

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA
GEOLOGICA



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**Optimización en la recuperación de concentrados de Cobre mediante
el Blending Por caracterización geometalurgica – Mina Norte,
Sociedad Minera Austria Duvaz, 2022**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Geólogo

Autor:

Bach. Jhon Willinton MUÑOZ VITOR

Asesor:

Dr. Reynaldo MEJIA CACERES

Cerro de Pasco - Perú - 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA
GEOLOGICA



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**Optimización en la recuperación de concentrados de Cobre mediante
el Blending Por caracterización geometalurgica – Mina Norte,
Sociedad Minera Austria Duvaz, 2022**

Sustentado y aprobado ante los miembros de jurado:

Dr. Tito Marcial ARIAS ARZAPALO
PRESIDENTE

Dr. Favio Máximo MENA OSORIO
MIEMBRO

Mg. Eder Guido ROBLES MORALES
MIEMBRO



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

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 116-2024-UNDAC/UIFI

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

Tesis:

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**“OPTIMIZACIÓN EN LA RECUPERACIÓN DE CONCENTRADOS DE
COBRE MEDIANTE EL BLENDING POR CARACTERIZACIÓN
GEOMETALURGICA – MINA NORTE, SOCIEDAD MINERA AUSTRIA
DUVAZ, 2022”**

Apellidos y nombres de los tesistas:

Bach. MUÑOZ VITOR, Jhon Willinton

Apellidos y nombres del Asesor:

Dr. MEJIA CACERES, Reynaldo

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Geológica

Índice de Similitud

20 %

APROBADO

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

Cerro de Pasco, 6 de mayo del 2024



Firmado digitalmente por MEJIA
CACERES Reynaldo FAUJ
201546525046.pdf
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 09.05.2024 08:56:08 -05:00

DEDICATORIA

A Dios, por estar siempre a mi lado, iluminarme y haberme dado fuerza y constancia para lograr continuar con cada meta trazada. A mis padres Yolanda y Carlos, por su incondicional apoyo e infinito amor y comprensión en todo momento. A mi adorada compañera Stephany, por entenderme en todo y ser mi motivación, mi fuerza y energía, el que me hizo comprender lo maravilloso que es la vida de seguir adelante.; Gracias por su paciencia y tolerancia

RESUMEN

El presente informe titulado: Optimización en la recuperación de concentrados de cobre mediante el blending por caracterización geometalúrgica – mina norte, sociedad minera Austria Duvaz 2022, tiene como objetivo principal incrementar la eficiencia en el índice de recuperación de concentrados de cobre mediante la aplicación del Blending por caracterización geometalúrgica.

El cese de Mina Central en 2021, genera un cambio fuerte en la producción en el 2022 y siendo solo la producción principal de mineral en Mina Norte, reflejándose en las bajas calidades de recuperaciones de concentrados Cobre. obteniendo una recuperación por debajo de 68% en concentrados de Cu. La recuperación promedio en planta concentradora en los años anteriores oscilaba entre 78-83%, esto se debía a que la dosificación del Blending que se realizaba incluía gran parte de mineral que se extraía de Mina Central.

La metodología que permitió la sectorización de mina norte en UGMs, fue direccionada en cuatro partes como Manejo y selección de Muestras, caracterización de muestras en unidades geometalúrgicas, Mapeo y/o delimitación Geometalúrgico y Evaluación metalúrgica. Correlacionando los resultados obtenidos se pudo sectorizar Mina Norte en 7 UGMs, en donde se realizaron la evaluación metalúrgica en la recuperación de Cu de cada UGM identificada, donde las UGM 1 2 y 3 presentan complejidad por la presencia de diferentes tipos de arcillas y minerales finos, logrando recuperaciones 85%, teniendo los resultados definidos de cada UGM se realizó dosificaciones (Blending) en los meses de mayo a Julio y mediante herramientas de estadísticas de programación lineal, se pudo diferenciar las distintas proporciones aplicadas y clasificar de acuerdo a los resultados generados en el tratamiento de mineral. Generalizando estos resultados,

la dosificación (Blending) favorable con mejores resultados positivos, tendría la siguiente proporción UGM 1 (5.7) UGM 3 (2.9) y UGM 5 (1.4), con esta relación se tiene una recuperación $>73\%$ en concentrados de Cu. teniendo en cuenta que 72% de recuperación ya es rentable y viable. Con respecto a las demás UGMs caracterizados se incorporará generando nuevas dosificaciones (blending), pero con menor proporción así no se pierde los recursos ya estimados ni generando complejidad al momento del tratamiento en la recuperación de concentrados de Cu para planta concentradora.

Palabra Clave: Concentrados, Blending, Geometalurgica.

ABSTRACT

This report entitled: Optimization in the recovery of copper concentrates through blending by geometallurgical characterization – northern mine, mining company Austria Duvaz 2022, has as its main objective to increase the efficiency in the recovery rate of copper concentrates through the application of Blending by geometallurgical characterization.

The cessation of Mina Central in 2021 generates a strong change in production in 2022 and is only the main mineral production in Mina Norte, reflected in the low quality of recoveries of Copper concentrates. obtaining a recovery below 68% in Cu concentrates. The average recovery in the concentrator plant in previous years ranged between 78 83%, this was due to the fact that the blending dosage carried out included a large part of the mineral that was extracted from the Central Mine.

The methodology that allowed the sectorization of the northern mine into UGMs was directed in four parts such as Sample Management and Selection, Sample Characterization in Geometallurgical Units, Geometallurgical Mapping and/or Delimitation, and Metallurgical Evaluation. Correlating the results obtained, Mina Norte could be sectorized into 7 UGMs, where the metallurgical evaluation was carried out in the recovery of Cu from each identified UGM, where UGMs 1, 2 and 3 present complexity due to the presence of different types of clays and fine minerals. , achieving recoveries 85%, having the defined results of each UGM, dosages (Blending) were carried out in the months of May to July and Using linear programming statistical tools, it was possible to differentiate the different proportions applied and classify according to the results generated in the mineral treatment. Generalizing these results, the favorable dosage (Blending) with better

positive results would have the following proportion UGM 1 (5.7) UGM 3 (2.9) and UGM 5 (1.4), with this relationship there is a >73% recovery in Cu concentrates . taking into account that 72% recovery is already profitable and viable. With respect to the other characterized UGMs, it will be incorporated generating new dosages (blending), but with a lower proportion so that the resources already estimated are not lost or generating complexity at the time of treatment in the recovery of Cu concentrates for the concentration plant.

Keyword: Concentrates, Blending, Geometallurgy.

INTRODUCCIÓN

La industria del cobre en el Perú atraviesa por un buen periodo desde el punto de vista económico y productivo, ya que el aumento del precio del concentrado de cobre, han generado que se deba tener mayor planificación a la hora de explotar y procesar el mineral.

El objetivo de las compañías consiste en optimizar y disminuir los costos de producción, para así obtener mayor rentabilidad, para este objetivo SMAD cuenta con 3 tipos de modelos de planificación, el modelo de bloque, el modelo de procesamiento y el modelo de recuperación geometalúrgico de cobre. Tanto el modelo de procesamiento como la delimitación mineralógica geometalúrgico, permiten comparar, corroborar y mejorar el rendimiento de la operación.

El modelo de recuperación geometalúrgico se basó en el muestreo por UGM desde el yacimiento Mina Norte, el cual está caracterizado geológicamente, según zona mineral, alteración y litología. Actualmente se pretende modificar el concepto de UGM e incorporar los dominios geológicos, los cuales están caracterizados geo metalúrgicamente en base a leyes de minerales, mineralogía de mena y ganga, litología, alteración, dureza y recuperación de mineral valioso.

Cabe mencionar que el blending de mineral es un proceso importante y crítico que la mayoría de empresas mineras tiene que afrontar, para tal fin se revisan continuamente los planes de producción haciéndose las correcciones y ajustes necesarios, además para un efectivo control y administración el balance de la calidad, esto debe llevarse a cabo de forma técnica generando valores óptimos y minimizando el grado de complejidad al momento del tratamiento metalúrgico y obteniendo una mejor recuperación de mineral.

INDICE

DEDICATORIA

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

INDICE

I. DATOS GENERALES

1.1. Título del trabajo de suficiencia profesional	1
1.2. Delimitación trabajo de suficiencia profesional.	1
1.3. Fecha de inicio y fecha de termino	1

II. PLANIFICACIÓN DE TRABAJO

2.1. Descripción del trabajo de suficiencia profesional.....	2
2.2. Justificación	3
2.3. Objetivos del trabajo de suficiencia profesional.....	4

III. MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes.....	6
3.2. Bases teóricas científicas	24
3.3. Definición de términos básicos.....	29

IV. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

4.1. Intervención	31
4.2. Programación Específica	68

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 01: Promedio de recuperación de concentrados del elemento Cu- 2021	32
Cuadro N° 02: Descripción Petromineralógica de las muestras obtenidas de cada sector de mina norte.	38
Cuadro N° 03: Análisis Multi-elemental de las muestras obtenidas en cada sector de Mina Norte	40
Cuadro N° 04: Análisis Mineralógico por difracción de rayos X de la Muestra 01	42
Cuadro N° 05: Análisis Mineralógico por difracción de rayos X de la Muestra 02	42
Cuadro N° 06: Análisis Mineralógico por difracción de rayos X de la Muestra 03	42
Cuadro N° 07: Análisis Mineralógico por difracción de rayos X de la Muestra 04.	43
Cuadro N° 08: Análisis Mineralógico por difracción de rayos X de la Muestra 05.	43
Cuadro N° 09: Análisis Mineralógico por difracción de rayos X de la Muestra 06	44
Cuadro N° 10: Análisis Mineralógico por difracción de rayos X de la Muestra 07.	44
Cuadro N° 11: Análisis Mineralógico por difracción de rayos X de la Muestra 08	45
Cuadro N° 12: Análisis Mineralógico por difracción de rayos X de la Muestra 09	45

Cuadro N° 13: Análisis Mineralógico por difracción de rayos X de la Muestra 10	46
.....	46
Cuadro N° 14: Resumen general de resultados Petromineralógicos por cada muestra.	46
.....	46
Cuadro N° 15: Porcentaje en volumen de minerales de la Muestra 05.....	50
Cuadro N° 16: Grado de liberación de la Muestra 05.....	50
Cuadro N° 17: Porcentaje en volumen de minerales de la Muestra 07.....	51
Cuadro N° 18: Grado de liberación de la Muestra 07.....	51
Cuadro N° 19: Caracterización de unidades geometalúrgicas UGM 1,2y3.....	52
Cuadro N° 20: Caracterización de unidades geometalúrgicas UGM 4, 5, 6 y 7.....	53
Cuadro N° 21: Tiempo establecido para la molienda de las 07 muestras UGM.....	56
Cuadro N° 22: Resultados de análisis químico AAS de las 07 muestras – UGM.	56
Cuadro N° 23: Diagrama de flujo de flotación batch.....	58
Cuadro N° 24: Formación de colchón de espumas UGM 01-02-03.....	58
Cuadro N° 25: Formación de colchón de espumas UGM 04-05-06-07.....	59
Cuadro N° 26: Balance metalúrgico final muestra 01 UGM 1.....	60
Cuadro N° 27: Balance metalúrgico final muestra 02 UGM 2.....	61
Cuadro N° 28: Balance metalúrgico final muestra 03 UGM 3.....	62
Cuadro N° 29: Balance metalúrgico final muestra 04 UGM 4.....	63
Cuadro N° 30: Balance metalúrgico final muestra 05 UGM 5.....	64
Cuadro N° 31: Balance metalúrgico final muestra 06 UGM 6.....	64
Cuadro N° 32: Balance metalúrgico final muestra 07 UGM.....	65
Cuadro N° 33: Secuencia para genética de yacimiento de Mina Norte.....	67
Cuadro N° 34: Descripción final metalúrgica de las UGMs.....	68
Cuadro N° 35: Promedio de recuperación de concentrados del elemento Cu Enero –	

Mayo 2022	69
Cuadro N° 36: Promedio de recuperación de concentrados del elemento Cu Enero – Mayo 2022	71
Cuadro N° 37: Balance estadístico Blending _ Tratamiento Febrero -2022.....	72
Cuadro N° 38: Balance estadístico Blending _ Tratamiento Marzo-2022.....	74
Cuadro N° 39: Balance estadístico Blending _ Tratamiento Abril -2022.....	75
Cuadro N° 40: Balance estadístico Blending _ Tratamiento Mayo -2022.....	76
Cuadro N° 41: Balance estadístico Blending _ Tratamiento Julio -2022.	77
Cuadro N° 42: Resumen de la dosificación del Blending en base a su recuperación en Planta concentradora.	78
Cuadro N° 43: Dosificación recomendada para el Blending en base a UGMs.....	78
Cuadro N° 44: Estimación de recursos de las UGM.....	79
Cuadro N° 45: Estimación de recursos de las UGMs principales.....	80

I. DATOS GENERALES

1.1. Título del trabajo de suficiencia profesional

Optimización En La Recuperación De Concentrados De Cobre Mediante El Blending Por Caracterización Geometalúrgica – Mina Norte, Sociedad Minera Austria Duvaz, 2022.

1.2. Delimitación trabajo de suficiencia profesional.

La delimitación del informe está basada principalmente en la optimización en la recuperación de concentrados de cobre mediante el blending en sociedad minera Austria Duvaz, Unidad Morococha, desde generar un plan del trabajo donde se incluye el proceso de manejo y selección de muestras en zonas representativas, generar dominios en base a los resultados de análisis de muestras, sectorización por dominios o unidades Geometalúrgicas, generar un composito de muestra para pruebas metalúrgicas de cada unidad clasificado, hasta el resultado estadístico de la dosificación aplicadas por meses correlacionando cada unidad geometalúrgica.

1.3. Fecha de inicio y fecha de termino

Fecha de inicio: Setiembre 2019

Fecha de termino: Diciembre 2022

II. PLANIFICACIÓN DE TRABAJO

2.1. Descripción del trabajo de suficiencia profesional

2.1.1. Ubicación

La unidad económica (UEA) Austria Duvaz se encuentra a más de 4500 metros de altura, en el distrito de Morococha, provincia de Yauli, departamento Junín; la ubicación geográfica de la mina es privilegiada y estratégica ya que se ubica a 3 horas de la ciudad de Lima, el km 140 de la carretera central. El acceso a la mina Norte, se realiza desde la ciudad de Lima por la Carretera Central, a través de una vía asfaltada hasta Morococha (142 km).

Ubicación y potencial minero Austria Duvaz - Morococha.



Nota. Imagen referencia (Fuente: Web).

2.1.2. Geomorfología y Relieve.

El área de estudio se encuentra dentro del ámbito geomorfológico de la Cordillera de los Andes. Está constituida por un conjunto de elevaciones que corren alineadas en cadenas paralelas. La Cordillera de los Andes, configura un gran macizo antiguo, que responde al clásico esquema de plegamiento en el Primario, erosión en el Secundario, formando dilatadas penillanuras y sobre elevación en bloques durante el Terciario debido a la Orogenia Andina, intercalado con grandes cuerpos intrusivos y con eventos volcánicos, conjunto que configura un relieve complejo.

2.2. Justificación

La aplicación correcta en el proceso de blending de minerales va a generar una óptima recuperación de concentrados de minerales, satisfaciendo las restricciones sobre las características químicas que dificultan al proceso

metalúrgico de estas, para ello se quiere fijar una combinación adecuada de minerales extraídos de distintas reservas, además de relacionar las leyes, también se plantea tener en cuenta el porcentaje a agregarse, de cada unidad clasificada, basados en criterios geológicos, químicas y granulométricas, resultando un Blending por caracterización geometalúrgica, el cual permitirá la optimización en la eficiencia del tratamiento metalúrgico orientado al proceso recuperación de concentrados de Cu.

2.3. Objetivos del trabajo de suficiencia profesional

2.3.1. Objetivo general

Incrementar la eficiencia en el índice de recuperación de concentrados de cobre mediante la aplicación del Blending por caracterización geometalúrgica en Mina Norte.

2.3.2. Objetivos específicos

- a) Caracterizar en unidades geometalúrgicas las distintas zonas de Mina Norte, en base a sus propiedades geológicas, químicas y granulométricas.
- b) Determinar el grado de recuperación, mediante la evaluación metalúrgica según pruebas de flotación en cada unidad geometalúrgica identificada en mina norte.
- c) Definir la dosificación aceptable en el blending aplicado, mediante proporciones viables en base a la estimación de recursos que permita mejorar la planificación minera.
- d) Generar alternativas auxiliares para la producción considerando caracterización geometalúrgica que permitan incrementar los recursos y controlar abastecimiento de mineral en planta.

2.3.3. Importancia del Estudio

Delimitar el recurso mineral por caracterización geometalúrgica del yacimiento Mina Norte antes de que pase a una etapa de explotación es de suma importancia, porque permite predecir, planificar y optimizar el ritmo de producción (toneladas) y beneficio con un grado medido de precisión y certeza, para evitar problemas en el diseño y planeamiento de las operaciones mineras y en los métodos aplicados para la recuperación óptima metalúrgica del elemento Cobre. Por otro lado, esta pequeña investigación demostrará la importancia de integrar las diferentes ramas del conocimiento tales como la geológica, mineralógica, metalúrgica en busca de la mejora de un proceso productivo y tratamiento del mineral. No existe ninguna duda de que esta investigación será un aporte valioso para los futuros profesionales en Ingeniería Geológica, Ingeniería de Minas e Ingeniería Metalúrgica y otras especialidades relacionadas, y sentará las bases para seguir investigando las diferentes problemáticas en el sistema productivo minero, y buscar las soluciones más adecuadas gracias a la integración de diferentes profesionales relacionados con este campo.

III. MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes

No existen estudios y/o trabajos de investigación que precede al que se está realizando. Las referencias que tienen relación directa y/o indirecta con el estudio presente en la investigación son las siguientes:

Marchese, A. (2012). la geometalurgia se define como la clasificación de los minerales de acuerdo con su comportamiento frente a un proceso metalúrgico definido. Los alcances de la planificación geometalúrgica son amplios y de alto valor como instrumento de gestión minera durante las etapas de exploración previa a la formulación del proyecto, durante la explotación del yacimiento o como base del diseño de planta del proceso metalúrgico seleccionado según el tipo de mineral.

Delgado, J. (2014). Caracterización geometalúrgica y modelo geológico del yacimiento Cerro Negro Oeste. Teniendo como finalidad clasificar los dominios geometalúrgicos a partir de una caracterización mineralógica.

Canchaya, S. (2008). El modelo geometalúrgico. Clasificas en 4 tipos de análisis para realizar la caracterización geometalúrgica un yacimiento minero.

Castro, J. (2021). Rol y desafíos de la geometalúrgia operacional por UGMs (Unidades Geometalúrgicas) basadas en la litología, alteración, caracterización estructural, mineralogía y parámetros metalúrgicos, permite pronosticar las recuperaciones, tonelaje procesado, concentración de elementos contaminantes y consumo de reactivos.

Baumgartner, R. y otros (2016). La clave fundamental para la geometalúrgia y la optimización de procesos, Señala que la geometalúrgia se aplica cada vez más en operaciones mineras, así como durante proyectos avanzados en etapa de exploración. Como la raíz de la geometalúrgia está ligada a la mineralogía, la determinación y el conocimiento mineralógico de un depósito es fundamental para luego poder optimizar el proceso de extracción y mejoramiento en La recuperación de concentrados de mineral.

3.1.1. Unidad Minera Morococha

El distrito minero de Morococha cuenta con una larga historia de operaciones extractivas por importantes empresas mineras, en el mismo distrito como en su entorno las que se mencionan a continuación:

Imagen Satelital de la distribución mineralógica del distrito de Morococha.



Nota. Ortofotografía 2019 (Fuente: SMAD).

Las propiedades mineras donde se desarrolla actualmente sus operaciones Sociedad Minera Austria Duvaz – U. Morococha, pertenecen a Minera Chinalco Perú y Argentum.

Se ubica dentro de estas concesiones cedidas, cubriendo 68.74 Has. Esta Unidad Minera ha sido trabajada por minerales polimetálicos de Cu-Pb-Zn-Ag y sectorizados por dos zonas por distinta formación de su yacimiento, como distrito minero se remonta a 1880 su registro de descubrimiento.

3.1.2. Geología regional

La secuencia estratigráfica del área está compuesta por las rocas del Paleozoico y Mesozoico formado por las siguientes unidades geológicas.

3.1.3. Grupo excelsior (Devónico)

Las rocas más antiguas conocidas en la región son las del Grupo Excelsior del periodo Devónico que afloran fuera del distrito de Morococha, Yauli, Carahuacra, San Cristóbal y Andaychagua, donde forman el núcleo del Domo de Yauli. Sin embargo, se ha encontrado algunas exposiciones de roca Excelsior a aproximadamente 520 m por debajo de la superficie en el Túnel Kingsmill.

El espesor total del grupo Excelsior es desconocido. Pero J.V. Harrison (1948) estimó un total de 1,800 m de espesor para una secuencia equivalente en los alrededores del área de Tarma.

El Grupo Excelsior está compuesto principalmente de lutitas y filitas de coloración verde oliva a negro, calizas subordinadas y flujos de lava. Los afloramientos están fuertemente plegados, laminados y cortados por intrusiones en forma de lentes irregulares de cuarzo lechoso como resultado del metamorfismo regional. Las filitas se encuentran finamente estratificadas, mientras que los lentes

de cuarzo son más gruesos y se presentan generalmente en el núcleo de los anticlinales pequeños. (A. Bendezú 2007).

3.1.4. Grupo mitú (Pérmico)

En el distrito de Morococha, el periodo Pérmico está representado por las rocas volcánicas félsicas y andesíticas Catalina del Grupo Mitu (Formación Yauli). Las rocas volcánicas de Catalina forman el núcleo de los Anticlinales de Yauli y Morococha desde la superficie hasta la elevación 1,700 m, en el Túnel Kignsmill (Estas rocas volcánicas también afloran al sur del distrito (área de Cajoncillo) a lo largo del eje del anticlinal, pero son más extensos en las áreas de Yauli y San Cristóbal. Los Volcánicos Pérmicos Catalina se sobreponen en una discordancia angular en las filitas Excelsior del periodo Devónico. Están compuestas por dacita de coloración gris a verde y flujos de lava andesítica que se intemperizan a color marrón, localizadas en la parte inferior del grupo y en la parte superior están compuestas por brechas volcánicas, aglomerados y tobas piroclásticas. Los Volcánicos Catalina son rocas encajonantes favorables para las venas persistentes y bien definidas con rumbo N50°–70°E y contienen cobre, plata, plomo y zinc. (A. Bendezú 2007).

D.H. Laughlin (1924) calculó que el grosor de las rocas volcánicas Catalina en el distrito de Morococha es de 760 m. Sin embargo, A. Terrones (1949) calculó que dicho grosor es solo de 300 m. Se considera que los Volcánicos Catalina y la Formación Yauli se encuentran en la parte superior del Grupo Mitu. No obstante, en el área de Arapa al este y sudeste del distrito de Morococha existe un conglomerado rojo (basal) que se estima tiene más de 160 m de grosor y se encuentra superyacente a los Volcánicos Catalina y por debajo de la Caliza Pucará (A. Terrones, 1949).

3.1.5. Grupo pucará (Triásico – Jurásico).

El grupo Pucará fue estudiado en los Andes Centrales por Harrison (1944), Jenks (1955), Szekely and Grosse (1972), Mégard (1977), H. Kobe (1977) entre otros. Como resultado de estos estudios, el grupo Pucará fue subdividido en tres formaciones desde la parte inferior a la superior de la siguiente manera:

- Formación Chambará: Intercalaciones de caliza, tufos, lutitas bituminosas y cherts alcanza una potencia máxima regional de 1,500 m.
- Formación Aramachay: Interestratificación de lutitas, areniscas, tufos, cherts y rocas fosfáticas cuya máxima potencia es de 600 m.
- Formación Condorsinga: Ubicada en el tope del Grupo, está constituida por intercalaciones de calizas, lutitas y areniscas con una potencia de 2,900 m.

En el distrito de Morococha, el Grupo Pucará está formado por calizas de color gris claro a blanco, que sobre yacen discordantemente al Grupo Mitú. Las calizas del Pucará contienen vetas, mantos y cuerpos mineralizados. Dos derrames lávicos están interestratificados con las calizas, estos son: el basalto Montero y la traquita Sacracancha que actúan como estratos llaves. La edad de las calizas Pucará en el distrito, llamada localmente caliza Potosí, es asignada al Jurásico Inferior (Lías). Últimamente, H. W. Kobe (1981), en base a estudios al microscopio afirma que las denominadas traquitas son tufos. Asimismo, este autor supone que es la formación Condorsinga la que está presente en Morococha.

3.1.6. Grupo goyllarisquizga (Cretáceo Inferior)

El Grupo Goyllarisquizga está representado en el distrito de Morococha por una secuencia constituida por un conglomerado rojo basal en aparente concordancia sobre la caliza Pucará. Luego se suceden areniscas y lutitas rojas, capas de cuarcita de 6 a 15 metros de espesor y capas de caliza gris

interestratificada con derrames lávicos o diques- capas de diabasa y basalto. Toda esta secuencia está expuesta al Norte, Noreste y Suroeste del distrito. Los horizontes basálticos son generalmente amigdaloides, en tanto que los diabásicos son porfiríticos. Al Norte del distrito se conocen hasta 12 horizontes con espesores que varían de 3 a 61 metros, mientras que, al Suroeste, sólo se conocen tres, con espesores de 5 a 15 metros. Esta secuencia va cambiando hasta el tope a una caliza masiva de color gris azulado y a una caliza fosfática de color gris a oscuro las cuales suceden al último dique-capa de diabasa. Estas calizas constituyen la base del grupo Machay. La potencia de toda la secuencia, de acuerdo con medidas tomadas por J. M. Boutwell (1920) y P. Henshaw (1943) varía de 396 a 469 metros. La secuencia se correlaciona con la arenisca Goyllarisquizga de las regiones de Oroya y Cerro de Pasco.

3.1.7. Grupo machay (Cretáceo Superior)

El Grupo Machay está representado por una interestratificación de calizas, las cuales están expuestas en las afueras del distrito, al Suroeste y Oeste, en las áreas de Buenaventura, Galera y Ticlio. El Grupo Machay, que yace en concordancia sobre el Grupo Goyllarisquizga, consiste en una caliza gris azulada, masiva con restos de fósiles, en la parte inferior. Luego viene una caliza gris clara que contiene horizontes de caliza carbonosa, lutácea, margosa y caliza fosfatada. Los últimos 12 m. de la secuencia son de lutita negra que contiene ammonites y pelecípodos. La caliza Machay tiene un espesor de más o menos 445 m. en el distrito, de acuerdo con medidas hechas por J. M. Boutwell (1920). La edad del Grupo corresponde al Cretáceo Medio (Albiano) (J.J. Wilson 1963). El grupo Machay vendría a representar las formaciones Chulec, Pariatambo y Jumasha en la

zona de Morococha. Al Oeste de Ticlio, fuera del área de Morococha, se encuentra el contacto con las Capas Rojas de Casapalca.

3.1.8. Actividad ígnea

La actividad ígnea en el distrito de Morococha se inició durante el periodo Pérmico con las andesitas y dacitas de los volcánicos Catalina que vienen a ser las rocas ígneas más antiguas del distrito. Los flujos volcánicos y diques capas interstratificados con las rocas sedimentarias del periodo Jurásico y Cretáceo indican que la actividad ígnea continuó durante el Mesozoico. El clímax de la actividad ígnea ocurrió en el Terciario Superior con la intrusión de diorita, pórfido feldespático, pórfido cuarcífero, pórfido dacítico.

La secuencia de las fases intrusivas, desde las más reciente a las más antiguas, es la siguiente: Diorita Anticona (8-14 millones de años), granodiorita, pórfido feldespático, y pórfido cuarcífero de 7 a 8 millones de edad.

La “Diorita” Anticona es la roca intrusiva más antigua del Terciario (8-14 millones de años), expuesta al oeste y noroeste del distrito de Morococha. Es una roca andesítica de color verde a gris. Su textura varía de equigranular de grano grueso a porfirítico con prominentes fenocristales de plagioclasa. La “diorita” forma una “roca de cubierta” plana de base en la zona oeste del distrito donde se superpone al skarn bien mineralizado.

