

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA**



## **TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LEY DE COBRE EN MUESTRAS DE BLASTHOLE MEDIANTE FLUORESCENCIA DE RAYOS X (FRX) Y ANÁLISIS QUÍMICO, PARA LA MEJORA DE PROCESOS EN ORE CONTROL”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO GEÓLOGO**

**ELABORADO POR:**

**ADDERLY JHOEL FLOR DIAZ**

**ASESOR:**

**ING. CARLOS ALBERTO ROJAS LEÓN**

**LIMA-PERÚ**

**2022**

## **DEDICATORIA:**

A Dios por brindarme la fortaleza y la valentía para alcanzar mis metas.

A mi Madre, María Diaz y mis tíos por los sabios consejos y los valores impartidos en la familia como la responsabilidad, honestidad y el amor.

A mi esposa y mi hijo, por ser la fuente de inspiración para dar lo mejor de mí.

A mis docentes y a mi alma mater UNI.

## **RESUMEN**

En la actualidad la minería moderna es sinónimo de tecnología por ello el analizador portátil de fluorescencia de rayos X no es la excepción y ayudan a desempeñar funciones de los profesionales de minería con velocidad, exactitud y confiabilidad.

El presente trabajo de investigación fue desarrollado en la compañía minera Antapaccay, provincia de espinar, distrito de yauri, región cuzco. El objetivo de la investigación es demostrar la eficiencia de las nuevas tecnologías utilizadas en operaciones mineras (equipo portátil de fluorescencia de rayos X). para lo cual se recolecto 252 muestras mineralizadas entre las cuales tenemos. Monzonitas, Dioritas, Stockworks, skarns.

Las muestras cumplen los protocolos y controles de calidad necesarios para asegurar la objetividad del trabajo y fueron extraídas de los conos de voladura (blasthole) por los técnicos de geología mina de turno siguiendo los procedimientos establecidos en la compañía, luego fueron procesadas (chancado, dividido, pulverizado) en el laboratorio de la empresa SGS Perú, posteriormente una parte de la muestra pulverizada es llevada a laboratorio químico de Antapaccay para su análisis químico por elementos.

De igual forma se analizaron la misma cantidad de muestras (contramuestras) con el equipo portátil de fluorescencia de rayos X.

Al analizar los datos y realizar comparaciones directas, estadísticas y graficas se obtienen una gran similitud entre el análisis químico de laboratorio Antapaccay y el equipo portátil de FRX. Estadísticamente no existe diferencia considerable en las comparaciones de ley de cobre en muestras pulverizadas de blasthole.

Al finalizar la investigación se concluyó que los datos obtenidos por el equipo portátil de fluorescencia de rayos X son confiables y similares a los resultados de análisis de laboratorio químico y se utilizan para definir zonas de mineral y desmonte en operaciones mineras realizando la lectura en muestras de blasthole pulverizado.

El tiempo de respuesta a la operación es adecuada y oportuno utilizando el equipo portátil de fluorescencia de rayos X, las decisiones que se toman son oportunas y sin errores al momento de definir el destino de los materiales.

**PALABRAS CLAVES:** Analizador portátil, Muestreo, Blasthole, Análisis químico, Geología, Ore control, Stockwork.

## **ABSTRACT**

The modern mining is synonymous with technology, so the portable X-ray fluorescence analyzer is no exception, helping to perform the functions of mining professionals with speed, accuracy and reliability.

This research work was developed in the Antapaccay mining company, Espinar province, Yauri district, Cuzco region. The objective of the research is to demonstrate the efficiency of new technologies used in mining operations (portable X-ray fluorescence equipment). For which 50 samples were collected for three types of rock that are monzonite, Diorite, Stockwork.

The samples comply with the protocols and quality controls necessary to ensure the objectivity of the work and were extracted from the blasthole by the mine geology technicians on duty following the procedures established in the Antapaccay mining company, then they were processed (crushed, divided, pulverized) by SGS Peru, subsequently a part of the pulverized sample is taken to the Antapaccay chemical laboratory for its chemical analysis by respective element.

Similarly, the same number of samples (counter samples) were analyzed with the portable X-ray fluorescence equipment.

By analyzing the data and making direct comparisons, statistics and graphs, a great similarity is obtained between the Antapaccay laboratory chemical analysis and the FRX portable equipment. Statistically there is no significant difference in copper grade comparisons in pulverized blasthole samples.

At the end of the investigation, it was concluded that the data obtained by the portable X-ray fluorescence equipment are of quality and reliable compared to the chemical laboratory analysis and can be used to define mineral and waste zones in mining operations by reading samples of pulverized blasthole.

The response time to the operation is adequate and timely using the portable X-ray fluorescence equipment, the decisions made are timely and without errors when defining the destination of the materials.

**KEYWORDS:** Portable Analyzer, Sampling, Blasthole, Chemical analysis, Geology, ore control

## **PRÓLOGO**

El presente informe de suficiencia tiene como aporte la mejora en los procesos ore control mediante el uso eficiente y confiable del analizador portátil de fluorescencia de rayos X realizando lecturas de ley de cobre en un tiempo menor a los resultados del análisis químico.

El contenido se ha estructurado en seis capítulos, descritos a continuación:

En el capítulo I, se describen las generalidades, la descripción del problema de investigación, los objetivos e investigaciones nacionales e internacionales.

En el capítulo II, se presenta bases teóricas y marco conceptual, describiendo el fundamento y especificaciones técnicas del analizador portátil de fluorescencia de rayos X, operaciones mineras, análisis químico y procesos ore control

En el capítulo III, se establece la hipótesis del presente trabajo de investigación y la respectiva identificación de las variables de estudio.

En el capítulo IV, se describe la metodología de investigación empleada, detallando el tipo de investigación, la unidad de análisis y la matriz de consistencia.

En el capítulo V, se presenta el desarrollo del trabajo de investigación describiendo la recolección de datos, procesamiento de la información y el análisis correspondiente.

En el capítulo VI, se realiza un análisis y discusión de los resultados de los datos relacionando con el objetivo de la investigación y contrastando con la hipótesis planteada.

Finalmente, se proporciona las conclusiones y recomendaciones.

## ÍNDICE

DEDICATORIA

RESUMEN

ABSTRACT

PRÓLOGO

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN .....	19
1.1. GENERALIDADES .....	19
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	20
1.3. OBJETIVO DEL ESTUDIO .....	25
1.3.1. OBJETIVO GENERAL .....	25
1.4. ANTECEDENTES REFERENCIALES .....	25
1.4.1. INVESTIGACIONES INTERNACIONES .....	25
1.4.2. INVESTIGACIONES NACIONALES.....	27

## CAPÍTULO II

MARCOS TEÓRICO Y CONCEPTUAL .....	30
2.1. MARCO TEÓRICO .....	30
2.1.1. RAYOS X.....	30
2.1.2. FLUORESCENCIA DE RAYOS X.....	31
2.1.3. TECNOLOGÍA PORTÁTIL DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X ...	33
2.1.4. OPERACIONES MINERAS .....	36
2.1.5. ENSAYOS DE LABORATORIO QUÍMICO .....	38
2.1.6. PROCESOS ORE CONTROL.....	39
2.1.7. CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (QA/QC) .....	44
2.2. MARCO CONCEPTUAL .....	49

## CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	50
3.1. HIPÓTESIS .....	50
3.2. VARIABLES E INDICADORES .....	50
3.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE .....	50
3.2.2. VARIABLE DEPENDIENTE.....	50

3.2.3. INDICADORES .....	50
3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIBALES .....	51

## CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	52
4.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	52
4.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	52
4.1.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	53
4.2. UNIDAD DE ANÁLISIS .....	53
4.2.1. CARACTERÍSTICAS .....	53
4.2.2. ESPECIFICACIONES .....	53
4.2.3. UBICACIÓN DEL SUJETO DE ESTUDIO .....	58
4.3. MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	59

## CAPÍTULO V

DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .....	60
5.1. RECOLECCIÓN DE DATOS .....	60
5.1.1. TRABAJO DE CAMPO .....	60
5.2. PROCESAMIENTO DE LAS MUESTRAS RECOLECTADAS .....	64

5.2.1.	PREPARACION DE MUESTRAS.....	64
5.3.	ANÁLISIS QUÍMICO DE LAS MUESTRAS RECOLECTADAS.....	65
5.4.	FLUORECENCIA DE RAYOS X PORTATIL.....	67
5.4.1.	LECTURA DE LEY MEDIANTE XRF PORTATIL A MUESTRAS PULVERIZADAS .....	68
5.5.	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	73
5.5.1.	QAQC DE LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO .....	73

## CAPÍTULO VI

	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	83
6.1.	ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS DE LABORATORIO QUÍMICO Y EL ANALIZADOR PORTATIL FRX.....	83
6.1.1.	RESULTADOS SIN CORRECCIÓN.....	84
6.1.2.	RESULTADOS CON CORRECCIÓN.....	93
6.2.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	98
6.2.1.	COMPARACIÓN GRÁFICA EN LA DIORITA.....	99
6.2.2.	COMPARACIÓN GRÁFICA DE LA MONZONITA DEL TAJO SUR .....	100

6.2.3.	COMPARACIÓN GRÁFICA DE LA MONZONITA DEL TAJO NORTE .....	101
6.2.4.	COMPARACIÓN GRÁFICA DEL STOCKWORK .....	102
6.2.5.	COMPARACIÓN GRÁFICA DEL SKARN.....	103
6.3.	PRUEBA DE HIPÓTESIS .....	104
	CONCLUSIONES.....	105
	RECOMENDACIONES.....	107
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	109
	ANEXOS	

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1.</b> Tiempo de Re-portabilidad de leyes de cobre en muestras de blasthole ....	21
<b>Figura 1.2.</b> Comparación del modelo de bloques de mediano plazo y corto plazo .....	23
<b>Figura 1.3.</b> Polígonos de minado .....	24
<b>Figura 2.1</b> Espectro visible .....	31
<b>Figura 2.2</b> Esquema de la emisión de la radiación de fluorescencia de rayos X .....	32
<b>Figura 2.3.</b> Equipo de FRX portátil TITÁN S1 .....	35
<b>Figura 2.4.</b> Partes del analizador portátil TITÁN S1 .....	36
<b>Figura: 2.5.</b> Flujograma de Carguío y Acarreo .....	37
<b>Figura 2.6.</b> Muestreo sistemático de blasthole utilizando el Auger .....	40
<b>Figura 2.7.</b> Proceso de logueo de blasthole .....	41
<b>Figura 2.8.</b> Descripción petro mineralógico de los conos de blasthole .....	42
<b>Figura: 4.1.</b> Diorita Intrusiva Pre-mineral con una textura de grano fino-medio, Equi- granular, no tiene matriz .....	55
<b>Figura 4.2.</b> principal pórfido mineralizado de Antapaccay sur .....	56
<b>Figura 4.3.</b> Principal pórfido mineralizado de Antapaccay sur .....	57
<b>Figura. 5.1.</b> Malla de Muestreo .....	61
<b>Figura 5.2.:</b> Muestras Recolectadas .....	61
<b>Figura 5.3.</b> Muestreo de blasthole mediante inserciones con el Auger .....	62
<b>Figura 5.4.</b> Corte del cono del blasthole luego de la inserción del Auger .....	63
<b>Figura 5.5.</b> Clasificación de los tipos de cono .....	64
<b>Figura 5.6.</b> Secuencia del proceso de preparación de muestras .....	65

<b>Figura 5.7.</b> Análisis químico de muestras de blasthole .....	66
<b>Figura 5.8.</b> Muestras de blasthole para análisis químico etiquetadas y rotuladas .....	67
<b>Figura 5.9:</b> sala de lectura de muestras donde se realizó el trabajo de FRX .....	68
<b>Figura 5.10.</b> Muestras preparadas para lectura con FRX .....	69
<b>Figura 5.11:</b> muestras preparadas y rotuladas correctamente .....	70
<b>Figura 5.12.</b> muestras preparadas y Equipo portátil de FRX .....	71
<b>Figura 5.13.</b> Muestra colocada correctamente en el equipo portátil de FRX .....	72
<b>Figura 5.14.</b> Lectura de muestras de blasthole con el equipo portatil de FRX .....	72
<b>Figura 5.15.</b> Gráfico según el rango de aceptación para muestras blancas .....	74
<b>Figura 5.16.</b> Gráfico según el rango de aceptación para muestras blancas .....	75
<b>Figura 5.17.</b> gráfico según el rango de aceptación para muestras estándar de baja ley .	76
<b>Figura 5.18.</b> gráfico según el rango de aceptación para muestras estándar de alta ley ..	77
<b>Figura 5.19.</b> gráfico según el rango de aceptación para muestras estándar de baja ley .	78
<b>Figura 5.20.</b> gráfico según el rango de aceptación para muestras estándar de alta ley ..	79
<b>Figura 5.21.</b> Gráfico de variación de muestras duplicadas de campo .....	80
<b>Figura 5.22.</b> Gráfico de variación de muestras duplicadas grueso .....	81
<b>Figura 5.23.</b> Gráfico de variación de muestras duplicadas finos .....	82
<b>Figura 6.1.</b> Gráfico de correlación de Cu Lab. vs Cu FXR para diorita de baja ley .....	85
<b>Figura 6.2.</b> Gráfico de correlación de Cu Lab. vs Cu FXR para diorita de alta ley .....	86
<b>Figura 6.3.</b> Gráfico de correlación de Cu Lab. vs Cu FXR para monzonita sur de baja ley .....	87

<b>Figura 6.4.</b> Gráfico de correlación de Cu Lab. vs Cu FXR para monzonita sur de alta ley.....	88
<b>Figura 6.5.</b> Gráfico de correlación de Cu Lab. vs Cu FXR para monzonita norte de baja ley.....	89
<b>Figura 6.6.</b> Gráfico de correlación de Cu Lab. vs Cu FXR para monzonita norte de alta ley.....	90
<b>Figura 6.7.</b> Gráfico de correlación de Cu Lab. vs Cu FXR para stockwork.....	91
<b>Figura 6.8.</b> Gráfico de correlación de Cu Lab. vs Cu FXR para skarn.....	92
<b>Figura 6.9.</b> Gráfico de correlación de Cu Lab. vs Cu FXR Corregido (diorita baja ley).....	93
<b>Figura 6.10.</b> Gráfico de correlación de Cu Lab. vs Cu FXR Corregido (diorita alta ley).....	94
<b>Figura 6.11.</b> Gráfico de correlación de Cu Lab. vs Cu FXR Corregido (monzonita sur baja ley).....	94
<b>Figura 6.12.</b> Gráfico de correlación de Cu Lab. vs Cu FXR Corregido (monzonita sur alta ley).....	95
<b>Figura 6.13.</b> Gráfico de correlación de Cu Lab. vs Cu FXR Corregido para monzonita norte baja ley).....	95
<b>Figura 6.14.</b> Gráfico de correlación de Cu Lab. vs Cu FXR Corregido para monzonita norte alta ley).....	96
<b>Figura 6.15.</b> Gráfico de correlación de Cu Lab. vs Cu FXR Corregido para stockwork.....	96

<b>Figura 6.16.</b> Gráfico de correlación de Cu Lab. vs Cu FXR Corregido para skarn.....	97
<b>Figura 6.17.</b> Gráfica de Dispersión entre la ley de Laboratorio y ley de FRX para diorita.....	99
<b>Figura 6.18.</b> Gráfica de Dispersión entre la ley de Laboratorio y ley de FRX para monzonita sur.....	100
<b>Figura 6.19.</b> Gráfica de Dispersión entre la ley de Laboratorio y ley de FRX para monzonita norte.....	101
<b>Figura 6.20.</b> Gráfica de Dispersión entre la ley de Laboratorio y ley de FRX para stockwork.....	102
<b>Figura 6.21.</b> Gráfica de Dispersión entre la ley de Laboratorio y ley de FRX para skarn.....	103
<b>Figura 10.1</b> Ubicación de la compañía minera Antapaccay.....	128
<b>Figura 10.2</b> Diagrama de procesos Ore control.....	129
<b>Figura 10.3</b> Plano Geológico de Antapaccay.....	130
<b>Figura 10.4</b> Plano litológico de Antapaccay.....	131

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 3.1.</b> Operacionalización de variables .....	51
<b>Tabla 4.1.</b> Descripción macroscópica de la diorita en el yacimiento Antapaccay .....	55
<b>Tabla 4.2.</b> Descripción macroscópica de la monzonita sur en el yacimiento .....	57
<b>Tabla 4.3.</b> Descripción macroscópica de la monzonita norte en el yacimiento Antapaccay .....	58
<b>Tabla 4.4.</b> Matriz de consistencia. Fuente: Elaboración Propia .....	59
<b>Tabla 5.1.</b> Muestras Blancas insertadas para análisis de laboratorio químico .....	73
<b>Tabla 5.2.</b> Muestras Blancas insertadas para el analizador portátil FRX.....	74
<b>Tabla 5.3.</b> Muestras estándar de baja ley insertadas para análisis químico.....	75
<b>Tabla 5.4.</b> Muestras estándar de alta ley insertadas para análisis químico.....	76
<b>Tabla 5.5.</b> Muestras estándar de baja ley insertadas para analizador portátil FRX.....	77
<b>Tabla 5.6.</b> Muestras estándar de alta ley insertadas para analizador portátil FRX.....	78
<b>Tabla 5.7.</b> Resultados de muestras duplicadas de campo.....	79
<b>Tabla 5.8.</b> Resultados de muestras duplicadas Grueso.....	80
<b>Tabla 5.9.</b> Resultados de muestras duplicadas Fino.....	81
<b>Tabla 6.1.</b> Pendiente, intercepto y correlación para la diorita de baja ley.....	85
<b>Tabla 6.2.</b> Pendiente, intercepto y correlación para la diorita de alta ley.....	86
<b>Tabla 6.3.</b> Pendiente, intercepto y correlación para la monzonita sur de baja ley.....	87
<b>Tabla 6.4.</b> Pendiente, intercepto y correlación para la monzonita sur de alta ley.....	88
<b>Tabla 6.5.</b> pendiente, intercepto y correlación para la monzonita norte de baja ley.....	89
<b>Tabla 6.6.</b> pendiente, intercepto y correlación para la Monzonita norte de alta ley.....	90

<b>Tabla 6.7.</b> pendiente, intercepto y correlación para el stockwork de alta ley.....	91
<b>Tabla 6.8.</b> pendiente, intercepto y correlación para el skarn de alta ley.....	92
<b>Tabla 10.1:</b> resultados obtenidos de laboratorio químico y analizador portátil con sus respectivas muestras de control para la roca Diorita.....	112
<b>Tabla 10.2.</b> resultados obtenidos de laboratorio químico y analizador portátil con sus respectivas muestras de control para la roca Monzonita del tajo Sur.....	114
<b>Tabla 10.3.</b> resultados obtenidos de laboratorio químico y analizador portátil con sus respectivas muestras de control para la roca Monzonita del tajo Sur.....	116
<b>Tabla 10.4.</b> resultados obtenidos de laboratorio químico y analizador portátil con sus respectivas muestras de control para la roca stockwork.....	118
<b>Tabla 10.5.</b> resultados obtenidos de laboratorio químico y analizador portátil con sus respectivas muestras de control para la roca skarn.....	120
<b>Tabla 10.6.</b> resultados obtenidos de laboratorio químico y analizador portátil con sus correcciones y variaciones para la roca Diorita.....	120
<b>Tabla 10.7.</b> resultados obtenidos de laboratorio químico y analizador portátil con sus correcciones y variaciones para la roca Monzonita del tajo norte.....	122
<b>Tabla 10.8.</b> resultados obtenidos de laboratorio químico y analizador portátil con sus correcciones y variaciones para la roca Monzonita del tajo sur.....	124
<b>Tabla 10.9.</b> resultados obtenidos de laboratorio químico y analizador portátil con sus correcciones y variaciones para la roca stockwork.....	126
<b>Tabla 10.10.</b> resultados obtenidos de laboratorio químico y analizador portátil con sus correcciones y variaciones para la roca skarn.....	127

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1. GENERALIDADES**

La minería está experimentando un desarrollo constante en los últimos años en aspectos operativos, es así para realizar el minado con resultados de ley de cobre en los frentes de minado resulta útil e interesante la opción que permite optimizar el tiempo de respuesta al análisis químico realizado por laboratorio químico utilizando la tecnología portátil de fluorescencia de rayos X.

Para la mejora de procesos en ore control es necesario contar con métodos que brinden resultados exactos y precisos. Estos métodos analíticos nos brindan datos importantes para la toma de decisiones en operaciones mineras, por esta razón se realizó el trabajo de investigación “Análisis comparativo de ley de cobre en muestras de blasthole mediante fluorescencia de rayos X y análisis químico para la mejora de procesos ore control”

Para esto se realizó comparación mediante cuadros y gráficos estadísticos a través de la regresión lineal para aproximar los datos obtenidos por ambos métodos mencionados realizando en algunos casos ajustes con factores de corrección el cual nos permitirá minimizar el error al realizar la lectura de la ley de cobre.

El método analítico de fluorescencia de rayos X tiene las características necesarias como sensibilidad, costo, confiabilidad, velocidad, precisión, portabilidad en campo, entre otros. Por ello, estas características permiten que los trabajos realizados en ore control y la información brindada a la operación sea con datos certeros y confiables, del mismo modo el tiempo de respuesta a la operación sea inmediato.

El trabajo esta esquematizada de la siguiente manera: descripción del problema, antecedentes de investigación, marco teórico, método de investigación, resultados y discusión, conclusiones y recomendaciones con la cual se desarrolla la veracidad y objetividad del trabajo de investigación.

## **1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

La mayoría de las empresas mineras a cielo abierto en yacimientos tipo Pórfido Skarn tienen una capacidad de procesamiento por encima de 100 000 toneladas diarias de mineral, por lo tanto, la velocidad de operación es acelerada y el área de geología mina generalmente no cuenta con los recursos necesarios para tener un control adecuado del mineral producido, obteniendo ley de cobre de los conos de voladura en un tiempo menor a las 12 horas post voladura para generar los polígonos de mineral o desmonte.

Los resultados de ensayos de laboratorio químico de la mayoría de las unidades mineras requieren un tiempo mínimo promedio de 12 horas post voladura, para reportar los resultados del análisis químico realizado, generalmente este tiempo es demasiado para la operación porque el requerimiento es inmediato (**Ver figura 1.1**). En algunas ocasiones el minado se realiza inmediatamente después de la voladura y el área de geología mina no actúa de manera oportuna, asignando de forma adecuada los tipos de materiales a las voladuras realizadas en el día.

El problema central para resolver es la demora de los ensayos de laboratorio químico, que es un promedio de 12 horas como mínimo desde la recepción de muestra en laboratorio químico, lo cual origina incertidumbre en la toma de decisiones en la operación y genera errores con pérdida económica cuantiosa.

	Recepcion de Muestras				Lim Max	12:00:00	Date of Complet
	Orden	Proyecto	Recepcion Lab. Muestreria	Entrega Lab Tintaya	Reporte_Lab. Tintaya	Horas Trans	Horas Trans
1	BH2021-0513	44179	31/Mar/2021 16:35	01/Abr/2021 07:15	01/Abr/2021 18:45	11:30:00	26:10:00
2	BH2021-0514	43183	31/Mar/2021 16:35	01/Abr/2021 07:15	01/Abr/2021 18:15	11:00:00	25:40:00
3	BH2021-0515	43183	01/Abr/2021 04:30	01/Abr/2021 19:05	02/Abr/2021 06:30	11:25:00	26:00:00
4	BH2021-0516	43183	01/Abr/2021 04:30	01/Abr/2021 19:05	02/Abr/2021 06:15	11:10:00	25:45:00
5	BH2021-0517	44179	01/Abr/2021 04:30	01/Abr/2021 19:05	02/Abr/2021 06:25	11:20:00	25:55:00
6	BH2021-0520	44177	01/Abr/2021 22:30	02/Abr/2021 17:21	03/Abr/2021 05:25	12:04:00	30:55:00
7	BH2021-0521	44177	02/Abr/2021 04:30	02/Abr/2021 17:21	03/Abr/2021 04:15	10:54:00	23:45:00
8	BH2021-0522	43184	02/Abr/2021 04:30	02/Abr/2021 17:21	03/Abr/2021 05:30	12:09:00	25:00:00
9	BH2021-0529	44180	03/Abr/2021 03:15	03/Abr/2021 16:05	04/Abr/2021 05:30	13:25:00	26:15:00
10	BH2021-0531	61015	03/Abr/2021 16:00	04/Abr/2021 04:30	04/Abr/2021 17:30	13:00:00	25:30:00
11	BH2021-0540	44181	04/Abr/2021 13:50	05/Abr/2021 04:40	05/Abr/2021 15:30	10:50:00	25:40:00
12	BH2021-0548	44177	05/Abr/2021 13:30	06/Abr/2021 04:40	06/Abr/2021 15:50	11:10:00	26:20:00
13	BH2021-0567	44187	08/Abr/2021 14:00	09/Abr/2021 07:00	09/Abr/2021 18:20	11:20:00	28:20:00
14	BH2021-0569	44188	08/Abr/2021 14:00	09/Abr/2021 07:20	09/Abr/2021 18:50	11:30:00	28:50:00
15	BH2021-0571	62001	08/Abr/2021 14:00	09/Abr/2021 07:20	09/Abr/2021 18:10	10:50:00	28:10:00

**Figura 1.1.** Tiempo de Re-portabilidad de leyes de cobre en muestras de blasthole.

**Fuente:** Compañía Minera Antapaccay, Superintendencia de geología mina. (2021) (Reporte mensual de control de calidad)

De acuerdo con **Montalván D.** (2019). “Calibración de un equipo portátil de fluorescencia de rayos X para el estudio de muestreo geoquímico. [10]. Indica que entre las diferentes causas que están originando este problema se ha detectado lo siguiente:

- Falta de personal para realizar el ensayo de leyes.
- Inadecuado orden de prioridad con las muestras a analizar, el inicio no es de acuerdo con el orden de llegada de las muestras de blasthole, se debe coordinar previamente sobre las prioridades de análisis.

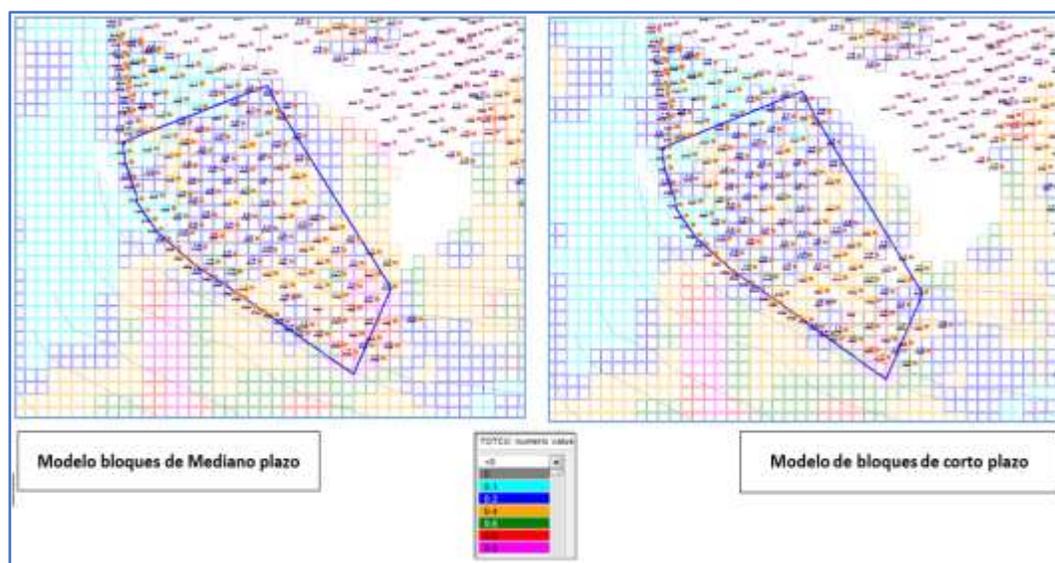
Sin embargo, lo fundamental es que no se reporta las leyes de cobre con la debida anticipación requerida en la operación, para poder tomar las mejores decisiones y tener un buen control de mineral con asignaciones correctas según corresponda.

De acuerdo con **Velázquez P.** (2019). “Geología y optimización del control de calidad con el uso del analizador de fluorescencia de rayos X (XRF) en unidad minera Cerro Lindo” [16] Los efectos que generan este problema son cuantiosos, entre los primordiales están los siguientes:

- Mal control de mineral.
- Incumplimiento de los planes diarios, semanales, mensuales, etc.
- Ausencia de leyes de cobre en los frentes de Minado.
- Pérdida de mineral económico.
- Dilución del mineral.

El efecto más importante es la mala asignación del mineral, generando que el mineral se derive al botadero o el desmonte a la chancadora, ingresando posteriormente al proceso. Ello genera consecuencias muy graves con pérdidas económicas para la compañía minera, afectando gravemente a los KPI (key performance indicators) y Forecast.

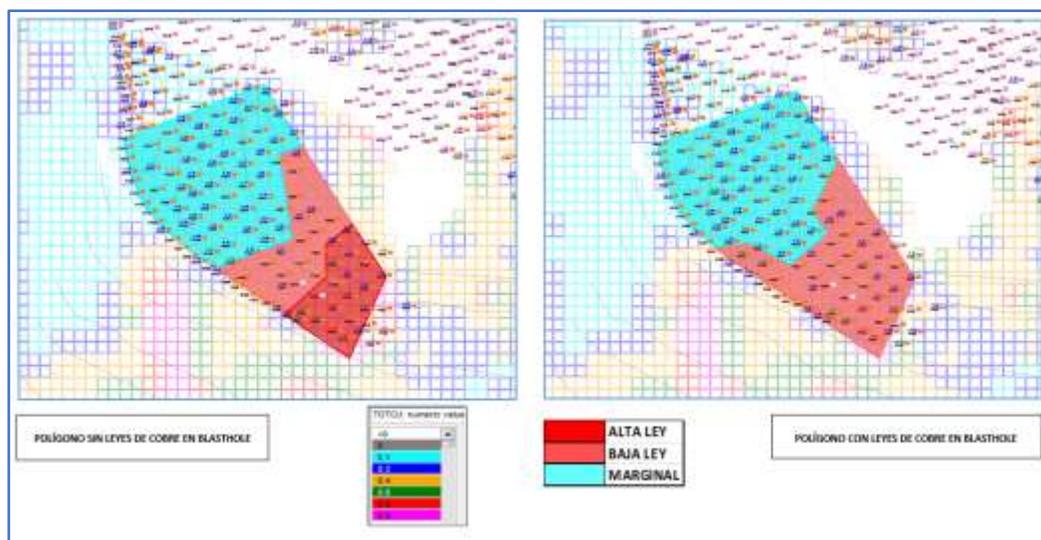
Al realizar el minado de materiales sin leyes de cobre en muestras de blasthole los polígonos de minado se realizan con el modelo de bloques de mediano plazo que son datos inferidos, en algunas operaciones mineras la mineralización del yacimiento posee variación de ley de cobre de manera horizontal y vertical generando variación notoria comparando con el modelo de bloques de corto plazo y mediano plazo como se observa en la **Figura 1.2**.



