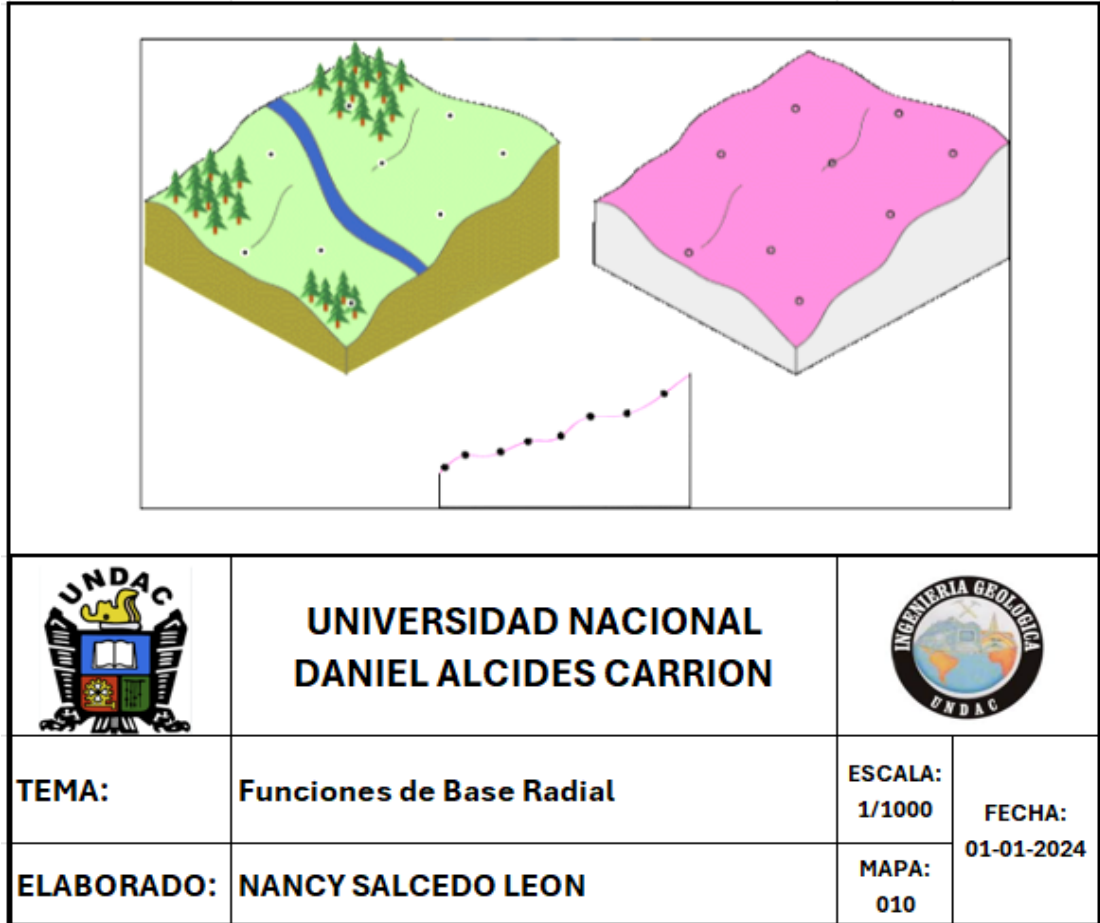
**Fuente:** *propia*

**2.2.12. Funciones de Base Radial (RBF)**

Las Funciones de Base Radial que dependen de la distancia entre la entrada y algún punto fijo, como el origen o algún otro centro (muestreado o promediado) o cualquier tipo de volumen para estimar una ley En esencia, las RBF son una suma ponderada de funciones.

Este tipo de matemática ha mejorado los problemas en la interpolación espacial de los algoritmos del modelado implícito.

**Figura\_ 9**  
**Interpretación de las funciones de Base Radial**



**Fuente:** *Superficie RBF Tovar 2018*

**2.3. Definición de términos básicos**

**2.3.1. Base de datos.**

Una base de datos es un conjunto organizado de datos que se almacena y se gestiona de manera que permite su fácil acceso, modificación y actualización. Según Carlos A. D. Silva (2016), "una base de datos es un sistema que permite almacenar y gestionar datos de forma estructurada, facilitando su recuperación eficiente a través de consultas"

### **2.3.2. Modelamiento Implícito.**

El modelamiento implícito es una técnica que permite representar de manera continua y coherente la variabilidad espacial de propiedades geológicas a partir de datos discretos, generando modelos en 3D que reflejan la geometría y características del subsuelo. Según A. G. Journel y C. J. Huijbregts (1978), "el modelamiento implícito utiliza algoritmos para interpolar datos y crear representaciones geológicas que son más flexibles y menos propensas a errores que los métodos tradicionales".

### **2.3.3. Modelamiento geológico.**

Según Walter Núñez (2007), se refiere a las representaciones gráficas de los cuerpos geológicos en su ubicación natural, que se derivan de las interpretaciones geométricas realizadas por el geólogo de campo, basadas en los logeos de perforación exploratoria.

### **2.3.4. Cuerpo mineralizado.**

Ghandhi (2016) señala que un cuerpo mineralizado es, por lo general, una acumulación sólida y relativamente continua de mineral junto con ganga, que se diferencia claramente por su forma y características en comparación con las rocas circundantes.

### **2.3.5. Backflagging.**

Es un método estadístico utilizado en la validación de modelos geológicos, que consiste en comparar las estimaciones de una variable con datos de control previamente conocidos. Según David W. Maré (1999), "el backflagging permite evaluar la precisión de un modelo mediante la validación cruzada, asegurando que las predicciones se alineen con las observaciones reales"

Validación. Chávez (2001), considera que validación es "la eficacia con que un instrumento mide lo que se pretende"

### **2.3.6. Análisis geoestadístico.**

Según José Zabala (2004), el análisis geoestadístico facilita la estimación de una variable en un punto de un espacio no conocido, determinando el nivel de correlación espacial.

### **2.3.7. Estadística descriptiva EDA.**

Pedro Faraldo (2012) describe la estadística descriptiva como un conjunto de técnicas, tanto numéricas como gráficas, que se utilizan para describir y analizar un conjunto de datos, sin realizar inferencias sobre la población a la que pertenecen.

### **2.3.8. El variograma.**

Es una herramienta estadística utilizada en geología y geoestadística para analizar la estructura espacial de una variable, como la concentración de un mineral o las propiedades físicas de las rocas. Su principal función es describir cómo varían los datos geológicos en función de la distancia entre puntos de muestreo.

### **2.3.9. Kriging Simple.**

Según Alberto Porras (2017), es un método de inferencia espacial que permite estimar los valores de una variable en ubicaciones donde no se han realizado muestreos.

### **2.3.10. AcQuire.**

Diseñado para la recopilación y gestión de datos geológicos y de exploración. Facilita el ingreso, organización y análisis de información proveniente de perforaciones y estudios geológicos, permitiendo a los usuarios tener un acceso eficiente a los datos y mejorar la toma de decisiones en proyectos de exploración.

### **2.3.11. Leapfrog.**

Diseñado para el modelamiento geológico en 3D que permite a los usuarios crear representaciones visuales dinámicas del subsuelo a partir de datos de exploración. Este software utiliza técnicas de modelado implícito para facilitar la

visualización y el análisis de datos geológicos, ayudando en la planificación y evaluación de recursos minerales.

#### **2.3.12. MinePlant.**

Software orientado a la planificación y gestión de operaciones mineras. Proporciona funcionalidades para el diseño de minas, programación de operaciones y análisis de rendimiento, permitiendo a los ingenieros y gerentes optimizar los procesos mineros y mejorar la eficiencia operativa en el desarrollo de proyectos.

#### **2.3.13. Estimación:**

La estimación de las reservas de un yacimiento o de un bloque de explotación permite tener un mayor conocimiento de la zona de estudio, donde definirá si el Prospecto de contiene mineral de Cu para que sea

. Existen dos métodos, de manera general, para estimar las reservas de un yacimiento los cuales son: métodos clásicos o geométricos y los métodos geoestadísticos. Los primeros se basan en un proceso de cubicación, es decir, que se van a construir una o varias figuras geométricas en las que se va a estimar la cantidad de mineralización que existe dentro de ellas. Los métodos clásicos más utilizados en la estimación de reservas de un yacimiento mineral son los siguientes:

- Método de perfiles o cortes Método de los polígonos.
- Método de los triángulos.
- Método de las matrices de bloques.
- Método de los contornos.
- Método del inverso a la distancia.

## **2.4. Formulación de la hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

"El uso del modelamiento implícito con Leapfrog Geo optimizará la precisión y eficiencia en la estimación de los recursos de cobre en el prospecto de Cu ubicada en la subcuenca Cañete."

### **2.4.2. Hipótesis Especifica.**

- a. "La integración de los datos geológicos y geofísicos con Leapfrog Geo permitirá mejorar la estimación de los recursos minerales de cobre en el prospecto de Cu Ubicada en la subcuenca Cañete."
- b. "El modelamiento implícito con Leapfrog Geo ayudará a definir mejor los dominios geológicos, lo que permitirá una estimación más precisa de los recursos del Prospecto de Cu, ubicada en la subcuenca Cañete."

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

**Variable Dependiente:** Estimación de recursos minerales.

**Variable Independiente:** Modelamiento Implícito utilizando el leapfrog Geo

**Variable interviniente:** Calidad y Cobertura de los Datos Geológicos.

**2.6. Definición Operacional de variables e indicadores.**

**Tabla\_ 2**

***Variables e indicadores del Prospecto de Cu***

<b>Variables</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Técnicas de Recolección</b>	<b>Instrumentos de recolección de información</b>
V.I=Estimación de recursos minerales	Valor estimado de los recursos minerales de cobre presentes en el prospecto de la subcuenca Cañete, Ica.	Cuantitativa	- Cantidad total de recursos estimados (toneladas) - Porcentaje de precisión en la estimación	Análisis de datos	Reportes de estimación
V.D=Modelamiento implícito utilizando el Leapfrog Geo	Proceso de crear modelos geológicos utilizando algoritmos para integrar datos de manera eficiente.	Técnica	- Número de superficies generadas - Precisión de los modelos creados	Análisis de resultados	Reportes generados por el softwar
V.I=Calidad y cobertura de los datos Geológicos	Grado de exactitud y consistencia de los datos utilizados en el modelamiento geológico.	Cuantitativa	- Porcentaje de datos válidos - Número de datos faltantes o erróneos	Revisión documental	Bases de datos y registros de campo

## CAPITULO III

### METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

La toma de datos en el campo, recolección, procesamiento y análisis de los datos en el prospecto de Cu, demostrará la relación entre las variables.

#### 3.1. Tipo de Investigación

**Exploratorio:** Se busca recopilar datos preliminares del Prospecto de Cu donde se realizó la recopilación de datos durante el mapeo superficial, lo que ayudó a definir los límites de los contactos geológicos. Este proceso permitió realizar el muestreo y la inserción de controles, estableciendo una base para un análisis más profundo.

**Descriptivo:** La investigación del Prospecto de Cu, tiene un enfoque descriptivo, ya que se centra en detallar las características de la población en estudio y en proporcionar una representación fiel del fenómeno. Se inicia con el mapeo superficial y el registro de los sondajes realizados en las campañas de perforación. Esto incluye:

- Toma de fotografías de las muestras.
- Implementación de controles de calidad.



- Extracción de la mitad de las muestras para análisis posteriores.

**Interpretativo:** Se lleva a cabo una verificación de los datos recolectados del prospecto de Cu, mediante varios métodos. Los datos son almacenados en una base de datos, lo que permite iniciar el modelamiento geológico utilizando Leapfrog Geo. Esto ayuda a identificar áreas de mineralización en relación con las zonas de desmonte en un modelo tridimensional

### 3.2. Nivel de Investigación

**Descriptivo:** La investigación es de nivel descriptivo porque se enfoca en describir las características del fenómeno estudiado. Utiliza la observación como método principal para entender el contexto geológico del Prospecto de Cu, ubicada en la subcuenca Cañete, Ica, y para representar las variables involucradas en la estimación de recursos minerales

### 3.3. Métodos de la Investigación

Los métodos de la investigación se dieron de la siguiente manera:

**Exploratorio:** Se llevó a cabo la recopilación de diversos datos obtenidos durante las labores de mapeo superficial, donde se definieron los límites de los contactos, lo que permitió realizar el muestreo y la inserción de controles.

**Descriptivo:** Comenzamos con el mapeo superficial y el registro de los sondajes de las campañas de perforación. Esto incluyó el análisis de RQD, la toma de fotografías, la implementación de controles de calidad y, finalmente, la extracción de la mitad de las muestras para su análisis posterior.

**Interpretativo:** Se verificaron los datos recolectados mediante distintos métodos, los cuales fueron almacenados en una base de datos. Esto permitió iniciar el modelamiento geológico utilizando Leapfrog Geo para identificar las áreas de mineralización en relación con las zonas de desmonte en 3D.

### 3.4. Diseño de Investigación

El diseño de investigación tiene un tratamiento Mixto, mencionando que la información no será manipulable en la investigación estadística para detallar los datos y especificar las características del fenómeno:

- a) **Equipos:** Cinta métrica, bolsa de muestreo, GPS, lupa, marcadores, planos de ubicación, y picota.
- b) **Trabajos en el Campo:** Se inicio el levantamiento topográfico utilizando imágenes satelitales, DRONES, realizando la verificación con las cartas Geológicas de INGEMET y las cuadrillas o grillado.
- c) **Modelamiento Geológicos:** a través del AcQuire que es el gestor de los datos obtenidos, se realizó en la importación de ellos al Software Leapfrog para el modelamiento 3D y a su vez validados que la precisión de los datos y los cuerpos modelados será 98% de precisión.
- d) **Estimación de Recursos:** se realizó la estadística teniendo la información modelada se procederá a realizar análisis estadístico, composición, Figuras de Box Plot, Variogramas para utilizar el mejor método de estimación, para ello utilizaremos en Software MinePlant.

### 3.5. Población y Muestra

#### 3.5.1. Población.

Los datos utilizados para el modelamiento y estimación del Prospecto de Cu, fueron obtenidos de sondajes perforados en la region de Ica. Se emplearon un total de 250 sondajes, los cuales fueron perforados y analizados por profesionales altamente calificados.

### 3.5.2. Muestra.

En el Prospecto de Cu, se evaluaron 185 muestras geoquímicas y 65 muestras para gravedad específicas, haciendo un total de 250 muestras de sondajes.

### 3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Entre las técnicas tenemos:

#### 3.6.1. Trabajos de Campo.

Se realizó el reconocimiento de las muestras características de labores de exploración y sondajes diamantinos y se detalla:

- a. **Mapeo Superficial:** se identificó la orientación, identificación y ploteo de los rasgos geológicos (litológicos, estructurales) sobre una base topografía
- b. **Logueo Diamantino:** se validó los registros de los contactos litológicos en los tramos perforados; también se preocupa de la extracción de los datos de las recuperaciones
- c. **Toma de fotografía:** Se realizó una sesión fotografía de acuerdo con la longitud de los tramos perforados, limpiarlos con una brocha y agua para tener mejor los detalles geológicos en los testigos.
- d. **Muestreo:** Se realizó el procedimiento es la recolección de muestras representativas para que sean analizadas en laboratorios certificados. La importancia de este muestreo es la recolección de los resultados de las muestras y definir y delimitar las zonas económicamente explotables con el desmonte
- e. **Inserción de muestras de QA/QC:** teniendo el muestreo, se insertó muestras de estándares para verificar que los resultados sean óptimos y al verificarlos estos resultados de laboratorios sean utilizados para estimación de recursos que sean de forma precisa.

### **3.6.2. Trabajos en gabinete.**

se realizó la revisión de planos geológicos regionales, revisión de la interpretación de las secciones transversales geológicas y la revisión de las hojas de logueo de sondajes diamantinos.

### **3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación**

La selección de los datos del Prospecto de Cu de la subcuenca Cañete; se llevó a cabo la validación mediante inserciones sistemática de muestras de control, que son enviados a laboratorios primarios y reenviándolo regularmente al laboratorio secundario una parte de las muestras ya analizadas, donde evalúa el proceso y la secuencia del muestreo, preparación y análisis.

Este proceso, se posesiona como estrategia para el aseguramiento de la integridad de la información, donde verifica y ayuda a optimizar la calidad de información y evitar sobreestimar los recursos del Prospecto de la Cuenca de Cañete.

**GPS** (Sistema de Posicionamiento Global): Para georreferenciar las ubicaciones de los muestreos y sondajes.

**Taladros de Perforación:** Para la obtención de núcleos de roca durante las campañas de perforación.

**Cuadernos de Campo:** Para registrar observaciones geológicas, características litológicas, y datos de logueo durante el muestreo.

**Muestreadores de Suelo y Roca:** Herramientas como picos y martillos geológicos para la recolección de muestras en superficie.

**Laboratorios de Análisis Geoquímico:** Equipos de laboratorio (como espectrómetros de masas o espectrofotómetros) para analizar la concentración de cobre y otros metales en las muestras.

**Software GIS:** Para la visualización, análisis y gestión de datos espaciales.

**Software de Estadística:** Herramientas como Minesight para el análisis de datos y la construcción de variogramas.

**Leapfrog Geo:** se realizó la Creación de modelo geológico 3D del Prospecto de Cu ubicada en la Subcuenca Cañete, Ica, análisis estadísticos, y la definición del tipo de estimación sería recomendable.