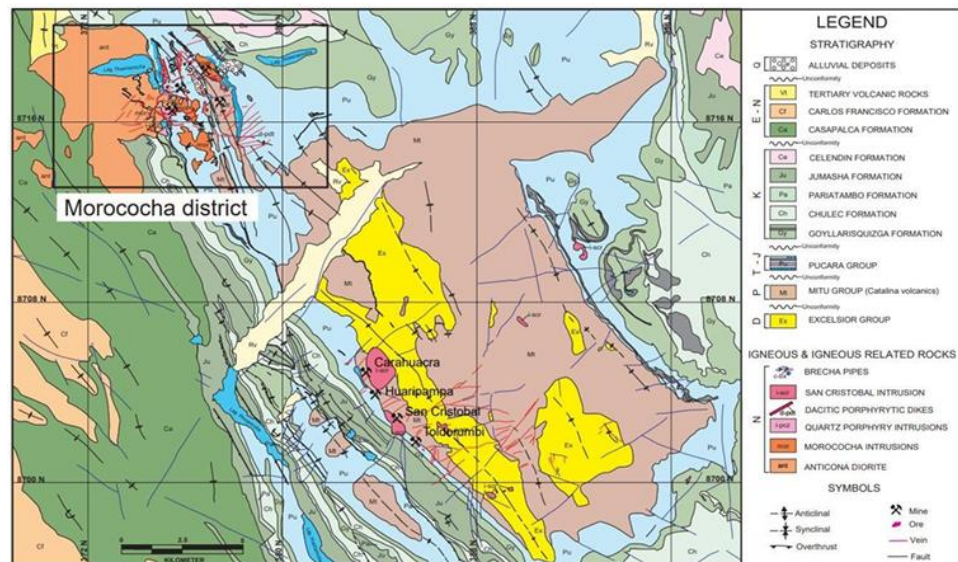
El pórfido feldespático es la otra roca huésped intrusiva más importante para la mineralización y es, posiblemente, la que más se asocia con las soluciones hidrotermal que alteran y mineralizan el yacimiento mineral de Toromocho. En un plano del nivel 1000, este tiene una forma elíptica con sus ejes principales con dirección de NE a SO. Sus límites exteriores no son muy definidos, intruye a la diorita y granodiorita y es intruída por el pórfido cuarcífero. Presenta textura

porfírica con fenocristales de cuarzo (5%–10%), plagioclasa (30%–40%), feldespato potásico (10%–17%), biotita (5%) con matriz micro granular compuesto por los mismos minerales.

El pórfido cuarcífero es un intrusivo joven encontrado al suroeste del yacimiento principal. Tiene una textura porfírica con una matriz aplítica principalmente compuesta por plagioclasas de feldespato potásico y cuarzo con fenocristales de cuarzo (>10%).

El pórfido dacítico es un solo dique de pórfido félsico de 20 a 30 m de ancho que contiene numerosos ojos de cuarzo y base vidriosa de pórfido aplítico de feldespato cuarcífero con tendencia NO-SE que cruza toda la porción sudoeste del distrito de Morococha. Este dique es de una característica tardía o aparentemente posterior a todos los otros intrusivos Terciarios y posiblemente a la mayor parte de la mineralización de cobre.

Mapa geológico regional del distrito de Morococha.



Nota. Geología Regional escala 25k (Fuente: A. Bendezú 2007).

3.1.9. Geología local

La unidad polimetálica de Morococha ocupa el centro del intrusivo Terciario con mineralización asociada de skarn, vetas cimoides y brechas. Se desarrolla en sedimentos calcáreos del grupo Pucará del periodo Jurásico sobre el flanco occidental del anticlinal regional con buzamiento (45–50 grados) localizado entre un gran intrusivo antiguo pre-mineral andesítico (“diorita”) hacia el oeste y Rocas Volcánicas (Catalina) del periodo Pérmico – Triásico hacia el este a lo largo del eje del anticlinal regional.

Las unidades litológicas que afloran en el distrito de Morococha son tanto de naturaleza sedimentaria como ígnea y sus periodos oscilan desde el Periodo Pérmico hasta el Terciario.

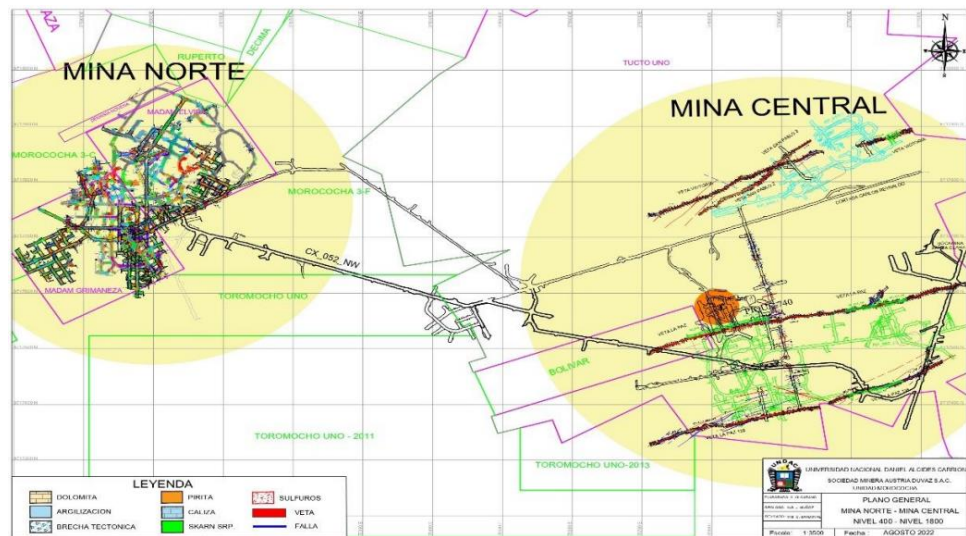
Las rocas más antiguas en el distrito pertenecen a la formación volcánica Catalina del Grupo Mitu (Pérmico) y está compuesto por flujos de lava de composición andesítica y riolítica que se presentan como dacitas, brechas volcánicas, aglomerados y tobas localizadas en la sección superior del grupo Mitu.

Las calizas del Grupo Pucará (Jurásico) fueron depositadas discordantemente sobre las rocas subyacentes del grupo Mitu (Catalina) (Proffett 2005). En general, los sedimentos Pucará están compuestos por calizas de color gris claro a blanco, calizas dolomíticas con interstratificaciones de lutitas, hornfels y areniscas. Dos flujos de lava se encuentran intercalados con las calizas.

En sociedad minera Austria Duvaz está conformada por dos zonas con distinta caracterización geológica, las cuales son: Zona mina central que conforma un sistema de vetas subverticales donde también existen ramales y cimoides que están catalogadas como estructuras de segundo orden. El rumbo general predominante de las estructuras es NE-SW con potencias de 0.2m a 4.0m. Con

extensión variable tanto horizontal como verticalmente que alcanza longitudes > a 600m y zona mina norte que conforma un sistema de mantos y cuerpos irregulares como Manto consolidado (M. Elvira – M. Grimaneza), y se tiene estructuras mineralizadas reconocidas con sondeo diamantino como Manto 1 (Sulfuros), Manto Lorena los cuales infrayacen a dicho manto.

Delimitación de los yacimientos de sociedad Minera Austria Duvaz



Nota. Mina norte -Skarn Magnésiano y Mina Central -Epitermal (Fuente: SMAD 2022).

Imagen 3D de la distribución mineralógica de S.M Austria Duvaz.



Nota. Imagen satelital (Fuente: Google Maps)

3.1.10. Geología local

En Mina Central actualmente las estructuras de mayor importancia son: Veta La Paz, Veta Victoria, Veta La Paz 138, Veta San Pablo 2 y Ramal 1. Existen ramales y cimoides que están catalogadas como estructuras de segundo orden como La Paz NE, La Paz SW y Esperanza.

El rumbo general predominante de las estructuras es NE-SW con potencias de 0.2m a 4.0m. Con extensión variable tanto horizontal como verticalmente que alcanza longitudes > a 600m. Existe un sistema de fracturas NE-SW, con relleno de mineralización polimetálica de Cu-Pb-Zn y Ag, donde se concentra principalmente las Operaciones.

Vista en planta y delimitación 2D de las vetas en Mina Central.



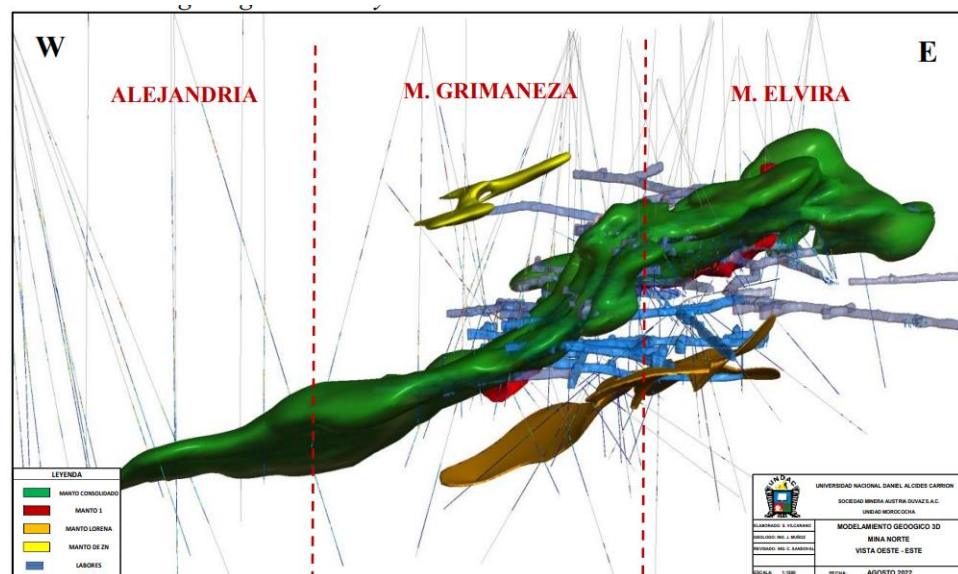
Nota. Delimitación de concesiones mineras - Unidad Morococha (Fuente: SMAD 2019)

3.1.11. Mina norte

El yacimiento de Mina Norte es un depósito de tipo skarn magnésico con predominancia en alteración retrograda, con mineralización de cobre, zinc y plata; su tectonismo está ligado al levantamiento de la cordillera de los Andes que generó

el emplazamiento del intrusivo de 10 MA y de otros cuerpos intrusivos porfiríticos relacionados a éste. El metasomatismo de contacto resultó de eventos hidrotermales y formación del skarn mineralizado a lo largo de los límites entre los intrusivos y la caliza generando eventos de brecha y el colapso del sistema hidrotermal, finalizando con la continuación de la orogenia de los Andes, erosión y exposición del depósito. Cuya composición general está representada por talcos, serpentinas y minerales de alteración calcosilicatada, emplazados dentro de rocas calcáreas de composición dolomítica y calizas, infrayaciendo a este yacimiento también encontramos cuerpos irregulares de Sulfuros dentro de Brecha Tectónica (Manto 1). y también cuerpos piritosos diseminados con mineralización de cobre. (Manto Lorena).

Modelamiento geológico 3D del yacimiento Mina Norte.



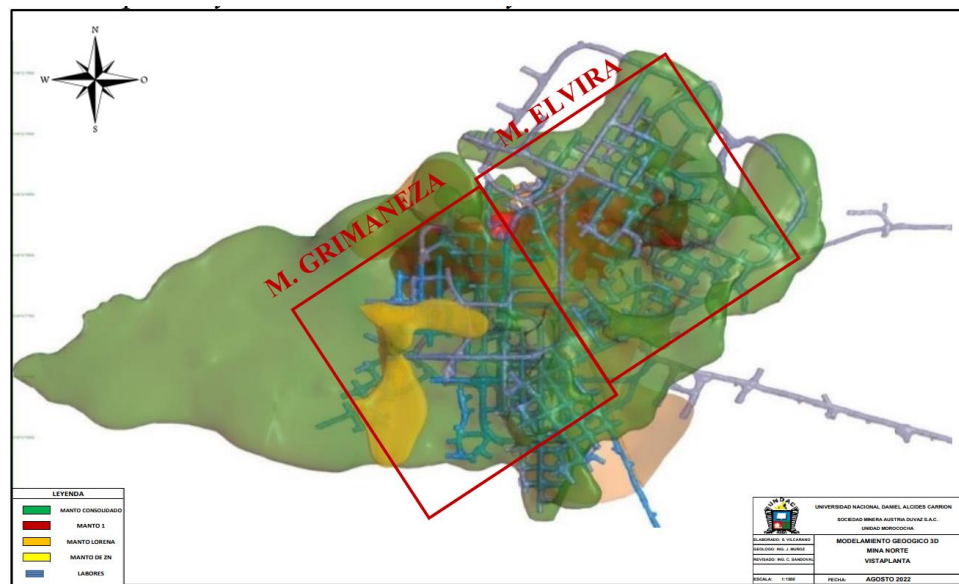
Nota. Zonas características de Mina norte (Fuente: SMAD 2021)

Normalmente en una formación de yacimientos tipo skarn, hay la existencia muy común que los fluidos magmáticos realizan una interacción con rocas calcáreas o rocas calizas, en caso de Mina Norte fueron con rocas de alteraciones de dolomita (carbonatos dobles de magnesio y calcio), provocando la formación de

silicatos de magnesio, presentándose de esta manera una mineralización con contenidos altos de Talco en Madam Elvira y concentración fuerte de serpentinas asociadas a magnetita en Madam Grimaneza.

La mineralogía de los cuerpos de reemplazamiento configura una clara zonación metálica en el yacimiento con ensambles ricos en cobre en su parte central y enriquecido progresivamente en zinc hacia las zonas distales. Los resultados indican que los cuerpos de skarn están relacionados a varios pulsos de inyección de fluidos magmáticos durante un intervalo de más de 2.5 millones de años, entre 9.3 y 6.8 Ma. La mayor parte de la mineralización polimetálica en skarn y en cuerpos de reemplazamiento en rocas carbonatadas se hospeda en la Formación Chambará, constituida principalmente por dolomías y en menor grado por calizas y cuya potencia varía de 200 a 400 m. La base es frecuentemente reemplazada por cuerpos de pirita. Skarn Magnésicos de serpentina, magnetita, flogopita, tremolita, talco y clorita son los más importantes en volumen en Mina Norte y se desarrollan principalmente en alternancias de dolomías y calizas de la Formación Chambará; Los exoskarns magnésicos tienen un característico color verde amarillento debido a la abundancia de serpentina. con respecto al talco estas reemplazan a la serpentina en las partes internas de los cuerpos de skarn.

Vista en planta y delimitación 3D del yacimiento Mina Norte.



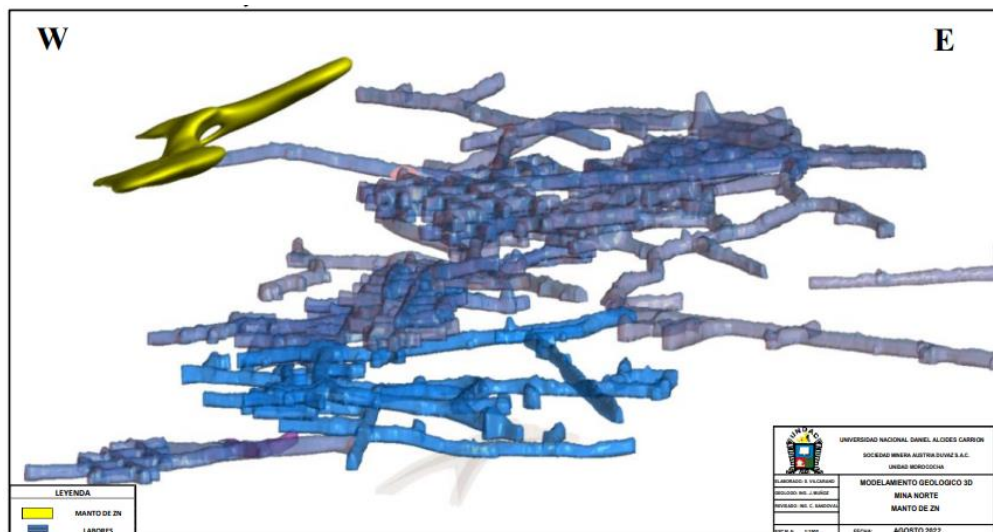
Nota. Targets principales de Mina norte (Fuente: SMAD 2021).

3.1.12. Principales estructuras mineralizadas mina norte

a) Manto de Zn

Es una estructura de menor volumen que tiene características mineralógicas de exoskarns cálcicos de andradita-diópsido \pm que forman cuerpos de reemplazamiento rica en zinc (Esfalerita-marmatita) hacia el techo del manto consolidado.

Vista hacia el Norte y delimitación 3D de Manto de Zn.

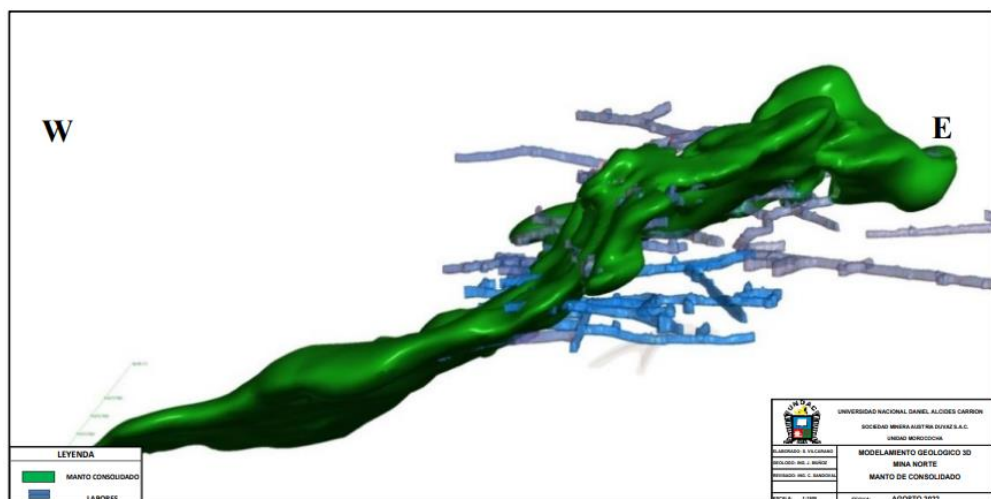


Nota. Característica principal de formación de lentes de Zn, Mina Norte
(Fuente: SMAD 2021)

b) Manto Consolidado

Estructura de gran dimensión de dirección promedio E-W y buzamiento subhorizontal a 30-42° SW aproximadamente, con potencia variable de 2.00 -17.0 metros., se encuentra emplazado de forma concordante y dentro de un paquete calcáreo, su composición es magnesiana principalmente por efectos de metasomatismo de contacto. Mineralógicamente está compuesto de Serpentin y Talcos, asociados a Pirita de forma pervasiva, con zonas localizadas de Magnetita, consiste en estructuras tipo manto, el cual se presenta de manera irregular, es la fusión entre Madame Elvira y Madame Grimaneza. Se caracteriza por su fuerte intensidad hacia el generano fuerte presencia de Talco asociado al techo con dolomitas y hacia el Oeste presencia de Serpentina pirita asociada al techo por calizas marmolizadas.

Vista hacia el Norte y delimitación 3D Manto Consolidado.

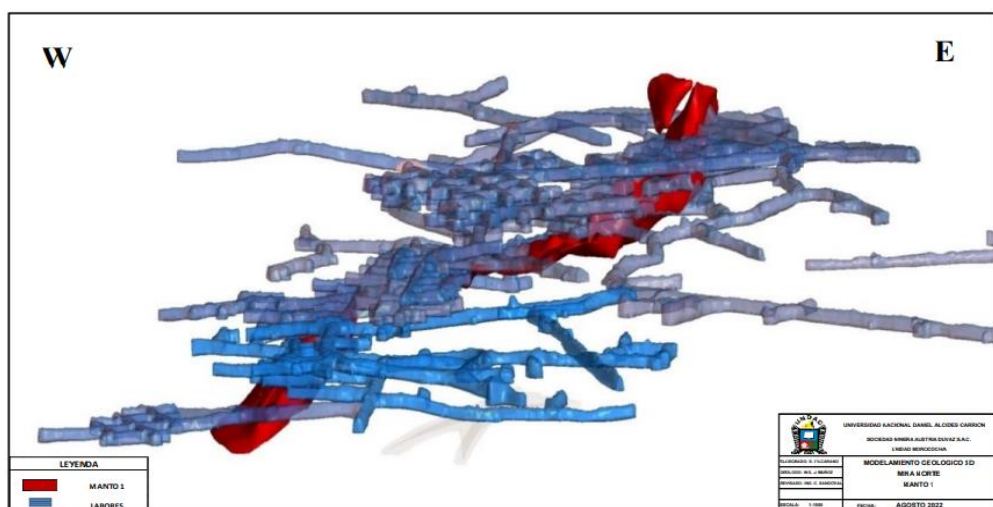


Nota. Manto principal de Cu, Mina Norte (Fuente: SMAD 2021).

c) Manto de Sulfuros (Manto 1)

Infra yaciendo al manto consolidado se encuentra la estructura mineralizada compuesta principalmente por sulfuros grises Eng++ Cpy++ Pirita++ asociada a brechas de colapso Controlada por un sistema de fallas tanto al piso como al techo que producto de ello se tenga buzamientos variables y con potencia promedio de 2.50 metros.

Vista hacia el Norte y delimitación 3D Manto de Sulfuros.



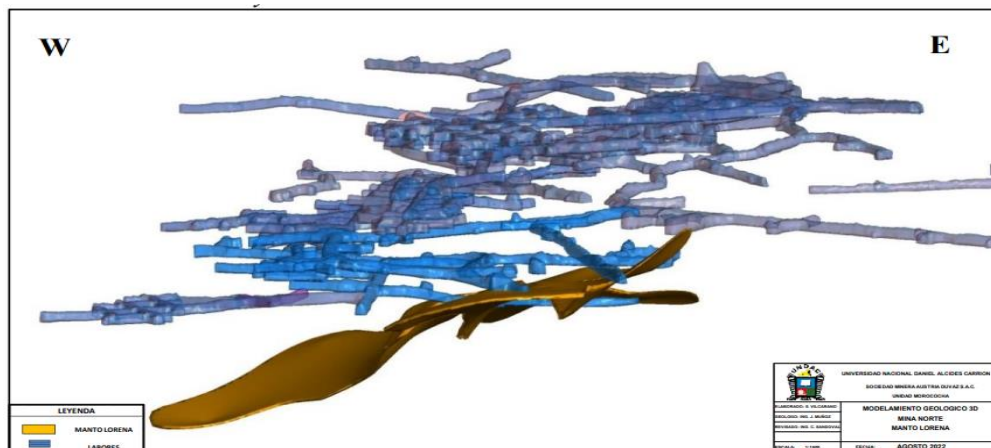
Nota. Manto con mayor presencia de minerales económicos de Cu asociados a Pirita, Mina Norte (Fuente: SMAD 2021).

d) Manto Lorena.

Estructura de dirección promedio N 45° W y buzamiento subhorizontal a 15° SW aproximadamente, con potencia promedio de 2.20 metros. Esta estructura se emplaza dentro de un cuerpo de Pirita+++ masivo de grano fino, su mineralización económica comprende Calcopirita+ principalmente, la cual está distribuida a manera de parches irregulares y textura moteada. Como ganga presenta pirita masiva, pirrotita y eventuales magnetitas. El manto Lorena infra yace directamente a la

brecha tectónica 430, donde se evidencia empobrecimiento al Norte y un sistema abierto al SW.

Vista hacia el Norte y delimitación 3D Manto Lorena.



Nota. Manto asociado a Pirrotita, Mina Norte (Fuente: SMAD 2021).

3.1.13. Geología estructural

Plegamiento

La principal estructura regional característica de la región es el “Domo de Yauli” que se extiende por 30 Km. desde San Cristóbal hasta Morococha con un rumbo general de N35°O. En el distrito de Morococha, la principal estructura es el anticlinal de Morococha, que es la porción norte del Domo de Yauli. El Anticlinal de Morococha es un pliegue asimétrico con los Volcánicos Catalina como núcleo. El eje del anticlinal tiene un rumbo de N20°O al sur del distrito y N40°O al norte del distrito con inclinación de 10° a 15° hacia el norte. El buzamiento del flanco oeste se encuentra en el rango de 20° a 30° y el flanco este entre 30° y 40°. Existen dos anticlinales secundarios a lo largo de los flancos este y oeste del anticlinal de Morococha respectivamente.

Se han reconocido dos periodos de plegamientos en la región: el primer periodo se inicia al final de Cretáceo y continúa en el Terciario inferior y Terciario Medio. G. Steinmann reconoce tres etapas de plegamiento en la Cordillera de los

Andes Peruanos: los “Plegamientos Peruanos” que se producen al final del Periodo Cretáceo y antes que fueran depositados las capas rojas, el plegamiento “Incaico” que ocurrió en el periodo Terciario inferior y fue el plegamiento más intenso. El plegamiento Incaico fue seguido por la actividad ígnea. Finalmente, el plegamiento “quechua” en el periodo Terciario Medio.

3.1.14. Fallamiento

En el distrito de Morococha, probablemente al finalizar el Periodo Cretáceo, las fuerzas compresivas del plegamiento peruano con dirección este-oeste desarrollaron el anticlinal de Morococha. Cuando la intensidad de la compresión se incrementó durante el periodo de plegamiento “Incaico”, las rocas se fracturaron por ruptura desarrollándose por las menos dos fallas inversas paralelas al rumbo general de las rocas sedimentarias. Estas fallas son Falla “Toldo Potosí” con buzamiento al oeste en el flanco este de la zona NO del anticlinal y la Falla Gertrudis con buzamiento hacia el este sobre el flanco oeste. El buzamiento de las dos fallas invertidas varía entre 45° y 70° y es opuesta.

Al final del plegamiento “Incaico” se produjo la actividad ígnea en la región Morococha con la intrusión de la Diorita Anticonca que se inicia primero en la parte occidental del distrito. Las fuerzas continuas de compresión dieron paso a la formación de fracturas de cizalla con rumbo noroeste en la zona sur del distrito donde el anticlinal también tiene un rumbo de $N20^\circ O$. Dichas fracturas son conocidas como Fallas Huachamachay y San Gerardo. Aproximadamente al mismo tiempo en la zona norte del distrito donde el anticlinal tiene un rumbo de $N40^\circ O$, se desarrolló una falla de cizalla con rumbo general de este a oeste (Ej. Veta-Falla San Antonio). Estas fallas oblicuas probablemente se desarrollaron después de la intrusión de la diorita Anticonca de 8 a 14 millones de años. Siguiendo el

plegamiento Incaico, la actividad ígnea se inició nuevamente y surgieron intrusivos de granodioritas, pórfido feldespático y pórfido cuarcífero. Los stocks de granodiorita, pórfido feldespático y pórfido cuarcífero impresionaron en la parte central del distrito a ambos lados del eje del anticlinal hace 7 millones de años. La actividad ígnea finalizó con el dique de pórfido dacítico en la zona sur del distrito que cruza y se formaron posteriormente a todos los otros intrusivos.

Durante el plegamiento “quechua”, el Anticlinal Morococha fue afectado por el esfuerzo compresional y posiblemente fue levantado por el volumen expandido de los intrusivos en profundidad. Las fuerzas de compresión y los intrusivos de Morococha se combinaron para formar una estructura anticlinal tipo domo. Las estructuras tipo domo crearon fracturas de tensión normales a los ejes de los anticlinales, posteriormente ocupadas por vetas.

3.2. Bases teóricas científicas

El yacimiento en Mina Norte se define como Skarn Magnésico con predominancia de alteración retrograda, donde las litologías, alteraciones y su mineralización primaria y secundaria en sus diferentes etapas de génesis y evolución lo hacen un yacimiento muy complejo y la respuesta hacia el tratamiento y recuperación metalúrgica de concentrados Cobre sea compleja, lo cual es un reto que se está logrando superar.

La geología de operaciones y la metalurgia con sus fases de desarrollo no son suficientes, la complejidad del mineral de cabeza hace formular cada día estrategias de mejora y una es formular la base Geometalúrgica orientada a la optimización de nuestros puntos críticos identificados en todo nuestro proceso minero.

Lograr delimitar Mina Norte en unidades Geometalúrgicas (UGM), será de vital importancia, siendo estas unidades orientadas e independientes con criterios litológicos, mineralógicos y alteraciones que nos definen características de dureza, textura, fluidez, docilidad metalúrgica y generación de blending orientado e inteligente desde la planificación minera.

En base al conocimiento científico con muestreos y ensayos especiales de laboratorio: Difracción de Rayos X, Petromineraografía, ICP masa y Grado de Liberación de minerales, que nos daran luces para la definición de muestras UGM, combinadas con las pruebas de tratamiento industrial proporcionan indicadores de calidad (Fluidez de mineral chancado/molienda, grado de concentrados, recuperación, toneladas, etc) que al combinarlas podemos implementar estrategias de mejoras.