**Figura 1.2.** Comparación del modelo de bloques de mediano plazo y corto plazo.

**Fuente:** Compañía Minera Antapaccay, superintendencia de geología mina. (2021). (Reporte mensual de conciliación).

Como consecuencia de la variación del modelo de bloques los polígonos de minado varían debido a que estos se realizan con el modelo de bloques como se observa en la **Figura 1.3**.



**Figura 1.3.** Polígonos de minado

**Fuente:** Compañía Minera Antapaccay, superintendencia de geología mina. (2021). (Reporte mensual de conciliación).

Por ello la incertidumbre de asignación de material tiene como consecuencia el incumplimiento de los planes diarios y semanales.

El uso de la tecnología portátil de rayos X en reemplazo de los análisis químicos convencionales permitirá obtener resultados en el menor tiempo, con valores de ley de cobre confiable para la toma de decisiones adecuadas en la operación.

¿Como afecta de manera negativa la demora del resultado de análisis químico de muestras de blasthole a los procesos ore control en operaciones mineras?

### **1.3. OBJETIVO DEL ESTUDIO**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Mejorar los procesos en ore control mediante el análisis de ley de cobre en muestras de blasthole, utilizando el equipo portátil de fluorescencia de rayos X.

### **1.4. ANTECEDENTES REFERENCIALES**

Requerir resultados de calidad y en tiempos reducidos se ha vuelto una necesidad para la operación minera, por ello las nuevas tecnologías y herramientas de alta precisión son necesarias para la mejora en el proceso de Ore Control.

se han realizado diversos estudios usando la fluorescencia de rayos X portátiles, como también la aplicación de estas nuevas metodologías en proyectos mineros de exploración y producción. Se tienen buenas referencias y gran parte de las publicaciones recomienda su uso y aplicación. A continuación, se presentan algunas tesis de pre y posgrado, memorias, libros, revista de investigación, prácticas profesionales realizados en distintas universidades por diferentes autores nacionales e internacionales.

#### **1.4.1. INVESTIGACIONES INTERNACIONALES**

- **Aliosha Andro, W. (2013)** En su tesis “Comparación de corrección teórica de efecto matriz, análisis de interferencias y corrección por compensación para equipos portátiles de fluorescencia de rayos X en minerales y suelos” [1]. Estudia la presencia de metales pesados en suelos y sedimentos, utilizando el método fluorescencia de rayos X (FRX).

A pesar de la escasa o nula preparación de muestra y la rapidez del análisis con los equipos portátiles ha posicionado a este método como recomendable en la química analítica tanto en el ámbito comercial como medioambiental.

Sin embargo, esta técnica, presenta una gran complicación ya que su uso es principalmente semicuantitativo, con una alta presencia de interferencias que ponen en duda su utilización como una metodología dominante. En ese aspecto la utilización de correcciones teóricas y el uso de coeficientes tiene un gran impacto sobre su utilización.

En la tesis se realiza la comparación de un equipo de FRX Bruker modelo S1 con otro equipo FRX Olympus modelo Innov-X

La conclusión de la tesis indica que el uso de correcciones por compensación debe ser utilizado con cuidado, a pesar de que puede permitir buenos ajustes con ciertos analitos puede disminuir la exactitud y precisión, por ello es necesario realizar comparación con un método de referencia.

- **Villanueva Escobar, D. E. (2019):** En su memoria “Metodología de caracterización geoquímica de los residuos mineros aplicable en faena” [17]. Indica que uno de los grandes desafíos en la industria minera son los desechos generados en la industria minera (relave y material estéril). En su investigación menciona nuevas metodologías de bajo costo y rápida respuesta para caracterizar y gestionar los desechos en la industria cuprífera, dentro de estas metodologías menciona el análisis por fluorescencia de rayos X (XRF).

Villanueva Escobar Concluye que dentro de las metodologías utilizadas se encuentra la Fluorescencia de rayos X y permiten la reducción de tiempos de espera de los resultados y posibilita la correcta gestión de los residuos mineros.

- **S. Baggio y M. Pardo (2010):** En su libro “Análisis químico de rocas ígneas por técnicas combinadas de fluorescencia de rayos X y absorción atómica” [20]. Definen que La fluorescencia de rayos x (FRX) y la absorción atómica son técnicas instrumentales utilizadas frecuentemente en el análisis químico de materiales geológicos. Estas técnicas mantienen grados de precisión y exactitud comparables a los métodos tradicionales, y tienen la ventaja de ser mucho más rápidas y especialmente adecuadas para análisis rutinarios donde deben analizarse muchos elementos en número grande de muestras. Indican que es necesario realizar una cuidadosa preparación de la muestra, ya que la señal generada por la misma, para cada uno de los elementos. Concluyen que el método FRX es particularmente adecuado para el procesamiento rutinario de importantes cantidades de muestras.

#### **1.4.2. INVESTIGACIONES NACIONALES**

- **Biviano M, Luis Vilcapoma y Javier Jacay (2016):** En la revista de investigación FIGMMG-UNMSM con título “Caracterización mineralógica y elemental de sedimentos sólidos de la laguna de Yantac, departamento de Junín, provincia de Yauli, distrito de Marcapomacocha, por difracción y fluorescencia de rayos X” [3]. Estudian muestras que fueron extraídas a lo largo de la ribera de la laguna de Yantac-Junín, uno de los objetivos es identificar los minerales contaminantes procedentes de la actividad humana (ganadería, agrícola, etc.).

Los resultados obtenidos por el análisis de difractómetro de rayos X (DRX), efectuado en el laboratorio de rayos X de la UNMSM, muestra la presencia de fases de minerales como carbonato de calcio, óxido de silicio, montmorillonita, calcita, dolomita, cuarzo.

El análisis por fluorescencia de rayos X (FRX), efectuado en el Instituto Peruano del Energía Nuclear (IPEN), determina la presencia de elementos como Al, Si, K, Ca, Fe en mayor porcentaje. Los datos que obtienen por los métodos mencionados son validados y confiables, indican en sus conclusiones.

- **Ortiz Rayme, W. (2019):** en su tesis de pregrado “Comparación entre el análisis de fluorescencia de rayos X portátil e ICP-MS en elementos guía para la exploración geoquímica del área de Anta bamba- Apurímac”, [13]. Realiza una investigación con el objetivo de demostrar la eficiencia de las nuevas tecnologías utilizadas para la exploración geoquímica.

El autor compara los resultados mediante dos métodos. Análisis de ICP-MS el cual fue analizado por el laboratorio de SGS Perú y con el equipo de fluorescencia de rayos X (XRF), en muestras de mano y muestras pulverizadas.

Al realizar las comparaciones directas, estadísticas y gráficas, se obtienen una gran similitud entre análisis de XRF e ICP-MS.

- **Carhuapoma Carlos, J. (2020):** en su tesis de pregrado “caracterización petrológica de las muestras de roca con el analizador XRF portátil Nilton XL5 para contribuir a la ubicación de zonas de ocurrencia mineral en el proyecto minero Zoraida, Distrito de suitucancho – Yauli – Junín” [19]. Realizó una investigación

con el objetivo de analizar las características de las muestras de roca para contribuir en la exploración de nuevos targets basándose en el análisis de concentración de elementos mediante el uso de nuevas tecnologías.

- **Montalván Diaz, I. (2018):** En su informe de prácticas preprofesionales titulado “Calibración de un equipo portátil de fluorescencia de rayos X para el estudio de muestreo geoquímico” [10]. Realiza un comparación de resultados de datos obtenidos con un equipo portátil de fluorescencia de rayos X, en rocas insitu y en rocas procesadas (pulverizadas a una malla 120) y concluye que en las muestras de mano puede tener variación debido a la textura y superficies desiguales de las rocas y en las muestras pulpa (pulverizado) la muestra es homogéneo y la variación es mínima y los resultados son de mayor confianza y se puede usar en la industria minera como en la exploración y/o producción.
- **Velázquez Ponce. C. (2019):** En su tesis de pregrado “Geología y optimización del control de calidad con el uso del analizador de fluorescencia por rayos X (XRF) en unidad minera cerro lindo, Chinca- Ica” [16]. Describe el uso del equipo analizador portátil (XRF) para optimizar el control de muestreo durante las operaciones mineras ya que por su velocidad de operación y el tipo de minado las decisiones en el campo son de manera inmediata considerando las leyes de cabeza y el tonelaje requerido por planta concentradora.

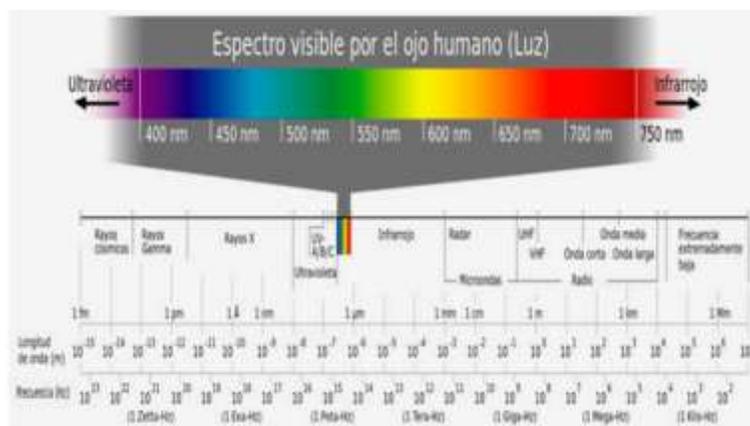
## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

#### 2.1. MARCO TEÓRICO

##### 2.1.1. RAYOS X

**Gutiérrez G.** (2010). [7], Son una radiación del espectro electromagnético, cuya longitud de onda va desde los  $10 \cdot 10^{-9}$  m hasta los  $10 \cdot 10^{-12}$  m, aproximadamente, y frecuencias mayores a  $1 \cdot 10^{17}$  Hz, como puede verse en la parte inferior de la **(Figura 2.1)**. La importancia de esta radiación radica en su baja longitud de onda, lo que le permite penetrar los materiales a nivel molecular. Sus múltiples aplicaciones se encuentran en la medicina, el desarrollo tecnológico de la electrónica y en las ciencias en general. Los rayos X son obtenidos de diferentes formas; por lo general es una radiación que proviene de la desaceleración de electrones de alta energía del orden de los KeV. Se clasifican en rayos X duros y blandos: los duros son radiaciones cuyas longitudes de onda son menores a 1 nm, mientras que los blandos tienen longitudes de onda mayores.



**Figura 2.1** Espectro visible.

**Fuente:** Delgado A. Alonzo J. Olvasada D (2019). [6]

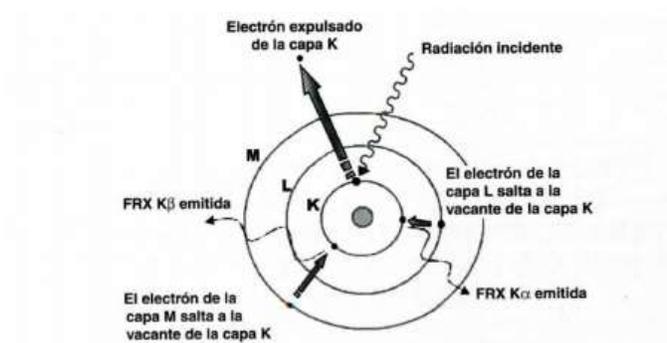
### 2.1.2. FLUORESCENCIA DE RAYOS X

**Ortiz R.** (2019). [13], La fluorescencia de rayos X (FRX) es una técnica analítica instrumental no destructiva que mide la composición elemental de una sustancia generalmente sólida al ser expuesta a una radiación de rayos-X.

Los rayos X poseen una energía tal que al incidir sobre la muestra pueden ionizarla expulsando electrones de las capas más internas. Estos iones son altamente inestables y esas vacantes son ocupadas por electrones de capas superiores en cascada. Estos saltos de electrones de un nivel de mayor energía a uno de menor desprenden una radiación característica que es la fluorescencia de rayos X (**figura 2.2**). El conjunto de los saltos electrónicos entre capas de un elemento forma el espectro característico del elemento y es único.

El análisis cualitativo se obtiene a partir de la energía característica, o su longitud de onda, de la radiación de fluorescencia de rayos-X emitida. El análisis cuantitativo se obtiene por conteo de los rayos-X para una longitud de onda determinada. Los contenidos elementales son contenidos totales, sin distinción de estados de oxidación.

Un espectrómetro de FRX consta de tres partes fundamentales: la fuente que genera los rayos-X (un tubo o una fuente radiactiva); un detector que convierte los rayos X emitidos por la muestra en una señal electrónica susceptible de ser medida; y una unidad de procesamiento que registra la señal y calcula la concentración elemental en la muestra



**Figura 2.2** Esquema de la emisión de la radiación de fluorescencia de rayos X.

**Fuente:** Ortiz R. (2019) [13]

### **2.1.3. TECNOLOGÍA PORTÁTIL DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X**

**Velázquez P.** (2019). [16], La tecnología portátil de fluorescencia de rayos X (XRF) en campo, no debe ser considerada una sustitución a los análisis de laboratorio. Asimismo, debe ser usada respetando los protocolos de informe de la industria y los estándares de laboratorio tal como se estipula en la normativa. La principal ventaja de la tecnología portátil XRF reside en la capacidad para generar de manera dinámica y en tiempo real grupos de datos geoquímicos, registrados espacialmente. Ahora, los geólogos pueden asumir inmediatamente las características elementales de litología y de ley para adoptar decisiones fundadas durante la exploración y producción dentro de la industria minera. Asimismo, es posible obtener enfoques instantáneos e interactivos para administrar los proyectos de exploración, como también un reconocimiento del objetivo y de los vectores asociados hacia la mineralización. Esto conduce a la reducción significativa de los intervalos de tiempo con reiteraciones menos complejas y lentas, como cuando se extraen las muestras y son enviadas al laboratorio pasando por los lapsos de tiempo y retrasos «comunes» relacionados. La tecnología portátil XRF en campo puede ser considerada como una herramienta para monitorizar previamente las muestras y enviarlas posteriormente al laboratorio con el fin de llevar a cabo análisis más exhaustivos y detallados.

Adicionalmente, la capacidad para refinar su programa de muestreo en campo en tiempo real representa un aumento fácil de la densidad y resolución de la muestra

instantáneamente. Este aumento de eficiencia en campo permite el avance de los intervalos de tiempo de los proyectos y asiste a las empresas respecto a una mejor utilización de su tiempo en campo y a una maximización de su presupuesto de operación

### **2.1.3.1 ANALIZADOR PORTÁTIL**

**Velázquez P.** (2019). [16], EL analizador XRF portátil, para actividades mineras y de exploración geoquímica, brinda resultados inmediatos que permite definir el curso de acción dentro del proceso de la exploración, control de grados de menas de minerales y sostenibilidad del medio ambiente. Metales básicos: Cu, Pb, Zn, Ag, Mo. - Oro, incluyendo la geoquímica de rocas o petroquímica.

La tecnología XRF (llevada al campo en modo portátil), brinda un aumento de la productividad gracias a los resultados de análisis geoquímicos inmediatos e instantáneos en el sitio de trabajo.

La espectrometría de fluorescencia de rayos X (XRF) es una técnica analítica no destructiva que se utiliza para obtener información elemental de los diferentes tipos de materiales. Esta se utiliza en diversas industrias y aplicaciones, como producción de cemento, producción de vidrio, minería, enriquecimiento de minerales, hierro, acero y metales no ferrosos, petróleo y petroquímica, polímeros e industrias relacionadas, ciencia forense, productos farmacéuticos, productos de cuidado de la salud, sector medioambiental, alimentos y cosméticos

### 2.1.3.2 DISPOSITIVO S1 TITÁN

**Manual del Usuario.** “Equipo portátil Bruker TITAN S1” (2018). [8]

El dispositivo S1 TITÁN es un analizador de campo completo y portátil basado en la tecnología de fluorescencia de rayos X (XRF) mediante dispersión de energía (EDXRF) y utiliza un tubo de rayos X como fuente de excitación (**ver Figura 2.3**). El dispositivo S1 TITÁN mide las concentraciones elementales de una muestra. Cuando está energizado, el dispositivo genera rayos X de alta energía. (**Figura 2.4**).



**Figura 2.3.** Equipo de FRX portátil TITÁN S1.

**Fuente:** Bisa Laboratorio. (2019) [8]



**Figura 2.4.** Partes del analizador portátil TITÁN S1.

**Fuente:** Bisa Laboratorio. (2019) [8]

#### 2.1.4. OPERACIONES MINERAS

**Washington B.** (2020). [18], Las características de yacimientos con método de explotación a tajo abierto generalmente tienen bancos de 15m de altura y rampas de ancho mínimo de 30m, el minado se realiza con equipos gigantes como palas, cargadores, y camiones, se tiene una chancadora primaria tipo cónica que disminuye la granulometría de las rocas.

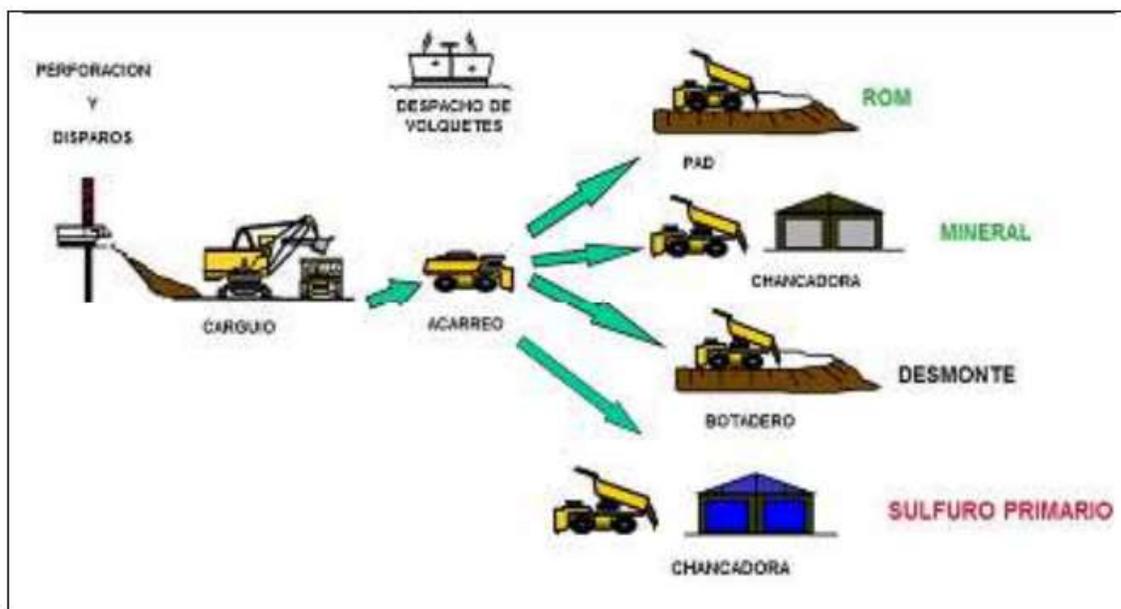
#### CARGUÍO

**Washington B.** (2020). [18], Las operaciones mineras a tajo abierto cuentan con palas eléctricas, hidráulicas y cargadores frontales que son equipos que realizan trabajos donde la pala no puede trabajar debido al área reducida.

#### ACARREO

**Washington B.** (2020). [18], El transporte de mineral y desmonte se lleva a cabo con flotas de camiones como, por ejemplo, Komatsu 930, 830, 980E, 793 en sus

distintas series de la marca Caterpillar, etc. La distribución de flota está a cargo del área de dispatch mina. (Ver figura 2.5)



**Figura: 2.5.** Flujograma de Carguío y Acarreo.

**Fuente:** Peralta, E. "Estudio de los procesos de perforación y voladura y su implicancia en el rendimiento y seguridad en sociedad minera cerro verde", Informe por servicios profesionales UNSA, Arequipa, Perú.

(2019).

## PERFORACIÓN

**Peralta E.** (2019). [14], La perforación del macizo rocoso es la primera operación que se realiza en el ciclo de minado y cuya finalidad es la apertura de taladros de una profundidad de 16.5m en promedio (perforación primaria) y con una distribución y geometría adecuada según los diseños y parámetros establecidos. Este tipo de perforación obedece a un sistema rotativo y por trituración.

## **VOLADURA**

**Peralta E.** (2019). [14], La voladura es una de las más importantes operaciones en el ciclo de minado, debido a lo delicado y al alto riesgo que conlleva realizar dicho proceso ya que de no considerar todos los controles adecuados podrían contar con resultados leves como caída de material a las vías hasta graves como tiros cortados. El proceso de voladura se emplea para fragmentar la roca y permitir su excavación con equipos de gran dimensión.

### **2.1.5. ENSAYOS DE LABORATORIO QUÍMICO**

**Compañía minera Antapaccay.** (2021). [11], El método utilizado en el laboratorio químico es el de absorción atómica, el cual se basa en el paso de un haz monocromática de una longitud de onda determinada, que es absorbido por la muestra (analito) inicialmente en estado basal y luego pasa al estado excitado en forma de vapor atómico, por efecto de la radiación proveniente de la fuente de energía del instrumento.

La medida de la intensidad luminosa antes y después de su paso por el vapor atómico permite determinar el porcentaje de absorción. La luz absorbida por la muestra atomizada es directamente proporcional a la concentración del elemento en la muestra.

### **ANÁLISIS QUÍMICO**

**Compañía minera Antapaccay.** (2021). [11], es aquel proceso que investiga la composición de una determinada sustancia o materia, y determina los analitos de la cual está formada.

## **2.1.6. PROCESOS ORE CONTROL**

### **2.1.6.1 MUESTREO**

#### **MUESTRA**

**Alfaro F.** (2002). [2], Es una parte del lote o porción extraída de un conjunto por métodos que permiten considerarla como representativa del mismo, generalmente obtenida por la unión de varios incrementos o fracciones del lote, y cuyo objetivo es representar el lote en las operaciones subsecuentes. Sin embargo, una muestra no es cualquier parte del lote: su extracción debe respetar las reglas que la teoría de muestreo establece. Por lo tanto, su extracción debe ser equiprobable.

#### **MUESTREO GEOLÓGICO**

**Darnley A.** (1995). [5], El muestreo geológico es la forma corriente de obtener muestras representativas de un determinado material natural, colectado de una manera estandarizada. La cantidad de material debe estar adecuada a la finalidad del muestreo, a los requerimientos analíticos y a la conservación del remanente en repositorios como material de referencia para futuras investigaciones.

Casi todas las decisiones que se hacen respecto de un proyecto minero, desde la exploración hasta el cierre de la mina, están basadas en valores obtenidos de material muestreado. Estas decisiones significan millones de dólares.

#### **MUESTREO DE BLASTHOLE**

**Lambert A.** (2006). [12], El muestreo de pozos de voladura tiene como objetivo y finalidad obtener una cantidad de muestra suficiente y representativa para

determinar las leyes químicas, proveer de datos certeros para el mapeo geológico y la confección del modelo de bloques. (Ver fotografía 2.6)



**Figura 2.6.** Muestreo sistemático de blasthole utilizando el Auger.

**Fuente:** Elaboración propia.

## **IMPORTANCIA DEL MUESTREO**

**Compañía minera Antapaccay.** (2021). [11], El muestreo de los detritos en los conos de voladura, ha venido desarrollándose desde el inicio de la mina. Las prioridades del muestreo la frecuencia del muestreo, y el uso de QA/QC (control de calidad y aseguramiento) han variado en el tiempo.

Debido al gran impacto que puede ocasionar el muestreo en la representatividad de la muestra, frecuentemente se está resaltando en esta sección que los procedimientos deben seguirse adecuadamente. Nadie conoce los valores de una muestra antes de ser ensayada por lo que cada muestra debe ser representativa y de buena calidad.

Los supervisores, geólogos y muestreros, son responsables de asegurarse de que el protocolo de muestreo sea cumplido en su totalidad y sin excepción.

### 2.1.6.2 LOGUEO DE CONOS DE VOLADURA

**Compañía minera Antapaccay.** (2021). [11], El objetivo del logueo geológico de ripios de blasthole es obtener la mayor información posible equivalente o ideal, mediante la toma de una porción representativa tomada de un total, acerca de la distribución de la mineralización, tipo de roca y resistencia de esta. Siendo un factor determinante para el control de calidad y modelos geológicos. **(Ver figura 2.7)**

Con el logueo diario de los detritos de voladura se debe obtener lo siguiente: **(Ver fotografía 2.8)**

- Poder determinar el tipo de material (mineral- desmonte).
- Dar una ley visual para el control del envío de mineral.
- Evaluar los factores geológicos de la ocurrencia de mineralización.
- Evaluar la resistencia de la roca.
- Evaluar el tipo de cono (segregación en los conos de blasthole).
- Identificar zonas problemáticas para el proceso de envío de mineral.



**Figura 2.7.** Proceso de logueo de blasthole.

**Fuente:** Elaboración propio.



**Figura 2.8.** Descripción petro mineralógica de los conos de blasthole.

**Fuente:** Elaboración propio.

### **2.1.6.3 CONTROL DE MINERAL**

#### **CONTROL DE LEYES**

**Sotomayor N.** (2013). [15], El control leyes es la herramienta que nos apoya en la operación minera con la decisión de destino del material a minar; en otras palabras: ¿Dónde vamos a enviar la roca a minar? A menudo este trabajo es el final de una enorme cantidad de trabajo realizado por los operadores de ore control, geólogos, ingenieros de planeamiento, perforistas y superintendentes. Es la decisión más importante en el proceso de minado, Una vez que el material ha sido asignado a un destino es muy difícil revertir la decisión y si los cálculos no son precisos, lo más probable es que va a haber pérdida de mineral y la dilución se incrementará, en la mayoría de las empresas mineras se realiza mediante polígonos de minados las cuales están clasificadas por ley y características geo metalúrgicas del material.

## **DILUCIÓN**

**Velázquez P.** (2019). [16], La dilución tiene un papel crítico en las grandes minas a cielo abierto porque estas minas son comúnmente impulsadas por economías de escala y operan con márgenes de beneficio estrechos. Si la dilución es mayor que la planeada, los márgenes de beneficio pueden ser consecuencia de pérdidas innecesarios en los procesos mineros.

Las fuentes de dilución son diversas y se pueden dividir en cuatro tipos:

- Dilución debido a la geometría
- Dilución debido a la incertidumbre en el conocimiento del límite del mineral en campo.
- Dilución debido al movimiento de la voladura
- Dilución debido a errores del proceso minero

## **LEY DE MINERAL**

**Washington B.** (2020). [18], Es la concentración de cada metal de mena en una muestra de roca, usualmente expresado en porcentaje en peso (Ej. 1,2% Cu). Si las concentraciones son muy bajas, como las de Au, Ag, Pt y otros, la concentración puede expresarse como gramos por tonelada (g/t). La ley promedio de un depósito se calcula sobre la base del promedio ponderado de ensayos de un gran número de muestras recolectadas el depósito (superficie, canales, sondajes, etc.) y a menudo usando procedimientos estadísticos sofisticados (Geoestadística) y su estimación será más exacta y confiable a mayor densidad de muestreo.

## **2.1.7. CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD (QA/QC)**

### **2.1.7.1 ASEGURAMIENTO DE CALIDAD (QA)**

**Compañía minera Antapaccay.** (2021). [11]. El Aseguramiento de calidad se encarga de la prevención de problemas (que se supone que podrían ocurrir eventualmente), estas actúan sobre las principales fuentes de error, teniendo en cuenta su influencia, con el fin de eliminar o minimizar su efecto; se materializa mediante la elaboración e implementación de protocolos de trabajo en donde se contemple:

- Codificación y diseño de proyecto
- Orden dentro del área de perforación
- Estado de las plataformas de perforación
- Estado de los conos de perforación

### **2.1.7.2 CONTROL DE CALIDAD (QC)**

Las técnicas y actividades de carácter operativo Monitorean los posibles errores, con el fin de cuantificar o evaluar sus posibles efectos y tomar oportunamente medidas correctivas. El principal objetivo es La detección de problemas (cuando eventualmente ocurren, a pesar de seguir fielmente los protocolos de trabajo), se materializa mediante la inserción de muestras de control en el flujo de muestras, o mediante la realización de operaciones de control (Protocolo de Control de Calidad).

### **2.1.7.3 GENERACION DE ORDEN DE TRABAJO PARA ENSAYE**

**Compañía minera Antapaccay.** (2021). [11]. Para la generación de las Órdenes de Trabajo para Ensaye, debe tomarse en cuenta los criterios de inserción de muestras de control para elevar los niveles de confiabilidad de los procesos de Conminución y los procesos de análisis químico. Se detalla las muestras de control:

### **2.1.7.4 MUESTRAS DE CONTROL**

El programa de control de la calidad tiene como objetivo determinar las medidas de control necesarias para minimizar los errores de los resultados finales. El programa QAQC\_BHs implica la cuantificación y un monitoreo sistemático de los niveles de exactitud, precisión, contaminación y determinar un diagnóstico oportuno de las muestras error y la identificación de la fuente de error. Para el análisis químico, las muestras de control y las muestras originales deben estar en una misma orden de trabajo para ensaye; para asegurar pasen por los mismos procedimientos y condiciones. Se determina las muestras de control para el programa QAQC BHs.