**Cámaras Fotográficas:** Para documentar características geológicas y condiciones de campo durante el muestreo.

### **3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.**

Para realizar la recolección de datos se solicitó el permiso del responsable del prospecto. Luego se ordenó, clasificó, registro y procesó la data con el software AcQuire

### **3.9. Tratamiento estadístico**

Se ejecutó la estadística inductiva por el conocimiento de origen de las muestras que busca determinar la población.

Así también la estadística descriptiva se refiere a la recolección, presentación, análisis e interpretación de la colección de datos. Así como la estadística descriptiva por referirse a la colección, presentación, descripción, análisis e interpretación de una colección de datos de muestras reunidas recolectadas del campo, la cualidad de la estadística descriptiva nos ayuda al análisis y la descripción de los datos de manera sintética y significativa.

### **3.10. Orientación Ética filosófica y epistémica**

En el ámbito de la investigación en el Prospecto de Cu, ubicado en la Sub Cuenca Cañete, es esencial adherirse a principios éticos que regulen la conducta de todas las personas involucradas y el manejo de los datos. Esto implica garantizar la seguridad de los participantes y proteger el medio ambiente durante la realización

del proyecto. Asimismo, se asegura que la información obtenida de diversos autores sea citada de manera apropiada, respetando su contenido original.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

##### **4.1.1. Ubicación del Proyecto.**

El Prospecto de Cu, está situada en las regiones de Ica , limitando al norte con la provincia de Lima y al sur con la provincia de Chincha. Al este, colinda con la sierra central del Perú, mientras que al oeste se encuentra el océano Pacífico, con una altura de 4,900 m.s.n.m. La distancia desde Lima hasta la franja de la subcuenca es de 400 km, y desde La Libertad, es aproximadamente 300 km.

Para acceder a la subcuenca de Cañete, la carretera Panamericana Sur es la vía más directa desde Lima; se toma esta carretera y, al llegar a Cañete, se utilizan rutas internas.

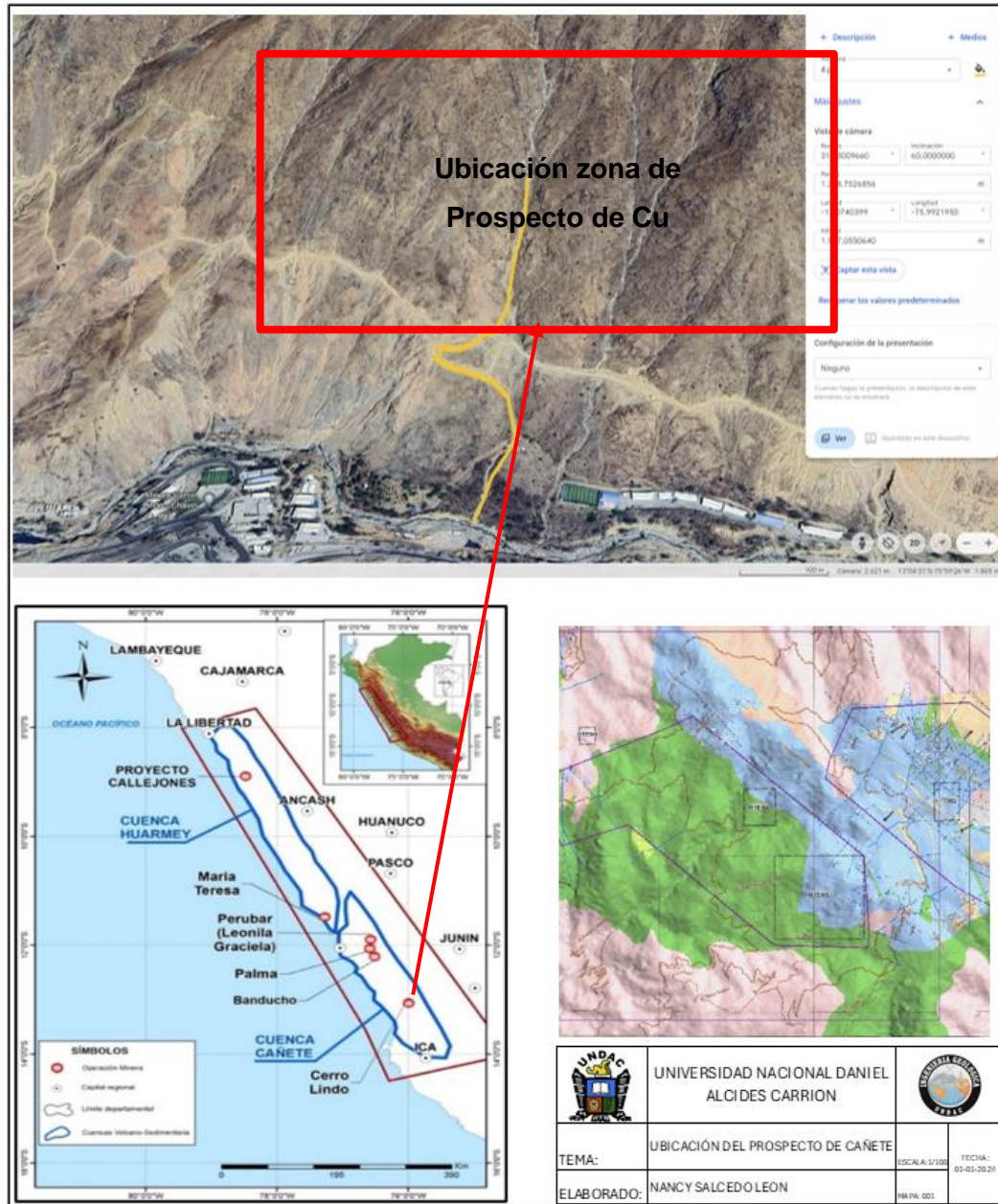
##### **La ubicación del prospecto de Cu:**

**Este:** 395,900 - 402,000

**Norte:** 8,547,400 - 8,553,600

**Latitud:** 1,200 - 4,900.

**Figura\_ 10**  
**Ubicación de la zona del Prospecto de Cu**



**Fuente:** Propia

**4.1.2. Información relevante.**

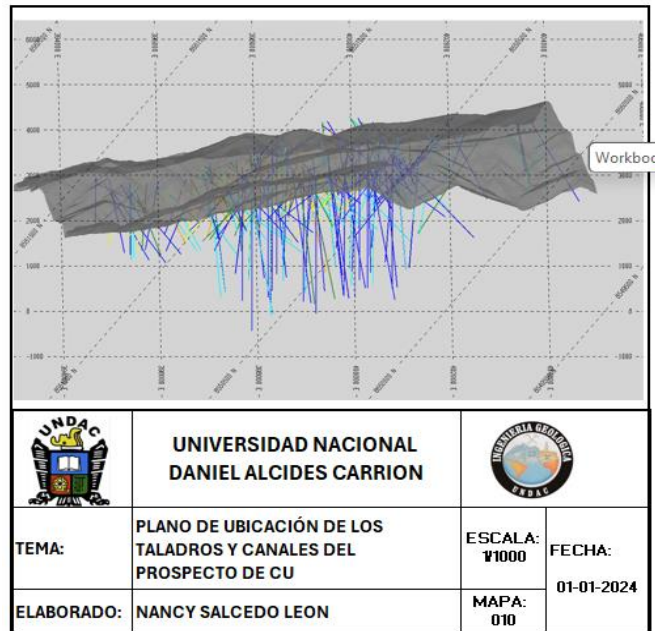
**Base de datos:** El Prospecto de Cu hasta el año 2023 se tiene 250 sondajes diamantinos y 180 canales.



La obtención de la información se realiza mediante los muestreos de los sondajes diamantinos y de canales, a su vez son ingresados a la base de datos mediante una conexión ODBC, denominada "Prospecto\_2023", luego son clasificadas según el tipo de información: Collar, Survey y assay (incluye la geología y los datos analizados por Cu%). Para asegurar que la información sea correctamente se pone un Tigger si un caso hubiera algún error en el ingreso.

En la tabla se detalla el número de sondajes y metros muestreados disponibles según cada tipo de sondaje realizado.

**Figura 11**  
**Plano de ubicación**



Fuente: Propia

**Tabla\_ 3**  
**Tabla de sondajes de muestreo**

Tipo de sondajes	N° de Sondaje	Metros
Diamantina	<b>250</b>	<b>121,886.23</b>
Canales	<b>180</b>	<b>15,095.93</b>
Total	<b>436</b>	<b>136,982.157</b>

Fuente: propia

## Análisis de Datos:

En el marco del análisis de datos, llevamos a cabo una exhaustiva verificación de la calidad de los datos obtenidos durante la reciente campaña de perforación diamantina. Para ello, utilizamos los registros de control de calidad (QAQC) para comprobar varios aspectos fundamentales:

Verificamos que la ubicación de los collares esté correctamente registrada en los lugares donde se realizaron las perforaciones y que estos se alineen con la topografía actual del terreno, asegurando así la precisión geoespacial de nuestros datos.


Procedimos a analizar los datos mediante técnicas estadísticas como gráficos de dispersión y diagramas de caja, lo que nos permitirá identificar posibles anomalías o patrones inusuales en las muestras recolectadas.

Además, se realizó un análisis comparativo con secciones anteriores para evaluar el comportamiento y las características de los nuevos logueos realizados por nuestros ingenieros geólogos, lo que nos ayudará a entender mejor las variaciones en el perfil geológico y a optimizar futuras campañas.

**Tabla\_ 4**

### Análisis de datos representativos del Prospecto de Cu


A1		TOPO	Cut (%)	Cut (%)	Ratio_Sol Au 200 Ag 1000 Camargo Ore	LIBRERO	ANILERO	PALMERO	CHICERO	MEJEROPIS	SECAN ALTT.	ANGIN ANGG	PSIDE	PSIDE	POSGAO	COMET	PELUN	RESCO	RMGGIA	COMET ANSPLETISM
999940	8547382	2737	100	0.27	0.29	58.93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
999941	8547383	2737	100	0.26	0.24	58.15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
999942	8547384	2737	100	0.26	0.23	59.09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
999943	8547385	2737	100	0.26	0.24	59.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
999944	8547386	2732	100	0.27	0.28	52.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
999945	8547387	2732	100	0.4	0.18	50.81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
999946	8547388	2732	100	0.38	0.15	51.84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
999947	8547389	2732	100	0.47	0.24	60.85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
999948	8547390	2732	100	0.48	0.24	59.44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
999949	8547391	2725	100	0.27	0.04	24.71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
999950	8547392	2725	100	0.29	0.06	34.52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
999951	8547393	2725	100	0.27	0.05	39.85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
999952	8547394	2725	100	0.28	0.07	40.98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
999953	8547395	2725	100	0.28	0.21	49.28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
999954	8547396	2725	100	0.37	0.06	25.88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
999955	8547397	2725	100	0.28	0.15	19.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
999956	8547398	2725	100	0.32	0.08	23.84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
999957	8547399	2725	100	0.37	0.16	34.58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
999958	8547400	2725	100	0.32	0.32	34.72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
999959	8547401	2725	100	0.36	0.08	32.18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
999960	8547382	2725	100	0.35	0.35	25.06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
999961	8547383	2725	100	0.04	0.09	50.53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
999962	8547384	2725	100	0.15	0.15	50.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
999963	8547385	2725	100	0.35	0.11	52.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
999964	8547386	2725	100	0.32	0.18	51.88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
999965	8547387	2725	100	0.38	0.33	78.63	0.045	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
999966	8547388	2725	100	0.35	0.33	79.4	0.045	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
999967	8547389	2725	100	0.3	0.07	26.77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
999968	8547390	2725	100	0.38	0.23	34.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
999969	8547391	2725	100	0.36	0.08	35.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
999970	8547392	2725	100	0.32	0.08	27.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
999971	8547393	2725	100	0.37	0.1	30.83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL  
ALCIDES CARRION**

**TEMA:** DATOS PROSPECTO CUENCA CAÑETE

**ELABORADO:** NA N C Y SA LCEDO LEON



**ESCALA: 1/1000**

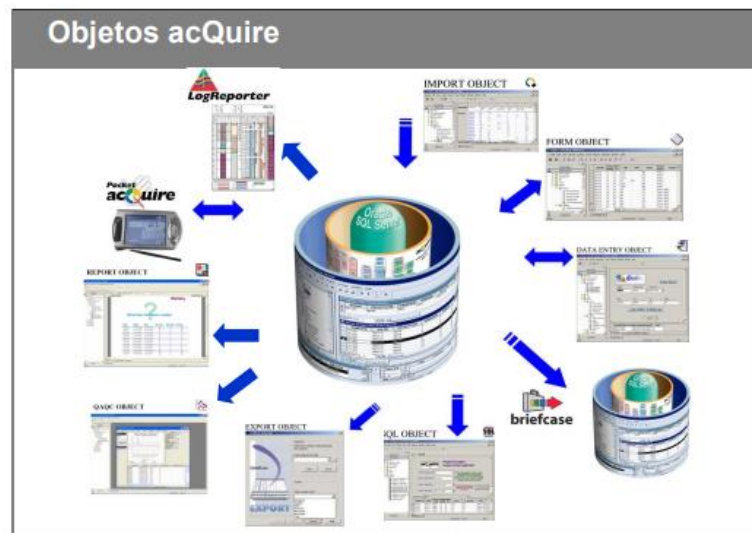
**FECHA: 01-01-2024**

Fuente: *propia*

### Software Acquire:

Se realizó la configuración de tablas maestras con el objetivo de almacenar toda la información extraída de los pozos de perforación diamantina, incluyendo datos sobre el collar, los surveys y los assays. Para desarrollar esta estructura, se utilizó el entorno SQL, lo que permite una gestión eficiente y organizada de los datos. Una vez creada la estructura, se almacenó en un servidor de enlace ODBC, lo que facilita la conexión con diversos softwares, como Leapfrog y MinePlant. Esta integración es fundamental para optimizar el análisis y modelado de los datos geológicos, permitiendo una mejor visualización y gestión de la información obtenida de los pozos de perforación.

**Figura\_ 11**  
**Funcionalidades del Acquire**



Fuente: Acquire

### Creación y almacenamiento de Sondajes de Perforación Diamantina en el Software Acquire:

Para realizar el almacenamiento de los datos de perforación es necesario la construcción de la configuración de las tablas en el SQL y luego guardarlas, esta estructura consta de varios tipos de plantillas: collar, survey, litología, alteraciones.

Cada plantilla es diferente a la otra, pero tiene un enlace que es el HOLE ID, que es campo obligatorio (nombre del sondaje), este Item es el vínculo que tendrá todo el software nos permite crear diversos tipos de plantillas.

**Collar:** Para la configuración del collar es necesario colocar principalmente:

- acQ Data Entry: Collar
- Form Definition: DrillHole\_SD
- Compound Definition: Collar

**Figura\_ 12**  
**Creación de Collar**

PROSPECTO	CUENCA CAÑETE		
NOMBRE DEL SONDAJE	<input type="text"/>		
ESTE	NORTE	COTA	LONGITUD
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
FECHA	FECHA DE INICIO	FECHA DE TERMINO	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
RESPONSABLE	<input type="text"/>		
OBSERVACIONES	<input type="text"/>		

**Fuente:** AcQuire

**Survey:** se rellena el siguiente formato (inclinación del sondaje).

**Figura\_ 13**  
**Creación de la tabla Survey**

INCLINACION DEL TALADRO	<input type="text"/>		
NOMBRE DEL SONDAJE	DISTANCIA	INCLINACION	PRIORIDAD
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
INSTRUMENTO DE MEDICION	<input type="text"/>		
		<input type="button" value="OK"/>	<input type="button" value="CAMBIO"/>

**Fuente:** AcQuire

- **Litología:** se rellena el siguiente formato (se rellena los tramos de la litología)

**Figura\_ 14**  
**Creación de la tabla Survey**

DIAMETROS			
NOMBRE DEL SONDAJE	DESDE	HASTA	TIPO DE DIAMETRO
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
OBSERVACIONES	<input type="text"/>		
		<input type="button" value="OK"/>	<input type="button" value="CAMBIO"/>

**Fuente:** AcQuire

- **Assays:** se rellena el siguiente formato (Datos análisis químicos, roca, alteración y mineralización).

**Figura\_ 15**  
**Creación de las tablas Assays de Cu (%)**

ASSAYS (ANALISIS QUIMICOS)			
NOMBRE DEL SONDAJE	DESDE	HASTA	CU (%)
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
OBSERVACIONES			
<input type="text"/>			
			<input type="button" value="OK"/>
			<input type="button" value="CAMBIO"/>

Fuente: propia

**Figura\_ 16**  
**Creación de las tablas Assays de Roca**

ASSAYS (ROCA)			
NOMBRE DEL SONDAJE	DESDE	HASTA	ROCA
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
OBSERVACIONES			
<input type="text"/>			
			<input type="button" value="OK"/>
			<input type="button" value="CAMBIO"/>

**Figura\_ 17**  
**Creación de las tablas Assays de Mineralización**

ASSAYS (MINERALIZACIÓN)			
NOMBRE DEL SONDAJE	DESDE	HASTA	MINERALIZACIÓN
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
OBSERVACIONES			
<input type="text"/>			
			<input type="button" value="OK"/>
			<input type="button" value="CAMBIO"/>

Fuente: AcQuire

**Modelado Implícito:**

Para iniciar el modelamiento implícito utilizando el software Leapfrog Geo, es fundamental contar con una serie de datos y superficies que nos permitan construir un modelo geológico preciso. Las superficies mapeadas en la superficie terrestre, como las líneas de fallas, los estratos y las zonas de alteración, proporcionan la referencia inicial para la construcción del modelo. Estas superficies son esenciales para vincular la información de la superficie con las condiciones subterráneas. Además, los datos obtenidos de los sondajes realizados en la zona de estudio permiten obtener información detallada sobre la composición litológica, las zonas mineralizadas y las características estructurales del subsuelo. La integración de ambos tipos de datos, las superficies mapeadas y los registros de sondajes, es crucial para generar un modelo geológico tridimensional que represente de manera precisa tanto las características superficiales como las condiciones en profundidad, lo que mejora la confiabilidad del modelado y la estimación de recursos minerales.