Esta nueva estrategia permitió realizar una extracción de mineral orientada, proporcional y sectorizada por cada UGM, con la finalidad de controlar el abastecimiento de mineral (Blending) para tratamiento con un rendimiento metalúrgico en la recuperación y grado de concentrados de cobre favorables, y siendo direccionados desde la planificación de Mina (Programación mensual, semanal, diaria). Para ello se opta por los siguientes estudios direccionados a sectorizar mina norte por unidades geometalúrgicas:

3.2.1. Planificación geometalúrgica en la explotación

El modelo de planificación geometalúrgica para yacimientos en explotación considera que las pruebas mineralúrgicas sean ejecutadas con suficiente anticipación, es decir antes que el mineral ingrese a la planta de tratamiento, de manera que la caracterización de cada muestra incluya aspectos como: definir la moliendabilidad del mineral (incluye determinación del work index), flotabilidad

del mineral, rendimiento a la disolución con solventes, consumo de reactivos en el proceso, etc. (Marchese, A. 2012, p.30).

Cabe enfatizar en las evidentes ventajas en la ejecución anticipada de las pruebas de investigación dirigidas a la confirmación del proceso metalúrgico que, en definitiva, redundaría en la planificación económica de la explotación del yacimiento, a fin de prever contingencias ante posibles fluctuaciones del precio del metal principal o de los subproductos.

La importancia de anticipar el comportamiento metalúrgico de una mineral queda demostrada con un ejemplo citado a través de un estudio realizado del Zonamiento mineralógico con difracción de rayos X para la optimización del tratamiento metalúrgico en el Yacimiento Toromocho, yacimiento pórfido skarn con una extensión de 5 km por 6 km, geológicamente está constituida por rocas volcánicas del Mito y calizas del Pucara e intrusivos terciario. La mineralización, mayormente está dada por vetas que atraviesan de Este a Oeste en todo Morococha que están rellenas con minerales de Pb, Zn y Ag mantos de Zinc emplazados en las calizas y en forma diseminada, también emplazados en las calizas y en los contactos volcánicos–caliza-intrusivo y también cuerpos piritosos diseminados con mineralización de cobre. En cuanto a su mineralización es muy compleja encontrando mantos, vetas, stockwork, diseminado cuerpos encontrando minerales que afectan mucho el tratamiento metalúrgico como es el arsénico. Los resultados de los estudios de XRD nos permiten caracterizar los minerales existentes en el yacimiento, de los minerales contaminantes para poder realizar un buen blending, controlar el talco, fluor magnesio, zinc, etc. A mayor contenido de talco en CMC es más efectivo a un con gangas naturalmente flotables para lograr un grado mínimo de 20% requiere 700g/l de CMC. (Enrique G.2020.FIGMMG-UNMSM).

Aunque reiterativo, conviene mencionar que los programas de pruebas metalúrgicas deben hacer uso de diseños experimentales y la aplicación de programas estadísticos en su ejecución, a fin de reducir significativamente la cantidad de pruebas de laboratorio y entregar los resultados a corto plazo. Además, el modelo de planificación geometalúrgica requiere la permanente interacción entre los profesionales involucrados en su aplicación. Los geólogos y metalurgistas deben coordinar permanentemente acerca de los diversos tipos de mineralización de los yacimientos en explotación, que permita clasificar los minerales en función a sus contenidos metálicos, así como por sus respuestas al proceso metalúrgico en la planta de beneficio. Como ejemplo, se menciona que en Antamina se han clasificado alrededor de diez diferentes tipos de mineral, lo que permite tratarlos en la planta en forma individual cumpliendo con las cuotas de producción de la empresa. (Marchese, A. 2012, p.31).

3.2.2. Caracterización de muestras geometalúrgicas

Para la caracterización de muestras geometalúrgicas, se han desarrollado manuales de caracterización físico-química de minerales los que, junto a los protocolos de muestreo, constituyen información de base para normalizar y asegurar la calidad de la experimentación. (Marchese, A. 2012, p.31).

Sostiene que el aseguramiento de calidad del desarrollo experimental se ha traducido en una serie de protocolos de muestreo, de preparación de muestras y control experimental que ofrecen garantía, pero que los protocolos actuales son insuficientes, especialmente en el área de extracción de muestras, por lo que es necesario dar un especial énfasis a estos aspectos; similar atención requiere la estandarización de protocolos de análisis químico y operación de pruebas metalúrgicas experimentales. (Heresi N. 2002).

a) Manejo y selección de muestras

Con frecuencia se menciona que las mejores muestras son los compositos, que representen diferentes tipos de rocas y/o tipos de alteración y/o mineralogía. - Las muestras individuales no sirven para el propósito de desarrollo preliminar de flowsheets y a menudo resulta en la ejecución de pruebas inútiles. - Un composito bulk puede también ser una “trampa”, ya que pueden “enmascarar” una zona particular con problemas metalúrgicos. Cabe agregar, que la mineralogía y/o ley de cabeza no son los únicos criterios para definir las muestras composito para pruebas metalúrgicas. (Marchese, A. 2012, p.31) Por ejemplo:

- El grado de liberación de los minerales económicos presentes en los sectores principales.
- El tipo de roca o tipo de alteración tendrán efecto en la moliendabilidad, generalmente más que en la mineralogía.
- La alteración de los minerales puede influenciar en la performance metalúrgica. Por ejemplo, el efecto de la arcilla en la lixiviación (problemas de percolación, consumo de ácido, etc.) o el efecto de la arcilla en la flotación (problemas de selectividad, limitaciones molienda/remolienda, etc) (Marchese, A. 2012, p.32).

b) Mapeo geometalúrgico

Un programa de mapeo metalúrgico es importante, pero no hay que tratar de ejecutarlo anticipadamente en un programa de pruebas (4). Sus características más notables son:

- Es fundamental para estudios de prefactibilidad y factibilidad.

- Proporcionan información en la “sensibilidad” del flowsheet a la variabilidad del mineral.
- Puede conducir a una fase posterior en la optimización del diseño del flowsheet.
- Proporcionan “confianza” a la financiabilidad del proyecto. • Proporcionan información fundamental para la producción/proyecciones económicas (1 año, 5 años, producción, etc.) La aplicación del mapeo metalúrgico es para definir el proceso de recuperación (flotación o lixiviación) y de conminucion (moliendabilidad).

3.3. Definición de términos básicos

- **Mineral.** Es aquella sustancia sólida, natural, homogénea, de origen inorgánico, de composición química definida.
- **Metalurgia.** Es la técnica de la obtención y tratamiento de los metales desde minerales metálicos hasta los no metálicos.
- **Geometalúrgica.** es la integración de información geológica, minera, metalúrgica, medioambiental y económica para maximizar el valor actual neto (NPV) de un yacimiento al tiempo que se minimiza el riesgo operativo y técnico.
- **Proceso Metalúrgico.** Obtención del metal a partir del mineral que lo contiene en estado natural, separándolo de la ganga.
- **Flotación.** Es un proceso fisicoquímico que consta de tres fases sólido-líquido-gaseoso que tiene por objetivo la separación de especies minerales mediante la adhesión selectiva de partículas minerales a burbujas de aire.
- **Flotación bulk.** Es un proceso fisicoquímico de obtener dos o más productos en una flotación rougher.

- **Blending.** Optimización de la mezcla de minerales en mineral y desmonte para su tratamiento metalúrgico y su recuperación de concentrados de mineral.
- **Recuperación.** Relación entre el peso del componente útil en el concentrado de mineral y el del mismo componente en el alimento de la misma operación unitaria. Generalmente se expresa en porcentaje y en ocasiones sirve como indicativo del rendimiento de una operación de preparación de minerales.
- **Análisis granulométrico.** De un material una herramienta comúnmente empleada para caracterizar las distribuciones de tamaño de las partículas que lo componen.
- **Programa de producción.** La programación de producción en las operaciones mineras es un proceso especializado que se desarrolla en el contexto del diseño de mina con la finalidad de lograr un alineamiento entre las metas de producción acordadas con el mercado y las restricciones geotécnicas, tecnológicas, operacionales y de recurso con las que cuentan los gerentes de operaciones para obtener
- **Planes de minado.** El Planeamiento de Minado es una actividad orientada al futuro, cuyo propósito fundamental es proyectar la vida de una mina a lo largo del tiempo; no solo en una dirección, si no buscando nuevos caminos y adaptando su existencia a la de los sistemas de los cuales vive.

IV. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

4.1. Intervención

En resumen, las propiedades mineras donde desarrolla sus operaciones Sociedad Minera Austria Duvaz – U. Morococha, pertenecen a Pan American Silver Perú S.A (68.75 Has) y Minera Chinalco Perú S.A. (7.95 Has), La estimación de recursos se ubica dentro de estas concesiones cedidas. Esta Unidad Minera ha sido trabajada por minerales polimetálicos de Cu, Pb-Zn-Ag.

Actualmente se explota el yacimiento Skarn polimetálico concesión cedida por Minera Chinalco Perú, donde resulta complejo el Blending de mineral a entregar a Planta Concentradora, debido a sus múltiples tajos y variaciones mineralógicas, que se reflejan en las variaciones de leyes de cabeza en Mina Norte. Las variaciones en su composición petromineralógica en Planta Concentradora producen alteraciones en la metalurgia, reflejándose en las bajas calidades y recuperaciones de concentrados (Cobre y Zinc).

Anteriormente la recuperación promedio en planta concentradora en los años anteriores oscilaba entre 78-83% de recuperación de concentrados del elemento Cu, esto se debía a que la dosificación del Blending que se realiza o

incluía gran parte de mineral que se extraía de Mina Central. La característica petromineralógica presentes en este yacimiento permitía mantener calidad y recuperación de concentrados con resultados muy buenos. A continuación, se mostrará los resultados obtenidos en la recuperación de concentrados de Cu en el año 2021 donde la producción estaba centrada en Mina Central y la dosificación del Blending era de mayor proporción de esas labores y siendo solo en promedio el 20% de Mina Norte.

Cuadro N° 01: Promedio de recuperación de concentrados del elemento Cu- 2021

TRATAMIENTO 2021- SMAD						
ITEM	MES	TMS	DOSIFICACION		RECUPERACION PROMEDIO	COMENTARIOS
			MINA CENTRAL	MINA NORTE		
01	Enero	295363.00	80%	20%	81.4	En este año la producción estaba centrada en Mina Central, la dosificación del blending era de mayor proporción de estas labores y siendo solo el 20% de Mina Norte, el material de mina central permitía que en el tratamiento sea favorable por presentar un grado de liberación factible.
02	Febrero	29203.00	81%	19%	83.6	
03	Marzo	29874.00	80%	20%	81.4	
04	Abril	29978.00	79%	21%	80.3	
05	Mayo	30031.00	79%	21%	79.9	
06	Junio	25037.00	81%	19%	82.5	
07	Julio	29118.00	75%	25%	78.6	
08	Agosto	32383.00	78%	22%	81.4	
09	Setiembre	31243.00	77%	23%	82.2	
10	Octubre	28782.00	81%	19%	82.9	
11	Noviembre	33180.64	79%	21%	78.5	
12	Diciembre	33632.00	82%	18%	80.2	

Nota. Blending de enero a diciembre SMAD.

El cese a Pan American Silver Perú S.A de Mina Central en 2021, genera un cambio fuerte en la producción en el 2022 y siendo solo la producción principal de mineral en Mina Norte, a partir de ello se tiene complejidad en la recuperación y grado de concentrados por parte de planta mencionados anteriormente.

El mal manejo del Blending, llega a producir rentabilidades bajas para la empresa, como se sabe la obtención del máximo valor económico de concentrados de mineral de los diferentes tajos de mina norte está supeditada al Blending de mineral que obtenga las leyes de cabeza que optimicen el rendimiento metalúrgico

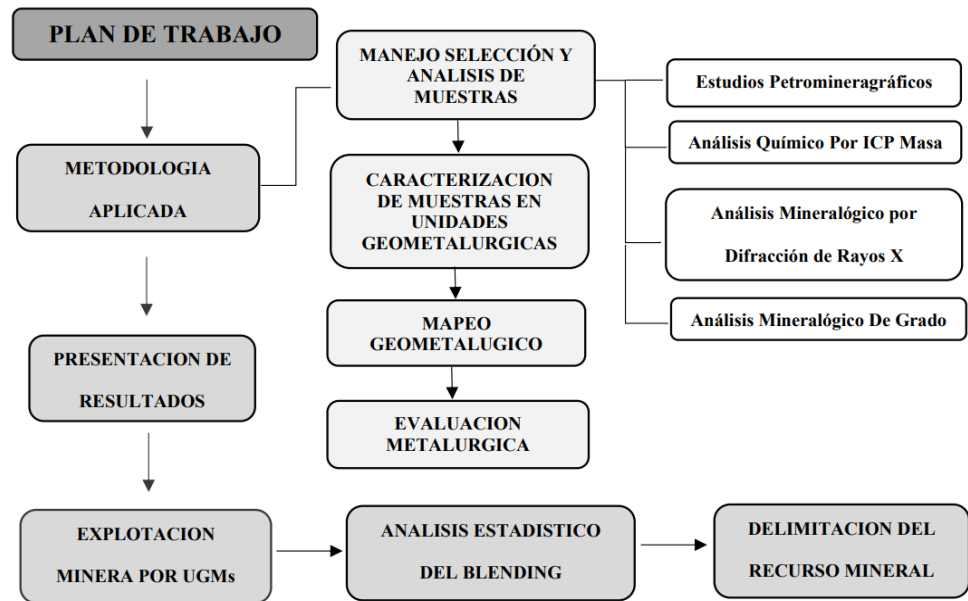
económico de Planta Concentradora, actualmente la recuperación está por debajo de 68% en concentrados de Cu. Razón por la cual, el presente estudio se basa en la optimización de Blending de los diferentes tajos de Mina Norte que nos llevara a obtener el mayor rendimiento en recuperación metalúrgica y beneficio económico, utilizando herramientas estadísticas y de programación lineal, que nos ayudan a obtener las mezclas adecuadas para la generación del Blending aplicando la sectorización por UGM y realizando una dosificación adecuada y a través de ellas se estima obtener valores por encima del 72% de recuperación en concentrados que vendría ser rentable y viable para la empresa.

Es ahí donde se realiza un plan de trabajo en base a una metodología que permitirá la sectorización por UGMs y mediante los resultados obtenidos en las pruebas metalúrgicas de estas emitidas por parte de laboratorio SMAD, se procede a la extracción de manera selectiva y así generar dosificaciones que contribuyan al incremento a la recuperación del elemento Cu por parte de planta concentradora. Para así delimitar el recurso mineral que sea factible para la producción y rentabilidad económica viable.

Esquematizada el plan de trabajo se procede a la aplicación a corto plazo, teniendo como limitantes el presupuesto otorgado para la elaboración de la investigación, lo que implica el direccionamiento estratégico en la toma de decisiones.

A continuación, se muestra el diagrama de flujo a seguir para el plan de trabajo a realizarse para la delimitación de recurso por UGMs.

Plan de trabajo a realizarse para la delimitación de recursos por UGMs.



4.1.1. Metodología aplicada

Para delimitar el recurso mineral de Mina Norte en unidades Geometalúrgicas, es necesario tomar muestras en puntos estratégicos y representativas de las labores que se planean caracterizar y a partir de los resultados obtenidos en sus análisis respectivos, generar una base de datos, analizarlos y discriminar zonas que perjudican en el tratamiento de recuperación de concentrados de Cu. A continuación, se muestra la metodología de trabajo que se realizó:

- Manejo y selección de Muestras: Proceso de pruebas en muestras de mineral de puntos estratégicos, Análisis químico, mineralógicos y petrográficos.
- Caracterización de muestras en Unidades Geometalúrgicas: en base a los resultados de las muestras tomadas y mapeo geológico.
- Mapeo Geometalúrgico: Sectorización por dominios geológicos por caracterización Geometalúrgica.

- Evaluación Metalúrgica: Estimar el rendimiento metalúrgico, básicamente identificar la Recuperación y Grado de Concentrados de los sectores identificados.

4.1.2. Metodología aplicada

Para delimitar el recurso mineral de Mina Norte en unidades Geometalúrgicas, es necesario tomar muestras en puntos estratégicos y representativas de las labores que se planean caracterizar y a partir de los resultados obtenidos en sus análisis respectivos, generar una base de datos, analizarlos y discriminar zonas que perjudican en el tratamiento de recuperación de concentrados de Cu. A continuación, se muestra la metodología de trabajo que se realizó:

- Manejo y selección de Muestras: Proceso de pruebas en muestras de mineral de puntos estratégicos, Análisis químico, mineralógicos y petrográficos-
- Caracterización de muestras en Unidades Geometalúrgicas: en base a los resultados de las muestras tomadas y mapeo geológico.
- Mapeo Geometalúrgico: Sectorización por dominios geológicos por caracterización Geometalúrgica.
- Evaluación Metalúrgica: Estimar el rendimiento metalúrgico, básicamente identificar la Recuperación y Grado de Concentrados de los sectores identificados.

4.1.3. Manejo, selección y análisis de muestras

Se consideró la toma de muestras de puntos estratégicos, ya que anteriormente no se llevaba registro en la planificación acerca de los dominios geológicos. Una vez emitida la planificación, el equipo de Geología hizo un plan de trabajo para determinar muestras representativas donde se caracteriza que el tipo

de mineral a muestrear debe representar en stocks, fase y dominio geológico al menos el 80% de la alimentación proyectada para la semana y mes, con el fin de conocer el potencial de recuperación por muestra.

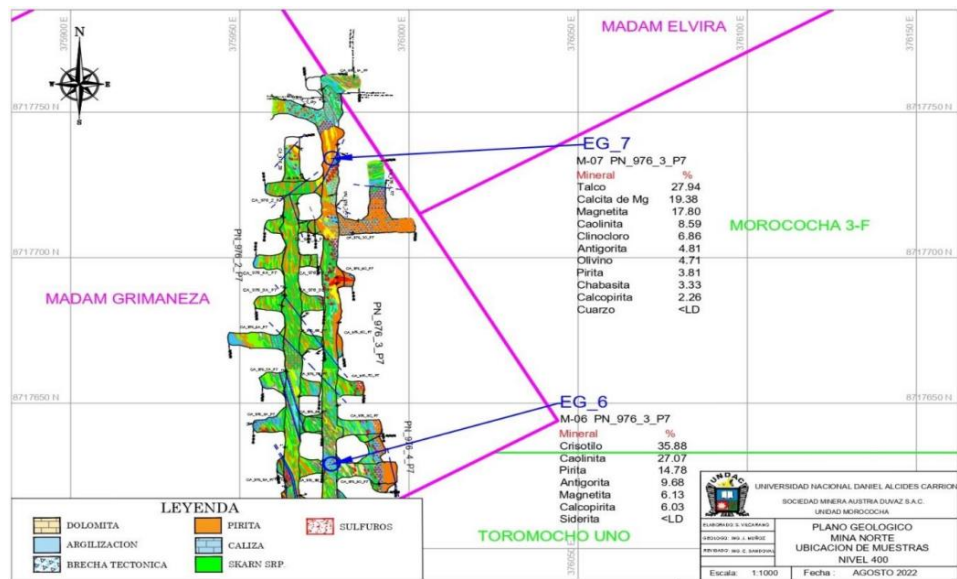
Se seleccionaron 10 muestras representativas lo cual estas se realizaron los siguientes estudios: Estudios Petromineraográficos, Análisis químico por ICP MASA, Análisis de Difracción de Rayos X (DRX) con Tubo de cobalto y Análisis de Grado de Liberación. A continuación, se muestra los planos de ubicación de cada una de las muestras tomadas orientas a distinta caracterización geológica.

Ubicación de muestras EG 01-02-03-04-05 y 09 tomadas en campo.



Nota. Muestreo de zonas relevantes para caracterización. (Fuente: SMAD 2022).

Ubicación de muestras EG 06 y 07 tomadas en campo



Nota. Muestreo de zonas relevantes para caracterización. (Fuente: SMAD 2022).

Ubicación de muestras EG 08 y 10 tomadas en campo




Nota. Muestreo de zonas relevantes para caracterización. (Fuente: SMAD 2022).



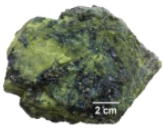

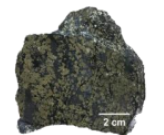
a) Estudios Petrominerográficos

En esta etapa se integró los estudios petrográfico y minerográfico de cada muestra, para ello se generó secciones delgadas pulidas de estas, que permitió observar los minerales tanto de mena y gangas, y su relación entre los mismos, a continuación, se detallara de descripción de cada muestra de acuerdo a los estudios realizados:

Cuadro N° 02: Descripción Petromineralógica de las muestras obtenidas de cada sector de mina norte.

ITEM	LABOR	MUESTRA	DESCRIPCION		ASOCIACION MINERALOGICA
			MACROSCOPICA	MICROSCOPICA	
1	VE_050_7_SS_P6		Skarn compuesto por agregados cristalinos de pirita y agregados terrosos y microgranulares de talco. La roca presenta alta fragilidad y es deleznable al tacto. Presenta densidad media a moderada. No tiene magnetismo ni efervesce al contacto con ácido clorhídrico.	Se trata de Skarn retrogrado compuesto en su mayoría por agregados de talco intercrecido con sericita y con agregados microgranulares de óxidos de titanio diseminados; las especies minerales metálicas se presentan como agregados de pirita con inclusiones, intersticios y oquedades rellenos con ilmenita, calcopirita, galena y pirrotita	Talco – pirita +/- pirrotita +/- calcopirita +/- galena
2	VE_050_7_SS_P6		Skarn de color gris blanquecino con tonalidades verdes y pardas, con estructura compacta y textura obliterada. Presenta masas y moldes de granates alterados por carbonatos con tintes de limonitas. Alterada por serpentinización y talco. Presenta diseminaciones de pirita y calcopirita. Se observan pequeñas fracturas rellenas por un evento de carbonatos. Localmente se identifica magnetismo y moderada	Skarn magnésico con alteración retrógrada; constituido por relictos de una fase progradada de granates alterados por una primera fase retrógrada de serpentinización I, talco y carbonatos I con tintes de limonitas. Una segunda fase retrógrada de serpentinización II intercrecida con carbonatos II y asociada a la mineralización de pirita – calcopirita +/- magnetita +/- hematita +/- enargita +/- estibina. Una última fase de	Carbonatos I – serpentinización II – pirita – calcopirita +/- enargita +/- hematita +/- estibina +/- minerales secundarios de Cu +/- zeolitas
3	VE_050_7_2A_P6		Skarn compuesto por agregados de serpentina con hábito masivo y estiloso, intercrecido con agregados masivos y cristalinos de magnetita y pirita. Presenta patinas de limonitas por toda la muestra. La roca presenta alta cohesión, densidad media a moderada, fuerte magnetismo e incipiente efervescencia al contacto con ácido clorhídrico.	Skarn retrogrado compuesto por agregados de serpentina I - carbonatos I – cloritas asociado a la mineralización metálica y masiva de pirita – magnetita y en menor medida calcopirita. Se observa un segundo evento de serpentina II – carbonatos II, el cual se emplaza en la muestra como venillas. Este evento no presenta mineralización metálica. Por último, impregnaciones de limonitas (Goethita –	Serpentina I + carbonatos I +/- clorita + magnetita + pirita + calcopirita
4	VE_050_8_1B_P6		Skarn de color gris oscuro con tonalidades verdes y con textura obliterada. Está compuesta por moldes de ferromagnesianos alterados por talco sostenidos por serpentinización teñidas por limonitas (goethita). Presenta venillas rellenas por carbonatos. La mineralización metálica está diseminada y compuesta por magnetita y pirita. Presenta magnetismo fuerte y efervesce al contacto con HCl.	Skarn retrogrado con textura obliterada compuesta por una fase progradada de moldes de ferromagnesianos alterados por talco. Presenta un primer evento de fase retrógrada compuesta por agregados de serpentinización asociada con talco. Un segundo evento de serpentinización II asociado con carbonatos I y mineralización metálica de magnetita – pirita +/- calcopirita +/- estibina. Seguido de un evento de venillas y venillas rellenas por carbonatos con presencia de talco. Finalmente, superpuesto a los limonitas	Magnetita – serpentinización II – pirita – carbonatos I – valleriita +/- calcopirita +/- estibina
5	VE_029_4_P45		Skarn de color gris blanquecino con tonalidades negruzcas; es deleznable al tacto y presenta textura obliterada. Está compuesta por agregados micáceos intercrecidos con arcillas. Presenta abundante mineralización de pirita asociada a calcopirita. No presenta efervescencia al contacto con HCl y no tiene magnetismo	Se trata de un skarn de olivino, compuesto principalmente por relictos de agregados granulares de olivino, los cuales han sido totalmente rellenos y alterados por una primera fase de serpentina. Seguido de una fase de cloritas que esta intercrecida y asociada a las micas, zeolitas, pirita, calcopirita, enargita y estibina, esta generación se encuentra entre los intersticios y fracturas de la roca, del	Pirita - cloritas – micas – zeolitas – calcopirita – covellita/calcosita – enargita +/- estibina +/- bornita

Nota. Muestras de caracterización similares, con objetivo de asociarlos y sectorizar en uno solo. (Fuente: FA INGENIEROS 2022)

ITEM	LABOR	MUESTRA	DESCRIPCION		ASOCIACION MINERALOGICA
			MACROSCOPICA	MICROSCOPICA	
6	PN_976_3_P7		Skarn de color gris verdoso con zonas blancas y pardas con textura obliterada. Compuesta por serpentinas intercrecidas con minerales arcillosos. Localmente presenta diseminaciones de magnetita, hematita pirita y calcopirita. El magnetismo es fuerte en algunas zonas y carece de efervescencia al contacto con HCl.	Skarn magnésico, compuesta por moldes de ferromagnesianos con bordes subredondeados, están alterados por una primera fase retrograda de serpentinas I. Además, se presenta una segunda fase compuesta por serpentinas II-caolinita asociada con la mineralización metálica de pirita – calcopirita – hematita y trazas de pirrotita - magnetita.	Pirita – caolinita – serpentinas II – hematita – calcopirita +/- magnetita +/- pirrotita
7	N_976_2_P7		Skarn de color gris verdoso compacta, con textura obliterada. Compuesta por agregados masivos de serpentinas, cloritas, carbonatos. Cortada por una vetilla de magnetita asociada con pirita, calcopirita, serpentinas y talco. Un evento final de venillas rellenas por carbonatos. Presenta un fuerte magnetismo y moderada efervescencia al contacto con HCl.	Skarn magnésico con alteración retrógrada. Se trata de una roca alterada con textura obliterada compuesta por moldes y relictos de olivino, piroxenos y granates; alterados y englobados por agregados de serpentina I - carbonatos I – cloritas - talco asociado a la mineralización metálica de magnetita - pirita - calcopirita. Posteriormente un segundo evento de serpentina II – pirita II – calcopirita II se superpone, y finalmente	Serpentina I – magnetita – pirita I, calcopirita I – carbonatos I – cloritas – zeolitas – talco.
8	VE_050_1B_P6		Skarn de color verde pistacho de estructura compacta y textura obliterada. Compuesta por agregados masivos de serpentina. Es cortada por un evento de venillas irregulares de pirita asociada a cloritas y magnetita. Por sectores presenta débil efervescencia al contacto con HCl, y débil magnetismo.	Skarn de olivino con alteración retrograda, compuesto principalmente por una masa granular de olivino los cuales han sido reemplazados y alterados a finos agregados de serpentinas I - caolinita. Ambas mineralogías son cortadas por agregados y vetillas rellenas de serpentina II – cloritas - pirita – magnetita. Finalmente, venillas de carbonatos cortan y rellenan oquedades por toda la roca.	Pirita – serpentinas II – cloritas – magnetita
9	VE_050_3A_P6		Skarn de color gris oscuro con tonalidades blanquecinas, compacta y de textura obliterada. Compuesta por agregados de serpentinas asociado a cloritas con presencia de diseminaciones de pirita y calcopirita. Vetilla de pirita, calcopirita con una superposición de una vetilla de talco, estos también se observan como agregados dispersos en la roca. No muestra efervescencia y no presenta magnetismo.	Skarn magnésico con alteración retrógrada; Esta formado por relictos de olivino al cual se superpone un primer evento retrogrado de serpentinas I – cloritas asociado con una mineralización metálica de pirita I - calcopirita I +/-esfalerita +/-rutilo. Estos son cortados por un evento de serpentina II, el cual se empuja como agregados y venillas, y está asociado a una mineralización de pirita II - calcopirita	Pirita I – cloritas – serpentinas I – calcopirita I +/- rutilo +/- esfalerita I
10	PN_050_8_P6		Skarn de color gris y estructura compacta, está compuesta por agregados de serpentinas y carbonatos asociado con la mineralización metálica de pirita y magnetita. Presencia de venillas de carbonatos que cortan al skarn mineralizado. Presenta moderada efervescencia al contacto con HCl y magnetismo fuerte.	Skarn magnésico compuesto por relictos de cristales de olivinos. Presenta una primera fase retrograda compuesta por agregados de serpentinas asociada a cloritas, valleriita y pirita I. A la cual se superpone una segunda fase retrograda compuesta por agregados de carbonatos, magnetita, asociada con la mineralización metálica de pirita II, magnetita y trazas de calcopirita. La muestra presenta	Serpentinas – valleriita – cloritas – pirita I

Nota. Muestras de caracterización similares, con objetivo de asociarlos y sectorizar en uno solo. (Fuente: FA INGENIEROS 2022).

b) Análisis químico por ICP masa

Los resultados de los análisis químicos se aplicaron para identificar concentraciones anómalas de elementos a fin de identificar directa o indirectamente la presencia de concentraciones minerales que pudiesen ser de interés económico. Directamente con el elemento de interés, por ejemplo, Cu, Zn y Ag; e indirectamente con elementos guías y contaminantes como el As, Sb, Tl, etc.