### **2.1.7.5 PREPARACIÓN DE MUESTRA (PROCESOS DE CONMINUCIÓN)**

#### **MUESTRA DUPLICADA.**

**Compañía minera Antapaccay.** (2021). [11]. Una muestra duplicada tiene la misma ubicación espacial que la muestra original. Las muestras duplicadas sólo pueden obtenerse por cuarteo de muestras representativas en minerales. Esta

muestra de control es determinada por un personal calificado de Antapaccay. Se pueden generar tres tipos de muestras duplicadas (MDC, MDG, MDF):

**Muestra duplicada de Campo o de Terreno (MDC).**

Es la muestra gemela tomada en el mismo cono de perforación (remuestreo). Esta fracción de muestra pasa por las mismas etapas de preparación que la muestra original. Estas muestras son generadas para asegurar el cumplimiento de los procedimientos de preparación de muestras (Conminución) y en una cierta medida el análisis químico. Realizando un análisis cualitativo de la repetitividad contra la muestra original, podemos calificar los niveles de precisión. Con estos duplicados podemos determinar también el grado de complejidad de la heterogeneidad mineralógica inherente al yacimiento.

**Muestra duplicada de grueso (MDG) Cuarteo en chancado secundario.**

Son fracciones tomadas al momento donde inicialmente se reduce la masa de la muestra, esto normalmente ocurre después del chancado secundario (malla N°10). Estos duplicados proporcionan una medición de la varianza incluida en los duplicados del laboratorio de verificación, además de la varianza introducida por los procedimientos de preparación de muestras, más la varianza del submuestreo del rechazo de grueso (chancado\_cuarteo).

**Muestra duplicada de fino (MDF) Cuarteo en pulverizado.**

Son fracciones, o inserciones de porciones de las mismas pulpas, estos duplicados miden la varianza introducida por los procedimientos de preparación de muestras,

la varianza en el submuestreo del rechazo fino (pulverizado\_Cuarteo) más la varianza en el análisis químico.

#### **MUESTRA BLANCA.**

La inserción de muestras blancas en el proceso de preparación de muestra es para controlar los posibles niveles de contaminación, asegurando la calidad de los procesos de limpieza según procedimiento interno de SGS Perú, los blancos son muestras donde el grado de interés metálico es cercano a varias veces el límite de detección del laboratorio químico.

Blancos gruesos. Esta muestra de control asegura la calidad de los procesos de limpieza entre muestra y muestra en la etapa de chancado secundario (flujo de aire comprimido), asegurando una muestra libre de contaminación. Es común utilizar como muestra blanca el cuarzo estéril.

Blancos finos. Esta muestra de control asegura la calidad de los procesos de limpieza en la etapa de pulverizado, es común utilizar como muestra blanca la sílice estéril.

#### **2.1.7.6 ANÁLISIS QUIMICO LABORATORIO QUÍMICO**

##### **MUESTRA DUPLICADA.**

**Compañía minera Antapaccay.** (2021). [11]. Estas muestras de control miden del nivel de precisión, la precisión se evalúa a través del error relativo (ER), se recomienda tratar la precisión como una característica cualitativa (baja precisión, alta precisión), y el error relativo como un parámetro cuantitativo. Entre ambos existe una relación inversa: a mayor error relativo, menor precisión. Una muestra

duplicada tiene la misma ubicación espacial que la muestra original. Los duplicados sólo pueden obtenerse por cuarteo de muestras representativas en minerales.

**Muestras duplicadas de fino (MDF).** Son fracciones, o inserciones de porciones de las mismas pulpas empleadas en el ensayo químico original. Las fracciones de pulpas son enviadas al mismo laboratorio que las muestras originales, analizadas por los mismos elementos que una muestra original.

**Muestra estándar.** Un estándar de mineral de ley con un adecuado estado de oxidación y un contenido de minerales económicos representativo al yacimiento, las muestras estándares para Operaciones Antapaccay fueron preparadas con material propio del yacimiento.

#### **MUESTRA BLANCA.**

Estas muestras de control tienen como objeto la medición del efecto de la operación sobre un material probablemente estéril. Contenido de ley de Cu < 0.005% CuT.

Los objetivos principales:

- Controlar el nivel de contaminación entre muestras de diferentes lotes, diferentes clientes.
- Controlar los cambios litológicos con importantes contrastes en contenido de ley de Cu.
- Controlar los importantes contrastes de ley de Cu en una misma litología.

- Controlar la contaminación de los diques postmineral instruyendo a un Skarn o a un intrusivo con alto contenido de ley de Cu.
- Controlar la contaminación en intrusivos estériles en contacto con intrusivos mineralizados.

## **2.2. MARCO CONCEPTUAL**

### **MODELO**

Es el conjunto de procedimientos de cálculo (Variogramas, interpolaciones y otros) cuyos resultados tratan de representar las leyes reales del yacimiento, puesto que no siempre se tiene muestras que tengan un soporte sustentable.

### **DILUCIÓN**

Disminución de la concentración de mineral por efecto de la mezcla con materiales de menor ley.

### **CONO**

Material acumulado de forma cónica que se genera por las partículas al momento de realizar la perforación para la voladura.

### **LEY**

Es el porcentaje del contenido de un elemento metálico respecto al total de la muestra, expresado en porcentaje (%) o partes por millón (ppm).

### **DEPÓSITO**

Es un cuerpo mineralizado de interés económico, delimitado por la perforación diamantina, para proceder con la exploración y explotación.

## **CAPÍTULO III**

### **HIPÓTESIS Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

#### **3.1. HIPÓTESIS**

Al efectuar un eficiente análisis comparativo de leyes de cobre en muestras de blasthole mediante fluorescencia de rayos X y análisis químico convencional, permitirá mejorar los procesos en ore control utilizando el equipo portátil de FRX.

#### **3.2. VARIABLES E INDICADORES**

##### **3.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE**

➤ Análisis de ley cobre mediante fluorescencia de rayos X y análisis químico en muestras de blasthole.

##### **3.2.2. VARIABLE DEPENDIENTE**

➤ Mejora de procesos ore control en operaciones mineras

##### **3.2.3. INDICADORES**

➤ Reducción de tiempo para la toma de decisiones en operaciones mineras.

➤ Disminución del porcentaje de error al asignar el destino de los materiales.

### 3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIBALES

**Tabla 3.1.** Operacionalización de variables.

<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>
Análisis de ley de cobre muestras de blasthole.	Análisis de ley de cobre siguiendo procedimientos y protocolos establecidos para obtener la concentración de mineral en la muestra.	Tiempo de espera. (horas). - Peso de muestra. (kg). - Ley de cobre, (% de Cu).	Reducción de tiempo para la toma de decisiones en operaciones mineras. (horas)
Mejora de procesos ore control.	obtener datos confiables con el cual se pueda sustentar las decisiones que se toma en la operación.	toneladas de mineral. (tm).	Disminución de porcentaje de error al asignar el destino de materiales. (%)

Fuente: Elaboración propia

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **4.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **4.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Desde el punto de vista de enfoque la investigación es cuantitativa porque de las 7 características epistemológicas, 5 corresponden a una investigación cuantitativa entre las cuales están:

Percepción de la realidad es objetiva porque estará sustentado con datos medidos, el Razonamiento es deductivo y se contrastará la hipótesis, la Finalidad es de comprobación, orientado al resultado y el principio de la verdad es centrada a similitudes.

Desde el punto de vista de alcance, la metodología de investigación es correlacional porque se relacionará los datos obtenidos en ensayos de laboratorio químico y del equipo portátil de fluorescencia de rayos X.

#### **4.1.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

El diseño de la investigación es experimental porque se efectuó análisis de ensayos de laboratorio químico, en muestras de blasthole pulverizado y se realizó mediciones de ley de cobre utilizando el equipo portátil de fluorescencia de rayos X, en la misma muestra que posteriormente serán comparados mediante el software Excel para medir el nivel de correlación que existe entre ambos métodos de obtención de ley de cobre.

#### **4.2. UNIDAD DE ANÁLISIS**

La unidad de análisis de la investigación es el yacimiento tipo pórfido skarn de la compañía minera Antapaccay.

##### **4.2.1. CARACTERÍSTICAS**

**Compañía minera Antapaccay.** (2021). [11], Antapaccay es un depósito tipo pórfido skarn de Cu y como subproducto contiene pequeñas cantidades de Ag y Au; Está localizado dentro la Franja Tardi-Eocena-Oligocena denominada Yauri-Andahuaylas. Se halla a 12 km en línea recta hacia el SW de la Mina Tintaya y, en el entorno Este de la Antigua Mina Atalaya. La Franja Eocena-Oligocena Yauri Andahuaylas mencionada, posee una extensión de 320 a 350 km.

##### **4.2.2. ESPECIFICACIONES**

**Compañía minera Antapaccay.** (2021). [11], El yacimiento Antapaccay actualmente posee dos tajos con características Petro mineralógicas diferentes.

En Antapaccay Sur, se han diferenciado por lo menos 7 pulsos intrusivos las cuales son: la diorita (13), Pórfido Monzonita (86), Pórfido Atalaya (74), Pórfido

Monzonita (82 – 85) relacionados a la principal etapa de mineralización tipo pórfido (diseminado y venillas) y Pórfido 83 y Latita/Dacita (78) (Diques post mineral).

La mineralización está emplazada principalmente en rocas intrusivas tipo pórfidos monzoníticos como diseminación, venillas, y en contacto con las rocas pre mineralizadas tales como dioritas y rocas sedimentarias (calizas, lutitas calcáreas), formando skarn y stockwork.

En Antapaccay Norte, se han diferenciado por lo menos 5 pulsos intrusivos, las cuales son: la diorita (13), pórfido monzonita (86), pórfido monzonita (79), pórfido monzonita (75) relacionados a la principal etapa de mineralización tipo pórfido (diseminado y venillas) y pórfido 83 y andesita (16) (diques posts minerales).

La mineralización principalmente está emplazada en rocas intrusivas tipo pórfidos monzoníticos como diseminación, venillas, y en contacto con las rocas pre mineralizadas como dioritas y de origen sedimentario (calizas, lutitas calcáreas) forman en el stockwork, y en el Skarn de magnetita-piroxeno.

A continuación, se describe las principales litologías del yacimiento

### **DIORITA**

La intrusión de la Diorita código 13, en forma de diques sub verticales con potencia promedio de 50 m, la diorita está mineralizada en los contactos con el intrusivo porfirítico intra-mineral (85) y pobremente mineralizada lejos de los centros intrusivos. Al contacto con las calizas generó cuerpos de magnetita con débil

mineralización de cobre y limitado endoskarn de código 53, se interpretan en forma independiente. (Figura 4.1 y Tabla 4.1)



**Figura: 4.1.** Diorita Intrusiva Pre-mineral con una textura de grano fino-medio, Equi-granular, no tiene matriz.

**Fuente:** Compañía Minera Antapaccay, Gerencia de exploraciones. (2019). (Informe de características Petro mineralógicas del yacimiento)

**Tabla 4.1.** Descripción macroscópica de la diorita en el yacimiento Antapaccay.

Tipo de Roca	Diorita (13)
<b>Petrología</b>	
<b>Descripción Macroscópica</b>	
<b>Textura</b>	De grano fino a medio, equigranular.
<b>Color de Roca</b>	Gris verdosa oscura.
<b>Fenos/ Matriz</b>	No presenta matriz
<b>Minerales Principales</b>	<b>Cuarzo:</b> no presenta
	<b>Plagioclasa:</b> 50 ~ 60% ~ 55%, euhedrales a subhedrales. Tamaño grano: 0.5-1.5m, (~ 1mm)
	<b>Hornblenda:</b> 25 ~ 33 %, anhedral a Subhedrales. Tamaño grano: 0.5-1.5 mm, (~ 1mm)
	<b>Biotita:</b> Raramente.0-0.1%, laminas Seuhexagonales.
<b>Accesorios</b>	<b>Magnetita:</b> 3-5%, ~ 4% vhgf diss.
	<b>Esfena:</b> No presenta

**Fuente:** Elaboración propia

## **PORFIDO MONZONITA TAJO SUR**

Pórfido (85) de grano medio a grueso con alteraciones predominantes en este intrusivo son la potásica en forma de venas cuarzo - feldespatos potásico - sulfuros y biotita secundaria, albitización caracterizada por la alteración de la plagioclasa a albita +/-clorita, horblenda a clorita y pirita diseminada como también endoskarn de granate-piroxeno-plagioclasa (97) en el contacto con las rocas calcáreas de la Formación Ferrobamba, al este en contacto con el hornfels se genera stockwork (65); su comportamiento es de un stock subvertical de ancho aproximado de 430mt y largo de 1400mt. (**Figura 4.2. y Tabla 4.2.**)



**Figura 4.2.** principal pórfido mineralizado de Antapaccay sur.

**Fuente:** Compañía Minera Antapaccay, Gerencia de exploraciones. (2019). (Informe de características Petro mineralógicas del yacimiento)

**Tabla 4.2.** Descripción macroscópica de la monzonita sur en el yacimiento Antapaccay.

Tipo de Roca	Cuarzo Monzonita (85)
<b>Descripción Macroscópica</b>	
<b>Textura</b>	De grano medio-grueso, homogéneo, débilmente seriada, bimodal porfirítico.
<b>Color de Roca</b>	Gris verdoso claro con tonalidades rosadas verdosas
<b>Fenos/ Matriz</b>	65/35% / 70/30%
<b>Minerales Principales</b>	<b>Cuarzo:</b> 0~2% ~ 0.5% Tamaño grano: 0.4~1,2mm, ojos de Cuarzo subredondeados
	<b>Hornblenda:</b> 4~10 % ~ 6% Tamaño grano: 0.3-3 mm prismáticos subh > euh (40%>0.8%)
	<b>Biotita:</b> 3~6 % ~4% Tamaño grano: 0.3-2 mm libros >Seudohexag (laminar) euhedrales 0,2~0.8mm.
	<b>Plagioclasa:</b> 50~55 % ~53% Tamaño grano: 0.5-9 mm, euhedrales > anh (80% > 3mm)
<b>Accesorios</b>	<b>Magnetita:</b> 0.5 ~ 1 % vhf diss
	<b>Esfena:</b> - 0~0.5% anhedral diss
<b>Matriz</b>	Cz > kf

Fuente: Elaboración propia

### PORFIDO MONZONITATAJO NORTE

El pórfido 75 es un pórfido tubular elongado, al contacto con la caliza genera zonas de endoskarn discontinuos de código 94, internamente en el pórfido de observa venillas de cuarzo con sulfuro o stockwork cuyo código es 66. (**Figura 4.3. y Tabla 4.3.**)



**Figura 4.3.** Principal pórfido mineralizado de Antapaccay sur

Fuente: Compañía Minera Antapaccay, Gerencia de exploraciones. (2019). (Informe de características Petro mineralógicas del yacimiento)

**Tabla 4.3.** Descripción macroscópica de la monzonita norte en el yacimiento Antapaccay.

<b>Tipo de Roca</b>	<b>Pórfido Monzonita (75)</b>
<b>Descripción Macroscópica</b>	
<b>Textura</b>	Porfirítica, de grano fino - medio, con variaciones texturales y abierta, moderadamente seriado / bimodal. Presenta plagioclasas grandes aisladas.
<b>Color de Roca</b>	Gris oscuro con tonalidades rosadas y verdosas
<b>Fenos/ Matriz</b>	30/70 % / 70/30%
<b>Minerales Principales</b>	<b>Cuarzo:</b> No presenta.
	<b>Hornblenda:</b> 8 ~ 10 % ~ 8 %, prismáticos ~ aciculares, subhedral > euhedral.
	<b>Biotita:</b> 3 ~ 5 % ~ 4 %, libros > laminar pseudo hexagonal, euhedral.
	<b>Plagioclasa:</b> 30 ~ 45 % ~ 40 %, tabular corto y largo, subhedral > anhedral. Kf: No presenta.
<b>Accesorios</b>	<b>Magnetita:</b> 1 ~ 2 % ~ 1 %, muy fina diss.
	<b>Esfena:</b> 0 ~ 0.5 %, subhedral ~ anhedral, diss finas.
<b>Matriz</b>	Microcristalina. Feldespática > Silíceas

**Fuente:** Elaboración Propia.

#### 4.2.3. UBICACIÓN DEL SUJETO DE ESTUDIO

La compañía minera Antapaccay pertenece a la corporación Glencore, se encuentra ubicada al Sur del Perú. Políticamente se localiza en la Comunidad Campesina de Alto Huarca, Provincia de Espinar, Región Cusco.

Geográficamente, sus coordenadas WSG84, zona 19S, se localiza entre las coordenadas 243283E y 8345572N, del meridiano de Greenwich, con elevaciones que fluctúan entre los 3,800 - 4100 msnm, del centro minero de Antapaccay.

**(Anexo 3)**

### 4.3. MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TÍTULO:** “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LEY DE COBRE EN MUESTRAS DE BLASTHOLE MEDIANTE FLUORESCENCIA DE RAYOS X Y ANÁLISIS QUÍMICO, PARA LA MEJORA DE PROCESOS EN ORE CONTROL”

**Tabla 4.4.** Matriz de consistencia.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES		INDICADORES
			DEPENDIENTE	INDEPENDIENTE	
¿Como afecta de manera negativa la demora del resultado de análisis químico en muestras de blasthole a procesos ore control en operaciones mineras?	Mejorar los procesos en ore control mediante el análisis de ley de cobre en muestras de blasthole utilizando el equipo portátil de fluorescencia de rayos X.	Al efectuar un eficiente análisis comparativo de leyes de cobre en muestras de blasthole mediante fluorescencia de rayos X y análisis químico, permitirá mejorar procesos en ore control utilizando la pistola de fluorescencia de rayos X.	Mejora de procesos ore control en operaciones mineras	Análisis de ley cobre mediante fluorescencia de rayos X y análisis químico en muestras de blasthole.	<p>Reducción de tiempo para la toma de decisiones en operaciones mineras. (horas)</p> <p>Reducción del porcentaje de error en la generación de polígonos de mineral y/o desmonte. (%)</p>

**Fuente:** Elaboración Propia.

## **CAPÍTULO V**

### **DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

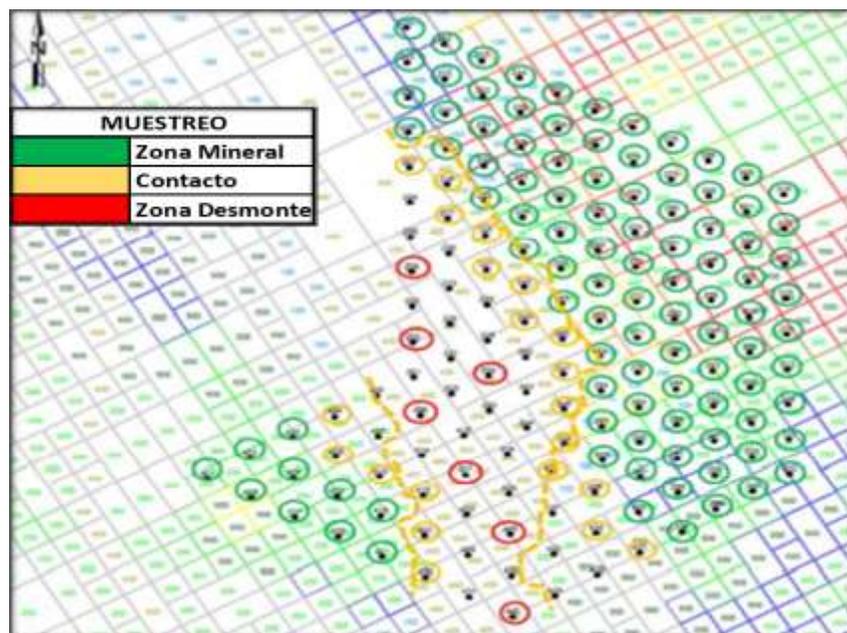
#### **5.1. RECOLECCIÓN DE DATOS**

##### **5.1.1. TRABAJO DE CAMPO**

###### **MUESTREO**

Durante el muestreo realizado en los conos de perforación se han obtenido un peso promedio de 9kg por cada punto, y se observó la ocurrencia de minerales de cobre como la calcopirita, bornita y calcosina. (**Figura. 5.1.**) En el área se ha realizado un muestreo sistemático en chip rock mediante el método AUGER, la ubicación de las muestras ha sido georreferenciadas mediante el sistema WGS84 18S, utilizando un GPS R10 con un error no mayor a +/- 1m.

Las muestras fueron debidamente rotuladas, embolsadas y empaquetadas para evitar la contaminación con otras muestras (**Figura 5.2.**)



**Figura. 5.1.** Malla de Muestreo.

**Fuente:** Compañía minera Antapaccay, Superintendencia de geología mina. (2021), Planos



**Figura 5.2.:** Muestras Recolectadas.

**Fuente:** Elaboración propia.

El muestreo fue realizado con el fin de obtener muestras homogéneas y representativas del punto de interés. Para esto se utilizaron elementos como: Auger, pala de mano, bolsas de muestreo, tarjetas de rotulación y precintos.

Las muestras de blasthole fueron recolectadas en terrero plano (plataforma de perforación) realizando inserciones con el auger tratando de completar un aproximado de 10 a 12kg por muestra tal como indica el procedimiento de muestreo de la compañía minera Antapaccay (**Figura 5.3. y 5.4.**)



**Figura 5.3.** Muestreo de blasthole mediante inserciones con el Auger.

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 5.4.** Corte del cono del blasthole luego de la inserción del Auger.

**Fuente:** Elaboración propia.

El método de muestreo a utilizar depende del tipo de cono que se presente, por ejemplo, para conos tipo 1 y 2 se utiliza el auger, para conos tipo 3 y 4 se utiliza la pala de mano y en casos se tenga conos tipo 5 en el cual no hay detritos o es mínima no se realiza el muestreo y se codifica como cono sin recuperación. **(Figura 5.5).**



**Figura 5.5.** Clasificación de los tipos de cono.

**Fuente:** Elaboración Propia.

## 5.2. PROCESAMIENTO DE LAS MUESTRAS RECOLECTADAS

### 5.2.1. PREPARACION DE MUESTRAS

Las muestras fueron procesadas por la empresa SGS Perú para su posterior análisis químico en el laboratorio de la compañía minera Antapaccay.

Los procesos realizados son los siguientes:

- Pesado
- Secado a 106°C
- Chancado a malla N°10
- Cuarteo
- Pulverizado a malla N°140
- Almacenado

Lo mencionado anteriormente se representa en la **(Figura 5.6.)**



Figura 5.6. Secuencia del proceso de preparación de muestras

Fuente: Elaboración propia.

### 5.3. ANÁLISIS QUÍMICO DE LAS MUESTRAS RECOLECTADAS

El análisis de muestras son parte del protocolo del laboratorio químico de la compañía minera Antapaccay, el análisis corresponde al método de absorción atómica para el cual se procede de la siguiente manera:

Pesar 0,2 gramos de muestra, adicionar 4,0 ml de ácido clorhídrico, 2,0 ml de ácido perclórico y 3,0 ml ácido fluorhídrico. Luego Digestar.

Enfriar hasta que se encuentre en estado pastoso y trasvasar. Seguidamente Aforar Agitar y decantar.

Finalmente realizar la lectura por el método de absorción atómica el cual es una técnica para la cuantificación de elementos químicos presentes en soluciones acuosas. Esta técnica analítica permite la cuantificación de muchos elementos de interés para la industria minera (**Figura 5.7**).

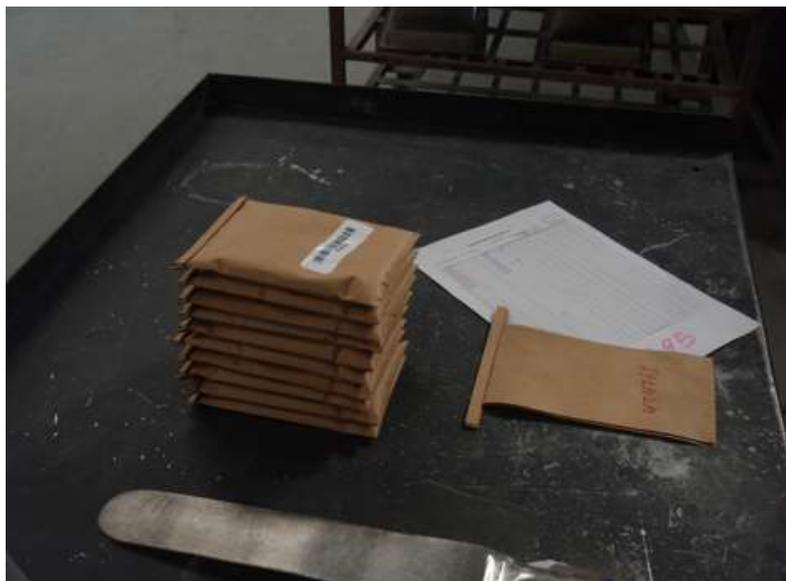


**Figura 5.7.** Análisis químico de muestras de blasthole.

**Fuente:** Laboratorio Químico compañía minera Antapaccay. (2021). (Norma operática).

Las muestras de blasthole a analizar deben encontrarse adecuadamente etiquetadas, para su identificación e integridad. La muestra debe tener un peso aproximado de 350g y empaquetadas adecuadamente para evitar su contaminación con otras muestras. El análisis químico es realizado en su totalidad por laboratorio químico de la compañía minera

Antapaccay cumpliendo sus estrictos protocolos de calidad para obtener resultados confiables. (Figura 5.8.)



**Figura 5.8.** Muestras de blasthole para análisis químico etiquetadas y rotuladas.

**Fuente:** Elaboración propia

#### **5.4. FLUORECENCIA DE RAYOS X PORTATIL**

El análisis por fluorescencia de rayos X se realizó con un equipo portátil en los ambientes de trabajo de la superintendencia de geología mina respetando los procedimientos y protocolos establecidos. (Figura 5.9.).



**Figura 5.9:** sala de lectura de muestras donde se realizó el trabajo de FRX.

**Fuente:** Elaboración propia.

#### **5.4.1. LECTURA DE LEY MEDIANTE XRF PORTATIL A MUESTRAS PULVERIZADAS**

##### **TOMA DE MUESTRAS**

Las muestras pulverizadas fueron preparadas por la contrata SGS Perú a una malla 140, las cuales están bien rotuladas, empaquetadas asegurando de esta manera su correcta identificación y no contaminación con otras muestras procesadas.

El equipo utiliza una moneda de titanio como elemento de auto calibración. luego se procede a preparar las muestras pulverizadas para realizar la lectura de dichas muestras (**Figura 5.10.**)



**Figura 5.10.** Muestras preparadas para lectura con FRX.

**Fuente:** Elaboración propia.

La preparación se realiza utilizando unas copelas de plástico en donde se llena las muestras pulverizadas y se procede a sellar la copeta con film de polipropileno de 4um, esto se realiza para cada muestra a analizar y se debe realizar con todas las precauciones de tal manera que no se contamine y sea representativa. (**Figura 5.11.**)



**Figura 5.11:** muestras preparadas y rotuladas correctamente.

**Fuente:** Elaboración propia.

## **LECTURA DE MUESTRAS**

Las copelas que contienen las muestras han sido recubiertas con film de polipropileno para evitar posibles contaminaciones, luego cada muestra está expuesta al analizador portátil durante 45 segundos, al término del cual se realiza la lectura de la composición de la muestra, terminando de realizar la lectura de todas las muestras se descarga los datos del equipo XRF portátil a la computadora de trabajo para su análisis final respectivo. **(Figura 5.12, 5.13, 5.14.)**

De la misma manera los resultados obtenidos mediante el analizador portátil y resultados de laboratorio químico de las muestras de blasthole se aprecia en el

**ANEXO 1**



**Figura 5.12.** muestras preparadas y Equipo portátil de FRX.

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 5.13.** Muestra colocada correctamente en el equipo portátil de FRX.

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 5.14.** Lectura de muestras de blasthole con el equipo portátil de FRX.

**Fuente:** Elaboración propia.

## 5.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

### 5.5.1. QAQC DE LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO

Las muestras fueron enviados a laboratorio químico en 5 lotes de modo que cada lote no supera las 60 unidades, en las cuales están incluidas las muestras de control (estandartes, duplicados y blancos), (ANEXO 1)

A continuación, se presentan gráficos y cuadros de las muestras de control insertadas en las muestras de blasthole analizadas.

#### 5.5.1.1 MUESTRAS BLANCAS

#### RESULTADOS DE LABORATORIO QUÍMICO

QAQC de las muestras blancas se muestran en la (Tabla 5.1. y Figura 5.15.)

**Tabla 5.1.** Muestras Blancas insertadas para análisis de laboratorio químico.

Nivel de Contaminación		LAB-QUÍMICO			
		Factor de Aceptabilidad			3
Item	Orden de Análisis Químico	MC	Cu LAB	MV	LA1
1	BH2021-0573	MB-104	<0.010	0.01	0.03
2	BH2021-0574	MB-104	<0.010	0.01	0.03
3	BH2021-0574	MB-104	<0.010	0.01	0.03
4	BH2021-0575	MB-104	<0.010	0.01	0.03
5	BH2021-0575	MB-104	<0.010	0.01	0.03
6	BH2021-0578	MB-104	<0.010	0.01	0.03
7	BH2021-0578	MB-104	<0.010	0.01	0.03
8	BH2021-0579	MB-104	<0.010	0.01	0.03
9	BH2021-0579	MB-104	<0.010	0.01	0.03

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 5.15.** Gráfico según el rango de aceptación para muestras blancas.

**fuentes:** Elaboración propia.

## RESULTADOS DE ANALIZADOR PORTATIL FRX

QAQC de las muestras blancas se muestran en la (Tabla 5.2. y Figura 5.16.)