**Creación del Proyecto en Leapfrog:** Comenzamos creando un nuevo proyecto en Leapfrog Geo, donde se almacenarán todos los archivos auxiliares necesarios para el modelado. Este paso es crucial, ya que nos permitirá organizar y gestionar eficientemente todos los datos y resultados generados durante el proceso.

**Figura\_ 18**

**Creación de Proyecto del Prospector de Cu**

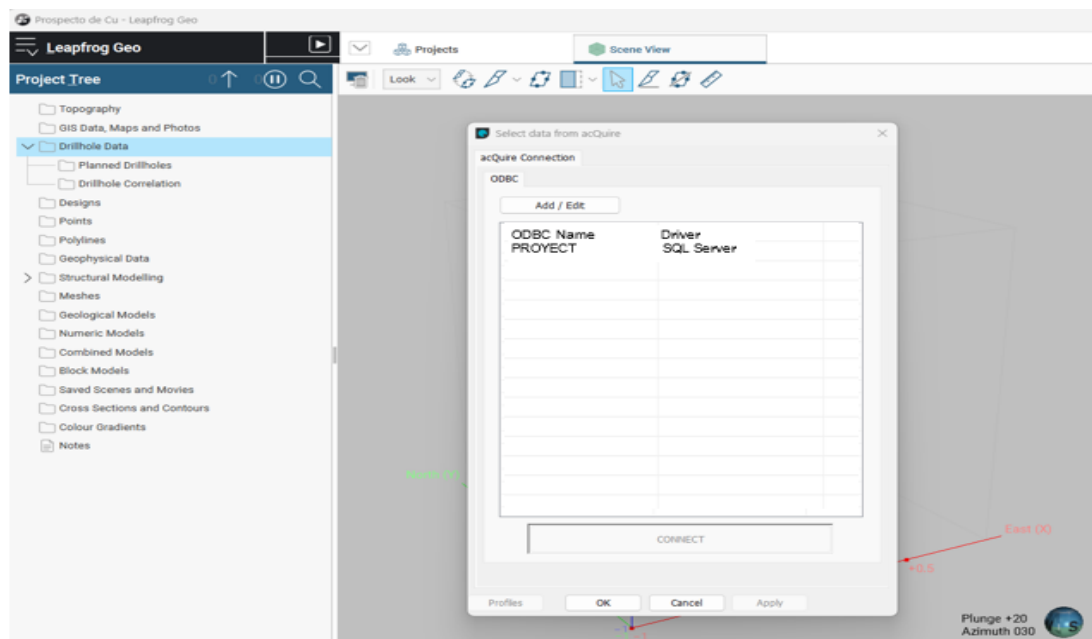


Fuente: Propia

**Importación de los datos:** Importación de los Datos: A continuación, establecemos una conexión mediante el enlace ODBC denominado 'Prospecto\_2024'. Esta conexión nos permitirá importar datos esenciales como los registros de collar, (Survey) y los análisis (assay), que incluyen información sobre litología, alteración y mineralización. Estos datos son fundamentales para entender el comportamiento geológico del área.

**Figura\_ 19**

**Importación conexión ODBC**

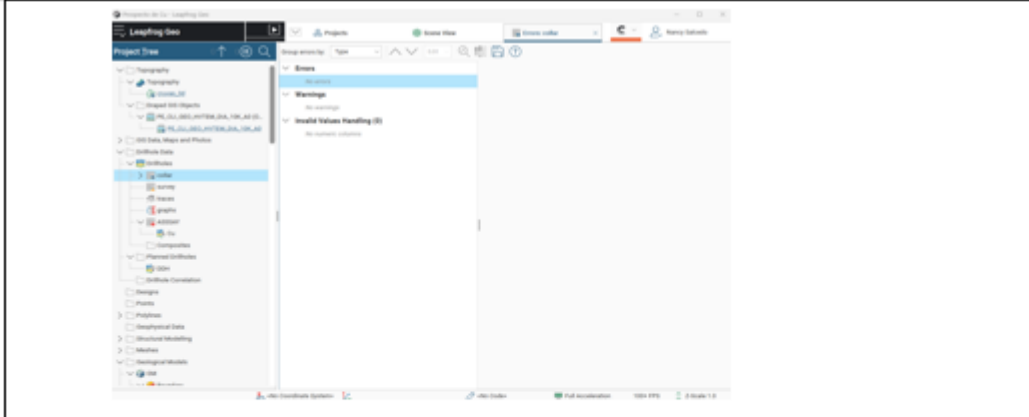



Fuente: Propia



**Esquema de errores:** Se realizo la importación de los datos por ODBS, observando que los datos se encuentran sin ninguna observación.

**Figura\_ 20**  
**Esquema de errores**

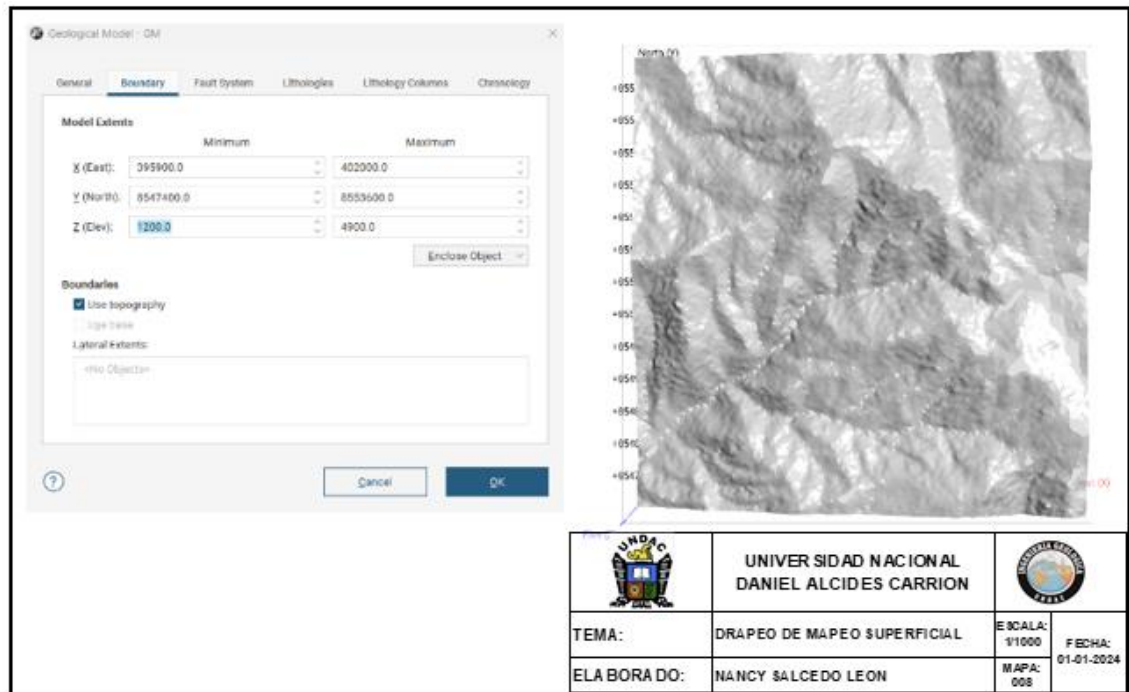
		
	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION</b>	
<b>TEMA:</b>	<b>ESQUEMA DE ERRORES DEL PROYECTO DEL PROSPECTO DE CU</b>	<b>ESCALA:1/200</b>
<b>ELABORADO:</b>	<b>NANCY SALCEDO LEON</b>	<b>FECHA: 01-01-2024</b>

**Fuente:** Propia

**Importación de Mapeos Superficiales:** Con la colaboración de nuestros geólogos de campo y utilizando mapeos satelitales, hemos elaborado un mapeo superficial detallado que identifica las diferentes fallas geológicas presentes en la zona. Este mapeo nos ayudará a acotar nuestra área de estudio. Para ello, utilizaremos el comando GIS Data, Maps and Images (Datos GIS, Mapas e Imágenes), lo que nos permitirá drpear estos mapeos sobre la topografía original del terreno

Creación de la Caja de Trabajo: **Una vez definidos los límites del proyecto, procederemos a crear una caja tridimensional donde se llevará a cabo el modelado implícito. Utilizaremos el comando Geological Model para establecer esta caja, ingresando las coordenadas máximas y mínimas necesarias. Posteriormente, cortaremos esta caja con la topografía original para asegurar que nuestro modelo refleje fielmente las características del terreno.**

**Figura\_ 21**  
**Creación de la caja**

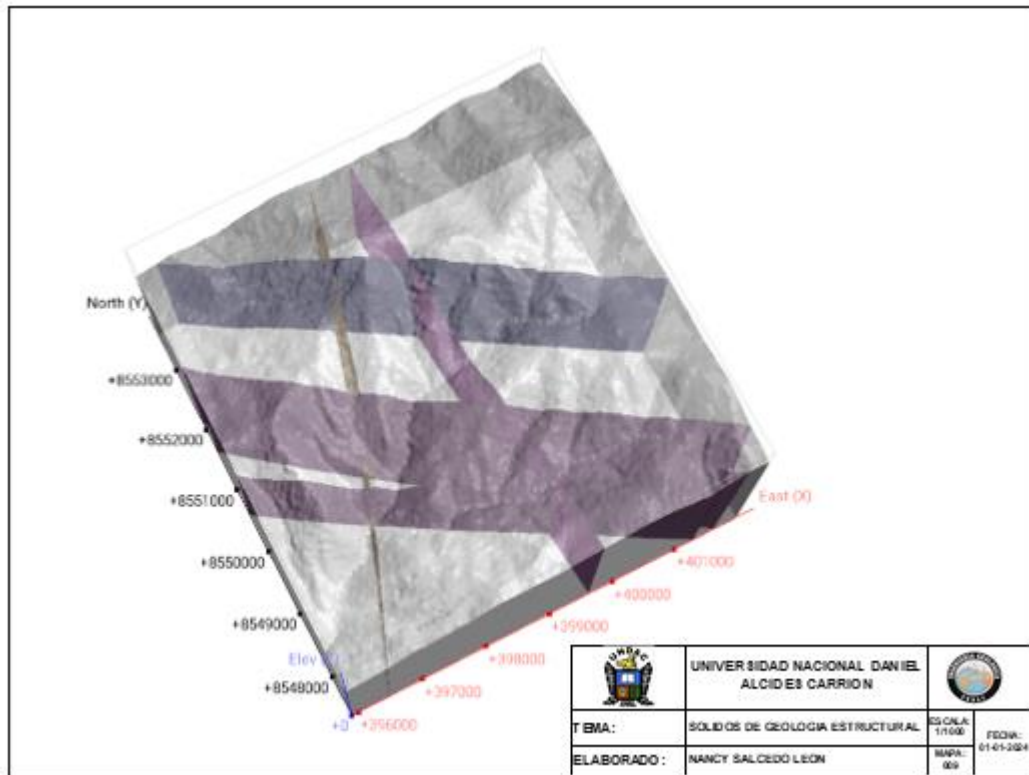


**Fuente:** Propia

**Cortar la caja principal por las estructuras (Fallas):** Una vez que hemos establecido la caja principal del modelo, procederemos a identificar y dibujar las fallas geológicas que interceptan esta estructura. Para ello, utilizaremos herramientas específicas dentro del software Leapfrog Geo, que nos permitirán

definir con precisión el azimut y el buzamiento de cada falla. Este proceso es crucial, ya que las fallas pueden influir significativamente en la distribución de los recursos minerales y en la interpretación geológica general.

**Figura\_ 22**  
**Cortes de las fallas**



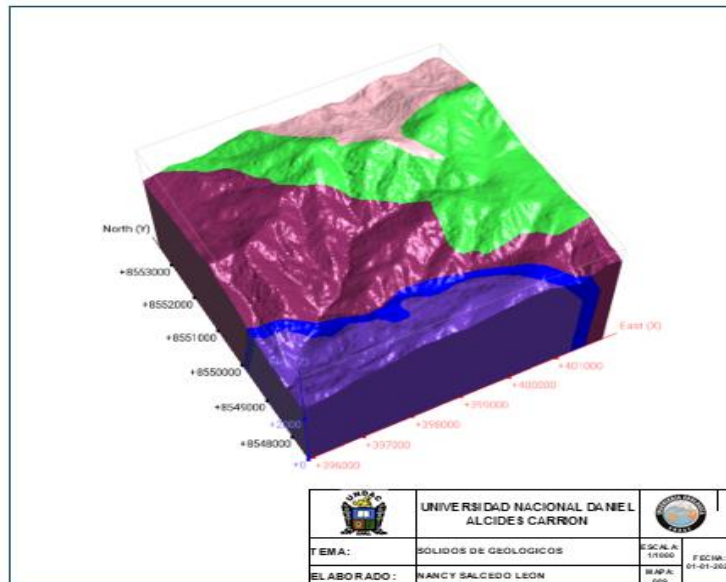
**Fuente:** *Propia*

**Importación de Secciones Explícitas:** Con los datos de sondajes importados, procederemos a modelar según la tabla cronológica previamente establecida. Utilizaremos mapeos superficiales como base litológica para transformar el modelado explícito en un modelado implícito. Para importar las secciones al software Leapfrog Geo, emplearemos el comando correspondiente, donde se nos solicitarán tres coordenadas puntuales que definirán la ubicación exacta de estas secciones dentro del modelo.

**Construcción de los Sólidos:** Con todos los datos necesarios a nuestra disposición, comenzaremos la construcción cronológica: Monzodiorita Cotahuasi (1), Huancamarca (2), Sacsaquero (3), Formación Tantara (4), Tonalidad Cotahuasi (5), Monzodiorita (6), Tonalita Granodiorita (7), Tonalita Diorita (8), Diorita Patat (9). del modelo geológico, iniciando desde las rocas más antiguas hasta las más recientes. Este proceso requerirá tener en cuenta la columna estratigráfica local. Utilizaremos la opción Model Geologic dentro del software, enfocándonos principalmente en cuerpos intrusivos como Vennis vells, ya que estos proporcionan una mayor relevancia y similitud con las secciones explícitas previamente definidas.

- **Sólidos Base:** se realiza a base de taladros diamantinos y mapeos superficiales, es vital la coherencia de esta interpretación para realizar lo dominios de estimación y delimitar la zona de desmonte y zona de mineralización.

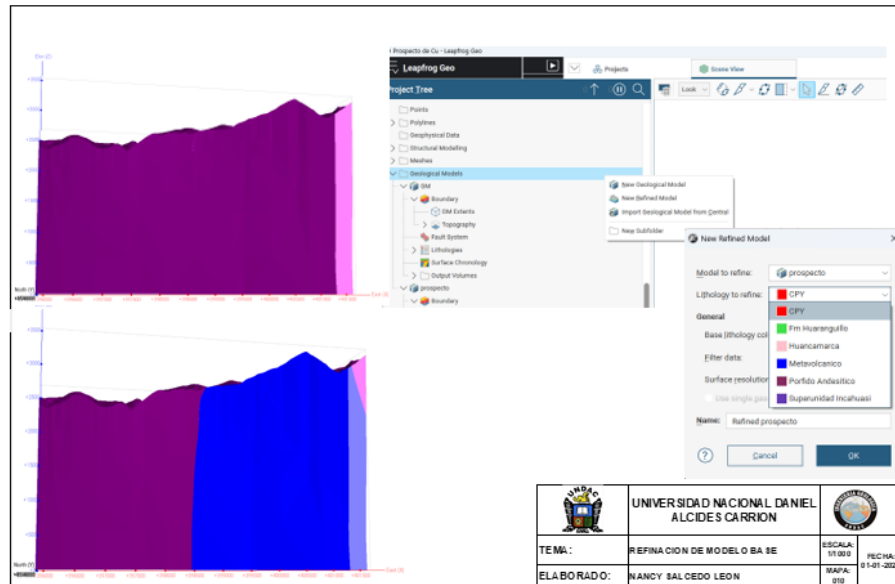
**Figura\_ 23**  
**Sólidos geológicos**



Fuente: Propia

- **Sólidos por Refinamiento:** teniendo los sólidos de base se realiza el corte por cada tipo de roca.