Cuadro N° 03: Análisis Multi-elemental de las muestras obtenidas en cada sector de Mina Norte

Códigos		RESULTADOS ANALÍTICOS				
		VE_050_7_5S_P6	VE_050_7_5S_P6	VE_050_7_5A_P6	VE_050_8_1B_P6	VE_029_4_P6
Parámetro	Unidades	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5
Aluminio	%	0.08	0.11	0.05	0.19	> 1.0
Antimonio	mg/kg	12	6.1	19	> 50	13
Arsénico	mg/kg	< 0.50	62	> 100	> 100	> 100
Azufre	%	> 10	8.3	9.5	2.7	> 10
Bario	mg/kg	< 5.0	< 5.0	5.2	9.1	5.3
Berilio	mg/kg	< 0.05	2	2	4.8	0.35
Bismuto	mg/kg	> 50	16	< 0.05	> 50	> 50
Boro	mg/kg	< 0.50	< 0.50	< 0.50	> 100	< 0.50
Cadmio	mg/kg	< 0.01	0.15	< 0.01	< 0.01	0.27
Calcio	%	0.11	> 1.0	0.58	> 1.0	0.18
Cerio	mg/kg	9.6	5.6	12	6.7	12
Cesio	mg/kg	3	1.6	0.29	8.9	2.1
Circonio	mg/kg	< 0.50	1.9	0.56	0.76	1.3
Cobalto	mg/kg	5.9	16	17	27	5.7
Cobre	mg/kg	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50
Cromo	mg/kg	> 100	43	70	9.5	> 100
Disprosi	mg/kg	0.1031	2.985	0.071	0.365	2.824
Erbio	mg/kg	< 0.0001	0.4122	< 0.0001	< 0.0001	0.2411
Escandio	mg/kg	< 0.10	0.11	< 0.10	< 0.10	1
Estaño	mg/kg	5.4	47	23	> 50	> 50
Estroncio	mg/kg	2.3	19	8.1	> 50	48
Europio	mg/kg	0.1284	0.4174	0.0431	0.1289	0.6662
Fósforo	mg/kg	206	234	57	113	315
Gadolinio	mg/kg	0.4516	2.435	0.306	0.5646	2.459
Galio	mg/kg	18	2.8	65	55	80
Germanio	mg/kg	0.13	2.1	0.48	0.22	0.44
Hafnio	mg/kg	0.13	0.24	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Hierro	%	> 1.0	> 1.0	> 1.0	> 1.0	> 1.0
Holmio	mg/kg	0.0842	0.6333	0.1006	0.1252	0.5528
Indio	mg/kg	0.21	3.9	5.1	8.6	9.9
Iterbio	mg/kg	0.183	1.478	0.3419	0.3208	1.426
Itrio	mg/kg	2.4	> 20	4	5.3	19
Lantano	mg/kg	< 0.10	3.8	< 0.10	< 0.10	1.5
Litio	mg/kg	15	26	1.4	1.4	3.7
Lutecio	mg/kg	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
Magnesio	%	0.34	8	1.8	6.1	0.61
Manganeso	mg/kg	24	> 100	> 100	> 100	> 100
Mercurio	mg/kg	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Molibdeno	mg/kg	2.5	< 0.05	< 0.05	< 0.05	5.2
Neodimio	mg/kg	1.578	3.331	0.5364	1.168	6.236
Niobio	mg/kg	1	0.53	0.41	0.21	0.32
Niquel	mg/kg	9.4	3.7	5.9	26	19
Plata	mg/kg	< 0.01	1.8	13	3.5	16
Plomo	mg/kg	17	9.8	> 50	30	> 50
Potasio	%	0.07	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.08
Praseodimio	mg/kg	0.4046	0.658	0.1409	0.2381	1.215
Renio	mg/kg	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Rubidio	mg/kg	> 1.0	0.64	0.45	> 1.0	> 1.0
Samario	mg/kg	0.5012	0.9477	0.1572	0.3386	1.903
Selenio	mg/kg	< 0.20	< 0.20	< 0.20	< 0.20	< 0.20
Sodio	%	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Talio	mg/kg	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Tantalio	mg/kg	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10
Teluro	mg/kg	21	1.8	2.6	1.3	15
Terbio	mg/kg	0.0797	0.4419	0.0631	0.107	0.4435
Titanio	mg/kg	4.2	20	20	19	175
Torio	mg/kg	2	0.61	0.51	0.16	2.1
Tulio	mg/kg	0.0265	0.2601	0.0425	0.0623	0.2004
Uranio	mg/kg	30	14	46	30	23
Vanadio	mg/kg	6.7	16	18	3.6	> 50
Wolframio	mg/kg	> 50	27	> 50	> 50	> 50
Zinc	mg/kg	35	> 50	> 50	> 50	> 50

Códigos		RESULTADOS ANALÍTICOS				
		PN_976_3_P7	PN_976_2_P7	VE_050_1B_P6	VE_050_3A_P6	PN_050_8_P6
Parámetro	Unidades	MUESTRA 6	MUESTRA 7	MUESTRA 8	MUESTRA 9	MUESTRA 10
Aluminio	%	> 1.0	0.44	0.14	0.39	0.09
Antimonio	mg/kg	3.2	9	23	3.8	12
Arsénico	mg/kg	32	> 100	> 100	37	> 100
Azufre	%	7.7	5.8	> 10	> 10	> 10
Bario	mg/kg	5.7	< 5.0	< 5.0	< 5.0	< 5.0
Berilio	mg/kg	1.4	1.6	1.5	0.54	0.79
Bismuto	mg/kg	> 50	21	> 50	> 50	> 50
Boro	mg/kg	< 0.50	< 0.50	> 100	< 0.50	< 0.50
Cadmio	mg/kg	< 0.01	0.2	1.2	1.9	< 0.01
Calcio	%	0.43	> 1.0	> 1.0	0.06	> 1.0
Cerio	mg/kg	34	2.1	1.1	7	11
Cesio	mg/kg	1.7	16	0.59	0.62	1.4
Circonio	mg/kg	0.77	4.5	1.9	< 0.50	< 0.50
Cobalto	mg/kg	2.8	4.2	1.7	2.2	11
Cobre	mg/kg	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50
Cromo	mg/kg	33	40	41	> 100	63
Disprosi	mg/kg	10.81	0.5197	< 0.0002	0.3177	< 0.0002
Erbio	mg/kg	3.876	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
Escandio	mg/kg	0.83	1.3	0.17	0.41	< 0.10
Estaño	mg/kg	39	> 50	45	26	21
Estroncio	mg/kg	> 50	> 50	> 50	13	26
Europio	mg/kg	2.658	0.054	0.0116	0.1944	0.0581
Fósforo	mg/kg	> 400	216	> 400	91	257
Gadolinio	mg/kg	9.819	0.5698	0.1997	0.6554	0.3321
Gaio	mg/kg	39	34	1.1	56	19
Germanio	mg/kg	1.4	0.63	0.15	0.62	0.16
Hafnio	mg/kg	0.06	0.23	0.08	0.06	< 0.05
Hierro	%	> 1.0	> 1.0	> 1.0	> 1.0	> 1.0
Holmio	mg/kg	1.874	0.157	0.0599	0.12	0.0885
Indio	mg/kg	4.6	6	8	9.5	7.4
Iterbio	mg/kg	4.464	0.3632	0.167	0.2833	0.1542
Itrio	mg/kg	> 20	4	1.9	2.9	2.9
Lantano	mg/kg	8.3	< 0.10	< 0.10	0.45	< 0.10
Litio	mg/kg	3.2	47	4.9	3.1	1.9
Lutecio	mg/kg	0.2824	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
Magnesio	%	6.5	> 10	> 10	4.8	3.6
Manganeso	mg/kg	69	> 100	> 100	87	> 100
Mercurio	mg/kg	0.09	< 0.01	0.14	< 0.01	< 0.01
Molibdeno	mg/kg	< 0.05	< 0.05	< 0.05	1.4	< 0.05
Neodimio	mg/kg	25	1.302	0.3813	2.202	0.6711
Niobio	mg/kg	0.12	0.25	0.1	0.14	0.19
Niquel	mg/kg	3.5	3.4	3.5	4.8	3.1
Plata	mg/kg	9.8	3.9	11	35	8.9
Plomo	mg/kg	40	12	> 50	> 50	41
Potasio	%	< 0.01	0.03	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Praseodimio	mg/kg	4.812	0.2781	0.0969	0.486	0.1569
Renio	mg/kg	< 0.05	0.06	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Rubidio	mg/kg	> 1.0	> 1.0	0.5	> 1.0	0.84
Samario	mg/kg	7.338	0.3484	0.1106	0.629	0.1946
Selenio	mg/kg	< 0.20	< 0.20	< 0.20	< 0.20	< 0.20
Sodio	%	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01
Talio	mg/kg	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02
Tantalio	mg/kg	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10
Teluro	mg/kg	13	5.2	7.8	13	5.3
Terbio	mg/kg	1.648	0.1418	0.034	0.1144	0.0646
Titanio	mg/kg	41	291	83	7.8	52
Torio	mg/kg	0.43	1.4	0.31	0.91	0.16
Tulio	mg/kg	0.6559	0.0351	0.057	0.0412	0.0259
Uranio	mg/kg	14	20	11	16	34
Vanadio	mg/kg	39	41	4	37	4.2
Wolframio	mg/kg	> 50	> 50	28	> 50	> 50
Zinc	mg/kg	> 50	> 50	> 50	> 50	> 50

c) **Análisis mineralógico por difracción de rayos X.**

En los Análisis Mineralógicos semicuantitativos por DRX se han determinado todos los minerales presentes (fases cristalinas) con un límite de detección (L.D.) de 1.00 %, obtenido del procedimiento de validación del método. Los silicatos de cobre presentan un bajo nivel de cristalinidad por lo que su evaluación por DRX es limitada.

Muestra 01 VE_050_7_5S_P6

Cuadro N° 04: Análisis Mineralógico por difracción de rayos X de la Muestra 01

Nombre del mineral	Fórmula general	Resultado Aproximado (%)
Pirita	FeS ₂	53.27
Talco	Mg ₃ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂	28.31
Clinocloro	(Mg,Al) ₆ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₈	7.91
Biotita	KMg ₂ Al ₂ Si ₃ O ₁₁ (OH)	6.73
Moscovita	(K,Na)Al ₂ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₂	3.77

Nota. L.D: Limite Detección. (Fuente: FA INGENIEROS 2022)

Muestra 02 VE_050_7_5S_P6

Cuadro N° 05: Análisis Mineralógico por difracción de rayos X de la Muestra 02

Nombre del mineral	Fórmula general	Resultado Aproximado (%)
Crisotilo	Mg ₃ [Si _{2-x} O ₅](OH) _{4-4x}	26.50
Rodocrosita	MnCO ₃	17.68
Talco	Mg ₃ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂	16.78
Lizardita	(Mg,Fe) ₃ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	14.18
Antigorita	Mg _{3-x} [Si ₂ O ₅](OH) _{4-2x}	10.21
Magnesita	MgCO ₃	8.35
Pirita	FeS ₂	3.05
Calcopirita	CuFeS ₂	2.27
Chabasita	H ₃ .1Ca _{0.25} Al _{3.60} Si _{8.40} O ₂₄	< L.D.
Esfalerita	ZnS	< L.D.

Nota. L.D: Limite Detección. (Fuente: FA INGENIEROS 2022)

Muestra 03 VE_050_7_2A_P6

Cuadro N° 06: Análisis Mineralógico por difracción de rayos X de la Muestra 03

Nombre del mineral	Fórmula general	Resultado Aproximado (%)
Magnetita	Fe _{2.93} O ₄	49.05
Pirita	FeS ₂	15.09
Rodocrosita	MnCO ₃	10.37
Antigorita	Mg _{3-x} [Si ₂ O ₅](OH) _{4-2x}	9.36
Calcopirita	CuFeS ₂	6.17
Siderita	FeCO ₃	5.97
Caolinita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	3.82
Vermiculita	Mg _{3.41} Si _{2.86} Al _{1.14} O ₁₀ (OH) ₂ (H ₂ O) _{3.72}	< L.D.

Nota. L.D: Limite Detección. (Fuente: FA INGENIEROS 2022)

Muestra 04 VE_050_8_1B_P6

Cuadro N° 07: Análisis Mineralógico por difracción de rayos X de la Muestra 04.

Nombre del mineral	Fórmula general	Resultado Aproximado (%)
Goethita	$\text{Fe}^{+3} \text{O}(\text{OH})$	33.25
Magnetita	$\text{Fe}_{2.93} \text{O}_4$	25.13
Antigorita	$\text{Mg}_{3-x}[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_{4-2x}$	21.74
Calcita de magnesio	$(\text{Mg}_{0.064}\text{Ca}_{0.936})(\text{CO}_3)$	7.95
Pirita	FeS_2	5.63
Siderita	FeCO_3	4.04
Arsenopirita	AsFeS	1.00
Rodocrosita	MnCO_3	< L.D.
Sodalita	$\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12}\text{Cl}$	< L.D.
Calcopirita	CuFeS_2	< L.D.
Vermiculita	$\text{Mg}_{3.41}\text{Si}_{2.8}\text{Al}_{1.14} \text{O}_{10}(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})_{3.72}$	< L.D.

Nota. L.D: Limite Detección. (Fuente: FA INGENIEROS 2022)

Muestra 05 VE_029_4_P4

Cuadro N° 08: Análisis Mineralógico por difracción de rayos X de la Muestra 05.

Nombre del mineral	Fórmula general	Resultado Aproximado (%)
Pirita	FeS_2	41.88
Clinocloro	$(\text{Mg}_5,\text{Al})(\text{Si},\text{Al})_4 \text{O}_{10}(\text{OH})_8$	18.05
Chabasita	$\text{H}_{3.1}\text{Ca}_{0.25}\text{Al}_{3.60}\text{Si}_{8.40} \text{O}_{24}$	10.91
Biotita	$\text{KMg}_2\text{Al}_2\text{Si}_3 \text{O}_{11}(\text{OH})$	10.68
Moscovita	$(\text{K},\text{Na})\text{Al}_2(\text{Si},\text{Al})_4 \text{O}_{10}(\text{OH})_2$	6.89
Dickita	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4(\text{HCONH}_2)$	5.94
Cuarzo	SiO_2	2.40
Calcopirita	CuFeS_2	1.95
Vermiculita	$\text{Mg}_{3.41}\text{Si}_{2.8}\text{Al}_{1.14} \text{O}_{10}(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})_{3.72}$	1.29

Nota. L.D: Limite Detección. (Fuente: FA INGENIEROS 2022).

Muestra 06 PN_976_3_P7

Cuadro N° 09: Análisis Mineralógico por difracción de rayos X de la Muestra 06

Nombre del mineral	Fórmula general	Resultado Aproximado (%)
Crisotilo	$Mg_3[Si_{2-x}O_5](OH)_{4-4x}$	35.88
Caolinita	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$	27.07
Pirita	FeS_2	14.78
Antigorita	$Mg_{3-x}[Si_2O_5](OH)_{4-2x}$	9.68
Magnetita	$Fe_{2.93}O_4$	6.13
Calcopirita	$CuFeS_2$	6.03
Siderita	$FeCO_3$	< L.D.

Nota. L.D: Limite Detección. (Fuente: FA INGENIEROS 2022)

Muestra 07 PN_976_2_P7

Cuadro N° 10: Análisis Mineralógico por difracción de rayos X de la Muestra 07.

Nombre del mineral	Fórmula general	Resultado Aproximado (%)
Talco	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$	27.94
Calcita de magnesio	$(Mg_{0.064}Ca_{0.936})(CO_3)$	19.38
Magnetita	$Fe_{2.93}O_4$	17.80
Caolinita	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$	8.59
Clinocloro	$(Mg_5Al)(Si,Al)_4O_{10}(OH)_8$	6.86
Antigorita	$Mg_{3-x}[Si_2O_5](OH)_{4-2x}$	4.81
Olivino	$Mg_2(SiO_4)$	4.71
Pirita	FeS_2	3.81
Chabasita	$H_{3.1}Ca_{0.25}Al_{3.60}Si_{8.40}O_{24}$	3.33
Calcopirita	$CuFeS_2$	2.26
Cuarzo	SiO_2	< L.D.

Nota. L.D: Limite Detección. (Fuente: FA INGENIEROS 2022).

Muestra 08 VE_050_1B_P6

Cuadro N° 11: Análisis Mineralógico por difracción de rayos X de la Muestra 08

Nombre del mineral	Fórmula general	Resultado Aproximado (%)
Crisotilo	$Mg_3[Si_{2-x}O_5](OH)_4-4x$	31.53
Clinocloro	$(Mg_5,Al)(Si,Al)_4 O_{10}(OH)_8$	27.86
Caolinita	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$	12.58
Pirita	FeS_2	10.77
Dolomita	$CaMg_{0.77}Fe_{0.23}(CO_3)_2$	8.57
Antigorita	$Mg_{3-x}[Si_2O_5](OH)_4-2x$	4.10
Magnetita	$Fe_2.93 O_4$	2.47
Arsenopirita	$AsFeS$	1.18
Olivino	$Mg_2(SiO_4)$	< L.D.
Vermiculita	$Mg_{3.41}Si_{2.8}Al_{1.14} O_{10}(OH)_2(H_2O)_3.72$	< L.D.

Nota. L.D: Limite Detección. (Fuente: FA INGENIEROS 2022)

Muestra 09 VE_050_3A_P6

Cuadro N° 12: Análisis Mineralógico por difracción de rayos X de la Muestra 09

Nombre del mineral	Fórmula general	Resultado Aproximado (%)
Crisotilo	$Mg_3[Si_{2-x}O_5](OH)_4-4x$	31.53
Clinocloro	$(Mg_5,Al)(Si,Al)_4 O_{10}(OH)_8$	27.86
Caolinita	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$	12.58
Pirita	FeS_2	10.77
Dolomita	$CaMg_{0.77}Fe_{0.23}(CO_3)_2$	8.57
Antigorita	$Mg_{3-x}[Si_2O_5](OH)_4-2x$	4.10
Magnetita	$Fe_2.93 O_4$	2.47
Arsenopirita	$AsFeS$	1.18
Olivino	$Mg_2(SiO_4)$	< L.D.
Vermiculita	$Mg_{3.41}Si_{2.8}Al_{1.14} O_{10}(OH)_2(H_2O)_3.72$	< L.D.

Nota. L.D: Limite Detección. (Fuente: FA INGENIEROS 2022).

Muestra 10 PN_050_8_P6

Cuadro N° 13: Análisis Mineralógico por difracción de rayos X de la Muestra 10

Nombre del mineral	Fórmula general	Resultado Aproximado (%)
Pirita	FeS ₂	49.02
Magnesita	MgCO ₃	14.34
Dolomita	CaMg(CO ₃) ₂	9.50
Magnetita	Fe _{2.93} O ₄	8.12
Vallerita	CuFeS _{21.53} ((Mg,Al)(OH) ₂)	6.16
Calcita de magnesio	(Mg _{0.064} Ca _{0.936})(CO ₃)	6.06
Lizardita	(Mg,Al) ₃ [(Si,Fe) ₂ O ₅](OH) ₄	4.38
Sodalita	Na ₄ Al ₃ Si ₃ O ₁₂ Cl	2.20
Titanita	CaTiO(SiO ₄)	< L.D.

Nota. L.D: Limite Detección. (Fuente: FA INGENIEROS 2022)

d) Análisis petrominerográficos y geoquímico

Los resultados de los estudios petrominerográficos indican que las muestras analizadas corresponden a un yacimiento tipo skarn donde predomina la alteración retrograda dominada por minerales como Serpentina, Carbonatos, Cloritas, Talco, Zeolitas, Arcillas, Caolinita, Moscovita y Vallerita. Sobre una alteración prograda donde se observan moldes y relictos de Olivino, Granates, Ferromagnesianos y Piroxenos. Asociados a una mineralización de Pirita, Calcopirita, Magnetita, Estibina, Goethita, Pirrotita, Calcosita, Enargita, galena, Hematita, Limonitas, MsCu, Arsenopirita, Bornita, Calcopirita II, Covelita, Esfalerita, Esfalerita II, Ilmenita, Magnetita, OxsTi, Rutilo y Sulfosales de Plomo.

Cuadro N° 14: Resumen general de resultados Petromineralógicos por cada muestra.

CÓDIGO DE MUESTRA	CLASIFICACIÓN	PROGRADO	RETROGRADO	MINERALIZACIÓN
MUESTRA 01 VE_050_7_5S_P6	SKARN RETROGRADO	-	Moscovita Talco	OxSTi Ilmenita Pirita Pirrotita Calcopirita galena
MUESTRA 02 VE_050_7_5S_P6	SKARN MAGNÉSICO CON FUERTE ALTERACIÓN RETROGRADA	Granates	Serpentina Carbonatos Talco Zeolitas	Pirita Magnetita Hematita Calcopirita Enargita Estibina Covelita Calcosita Limonitas
MUESTRA 03 VE_050_7_2ª_P6	SKARN RETROGRADO	-	Serpentina carbonatos cloritas	Magnetita Pirita Calcopirita Limonitas
MUESTRA 04 VE_050_8_1B_P6	SKARN CON FUERTE ALTERACIÓN RETROGRADA	Ferromagnesianos	Serpentina Talco Carbonatos Valleriita	Magnetita Pirita Calcopirita Estibina Goethita MsCu
MUESTRA 05 VE_029_4_P45	SKARN MAGNÉSICO	Olivino	Serpentinas Cloritas Zeolitas Micas Arcillas	Pirita Calcopirita Bornita Enargita Estibina MsCu Goethita
MUESTRA 06 CAM 10C_PN_976_3_P7	SKARN MAGNÉSICO CON FUERTE ALTERACIÓN RETROGRADA	Ferromagnesianos	Serpentina Arcillas	Magnetita Hematita Pirita Pirrotita Calcopirita
MUESTRA 07 PN_976_2_P7	SKARN MAGNESIANO CON ALTERACIÓN RETROGRADA	Olivino Piroxenos Granates	Carbonatos cloritas serpentinatas Talco Zeolitas	Magnetita Pirita calcopirita
MUESTRA 08 VE_050_1B_P6	SKARN MAGNÉSICO CON FUERTE ALTERACIÓN RETROGRADA	Olivino	Serpentina Carbonatos Cloritas Caolinita	Pirita Magnetita
MUESTRA 09 VE_050_3ª_P6	SKARN MAGNÉSICO CON ALTERACIÓN RETROGRADA	Olivino	Serpentina Cloritas Talco	Pirita Rutilo Calcopirita Esfalerita Pirrotita Arsenopirita Sulfosales de Plomo Galena Calcopirita II Esfalerita II
MUESTRA 10 PN_050_8_P6	SKARN MAGNÉSICO CON ALTERACIÓN RETROGRADA	Olivino	Serpentina Cloritas Vallerita Carbonatos Talco	Pirita I Magnetita Calcopirita Goethita

Nota. Muestras de zonas relevantes para caracterización (Fuente: FA INGENIEROS 2022)

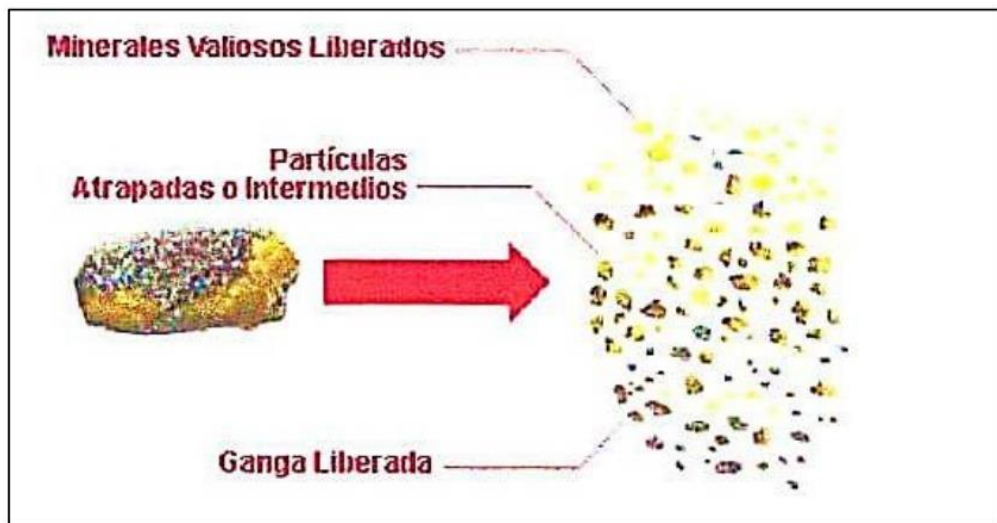
e) Análisis mineralógico de grado de liberación

La liberación se expresa como la cantidad de mineral de interés que puede quedar libre de material estéril cuando se realice una determinada reducción de tamaño.

Esta liberación está en función tanto de la probabilidad de ruptura como del tamaño al que se fracciona lo anterior se muestra en la figura anterior. Comparando la figura 1b y la 1* se observa que la liberación es diferente solamente porque la fractura se realiza en diferentes puntos de corte mientras que si comparamos la 1 c con la 12 observaremos la variación en la liberación por fracturar a diferente tamaño. Cuando un mineral se fractura existen en el

producto mineral liberado, ganga liberada y productos y intermedios, en los cuales está asociado mineral con ganga. Otro aspecto importante que considerar es que las rocas rara vez tienen solo el mineral de interés y la ganga, es más probable encontrar rocas con dos o más minerales y la ganga como lo muestra la figura.

Liberación real para una especie mineral

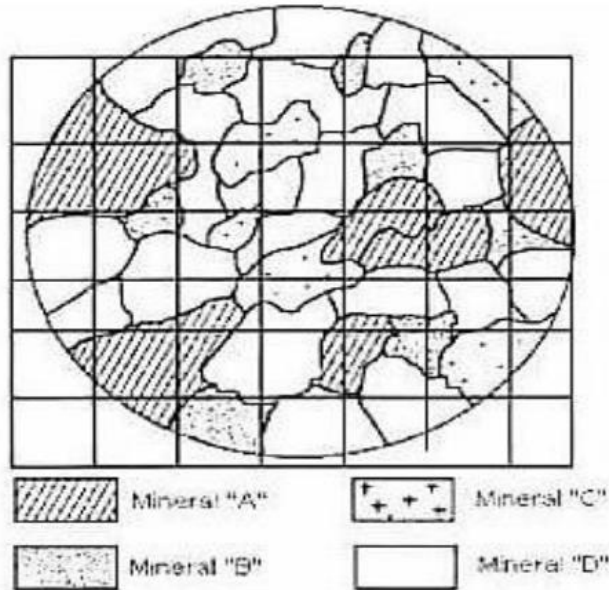


Nota. Imagen referencial de liberación de minerales en chancado (Fuente: 911metallurgist)

Al fracturar este mineral es notorio que encontraremos partículas libres del mineral A, B, C y D, de igual forma existirán partículas que tengan asociaciones de mineral a con B, C y D asociaciones de B con C y D y combinaciones de C y D así como especies terciarias.

Considerando lo anterior se requiere moler a un tamaño demasiado pequeño para asegurar que el mineral de interés se encuentre lo más liberado posible (por el molino de bolas) para asegurar una Buena recuperación de dicho elemento con un buen grado.

Diferenciación de los minerales constituidos en una roca.



Nota. Ejemplo de una roca constituida por cuatro minerales, de los cuales uno de ellos solamente es de interés los otros 3 constituyen la ganga. (Fuente: 911metallurgist)

Se realizó la selección exclusiva de 02 muestras, donde los resultados de los análisis de grado de liberación indican lo siguiente

- En la MUESTRA 5 VE_029_4_P4; los minerales que aportan Cu al sistema son Calcopirita, Minerales secundarios de Cobre, bornita y enargita. La calcopirita muestra algo grado de liberación en las muestras estudiadas en las cuales se ha identificado. Mientras que los minerales secundarios de cobre, bornita y enargita presentan baja grado de liberación, esto disfrutará su recuperación.
- Los aportantes de arsénico corresponden a arsenopirita y enargita.
- Las especies minerales que poseen un valor superior a 70% en grado de liberación, presentan una flotabilidad natural.