**Tabla 5.2.** Muestras Blancas insertadas para el analizador portátil FRX.

Nivel de Contaminación		EQUIPO PORTATIL			
		Factor de Aceptabilidad			3
Item	Orden de Análisis Químico	MC	Cu LAB	MV	LA1
1	BH2021-0573	MB-104	<0.010	0.01	0.03
2	BH2021-0574	MB-104	<0.010	0.01	0.03
3	BH2021-0574	MB-104	<0.010	0.018	0.03
4	BH2021-0575	MB-104	<0.010	0.012	0.03
5	BH2021-0575	MB-104	<0.010	0.012	0.03
6	BH2021-0578	MB-104	<0.010	0.011	0.03
7	BH2021-0578	MB-104	<0.010	0.012	0.03
8	BH2021-0579	MB-104	<0.010	0.011	0.03
9	BH2021-0579	MB-104	<0.010	0.01	0.03

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 5.16.** Gráfico según el rango de aceptación para muestras blancas.

**Fuente:** Elaboración propia.

### 5.5.1.2 MUESTRAS STANDAR

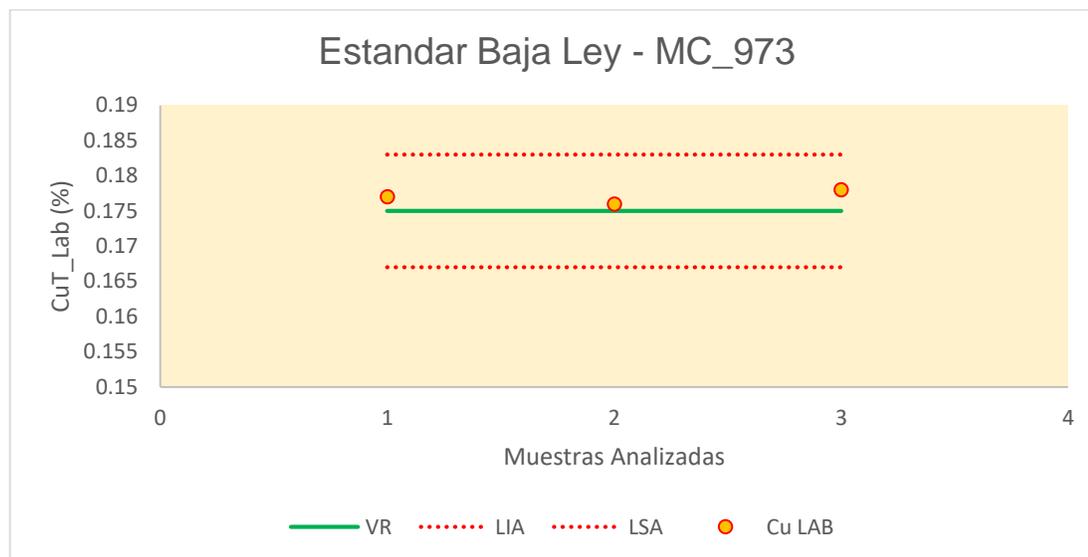
#### RESULTADOS DE LABORATORIO QUÍMICO

QAQC de muestras Estándar de baja ley se muestran en la (Tabla 5.3. y Figura 5.17.)

**Tabla 5.3.** Muestras estándar de baja ley insertadas para análisis químico.

Nivel de Exactitud		LAB. QUÍMICO ANTAPACCAY				
Item	Orden de Análisis Químico	MC	Cu LAB	VR	LIA	LSA
1	BH2021-0573	MC-973	0.177	0.175	0.167	0.183
2	BH2021-0575	MC-973	0.176	0.175	0.167	0.183
3	BH2021-0578	MC-973	0.178	0.175	0.167	0.183

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 5.17.** gráfico según el rango de aceptación para muestras estándar de baja ley.

**Fuente:** Elaboración propia.

QAQC de muestras Estándar de alta ley se muestran en la (Tabla 5.4. y Figura 5.18.)

**Tabla 5.4.** Muestras estándar de alta ley insertadas para análisis químico.

Nivel de Exactitud		LAB. QUÍMICO ANTAPACCAY				
Item	Orden de Análisis Químico	MC	Cu LAB	VR	LIA	LSA
1	BH2021-0573	MC-975	0.806	0.784	0.750	0.818
2	BH2021-0573	MC-975	0.793	0.784	0.750	0.818
3	BH2021-0574	MC-975	0.764	0.784	0.750	0.818
4	BH2021-0575	MC-975	0.796	0.784	0.750	0.818
5	BH2021-0575	MC-975	0.805	0.784	0.750	0.818
6	BH2021-0578	MC-975	0.801	0.784	0.750	0.818
7	BH2021-0578	MC-975	0.806	0.784	0.750	0.818
8	BH2021-0579	MC-975	0.768	0.784	0.750	0.818
9	BH2021-0579	MC-975	0.764	0.784	0.750	0.818

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 5.18.** gráfico según el rango de aceptación para muestras estándar de alta ley.

**Fuente:** Elaboración propia.

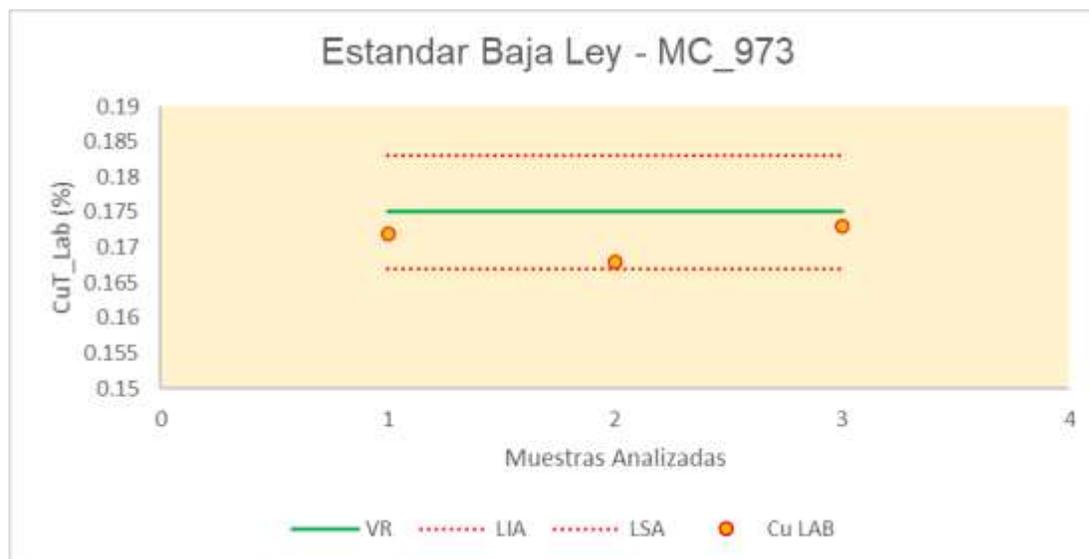
## RESULTADOS DEL ANALIZADOR PORTATIL FRX

QAQC de muestras Estándar de baja ley se muestran en la (Tabla 5.5. y Figura 5.19.)

**Tabla 5.5.** Muestras estándar de baja ley insertadas para analizador portátil FRX.

Nivel de Exactitud		EQUIPO PORTATIL				
Item	Orden de Análisis Químico	MC	Cu LAB	VR	LIA	LSA
1	BH2021-0573	MC-973	0.172	0.175	0.167	0.183
2	BH2021-0575	MC-973	0.168	0.175	0.167	0.183
3	BH2021-0578	MC-973	0.173	0.175	0.167	0.183

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 5.19.** gráfico según el rango de aceptación para muestras estándar de baja ley.

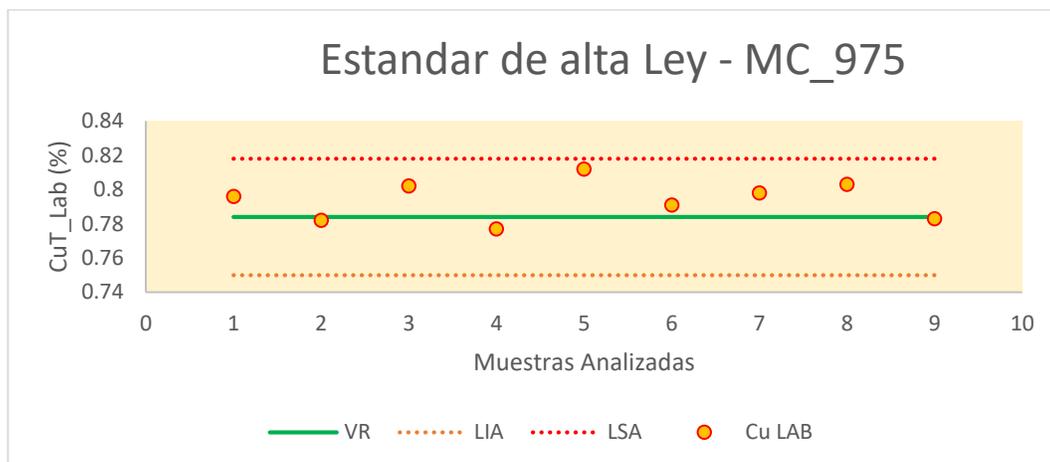
**Fuente:** Elaboración propia.

QAQC de muestras Estándar de alta ley se muestran en la (Tabla 5.6. y Figura 5.20.)

**Tabla 5.6.** Muestras estándar de alta ley insertadas para analizador portátil FRX.

Nivel de Exactitud		EQUIPO PORTATIL				
Item	Orden de Análisis Químico	MC	Cu LAB	VR	LIA	LSA
1	BH2021-0573	MC-975	0.796	0.784	0.750	0.818
2	BH2021-0573	MC-975	0.782	0.784	0.750	0.818
3	BH2021-0574	MC-975	0.802	0.784	0.750	0.818
4	BH2021-0575	MC-975	0.777	0.784	0.750	0.818
5	BH2021-0575	MC-975	0.812	0.784	0.750	0.818
6	BH2021-0578	MC-975	0.791	0.784	0.750	0.818
7	BH2021-0578	MC-975	0.798	0.784	0.750	0.818
8	BH2021-0579	MC-975	0.803	0.784	0.750	0.818
9	BH2021-0579	MC-975	0.783	0.784	0.750	0.818

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 5.20.** gráfico según el rango de aceptación para muestras estándar de alta ley.

**Fuente:** Elaboración propia.

### 5.5.1.3 MUESTRAS DUPLICADAS

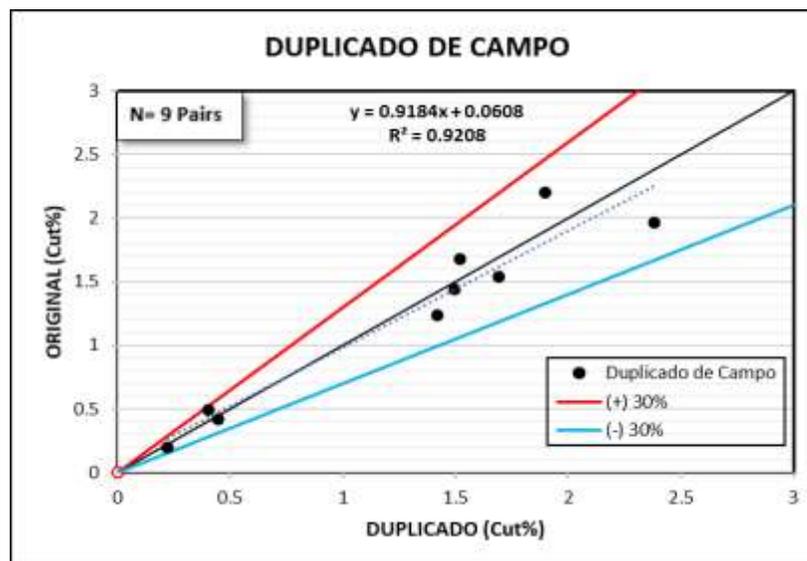
#### DUPLICADOS DE CAMPO

Para que los resultados obtenidos sean confiables, la variación porcentual entre el duplicado de campo y muestra original no debe exceder el  $\pm 20\%$ . (**Tabla 5.7**, **Figura 5.21.**)

**Tabla 5.7.** Resultados de muestras duplicadas de campo.

Orden de Análisis Químico	ROCA	CODIGO	DUPLICADO	ORIGINAL	VARIACIÓN
BH2021-0578	MONZOTA S	18	0.405	0.485	-17.98
BH2021-0578	MONZOTA S	48	2.384	1.956	19.72
BH2021-0579	STOCKWORK	13	1.499	1.432	4.57
BH2021-0579	STOCKWORK	40	1.901	2.199	-14.54
BH2021-0575	MONZONITA N	11	0.224	0.19	16.43
BH2021-0575	MONZONITA N	41	1.421	1.231	14.33
BH2021-0575	MONZONITA N	67	1.695	1.53	10.23
BH2021-0573	DIORITA	17	0.449	0.412	8.59
BH2021-0573	DIORITA	47	1.521	1.672	-9.46

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 5.21.** Gráfico de variación de muestras duplicadas de campo.

**Fuente:** Elaboración propia.

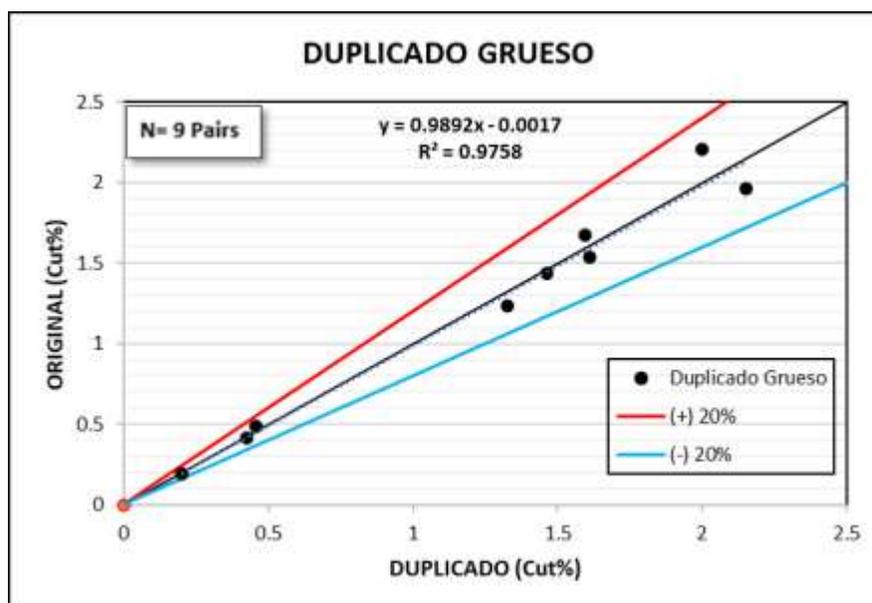
## DUPLICADOS GRUESOS

Para que los resultados obtenidos sean confiables, la variación porcentual entre el duplicado grueso y muestra original no debe exceder el  $\pm 10\%$ . (Tabla 5.8, Figura 5.22.)

**Tabla 5.8.** Resultados de muestras duplicadas Grueso.

Orden de Análisis Químico	ROCA	CODIGO	DUPLICADO	ORIGINAL	VARIACIÓN
BH2021-0578	MONZOTA S	18	0.459	0.485	-5.51
BH2021-0578	MONZOTA S	48	2.153	1.956	9.59
BH2021-0579	STOCKWORK	13	1.463	1.432	2.14
BH2021-0579	STOCKWORK	40	2.002	2.199	-9.38
BH2021-0575	MONZONITA N	11	0.201	0.19	5.63
BH2021-0575	MONZONITA N	41	1.328	1.231	7.58
BH2021-0575	MONZONITA N	67	1.614	1.53	5.34
BH2021-0573	DIORITA	17	0.428	0.412	3.81
BH2021-0573	DIORITA	47	1.596	1.672	-4.65

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 5.22.** Gráfico de variación de muestras duplicadas grueso.

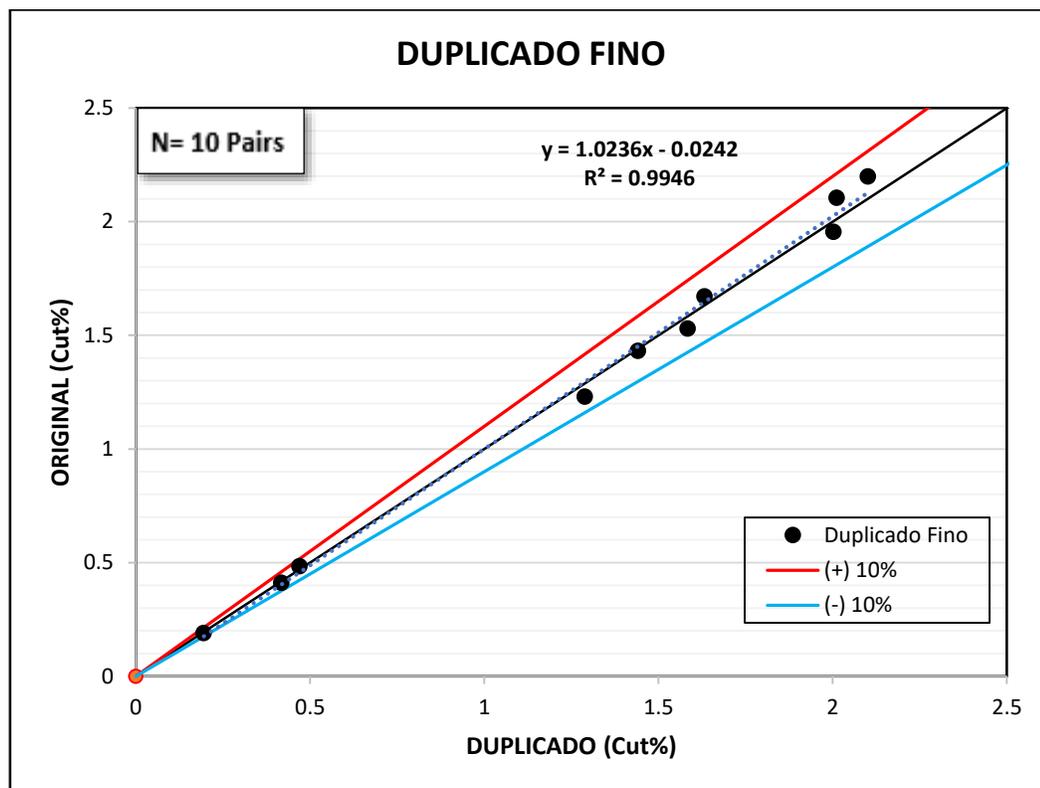
Fuente: Elaboración propia.

## DUPLICADOS FINOS

Para que los resultados obtenidos sean confiables, la variación porcentual entre el duplicado fino y muestra original no debe exceder el  $\pm 5\%$ . (Tabla 5.9, Gráfico 5.23.)

**Tabla 5.9.** Resultados de muestras duplicadas Fino.

Orden de Análisis Químico	ROCA	CODIGO	DUPLICADO	ORIGINAL	VARIACIÓN
BH2021-0578	MONZOTA S	18	0.47	0.485	-3.14
BH2021-0578	MONZOTA S	48	2.002	1.956	2.32
BH2021-0579	STOCKWORK	13	1.441	1.432	0.63
BH2021-0579	STOCKWORK	40	2.101	2.199	-4.56
BH2021-0575	MONZONITA N	11	0.195	0.19	2.60
BH2021-0575	MONZONITA N	41	1.289	1.231	4.60
BH2021-0575	MONZONITA N	67	1.584	1.53	3.47
BH2021-0573	DIORITA	17	0.418	0.412	1.45
BH2021-0573	DIORITA	47	1.632	1.672	-2.42
BH2021-0574	SKARN	7	2.012	2.105	-4.52



**Figura 5.23.** Gráfico de variación de muestras duplicadas finos.

**Fuente:** Elaboración propia.

## CAPITULO VI

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 6.1. ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS DE LABORATORIO

La comparación de los resultados analíticos obtenidos del análisis químico cualitativo- cuantitativo de laboratorio y de la medición con el equipo portátil de FRX de las muestras recolectadas se agruparon por tipo de roca y rango de ley;

Los tipos de rocas en nuestro caso fueron 5 las cuales son: Diorita, Monzonita del tajo norte, Monzonita del tajo sur, Skarn, Stockwork. Estas rocas son predominantes en la unidad de análisis del presente trabajo.

Posteriormente se agrupa cada tipo de roca por rango de ley. El rango de ley que se utilizo fue en dos grupos: baja ley (0,1 hasta 0,5) y alta ley (0,5 a más).

Las muestras obtenidas mediante la lectura del analizador portátil y los resultados del análisis químico convencional se observan en el anexo 1, posteriormente se realizó el cálculo del error mediante la siguiente formula que se registra en los manuales del equipo.

$$ER = 2 * \frac{(\text{Valor Absoluto (Laboratorio - Equipo FRX)})}{(\text{Laboratorio} + \text{Equipo FRX})}$$

De la misma manera se realizó el cálculo de la pendiente y el intercepto utilizando la hoja de cálculo Excel, con el cual se realizó la posterior corrección de tal manera que el error relativo no exceda el  $\pm 5\%$ .

El ajuste de ley de FRX se realiza mediante la fórmula que se muestra o ingresando el factor de calibración al analizador portátil de FRX, en ambos casos el resultado que arroje en cada lectura es la misma.

$$Cu \text{ Corregido} = (Cu \text{ FRX} * Pendiente) + Intercepto$$

Finalmente se tiene los resultados de ley de FRX, % variación entre laboratorio químico y analizador de FRX, ley de FRX ajustado, % de variación entre ley de laboratorio químico y ley ajustada de FRX. Todo ello se muestra en el cuadro del **ANEXO 2**.

A continuación, se muestran las gráficas de correlación de datos sin corrección y con corrección para tipos de rocas y rango de ley mencionados anteriormente.

Los datos que se muestran en el Anexo 2 se realizaron usando la hoja de cálculo Excel utilizando las fórmulas y cálculos matemáticos requeridos para el trabajo.

### **6.1.1. RESULTADOS SIN CORRECCIÓN**

En esta parte se analizó los resultados obtenidos de laboratorio químico y analizador portátil de FRX, sin ningún tratamiento estadístico realizando graficas de correlación entre ambos resultados.

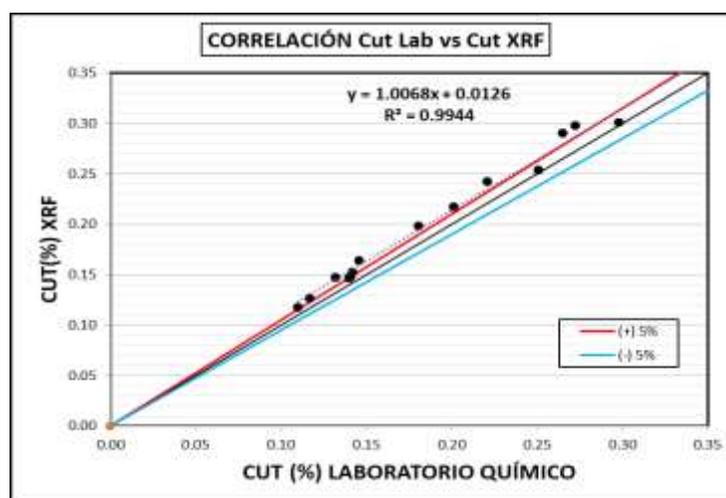
### 6.1.1.1 DIORITA DE BAJA LEY

Para el presente trabajo se consideró baja ley a los resultados que están por encima de 0,1 y menores a 0,5 aproximadamente. Los resultados de pendiente, intercepto y correlación se muestran en la **Tabla 6.1.** y **Figura 6.1.**

**Tabla 6.1.** Pendiente, intercepto y correlación para la diorita de baja ley

DIORITA	COBRE DE BAJA LEY
SLOPE	<b>0,9877</b>
OFFSET	<b>-0,0109</b>
CORRELATION	<b>99,7%</b>

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 6.1.** Gráfico de correlación de Cu Lab. vs Cu FXR.

**Fuente:** Elaboración propia.

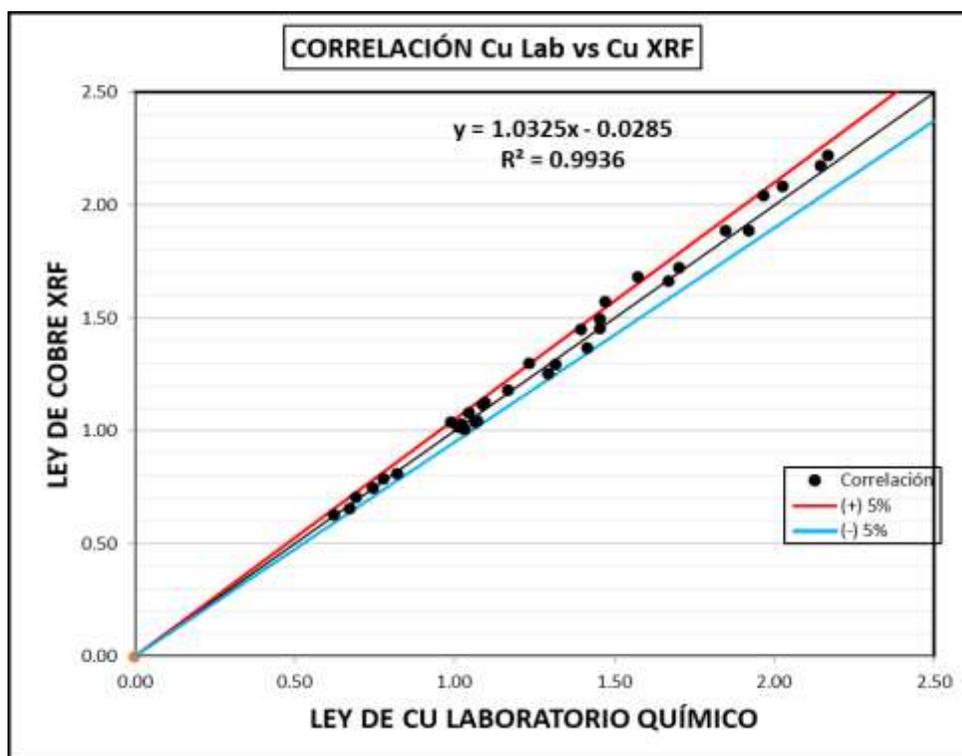
### 6.1.1.2 DIORITA DE ALTA LEY

Para el presente trabajo se consideró alta ley a los resultados que están por encima de 0.5 aproximadamente. Los resultados de pendiente, intercepto y correlación se muestran en la **Tabla 6.2.** y **Figura 6.2.**

**Tabla 6.2.** Pendiente, intercepto y correlación para la diorita de alta ley.

DIORITA	COBRE DE ALTA LEY
SLOPE	0.9624
OFFSET	0.0357
CORRELATION	99.7%

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 6.2.** Gráfico de correlación de Cu Lab. vs Cu FXR.

**Fuente:** Elaboración propia.

### 6.1.1.3 MONZONITA DEL TAJO SUR DE BAJA LEY

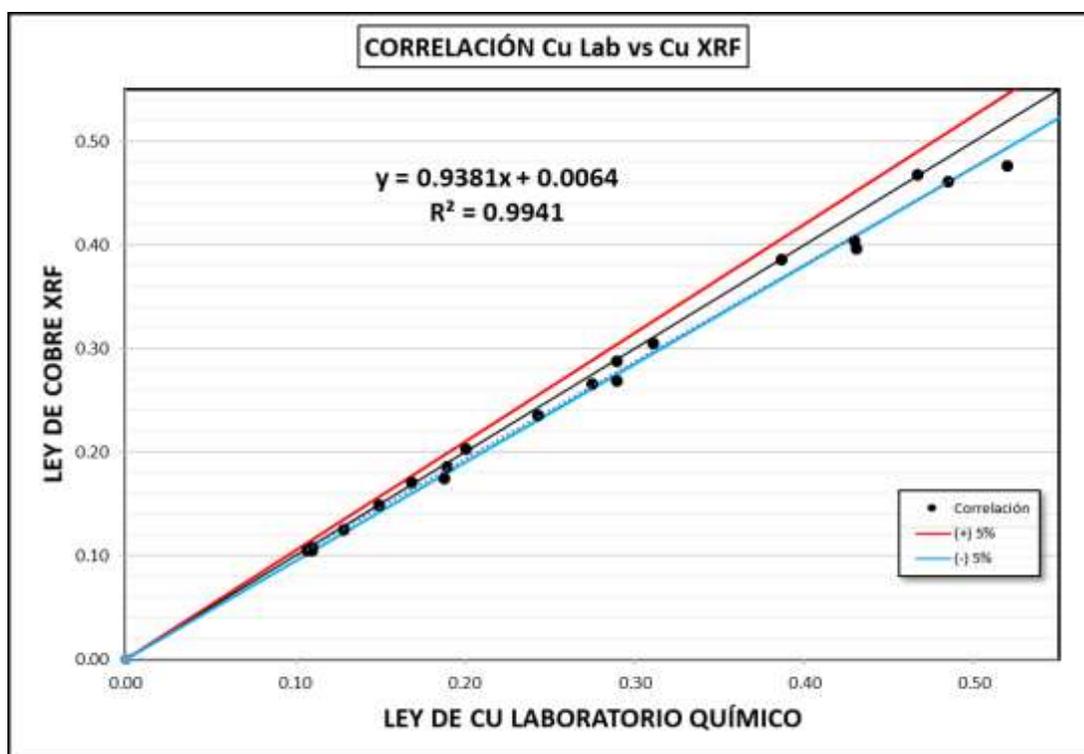
Los resultados de pendiente, intercepto y correlación se muestran en la **tabla 6.3.**

y **Figura 6.3.**

**Tabla 6.3.** Pendiente, intercepto y correlación para la monzonita sur de baja ley.

MONZONITA TAJO SUR	COBRE BAJA LEY
SLOPE	1.0596
OFFSET	-0.0052
CORRELATION	99.7%

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 6.3.** Gráfico de correlación de Cu Lab. vs Cu FXR.

Fuente: Elaboración propia.