**Figura\_ 24**  
**Refinamiento para generar la alteración**



**Fuente:** Propia

**Validación de la Interpretación:** Una vez que hemos modelado los sólidos geológicos, es fundamental llevar a cabo un proceso riguroso de validación para asegurar que nuestro modelo sea representativo y coherente con los datos obtenidos. Este proceso incluirá varios análisis clave:

**Análisis Visual:** Realizaremos una revisión detallada del modelo tridimensional generado para evaluar visualmente si los sólidos modelados son coherentes con los datos provenientes de los sondajes diamantinos. Durante esta etapa, buscaremos inconsistencias o anomalías en la representación geológica, comparando las características visuales del modelo con las observaciones directas realizadas en el campo. Este análisis nos permitirá identificar posibles errores en la interpretación inicial y ajustar el modelo según sea necesario.

**Análisis de Backflagging:** Además del análisis visual, llevaremos

a cabo un análisis estadístico conocido como backflagging. Este método nos permitirá comparar cuantitativamente los resultados de los sondeos con los sólidos interpretados en el modelo. Evaluaremos la coherencia entre ambos conjuntos de datos, analizando cómo se alinean las intersecciones de los sondeos con las estructuras modeladas. Un aspecto crítico de este análisis será determinar el grado de dilución que pudo haber ocurrido durante la construcción de los sólidos, lo cual puede afectar significativamente nuestras estimaciones sobre la calidad y cantidad de recursos minerales presentes.

Para considerar que nuestro modelo es válido, el porcentaje de coincidencia entre los sondeos y los sólidos interpretados deberá ser superior al 95%. Este umbral nos asegurará que el modelo no solo es visualmente coherente, sino también estadísticamente sólido, lo que incrementará nuestra confianza en las decisiones futuras relacionadas con la exploración y explotación del recurso mineral.

#### **4.1.3. Desarrollo de la tesis**

**Primera etapa:** En el Prospecto de Cu, es importante señalar para la comparación con los tipos de modelamiento se realizó a base de volúmenes de cada sólido y sección modelada. Los tipos de sólidos modelados son descritos de la siguiente manera: Huaranguillo (1), Huancamarca (2), Metavolcanicos (3), Porfidos Andesíticos (4) y Super Unidad Incahuasi (5), en donde se encontró mayor incremento de Cobre en los porfidos andesitos (20% a 60%).

La secuencia es la siguiente:

- Optimización de los datos en un gestor de base de datos.
- Validación de los datos geológicos.
- Validación de modelo geoestadístico blackflagging.

- Validación estadística y comparación de los métodos de modelamiento (Implícito y tradicional).

**Segunda etapa:** En función de los resultados de la primera etapa (integración de los datos geológicos). Estos resultados nos permitieron plasmar los análisis geoestadísticos de acuerdo al siguiente orden análisis exploratorio de datos

- Analisis exploratorio
- Determinación de Capping
- Analisis de contacto
- Analisis variografico de dominios de estimacion
- Categorización

## **4.2. Presentación, análisis e Interpretación de resultados**

### **4.2.1. Conexión de la base de datos.**

A través de una conexión ODBC, se transfieren datos geológicos desde Acquire para ser utilizados en un modelamiento implícito, y que se van a detallar los pasos realizados:

### **4.2.2. Validación de los datos Geológicos con el modelo**

Se crearon dos tablas con la información histórica y la nueva información modelada implícitamente, con el fin de realizar la validación mediante el método Backflagging. A continuación, se estableció una conexión a través del enlace ODBC denominado 'Prospecto\_2024', lo que nos permitió importar los datos en las tablas denominadas "modelo implícito" y "modelo tradicional".

En estas tablas se realizó la validación de las unidades principales del modelo mediante el análisis Backflagging. Se observó que, en el modelamiento implícito, el porcentaje de coincidencia es mayor al 95% y el grado de pureza supera

el 96%. Mientras tanto, en el modelamiento tradicional, el porcentaje de coincidencia es superior al 40% y el grado de pureza es mayor al 50%.

**Tabla\_5**  
**Validación de modelo Implícito & Explícito**

Unidades	Valores	Modelo 3D (sólidos)		
		1	2	3
1	metros		1,440	
	% coincidencia		6%	
	% pureza o contaminación		4%	
	<b>metros (1)</b>	<b>188</b>	<b>34,193</b>	<b>412</b>
			34,372	
2	% coincidencia (1)	1%	98%	1%
	% pureza o contaminación (2)	1%	96%	25%
				58%
3	metros		23	
	% coincidencia		100%	
	% pureza o contaminación		0%	
			1,639	
			3%	
			100%	

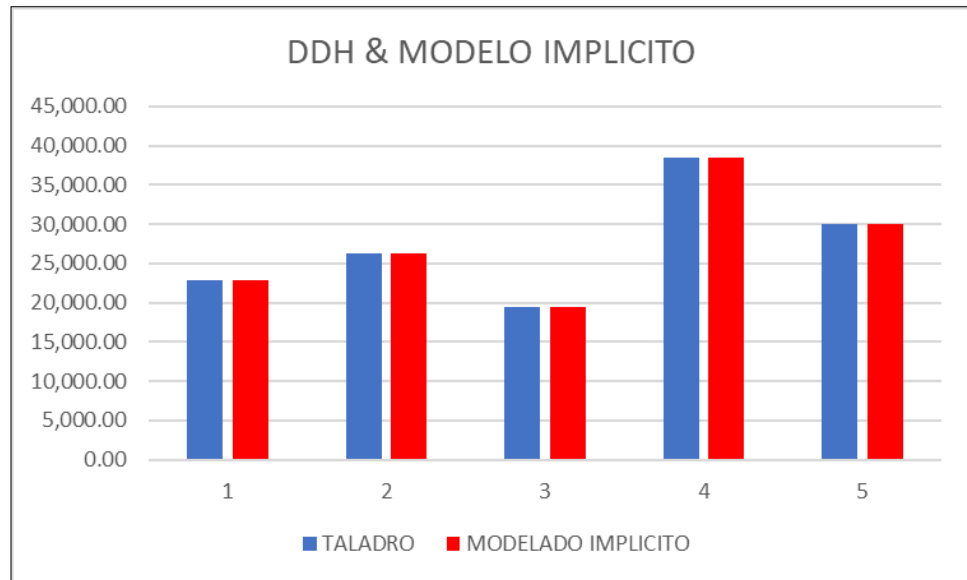
	Códigos	MODELO IMPLÍCITO (3D)					Total		Códigos	MODELO EXPLÍCITO (SECCIONES)					Total
		1	2	3	4	5				1	2	3	4	5	
BASE DE DATOS	1	22,895.50	0	0.9	0	0	22,896.40	1	18,222.95	14,054.81	1,168.14	0	0	33,445.90	
		98%	0%	2%	0%	0%	100%		80%	15%	5%	0%	0%	100%	
	2	0.15	26,280.93	0.4	0.11	0	26,281.59	2	0.15	16,927.84	0.4	10,353.09	0	27,281.48	
		0%	99%	1%	0%	0%	100%		0%	61%	0%	39%	0%	100%	
	3	0	0	19,420.20	0.4	0	19,420.60	3	0	3,403.54	12,616.66	0.4	0	16,020.60	
		0%	0%	97%	3%	0%	100%		0%	65%	0%	35%	0%	100%	
	4	0	0	0	38,440.01	5.26	38,445.27	4	2,108.60	14,760.23	0	13,576.42	0	30,445.26	
		0%	0%	0%	98%	2%	100%		6%	38%	0%	56%	0%	100%	
	5	0	0.3	0.6	0.21	29,937.20	29,938.31	5	17,060.98	0.3	0.6	0.21	12,876.22	29,938.31	
		0%	1%	2%	3%	94%	100%		57%	0%	0%	0%	43%	100%	
		0%	0%	1%	99%	100%		40%	0%	0%	0%	60%	100%		
	<b>Total metros</b>	22,895.65	26,281.23	19,422.10	38,440.73	29,942.46		<b>Total metros</b>	37,392.68	49,146.72	13,785.80	23,930.12	12,876.22	136,982.16	

Fuente: propia

En la Tabla 5, se puede observar una clara similitud entre los datos geológicos obtenidos y los resultados generados por el modelamiento implícito. Esta coincidencia sugiere que el modelo implícito ha logrado capturar con precisión las características geológicas del área de estudio. Dado que el modelamiento implícito utiliza interpolaciones avanzadas y datos de alta calidad, podemos afirmar con confianza que las estimaciones y predicciones obtenidas se aproximan de manera considerable a la realidad geológica del yacimiento. La alta correspondencia entre los datos originales y el modelo indica que las precisiones alcanzadas por este método son consistentes y confiables, lo que refuerza su validez para la estimación de recursos minerales en este caso específico.



**Figura\_ 25**  
**Validación de modelo Implícito**

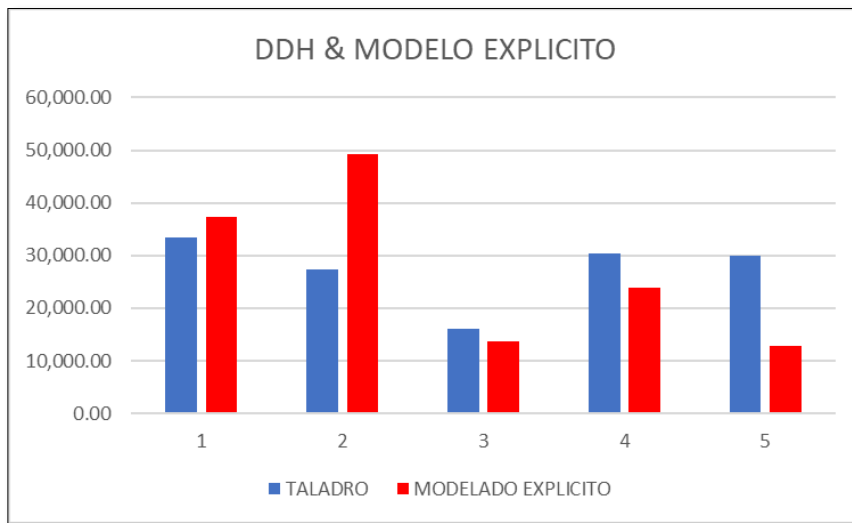


**Fuente:** *Propia*

En la Tabla 6, se observa que los datos geológicos muestran una notable discrepancia con respecto al modelamiento explícito, lo que indica una falta de correspondencia entre los datos reales y los resultados obtenidos mediante este enfoque de modelado. Esta divergencia sugiere que las precisiones alcanzadas por el modelamiento explícito no son representativas de la realidad geológica del área de estudio.

El modelamiento explícito, al depender de la interpretación manual y la construcción de secciones geológicas basadas en la experiencia del modelador, puede introducir sesgos o simplificaciones que no reflejan adecuadamente la complejidad del yacimiento. En este caso, la falta de coincidencia entre los datos geológicos observados y el modelo sugiere que el enfoque utilizado no ha logrado capturar de manera fiel las estructuras geológicas o la distribución de los dominios litológicos y mineralizados

**Figura\_ 26**  
**Validación de modelo Explícito**



**Fuente:** *Propia*

#### **4.2.3. Estimación de Recursos.**

En esta sección, nos enfocaremos en la estimación de recursos de cobre (Cu%) presentes en el Prospecto de Cu, ubicada en la Subcuenca de Cañete, ubicada en la región de Ica, Perú. Este proceso es fundamental para evaluar el potencial mineral del área y determinar su viabilidad económica.

A continuación, se describe los pasos clave involucrados en este proceso:

#### **4.3.2.1. Evaluación de los Resultados de control y aseguramiento de la Calidad (QA-QC):**

Se utilizó la información recopilada durante la campaña de 2013 al 2023 para llevar a cabo un análisis exhaustivo sobre la implementación de control de calidad y aseguramiento de calidad en la base de datos de la Cuenca de Cañete en Ica.

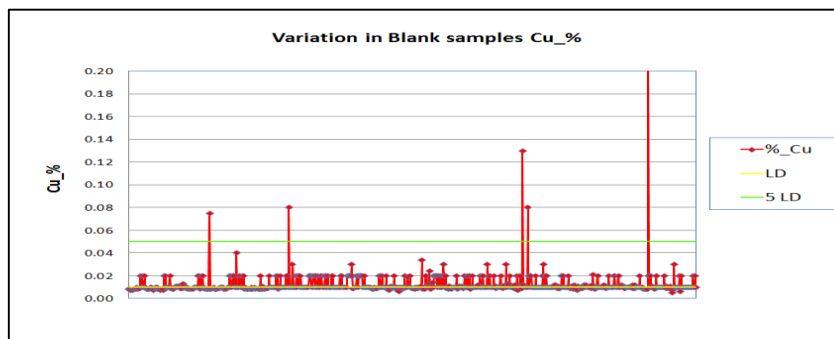
**Muestras Blancas:** Se determinó que no existe contaminación en la línea de preparación por parte del laboratorio ni en el proceso de manipulación de las muestras, lo cual es un hallazgo significativo para

garantizar la integridad de los resultados analíticos. Este resultado se basa en un riguroso análisis de control de calidad, que incluyó la evaluación sistemática de cada etapa del proceso, desde la recepción de las muestras hasta su preparación y análisis final.

La ausencia de contaminación es crucial, ya que cualquier impureza podría comprometer la precisión y exactitud de los datos obtenidos, afectando así la interpretación de los resultados y las decisiones basadas en ellos. En el gráfico demuestra los valores medidos se encuentran dentro del rango aceptable establecido por los estándares industriales. Esto indica que el laboratorio ha mantenido un alto nivel de competencia técnica y adherencia a los protocolos establecidos.

Además, este hallazgo refuerza la confianza en los procedimientos operativos del laboratorio y su capacidad para manejar muestras sin introducir variables externas que puedan alterar los resultados. La consistencia observada en los datos también sugiere que se están aplicando adecuadamente las mejores prácticas en el manejo y análisis de muestras, lo cual es fundamental para asegurar la calidad del producto final.

**Figura\_ 27**  
**Variación de muestras blancas**



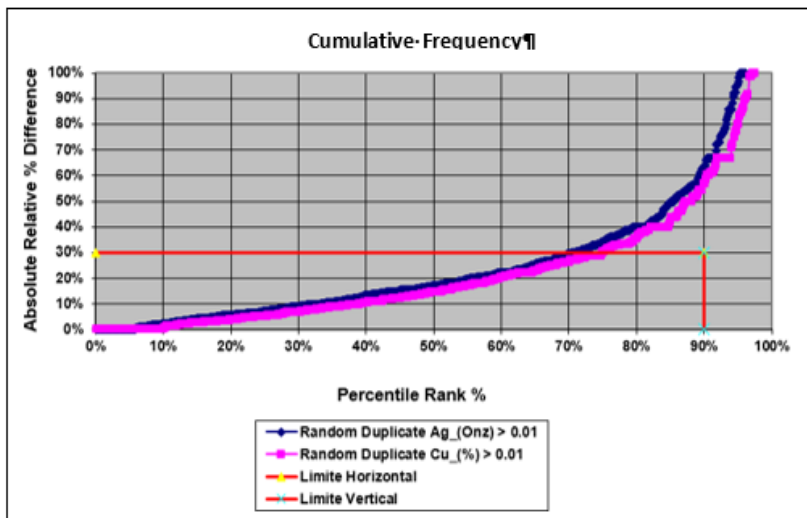
Fuente: Propia

Muestras Gemelas: Los gráficos de las muestras gemelas revelan que la frecuencia acumulada de los errores relativos de los resultados se encuentra dentro del rango aceptable, lo cual es un indicativo positivo de la calidad y fiabilidad de los análisis realizados. Este hallazgo es fundamental para validar la consistencia y precisión de los métodos analíticos empleados en el laboratorio.

La utilización de muestras gemelas permite comparar directamente dos conjuntos de datos obtenidos bajo condiciones idénticas, lo que proporciona una evaluación robusta del desempeño analítico. Al observar que los errores relativos se mantienen dentro del rango aceptable, se puede concluir que el laboratorio está operando con un alto grado de exactitud y precisión. Esto no solo minimiza el riesgo de decisiones erróneas basadas en datos inexactos, sino que también refuerza la confianza en los resultados reportados.

**Figura\_ 28**

**Análisis de Frecuencia Acumulada de MG para el Prospecto de Cu**

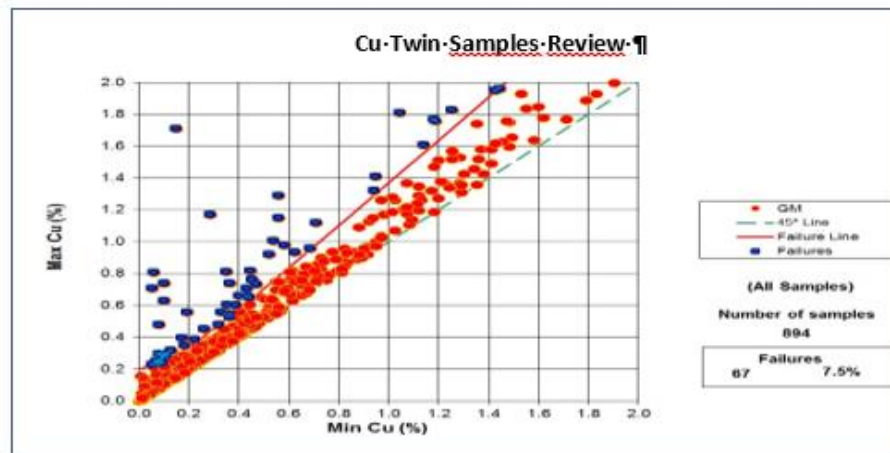


Fuente: Propia

El autor recomienda la evaluación según el método hiperbólico (Simón, 2005), que se basa en un enfoque estadístico robusto para analizar la precisión y exactitud de los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio. Este método utiliza un gráfico de dispersión de tipo Max-Min, donde se representan los valores máximos y mínimos de las mediciones, permitiendo una visualización clara de la relación entre las muestras analizadas.