Cuadro N° 15: Porcentaje en volumen de minerales de la Muestra 05

PORCENTAJE EN VOLUMEN (%) DE MINERALES								
MUESTRA 5 VE_029_4_P4								
ESPECIE	Malla+60	Malla+70	Malla+100	Malla+150	Malla+200	Malla+325	Malla+400	Malla-400
Pirita	42.87	28.07	25.87	22.66	49.52	34.85	50.69	75.76
Arsenopirita	0.00	0.24	0.07	0.03	0.00	0.10	0.21	0.17
Galena	0.01	0.20	0.00	0.02	0.01	0.03	0.00	0.03
Calcopirita I	14.23	12.47	7.05	9.31	10.88	11.18	17.64	9.55
Esfalerita I	0.08	0.00	0.02	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
Goethita	0.19	0.36	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rutilo	0.00	0.24	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Magnetita	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00
Estibina	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
Minerales Secundarios de	0.91	0.50	0.00	0.44	0.68	0.35	0.56	0.16
Bornita	0.03	0.02	0.01	0.02	0.03	0.04	0.12	0.24
Enargita	0.08	0.22	0.02	0.03	0.02	0.03	0.04	0.00

Nota. Información de una muestra como referencia (Fuente: FA INGENIEROS 2022)

Cuadro N° 16: Grado de liberación de la Muestra 05

GRADO DE LIBERACIÓN (%)								
MUESTRA 5 VE_029_4_P4								
ESPECIE	Malla+60	Malla+70	Malla+100	Malla+150	Malla+200	Malla+325	Malla+400	Malla-400
Pirita	↑ 97.60	↑ 97.05	↑ 98.62	↑ 99.08	↑ 99.36	↑ 99.27	↑ 99.31	↑ 99.42
Arsenopirita	↓ 0.00	↑ 100.00	↑ 100.00	↑ 100.00	↓ 0.00	↑ 100.00	↑ 100.00	↑ 100.00
Galena	↓ 0.00	↓ 32.00	↑ 88.78	↓ 0.75	↓ 0.00	↓ 9.00	↑ 98.20	↓ 0.50
Calcopirita I	↑ 84.16	↑ 89.03	↓ 0.00	↑ 92.97	↑ 96.37	↑ 98.39	↓ 0.00	↑ 96.76
Esfalerita I	↓ 64.00	↓ 0.00	↓ 6.00	↑ 100.00	↓ 0.00	↓ 0.00	↓ 0.00	↓ 0.00
Goethita	↑ 100.00	↑ 100.00	↑ 100.00	↓ 0.00	↓ 0.00	↓ 0.00	↓ 0.00	↓ 0.00
Rutilo	↓ 0.00	↑ 100.00	↓ 0.00	↓ 0.00	↓ 0.00	↓ 0.00	↓ 0.00	↓ 0.00
Magnetita	↓ 0.00	↓ 0.00	↑ 100.00	↓ 0.00	↑ 100.00	↓ 0.00	↓ 0.00	↓ 0.00
Estibina	↓ 0.00	↓ 0.00	↓ 0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00
Minerales Secundarios de	49.89	55.96	72.83	43.10	83.66	63.31	77.14	34.73
Bornita	1.50	7.00	0.00	7.54	0.67	16.00	3.00	53.00
Enargita	16.00	28.50	1.13	2.25	2.67	1.75	10.00	0.00

Nota. Información de una muestra como referencia (Fuente: FA INGENIEROS 2022)

En la MUESTRA 7 PN_976_2_P7; los minerales que aportan Cu al sistema son Calcopirita y Minerales secundarios de Cobre. La calcopirita y minerales secundarios de cobre muestran alto grado de liberación en las muestras estudiadas en las cuales se ha identificado.

Las especies minerales que poseen un valor superior a 70% en grado de liberación, presentan una flotabilidad natural.

Cuadro N° 17: Porcentaje en volumen de minerales de la Muestra 07

PORCENTAJE EN VOLUMEN (%) DE MINERALES								
MUESTRA 7 PN_976_2_P7								
ESPECIE	Malla+60	Malla+70	Malla+100	Malla+150	Malla+200	Malla+325	Malla+400	Malla-400
Pirita	22.04	22.90	23.75	24.27	20.65	22.87	18.99	29.55
Arsenopirita	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18
Calcopirita I	1.98	1.48	1.62	1.77	1.25	3.28	1.56	0.72
Esfalerita I	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.07	0.00	0.00
Magnetita	30.53	28.90	22.77	26.36	26.25	19.26	22.23	30.34
Secundarios de Cobre	0.00	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00

Nota. Información de una muestra como referencia (Fuente: FA INGENIEROS 2022).

Cuadro N° 18: Grado de liberación de la Muestra 07

GRADO DE LIBERACIÓN (%)								
MUESTRA 7 PN_976_2_P7								
ESPECIE	Malla+60	Malla+70	Malla+100	Malla+150	Malla+200	Malla+325	Malla+400	Malla-400
Pirita	↑ 98.66	↑ 99.84	↑ 98.56	↑ 98.47	↑ 98.87	↑ 98.46	↑ 98.31	↑ 99.02
Arsenopirita	↓ 0.00	↓ 0.00	↑ 100.00	↓ 0.00	↓ 0.00	↓ 0.00	↓ 0.00	↑ 100.00
Calcopirita I	↑ 91.70	↑ 84.96	↑ 88.37	↑ 95.04	↑ 93.40	↑ 90.30	↑ 80.86	↑ 74.78
Esfalerita I	↓ 0.00	↓ 0.00	↓ 0.00	↓ 0.00	↓ 2.25	↓ 11.25	↓ 0.00	↓ 0.00
Magnetita	↑ 98.17	↑ 98.42	↓ 0.00	↑ 98.51	↑ 98.84	↑ 98.60	↑ 98.01	↑ 98.86
Minerales Secundarios de Cu	↓ 0.00	↓ 0.00	↑ 82.53	↓ 0.00	↓ 0.00	↓ 0.00	↑ 72.88	↓ 0.00

Nota. Información de una muestra como referencia (Fuente: FA INGENIEROS 2022)

4.1.4. Caracterización de muestras en unidades geometalúrgicas

La caracterización de las zonas de Mina Norte, fue direccionada en base a la correlacionando de sus resultados de estudios petromineralógicos, químicas, granulométricas y características geológicas.

Se enfatizo la presencia de los elementos de principal interés, donde se resalta la presencia de diferentes tipos de arcillas, así como serpentinas, talco, micas entre otros minerales que resultan perjudicial para la operación minera en cuanto al tratamiento metalúrgico y presentan indicadores negativos en fluidez y como

también su granulometría gruesa que proporcionan indicadores positivos de calidad en fluidez del mineral en el chancado y molienda.

Teniendo el conocimiento de estas tres relaciones entre el estudio petromineralógicos, geoquímico y granulométrico se logró diferenciar 3 unidades geometalúrgicas, donde cabe resaltar los estudios petromineralógicos realizados que fueron de vital importancia ya que nos dieron un indicativo microscópico que no se pudo identificar con facilidad en campo.

Cuadro N° 19: Caracterización de unidades geometalúrgicas UGM 1,2y3

CODIGO MUESTRA	CLASIFICACION	PETROMINERALOGIA	GEOQUIMICA	GRANULOMETRIA	OBSERVACIONES	
MUESTRA 03 VE_050_7_2ª_P6	SKARN MAGNÉSICO	Serp - Cpy - Mgt		Masiva	Compacta	UGM 01
MUESTRA 04 VE_050_8_1B_P6	SKARN CON FUERTE ALTERACIÓN RETROGRADA	Serp - Cpy - Mgt	Sb	Masiva	Compacta	
MUESTRA 06 CAM 10C_PN_976_3_P7	SKARN MAGNÉSICO CON FUERTE ALTERACIÓN RETROGRADO	Serp - Cpy - Mgt - Sph		Masiva	Semi compacta	
MUESTRA 10 PN_050_8_P6	SKARN MAGNÉSICO CON ALTERACIÓN RETROGRADA	Serp - Cpy - Mgt		Masiva	Compacta	
MUESTRA 01 VE_050_7_5S_P6	SKARN RETROGRADO	Tlc - Micas - Cpy - OxTi	Ti	Fino	Deleznable	UGM 2
MUESTRA 05 VE_029_4_P45	SKARN MAGNÉSICO	Micas -Cpy - OxTi	As -Sb - Ti	Fino	Deleznable /Sedoso	
MUESTRA 02 VE_050_7_5S_P6	SKARN MAGNÉSICO CON FUERTE ALTERACIÓN RETROGRADA	Tlc- Serp - carbonatos - Cpy	Sb	Semi Masiva	Semi compacta	UGM 3
MUESTRA 07 PN_976_2_P7	SKARN MAGNESIANO CON ALTERACIÓN RETROGRADA	Tlc- Serp - carbonatos - Cpy		Semi Masiva	Poroso	
MUESTRA 08 VE_050_1B_P6	SKARN MAGNÉSICO CON FUERTE ALTERACIÓN RETROGRADO	Tlc- Serp - carbonatos - Cpy		Semi Masiva	Semi compacta	
MUESTRA 09 VE_050_3ª_P6	SKARN MAGNÉSICO CON FUERTE ALTERACIÓN RETROGRADO	Tlc- Serp - carbonatos - Cpy -Eng	As	Semi Masiva	Poroso	

Nota. Resumen general de la caracterización por UGMs (Fuente: SMAD 2022).

De igual manera fueron diferenciadas 4 unidades geometalúrgicas adicionales, estas fueron idénticas por caracterización geológica que fueron reconocidas en campo y están relacionadas por su alto contenido de Fe y Cu, así como también generalizando la idea de cuanto perjudica la presencia de arcillas y el contenido de Cu relevante.

Cuadro N° 20: Caracterización de unidades geometalúrgicas UGM 4, 5, 6 y 7.

CODIGO MUESTRA	CLASIFICACION	PETROMINERALOGIA	GEOQUIMICA	GRANULOMETRIA	OBSERVACIONES	
Mtto Sulfuros	SKARN (Reemplazamiento)	Py -Eng- Cpy Mgt - Arcillas	As	Semi Masiva	Poroso	UGM 4
Mtto Sulfuros	SKARN (Reemplazamiento)	Py - Mgt - Eng - Cpy	As	Semi Masiva	Brecha	UGM 5
Mtto Lorena	SKARN (Reemplazamiento)	Po - Mgt - Cpy - Py		Masiva	Compacta	UGM 6
Veta 7	VETA	Py - Po - Sph - Arg	As	Masiva	Compacta	UGM 7

Nota. Resumen general de la caracterización por UGMs (Fuente: SMAD 2022)

4.1.5. Mapeo y/o sectorización geometalúrgica

Para ello seleccionaremos las zonas de interés valiéndonos de la relación de las pruebas realizadas de las muestras donde esto nos permitió reconocer las características litológicas, alteraciones, mineralización que componen el yacimiento.

Mapeo geológico Mina norte – Composito General



Nota. Vista en planta de la distribución geológica de Mina Norte (Fuente: SMAD 2022)

La delimitación geometalurgia por sectores individuales en base a sus características geológicas se muestra en el ANEXO A.

Mapeo Geometalúrgico Mina norte – Sectorización General.



Nota. Vista en planta de la distribución geometalúrgica de Mina Norte (Fuente: SMAD 2022).

4.1.6. Evaluación metalúrgica

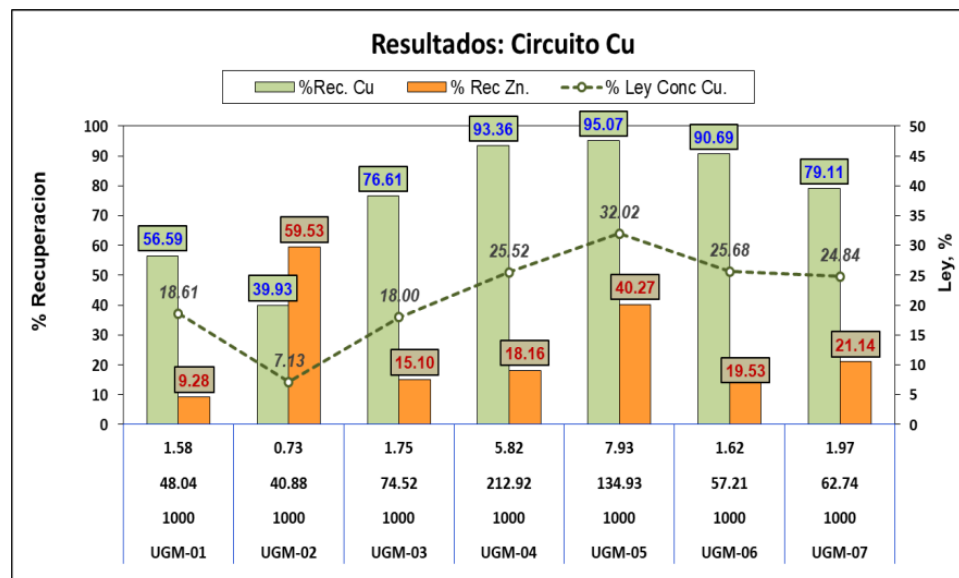
Sectorizado mina norte en las 7 UGMs identificadas, estas fueron muestreadas y enviadas cada una al laboratorio para sus pruebas metalúrgicas respectivas, Cada muestra tiene un equivalente en peso de 30 kg cada uno, posterior estas muestras se registraron e inmediatamente se hicieron secar y se procedieron a realizar un chancado controlado para evitar la generación de finos, obteniendo un producto de 100 % M-10, finalmente se homogenizaron y se generaron cargas de 1 kg para realizar las pruebas de flotación.

Inicialmente se realizaron pruebas de flotación tipo batch para evaluar dispersantes sobre las muestras UGM 01, UGM 02 y UGM 03 que presentan altos contenidos de arcilla; posterior se evaluaron colectores, depresores, % sólidos, y sobre las muestras UGM 04, UGM 05, UGM 06 Y UGM-7 se evaluaron colectores,

depresores con el fin de establecer condiciones de operación que nos permita obtener un performance metalúrgico favorable.

Finalmente se realizaron pruebas de flotación en circuito abierto, donde se incluye una etapa de limpieza para el circuito bulk y tres etapas de limpiezas para el circuito Zinc, para evaluar el efecto de las cargas circulantes, calidad de los concentrados y recuperación metalúrgica.

Resumen general de los resultados del circuito de Cu obtenidos de las 7 muestras por UGM



Nota. Análisis estadístico metalúrgico de las 7 UGMs caracterizadas (Fuente: SMAD 2022)

a) Cinética de molienda

Se desarrollaron pruebas de moliendabilidad, para ello se tomaron 3 muestras de 1 kg por cada UGM y se molieron en tiempos de 5 min, 10 min y 15 min para establecer el tiempo de molienda en cada muestra, hasta obtener un P80 de 150 micras (53 % Malla-200).

Cuadro N° 21: Tiempo establecido para la molienda de las 07 muestras UGM.

UGM	Tiempo	Vol. Agua	Observaciones
1	5 Min	650 ml	Muestra en contacto con agua se vuelve pastosa y se observa generación de lamas, así mismo se pegan en las paredes del molino y bolas; presencia de micas y serpentinas. PH: 8.5
2	6 Min	500 ml	Muestra en contacto con agua no es tan pastosa y se pega a los molinos y bolas, presencia de talco. PH < 7
3	6 Min	500 ml	Muestra en contacto con agua no es tan pastosa y se pega poco a los molinos y bolas, presencia de talco. PH < 7
4	10 Min	500 ml	Molienda con normalidad. PH < 7
5	9 Min	500 ml	Molienda con normalidad. PH < 7
6	10 Min	500 ml	Molienda con normalidad. PH < 7
7	15 Min	500 ml	Molienda se realizó con normalidad, pero la muestra en contacto con el agua presenta un pH < 7, debido al alto contenido de Fe.

Nota. Calculo metalúrgico de las 7 UGMs caracterizadas (Fuente: SMAD 2022).

b) Caracterización química

De una carga de 1 kg de cada muestra, se obtuvo una porción representativa y se envió a análisis químico para cuantificar los elementos de interés.

Cuadro N° 22: Resultados de análisis químico AAS de las 07 muestras – UGM.

AAS							Cu_Secuencial								
Item	Codigo	Ag Oz/tm	Cu, %	Pb, %	Zn, %	Fe%	Cu_SS, % Ox. Cu		Cu_CN, % Cu Secundario		Cu_R, % Cu Primario				
1	UGM-01	0.69	1.58	0.02	0.69	18.51	0.21	✗	13%	0.07	✓	4%	1.31	✓	82%
2	UGM-02	1.00	0.73	0.02	1.37	9.02	0.10	✗	14%	0.42	✓	59%	0.19	✓	27%
3	UGM-03	0.69	1.75	0.02	0.38	21.17	0.07	✗	4%	0.27	✓	16%	1.40	✓	80%
4	UGM-04	4.95	5.82	0.06	1.63	26.10	0.04	✗	1%	0.18	✓	3%	5.65	✓	96%
5	UGM-05	2.14	7.93	0.04	0.42	27.46	0.10	✗	1%	6.05	✓	77%	1.74	✓	22%
6	UGM-06	1.00	1.62	0.03	0.01	43.80	0.01	✗	1%	0.32	✓	20%	1.29	✓	80%
7	UGM-07	12.85	2.00	0.15	1.95	26.43	0.08	✗	4%	0.26	✓	13%	1.73	✓	84%

Nota. Análisis y determinación de presencia de Cu secundario en las 7 UGMs caracterizadas (Fuente: SMAD 2022).

De la siguiente tabla se destaca lo siguiente:

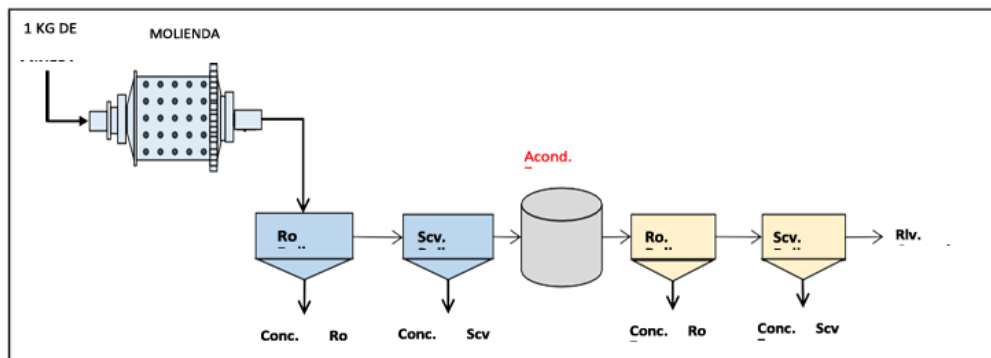
- En todas las muestras se tienen valores significativos de Cu, sin embargo, el contenido de Zn es bajo en las muestras UGM 1, UGM 3, UGM 5 y UGM 06.

- En las muestras UGM 1 y UGM 4 predomina la presencia de cobres primarios (Calcopirita y/o bornita), ello permitiría obtener una calidad de concentrado en un rango de 19% a 22 %.
- En las muestras UGM 2 y UGM 5 predomina en mayor proporción la presencia de cobres secundarios (Cu Grises, calcosina, covelina, etc.) y menor proporción cobres primarios (calcopirita y/o bornita), ello permitiría obtener una calidad de concentrado > 26 %.
- Las muestras UGM-03 y UGM-06, son minerales mixtos de cobre por que se tiene presencia de cobre primarios y secundarios proporcionalmente, ello permitiría obtener una calidad de concentrado en un rango de 24% a 27%.
- La presencia de óxidos de cobre es baja excepto en las muestras UGM 01, UGM 02 y UGM 05 que superan el 0.1%.

c) Prueba de flotación batch

Pruebas Exploratorias Muestras UGM01, UGM 02 y UGM 03 Se desarrollaron diferentes pruebas de flotación tipo batch, para evaluar reactivos como: dispersantes, depresores de minerales zinc, dosificaciones de complejo: ZnSO₄/NaCN (depresor de minareles de zinc) y dosificación de colectores Z-14, AR-1208, con el fin de establecer parámetros de operación que nos permitan obtener un performance metalúrgico favorable, en la figura 4 se muestra el esquema inicial de las pruebas de flotación realizadas.

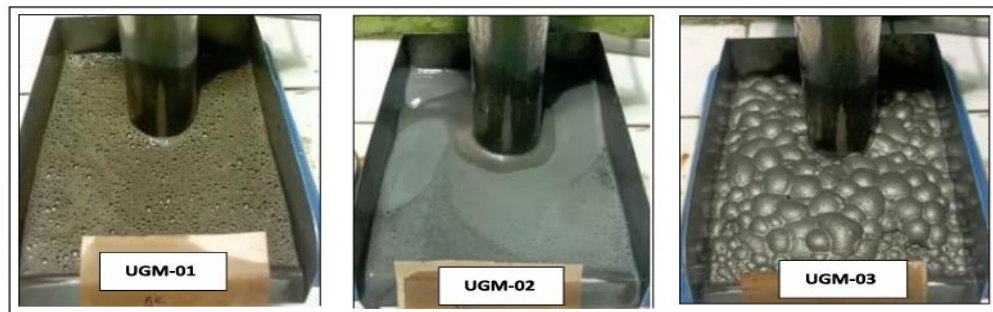
Cuadro N° 23: Diagrama de flujo de flotación batch.



Nota. Imagen referencial del circuito de flotación (Fuente: SMAD 2022)

Las tres muestras evaluadas presentaron complejidad en su tratamiento debido a la alta presencia de arcillas, estas arcillas recubren las superficies de los sulfuros valiosos lo que genera el no contacto entre sulfuro/colector/burbujas y se generaría desplazamientos a otros circuitos y relave. Así mismo generan un alto consumo de espumante debido a que no periten formar colchón de espumas, en la figura 5 se muestra las características de las espumas.

Cuadro N° 24: Formación de colchón de espumas UGM 01-02-03.



Nota. Fotografías proporcionadas por laboratorio metalúrgico (Fuente: SMAD 2022)

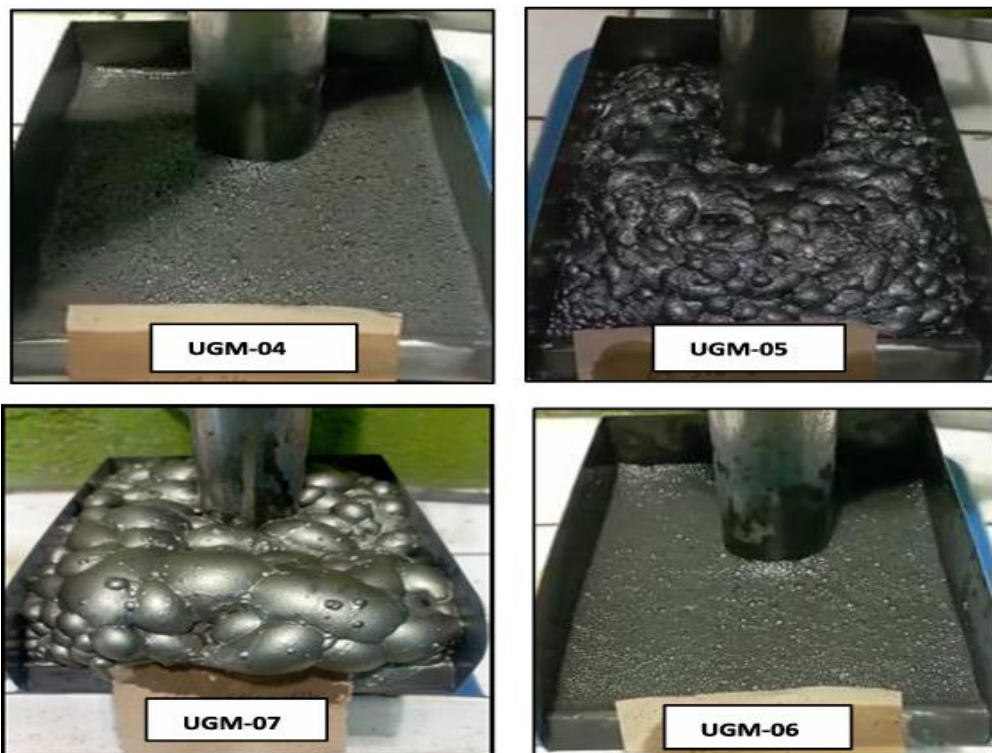
Ante ello se evaluaron dispersantes como: dextrina, goma guar, quebracho, aramin 400 y variar el % sólidos que nos ayuden a modificar la reología de la pulpa, posterior a ello se evaluaron depresores de minerales de zinc como: complejo (ZnSO₄/CNNa), sulfato de zinc y finalmente se evaluaron

dosificación de colectores como: Z-14, AR-1208, AP3897. Los mejores resultados se obtuvieron aplicando el reactivo aramin, complejo y variando el % de sólidos, los colectores usados fueron Z-14 y AR-1208; por ello se realizaron pruebas de flotación en circuito abierto, donde se incluye una etapa de limpieza para el circuito bulk y tres etapas de limpiezas para el circuito Zinc, con el fin de evaluar el efecto de las cargas circulantes, calidad de los concentrados y recuperación metalúrgica.

Las recuperaciones obtenidas en el estándar fueron de 30%, con la aplicación de los reactivos mencionados se logra incrementar hasta 50%.

Se evaluaron depresores de minerales de zinc como: complejo ($ZnSO_4/CNNa$), sulfato de zinc, NaCN y finalmente se evaluaron dosificación de colectores como: Z-14, AR 1208, AP3897.

Cuadro N° 25: Formación de colchón de espumas UGM 04-05-06-07.



Nota. Fotografías proporcionadas por laboratorio metalúrgico (Fuente: SMAD 2022)

Los mejores resultados se obtuvieron aplicando reactivo ZnSO₄ y NaCN como depresor de Zn, los colectores usados fueron Z-14 y AR-1208; por ello se realizan pruebas de flotación en circuito abierto, donde se incluye una etapa de limpieza para el circuito bulk y tres etapas de limpieza para el circuito Zinc, con el fin de evaluar el efecto de las cargas circulantes, calidad de los concentrados y recuperación metalúrgica. Las recuperaciones obtenidas superan el 85 % a nivel global Presentación, análisis e interpretación de resultados.

4.1.7. Análisis metalúrgico por UGMs.

Se realizó la ejecución de un programa de pruebas metalúrgicas sobre 07 muestras de mineral codificadas como: UGM-01, UGM-02, UGM-03, UGM-04, UGM-05, UGM-06 y UGM-7. El estudio tuvo como objetivo estimar el rendimiento metalúrgico, básicamente identificar la “Recuperación y Grado de Concentrados”; complementariamente, evaluar las impurezas y los niveles en los que estarían presentes en los productos finales del proceso.

a) Resultados de pruebas de flotación UGM-01

En la tabla, se muestran los resultados obtenidos de cada prueba de flotación en circuito abierto.

Cuadro N° 26: Balance metalúrgico final muestra 01 UGM 1

Productos	PESO	LEYES					CONTENIDO METALICO					RECUPERACIONES					RATIO
	TMS	%Cu	%Pb	% Zn	Oz Ag	% Fe	Tm Cu	Tm Pb	Tm Zn	Oz Ag	Tm Fe	%Cu	%Pb	% Zn	Oz Ag	Fe	
Cabeza	1000.00	1.58	0.02	0.69	0.69	18.51	15.80	0.20	6.90	690.00	185.10	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
Conc. Cobre	48.04	18.61	0.16	1.33	4.41	24.39	8.94	0.08	0.64	211.91	11.72	56.59	38.40	9.26	30.71	6.33	
Conc. Zn	30.21	8.67	0.10	9.74	1.79	21.67	2.62	0.03	2.94	54.08	6.55	16.58	15.09	42.65	7.84	3.54	
Relave	921.75	0.46	0.01	0.36	0.46	18.10	4.24	0.09	3.32	424.00	166.84	26.84	46.51	48.09	61.45	90.13	
C. Calculada	1000.00	1.58	0.02	0.69	0.69	18.51	15.80	0.20	6.90	690.00	185.10	73.16	53.49	51.91	38.55	9.87	

Nota. Análisis metalúrgico por UGM caracterizada (Fuente: SMAD 2022)

De la siguiente tabla se destaca lo siguiente:

- Concentrado Cobre: Para el tratamiento de 1000 TMS de mineral se obtendría
- 48 TN de concentrado cobre con contenidos de plata, obteniendo una recuperación de 56.59% en cobre, con una ley de 18.61%.
- Minerales de Plata: Se encuentra distribuida en el concentrado de cobre y zinc con leyes de 4.41 y 1.79 Oz/TM y recuperaciones de 30.71% y 7.84 % respectivamente.
- Minerales de Zinc: Para el tratamiento de 1000 TMS de mineral se obtendría un concentrado de zinc no comercial 9.74 % de ley del concentrado de zinc, a consecuencia de la presencia de arcillas.

b) Resultados de pruebas de flotación UGM-02

En la tabla, se muestran los resultados obtenidos de cada prueba de flotación en circuito abierto.