#### 6.1.1.4 MONZONITA DEL TAJO SUR DE ALTA LEY

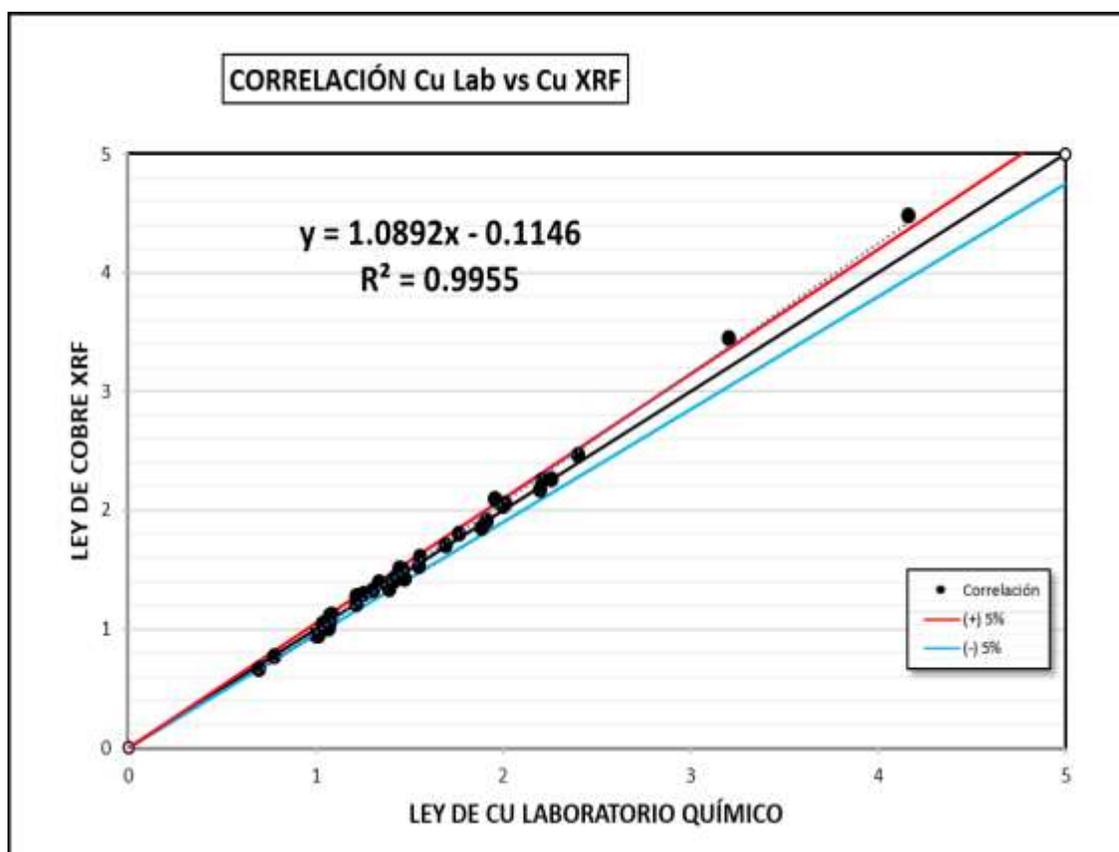
Los resultados de pendiente, intercepto y correlación se muestran en la **Tabla**

**6.4.** y **Figura 6.4.**

**Tabla 6.4.** Pendiente, intercepto y correlación para la monzonita sur de alta ley.

MONZONITA TAJO SUR	COBRE ALTA LEY
SLOPE	0.9140
OFFSET	0.1118
CORRELATION	99.8%

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 6.4.** Gráfico de correlación de Cu Lab. vs Cu FXR.

**Fuente:** Elaboración propia.

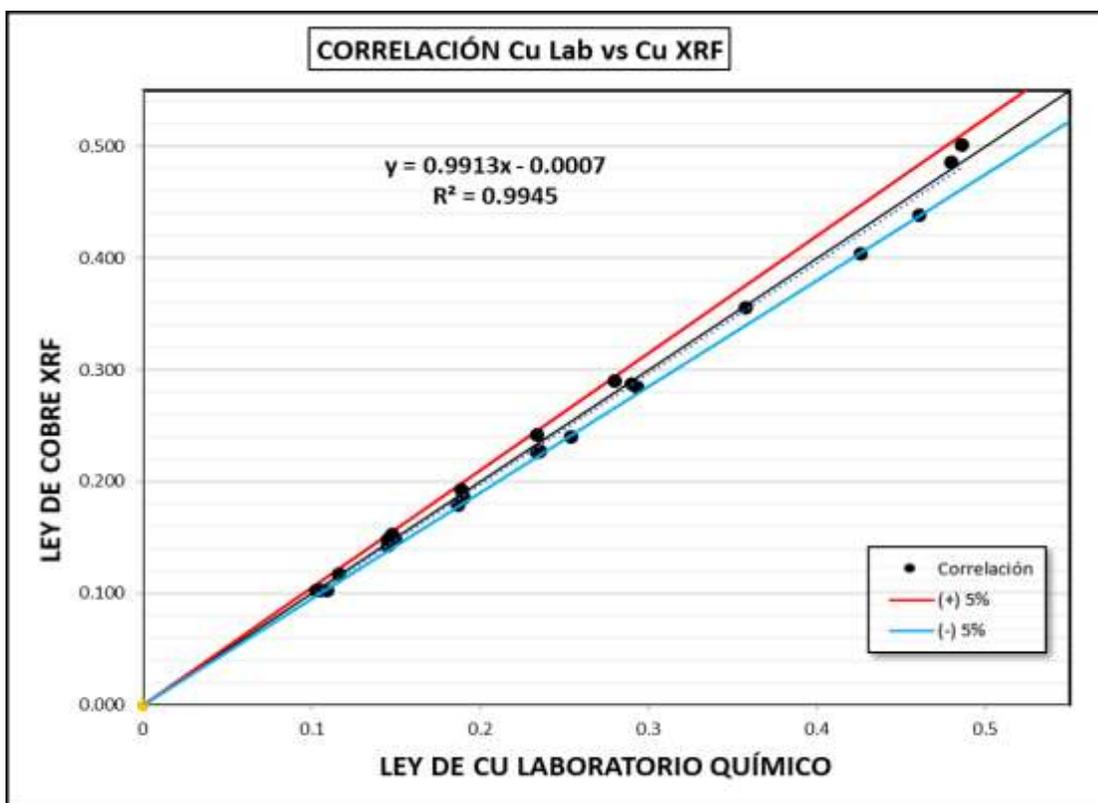
### 6.1.1.5 MONZONITA DEL TAJO NORTE DE BAJA LEY

Los resultados de pendiente, intercepto y correlación se muestran en la **tabla 6.5.**  
y **Figura 6.5.**

**Tabla 6.5.** pendiente, intercepto y correlación para la monzonita norte de baja ley.

MONZONITA TAJO NORTE	COBRE BAJA LEY
SLOPE	1.0032
OFFSET	0.0020
CORRELATION	99.7%

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 6.5.** Gráfico de correlación de Cu Lab. vs Cu FXR.

**Fuente:** Elaboración propia.

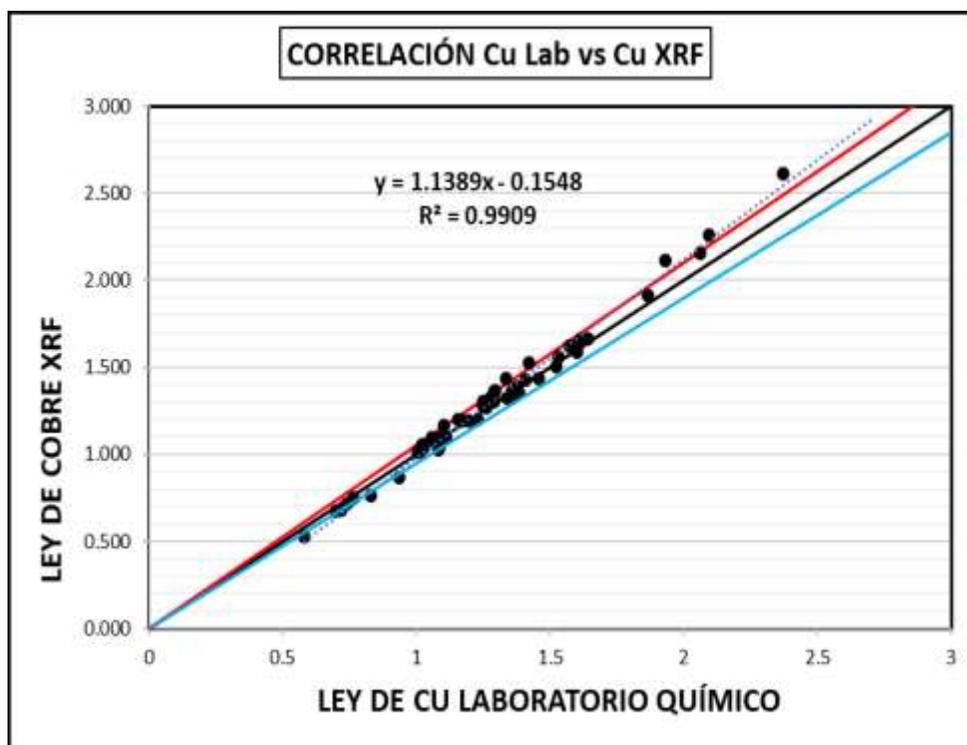
### 6.1.1.6 MONZONITA DEL TAJO NORTE DE ALTA LEY

Los resultados de pendiente, intercepto y correlación se muestran en la **tabla 6.6.**  
y **Figura 6.6.**

**Tabla 6.6.** pendiente, intercepto y correlación para la Monzonita norte de alta ley.

MONZONITA TAJO NORTE	COBRE ALTA LEY
SLOPE	0.8700
OFFSET	0.1466
CORRELATION	99.5%

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 6.6.** Gráfico de correlación de Cu Lab. vs Cu FXR.

**Fuente:** Elaboración propia.

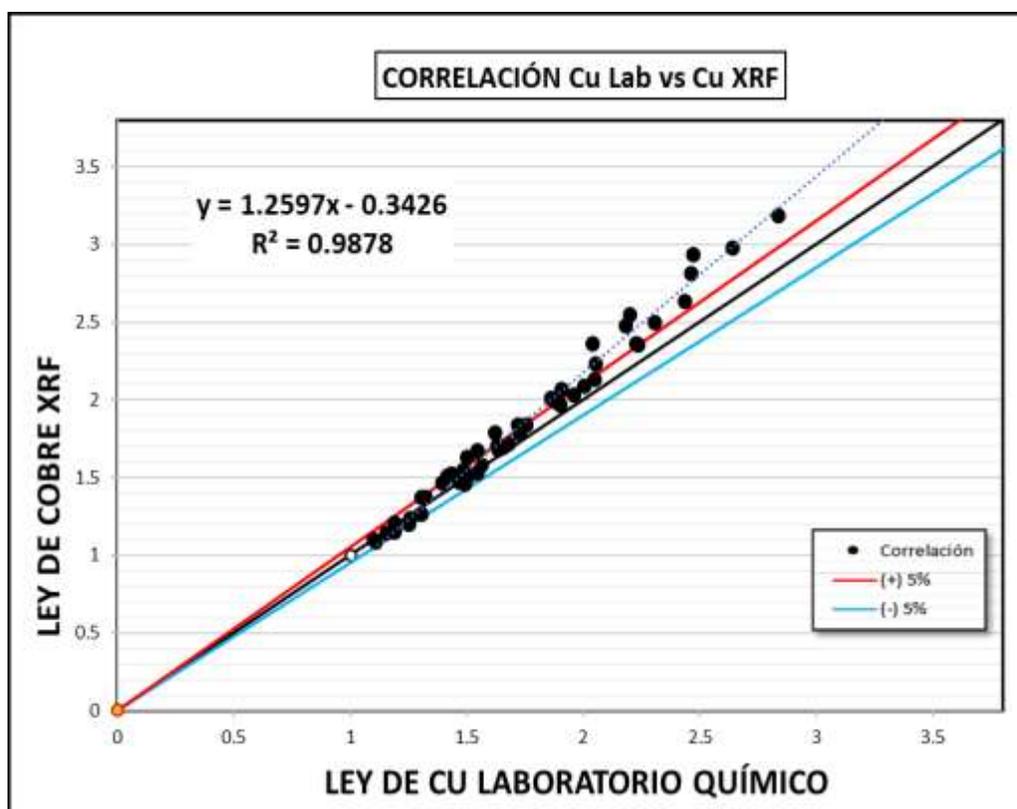
### 6.1.1.7 STOCKWORCK DE ALTA LEY

Los resultados de pendiente, intercepto y correlación se muestran en la **tabla 6.7.**  
y **Figura 6.7.**

**Tabla 6.7.** pendiente, intercepto y correlación para el stockwork de alta ley.

STOCKWORK	COBRE ALTA LEY
SLOPE	0.7841
OFFSET	0.2905
CORRELATION	99.4%

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 6.7.** Gráfico de correlación de Cu Lab. vs Cu FXR.

**Fuente:** Elaboración propia.

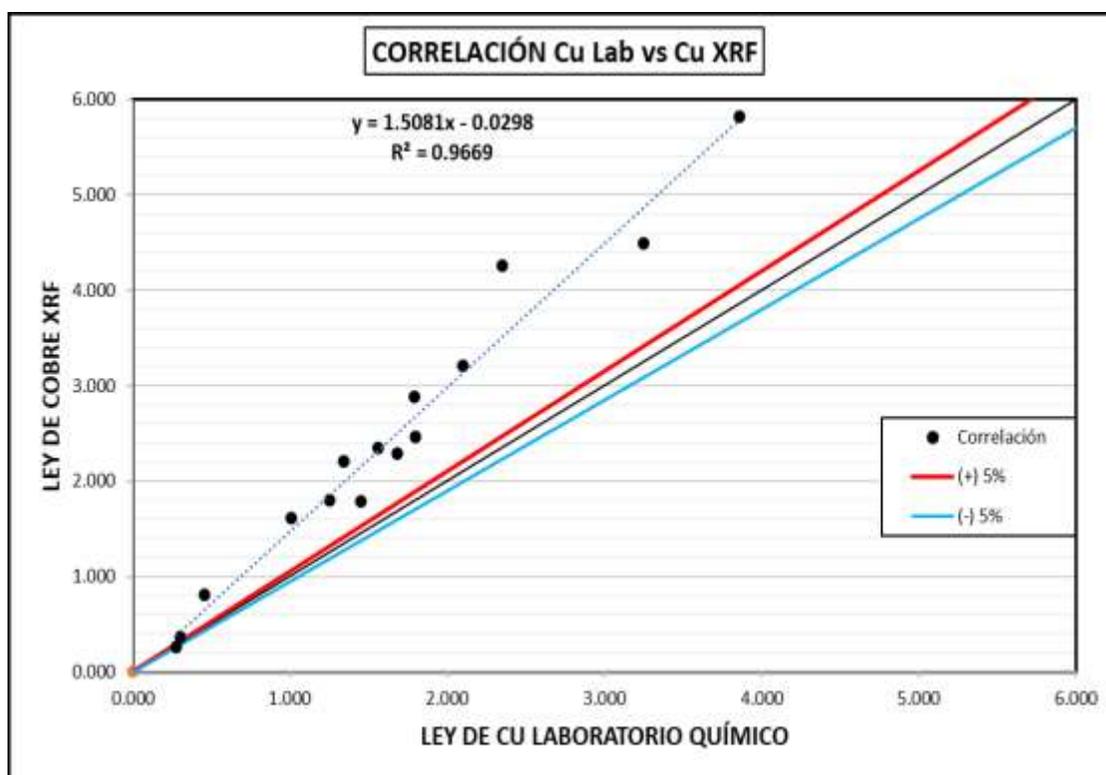
### 6.1.1.8 SKARN DE ALTA LEY

Los resultados de pendiente, intercepto y correlación se muestran en la **tabla 6.8.**  
y **Gráfica 6.8.**

**Tabla 6.8.** pendiente, intercepto y correlación para el skarn de alta ley.

SKARN	COBRE ALTA LEY
SLOPE	<b>0.6411</b>
OFFSET	<b>0.0733</b>
CORRELATION	<b>98.3%</b>

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 6.8.** Gráfico de correlación de Cu Lab. vs Cu FXR.

**Fuente:** Elaboración propia.

### 6.1.2. RESULTADOS CON CORRECCIÓN

A continuación, se muestra los gráficos de correlación con corrección y error  $\pm 5\%$ . Para ello se utilizó la fórmula mencionada en la página 66.

#### 6.1.2.1 DIORITA DE BAJA LEY

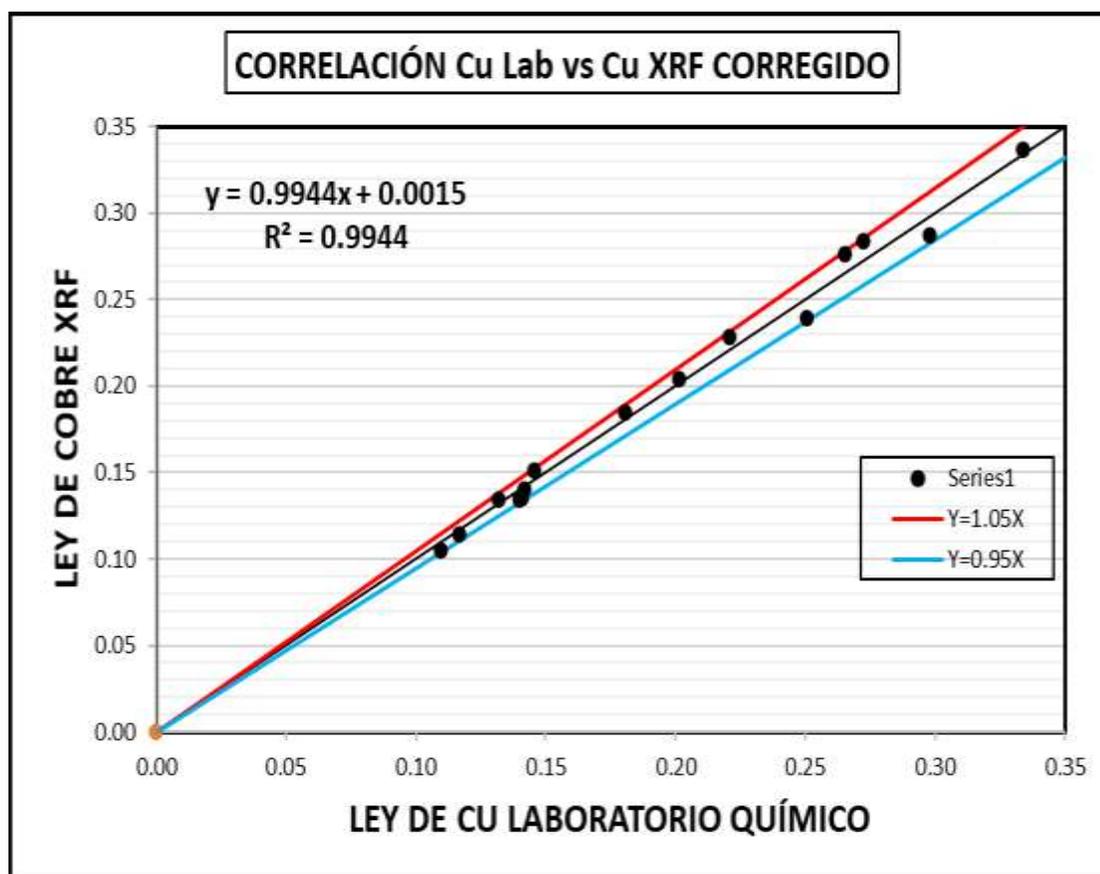


Figura 6.9. Gráfico de correlación de Cu Lab. vs Cu FXR Corregido.

Fuente: Elaboración propia.

### 6.1.2.2 DIORITA DE ALTA LEY

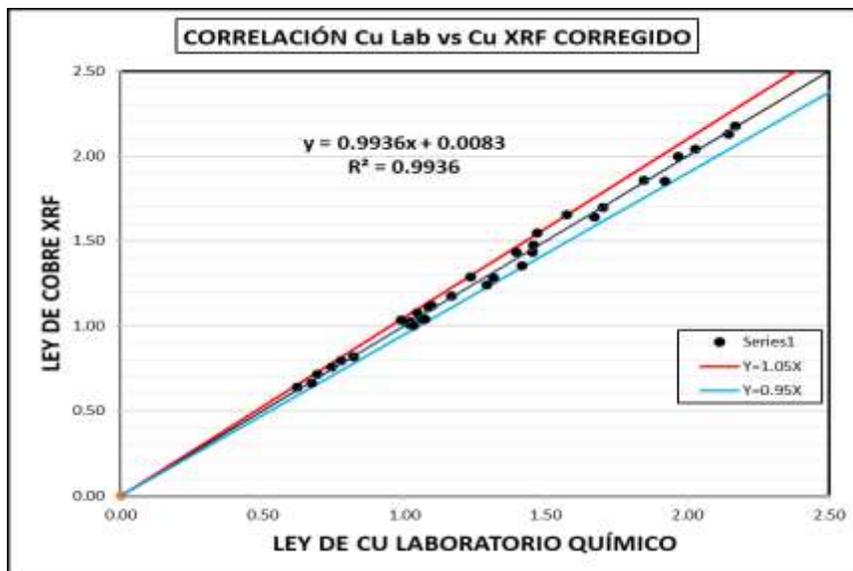


Figura 6.10. Gráfico de correlación de Cu Lab. vs Cu FXR Corregido.

Fuente: Elaboración propia.

### 6.1.2.3 MONZONITA DEL TAJO SUR DE BAJA LEY

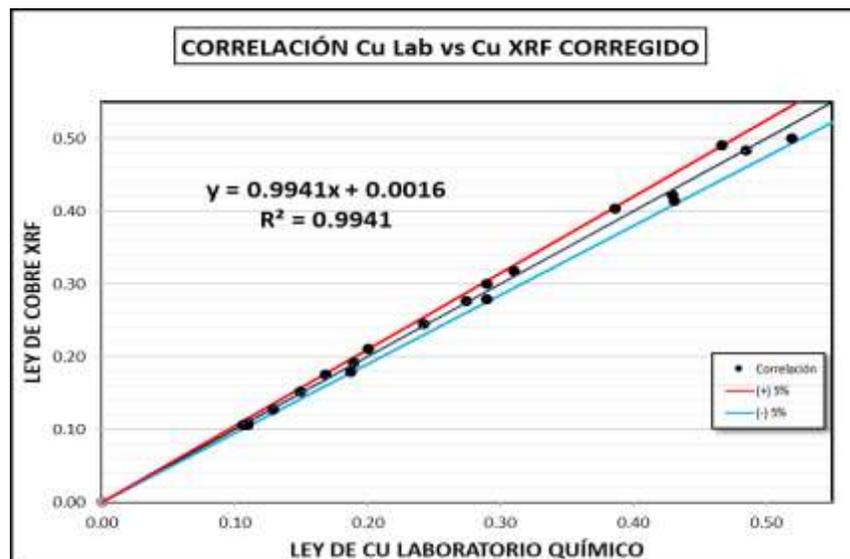


Figura 6.11. Gráfico de correlación de Cu Lab. vs Cu FXR Corregido.

Fuente: Elaboración propia.

#### 6.1.2.4 MONZONITA DEL TAJO SUR DE ALTA LEY

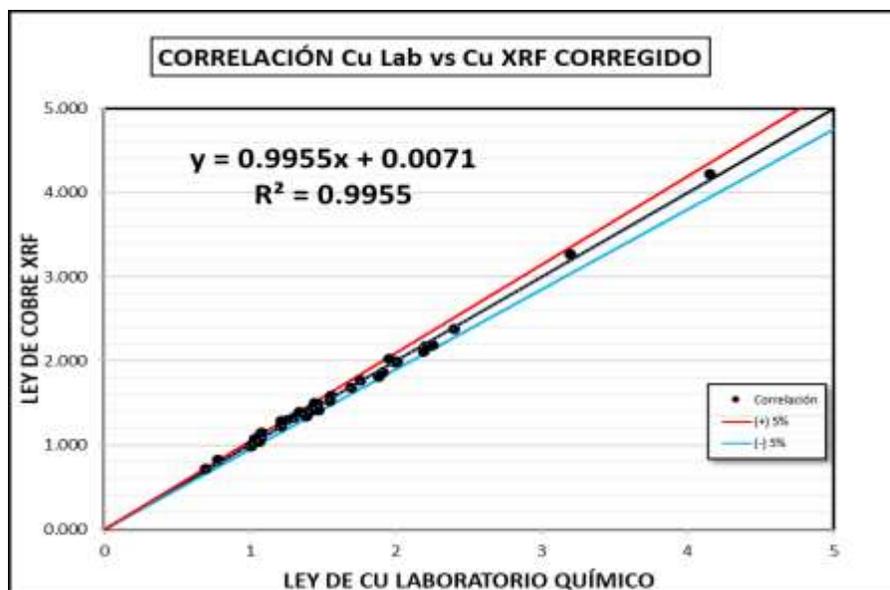


Figura 6.12. Gráfico de correlación de Cu Lab. vs Cu FXR Corregido.

Fuente: Elaboración propia.

#### 6.1.2.5 MONZONITA DEL TAJO NORTE DE BAJA LEY

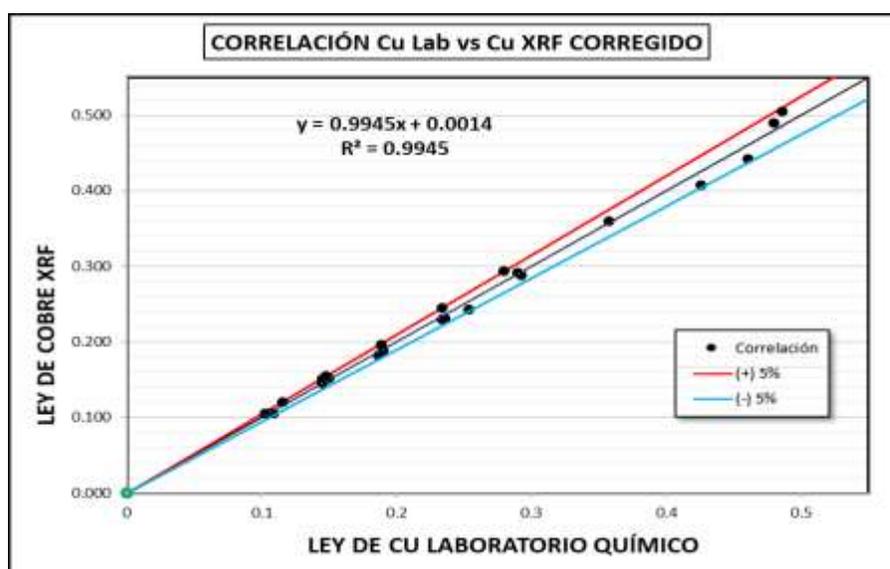


Figura 6.13. Gráfico de correlación de Cu Lab. vs Cu FXR Corregido.

Fuente: Elaboración propia.

### 6.1.2.6 MONZONITA DEL TAJO NORTE DE ALTA LEY

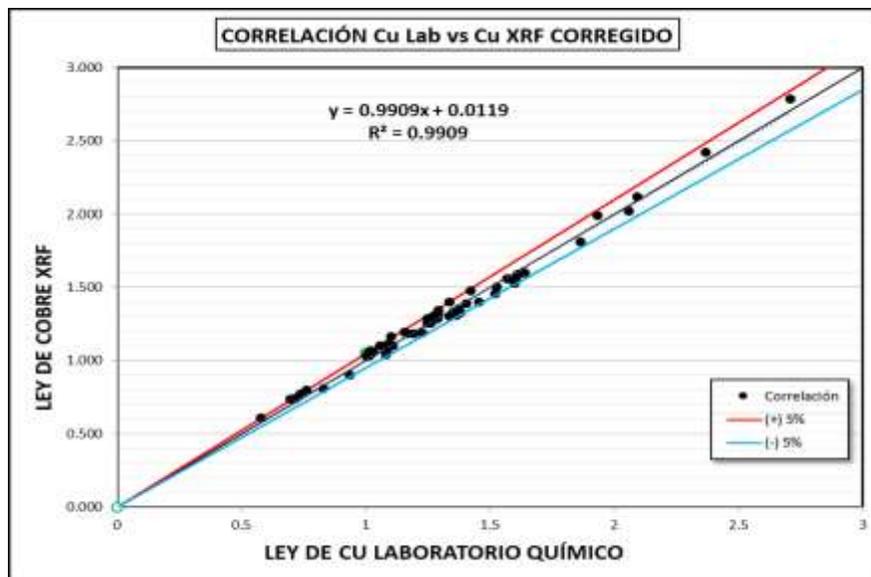


Figura 6.14. Gráfico de correlación de Cu Lab. vs Cu FXR Corregido.

Fuente: Elaboración propia.