La utilización de una función hiperbólica ( $y^2 = m^2x^2 + b^2$ ) proporciona un marco matemático sólido para evaluar la aceptación de cada par de muestras. La pendiente (m) de la asíntota de la hipérbola es particularmente relevante, ya que se calcula en función del error relativo aceptable para cada tipo de muestra de control. Este enfoque permite establecer criterios específicos y diferenciados para distintos tipos de muestras, lo que es fundamental dado que cada categoría puede presentar variaciones inherentes a su naturaleza.

**Figura\_ 29**  
**Análisis de Dispersión de MG por Método Hiperbólico para el Prospecto de Cu.**



Fuente: Propia

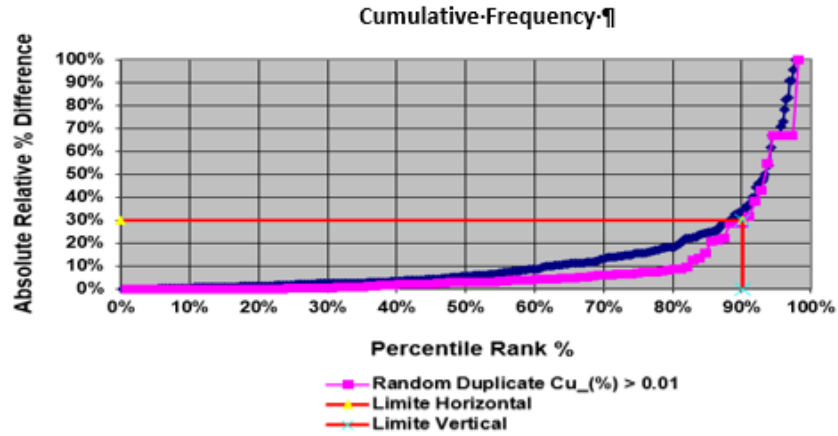
**Muestras Duplicado Fino (DF):** El análisis de las muestras de duplicado fino revela que los resultados obtenidos para el cobre (Cu) se encuentran dentro del rango permisible, lo cual es un indicativo positivo de la calidad y fiabilidad de los procedimientos analíticos empleados. Este hallazgo es fundamental, ya que sugiere que el método utilizado para la determinación del contenido de cobre en las muestras ha sido efectivo y preciso.

La conformidad de los resultados con el rango permisible implica que no solo se han cumplido los estándares establecidos por las normativas pertinentes, sino que también se ha garantizado la integridad del proceso analítico. Esto es especialmente relevante en contextos industriales y mineros, donde la exactitud en la medición de metales preciosos y otros elementos es crucial para la toma de decisiones estratégicas.

Además, el hecho de que los resultados estén dentro del rango aceptable refuerza la confianza en la metodología utilizada y en el manejo de las muestras. Esto puede ser interpretado como una validación del sistema de control de calidad implementado en el laboratorio, lo que a su vez contribuye a minimizar riesgos asociados con decisiones basadas en datos inexactos o erróneos.

Figura\_ 30

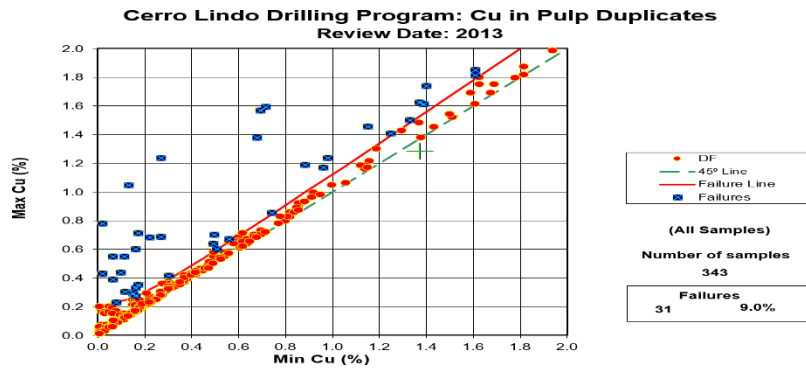
Análisis de frecuencia acumulada de DF para el Prospecto de Cu



Fuente: Propia

Figura\_ 31

Análisis de Dispersión de DF Por Método Hiperbólico para el Prospecto de Cu



Fuente: Propia

4.3.2.2. Análisis Exploratorios de los datos

Es la etapa crucial en el análisis de datos que podremos tener los valores de dispersión de datos, la media, la mediana, el valor mínimo y máximo, el rango, la varianza y la desviación estándar. Estos datos nos darán una clara distribución espacial de las muestras.

Los Histogramas observamos la distribución espacial de las poblaciones por el elemento de Cu, como también, la Figura de la curva de probabilidad no da la información sobre la probabilidad de encontrar una población específica y el punto de quiebre de dicha población.

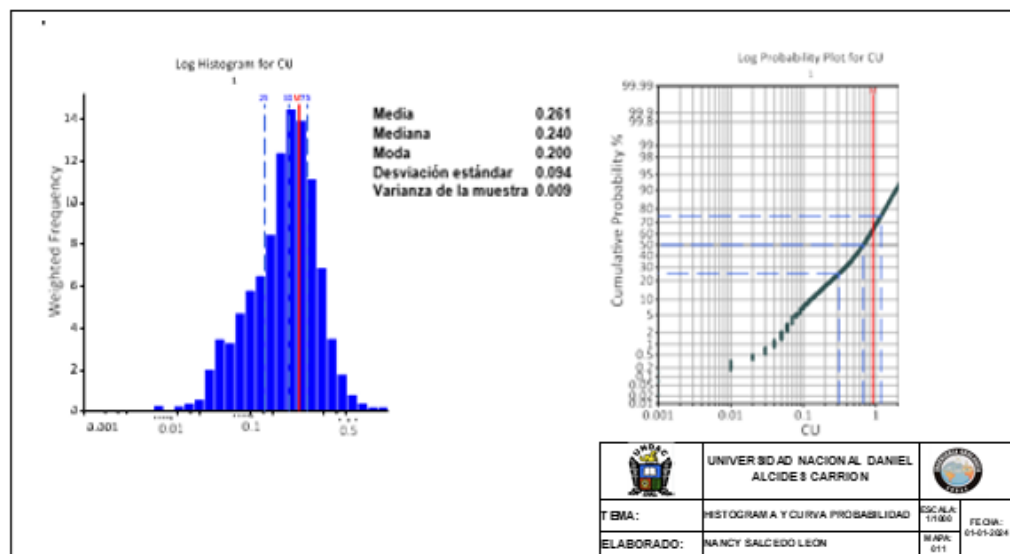
**Tabla\_ 6**  
**Estadísticas de las muestras**

<i>Detalle</i>	<i>CuT (%)</i>	<i>CuS (%)</i>
<b>Media</b>	0.261	0.045
<b>Mediana</b>	0.240	0.020
<b>Moda</b>	0.200	0.010
<b>Desviación estándar</b>	0.094	0.052
<b>Varianza de la muestra</b>	0.009	0.003
<b>Curtosis</b>	4.329	25.146
<b>Coefficiente de asimetría</b>	1.829	3.324
<b>Rango</b>	0.680	1.370
<b>Mínimo</b>	0.010	0.000
<b>Máximo</b>	0.690	1.370
<b>Suma</b>	91,798	15,656
<b>Cuenta</b>	351,137	351,137

Fuente: Propia

**Figura\_ 32**

**Histograma y curva de probabilidad assays leyes del Prospecto de Cu en los dominios**



Fuente: Propia



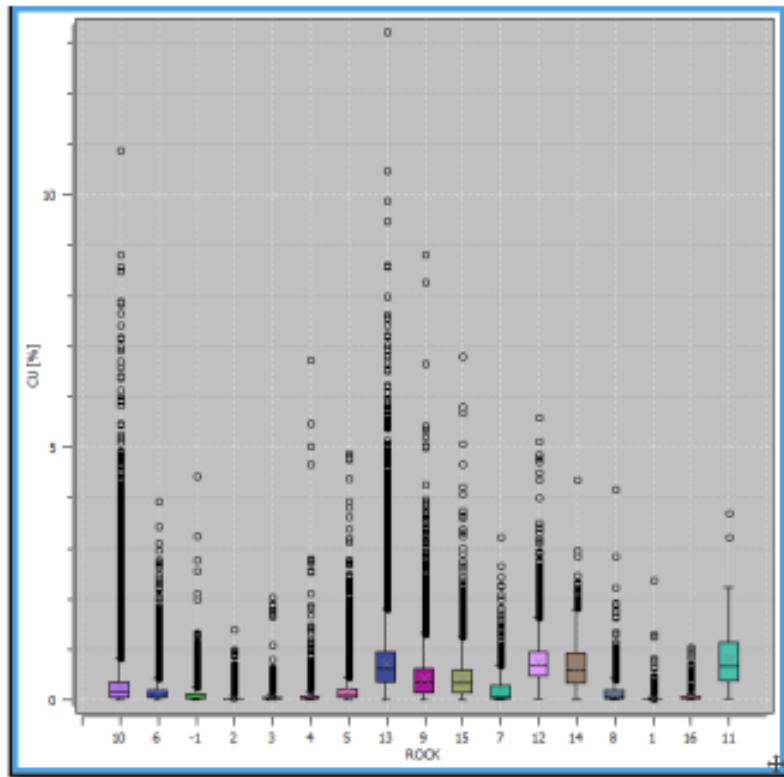
#### **4.3.2.3. Un diagrama de Boxplot, o diagrama de caja:**

Es una herramienta Figura extremadamente útil para representar grupos de datos numéricos, ya que permite visualizar de manera clara y concisa la distribución de los datos a través de sus cuartiles. Esta representación no solo facilita la identificación de la mediana y los cuartiles, sino que también proporciona información valiosa sobre la variabilidad y la dispersión de los datos.

Las líneas que se extienden paralelas a las cajas, conocidas como "bigotes", son fundamentales en este tipo de gráfico, ya que indican la variabilidad presente fuera de los cuartiles superior e inferior. Esto permite a los analistas identificar valores atípicos o extremos que podrían influir en el análisis general. Al resaltar estos puntos, el boxplot ayuda a detectar anomalías en los datos que podrían requerir una atención especial o un análisis más profundo.

Además, el boxplot ofrece una visión clara del comportamiento de la media en relación con la mediana y los cuartiles. Esta comparación es crucial para entender la simetría o asimetría de la distribución de los datos. Si la media se encuentra significativamente alejada de la mediana, esto puede indicar una distribución sesgada, lo cual es esencial considerar al definir dominios de estimación. Con esta información, se pueden establecer rangos más precisos y realistas para las estimaciones futuras.

**Figura\_ 33**  
**Box Plot**



Fuente: *Propia*

#### 4.2.2.4. Definición de los dominios de Estimación:

Proceso de definición de los dominios de estimación se basa en un enfoque integrado que combina geología y estadística. Se aborda el problema mediante la descripción y modelado de las relaciones entre cada variable geológica, utilizando estadísticas descriptivas. La interacción de estas variables genera una matriz que clasifica los diferentes dominios.

Se debe iniciar identificando las variables geológicas que servirán como bloques fundamentales para la definición de los dominios de estimación. Las variables comúnmente mapeadas a partir de los datos de perforación incluyen litología, alteración, mineralogía, meteorización y

estructuras. Sin embargo, no todas estas variables son siempre relevantes; algunas pueden no ser pertinentes para un tipo específico de depósito.

El segundo paso implica seleccionar las variables geológicas específicas más significativas que se utilizarán para construir los dominios de estimación. Esta selección se fundamenta en consideraciones geológicas, la abundancia general dentro del depósito y la información obtenida a partir de los sondeos. A partir de esta información.

**Tabla\_ 7**  
**Estadística antes de la categorización**

Dominio	Total	Define count	Mean	Variance	Standard deviation	Coefficient of Variation	Minimo	Maximo	Quantile 5.00%	Quantile 10.00%	Quantile 25.00%	Quantile 50.00%	Quantile 75.00%	Quantile 90.00%	Quantile 95.00%
10	143	140	0.240	0.084	0.290	2.206	0.000	0.300	0.010	0.010	0.020	0.030	0.120	0.330	0.680
6	611	612	0.280	0.156	0.400	1.426	0.000	0.450	0.010	0.020	0.050	0.160	0.360	0.660	0.890
2	104	95	0.160	0.054	0.233	1.450	0.000	0.240	0.010	0.020	0.040	0.080	0.200	0.370	0.890
3	321	320	0.040	0.033	0.063	2.239	0.000	0.600	0.000	0.010	0.010	0.020	0.030	0.060	0.120
4	142	135	0.050	0.024	0.150	2.853	0.000	0.390	0.000	0.000	0.001	0.002	0.040	0.100	0.200
5	169	150	0.110	0.136	0.370	3.409	0.000	0.540	0.010	0.010	0.010	0.020	0.040	0.100	0.200
13	358	350	0.230	0.145	0.380	1.871	0.000	0.470	0.060	0.150	0.360	0.610	0.940	1.320	1.660
9	359	341	0.520	0.362	0.360	0.838	0.000	0.260	0.030	0.050	0.032	0.590	0.920	1.260	1.500
7	155	142	0.440	0.191	0.440	0.991	0.000	0.540	0.000	0.000	0.010	0.010	0.020	0.030	0.050
12	425	420	0.220	0.213	0.460	1.055	0.000	0.610	0.010	0.010	0.020	0.030	0.060	0.330	0.520
14	127	235	0.130	0.222	0.200	1.639	0.000	0.470	0.020	0.040	0.140	0.330	0.590	0.930	1.210
8	169	160	0.100	0.038	0.090	0.650	0.000	0.510	0.010	0.010	0.010	0.030	0.070	0.180	0.390
1	430	421	0.200	0.025	0.170	0.720	0.000	0.360	0.000	0.000	0.020	0.060	0.290	0.620	0.880
11	150	142	0.250	0.374	0.590	3.651	0.000	0.320	0.000	0.000	0.020	0.060	0.290	0.620	0.880

Fuente: Propia

**Tabla\_ 8**  
**Estadística después de la Categorización**

Dominio	Total	Define count	Mean	Variance	Standard deviation	Coefficient of Variation	Minimo	Maximo	Quantile 5.00%	Quantile 10.00%	Quantile 25.00%	Quantile 50.00%	Quantile 75.00%	Quantile 90.00%	Quantile 95.00%
Category 1	1,321	1,302	0.290	0.156	0.400	1.426	0.000	0.450	0.000	0.010	0.010	0.030	0.080	0.250	0.410
Category 2	1,041	983	0.040	0.033	0.063	2.239	0.000	0.600	0.000	0.010	0.010	0.020	0.030	0.060	0.120
Category 3	1,301	1,378	0.520	0.362	0.360	0.838	0.000	0.260	0.030	0.050	0.032	0.590	0.920	1.260	1.500

Fuente: Propia

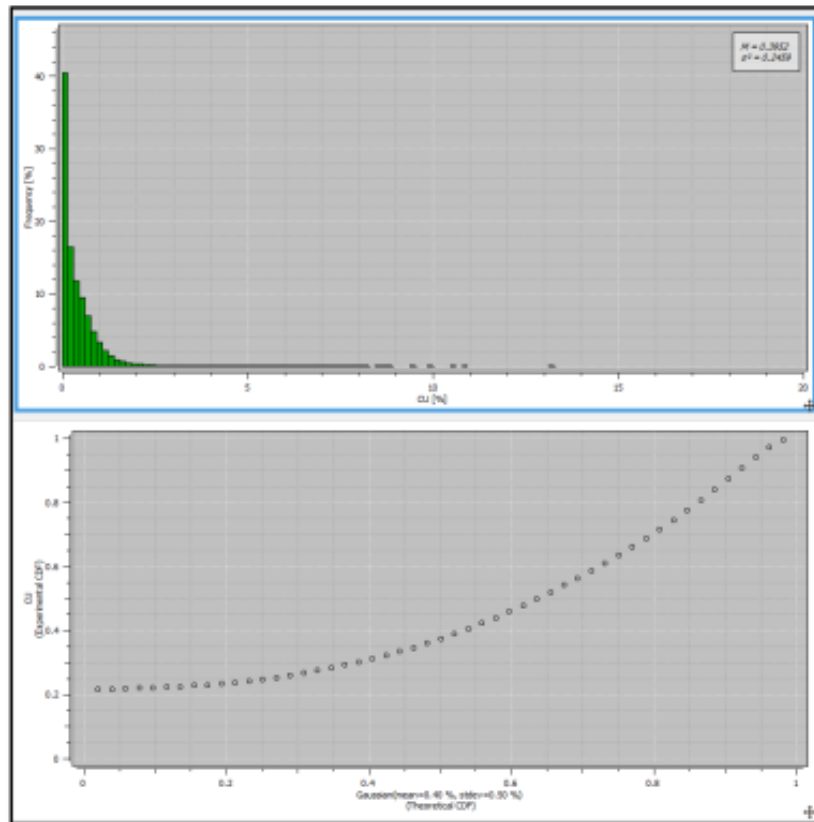
#### 4.2.2.5. Análisis de cambio de soporte

Se procedió a la regularización de las muestras a tamaño de 3 metros banco, sin embargo, existen algunos sondeos inclinados, cuya regularización corresponde a distancias mayores. Existen sondeos que no llegan a completar el tamaño por lo que son regularizados a la distancia restante. No se ha considerado que el tramo final que no cumpla con la

distancia requerida se una al compósito anterior, por lo que pueden existir compósitos de menores distancias a las de 0.5 metros. se realizó una estadística del tamaño de compósitos para poder determinar realmente la distancia promedio de los compósitos. Es necesario realizar un análisis de tamaño de compósitos con la finalidad de determinar el tamaño óptimo de regularización de muestras con la finalidad de no afectar los valores de media y varianza de la información original.