Cuadro N° 27: Balance metalúrgico final muestra 02 UGM 2.

Productos	PESO TMS	LEYES					CONTENIDO METALICO					RECUPERACIONES					RATIO
		%Cu	%Pb	%Zn	Oz Ag	% Fe	Tm Cu	Tm Pb	Tm Zn	Oz Ag	Tm Fe	%Cu	%Pb	%Zn	Oz Ag	Fe	
Cabeza	1000.00	0.73	0.02	1.37	1.00	9.02	7.30	0.20	13.70	1,000.00	90.20	100.0	100.0	100.0	100.0		
Conc. Cobre	40.88	7.13	0.16	19.95	7.84	7.51	2.91	0.07	8.16	320.50	3.07	39.93	32.09	59.53	32.05	3.40	
Conc. Zn	70.79	2.43	0.07	3.44	3.84	5.75	1.72	0.05	2.44	271.77	4.07	23.57	24.32	17.78	27.18	4.90	
Relave	888.33	0.30	0.01	0.35	0.46	9.35	2.66	0.09	3.11	407.74	83.06	36.51	43.59	22.69	40.77	92.08	
C. Calculada	1000.00	0.73	0.02	1.37	1.00	9.02	7.30	0.20	13.70	1,000.02	90.20	63.49	56.41	77.31	59.23	7.92	

Nota. Análisis metalúrgico por UGM caracterizada (Fuente: SMAD 2022)

De la siguiente tabla se destaca lo siguiente:

- En los circuitos de cobre y zinc se obtendrían concentrados no comerciales debido a la activación de zinc en el circuito cobre (Posible generación de iones Cu por la presencia de cobres secundarios) y desplazamiento de cobre en el circuito zinc.

- Así mismo la presencia del talco y el alto contenido de hierro perjudican a su flotación de forma natural.

c) Resultados de pruebas de flotación UGM-03

En la tabla, se muestran los resultados obtenidos de cada prueba de flotación en circuito abierto.

Cuadro N° 28: Balance metalúrgico final muestra 03 UGM 3

Productos	PESO	LEYES					CONTENIDO METALICO					RECUPERACIONES					RATIO
		TMS	%Cu	%Pb	% Zn	Oz Ag	% Fe	Tm Cu	Tm Pb	Tm Zn	Oz Ag	Tm Fe	%Cu	%Pb	% Zn	Oz Ag	
Cabeza	1000.00	1.75	0.02	0.38	0.69	21.17	17.50	0.20	3.80	690.00	211.70	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
Conc. Cobre	74.52	17.99	0.14	0.77	4.51	19.00	13.41	0.10	0.57	336.10	14.16	76.61	51.13	15.10	48.71	6.70	13.42
Conc. Zn	35.78	2.24	0.03	4.79	2.43	22.13	0.80	0.01	1.71	87.01	7.92	4.58	5.26	45.10	12.61	3.75	27.95
Relave	889.70	0.37	0.01	0.17	0.30	21.26	3.29	0.09	1.51	266.91	189.15	18.81	43.61	39.80	38.68	89.95	
C. Calculada	1000.00	1.75	0.02	0.38	0.69	21.12	17.50	0.20	3.80	690.02	211.23	81.19	56.39	60.20	61.32	10.45	

Nota. Análisis metalúrgico por UGM caracterizada (Fuente: SMAD 2022).

De la siguiente tabla se destaca lo siguiente:

- Concentrado Cobre: Para el tratamiento de 1000 TMS de mineral se obtendría
- 74.52 TN de concentrado cobre con contenidos de plata, obteniendo una recuperación de 76.61% en cobre, con una ley de 18%.
- Minerales de Plata: Se encuentra distribuida en el concentrado de cobre y zinc con leyes de 4.51 y 2.43 Oz/TM y recuperaciones de 48.71% y 12.61 % respectivamente.
- Minerales de Zinc: Para el tratamiento de 1000 TMS de mineral se obtendría un concentrado de zinc no comercial 4.79 % de ley del concentrado de zinc, a consecuencia de la presencia de arcilla y a la baja ley de cabeza.

d) Resultados de pruebas de flotación UGM-04

En la tabla, se muestran los resultados obtenidos de cada prueba de flotación en circuito abierto.

Cuadro N° 29: Balance metalúrgico final muestra 04 UGM 4

Productos	PESO	LEYES					CONTENIDO METALICO					RECUPERACIONES					RATIO
	TMS	%Cu	%Pb	% Zn	Oz Ag	% Fe	Tm Cu	Tm Pb	Tm Zn	Oz Ag	Tm Fe	%Cu	%Pb	% Zn	Oz Ag	Fe	
Cabeza	1000.00	5.82	0.06	1.63	4.95	26.10	58.20	0.60	16.30	4,950.00	261.00	100.0	100.0	100.0	100.0		
Conc. Cobre	212.92	25.52	0.21	1.39	18.36	28.64	54.34	0.44	2.96	3,909.21	60.98	93.36	72.67	18.16	78.97	23.36	
Conc. Zn	32.67	8.59	0.04	38.52	10.61	27.82	2.81	0.01	12.59	346.77	9.09	4.82	2.33	77.21	7.01	3.48	
Relave	754.41	0.14	0.02	0.10	0.92	25.31	1.06	0.15	0.75	694.05	190.94	1.81	25.00	4.63	14.02	73.15	
C. Calculada	1000.00	5.82	0.06	1.63	4.95	26.10	58.20	0.60	16.30	4,950.03	261.01	98.19	75.00	95.37	85.98	26.85	

Nota. Análisis metalúrgico por UGM caracterizada (Fuente: SMAD 2022).

De la siguiente tabla se destaca lo siguiente:

- Concentrado Cobre: Para el tratamiento de 1000 TMS de mineral se obtendría.
- 212 TN de concentrado cobre con alto contenidos de plata, obteniendo una recuperación de 96.36% en cobre, con una ley de 25.52%.
- Minerales de Plata: Se encuentra distribuida en los concentrados de cobre y zinc con leyes de 18.36 y 10.62 Oz/TM y recuperaciones de 79% y 7 % respectivamente.
- Minerales de Zinc: Para el tratamiento de 1000 TMS de mineral se obtendría 32.67 TN de concentrado con una recuperación de 77.21% y una ley de concentrado de 38.52.

e) Resultados de pruebas de flotación UGM-05

En la tabla, se muestran los resultados obtenidos de cada prueba de flotación en circuito abierto.

Cuadro N° 30: Balance metalúrgico final muestra 05 UGM 5

Productos	PESO	LEYES					CONTENIDO METALICO					RECUPERACIONES					RATIO
	TMS	%Cu	%Pb	% Zn	Oz Ag	% Fe	Tm Cu	Tm Pb	Tm Zn	Oz Ag	Tm Fe	%Cu	%Pb	% Zn	Oz Ag	Fe	
Cabeza	1000.00	7.93	0.04	0.42	2.14	27.46	79.30	0.40	4.20	2,140.00	274.60	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
Conc. Cobre	234.93	32.09	0.10	0.72	7.75	10.46	75.39	0.24	1.69	1,821.45	24.57	95.07	60.51	40.27	85.11	8.95	
Conc. Zn	9.21	19.46	0.09	15.74	7.52	13.23	1.79	0.01	1.45	69.29	1.22	2.26	2.05	34.53	3.24	0.44	
Relave	755.85	0.28	0.02	0.14	0.33	32.92	2.12	0.15	1.06	249.43	248.80	2.67	37.44	25.20	11.65	90.61	
C. Calculada	1000.00	7.93	0.04	0.42	2.14	27.46	79.30	0.40	4.20	2,140.17	274.60	97.33	62.56	74.80	88.35	9.39	

Nota. Análisis metalúrgico por UGM caracterizada (Fuente: SMAD 2022).

De la siguiente tabla se destaca lo siguiente:

- Concentrado Cobre: Para el tratamiento de 1000 TMS de mineral se obtendría.
- 234.93 TN de concentrado cobre con contenidos de plata, obteniendo una recuperación de 95% en cobre, con una ley de 32%.
- Minerales de Plata: Se encuentra distribuida en el concentrado de cobre y zinc con leyes de 7.75 y 7.52 Oz/TM y recuperaciones de 85.11% y 3.24 % respectivamente.
- Minerales de Zinc: Para el tratamiento de 1000 TMS de mineral se obtendría un concentrado de zinc no comercial 15.74 % de ley del concentrado de zinc, a consecuencia del desplazamiento de cobre al circuito zinc por alta del de Cu y la baja ley de Zn en la cabeza

f) Resultados de pruebas de flotación UGM-06

En la tabla, se muestran los resultados obtenidos de cada prueba de flotación en circuito abierto.

Cuadro N° 31: Balance metalúrgico final muestra 06 UGM 6.

Productos	PESO	LEYES					CONTENIDO METALICO					RECUPERACIONES					RATIO
	TMS	%Cu	%Pb	% Zn	Oz Ag	% Fe	Tm Cu	Tm Pb	Tm Zn	Oz Ag	Tm Fe	%Cu	%Pb	% Zn	Oz Ag	Fe	
Cabeza	1000.00	1.62	0.03	0.01	1.00	43.80	16.20	0.30	0.10	1,000.00	438.00	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
Conc. Cobre	57.21	25.68	0.19	0.04	13.69	34.51	14.69	0.11	0.02	783.21	19.74	90.69	36.57	19.53	78.32	7.19	
Relave	942.79	0.16	0.02	0.01	0.23	44.37	1.51	0.19	0.09	216.84	418.27	9.31	63.43	80.47	21.68	152.32	
C. Calculada	1000.00	1.62	0.03	0.01	1.00	43.80	16.20	0.30	0.12	1,000.05	438.01	90.69	36.57	19.53	78.32	7.19	

Nota. Análisis metalúrgico por UGM caracterizada (Fuente: SMAD 2022).

De la siguiente tabla se destaca lo siguiente:

- Concentrado Cobre: Para el tratamiento de 1000 TMS de mineral se obtendría
- 57.21 TN de concentrado cobre con contenidos de plata, obteniendo una recuperación de 90.7% en cobre, con una ley de 25.68%.
- Minerales de Plata: Se encuentra distribuida en el concentrado de cobre con leyes de 13.69 Oz/TM y recuperaciones de 78.32% respectivamente.

g) Resultados de pruebas de flotación UGM-07

En la tabla, se muestran los resultados obtenidos de cada prueba de flotación en circuito abierto.

Cuadro N° 32: Balance metalúrgico final muestra 07 UGM.

Productos	PESO TMS	LEYES					CONTENIDO METALICO					RECUPERACIONES					RATIO
		%Cu	%Pb	% Zn	Oz Ag	% Fe	Tm Cu	Tm Pb	Tm Zn	Oz Ag	Tm Fe	%Cu	%Pb	% Zn	Oz Ag	Fe	
Cabeza	1000.00	1.97	0.15	1.87	12.86	26.53	19.70	1.50	18.70	12,860.00	265.30	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
Conc. Cobre	62.74	24.84	1.43	6.30	158.14	18.53	15.58	0.90	3.95	9,921.67	11.63	79.11	61.34	21.14	80.12	7.43	15.94
Conc. Zn	29.85	7.10	0.07	44.85	69.39	7.98	2.12	0.02	13.39	2,071.07	2.38	10.76	1.43	71.58	16.73	1.52	33.50
Relave	907.41	0.22	0.06	0.15	0.43	15.71	2.00	0.54	1.36	390.19	142.55	10.13	37.23	7.28	3.15	91.05	
C. Calculada	1000.00	1.97	0.15	1.87	12.38	15.66	19.70	1.46	18.70	12,382.93	156.56	89.87	62.77	92.72	96.85	8.95	

Nota. Análisis metalúrgico por UGM caracterizada (Fuente: SMAD 2022).

De la siguiente tabla se destaca lo siguiente:

- Concentrado Cobre: Para el tratamiento de 1000 TMS de mineral se obtendría
- 62.74 TN de concentrado cobre con alto contenidos de plata, obteniendo una recuperación de 79.11% en cobre, con una ley de 24.84%.
- Minerales de Plata: Se encuentra distribuida en los concentrados de cobre y zinc con leyes de 158.14 y 69.39 Oz/T, recuperaciones de 80.12% y 16.73 % respectivamente.

- **Minerales de Zinc:** Para el tratamiento de 1000 TMS de mineral se obtendría 29.85 TN de concentrado con una recuperación de 71.58% y una ley de concentrado de 44.85%.

4.1.8. Discusión de resultados

a) Descripción petromineralógico y geoquímico.

Los resultados de los estudios por análisis de Difracción de Rayos X identificaron los siguientes minerales: Pirita, Antigorita, Calcopirita, Magnetita, Clinocloro, Caolinita, Talco, Vermiculita, Calcita de magnesio, Chabasita, Crisotilo, Lizardita, Olivino, Rodocrosita, Siderita, Arsenopirita, Biotita, Cuarzo, Dolomita, Magnesita, moscovita, Sodalita, Dickita, Esfalerita, Goethita, Titanita, Vallerita.

La secuencia paragenética propuesta para el skarn de Mina Norte, así como las condiciones estimadas de temperatura y fugacidad de oxígeno que prevalecieron durante su formación es la que se muestra en el siguiente cuadro.

Sector M. Elvira: Talco⁺⁺, Serp⁻, Py⁺⁺⁺, Cu⁺ alto (Enargitas⁺, Cpy local), Zn_Ag bajo, Matriz Talco/Py_Serp (Aparente Arcillas); Piso BXT y Techo Dolomitas. Sector M. Grimaneza: Serp⁺⁺, Ep⁺, Clo⁺, Py⁺⁺, Cu⁺(Cpy⁺⁺, Enargita⁺ Mtto 01), Zn⁺⁺Alto_Ag bajo, Piso BXT y Techo Dolomitas. Matriz/caja Caliza recristalizada (Alta Dureza).

Cuadro N° 33: Secuencia para genética de yacimiento de Mina Norte

	MINERALOGÍA	PROGRADA	RETROGRADA			SUPÉRGENA
			Fase I	Fase II	Fase III	
ALTERACIÓN	Moscovita	-----				
	Talco		=====			
	Oxidos de Titanio					-----
	Serpentinas		=====			
	Carbonatos			=====		
	Cloritas		=====	-----		
	Olivino	-----				
	Piroxenos		-----			
	Granates	-----				
	Zeolitas			-----		
	Caolinita		-----			
	Vallarita		-----			
MINERALIZACIÓN	Ilmenita		-----			
	Pirita		=====			
	Pirrotita		-----			
	Calcopirita		-----			
	Galena			-----		
	Magnetita			=====		
	Rutilo		-----			
	Arsenopirita			-----		
	Sulfosales de Pb			-----		
	Esfalerita			-----		
	Calcosita				-----	
	Gohetita				-----	

Mayor Temperatura Inicial $\xrightarrow{\hspace{10em}}$ Menor Temperatura Final

----- Moderado ----- Abundante

Nota. Paragénesis elaborada en base a las muestras enviadas a laboratorio externo (Fuente: FA INGENIEROS 2022)

b) Descripción final de las UGMs por pruebas metalúrgicas

Las muestras de las UGM-01, UGM-02 y UGM-03, es del tipo polimetálico Cu/Zn con contenido valiosos en cobre y en menor proporción el zinc, estas muestras presentaron complejidad durante su evaluación debido a la presencia de diferentes tipos de arcillas, serpentina, talco, micas y vermiculita. En las pruebas de flotación en circuito abierto se obtuvieron recuperaciones < a 50 % en cobre debido a la alta presencia de arcillas.

Las muestras UGM 04, UGM 05, UGM 06 y UGM 7, estas muestras presentan alta ley en Cu, siendo del tipo polimetálico Cu/Zn con contenido valiosos cobre y en menor proporción el zinc, estas muestras

resultaron dócil para su evaluación logrando obtener recuperaciones superiores al 85 % y una calidad superior a 25 % en cobre, sin embargo, presentan características muy diferentes en comparación las otras muestras como dureza y mineralogía que permiten la fluidez del mineral.

Se definieron condiciones aceptables de operación en todas las etapas de flotación que nos permitió alcanzar la máxima recuperación en plomo, cobre, plata y zinc; esto de acuerdo con la naturaleza mineralógicas se obtuvieron los siguientes resultados finales:

Cuadro N° 34: Descripción final metalúrgica de las UGMs

RESULTADOS PRUEBAS METALURGIAS - SMAD	
UGM 1	Presentan complejidad durante su evaluación debido a la presencia de diferentes tipo de arcillas como: serpentinas, talco, micas, vermiculita, caolinita, logrando recuperaciones < a 50 %.
UGM 2	
UGM 3	
UGM 4	Estas muestras resultaron dócil para su evaluación logrando obtener recuperaciones superiores al 85 % y una calidad superior a 25 % en cobre,
UGM 5	
UGM 6	
UGM 7	

Nota. Análisis metalúrgico por UGM caracterizada (Fuente: SMAD 2022)

4.2. Programación Específica

4.2.1. Análisis estadístico e interpretación del blending por UGM

El Blending aplicado debe ser direccionado hacia una estrategia de procesamiento metalúrgico para minerales que presentan un difícil tratamiento, con el fin de maximizar la recuperación de mineral. Este procedimiento se logrará a través de la mezcla de un mineral de complejo, debido a su baja ley o un elevado contenido de arcillas y uno de fácil recuperación, en una proporción másica determinada, de modo que la recuperación de cobre obtenida mediante el procesamiento de la mezcla sea mayor que la recuperación que se obtiene cuando los minerales son procesados en forma individual. De esta manera, como ya se

enfaticó se realizará comparaciones con la dosificación para el Blending, en los meses posteriores entre mayo y Julio, así tener unas respuestas metalúrgicas en la recuperación y grado de concentrados de cobre. A continuación, se mostrará los resultados obtenidos y las UGMs mezcladas.

En los siguientes cuadros estadísticos se puede apreciar la continuidad de los promedios de recuperación en los meses de enero y febrero, donde aún se contaba con mineral de Mina Central, los siguientes meses Marzo y abril la dosificación era al 100% de Mina Norte, donde este yacimiento por su complejidad de sus minerales presentes, empieza a tener problemas planta concentradora en su tratamiento, su recuperación en estos meses oscilaba entre los 66-67% muy por debajo de planificado.

Cuadro N° 35: Promedio de recuperación de concentrados del elemento Cu Enero – Mayo 2022

RESULTADOS BLENDING 2022- SMAD						
ITEM	MES	TMS	TRATAMIENTO		RECUPERACION PROMEDIO	COMENTARIOS
			MINA CENTRAL	MINA NORTE		
01	Enero	29361.30	83%	17%	81.4	En ambos meses se tenía carga en stock de Mina Central la cual permitía realizar una dosificación favorable para el tratamiento.
02	Febrero	9819.00	57%	43%	77.2	
03	Marzo	23096.44	-	100%	67.1	La dosificación era 100% Mina Norte, se puede apreciar la baja en la recuperación del elemento Cu.
04	Abril	30178.00	-	100%	66.3	
05	Mayo		-	-	-	INICIO DE PRUEBAS POR UGM

Nota. Análisis metalúrgico por UGM caracterizada (Fuente: SMAD 2022).

TRATAMIENTO SMAD- ENERO 2022

En el mes de enero se contaba con mineral de ambas Minas tanto Central y Norte lo cual permitía poder hacer un Blending adecuado sin complicaciones para Planta concentradora.

La dosificación fue la siguiente:

83% _MINA CENTRAL

17%_MINA NORTE

La dosificación para Blending fue continua en estos días teniendo un valor promedio en su recuperación en el elemento Cu de 76.3%

TRATAMIENTO SMAD- FEBRERO 2022

En el mes de febrero solo se trabajó un periodo de 11 días, posterior paralizando las operaciones por temas sociales. Igual que mes anterior no se tuvo complicaciones en el tratamiento.

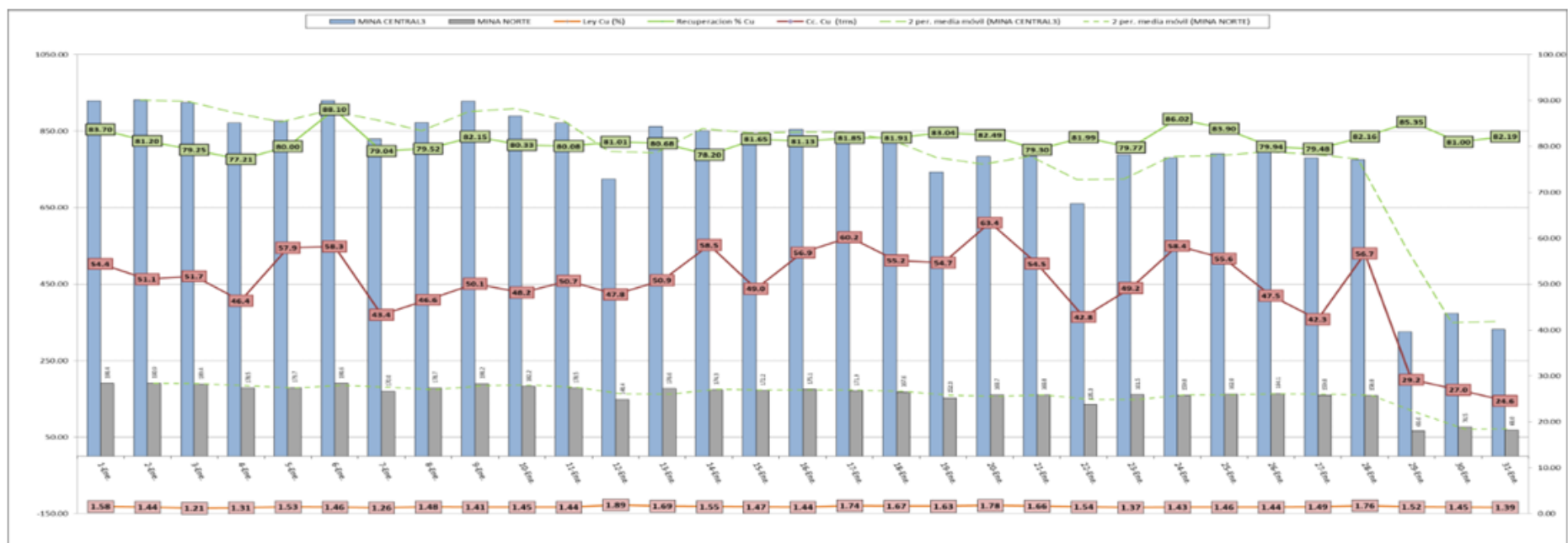
La dosificación fue la siguiente:

57% _MINA CENTRAL

43%_MINA NORTE

La dosificación para Blending fue continua en estos días teniendo un valor promedio en su recuperación en el elemento Cu de 77.2%

Cuadro N° 36: Promedio de recuperación de concentrados del elemento Cu Enero – Mayo 2022



	1-Ene	2-Ene	3-Ene	4-Ene	5-Ene	6-Ene	7-Ene	8-Ene	9-Ene	10-Ene	11-Ene	12-Ene	13-Ene	14-Ene	15-Ene	16-Ene	17-Ene	18-Ene	19-Ene	20-Ene	21-Ene	22-Ene	23-Ene	24-Ene	25-Ene	26-Ene	27-Ene	28-Ene	29-Ene	30-Ene	31-Ene
TRATAMIENTO CABEZA (TMS)	1120.0	1123.0	1114.0	1050.0	1057.0	1121.0	1000.0	1051.0	1119.0	1072.0	1050.0	873.0	1039.0	1025.0	1013.0	1030.0	1011.0	986.0	896.0	945.0	946.0	796.0	950.0	940.0	953.0	965.0	940.0	934.3	392.0	450.0	400.0
GRADO % DE Cu	25.6	24.1	18.6	21.4	22.4	22.2	21.5	24.9	24.3	24.3	22.4	23.1	26.1	19.4	23.3	19.9	22.4	23.0	20.9	23.2	21.4	22.0	19.8	19.0	19.8	21.9	24.6	22.4	16.4	0.0	17.5

Nota. Análisis estadístico del tratamiento de mineral entre mina central y mina norte. (Fuente: SMAD 2022).

Cuadro N° 37: Balance estadístico Blending _ Tratamiento Febrero -2022.



Nota. Análisis estadístico del tratamiento de mineral entre mina central y mina norte. (Fuente: SMAD 2022).

TRATAMIENTO SMAD- MARZO 2022

En el mes de marzo solo se trabajó un periodo de 23 días, se tenía paralizado las operaciones por temas sociales. Al no contar con mineral de Mina central se procedió solo a tratar Mina Norte mostrando complicaciones en planta concentradora por el material de mineral presente.

La dosificación fue la siguiente:

100%_MINA NORTE

La dosificación para Blending fue continua en estos días teniendo un valor promedio en su recuperación en el elemento Cu de 67.1%

TRATAMIENTO SMAD- ABRIL 2022

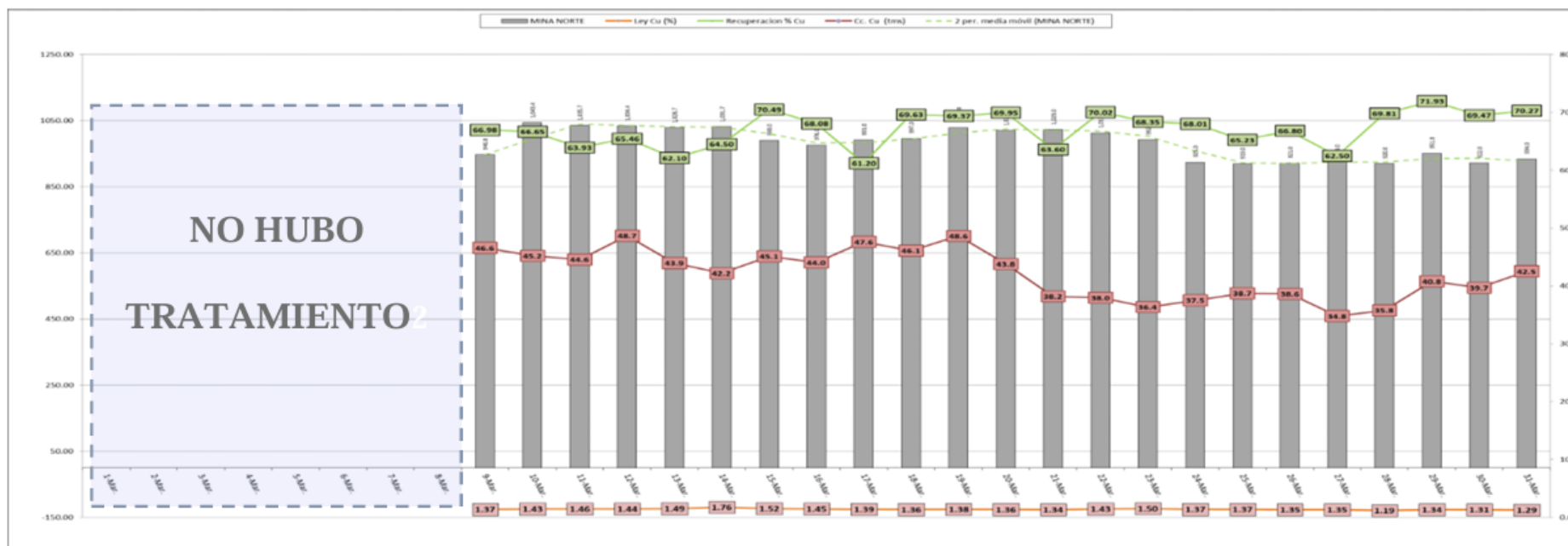
En el mes de Abril al igual que el mes anterior contar solo se trató Mina Norte mostrando complicaciones en planta concentradora por el material de mineral presente.