### 6.1.2.7 STOCKWORK DE ALTA LEY

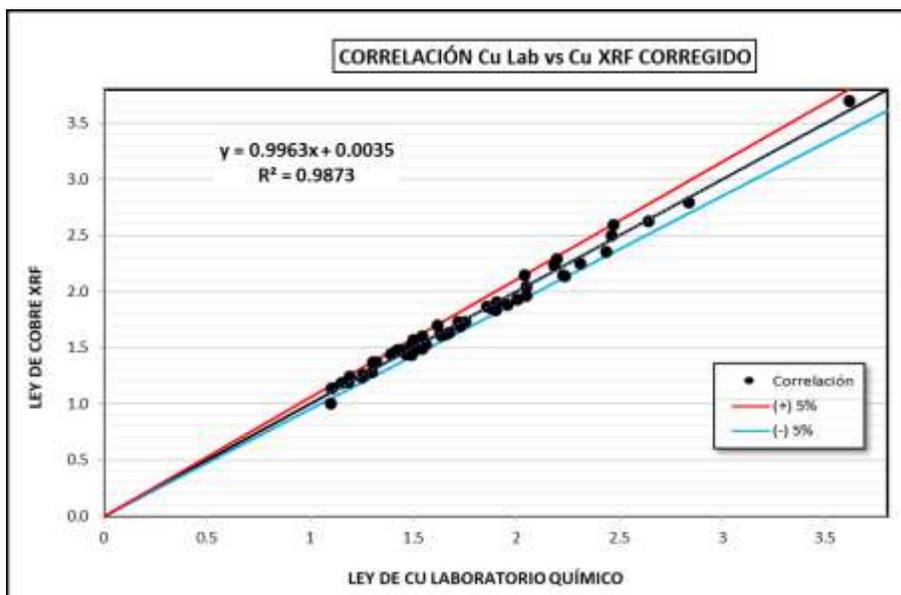
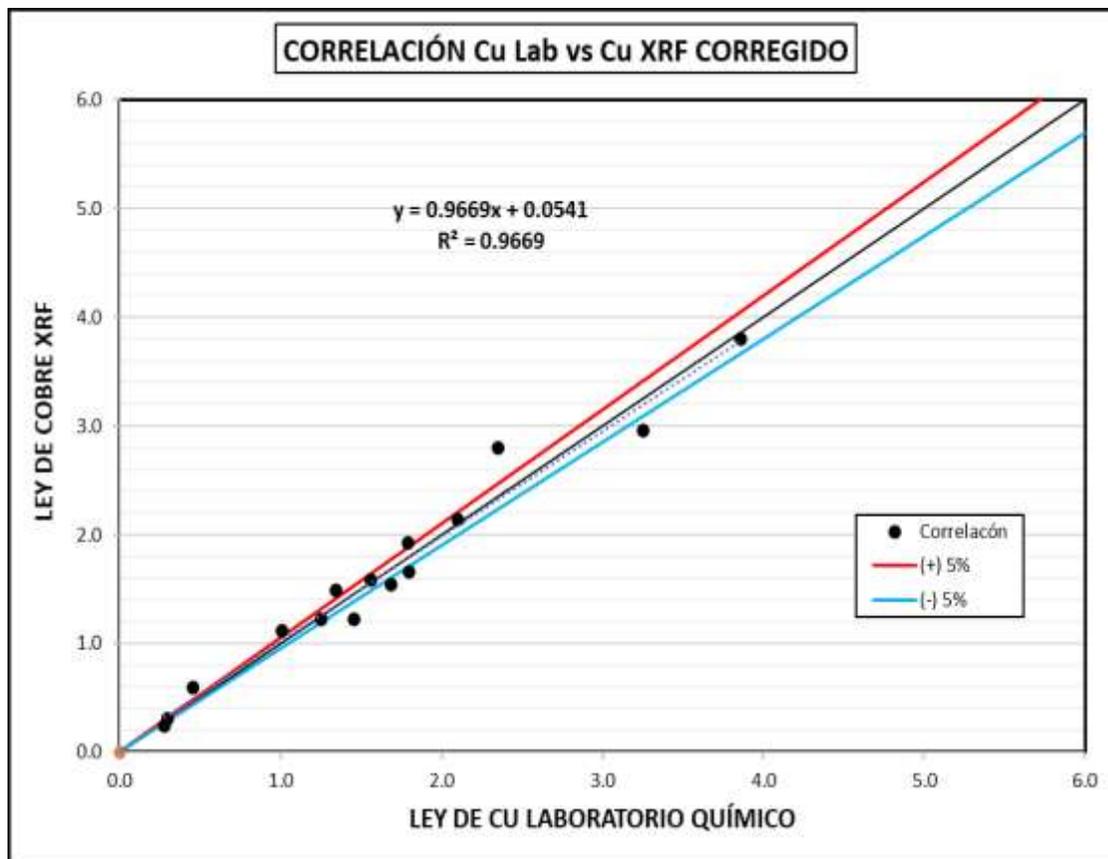


Figura 6.15. Gráfico de correlación de Cu Lab. vs Cu FXR Corregido.

Fuente: Elaboración propia.

### 6.1.2.8 SKARN DE ALTA LEY



**Figura 6.16.** Gráfico de correlación de Cu Lab. vs Cu FXR Corregido.

**Fuente:** Elaboración propia.

## 6.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Según el análisis comparativo de leyes de cobre en muestras de blasthole que se obtuvo mediante los métodos de análisis químico convencional y utilizando el equipo portátil de FRX se tiene lo siguiente:

Para obtener una mayor precisión en la comparación de leyes se separó las muestras por tipos de roca y rango de leyes, con ello la correlación de leyes mediante ambos métodos es buena y solo algunas muestras de cada lote tiene una variación por encima de  $\pm 5\%$ , ello se muestra en el **ANEXO 2**.

Para tener una variación que no supere se  $\pm 5\%$  se realiza un ajuste utilizando la fórmula que se muestra en la página 66, con lo cual se ajusta la correlación entre la ley de laboratorio químico y analizador portátil de FRX. Por ello se recomienda que la ley que se debe utilizar para realizar los polígonos de minado y dar soporte a la operación de manera oportuna y con datos confiables es la ley ajustada que se muestra en el **ANEXO 2**.

Sin embargo, para las rocas identificadas como skarn se tiene una cierta incertidumbre debido a que la correlación entre ambos resultados está fuera de rango (**Figura 6.16.**) y la confiabilidad de las leyes que se obtuvo en el analizador portátil de FRX es referencial y con una posible variación que supera los  $\pm 5\%$ . Por ello para las rocas tipo skarn las leyes obtenidas tendrán cierta incertidumbre. En la unidad de análisis que es compañía Minera Antapaccay las rocas predominantes son básicamente: monzonita, Diorita, stockwork. y en menor proporción los skarn.

### 6.2.1. COMPARACIÓN GRÁFICA EN LA DIORITA

La dispersión grafica de la diorita para ley de cobre de laboratorio y equipo portátil FRX. (Figura 6.17.)

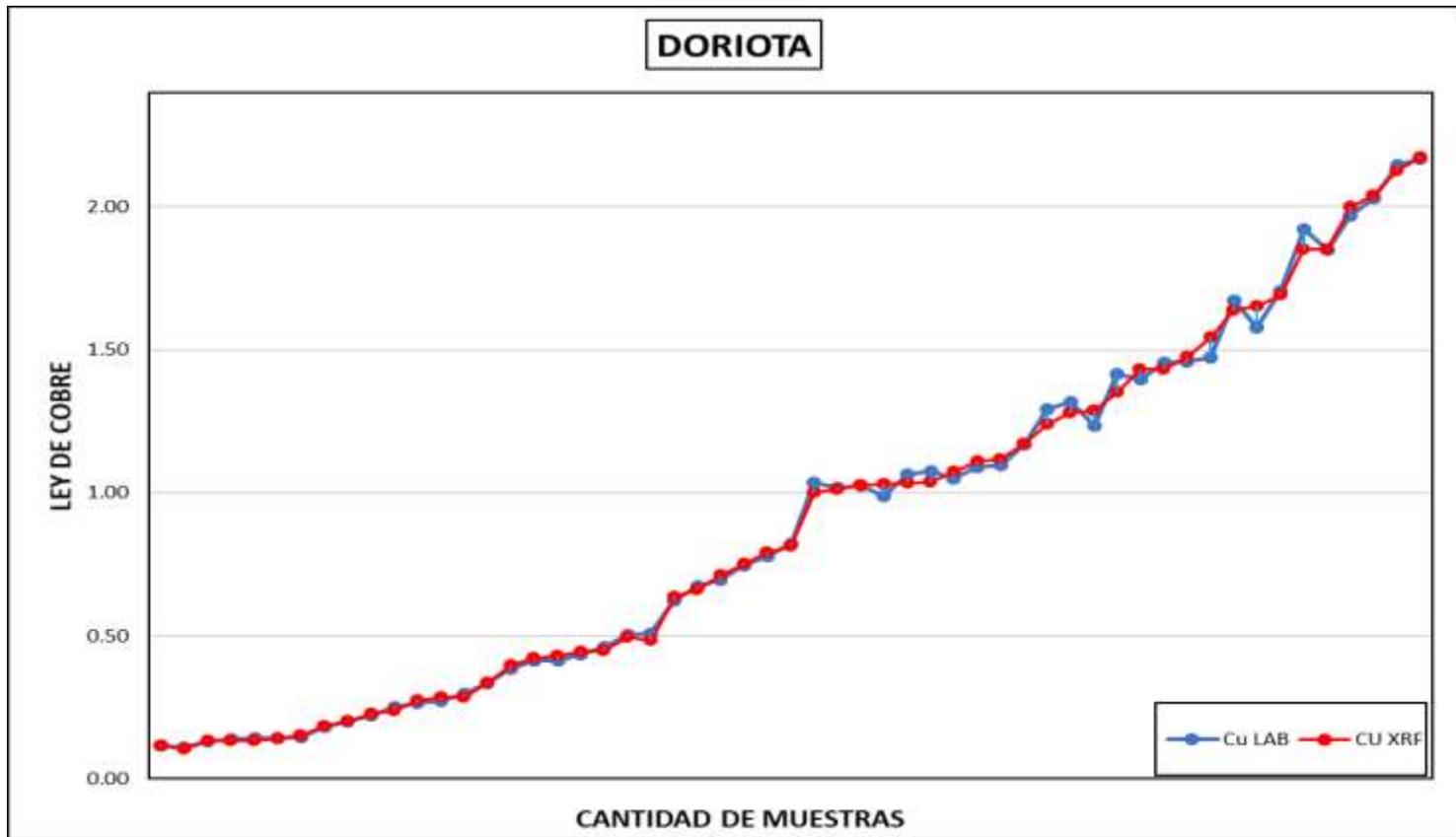


Figura 6.17. Gráfica de Dispersión entre la ley de Laboratorio y ley de FRX.

Fuente: Elaboración propia.

### 6.2.2. COMPARACIÓN GRÁFICA DE LA MONZONITA DEL TAJO SUR

La dispersión grafica de la monzonita del tajo sur para ley de cobre de laboratorio y equipo portátil FRX. (Figura 6.18.)

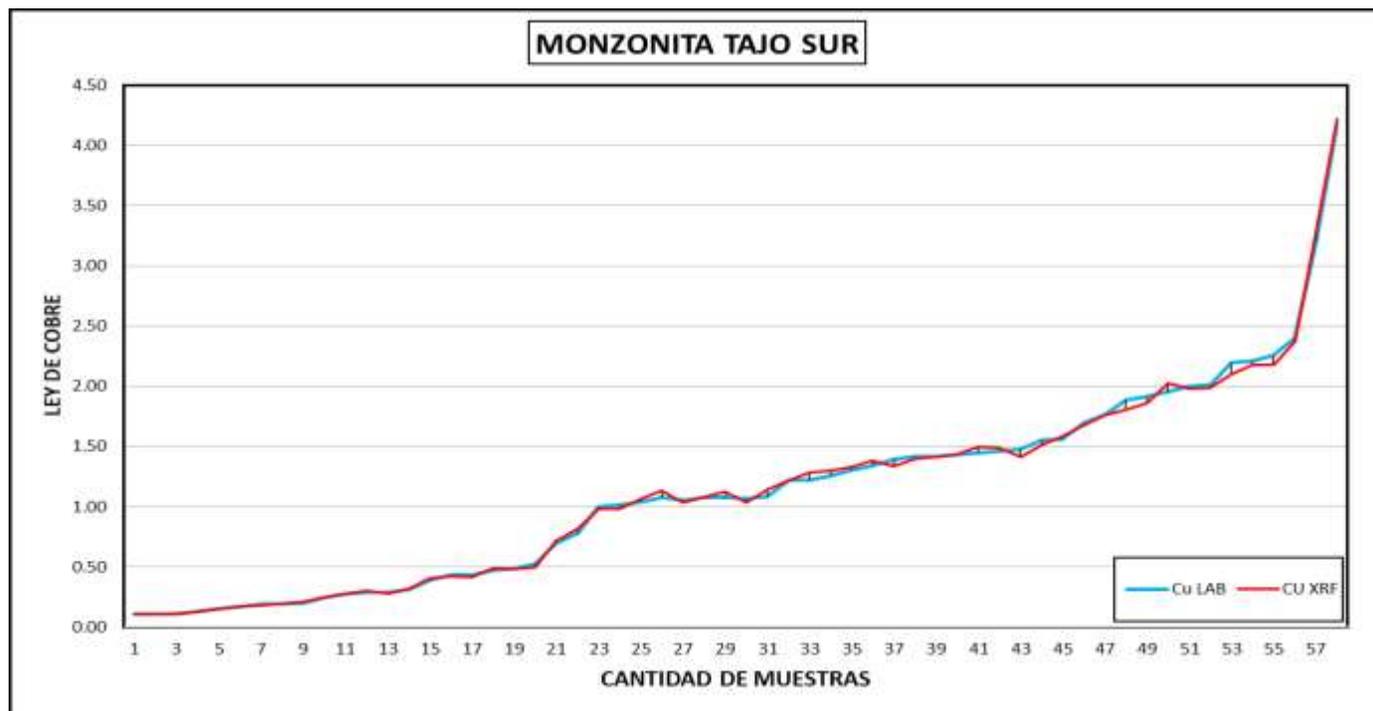


Figura 6.18. Gráfica de Dispersión entre la ley de Laboratorio y ley de FRX.

Fuente: Elaboración propia.

### 6.2.3. COMPARACIÓN GRÁFICA DE LA MONZONITA DEL TAJO NORTE

La dispersión grafica de la monzonita del tajo norte para ley de cobre de laboratorio y equipo portátil FRX. (Figura 6.19.)

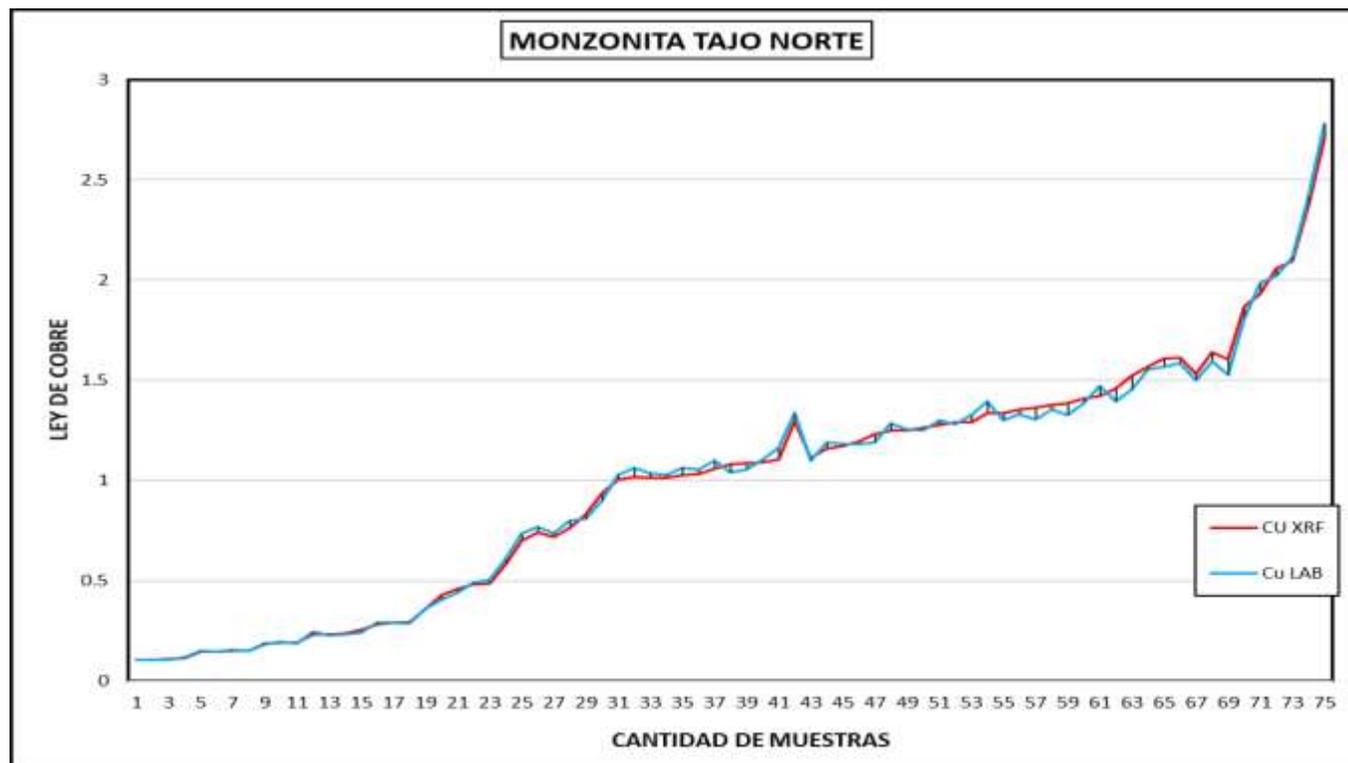


Figura 6.19. Gráfica de Dispersión entre la ley de Laboratorio y ley de FRX.

Fuente: Elaboración propia.

#### 6.2.4. COMPARACIÓN GRÁFICA DEL STOCKWORK

La dispersión gráfica del stockwork para ley de cobre de laboratorio químico y equipo portátil FRX. (Figura 6.20)

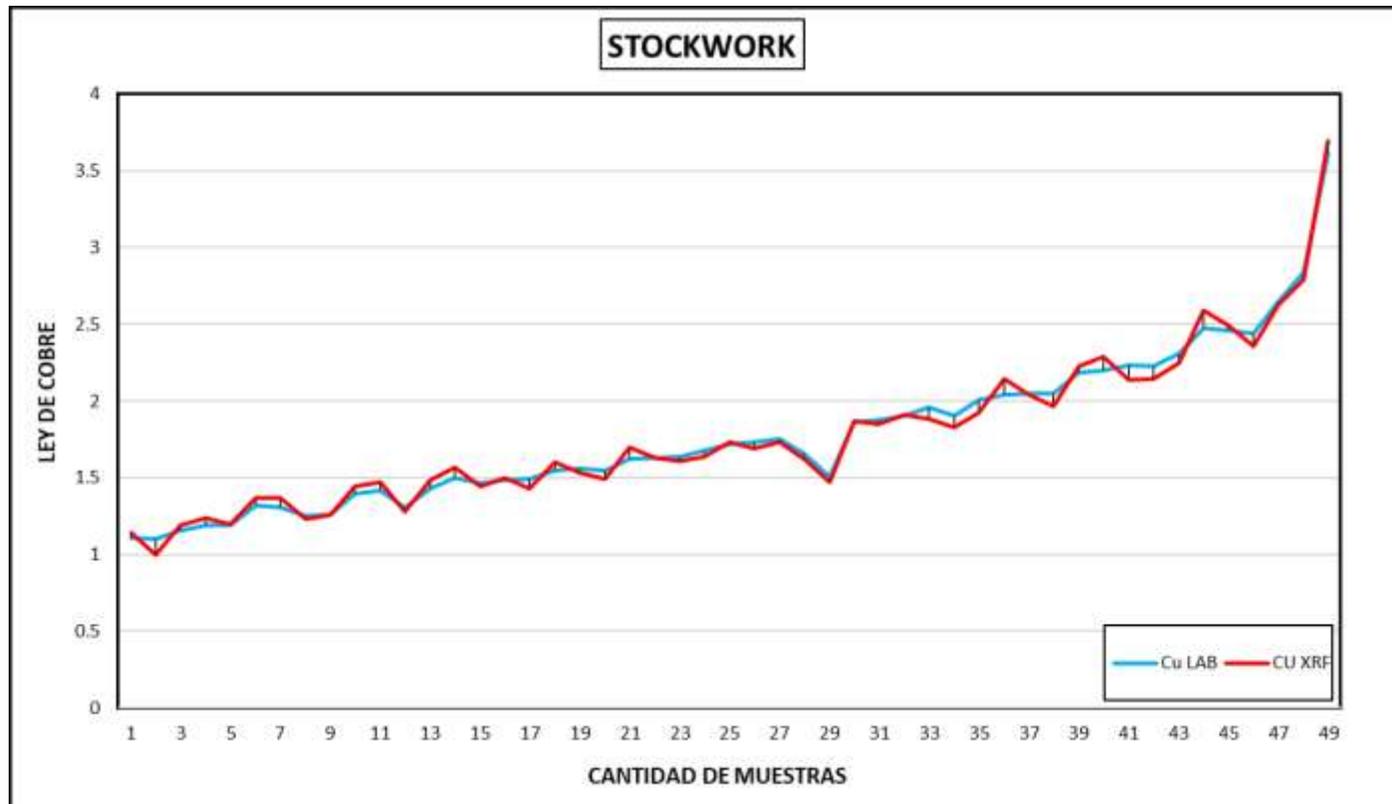
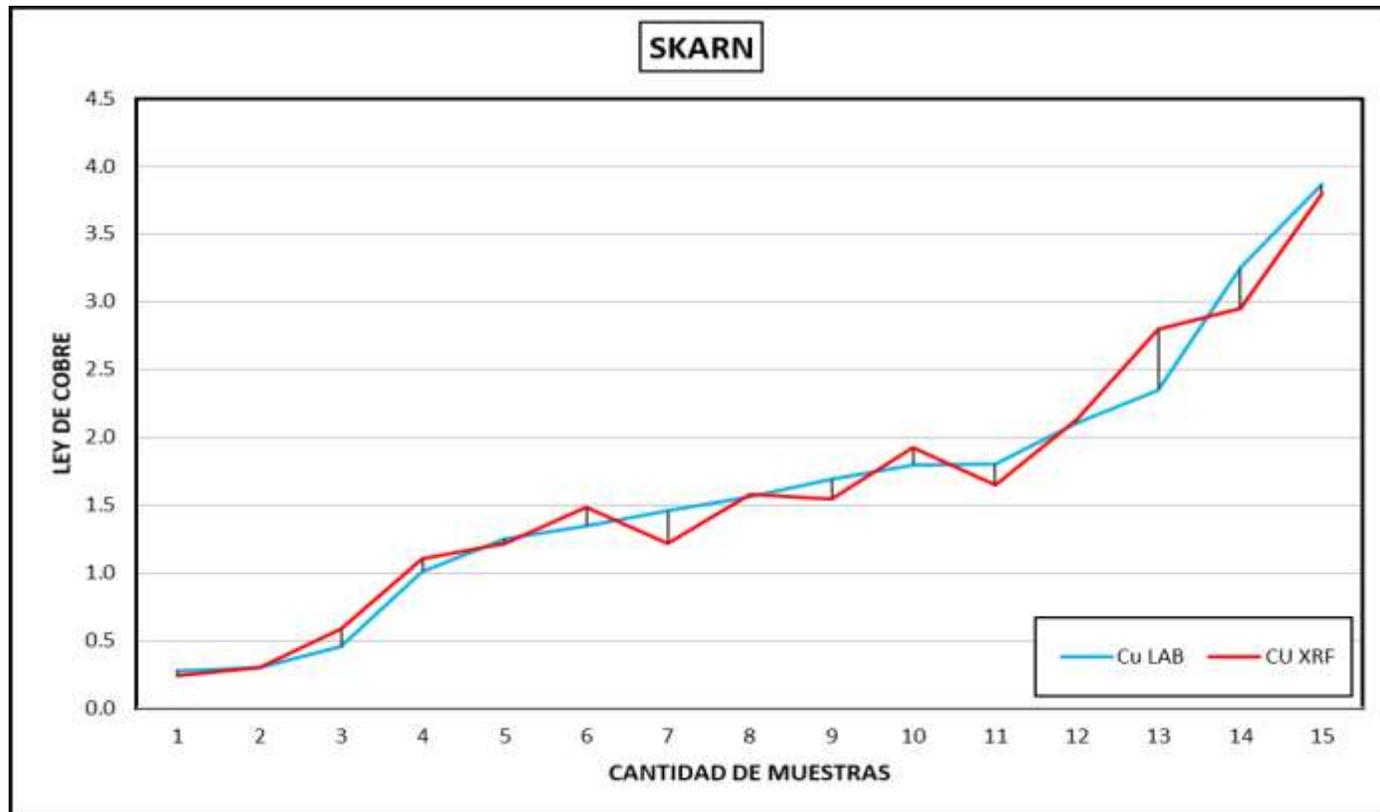


Figura 6.20. Gráfica de Dispersión entre la ley de Laboratorio y ley de FRX.

Fuente: Elaboración propia.

### 6.2.5. COMPARACIÓN GRÁFICA DEL SKARN

La dispersión gráfica del skarn para ley de cobre de laboratorio químico y equipo portátil FRX. (**Figura 6.21.**)



**Figura 6.21.** Gráfica de Dispersión entre la ley de Laboratorio y ley de FRX.

**Fuente:** Elaboración propia.

### **6.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS**

El resultado del análisis de ley de cobre mediante análisis químico y analizador portátil de FRX define que; correlacionando las leyes que se obtuvo por ambos métodos para los tipos de roca mencionadas, los resultados son confiables y se podrá utilizar los datos que se obtenga del analizador portátil sin ningún problema para los diferentes procesos de ore control según los requerimientos que se tenga. Por ello utilizando el analizador portátil de FRX, se podrá obtener leyes en un promedio de 2 horas posterior a la preparación de las muestras de blasthole que son: CHANCADO, CUARTEADO Y PULVERIZADO.

De la misma manera los polígonos de minado tanto de mineral y de desmonte se realizará utilizando las leyes obtenidas del analizador portátil de FRX, de esta manera se disminuirá el error en designar el destino de los materiales posterior a la voladura y se disminuirá la dilución de mineral- desmonte o desmonte – mineral porque en la unidad de análisis las zonas de contacto según el modelo de largo plazo tienen cierta incertidumbre y variación. Por ello los resultados del analizador portátil de FRX mejorara los procesos de ore control en las diferentes etapas de trabajo generando datos confiables para la toma de decisiones en el menor tiempo posible y sin incertidumbre.

Por todo lo mencionado la hipótesis planteada es válida.

## CONCLUSIONES

- Se realizó el análisis comparativo de muestras de Blasthole en 252 muestras en diferentes tipos de roca. Con ello se obtuvo que el analizado portátil de FRX arroja resultados con errores menos al 5% respecto al análisis químico convencional que se realiza en el laboratorio químico.
- Por la dimensión del yacimiento y velocidad operativa se obtuvo resultados de ley de cobre en muestras de blasthole con el uso del analizador portátil que es un apoyo fiable y de alta velocidad para la toma de decisiones dentro de la operación.
- El resultado del analizador portátil de FRX en la operación minera proporcionara a los geólogos de mina datos confiables para la toma de decisiones en campo posterior a la voladura ya que estas leyes de cobre serán semejantes a los posteriores resultados de laboratorio químico.
- La principal ventaja de la tecnología portátil FRX reside en la capacidad para generar dinámicamente y en un tiempo menor al reporte de los resultados de laboratorio químico de las leyes de cobre requeridos para la toma de decisiones en la operación minera.
- La comparación estadística para ley de cobre muestra que no existe diferencia significativa entre los resultados de laboratorio químico y resultados del analizador portátil de FRX para las rocas predominantes en la unidad de análisis como: Diorita, monzonitas del tajo sur y tajo norte y el stockwork. Sin embargo, para los skarns no se tiene una buena correlación y la diferencia es superior al  $\pm 5\%$ .

- El método de análisis (FRX) es confiable para el análisis de muestras de blasthole, por ello siempre se debe tener en cuenta un buen control en el muestreo primario y una buena preparación de la muestra.
- Para obtener datos confiables y con un error que no supere el  $\pm 5\%$ , se debe realizar una calibración del analizador portátil de FRX. Para ello se tiene la pendiente y el intercepto para cada tipo de roca y para cada rango de ley, si no realizamos esta calibración la ley que se obtendrá con la lectura tendrá una mayor variación y la confiabilidad de los datos disminuirán.
- Con las leyes de cobre confiables obtenidos del analizador portátil de FRX se realizará un manejo adecuado de polígonos de minado, de la interpretación geológica para el modelo de bloques de corto plazo y los planes diarios que se realiza todos los días, disminuyendo la variación en los resultados y aumentando la precisión de este.

## RECOMENDACIONES

- Realizar la calibración del equipo portátil de FRX, según las rocas que se tenga en la unidad de análisis ya que con ello el error en la lectura de leyes de los diferentes elementos que se requiera obtener disminuirán y los resultados serán de mayor confiabilidad.
- Realizar un control adecuado (QAQC) en el muestreo primario de blasthole y en la preparación de muestras de este, de la misma manera al momento de preparar las copelas para la lectura de leyes en el analizador portátil de FRX evitar la contaminación entre muestras.
- Realizar un correcto rotulado de las copelas para evitar confusiones, al momento del sellado de la copela la superficie debe estar lisa sin otro material que pueda alterar el resultado.
- Continuar buscando más muestras con rangos de leyes donde aún no se tiene información en el análisis con el equipo portátil de FRX tanto para el Cobre y otros elementos requeridos en cada litología.
- En el caso de la roca tipo skarn se debe continuar realizando lectura de leyes a mayor cantidad de muestras para obtener una adecuada calibración para obtener una variación menor al  $\pm 5\%$ .
- En la actualidad se desarrolla nuevas tecnologías a favor de la minería moderna y el geólogo de mina debe estar a la vanguardia y realizando investigación de nuevas herramientas que nos ayuden a optimizar los procesos en nuestras funciones

diarias, por ello el uso del analizador portátil de FRX es un gran comienzo para la mejora de procesos en tiempo y en la toma de mejores decisiones en campo.

- Realizar el mantenimiento adecuado al analizador portátil de FRX verificando siempre su correcto funcionamiento y su adecuada calibración según la unidad de análisis que nos encontremos. La manipulación lo debe realizar solo personal capacitado debido a que una mala manipulación puede generar daños al equipo y a la integridad de la persona.
- Se recomienda continuar con capacitaciones y evaluaciones a todo el personal de ore control en el uso de nuevas tecnologías, de la misma manera mantener el estándar del correcto muestreo y control de este.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aliosha Andro, W. B. C. (2002) *Comparación de corrección teórica de efecto matriz, análisis de interferencias y corrección por compensación para equipos portátiles de fluorescencia de rayos X en los minerales y suelos*, Memoria de la Universidad de Chile.

Alfaro, F. (2002) *Introducción al muestreo minero*. Santiago, Chile.

Biviano M., Luis V., Javier J. (2016) *Caracterización mineralógica y elemental de sedimentos sólidos de la laguna de Yantac, departamento de Junín, provincia de Yauli, distrito de Marcapomacocha, por difracción y fluorescencia de rayos X*, Revista de Investigación UNMSM, Lima, Perú.