**Figura\_ 34**

***Estadísticas de Frecuencias de Prospecto de Cu***



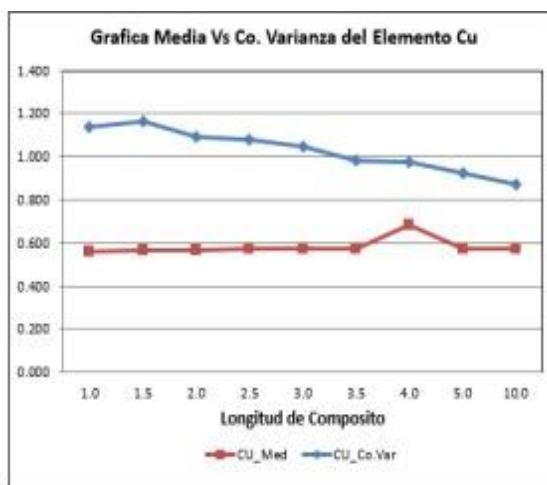
Fuente: Propia

**Tabla\_ 9**  
**Histograma de longitud de muestra**

Variable	Table	Total Count	Count	Mean	Variance	Standard Deviation	Coefficient of Variation	Minimum	Maximum
CU	Raw	172935	156559	0.40	0.26	0.51	1.280	0.00	13.65
	Composite	166614	139807	0.40	0.25	0.50	1.256	0.00	13.23
	Residual	1379	1043	0.36	0.15	0.38	1.057	0.00	3.48
Length	Raw	172935	172935	2.88071	23.9135	4.89015	1.698	0.02	711.05
	Composite	166614	166614	2.99	0.0188933	0.137453	0.04597	0.01	3
	Residual	1379	1379	1.7912	0.833635	0.913036	0.5097	0.01	3

Fuente: *Propia*

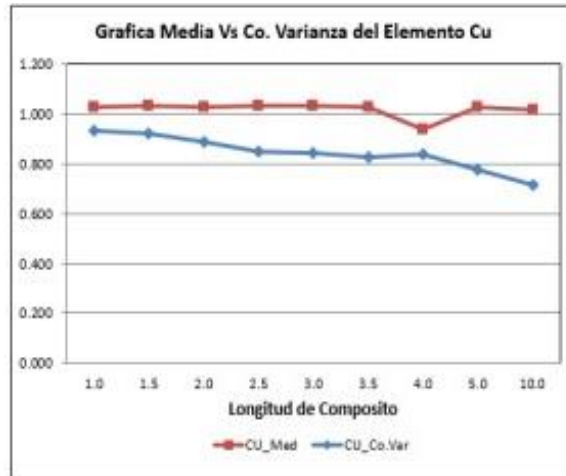
**Figura\_ 35**  
**Comportamiento de la media y la varianza en el dominio categoría**



Fuente: *Propia*

**Figura\_ 36**

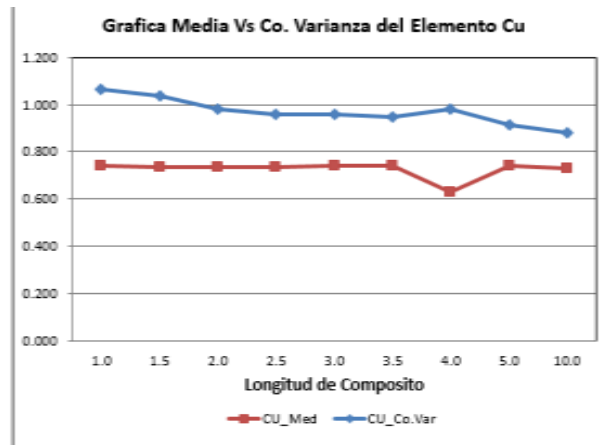
**Comportamiento de la media y la varianza en el dominio categoría 2**



Fuente: Propia

**Figura\_ 37**

**Comportamiento de la media y la varianza en el dominio categoría 3**



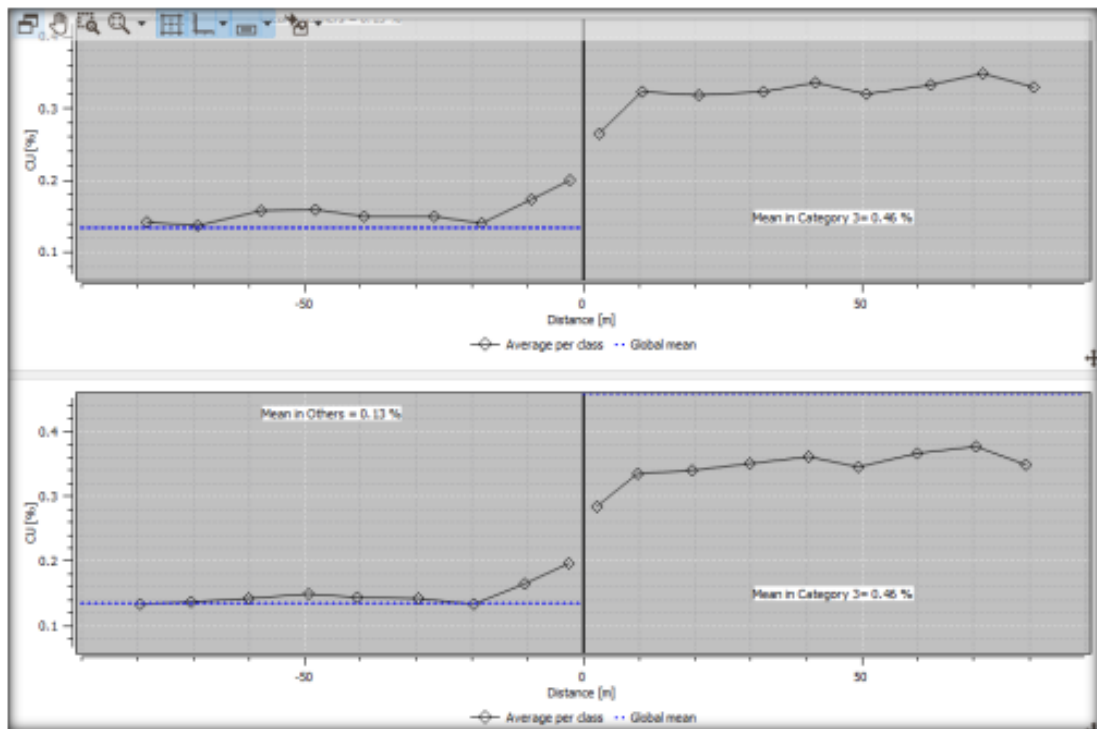
Fuente: Propia

#### 4.2.2.6. Análisis de Contacto:

También se realizaron análisis de contactos entre los diferentes dominios de estimación, la finalidad de determinar la relación espacial entre dos dominios determinados. El análisis de contacto consiste en calcular el

valor promedio del elemento a evaluar entre dos dominios desde su frontera hasta cierta distancia determinada, y de esta manera poder evaluar cuál es el comportamiento de los valores del elemento a evaluar en relación con el contacto de los dominios estudiados. En la Figura podemos interpretar que hay restricción de contacto blandos, debido que al aumentar las distancias cambian significativas las leyes, se observa una especie de tendencia entre ambos dominios.

**Figura\_ 38**  
**Análisis de contacto**



Fuente: Propia

**4.2.2.7. Perfiles de contacto:**

Nos permite determinar la variación de valores de los Variogramas: Calculo de los semivariogramas Medios Globales: proporciona la variabilidad espacial de los datos de forma global, sin hacer énfasis a una dirección en particular

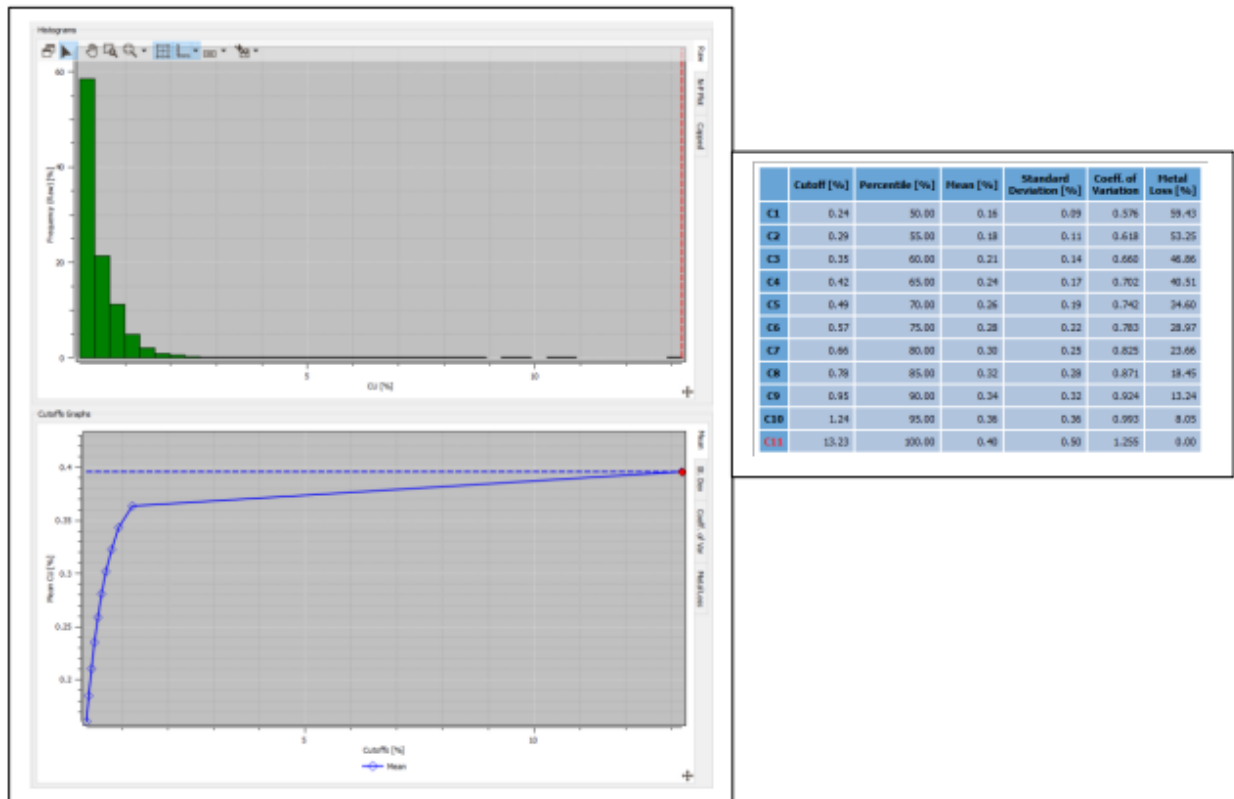
En el análisis del leu de cobre se realiza a través de los contactos geológicos muestran una diferencia de leyes el sulfuro volcánico, a medida q se alejen del contorno se pueden observar el ambiente del sulfuro.

#### 4.2.2.8. Capping de Cu:

Se evalúa la zona realizando un Capping de 0.01% de Cu a toda la base de datos compositados a 3m y en la Figura adjunta se aprecia el comportamiento del Cu.

**Figura\_ 39**

**Comportamiento de Cu en las diferentes zonas**



Fuente: Propia

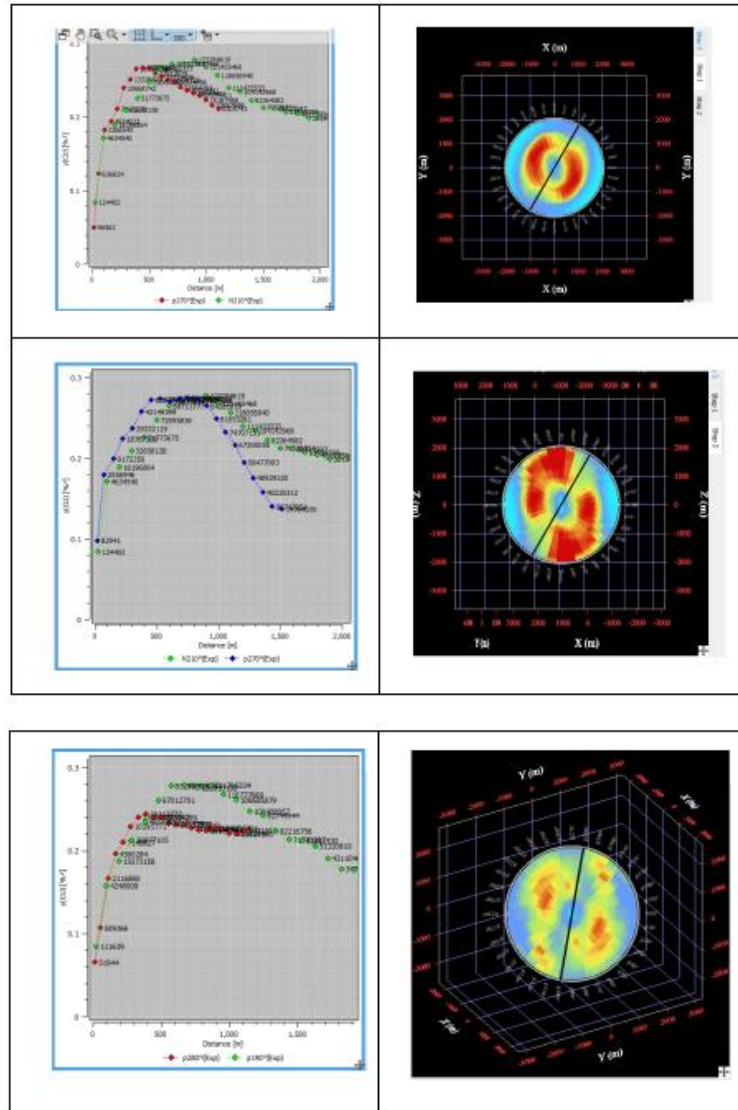
#### 4.2.2.9. Mapa Variografico

Se ha realizado variogramas experimentales omnidireccionales para determinar una dirección preferencial de anisotropía y variograma unidireccionales ortogonales entre sí. En el cuadro se muestras las



direcciones de acuerdo con los alcances del eje mayor, seguido por el segundo eje y finalmente el eje menor.