La dosificación fue la siguiente:

100%_MINA NORTE

La dosificación para Blending fue continua en estos días teniendo un valor promedio en su recuperación en el elemento Cu de 66.3%

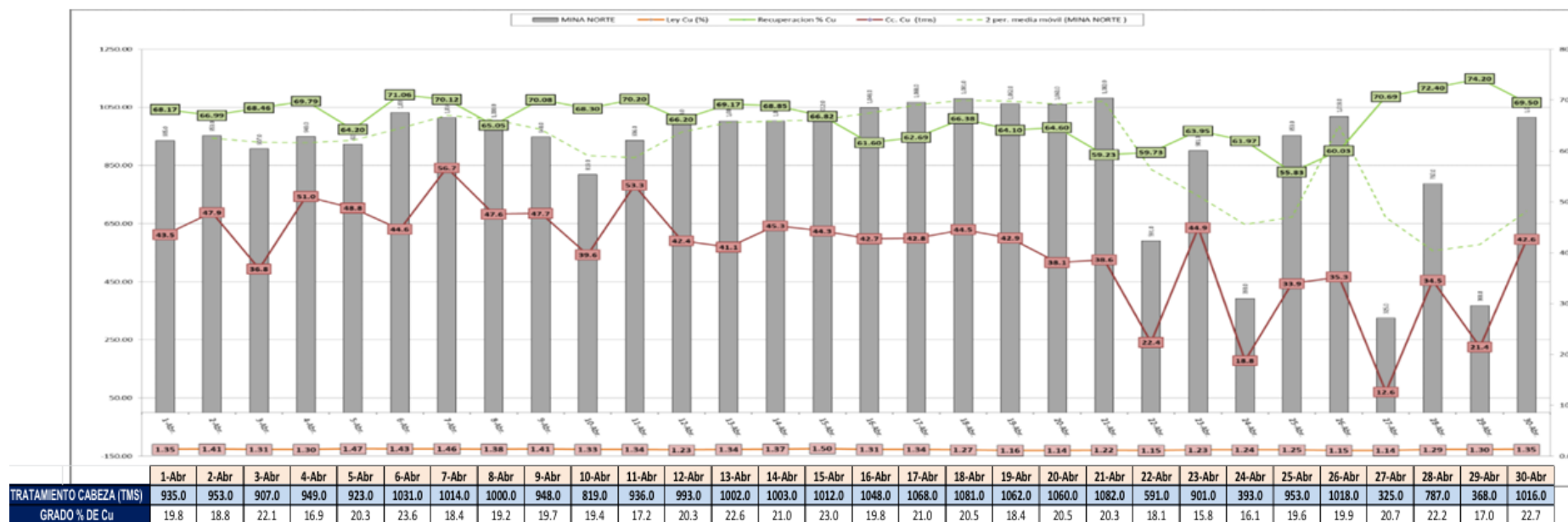
Cuadro N° 38: Balance estadístico Blending _ Tratamiento Marzo-2022.



	1-Mar	2-Mar	3-Mar	4-Mar	5-Mar	6-Mar	7-Mar	8-Mar	9-Mar	10-Mar	11-Mar	12-Mar	13-Mar	14-Mar	15-Mar	16-Mar	17-Mar	18-Mar	19-Mar	20-Mar	21-Mar	22-Mar	23-Mar	24-Mar	25-Mar	26-Mar	27-Mar	28-Mar	29-Mar	30-Mar	31-Mar
TRATAMIENTO CABEZA (TMS)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	946.8	1043.4	1035.7	1034.4	1028.7	1031.7	990.0	976.0	991.0	997.0	1029.0	1020.0	1023.0	1013.0	992.0	925.0	919.0	921.0	928.0	920.0	951.0	922.0	934.0
GRADO % DE Cu	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.7	21.6	24.3	22.1	26.1	19.4	23.3	20.3	22.4	25.1	21.7	22.2	22.8	26.7	28.0	23.0	21.2	21.5	24.9	22.0	22.5	21.2	19.9

Nota. Análisis estadístico del tratamiento de mineral mina norte. (Fuente: SMAD 2022).

Cuadro N° 39: Balance estadístico Blending _ Tratamiento Abril -2022.



Nota. Análisis estadístico del tratamiento de mineral mina norte. (Fuente: SMAD 2022).

TRATAMIENTO SMAD- MAYO 2022

Cuadro N° 40: Balance estadístico Blending _ Tratamiento Mayo -2022.

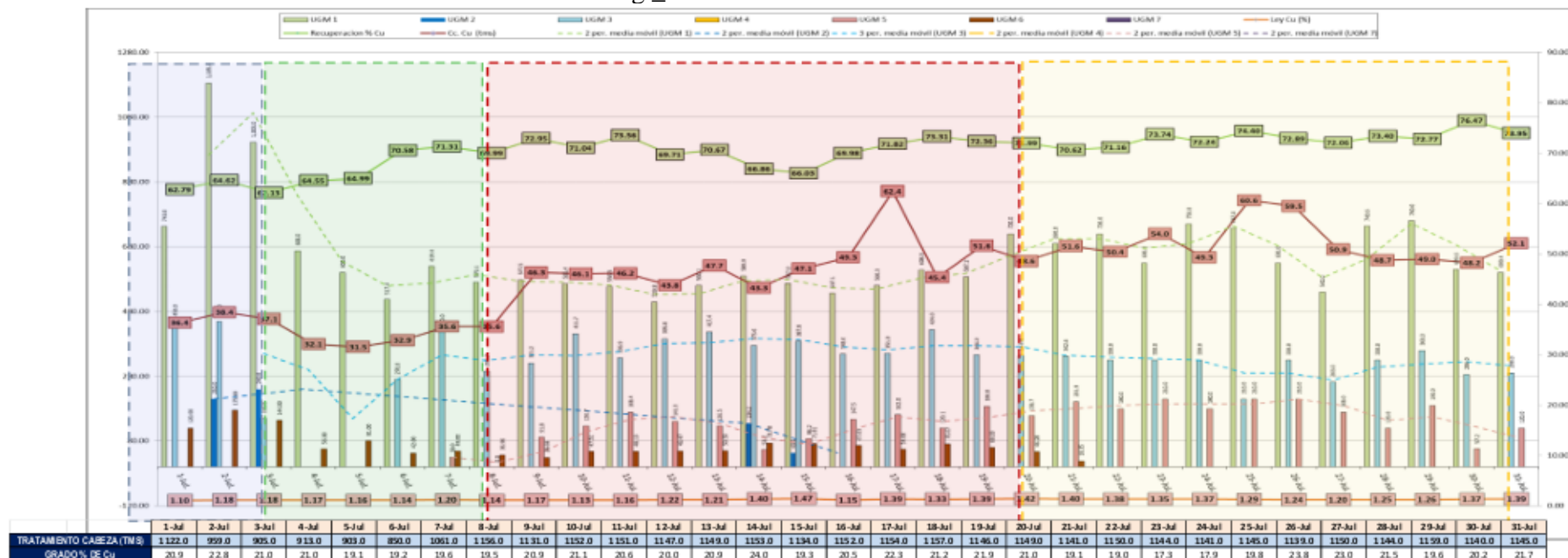


	1-May	2-May	3-May	4-May	5-May	6-May	7-May	8-May	9-May	10-May	11-May	12-May	13-May	14-May	15-May	16-May	17-May	18-May	19-May	20-May	21-May	22-May	23-May	24-May	25-May	26-May	27-May	28-May	29-May	30-May	31-May
TRATAMIENTO CABEZA (TMS)	0.0	0.0	493.0	983.0	992.0	1010.0	1047.0	923.0	1035.0	1048.0	934.0	943.0	227.0	894.0	908.0	907.0	905.0	951.0	977.0	953.0	946.0	908.0	918.0	1064.0	993.0	1072.0	1018.0	1007.0	1008.0	959.0	1102.0
GRADO % DE Cu	0.0	0.0	30.0	27.1	19.0	21.5	21.7	22.0	21.2	24.4	23.7	19.3	25.1	21.5	18.8	22.9	18.9	22.2	20.6	21.5	21.9	21.9	19.1	20.4	21.4	18.6	20.4	18.9	17.6	16.0	19.0

<p>Del 01 al 13 de mayo al seguir teniendo complicaciones por la composición del mineral de mina norte, se procede a identificar las cargas en base a las UGM definidas. Y mostrando la dosificación en el Blending</p> <p>Se estandariza los UGM previamente analizados y sectorizados in situ.</p>	<p>Del 14 al 20 de Mayo se inicia con la dosificación con rangos específicos por tipo de material en base a UGMs , así poder encontrar los puntos críticos en planta concentradora.</p> <p>La dosificación en el Blending: 59%_UGM-1 (Serp-Py-Mgt-Cpy-Olv) 17%_UGM-2 (Tlc-Verm-Py-Cpy) 12%_UGM_3 (Tlc Terr-Py-Cpy-En) 4%_UGM_4 (Tlc -En-Cpy-Py) 8%_UGM_5 (BxT-En-Py-Cpy)</p>	<p>Del 21 al 31 de Mayo se inicia con la dosificación con rangos específicos por tipo de material en base a UGMs , así poder encontrar los puntos críticos en planta concentradora.</p> <p>La dosificación en el Blending: 61%_UGM-1 (Serp-Py-Mgt-Cpy-Olv) 16%_UGM-2 (Tlc-Verm-Py-Cpy) 17%_UGM_3 (Tlc Terr-Py-Cpy-En) 6%_UGM_5 (BxT-En-Py-Cpy)</p>
<p>La dosificación para Blending fue aleatoria en estos días teniendo un valor promedio en su recuperación en el elemento Cu de 66.6%</p>	<p>La dosificación para Blending fue continua en estos días teniendo un valor promedio en su recuperación en el elemento Cu de 66.6%</p>	<p>La dosificación para Blending fue continua en estos días teniendo un valor promedio en su recuperación en el elemento Cu de 63.5%</p>

TRATAMIENTO SMAD- JULIO 2022

Cuadro N° 41: Balance estadístico Blending _ Tratamiento Julio -2022.



<p>Del 30 de Junio al 03 de Julio la dosificación en el Blending</p> <p>69%_UGM-1 (Serp-Py-Mgt-Cpy-Olv)</p> <p>9%_UGM-2 (Tlc-Verm-Py-Cpy)</p> <p>12%_UGM_3 (Tlc Terr-Py-Cpy-En)</p> <p>9%_UGM_6</p>	<p>Del 04 al 08 de Julio la dosificación en el Blending</p> <p>58%_UGM-1 (Serp-Py-Mgt-Cpy-Olv)</p> <p>33%_UGM_3 (Tlc Terr-Py-Cpy-En)</p> <p>5%_UGM_5 (BxT-En-Py-Cpy)</p> <p>4%_UGM_6</p>	<p>Del 09 al 20 de Julio la dosificación en el Blending</p> <p>50%_UGM-1 (Serp-Py-Mgt-Cpy-Olv)</p> <p>1%_UGM-2 (Tlc-Verm-Py-Cpy)</p> <p>32%_UGM_3 (Tlc Terr-Py-Cpy-En)</p> <p>13%_UGM_5 (BxT-En-Py-Cpy)</p> <p>4%_UGM_6</p>	<p>Del 21 al 31 de Julio la dosificación en el Blending</p> <p>58%_UGM-1 (Serp-Py-Mgt-Cpy-Olv)</p> <p>27%_UGM_3 (Tlc Terr-Py-Cpy-En)</p> <p>14%_UGM_5 (BxT-En-Py-Cpy)</p>
<p>La dosificación para Blending fue continua en estos días, teniendo un valor promedio en su recuperación en Cu de 62.9%</p>	<p>La dosificación para Blending fue continua en estos días, teniendo un valor promedio en su recuperación en Cu de 68.3%</p>	<p>La dosificación para Blending fue continua en estos días, teniendo un valor promedio en su recuperación en Cu de 70.8%</p>	<p>La dosificación para Blending fue continua en estos días, teniendo un valor promedio en su recuperación en Cu de 73.86%</p>

Como se muestra los cuadros estadísticos anteriores, se realizó 11 mezclas durante esos meses con distintas UGMs, a continuación, se muestra resultados generales de las dosificaciones realizadas con respecto a su recuperación en planta concentradora:

Cuadro N° 42: Resumen de la dosificación del Blending en base a su recuperación en Planta concentradora.

RESULTADOS BLENDING MAYO - JULIO 2022											
ITEM	FECHAS		UGM 1	UGM 2	UGM 3	UGM 4	UGM 5	UGM 6	UGM 7	Recuperacion % Cu	COMENTARIOS
	DESDE	HASTA									
01	14-May	20-May	59%	17%	12%	4%	8%			66.60	La UGM 2 dificulta una recuperacion favorable por la presencia en mayor proporcion de talco.
02	21-May	1-Jun	61%	16%	17%		6%			63.51	
03	2-Jun	5-Jun	53%		37%			3%	7%	60.32	Las UGMs 6 y 7 no favorecen para la recuperacion pese a deter buenos resultados en las pruebas metalurgicas
04	6-Jun	11-Jun	60%		36%				4%	64.99	
05	12-Jun	14-Jun	62%		38%					57.18	Presentan complejidad en la recuperacion tal cual se mostro en la pruebas metalurgicas
06	15-Jun	22-Jun	51%		34%	7%		6%	1%	72.03	La UGM 4 favorece la recuperacion por la calidad del Cu que presenta.
07	23-Jun	29-Jun	56%		33%		3%	8%		59.74	La UGM 5 en menor cantidad no favorece la recuperacion pese a tener una calidad superior en Cu
08	30-Jun	3-Jul	69%	9%	12%			9%		62.88	La UGM 2 dificulta una recuperacion favorable por la presencia en mayor proporcion de talco.
09	4-Jul	8-Jul	58%		33%		5%	4%		68.28	La UGM 5 en menor cantidad no favorece la recuperacion pese a tener una calidad superior en Cu
10	9-Jul	20-Jul	50%	1%	32%		13%	4%		70.86	La UGM 5 en una proporcion mayor favorece la recuperacion por la calidad del Cu que presenta.
11	20-Jul	31-Jul	57%		29%		14%			73.06	

Nota. Pruebas de dosificación en los tres últimos meses, en base a su recuperación. (Fuente: SMAD 2022).

Haciendo el análisis en gabinete se puede apreciar en tres fechas prueba, un grado de recuperación favorable en el elemento Cu, teniendo unas siguientes dosificaciones en el Blending.

Cuadro N° 43: Dosificación recomendada para el Blending en base a UGMs.

RESULTADOS BLENDING- SMAD				
ITEM	FECHAS PRUEBA		Recuperacion % Cu	DOSIFICACION
	DESDE	HASTA		
06	15-Jun	22-Jun	72.03	UGM 1 + UGM 3 + UGM 4 + UGM 6 + UGM 7
10	9-Jul	20-Jul	70.86	UGM 1 + UGM 3 + UGM 5 + UGM 6
11	20-Jul	31-Jul	73.06	UGM 1 + UGM 3 + UGM 5

Nota. 3 dosificaciones que muestran mayor recuperación en el elemento Cu. (Fuente: SMAD 2022).

4.2.2. Delimitación del recurso mineral Por UGM

En el siguiente cuadro se presenta el resultado de la estimación de los Recursos Minerales de Mina Norte – Unidad Morococha al 07 de agosto del 2022, diferenciando los recursos Medidos, Indicados e Inferidos para las 07 UGMs caracterizados, las cuales están relacionadas a las estructuras correspondientes: Manto de Zn, Manto Consolidado, Manto de Zn, Manto de Sulfuros, Manto Lorena y Veta 7.

A continuación, se muestra el cuadro final de recursos por UGM.

Cuadro N° 44: Estimación de recursos de las UGM

ESTIMACION DE RECURSOS POR UGMs - AGOSTO 2022								
VETA	TIPO DE RECURSO	VOLUMEN	TMS	DENSIDAD	% Cu	% Pb	% Zn	Ag Oz/t
UGM 1	MEDIDO	236,940	682,387	2.88	1.47	0.02	0.52	0.78
	INDICADO	251,905	725,485	2.88	1.24	0.01	0.40	0.57
	INFERIDO	132,802	382,469	2.88	1.17	0.02	0.44	0.59
	TOTAL	621,646	1,790,342	2.88	1.31	0.02	0.45	0.65
UGM 2	MEDIDO	2,922	7,714	2.64	1.25	0.02	0.91	0.62
	INDICADO	4,923	12,998	2.64	1.05	0.01	0.70	0.46
	INFERIDO	63,511	167,668	2.64	0.99	0.02	0.77	0.47
	TOTAL	71,356	188,380	2.64	1.01	0.02	0.77	0.48
UGM 3	MEDIDO	132,740	362,379	2.73	1.78	0.02	0.18	0.84
	INDICADO	141,123	385,266	2.73	1.55	0.01	0.46	0.63
	INFERIDO	74,399	203,109	2.73	1.48	0.02	0.50	0.65
	TOTAL	348,261	950,753	2.73	1.62	0.02	0.36	0.71
UGM 4	MEDIDO	2,136	9,529	4.35	3.45	0.03	0.81	2.83
	INDICADO	3,599	16,050	4.35	2.94	0.03	0.69	2.65
	INFERIDO	46,426	207,060	4.35	1.98	0.04	0.75	1.76
	TOTAL	52,161	232,639	4.46	2.11	0.04	0.75	1.87
UGM 5	MEDIDO	19,512	87,025	4.46	4.31	0.02	0.73	3.25
	INDICADO	20,030	89,333	4.46	3.23	0.02	0.62	3.05
	INFERIDO	63	281	4.46	2.00	0.02	0.68	2.02
	TOTAL	39,605	176,638	4.46	3.76	0.02	0.67	3.15
UGM 6	MEDIDO	1,522	6,316	4.15	4.04	0.01	0.09	0.59
	INDICADO	2,564	10,642	4.15	3.44	0.01	0.23	0.44
	INFERIDO	3,079	12,776	4.15	2.32	0.01	0.25	0.46
	TOTAL	7,165	29,734	4.15	3.08	0.01	0.21	0.48
UGM 7	MEDIDO	1,748	7,009	4.01	2.59	0.02	0.05	0.47
	INDICADO	1,794	7,195	4.01	1.94	0.02	0.12	0.42
	INFERIDO	6	23	4.01	1.20	0.01	0.13	0.30
	TOTAL	3,548	14,227	3.27	2.26	0.02	0.08	0.44

Nota. Estimación en base a la caracterización geometalúrgica en modelo de bloques. (Fuente: SMAD 2022).

Para el cálculo de estos recursos Minerales, se ha tomado en consideración los conceptos y normas que se establecen a nivel internacional el código JORC, con sus consideraciones, características geológicas del yacimiento y su

emplazamiento horizontal y vertical. Donde las estructuras en su mayoría establecen continuidad y concentraciones mineralógicas definidas en distintos ambientes geológicos con leyes y anchos de estructura significativas relacionando el mapeo geometalúrgico con cada distribución de UGM.

En base a la cuantificación de recursos realizada se obtiene que los de mayores tonelajes son las UGM 1 y 3, mientras tanto las UGMs 4, 5, 6 y 7 que presentan alto contenido en Cu son las de menor tonelajes de recursos identificados

Las 3 dosificaciones recomendadas como resultado final de las pruebas realizadas en los meses de mayo a Julio, con resultados favorables en la recuperación del elemento Cu, tienen que estar relacionados y direccionados a los tonelajes calculados en estimación de recursos por UGM.

Haciendo el análisis respectivo en base a la estimación de recursos a gran escala se opta la dosificación número 11, para el Blending proyectado, donde solo está incluido 3 UGMs (UGM 1-3-5) y estas a su vez se proyectan con un tonelaje favorable para continuar con esa dosificación y extender el tiempo de vida de la mina mientras se resuelve o busca alternativas posteriores. En el siguiente cuadro se tiene un estimado en toneladas por UGM y el tonelaje requerido por mes para cumplir con la producción mensual. (Producción 1200 TMS/Día).

En vista a actual diseño de estimación de recursos en base a UGMs, se tiene lo siguiente:

Cuadro N° 45: Estimación de recursos de las UGMs principales

UGM	TMS TOTAL	TMS/ MES	PROYECCION
UGM 1	1,790,342	20520	5.7
UGM 3	950,753	10440	2.9
UGM 5	176,638	5040	1.4

Nota. Tonelaje de recursos mineral de las 3 UGMs principales. (Fuente: SMAD 2022).

A partir de estos resultados la dosificación fue continua en el mes de agosto y setiembre con respecto a los 3 UGMs obteniendo una recuperación aceptable de 73.6%, el cuadro estadístico del mes se muestra en el ANEXO B.

CONCLUSIONES

1. Se logro caracterizar 7 unidades geometalúrgicas mina norte, correlacionando en base a sus resultados de estudios petromineralógicos. características geológicas, químicas y granulométricas, donde se resalta que las UGM 2 y 3 presentan una granulometría fina que están directamente asociado a arcillas y estas resultan perjudicial al inicio del tratamiento metalúrgico, estas presentan indicadores negativos en fluidez por su contenido de minerales finos, en tanto UGM 1, 4, 5, 6 y 7 presentan una granulometría gruesa que proporcionan indicadores positivos de calidad en fluidez del mineral en el chancado y molienda.
2. Se evaluó la recuperación de Cu de las UGMs identificados en los sectores de mina norte, donde la UGM 1 presenta complejidad durante las prueba de flotación metalúrgica realizada debido a la presencia de diferentes minerales finos de Cu y las UGMs 2 y 3 presentan complejidad por la presencia de diferentes tipos de arcillas y minerales finos, logrando recuperaciones menores a 50 %, mientras las UGM 4, 5, 6 y 7 estas muestras resultaron dócil para su evaluación logrando obtener recuperaciones superiores al 85 % y una calidad superior a 25 % en cobre.
3. Se realizó 11 mezclas durante los meses de mayo a julio con distintas UGMs, de la cual 3 dosificaciones tuvieron resultados positivos y siendo una recomendada por tener porcentaje alto en recuperación en el elemento Cu. En base a la cuantificación de recursos realizada se obtiene que los de mayores tonelajes son las UGM 1 y 3, mientras tanto las UGMs 4, 5, 6 y 7 que presentan alto contenido en Cu son las de menor tonelajes de recursos identificados, direccionando a una planificación minera a largo plazo estos recursos identificados se adhieren a la dosificación analizada y recomendada previamente para el Blending, por lo que contribuyen a continuar con una producción y recuperación con resultados positivos. Mediante

estos resultados la dosificación tendría las siguientes proporciones UGM 1 (5.7) UGM 3 (2.9) y UGM 5 (1.4), con ello se pretende una recuperación >73% en concentrados de Cu. teniendo en cuenta que 72% de recuperación en concentrados ya es rentable y viable para la empresa de acuerdo a la información facilitada por área de planeamiento y planta metalúrgica.

4. Analizamos cada UGM y como alternativa se resalta que la UGM 4 son de similares características mineralógicas que la UGM 5 y de igual tonelaje en recursos, lo que permite incluir en el plan de producción, esto sumaría al tonelaje principal y se tendría una opción más con respecto a la dosificación en el Blending. Con respecto a las UGM 6 y 7, estas serán seleccionadas y acumuladas para campañas posteriores de tratamiento, mientras tanto la UGM 2 (Tlc-Verm Py-Cpy) mineral con menor fluidez y que provoca problemas de «campaneo» en tolva de gruesos de igual forma se acumulará y se incluirá en el blending de manera proporcional para no perjudicar el tratamiento metalúrgico. Esta estrategia permitirá realizar una extracción de mineral orientada y seleccionada por cada UGM con la finalidad controlar el abastecimiento de mineral en planta para tratamiento (Blending).

RECOMENDACIONES

1. La orientación de la preparación y futuro desarrollo minero, se direccionan hacia el Target Alejandría, con similares características de la UGM_1, pero con leyes de Cu+ menores a las encontradas en M. Elvira. Lo que se recomienda tener una evaluación metalurgia individual de esta.
2. La presencia de las arcillas modifican la reología de la pulpa (aumento de la viscosidad) por ello se sugiere que la alimentación del mineral a planta debe ser homogénea para ello se sugiere incluir y aumentar el tonelaje de las UGM-04, UGM 05 y UGM06 para realizar el blending de tratamiento, esto permitirá mejorar la homogeneidad en cuanto a contenidos valiosos y en especial disminuir la presencia de las gangas (arcillas), con el fin de que el tratamiento sea continuo y que garantice la fluidez del mineral.
3. Disminuir el contenido de zinc en la cabeza a 0.25 - 0.30%, con el fin de tratar en planta concentradora solo mineral de cobre, se utilizaría el circuito zinc como circuito bulk; esto permitiría aumentar el tiempo de residencia del mineral y lograr capturar parte del cobre desplazado en el relave, se contribuiría en el aumento de la recuperación y toneladas de concentrado de cobre.
4. Realizar dos o tres etapas de limpieza para obtener concentrados comerciales de cobre, ello dependerá de la ley de cabeza y los contenidos de cobres secundarios y primarios presentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. A, Bendezú. (2007). Mineralización tipo pórfido de Cu-Mo asociadas a venas cordilleranas de metales base: Toromocho-Morococha, distrito de Morococha, Perú. UNI.
2. Acosta, J. (2020). Mapa Metalogénico del Perú – INGEMET.
3. Baumgartner, R. (2016). Caracterización mineralógica detallada en el depósito de Cu-Au. CERRO CORONA. SMC.SA.
4. Bécquer, N. (2018). Evaluación metalúrgica al blending de minerales para la recuperación del cobre, plomo y zinc en la UEA Chungar, VOLCÁN COMPAÑÍA MINERA S.A.A. - PASCO.
5. Canaza, D. (2018). Tratamiento de blending de minerales sulfurados y óxidos para la concentración de plomo cobre y zinc a nivel experimental en la planta concentradora sacracancha-2018. UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN.
6. Canchaya, S. (2008). El modelo geometalúrgico. INGEMMET.
7. Castro, J. (2021). Geometallurgy and data analysis. Importance and applications in Peru. REV. INST. INVESTIG. FAC. MINAS METAL
8. Castro, J.A. (2022). Geometalurgia y el análisis de la data. Importancia y aplicaciones en Perú. REV. INST. INVESTIG. FAC. MINAS METAL.
9. Concha, E. (2019). Flotación de finos y grueso aplicada a la recuperación de minerales de cobre. UNIVERSIDAD DE CHILE.
10. Eugenio, R. (2020). Zonamiento mineralógico con difracción de rayos X para la optimización del tratamiento metalúrgico en el Yacimiento Toromocho. REV. INST. INVESTIG. FAC. MINAS METAL.

11. Geología, S. (2012). Geología Local y Regional - Proyecto Toromocho. MINERA CHINALCO PERÚ S.A.
12. Gusman, Y. (2013). Planificación geo-minero-metalúrgica para análisis de opciones de minerales marginales en Radomiro Tomic. INGEMMET.
13. Izquierdo, G. R. (2016). Optimización del blending de minerales en el pad de lixiviación de la Mina Lagunas Norte usando parámetros de ley y recuperación. UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE.
14. Márchese, A. (2012). Conceptos y aplicaciones de planificación geometalúrgica (pp.1-34). TECSUP.
15. Montes, H. (2015). Modelación geometalúrgica del proceso de flotación basado en mineralogía y ensayos metalúrgicos. UNIVERSIDAD DE CHILE
16. Obregón, C. (2016). “Tesis: optimización del blending con aplicaciones de programación lineal para el incremento del valor económico del mineral en la UNIDAD MINERA CATALINA HUANCA S.A. AREQUIPA.
17. Oyarzun, R. (2011). Libro Minera Sostenible Principios y Practicas. Ediciones GEMM – AULA2PONTONET.
18. Pastor, J. (2018). “Tesis: influencia del blending de minerales con alteraciones de sílice en la percolación por lixiviación, LUCANAS - AYACUCHO CAJAMARCA.
19. Ramos, P. (2021). Geometallurgy and the future of digital mining in Peru. REV. INST. INVESTIG. FAC. MINAS METAL
20. Sillitoe, R.H. (1993). Epithermal Models: Genetic Types, Geometrical Controls and Shallow Features; in Mineral Deposit Modeling, Kirkham, R.V., Sinclair, W.D., Thorpe, R.I., and duke, J.M., Editors, Geological Society Of Canada, Special Paper 40, pp. 403-417. UNIVERSIDAD DE CHILE.

21. Soto, A. (2017). Evaluación del efecto blending en la recuperación de minerales de Cu-Mo con alto contenido de arcillas, en la etapa de flotación rougher, y el efecto de reactivos en pruebas de laboratorio. SMC.SA
22. Tapia, G. (2005). Modelos Geometalúrgicos: El rol de la Metalurgia, X Symposium Sobre Procesamiento De Minerales. MOLY COP.
23. Valverde, E. S. (1992). Técnicas de Optimización Experimental en Metalurgia. UNIVERSIDAD DE CHILE.

ANEXOS

ANEXO 01: Informe de aprobación de la entidad donde se aplicó el trabajo de suficiencia profesional.



CERTIFICADO DE APROBACION

SOCIADENIO MINERIA AUSTRIA DUVAZ S.A.C. identificado con RUC Nro. 20100102171, deja constancia que el Sr. **MUÑOZ VITOR, Jhon Willinton**, identificado con DNI 47602528, como parte del desarrollo profesional se dio la aprobación el uso de información para la elaboración de su tesis, data requerida consta desde enero del 2019 hasta octubre del 2022, donde se resalta el progreso de tratamiento de mineral con relación a la recuperación de concentrados de cobre y mejoras aplicadas para la obtención de resultados positivos.

Se expide el presente certificado para los fines que el interesado considere conveniente.

Lima, 10 de Octubre del 2022.