Bertinshaw, R. Lipton, I. (2007) *Estimating mining factors (dilution and ore loss) in open pit mines*. Perth. WA. Australia.

Darnley, A. G., Björklund, A., Bolviken, B., Gustavsson, N., Koval, P. V., Plant, J. A., Xie Xuejing. (1995) *A Global Geochemical Database for Environmental and Resource Management. UNESCO publishing*. París: Final Report Of IGCP Project 259.

Delgado A., Alonzo J., Olvasada D. (2019) *Laser de rayos X generados por átomos de hidronio*.

Gutiérrez G. y Ranz I. (2010) *Utilización de un equipo portátil de fluorescencia de rayos X para el estudio de metales pesados en suelos: puesta a punto y aplicación a vertederos*. Servicio de análisis, centro de ciencias medioambientales, Universidad de Alcalá, Madrid.

Manual del Usuario. (2018) Equipo portátil Bruker TITAN S1 Bisa Lab.

McArthur G., Jones, C. y Murphy M. (2010) *Blasthole Cone Sampling Experiments for Iron Flich*. Perth, WA.

Montalván Diaz, I. E. (2018) *Calibración de un equipo portátil de fluorescencia de rayos X para el estudio de Muestreo geoquímico, prácticas preprofesionales de la UNJBG, Tacna, Perú*.

Normas Operativas, Reportes, Informes mensuales. Superintendencia de Geología Mina (2021). Compañía minera Antapaccay, Perú.

Lambert, A. (2006) *Manual de muestreo para exploración, minería subterránea y rajo abierto*. Coquimbo, Chile.

- Ortiz, R. W. (2019) *Comparación entre el análisis de fluorescencia de rayos X portátil ICP-MS en elementos guía para la exploración geoquímica del área de Antabamba-Apurímac*, Tesis UNA, Puno, Perú.
- Peralta, E. (2019) *Estudio de los procesos de perforación y voladura y su implicancia en el rendimiento y seguridad en sociedad minera cerro verde*, Informe por servicios profesionales UNSA, Arequipa, Perú.
- Sotomayor N. (2013) *Herramientas para un efectivo control operacional*.
- Velázquez P. C. A. (2019) *Geología y optimización del control de calidad con el uso del analizador de fluorescencia de rayos X (XRF) en unidad minera Cerro Lindo*. Chincha-Ica, Tesis de la UNSA, Arequipa, Perú.
- Villanueva E. D. E. (2019) *Metodología de caracterización de residuos mineros aplicable en faena*, Memoria de la universidad de Chile.
- Washington, B. (2020) *Optimización del proceso de ore control mediante técnicas metodológicas de muestreo en blastholes, para el plan de minado a corto plazo en mina Toquepala Southernm Peru Copper Corporation*, Tesis de la UNA, Puno, Perú.
- Carhuapoma Carlos, J. (2020) *Caracterización petrológica de las muestras de roca con el analizador XRF portátil Nilton XL5 para contribuir a la ubicación de zonas de ocurrencia mineral en el proyecto minero Zoraida*, Distrito de Suitucancho- Yauli- Junín, Perú.

Baggio S. y Pardo M. (2010) *Análisis químico de rocas ígneas por técnica combinadas de fluorescencia de rayos X y absorción atómica.*

## ANEXOS

### 10.1. ANEXO 1

**Tabla 10.1:** resultados obtenidos de laboratorio químico y analizador portátil con sus respectivas muestras de control para la roca Diorita.

Orden de Análisis Químico	Lito	item	MC	Cu LAB	CU XRF
BH2021-0573			MB-104	<0.010	0.015
BH2021-0573	Dta	1		0.117	0.126
BH2021-0573	Dta	2		0.110	0.117
BH2021-0573	Dta	3		0.132	0.147
BH2021-0573	Dta	4		0.140	0.146
BH2021-0573	Dta	5		0.141	0.148
BH2021-0573	Dta	6		0.142	0.152
BH2021-0573	Dta	7		0.146	0.164
BH2021-0573	Dta	8		0.181	0.198
BH2021-0573			MC-973	0.177	0.172
BH2021-0573	Dta	9		0.202	0.217
BH2021-0573	Dta	10		0.221	0.242
BH2021-0573	Dta	11		0.251	0.253
BH2021-0573	Dta	12		0.266	0.290
BH2021-0573	Dta	13		0.273	0.298
BH2021-0573	Dta	14		0.298	0.301
BH2021-0573	Dta	15		0.334	0.351
BH2021-0573	Dta	16		0.383	0.412
BH2021-0573	Dta	17	0 02	0.412	0.438
BH2021-0573	Dta	18		0.412	0.445
BH2021-0573	Dta	19		0.436	0.460
BH2021-0573	Dta	20		0.462	0.466
BH2021-0573	Dta	21		0.503	0.513
BH2021-0573	Dta	22		0.509	0.501
BH2021-0573			MC-975	0.806	0.818
BH2021-0573	Dta	23		0.624	0.624
BH2021-0573	Dta	24		0.675	0.651
BH2021-0573	Dta	25		0.695	0.702
BH2021-0573	Dta	26		0.747	0.745
BH2021-0573	Dta	27		0.779	0.784
BH2021-0573	Dta	28		0.822	0.808

BH2021-0573	Dta	29		1.035	1.003
BH2021-0573	Dta	30		1.016	1.013
BH2021-0573	Dta	31		1.023	1.028
BH2021-0573	Dta	32		0.990	1.034
BH2021-0573	Dta	33		1.066	1.038
BH2021-0573	Dta	34		1.074	1.040
BH2021-0573	Dta	35		1.049	1.078
BH2021-0573	Dta	36		1.089	1.115
BH2021-0573	Dta	37		1.097	1.125
BH2021-0573	Dta	38		1.169	1.179
BH2021-0573	Dta	39		1.294	1.250
BH2021-0573			MC-975	0.793	0.815
BH2021-0573	Dta	40		1.318	1.292
BH2021-0573	Dta	41		1.235	1.299
BH2021-0573	Dta	42		1.416	1.367
BH2021-0573	Dta	43		1.398	1.449
BH2021-0573	Dta	44		1.456	1.451
BH2021-0573	Dta	45		1.457	1.494
BH2021-0573	Dta	46		1.472	1.568
BH2021-0573	Dta	47	0 02	1.672	1.663
BH2021-0573	Dta	48		1.577	1.680
BH2021-0573	Dta	49		1.703	1.722
BH2021-0573	Dta	50		1.922	1.886
BH2021-0573	Dta	51		1.849	1.888
BH2021-0573	Dta	52		1.969	2.039
BH2021-0573	Dta	53		2.029	2.081
BH2021-0573	Dta	54		2.146	2.172
BH2021-0573	Dta	55		2.169	2.221
BH2021-0573	8000	17	02C	0.449	0.489
BH2021-0573	8001	47	02C	1.521	1.428
BH2021-0573	8002	17	02G	0.428	0.473
BH2021-0573	8003	47	02G	1.596	1.528
BH2021-0573	8004	17	02F	0.418	0.451
BH2021-0573	8005	47	02F	1.632	1.582

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 10.2.** resultados obtenidos de laboratorio químico y analizador portátil con sus respectivas muestras de control para la roca Monzonita del tajo Sur

<b>Orden de Análisis Químico</b>	<b>Lito</b>	<b>item</b>	<b>MC</b>	<b>Cu LAB</b>	<b>CU XRF</b>
BH2021-0575			MB-104	<0.010	0.012
BH2021-0575	MzN	1		0.103	0.102
BH2021-0575	MzN	2		0.105	0.102
BH2021-0575	MzN	3		0.109	0.103
BH2021-0575	MzN	4		0.116	0.117
BH2021-0575	MzN	5		0.145	0.148
BH2021-0575	MzN	6		0.145	0.143
BH2021-0575	MzN	7		0.148	0.152
BH2021-0575			MC-973	0.176	0.168
BH2021-0575	MzN	8		0.150	0.148
BH2021-0575	MzN	9		0.187	0.179
BH2021-0575	MzN	10		0.189	0.193
BH2021-0575	MzN	11	0 02	0.190	0.185
BH2021-0575	MzN	12		0.234	0.242
BH2021-0575	MzN	13		0.234	0.226
BH2021-0575	MzN	14		0.236	0.228
BH2021-0575	MzN	15		0.254	0.240
BH2021-0575	MzN	16		0.280	0.290
BH2021-0575	MzN	17		0.290	0.288
BH2021-0575	MzN	18		0.293	0.285
BH2021-0575	MzN	19		0.358	0.356
BH2021-0575	MzN	20		0.426	0.404
BH2021-0575	MzN	21		0.461	0.439
BH2021-0575	MzN	22		0.480	0.486
BH2021-0575	MzN	23		0.486	0.501
BH2021-0575			MC-975	0.796	0.777
BH2021-0575	MzN	24		0.581	0.531
BH2021-0575	MzN	25		0.699	0.675
BH2021-0575	MzN	26		0.739	0.715
BH2021-0575	MzN	27		0.720	0.680
BH2021-0575	MzN	28		0.763	0.749
BH2021-0575	MzN	29		0.831	0.761
BH2021-0575	MzN	30		0.936	0.865
BH2021-0575	MzN	31		1.005	1.014
BH2021-0575	MzN	32		1.020	1.053
BH2021-0575	MzN	33		1.014	1.024

BH2021-0575	MzN	34		1.015	1.014
BH2021-0575	MzN	35		1.025	1.055
BH2021-0575	MzN	36		1.031	1.041
BH2021-0575			MB-104	<0.010	0.018
BH2021-0575	MzN	37		1.112	1.094
BH2021-0575	MzN	38		1.157	1.096
BH2021-0575	MzN	39		1.172	1.190
BH2021-0575	MzN	40		1.195	1.191
BH2021-0575	MzN	41	0 02	1.231	1.198
BH2021-0575	MzN	42		1.249	1.307
BH2021-0575	MzN	43		1.251	1.275
BH2021-0575	MzN	44		1.263	1.270
BH2021-0575	MzN	45		1.278	1.326
BH2021-0575	MzN	46		1.290	1.304
BH2021-0575	MzN	47		1.292	1.356
BH2021-0575	MzN	48		1.337	1.437
BH2021-0575	MzN	49		1.338	1.327
BH2021-0575	MzN	50		1.356	1.360
BH2021-0575	MzN	51		1.365	1.333
BH2021-0575	MzN	52		1.376	1.387
BH2021-0575	MzN	53		1.384	1.355
BH2021-0575	MzN	54		1.408	1.427
BH2021-0575	MzN	55		1.423	1.523
BH2021-0575			MC-975	0.805	0.819
BH2021-0575	MzN	56		1.356	1.360
BH2021-0575	MzN	57		1.365	1.333
BH2021-0575	MzN	58		1.376	1.387
BH2021-0575	MzN	59		1.384	1.355
BH2021-0575	MzN	60		1.408	1.427
BH2021-0575	MzN	61		1.423	1.523
BH2021-0575	MzN	62		1.457	1.434
BH2021-0575	MzN	63		1.522	1.503
BH2021-0575	MzN	64		1.570	1.620
BH2021-0575	MzN	65		1.608	1.634
BH2021-0575	MzN	66		1.614	1.657
BH2021-0575	MzN	67	0 02	1.530	1.557
BH2021-0575	MzN	68		1.642	1.666
BH2021-0575	MzN	69		1.602	1.587
BH2021-0575	MzN	70		1.867	1.911
BH2021-0575	MzN	71		1.933	2.116
BH2021-0575	MzN	72		2.060	2.154
BH2021-0575	MzN	73		2.094	2.261

BH2021-0575	MzN	74		2.370	2.611
BH2021-0575	MzN	75		2.709	3.028
BH2021-0575	8000	11	02C	0.224	0.19
BH2021-0575	8001	41	02C	1.421	1.231
BH2021-0575	8002	67	02C	1.695	1.53
BH2021-0575	8003	11	02G	0.201	0.19
BH2021-0575	8004	41	02G	1.328	1.231
BH2021-0575	8005	67	02G	1.614	1.53
BH2021-0575	8006	11	02F	0.195	0.19
BH2021-0575	8007	41	02F	1.289	1.231
BH2021-0575	8008	67	02F	1.584	1.53

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 10.3.** resultados obtenidos de laboratorio químico y analizador portátil con sus respectivas muestras de control para la roca Monzonita del tajo Sur

<b>Orden de Análisis Químico</b>	<b>Lito</b>	<b>item</b>	<b>MC</b>	<b>Cu LAB</b>	<b>CU XRF</b>
BH2021-0578			MB-104	<0.010	0.012
BH2021-0578	MzS	1		0.107	0.105
BH2021-0578	MzS	2		0.110	0.104
BH2021-0578	MzS	3		0.110	0.107
BH2021-0578	MzS	4		0.129	0.125
BH2021-0578	MzS	5		0.150	0.148
BH2021-0578	MzS	6		0.169	0.171
BH2021-0578	MzS	7		0.188	0.174
BH2021-0578			MC-973	0.178	0.173
BH2021-0578	MzS	8		0.190	0.185
BH2021-0578	MzS	9		0.201	0.203
BH2021-0578	MzS	10		0.243	0.236
BH2021-0578	MzS	11		0.275	0.265
BH2021-0578	MzS	12		0.290	0.288
BH2021-0579	MzS	13		0.290	0.268
BH2021-0578	MzS	14		0.311	0.305
BH2021-0578	MzS	15		0.387	0.386
BH2021-0578			MC-973	0.175	0.173
BH2021-0578	MzS	16		0.430	0.404
BH2021-0578	MzS	17		0.431	0.396
BH2021-0578	MzS	18		0.467	0.468

BH2021-0578	MzS	19	0 02	0.485	0.461
BH2021-0578	MzS	20		0.520	0.476
BH2021-0578	MzS	21		0.696	0.663
BH2021-0578	MzS	22		0.779	0.771
BH2021-0578			MB-104	<0.010	0.015
BH2021-0578	MzS	22		1.003	0.952
BH2021-0578	MzS	23		1.013	0.951
BH2021-0578	MzS	24		1.036	1.041
BH2021-0578	MzS	25		1.079	1.117
BH2021-0578	MzS	26		1.055	1.010
BH2021-0578	MzS	27		1.075	1.058
BH2021-0578	MzS	28		1.075	1.110
BH2021-0578	MzS	29		1.071	1.006
BH2021-0578	MzS	30		1.083	1.124
BH2021-0578	MzS	31		1.216	1.207
BH2021-0578	MzS	32		1.217	1.279
BH2021-0578	MzS	33		1.255	1.295
BH2021-0578			MC-975	0.806	0.821
BH2021-0578	MzS	34		1.304	1.330
BH2021-0578	MzS	35		1.338	1.393
BH2021-0578	MzS	36		1.391	1.340
BH2021-0578	MzS	37		1.415	1.409
BH2021-0578	MzS	38		1.418	1.421
BH2021-0578	MzS	39		1.428	1.445
BH2021-0578	MzS	40		1.446	1.511
BH2021-0578	MzS	41		1.465	1.507
BH2021-0578	MzS	42		1.473	1.422
BH2021-0578	MzS	43		1.549	1.532
BH2021-0578	MzS	44		1.556	1.613
BH2021-0578	MzS	45		1.694	1.709
BH2021-0578			MC-975	0.801	0.791
BH2021-0578	MzS	46		1.762	1.807
BH2021-0578	MzS	47		1.886	1.857
BH2021-0578	MzS	48		1.913	1.909
BH2021-0578	MzS	49	0 02	1.956	2.092
BH2021-0578	MzS	50		1.997	2.040
BH2021-0578	MzS	51		2.011	2.054
BH2021-0578	MzS	52		2.195	2.180
BH2021-0578	MzS	53		2.209	2.257
BH2021-0578	MzS	54		2.255	2.259
BH2021-0578	MzS	55		2.400	2.471

BH2021-0578	MzS	56		3.202	3.452
BH2021-0578	MzS	57		4.159	4.488
BH2021-0578	8000	18	02C	0.405	0.485
BH2021-0578	8001	48	02C	2.384	1.956
BH2021-0578	8002	18	02G	0.459	0.485
BH2021-0578	8003	48	02G	2.153	1.956
BH2021-0578	8004	18	02F	0.47	0.485
BH2021-0578	8005	48	02F	2.002	1.956

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 10.4.** resultados obtenidos de laboratorio químico y analizador portátil con sus respectivas muestras

de control para la roca stockwork

Orden de Análisis Químico	Lito	item	MC	Cu LAB	CU XRF
BH2021-0579			MB-104	<0.010	0.017
BH2021-0579	Stck	1		1.107	1.085
BH2021-0579	Stck	2		1.099	1.101
BH2021-0579	Stck	3		1.152	1.145
BH2021-0579	Stck	4		1.19	1.210
BH2021-0579	Stck	5		1.187	1.151
BH2021-0579	Stck	6		1.321	1.372
BH2021-0579	Stck	7		1.304	1.375
BH2021-0579	Stck	8		1.251	1.202
BH2021-0579	Stck	9		1.258	1.236
BH2021-0579	Stck	10		1.392	1.468
BH2021-0579	Stck	11		1.418	1.509
BH2021-0579	Stck	12		1.303	1.262
BH2021-0579	Stck	13	0 02	1.432	1.520
BH2021-0579	Stck	14		1.499	1.631
BH2021-0579	Stck	15		1.466	1.469
BH2021-0579	Stck	16		1.482	1.542
BH2021-0579			MC-975	0.768	0.803
BH2021-0579	Stck	17		1.492	1.456
BH2021-0579	Stck	18		1.545	1.675
BH2021-0579	Stck	19		1.562	1.583
BH2021-0579	Stck	20		1.545	1.528
BH2021-0579	Stck	21		1.619	1.790
BH2021-0579	Stck	22		1.631	1.705
BH2021-0579	Stck	23		1.636	1.681
BH2021-0579	Stck	24		1.677	1.717
BH2021-0579	Stck	25		1.72	1.836

BH2021-0579	Stck	26		1.729	1.783
BH2021-0579	Stck	27		1.754	1.838
BH2021-0579	Stck	28		1.656	1.696
BH2021-0579	Stck	29		1.507	1.508
BH2021-0579	Stck	30		1.86	2.010
BH2021-0579	Stck	31		1.878	1.985
BH2021-0579	Stck	32		1.906	2.064
BH2021-0579	Stck	33		1.959	2.030
BH2021-0579	Stck	34		1.901	1.965
BH2021-0579	Stck	35		2.004	2.086
BH2021-0579			MB-104	<0.010	0.018
BH2021-0579	Stck	36		2.041	2.363
BH2021-0579	Stck	37		2.051	2.230
BH2021-0579	Stck	38		2.05	2.134
BH2021-0579	Stck	39		2.183	2.473
BH2021-0579	Stck	40	0 02	2.199	2.545
BH2021-0579	Stck	41		2.235	2.355
BH2021-0579	Stck	42		2.228	2.361
BH2021-0579	Stck	43		2.309	2.497
BH2021-0579	Stck	44		2.473	2.936
BH2021-0579	Stck	45		2.462	2.812
BH2021-0579			MC-975	0.764	0.783
BH2021-0579	Stck	46		2.437	2.632
BH2021-0579	Stck	47		2.643	2.980
BH2021-0579	Stck	48		2.836	3.187
BH2021-0579	Stck	49		3.616	4.345
BH2021-0579	8000	13	02C	1.499	1.432
BH2021-0579	8001	40	02C	1.901	2.199
BH2021-0579	8002	13	02G	1.463	1.432
BH2021-0579	8003	40	02G	2.002	2.199
BH2021-0579	8004	13	02F	1.441	1.432
BH2021-0579	8005	40	02F	2.101	2.199

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 10.5.** resultados obtenidos de laboratorio químico y analizador portátil con sus respectivas muestras de control para la roca skarn.

<b>Orden de Análisis Químico</b>	<b>Lito</b>	<b>item</b>	<b>MC</b>	<b>Cu LAB</b>	<b>CU XRF</b>
BH2021-0574			MB-104	<0.010	0.01
BH2021-0574	Skn	1		0.278	0.256
BH2021-0574	Skn	2		0.303	0.358
BH2021-0574	Skn	3		0.456	0.803
BH2021-0574			MC-975	0.764	0.782
BH2021-0574	Skn	4		1.010	1.611
BH2021-0574	Skn	5		1.255	1.789
BH2021-0574	Skn	6		1.344	2.203
BH2021-0574	Skn	7		1.457	1.786
BH2021-0574	Skn	8		1.564	2.346
BH2021-0574	Skn	9		1.688	2.288
BH2021-0574	Skn	10		1.796	2.884
BH2021-0574	Skn	11		1.801	2.463
BH2021-0574	Skn	12	0 02	2.105	3.207
BH2021-0574	Skn	13		2.351	4.250
BH2021-0574	Skn	14		3.253	4.483
BH2021-0574	Skn	15		3.862	5.810
BH2021-0574	8000	7	02F	2.012	2.474

**Fuente:** Elaboración propia.

## 10.2. ANEXO 2

**Tabla 10.6.** resultados obtenidos de laboratorio químico y analizador portátil con sus correcciones y variaciones para la roca Diorita.

<b>Orden de Análisis Químico</b>	<b>Lito</b>	<b>item</b>	<b>Cu LAB</b>	<b>CU XRF</b>	<b>Error</b>	<b>CU Corregido</b>	<b>Error Con Corrección</b>
BH2021-0573	Diorita	1	0.12	0.13	-7.72	0.11	2.61
BH2021-0573	Diorita	2	0.11	0.12	-6.25	0.10	4.84
BH2021-0573	Diorita	3	0.13	0.15	-10.75	0.13	-1.75
BH2021-0573	Diorita	4	0.14	0.15	-4.47	0.13	4.57
BH2021-0573	Diorita	5	0.14	0.15	-4.64	0.14	4.33
BH2021-0573	Diorita	6	0.14	0.15	-7.07	0.14	1.66
BH2021-0573	Diorita	7	0.15	0.16	-11.61	0.15	-3.45

BH2021-0573	Diorita	8	0.18	0.20	-9.02	0.18	-2.08
BH2021-0573	Diorita	9	0.20	0.22	-7.41	0.20	-0.97
BH2021-0573	Diorita	10	0.22	0.24	-9.07	0.23	-3.19
BH2021-0573	Diorita	11	0.25	0.25	-0.91	0.24	4.76
BH2021-0573	Diorita	12	0.27	0.29	-8.82	0.28	-3.72
BH2021-0573	Diorita	13	0.27	0.30	-8.94	0.28	-3.95
BH2021-0573	Diorita	14	0.30	0.30	-1.00	0.29	3.96
BH2021-0574	Diorita	15	0.33	0.35	-5.08	0.34	-0.66
BH2021-0575	Diorita	16	0.38	0.41	-7.25	0.40	-3.31
BH2021-0576	Diorita	17	0.41	0.44	-6.16	0.42	-2.39
BH2021-0577	Diorita	18	0.41	0.45	-7.75	0.43	-4.01
BH2021-0578	Diorita	19	0.44	0.46	-5.27	0.44	-1.61
BH2021-0579	Diorita	20	0.46	0.47	-0.84	0.45	2.78
BH2021-0580	Diorita	21	0.50	0.51	-1.97	0.50	1.43
BH2021-0581	Diorita	22	0.51	0.50	1.50	0.48	4.96
BH2021-0573	Diorita	23	0.62	0.62	-0.03	0.64	-1.97
BH2021-0573	Diorita	24	0.68	0.65	3.56	0.66	1.85
BH2021-0573	Diorita	25	0.70	0.70	-0.96	0.71	-2.28
BH2021-0573	Diorita	26	0.75	0.74	0.32	0.75	-0.71
BH2021-0573	Diorita	27	0.78	0.78	-0.64	0.79	-1.43
BH2021-0573	Diorita	28	0.82	0.81	1.71	0.81	1.05
BH2021-0573	Diorita	29	1.04	1.00	3.15	1.00	3.35
BH2021-0573	Diorita	30	1.02	1.01	0.32	1.01	0.55
BH2021-0573	Diorita	31	1.02	1.03	-0.46	1.02	-0.17
BH2021-0573	Diorita	32	0.99	1.03	-4.39	1.03	-4.08
BH2021-0573	Diorita	33	1.07	1.04	2.64	1.03	2.96
BH2021-0573	Diorita	34	1.07	1.04	3.20	1.04	3.52
BH2021-0573	Diorita	35	1.05	1.08	-2.71	1.07	-2.26
BH2021-0573	Diorita	36	1.09	1.11	-2.35	1.11	-1.80
BH2021-0573	Diorita	37	1.10	1.12	-2.51	1.12	-1.92
BH2021-0573	Diorita	38	1.17	1.18	-0.88	1.17	-0.14
BH2021-0573	Diorita	39	1.29	1.25	3.47	1.24	4.38
BH2021-0573	Diorita	40	1.32	1.29	1.98	1.28	2.98
BH2021-0573	Diorita	41	1.24	1.30	-5.04	1.29	-4.02
BH2021-0573	Diorita	42	1.42	1.37	3.54	1.35	4.70
BH2021-0573	Diorita	43	1.40	1.45	-3.61	1.43	-2.31
BH2021-0573	Diorita	44	1.46	1.45	0.35	1.43	1.65
BH2021-0573	Diorita	45	1.46	1.49	-2.51	1.47	-1.14
BH2021-0573	Diorita	46	1.47	1.57	-6.34	1.55	-4.85
BH2021-0573	Diorita	47	1.67	1.66	0.52	1.64	2.14
BH2021-0573	Diorita	48	1.58	1.68	-6.34	1.65	-4.70

BH2021-0573	Diorita	49	1.70	1.72	-1.11	1.69	0.59
BH2021-0573	Diorita	50	1.92	1.89	1.91	1.85	3.80
BH2021-0573	Diorita	51	1.85	1.89	-2.07	1.85	-0.18
BH2021-0573	Diorita	52	1.97	2.04	-3.47	2.00	-1.44
BH2021-0573	Diorita	53	2.03	2.08	-2.51	2.04	-0.44
BH2021-0573	Diorita	54	2.15	2.17	-1.21	2.13	0.92
BH2021-0573	Diorita	55	2.17	2.22	-2.36	2.17	-0.19

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 10.7.** resultados obtenidos de laboratorio químico y analizador portátil con sus correcciones y variaciones para la roca Monzonita del tajo norte.

Orden de Análisis Químico	Lito	item	Cu LAB	CU XRF	Error	CU Corregido	Error Con Corrección
BH2021-0575	Mz Norte	1	0.103	0.102	0.878	0.104	-1.394
BH2021-0575	Mz Norte	2	0.105	0.102	2.801	0.104	0.529
BH2021-0575	Mz Norte	3	0.109	0.103	6.049	0.105	3.788
BH2021-0575	Mz Norte	4	0.116	0.117	-0.944	0.119	-2.967
BH2021-0575	Mz Norte	5	0.145	0.148	-1.845	0.150	-3.518
BH2021-0575	Mz Norte	6	0.145	0.143	1.739	0.145	0.016
BH2021-0575	Mz Norte	7	0.148	0.152	-2.929	0.155	-4.561
BH2021-0575	Mz Norte	8	0.15	0.148	1.140	0.151	-0.528
BH2021-0575	Mz Norte	9	0.187	0.179	4.260	0.182	2.823
BH2021-0575	Mz Norte	10	0.189	0.193	-1.887	0.195	-3.247
BH2021-0575	Mz Norte	11	0.19	0.185	2.559	0.188	1.157
BH2021-0575	Mz Norte	12	0.234	0.242	-3.361	0.245	-4.510
BH2021-0575	Mz Norte	13	0.234	0.226	3.434	0.229	2.227
BH2021-0575	Mz Norte	14	0.236	0.228	3.668	0.230	2.466
BH2021-0575	Mz Norte	15	0.254	0.240	5.668	0.243	4.513
BH2021-0575	Mz Norte	16	0.28	0.290	-3.612	0.293	-4.624
BH2021-0576	Mz Norte	17	0.29	0.288	0.831	0.291	-0.188
BH2021-0577	Mz Norte	18	0.293	0.285	2.838	0.288	1.813
BH2021-0578	Mz Norte	19	0.358	0.356	0.673	0.359	-0.213
BH2021-0579	Mz Norte	20	0.426	0.404	5.425	0.407	4.606
BH2021-0580	Mz Norte	21	0.461	0.439	5.003	0.442	4.224
BH2021-0581	Mz Norte	22	0.48	0.486	-1.242	0.490	-1.977
BH2021-0582	Mz Norte	23	0.486	0.501	-3.040	0.505	-3.762
BH2021-0575	Mz Norte	24	0.581	0.531	9.030	0.608	-4.608

BH2021-0575	Mz Norte	25	0.699	0.675	3.449	0.734	-4.901
BH2021-0575	Mz Norte	26	0.739	0.715	3.371	0.768	-3.878
BH2021-0575	Mz Norte	27	0.72	0.680	5.773	0.738	-2.450
BH2021-0575	Mz Norte	28	0.763	0.749	1.798	0.799	-4.558
BH2021-0575	Mz Norte	29	0.831	0.761	8.820	0.809	2.744
BH2021-0575	Mz Norte	30	0.936	0.865	7.908	0.899	4.034
BH2021-0575	Mz Norte	31	1.005	1.014	-0.892	1.029	-2.339
BH2021-0575	Mz Norte	32	1.02	1.053	-3.174	1.063	-4.094
BH2021-0575	Mz Norte	33	1.014	1.024	-1.011	1.038	-2.315
BH2021-0575	Mz Norte	34	1.015	1.014	0.078	1.029	-1.367
BH2021-0575	Mz Norte	35	1.025	1.055	-2.837	1.064	-3.736
BH2021-0575	Mz Norte	36	1.031	1.041	-0.994	1.053	-2.068
BH2021-0575	Mz Norte	37	1.058	1.095	-3.461	1.099	-3.845
BH2021-0575	Mz Norte	38	1.083	1.026	5.445	1.039	4.159
BH2021-0575	Mz Norte	39	1.088	1.044	4.164	1.055	3.122
BH2021-0575	Mz Norte	40	1.09	1.099	-0.859	1.103	-1.193
BH2021-0575	Mz Norte	41	1.104	1.167	-5.531	1.162	-5.095
BH2021-0575	Mz Norte	42	1.296	1.369	-5.514	1.338	-3.194
BH2021-0575	Mz Norte	43	1.112	1.094	1.632	1.098	1.232
BH2021-0575	Mz Norte	44	1.157	1.200	-3.647	1.191	-2.861
BH2021-0575	Mz Norte	45	1.172	1.190	-1.533	1.182	-0.849
BH2021-0575	Mz Norte	46	1.195	1.191	0.310	1.183	1.006
BH2021-0575	Mz Norte	47	1.231	1.198	2.751	1.189	3.511
BH2021-0575	Mz Norte	48	1.249	1.307	-4.556	1.284	-2.756
BH2021-0575	Mz Norte	49	1.251	1.275	-1.861	1.255	-0.353
BH2021-0575	Mz Norte	50	1.263	1.270	-0.521	1.251	0.942
BH2021-0575	Mz Norte	51	1.278	1.326	-3.687	1.300	-1.724
BH2021-0575	Mz Norte	52	1.29	1.304	-1.115	1.281	0.661
BH2021-0575	Mz Norte	53	1.292	1.356	-4.863	1.327	-2.648
BH2021-0575	Mz Norte	54	1.337	1.437	-7.182	1.396	-4.350
BH2021-0575	Mz Norte	55	1.338	1.327	0.799	1.301	2.773
BH2021-0575	Mz Norte	56	1.356	1.360	-0.309	1.330	1.937
BH2021-0575	Mz Norte	57	1.365	1.333	2.389	1.306	4.408
BH2021-0575	Mz Norte	58	1.376	1.387	-0.760	1.353	1.696
BH2021-0575	Mz Norte	59	1.384	1.355	2.118	1.325	4.321
BH2021-0575	Mz Norte	60	1.408	1.427	-1.340	1.388	1.423
BH2021-0575	Mz Norte	61	1.423	1.523	-6.801	1.472	-3.370
BH2021-0575	Mz Norte	62	1.457	1.434	1.577	1.394	4.393
BH2021-0575	Mz Norte	63	1.522	1.503	1.289	1.454	4.585
BH2021-0575	Mz Norte	64	1.57	1.620	-3.111	1.556	0.917
BH2021-0575	Mz Norte	65	1.608	1.634	-1.596	1.568	2.514

BH2021-0575	Mz Norte	66	1.614	1.657	-2.611	1.588	1.628
BH2021-0575	Mz Norte	67	1.53	1.557	-1.744	1.501	1.905
BH2021-0575	Mz Norte	68	1.642	1.666	-1.469	1.596	2.823
BH2021-0575	Mz Norte	69	1.602	1.587	0.972	1.527	4.803
BH2021-0575	Mz Norte	70	1.867	1.911	-2.340	1.809	3.136
BH2021-0575	Mz Norte	71	1.933	2.116	-9.016	1.987	-2.760
BH2021-0575	Mz Norte	72	2.06	2.154	-4.457	2.021	1.936
BH2021-0575	Mz Norte	73	2.094	2.261	-7.669	2.114	-0.935
BH2021-0575	Mz Norte	74	2.37	2.611	-9.684	2.418	-2.020
BH2021-0575	Mz Norte	75	2.709	3.028	-11.127	2.781	-2.628

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 10.8.** resultados obtenidos de laboratorio químico y analizador portátil con sus correcciones y variaciones para la roca Monzonita del tajo sur.