**Figura\_41**  
**Gráficos Variograma experimental**



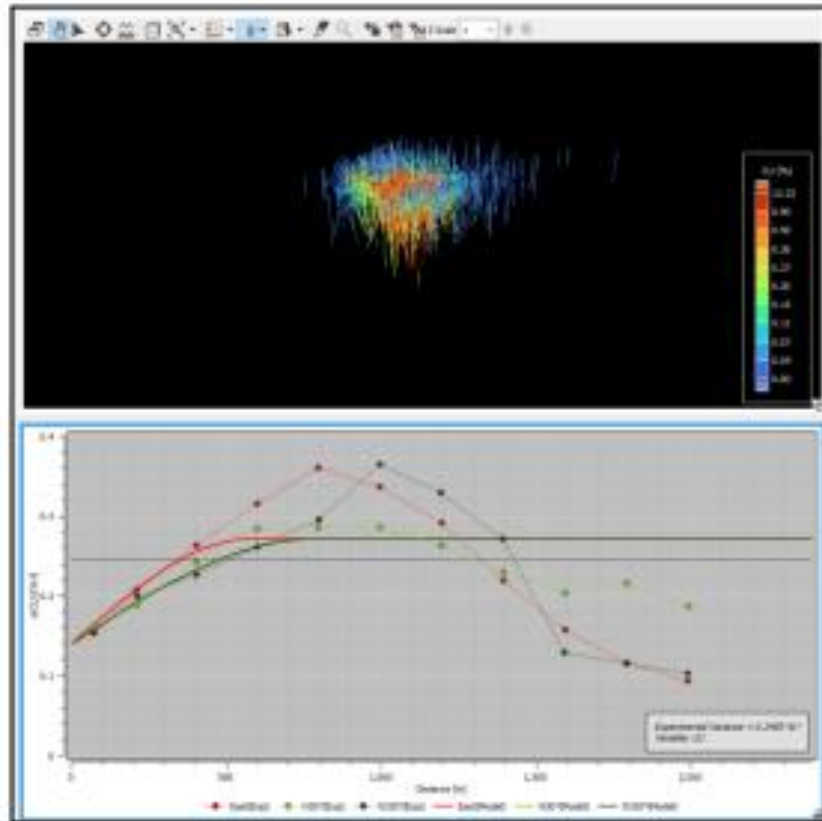
Fuente: Propia

**Tabla\_ 10**  
**Modelo de Variograma**

Variogram Model			
Structure Type	Orientation	Ranges U/W [m]	Sill
Nugget			0.13926 % <sup>2</sup>
Spherical	D0° N90° p90°	579.1 922.9 579.1	0.13199 % <sup>2</sup>

Fuente: Propia

**Figura\_ 40**  
**Efecto pepita de 0.13926% y Spherical de orientación D0° N90 P90°**

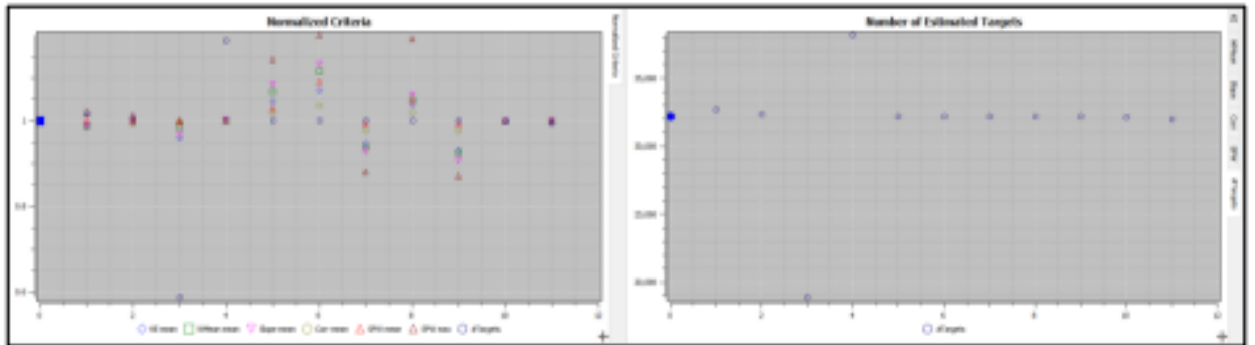


Fuente: Propia

#### 4.2.3.10. Validación KNA

Se realizó una validación adicional donde las predicciones son similares a la predicción de la validación cruzada

**Figura\_ 41**  
**Validación por KNA**



Fuente: Propia

**Tabla\_ 11**  
**Estadísticas de la validación de KNA**

ID	Activo	RMSE	RMSE	R2lect	#Dpts/Secc	Split	RMS	R2 mean	Slope mean	RMSEan mean	Coef mean	SPW mean	SPW max	#Targets
0	<input checked="" type="checkbox"/>	00° 000° 000°	1.00	1.00	10.00	yes	1.00	0.3194	0.0100	0.2000	0.7000	1.0070	1.1007	11170.00
1	<input checked="" type="checkbox"/>	00° 000° 000°	1.00	1.00	10.00	yes	1.00	0.1641	0.0100	0.2104	0.7000	1.0000	1.1000	10000.00
2	<input checked="" type="checkbox"/>	00° 000° 000°	1.00	1.00	10.00	yes	1.00	0.1146	0.0100	0.2091	0.7000	1.0070	1.1000	10000.00
3	<input checked="" type="checkbox"/>	00° 000° 000°	0.50	1.00	10.00	yes	1.00	0.4700	0.7100	0.2100	0.7000	1.0000	1.1007	10000.00
4	<input checked="" type="checkbox"/>	00° 000° 000°	1.50	1.00	10.00	yes	1.00	0.1000	0.0117	0.2070	0.7000	1.0070	1.1007	10107.00
5	<input checked="" type="checkbox"/>	00° 000° 000°	1.00	2.00	10.00	yes	1.00	0.1644	0.0071	0.1400	0.7400	1.0100	1.2100	12170.00
6	<input checked="" type="checkbox"/>	00° 000° 000°	1.00	4.00	10.00	yes	1.00	0.1000	0.0000	0.1007	0.7000	1.0000	1.0000	10170.00
7	<input checked="" type="checkbox"/>	00° 000° 000°	1.00	1.00	15.00	yes	1.00	0.4000	0.7000	0.2000	0.7117	1.0000	1.0100	10170.00
8	<input checked="" type="checkbox"/>	00° 000° 000°	1.00	1.00	04.00	yes	1.00	0.1000	0.0000	0.1000	0.7400	1.0100	1.0000	10170.00
9	<input checked="" type="checkbox"/>	00° 000° 000°	1.00	1.00	10.00	no	1.00	0.4007	0.7000	0.2007	0.7100	1.0000	1.0000	10170.00
10	<input checked="" type="checkbox"/>	00° 000° 000°	1.00	1.00	10.00	yes	2.00	0.1194	0.0100	0.2000	0.7000	1.0070	1.1007	10104.00
11	<input checked="" type="checkbox"/>	00° 000° 000°	1.00	1.00	10.00	yes	0.00	0.1194	0.0100	0.2000	0.7000	1.0070	1.1007	11000.00

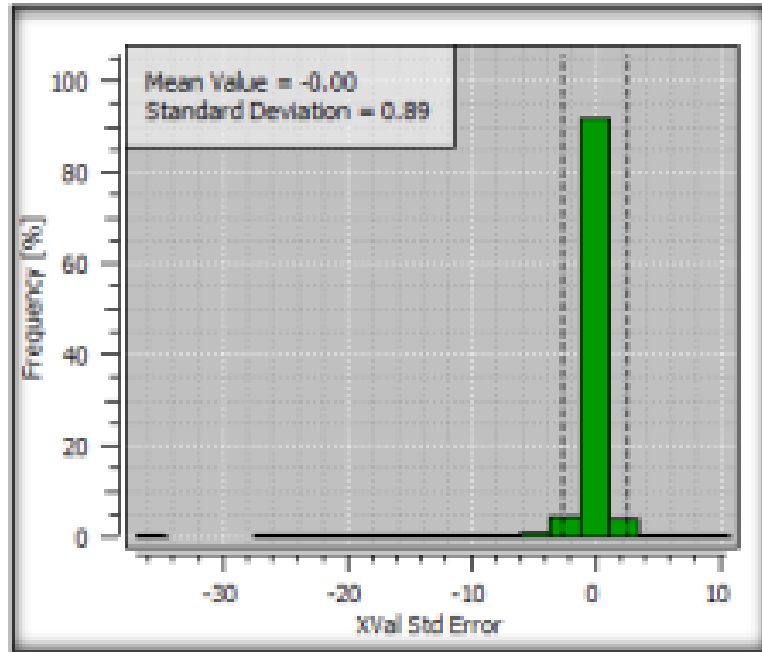
Fuente: Propia

#### 4.2.3.11. Validación Cruzada:

Se considera tres diferentes radios de búsquedas por las distintas continuidades

Scaplot: se analiza los taladros que se está estimando, se ve correlación cercana a 0.89.

**Figura\_ 42**  
**Validación por Scaplot**

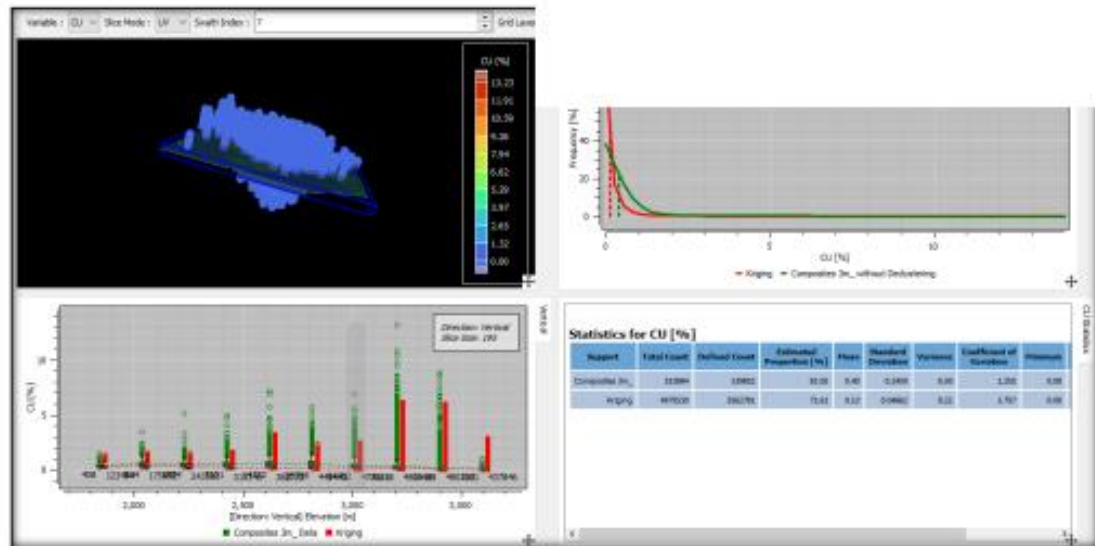


Fuente: Propia

#### 4.2.3.12. Validación de Kriging:

En el cuadro se tiene la Figura del histograma de KRIGING y el Histograma de los datos compositados y el DESCLUTERED, entre los compositos y el desclutered son similares y comparando con el Kriging son diferentes esto se debe al suavizamiento y hay una alta presencia de valores altos.

**Figura\_ 43**  
**Validación de Kriging**



Fuente: Propia

**Tabla\_ 12**  
**Estadísticas por Kriging**

	Total Count	Defined Count	Mean	Variance	Standard Deviation	Coefficient of Variation	Minimum	Maximum
OK-CU-StdDev [%]	3,663	3660	0.31	0.033	0.063	0.407	0.06	0.6
OK-CU-Krig [%]	3,663	3660	0.13	0.023	0.052	0.349	0.01	0.52
OK-CU-Var [%]	3,663	3660	0.11	0.02	0.049	2.38	0.02	0.42

Fuente: Propia

#### 4.2.3.13. Estimación de los Recursos Totales de Cu

**Tabla\_ 13**  
**Recursos totales**

Cutoff [%]	Tonnage	Metal OK-CU-Krig [%]	Grade OK-CU-Krig [%]	Benefit	Volume
0.00	4.50E+10	5.87E+07	0.13	5.87E+07	2.14E+10

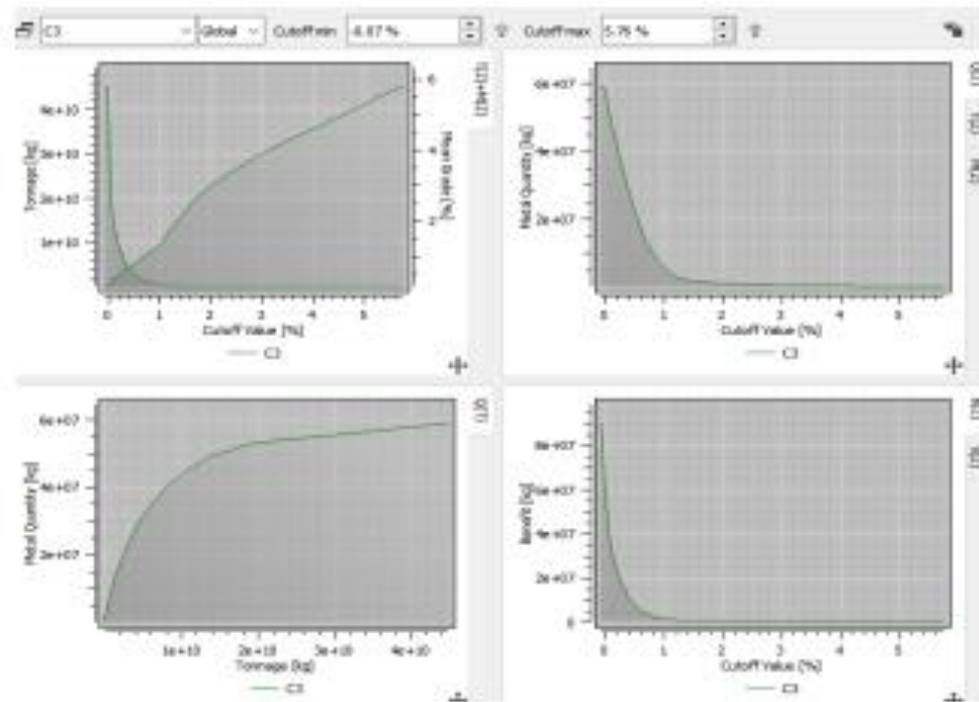
Fuente: Propia

**Tabla\_ 14**  
**Recursos por Cutoff**

Cutoff [%]	Tonnage	Metal OK-CU-Krig [%]	Grade OK-CU-Krig [%]	Benefit	Volume
0.00	4.50E+10	5.87E+07	0.13	5.87E+07	2.14E+10
0.15	4.50E+10	5.71E+07	0.13	5.87E+07	2.14E+10
0.35	2.59E+09	2.08E+07	0.81	7.11E+06	1.22E+09
0.45	2.24E+08	3.52E+06	1.57	9.79E+05	1.05E+08
0.60	4.35E+07	1.15E+06	2.64	3.97E+05	2.01E+07

Fuente: *propia*

**Figura\_ 44**  
**Tonelaje y la ley de CU**



Fuente: *Propia*

### 4.3. Prueba de Hipótesis

Se llevó a cabo una comparación entre el modelamiento implícito y el modelamiento tradicional del Prospecto de Cu, demostrando que el modelamiento implícito ofrece una representación más cercana a la realidad geológica. Esto se

refleja en una precisión superior al 90% cuando se contrastan los resultados obtenidos con los datos de perforación diamantina. Esta alta correspondencia subraya la capacidad del modelamiento implícito para capturar de manera más fiel las estructuras geológicas y la distribución de los recursos minerales.

Además, se realizó un análisis detallado de las estimaciones de los recursos minerales derivadas del modelamiento implícito, comparándolas con datos de campo y estudios previos. Esta validación permitió corroborar la consistencia de las estimaciones, asegurando que el modelo generado se ajusta a la información geológica disponible y las observaciones en el terreno.

Por último, se revisaron y documentaron los informes relacionados con la migración de los modelos implícitos, así como el análisis de su impacto en la estimación de recursos. Este proceso incluyó la evaluación detallada de los cambios en los volúmenes y las leyes de mineralización, lo que permitió confirmar la mejora en la precisión y confiabilidad del modelamiento implícito frente a los métodos tradicionales.

#### **4.4. Discusión de resultados.**

De acuerdo con los resultados del análisis del Prospecto de Cu, ubicado en la sub cuenca Cañete, se acepta la hipótesis que establece que la aplicación del modelamiento implícito ha permitido cuantificar una mejora significativa en la precisión de las estimaciones de recursos de cobre. Los resultados obtenidos mediante Leapfrog Geo demostraron ser más cercanos a los datos de exploración y muestras, superando las métricas de precisión de los métodos tradicionales.

Esta mejora en la precisión tiene implicaciones positivas para la viabilidad económica del proyecto minero. Al contar con estimaciones más confiables, los inversionistas pueden tomar decisiones más informadas, lo que aumenta la probabilidad de obtener financiamiento y optimizar costos operativos. Además, una

mejor estimación de los recursos contribuye a un plan de extracción más eficiente y rentable.

El análisis y las pruebas estadísticas realizadas sobre los volúmenes de los sólidos modelados implícitamente, en comparación con el modelamiento explícito, respaldan estos hallazgos. En conclusión, la integración del modelamiento implícito no solo mejora la precisión en las estimaciones, sino que también fortalece la confianza en las decisiones de inversión y en la Sub Cuenca cañete.