Juan Pedro Rodríguez Mariátegui Blume
GERENTE COMERCIAL

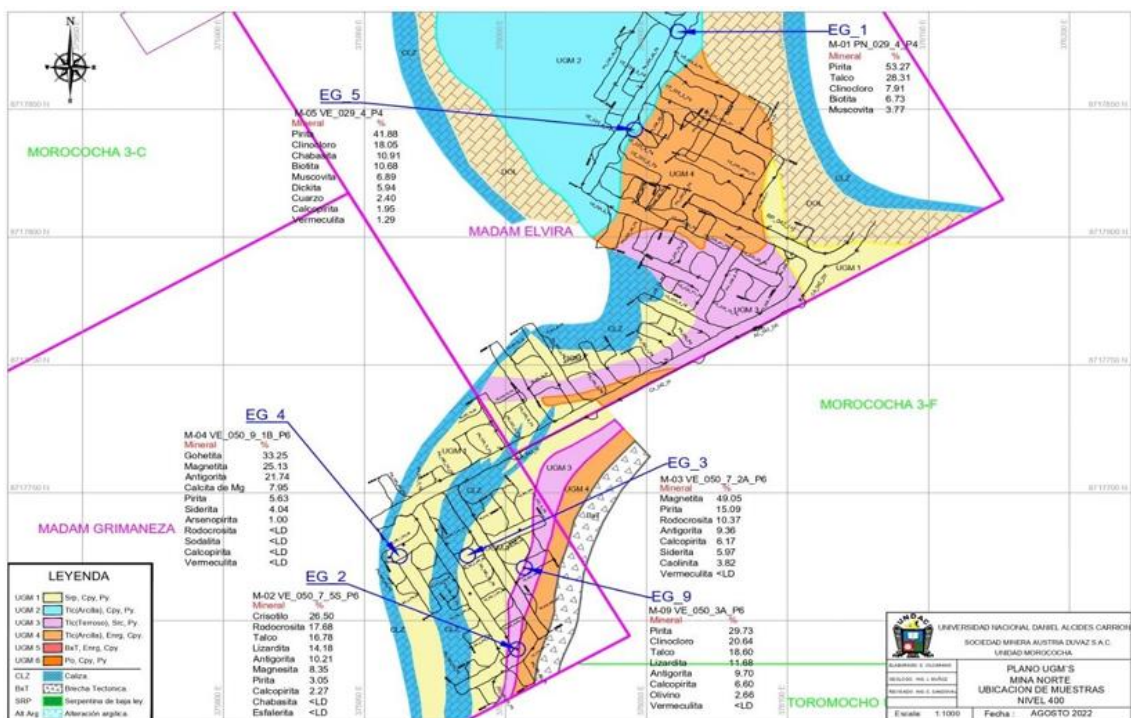


ANEXO 02: Mapeo Geológico y Delimitación Geometalúrgica, por sectores en Mina Norte.

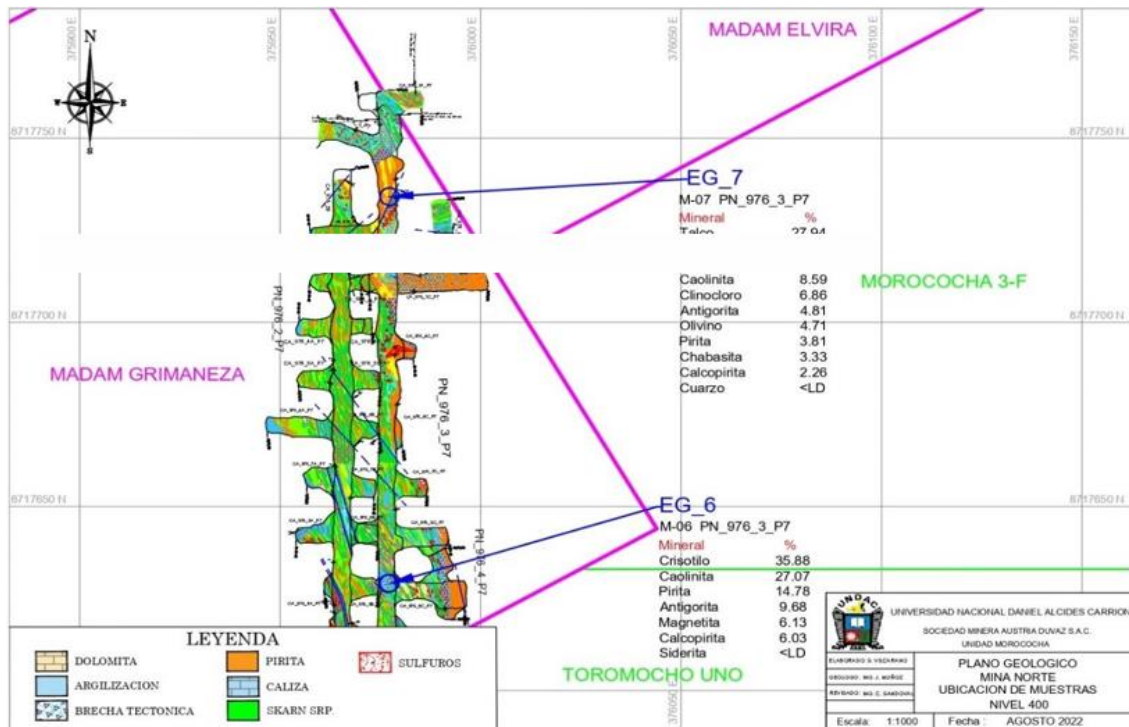
Mapeo geológico Sector 1_Mina Norte



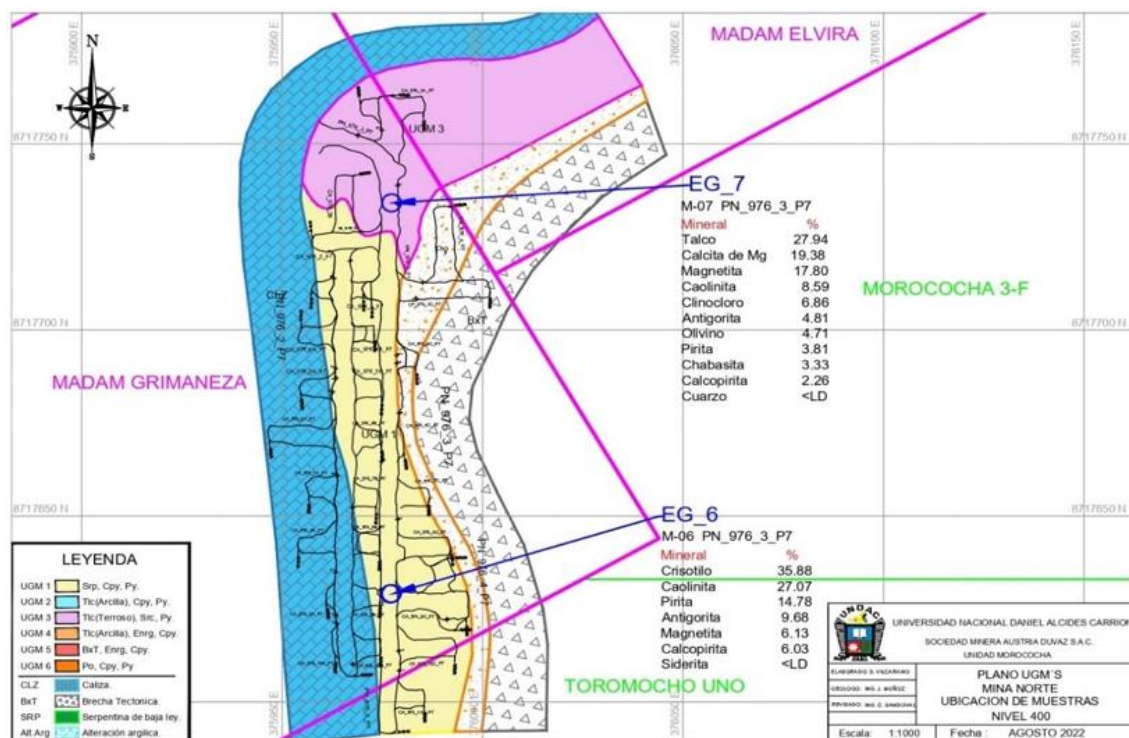
Sectorización Geometalúrgica Sector 1_Mina Norte



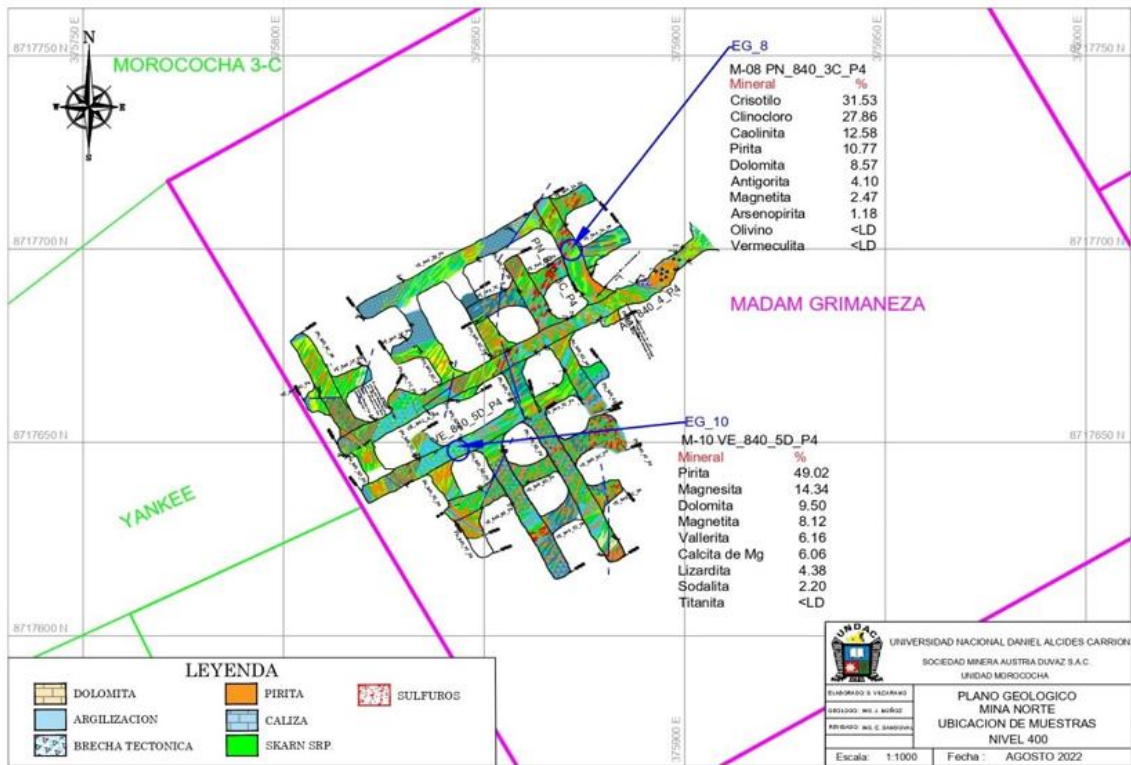
Mapeo geológico Sector 2_Mina Norte



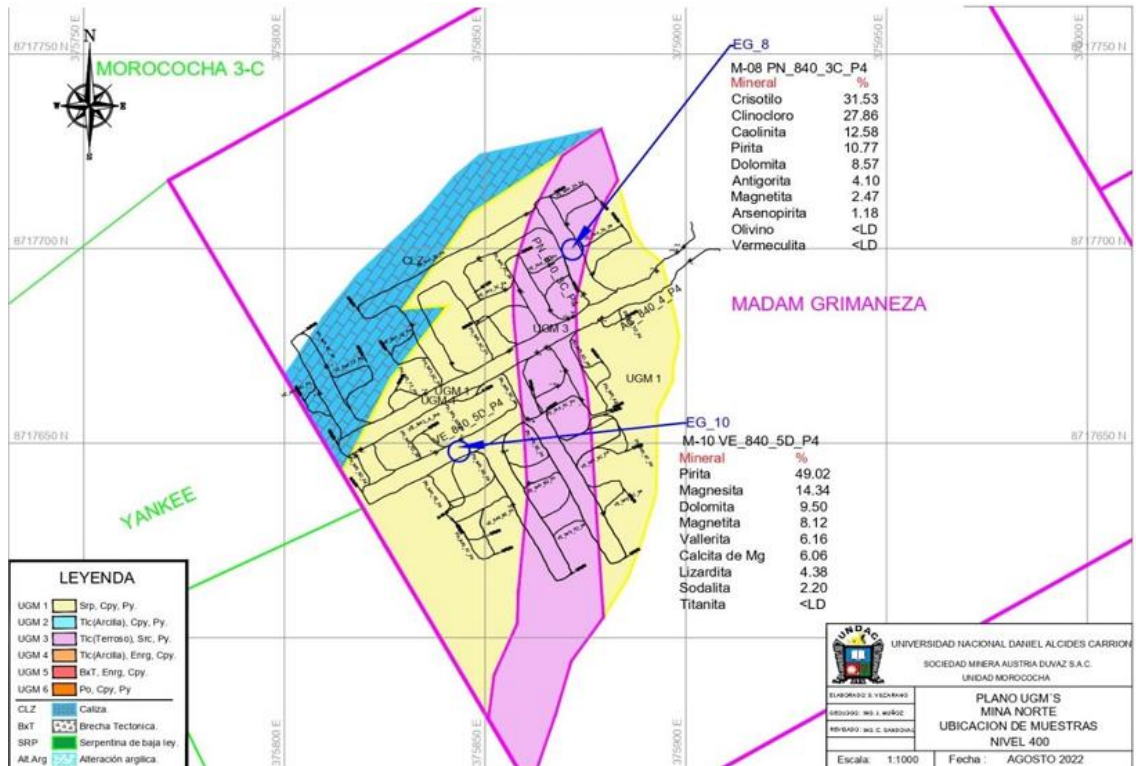
Sectorización Geometalúrgica Sector 2_Mina Norte.



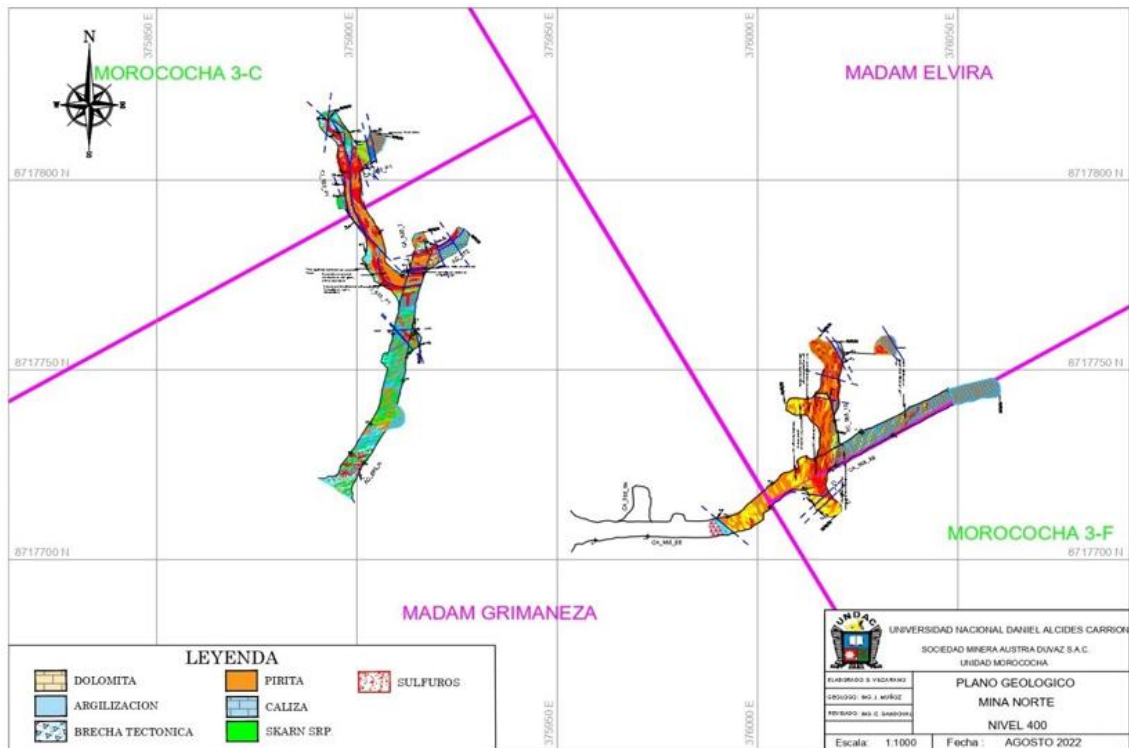
Mapeo geológico Sector 3_Mina Norte



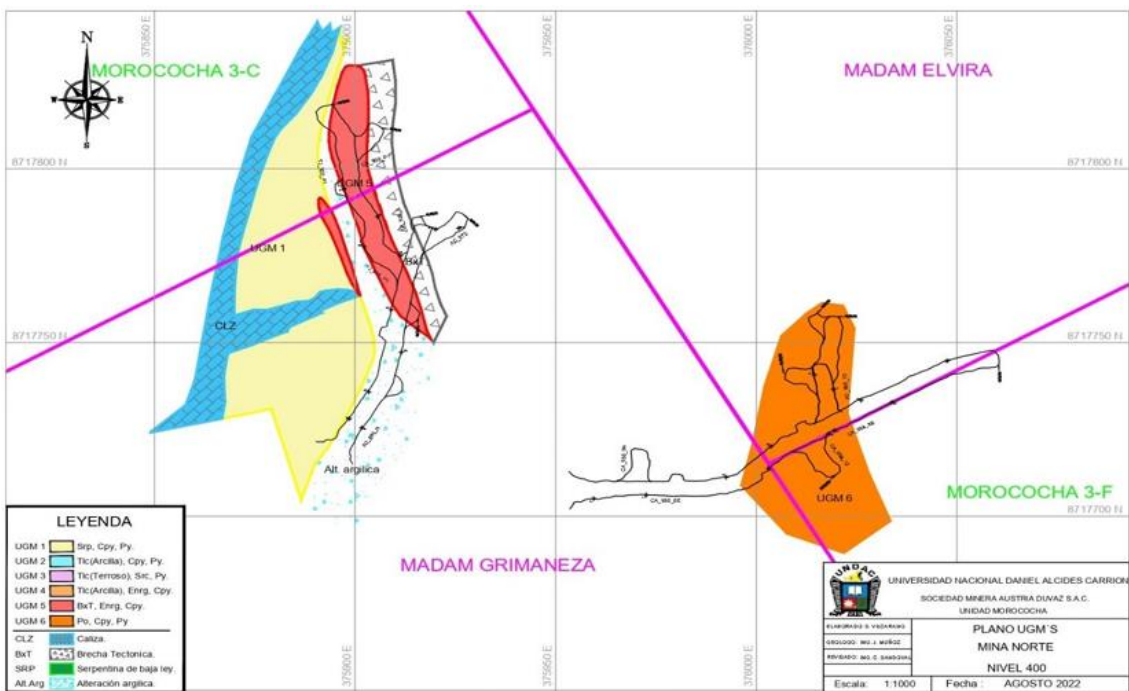
Sectorización Geometalúrgica Sector 4_Mina Norte



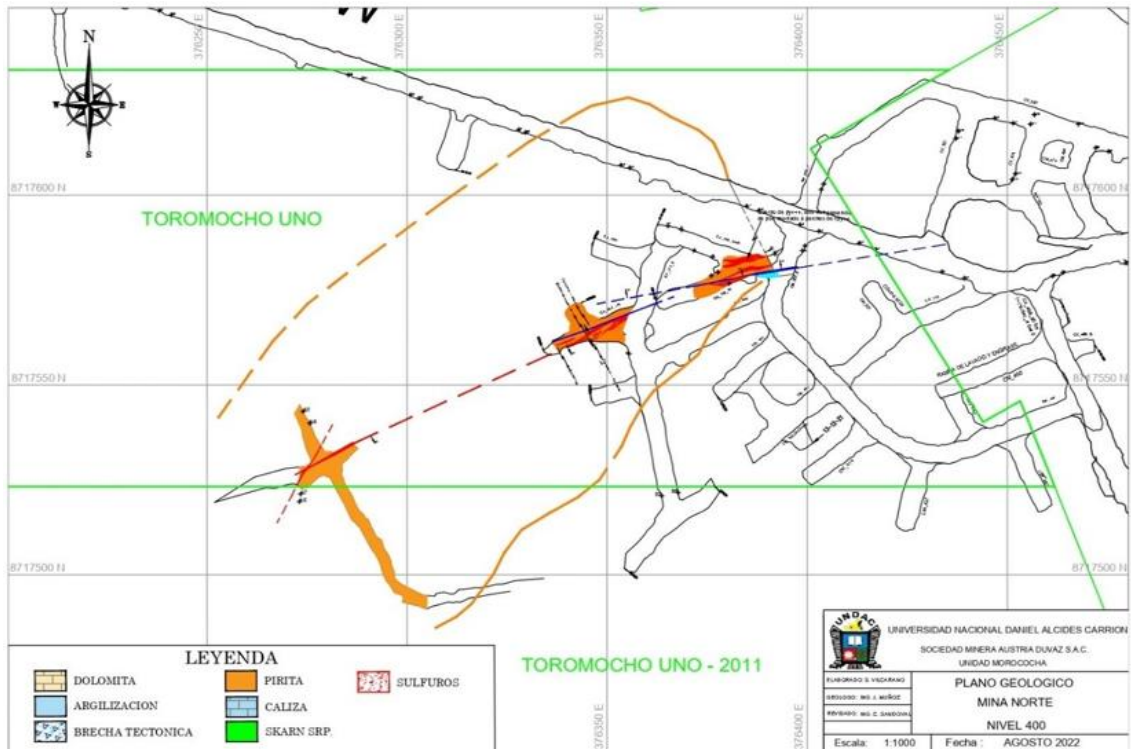
Mapeo geológico Sector 4_Mina Norte



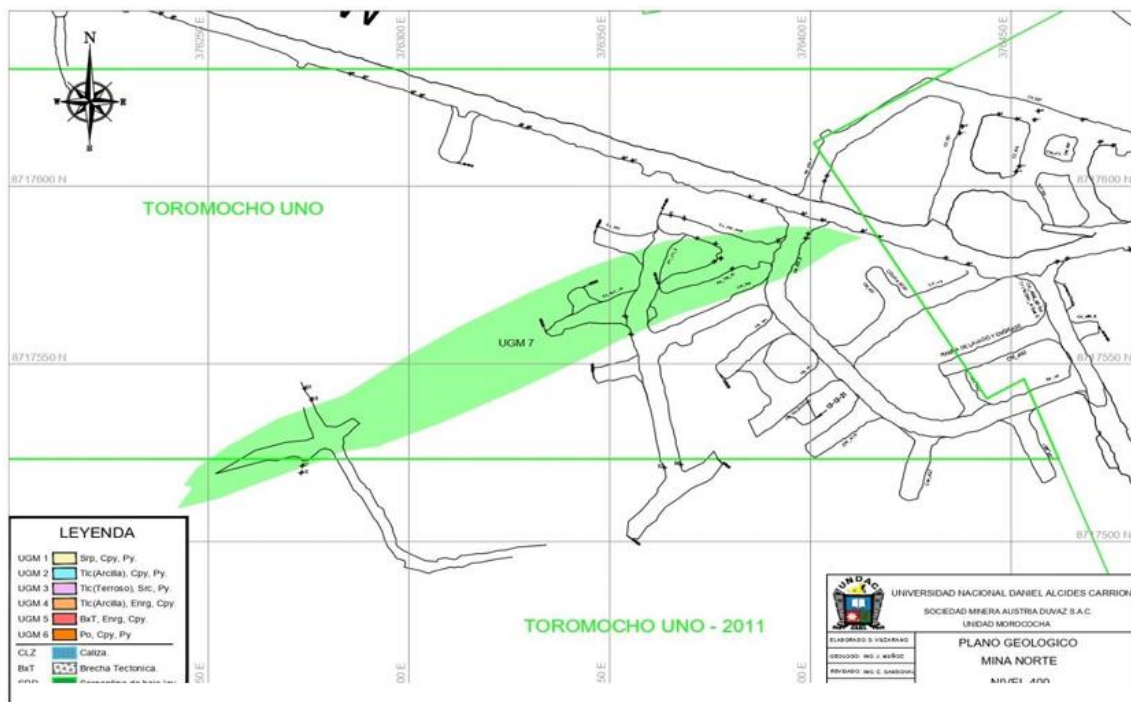
Sectorización Geometalúrgica Sector 4_Mina Norte



Mapeo geológico Sector 5_Mina Norte

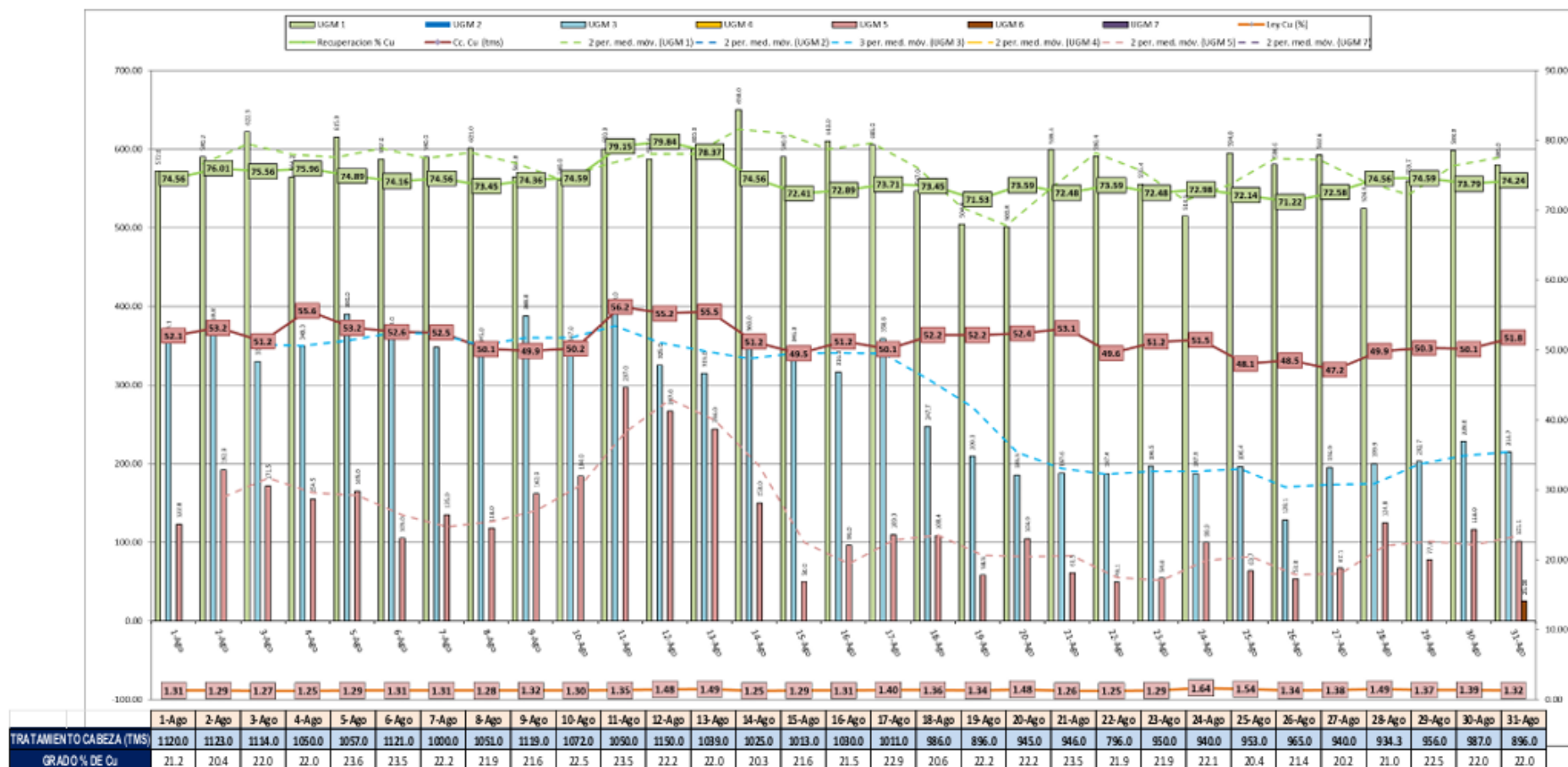


Sectorización Geometalúrgica Sector 5_Mina Norte



ANEXO 03: Dosificación para Blending en el mes de Agosto tuvo un valor promedio en su recuperación en Cu de 74.35%

Balance estadístico Blending _ Tratamiento Agosto - 2022.



ANEXO 03: Dosificación para Blending en el mes de Setiembre tuvo un valor promedio en su recuperación en Cu de 73.55%.

Balance estadístico Blending _ Tratamiento Setiembre - 2022.