Orden de Análisis Químico	Lito	ítem	Cu LAB	CU XRF	Error	CU Corregido	Error Con Corrección
BH2021-0578	Mz Sur	1	0.11	0.10	1.98	0.11	0.98
BH2021-0578	Mz Sur	2	0.11	0.10	5.42	0.11	4.45
BH2021-0578	Mz Sur	3	0.11	0.11	2.39	0.11	1.28
BH2021-0578	Mz Sur	4	0.13	0.12	3.55	0.13	1.78
BH2021-0578	Mz Sur	5	0.15	0.15	1.14	0.15	-1.29
BH2021-0578	Mz Sur	6	0.17	0.17	-0.94	0.18	-3.81
BH2021-0578	Mz Sur	7	0.19	0.17	7.73	0.18	4.81
BH2021-0578	Mz Sur	8	0.19	0.19	2.56	0.19	-0.55
BH2021-0578	Mz Sur	9	0.20	0.20	-0.99	0.21	-4.33
BH2021-0579	Mz Sur	10	0.24	0.24	3.13	0.24	-0.55
BH2021-0580	Mz Sur	11	0.28	0.27	3.67	0.28	-0.26
BH2021-0581	Mz Sur	12	0.29	0.29	0.83	0.30	-3.24
BH2021-0582	Mz Sur	13	0.29	0.27	7.92	0.28	3.98
BH2021-0583	Mz Sur	14	0.31	0.30	2.11	0.32	-2.06
BH2021-0584	Mz Sur	15	0.39	0.39	0.28	0.40	-4.23
BH2021-0585	Mz Sur	16	0.43	0.40	6.36	0.42	1.79
BH2021-0586	Mz Sur	17	0.43	0.40	8.59	0.41	4.05
BH2021-0587	Mz Sur	18	0.47	0.47	-0.15	0.49	-4.89
BH2021-0588	Mz Sur	19	0.49	0.46	5.07	0.48	0.35
BH2021-0589	Mz Sur	20	0.52	0.48	8.77	0.50	4.02
BH2021-0578	Mz Sur	21	0.696	0.6629	4.872	0.718	-3.073
BH2021-0578	Mz Sur	22	0.779	0.771	1.032	0.817	-4.704
BH2021-0578	Mz Sur	23	1.003	0.9515	5.270	0.981	2.167

BH2021-0578	Mz Sur	24	1.013	0.9514	6.272	0.981	3.168
BH2021-0578	Mz Sur	25	1.036	1.0412	-0.501	1.063	-2.618
BH2021-0578	Mz Sur	26	1.079	1.1167	-3.434	1.132	-4.837
BH2021-0578	Mz Sur	27	1.055	1.0097	4.388	1.035	1.944
BH2021-0578	Mz Sur	28	1.075	1.0579	1.603	1.079	-0.348
BH2021-0578	Mz Sur	29	1.075	1.1098	-3.186	1.126	-4.651
BH2021-0578	Mz Sur	30	1.071	1.0058	6.279	1.031	3.793
BH2021-0578	Mz Sur	31	1.083	1.1244	-3.751	1.140	-5.087
BH2021-0578	Mz Sur	32	1.216	1.2071	0.735	1.215	0.073
BH2021-0578	Mz Sur	33	1.217	1.2793	-4.988	1.281	-5.129
BH2021-0578	Mz Sur	34	1.255	1.2954	-3.168	1.296	-3.201
BH2021-0578	Mz Sur	35	1.304	1.3302	-1.989	1.328	-1.796
BH2021-0578	Mz Sur	36	1.338	1.3928	-4.013	1.385	-3.441
BH2021-0578	Mz Sur	37	1.391	1.3398	3.750	1.336	4.004
BH2021-0578	Mz Sur	38	1.415	1.4087	0.443	1.399	1.108
BH2021-0578	Mz Sur	39	1.418	1.4206	-0.183	1.410	0.548
BH2021-0578	Mz Sur	40	1.428	1.4447	-1.163	1.432	-0.299
BH2021-0578	Mz Sur	41	1.446	1.5113	-4.416	1.493	-3.209
BH2021-0578	Mz Sur	42	1.465	1.5072	-2.840	1.489	-1.652
BH2021-0578	Mz Sur	43	1.473	1.4217	3.544	1.411	4.281
BH2021-0578	Mz Sur	44	1.549	1.5317	1.123	1.512	2.431
BH2021-0578	Mz Sur	45	1.556	1.613	-3.597	1.586	-1.916
BH2021-0578	Mz Sur	46	1.694	1.709	-0.882	1.674	1.197
BH2021-0578	Mz Sur	47	1.762	1.8065	-2.494	1.763	-0.055
BH2021-0578	Mz Sur	48	1.886	1.8565	1.576	1.809	4.186
BH2021-0578	Mz Sur	49	1.913	1.909	0.209	1.857	2.990
BH2021-0578	Mz Sur	50	1.956	2.0924	-6.738	2.024	-3.431
BH2021-0578	Mz Sur	51	1.997	2.0397	-2.116	1.976	1.052
BH2021-0578	Mz Sur	52	2.011	2.0538	-2.106	1.989	1.100
BH2021-0578	Mz Sur	53	2.195	2.1795	0.709	2.104	4.239
BH2021-0578	Mz Sur	54	2.209	2.2572	-2.158	2.175	1.556
BH2021-0578	Mz Sur	55	2.255	2.2589	-0.173	2.176	3.545
BH2021-0578	Mz Sur	56	2.4	2.4707	-2.903	2.370	1.256
BH2021-0578	Mz Sur	57	3.202	3.4515	-7.500	3.266	-1.994
BH2021-0578	Mz Sur	58	4.159	4.488	-7.610	4.214	-1.310

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 10.9.** resultados obtenidos de laboratorio químico y analizador portátil con sus correcciones y variaciones para la roca stockwork.

<b>Orden de Análisis Químico</b>	<b>Lito</b>	<b>item</b>	<b>Cu LAB</b>	<b>CU XRF</b>	<b>Error</b>	<b>CU Corregido</b>	<b>Error Con Corrección</b>
BH2021-0579	stockw	1	1.107	1.0849	2.017	1.141	-3.038
BH2021-0579	stockw	2	1.099	1.1008	-0.164	1.000	9.433
BH2021-0579	stockw	3	1.152	1.1449	0.618	1.188	-3.094
BH2021-0579	stockw	4	1.19	1.2101	-1.675	1.239	-4.061
BH2021-0579	stockw	5	1.187	1.1508	3.100	1.193	-0.487
BH2021-0579	stockw	6	1.321	1.3722	-3.802	1.366	-3.381
BH2021-0579	stockw	7	1.304	1.3754	-5.330	1.369	-4.859
BH2021-0579	stockw	8	1.251	1.2019	4.007	1.233	1.461
BH2021-0579	stockw	9	1.258	1.2357	1.789	1.259	-0.111
BH2021-0579	stockw	10	1.392	1.4680	-5.315	1.442	-3.498
BH2021-0579	stockw	11	1.418	1.5085	-6.185	1.473	-3.825
BH2021-0579	stockw	12	1.303	1.2621	3.188	1.280	1.772
BH2021-0579	stockw	13	1.432	1.5196	-5.936	1.482	-3.432
BH2021-0579	stockw	14	1.499	1.6305	-8.404	1.569	-4.561
BH2021-0579	stockw	15	1.466	1.4692	-0.218	1.442	1.617
BH2021-0579	stockw	16	1.482	1.5418	-3.955	1.499	-1.168
BH2021-0579	stockw	17	1.492	1.4559	2.449	1.432	4.100
BH2021-0579	stockw	18	1.545	1.6749	-8.069	1.604	-3.734
BH2021-0579	stockw	19	1.562	1.5830	-1.336	1.532	1.957
BH2021-0579	stockw	20	1.545	1.5281	1.103	1.489	3.716
BH2021-0579	stockw	21	1.619	1.7903	-10.051	1.694	-4.545
BH2021-0579	stockw	22	1.631	1.705	-4.436	1.627	0.222
BH2021-0579	stockw	23	1.636	1.6812	-2.725	1.609	1.681
BH2021-0579	stockw	24	1.677	1.7172	-2.371	1.637	2.415
BH2021-0579	stockw	25	1.72	1.8358	-6.513	1.730	-0.577
BH2021-0579	stockw	26	1.729	1.7835	-3.102	1.689	2.345
BH2021-0579	stockw	27	1.754	1.8379	-4.672	1.732	1.286
BH2021-0579	stockw	28	1.656	1.6963	-2.404	1.621	2.163
BH2021-0579	stockw	29	1.507	1.5080	-0.069	1.473	2.286
BH2021-0579	stockw	30	1.86	2.01	-7.752	1.867	-0.351
BH2021-0579	stockw	31	1.878	1.9853	-5.555	1.847	1.655
BH2021-0579	stockw	32	1.906	2.0640	-7.960	1.909	-0.152
BH2021-0579	stockw	33	1.959	2.0300	-3.558	1.882	3.999
BH2021-0579	stockw	34	1.901	1.9648	-3.302	1.831	3.745
BH2021-0579	stockw	35	2.004	2.0864	-4.029	1.926	3.946
BH2021-0579	stockw	36	2.041	2.3632	-14.631	2.143	-4.899
BH2021-0579	stockw	37	2.051	2.2296	-8.345	2.039	0.600

BH2021-0579	stockw	38	2.05	2.1339	-4.011	1.964	4.301
BH2021-0579	stockw	39	2.183	2.4729	-12.453	2.230	-2.108
BH2021-0579	stockw	40	2.199	2.5454	-14.602	2.286	-3.895
BH2021-0579	stockw	41	2.235	2.3548	-5.220	2.137	4.488
BH2021-0579	stockw	42	2.228	2.3609	-5.792	2.142	3.951
BH2021-0579	stockw	43	2.309	2.4974	-7.840	2.249	2.645
BH2021-0579	stockw	44	2.473	2.936	-17.120	2.593	-4.723
BH2021-0579	stockw	45	2.462	2.8124	-13.287	2.496	-1.360
BH2021-0579	stockw	46	2.437	2.6315	-7.675	2.354	3.470
BH2021-0579	stockw	47	2.643	2.9795	-11.970	2.627	0.617
BH2021-0579	stockw	48	2.836	3.1868	-11.649	2.789	1.661
BH2021-0579	stockw	49	3.616	4.3447	-18.307	3.697	-2.221

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 10.10.** resultados obtenidos de laboratorio químico y analizador portátil con sus correcciones y variaciones para la roca skarn.

Orden de Análisis Químico	Lito	item	Cu LAB	CU XRF	Error	CU Corregido	Error Con Corrección
BH2021-0574	Skarn	1	0.278	0.256	8.28	0.237	15.789
BH2021-0574	Skarn	2	0.303	0.358	-16.64	0.303	0.073
BH2021-0574	Skarn	3	0.456	0.803	-55.10	0.588	-25.280
BH2021-0574	Skarn	4	1.010	1.611	-45.87	1.106	-9.096
BH2021-0574	Skarn	5	1.255	1.789	-35.09	1.220	2.803
BH2021-0574	Skarn	6	1.344	2.203	-48.42	1.485	-10.001
BH2021-0574	Skarn	7	1.457	1.786	-20.31	1.219	17.827
BH2021-0574	Skarn	8	1.564	2.346	-40.00	1.577	-0.846
BH2021-0574	Skarn	9	1.688	2.288	-30.19	1.540	9.146
BH2021-0574	Skarn	10	1.796	2.884	-46.48	1.922	-6.776
BH2021-0574	Skarn	11	1.801	2.463	-31.03	1.652	8.627
BH2021-0574	Skarn	12	2.105	3.207	-41.48	2.129	-1.139
BH2021-0574	Skarn	13	2.351	4.250	-57.54	2.798	-17.370
BH2021-0574	Skarn	14	3.253	4.483	-31.80	2.947	9.855
BH2021-0574	Skarn	15	3.862	5.810	-40.27	3.798	1.673

Fuente: Elaboración propia.

### 10.3. ANEXO 3

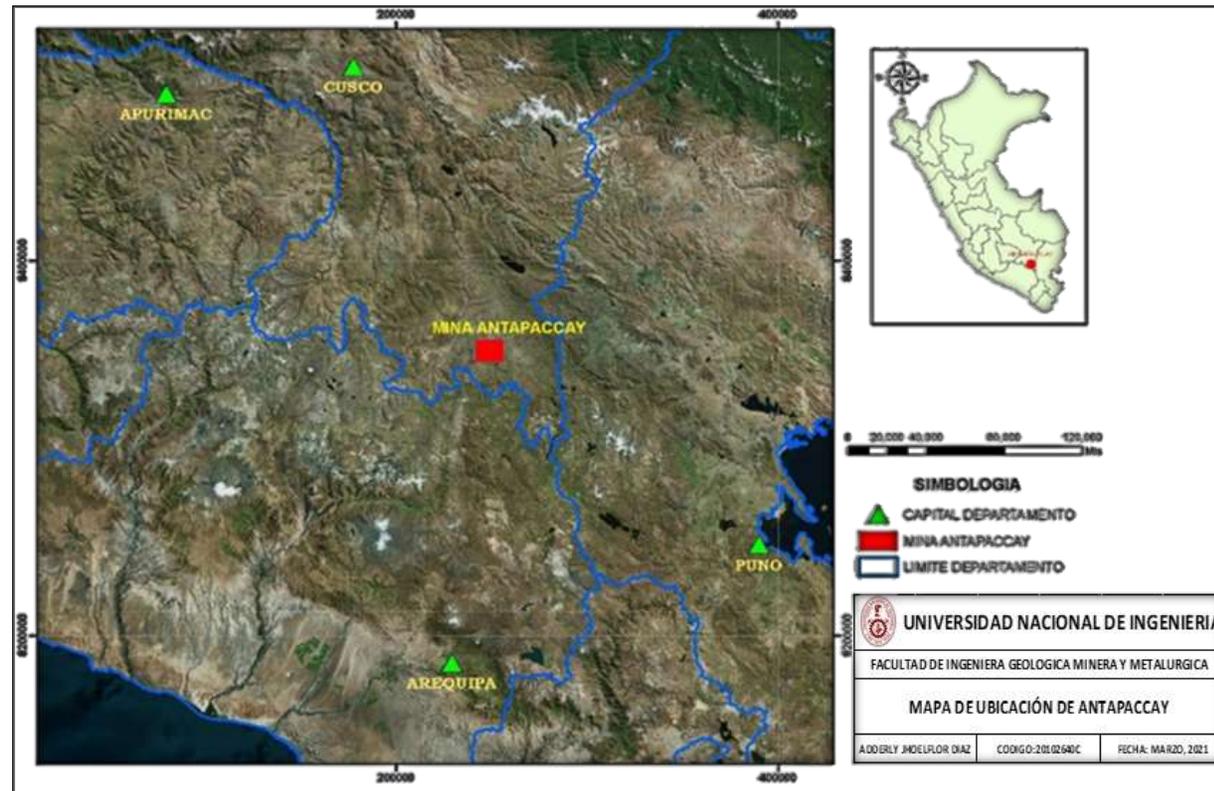
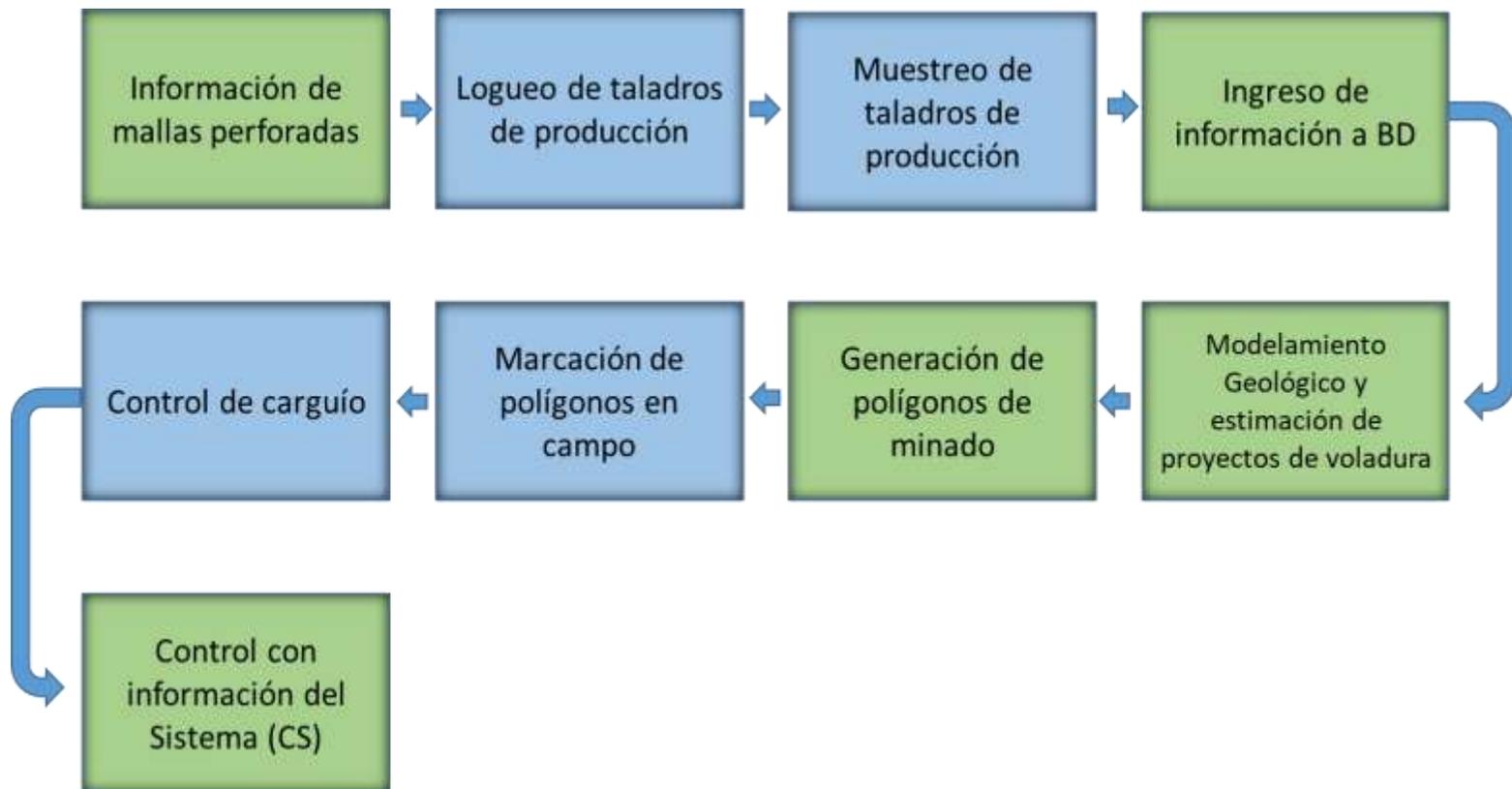


Figura 10.1. Ubicación de la compañía minera Antapaccay, Fuente: Google Earth.

Fuente: Elaboración propia.

#### 10.4. ANEXO 4



**Figura 10.2.** Diagrama de procesos ore control.

**Fuente:** Elaboración propia

## 10.5. ANEXO 5

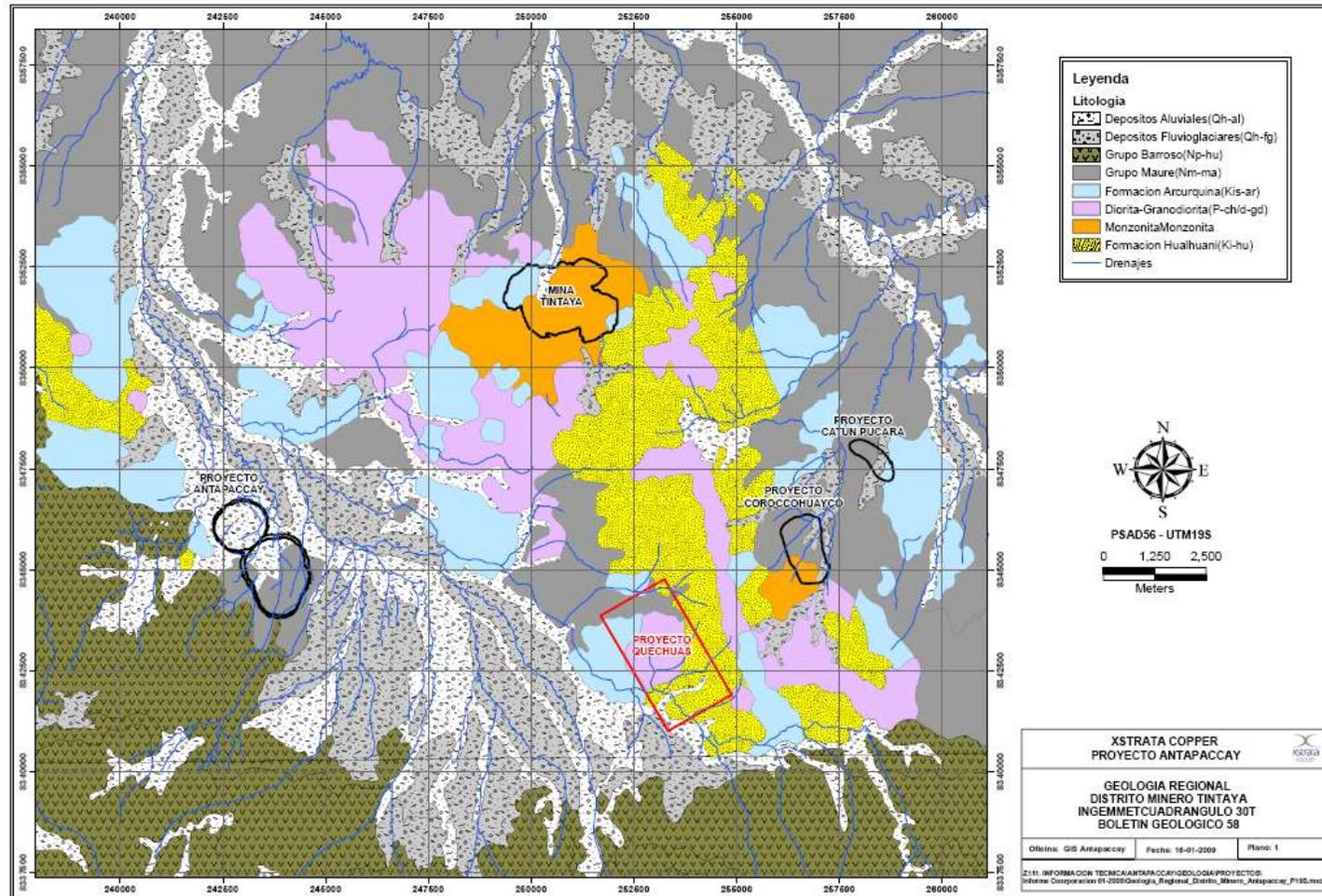


Figura 10.3. Plano Geológico de Antapaccay.

## 10.6. ANEXO 6

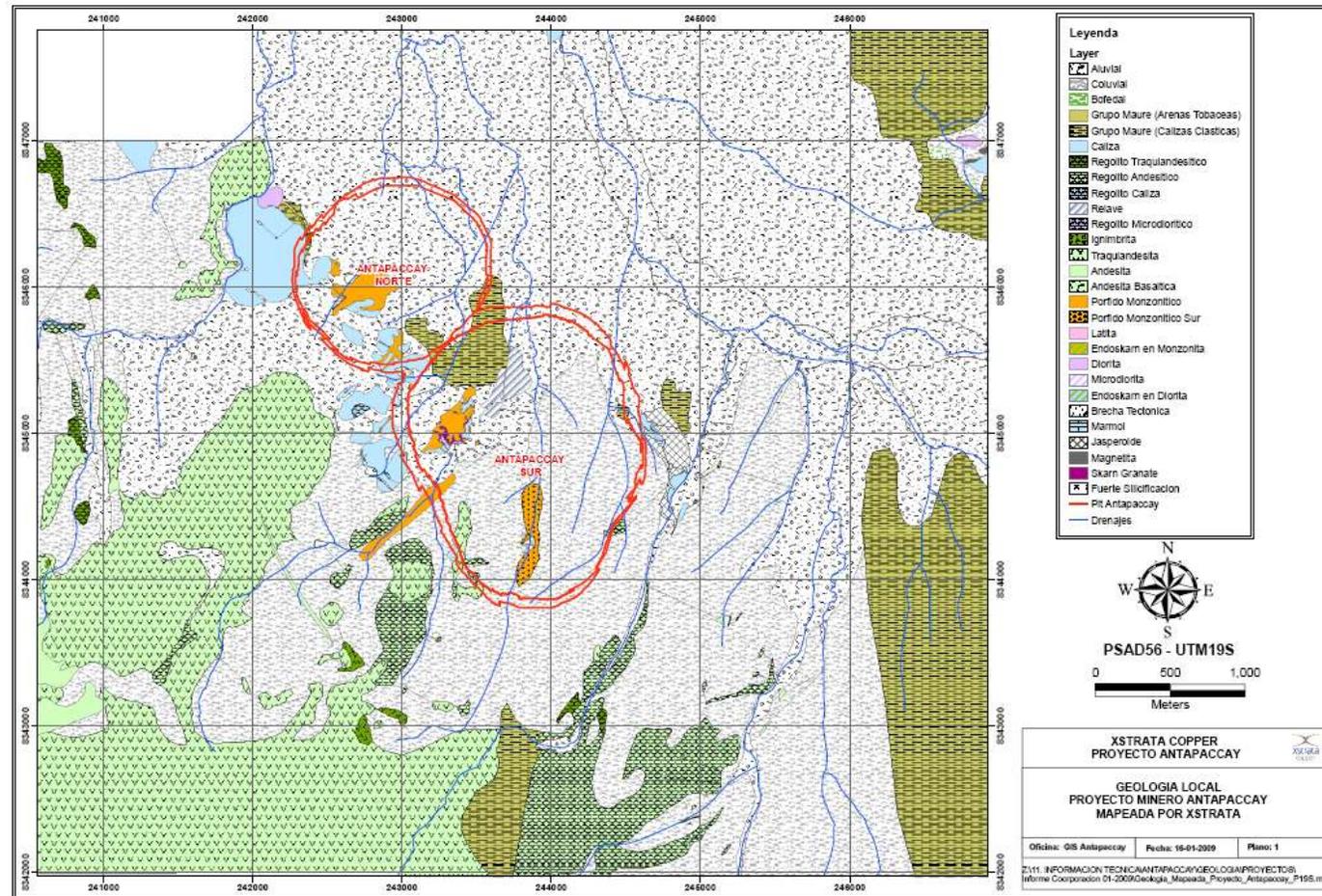


Figura 10.4. Plano Litológico de Antapaccay.