## CONCLUSIONES

1. En el Prospecto de Cu, Ubicado en la Subcuenca Cañete Ica, el modelamiento implícito mediante el software Leapfrog Geo ha demostrado ser una herramienta altamente efectiva para mejorar la precisión en la estimación de recursos minerales de cobre en la Subcuenca Cañete. Las visualizaciones tridimensionales generadas permiten una interpretación más precisa de los datos geológicos, superando las limitaciones de los métodos tradicionales. Por otro lado, los enfoques tradicionales de modelamiento y estimación de recursos en la Subcuenca Cañete presentan limitaciones importantes, como la dificultad para integrar grandes volúmenes de datos y la falta de flexibilidad en la representación geológica. Estas restricciones pueden resultar en estimaciones menos precisas y en un entendimiento limitado del potencial del yacimiento, lo que resalta la ventaja del modelamiento implícito para obtener resultados más confiables y detallados.
2. Al aplicar el modelamiento implícito con Leapfrog Geo, se observó una mejora cuantificable en la precisión de las estimaciones de recursos del Prospecto de Cu. Los resultados indican que el uso de este software permite una estimación más confiable y representativa, detallándose en la siguiente tabla de acuerdo al Cutoof:

Cutoff [%]	Tonnage	Metal OK-CU-Krig [%]	Grade OK-CU-Krig [%]	Benefit	Volume
0.00	4.50E+10	5.87E+07	0.13	5.87E+07	2.14E+10
0.15	4.50E+10	5.71E+07	0.13	5.87E+07	2.14E+10
0.35	2.59E+09	2.08E+07	0.81	7.11E+06	1.22E+09
0.45	2.24E+08	3.52E+06	1.57	9.79E+05	1.05E+08
0.60	4.35E+07	1.15E+06	2.64	3.97E+05	2.01E+07

## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda que las empresas mineras en la región adopten el uso de Leapfrog Geo para la estimación de recursos, dado su potencial para mejorar la precisión y la eficiencia en la exploración.
2. Es esencial ofrecer capacitación continua al personal en el uso de herramientas de modelamiento geológico avanzadas, para maximizar los beneficios de estas tecnologías en proyectos futuros.
3. Se sugiere realizar investigaciones adicionales que incluyan la aplicación de Leapfrog Geo en diferentes contextos geológicos para validar aún más su eficacia y adaptabilidad

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

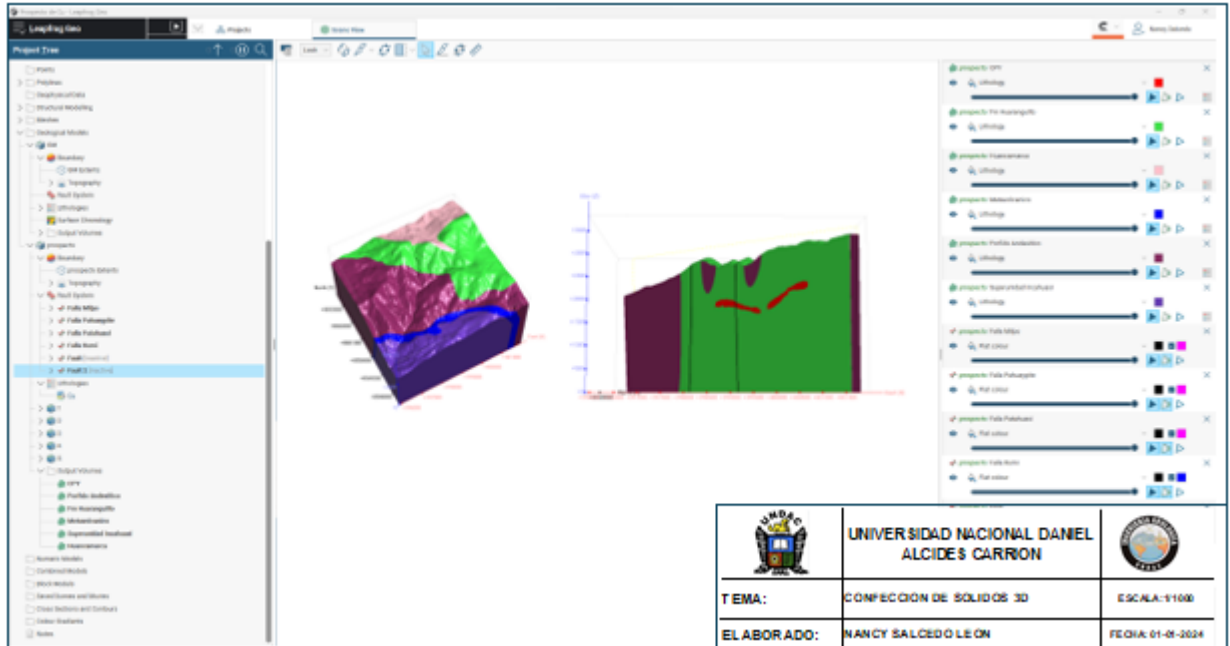
- C.SOTO. (2022). *Modelamiento de unidades lito geotécnicas*:  
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/130472>
- C. VILLAGRAN. (2019). *Modelamiento implícito de unidades geotécnicas básicas de mina ministro hales, región de Antofagasta Chile*:  
<http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/320>
- E. CUEVA. (2023). *Geoestadística modelamiento geológico estimación de recursos cuerpo mineralizado Esperanza; Cajamarca* :  
[https://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2764/1/T026\\_45466029\\_T.pdf](https://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2764/1/T026_45466029_T.pdf)
- G. GUITIERREZ. (2022). *Propuesta de evaluación de estabilidad y optimización de parámetros de diseño geotécnico de taludes en tajo abierto*:  
<http://hdl.handle.net/20.500.12773/15513>
- H. CHARLES. (2022). *Mapeo geológico con el mapeo geológico con drones y actualización del modelo 3D de la cantera de caliza ludmirca – Yura s.a*:  
<http://hdl.handle.net/20.500.12773/14334>
- J. REQUELME. (2022). *Caracterización estructural del sinclinal de Lullapuquio y su relación en la intrusión del pórfido Colpayoc, Cajamarca.*:  
<http://hdl.handle.net/20.500.12773/14714>
- M. ALFARO (2007). *Estimación de recursos mineros*.
- M. POBLETE (2023). *Modelamiento geológico y estimación de recursos de la mina Rafaela de la región del Valparaíso*: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/194605>.
- R. CASTILLO (2022). *Modelamiento multivariable y cuantificación de la incertidumbre de los recursos en un yacimiento tipo pórfido cuprífero utilizando los datos de muestreo de largo y corto plazo, Chile*: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/191477>

- R. FERRER. (2022). *Modelamiento de incertidumbre en el diseño de unidades geológicas mediante la simulación implícita de contactos considerando un modelo geológico interpretativo*: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/184581>
- R. GONZALES. (2022). *Modelamiento geológico y estimación de recursos minerales de la veta en la unidad Yauliyacu – empresa minera los Quenuales – Lima*: [http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/3863/4/T026\\_41533866\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/3863/4/T026_41533866_T.pdf)
- S. MENDOZA. (2021). *Modelamiento y estimación de recursos uraníferos mediante el uso de técnicas de geoestadísticas del depósito la coma nuevo León y Tamaulipas-México (2021)*: <https://oa.upm.es/69039/>
- V. ESTRELLA. (2022). *Estimación de recursos y reservas de minerales por parámetros estadísticos y su aplicación a las vetas manteadas de la mina Danzing Santa-Ancash.*: <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2764>
- W. DONATO. (2024). *Manganeso en la concesión san Jorge de Chuchun, Namoracajamarca*: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23932/restricted-resource?locale-attribute=es>

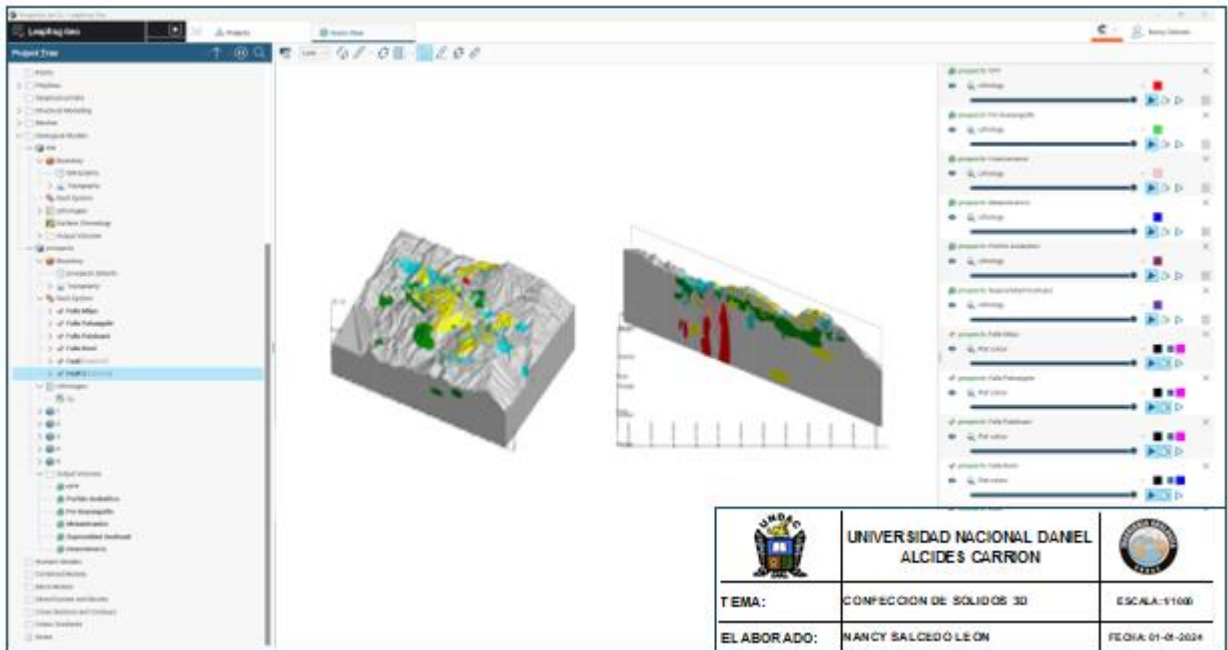
# ANEXOS

## Modelos tridimensionales de Roca-Alteración y Mineralización

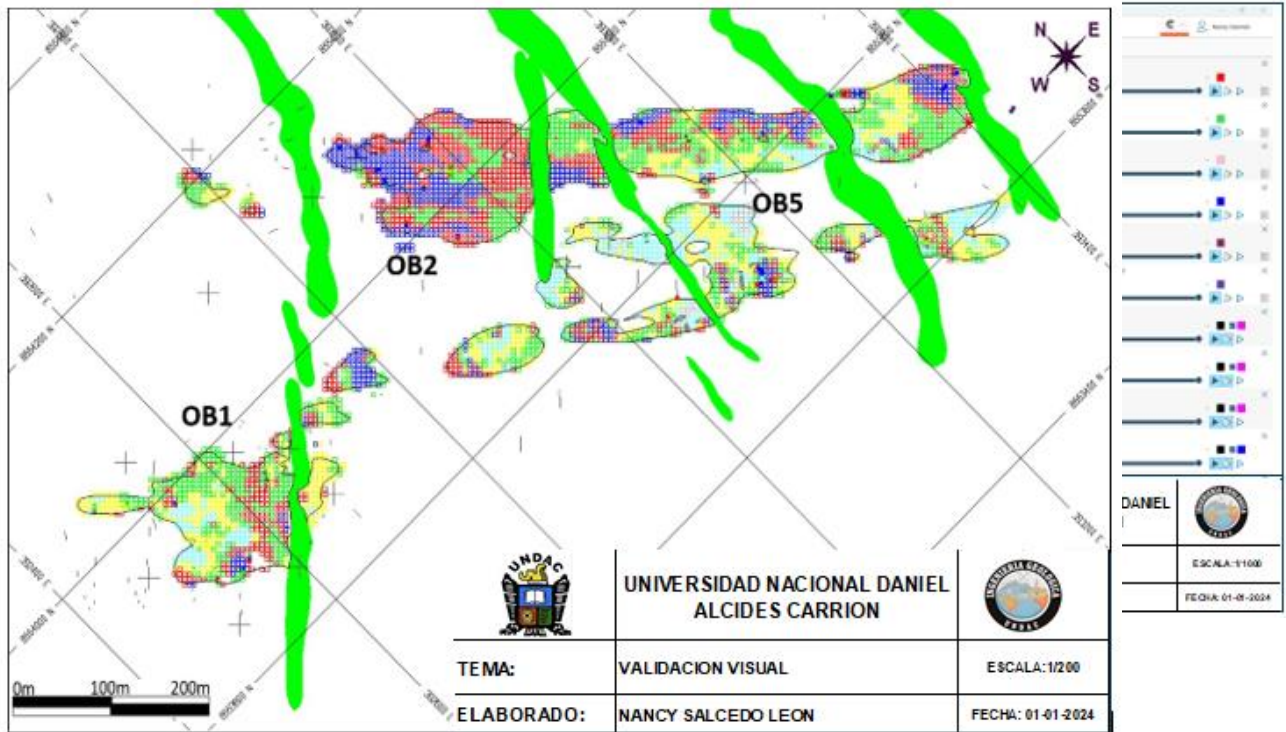
### a) Roca



### b) Alteración



c) Mineralización



d) Datos Utilizados

#	X	Y	TOPO	Cut (%)	Cut (m)	Pendientes (m)	Ng (m)	Coeficiente	Lineas	Alto	Bajo	Deriva	MINI	OPIC	SIKAR	ALTA	ANILU	ANGU	FIGUE	FLUJO	FIGUO	CONDICION	RECCO	PARQUEO	COCHES	ANILU	FIGUE
399904	8547294	477	100	0.94	0.2	70.3	0.040	0.8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
399905	8547308	477	100	0.98	0.04	55.04	0.038	0.88	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
399906	8547346	477	100	0.8	0.08	80.38	0.107	0.94	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
399907	8547355	477	100	0.8	0.08	29.88	0.148	0.88	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
399908	8547360	477	100	0.27	0.08	20.21	0.15	0.89	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
399909	8547368	477	100	0.25	0.07	25.28	0.2	0.87	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
399910	8547375	477	100	0.25	0.05	22.74	0.184	0.82	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
399911	8547377	477	100	0.21	0.06	25.27	0.212	0.84	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
399912	8547295	477	100	0.92	0.21	49.29	0.040	0.8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
399913	8547373	477	95	0.93	0.06	14.84	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
399914	8547372	477	100	0.86	0.06	14.07	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
399915	8547380	477	88.81	0.88	0.08	15.94	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
399916	8547387	477	0	0.84	0.06	16.73	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
399917	8547389	477	18.35	0.95	0.08	16.44	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
399918	8547328	475	100	0.23	0.06	25.94	0.184	0.85	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
399919	8547328	475	100	0.22	0.08	25.78	0.204	0.82	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
399920	8547325	475	100	0.23	0.07	30.07	0.172	0.88	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
399921	8547327	475	100	0.23	0.1	48.00	0.188	0.82	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
399922	8547369	475	100	0.26	0.06	25.48	0.189	0.87	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
399923	8547369	475	100	0.27	0.08	22.81	0.144	0.84	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
399924	8547381	475	100	0.41	0.42	61.8	0.040	0.8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
399925	8547326	475	100	0.98	0.98	73.3	0.040	0.8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
399926	8547328	475	100	0.47	0.43	73.3	0.040	0.84	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
399927	8547325	475	100	0.40	0.43	46.02	0.040	0.8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
399928	8547330	475	100	0.52	0.46	70.51	0.040	0.8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
399929	8547328	475	100	0.58	0.49	45.83	0.040	0.85	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
399930	8547329	475	100	0.23	0.05	25.83	0.188	0.88	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
399931	8547367	475	100	0.23	0.08	26.38	0.205	0.82	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
399932	8547300	475	100	0.39	0.3	46.34	0.040	0.8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
399933	8547317	475	100	0.85	0.5	56.79	0.040	0.8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
399934	8547354	475	100	0.3	0.05	26.45	0.126	0.84	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
399935	8547385	475	100	0.21	0.05	25.74	0.187	0.88	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

TEMA:	DATOS PROSPECTO CUENCA CAÑETE	ESCALA: 1:1000
ELABORADO:	NANCY SALCEDO LEON	FECHA: 01-01-2024

e) Validaciones del Mod

## Matriz de Consistencia

### " Modelamiento implícito usando el software Leapfrog en el prospecto de Cu ubicada en la Subcuenca Cañete, Ica "

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIÓN	DISEÑO	POBLACIÓN Y MUESTRA
¿Cómo puede el modelamiento implícito a través del software Leapfrog Geo optimizar la precisión en la estimación de recursos minerales en el Prospecto de Cu ubicada en la Subcuenca Cañete, Ica?	"Optimizar la precisión y eficiencia en la estimación de recursos minerales de cobre en el prospecto de Cu ubicado en la subcuenca Cañete, Ica, mediante el modelamiento implícito utilizando el software Leapfrog Geo."	"El uso del modelamiento implícito con Leapfrog Geo optimizará la precisión y eficiencia en la estimación de los recursos de cobre en el prospecto de Cu ubicada en la subcuenca Cañete."	Estimación de recursos minerales	Maximizar la eficiencia en el modelamiento utilizando el software Leapfrog Geo.	Equipos	POBLACIÓN La población es el potencial de mineralización del prospecto de Cu ubicada en la Subcuenca cañete Ica.
				Validación de los datos Back-Flagging.	Tabajo de Campo	MUESTRA
				Estimación de recursos minerales de Cu.	Modelamiento Geologico	La muestra del prospecto se realiza con el mapeo geológico superficial y los datos de sondaje.
PROBLEMA ESPECÍFICO	OBJETIVO ESPECÍFICO	HIPÓTESIS ESPECIFICA	VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIÓN	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	TÉCNICAS - INSTRUMENTOS
<p>¿Cómo optimizará el uso de Leapfrog Geo la integración de datos geológicos para mejorar la estimación de recursos minerales en el Prospecto de Cu ubicada en la Subcuenca Cañete, Ica?"</p> <p>¿Cómo optimizará el modelamiento implícito en Leapfrog Geo el análisis de dominios geológicos para mejorar la precisión en la estimación de recursos minerales de Prospecto de Cu, ubicada en la Subcuenca Cañete, Ica?"</p>	<p>"Optimizar la integración de los datos geológicos y geofísicos para mejorar la estimación de recursos minerales mediante el uso de Leapfrog Geo en el Prospecto de Cu".</p> <p>"Optimizar el modelamiento implícito en Leapfrog Geo para mejorar el análisis de dominios geológicos, con el fin de calcular de manera precisa la estimación de recursos minerales en el Prospecto de Cu, ubicado en la Subcuenca Cañete, Ica."</p>	<p>"La integración de los datos geológicos y geofísicos con Leapfrog Geo permitirá mejorar la estimación de los recursos minerales de cobre en el prospecto de Cu Ubicada en la subcuenca Cañete."</p> <p>"El modelamiento implícito con Leapfrog Geo ayudará a definir mejor los dominios geológicos, lo que permitirá una estimación más precisa de los recursos del Prospecto de Cu, ubicada en la subcuenca Cañete."</p>	Modelamiento Implícito utilizando el leapfrog Geo	Estimación de recursos minerales del Prospecto de Cu	Exploratorio, descriptivo, Interpretativo.	Trabajos de Campo: Reconocimiento de las muestras características de labores de exploración y sondajes diamantinos.