

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Caracterización geomecánica del macizo rocoso
en áreas de afluencia de agua, con la finalidad de
impermeabilizar zonas de alto tránsito, en la
Unidad Minera Cobriza - Doe Run Perú - 2019**

Blidner Isaac Orihuela Jurado

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

ASESOR

Ing. Benjamín Manuel Ramos Aranda

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento primordial a la Unidad Minera Cobriza, Doe Run Perú, por permitirme elaborar el desarrollo del proyecto con datos reales para una solución real, a la Universidad Continental por mi formación como persona, intelecto y habilidades blandas que convergen en el parámetro del profesional actual, sin dejar de mencionar al gran campo tecnológico que plantea dentro de la institución.

El agradecimiento a mi Asesor Ing. Benjamín Manuel Ramos Aranda por las correcciones necesarias empleadas en el desarrollo de la tesis y la formación profesional y personal en los cursos desarrollados en mi etapa universitaria.

A mi hermano Wilson Isaac Orihuela Jurado por el aporte técnico de los datos y la formación personal inculcada en mi persona, al ingeniero Juan Valladares por la facilidad en la elaboración de la presente tesis.

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme establecer este estudio y todas las bendiciones hacia mi persona.
A mis adorados padres y hermanos por el amor incondicional y el apoyo; a mis sobrinas Dayana y Fabiana por ser el motivo de mi esfuerzo y dedicación; a Joseline, por el cariño y apoyo en la etapa de vida profesional.

ÍNDICE

PORTADA.....	I
ASESOR	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE	V
LISTA DE TABLAS	VII
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT.....	X
INTRODUCCIÓN	XI
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	12
1.1. Planteamiento y formulación del problema	12
1.1.1. Planteamiento del problema	12
1.1.2. Formulación del problema	13
1.2. Objetivos.....	14
1.2.1. Objetivo general.....	14
1.2.2. Objetivos específicos	14
1.3. Justificación e importancia.....	14
1.3.1. Justificación tecnológica	14
1.3.2. Justificación económica	14
1.3.3. Justificación académica	15
1.3.4. Justificación ambiental.....	15
1.4. Hipótesis y descripción de variables.....	15
1.4.1. Hipótesis general	15
1.4.2. Hipótesis específicaS.....	15
1.5. Identificación de variables	16
1.5.1. Variable independiente	16
1.5.2. Variable dependiente	16
1.6. Matriz de operacionalización de variables	16
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	18
2.1. Antecedentes del problema	18
2.2. Generalidades de la Unidad Minera Cobriza	20
2.2.1. Ubicación y accesibilidad.....	20
2.3. Bases teóricas	28
2.3.1. Estudios geomecánicos.....	28
2.3.2. Estudios hidrogeológicos.....	32
2.3.3. Análisis y alternativas de impermeabilización.....	34
2.4. Definición de términos básicos.....	38
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	40
3.1. Método y alcances de la investigación	40
3.1.1. Método de la investigación	40
3.1.2. Tipo de investigación	41
3.1.3. Alcance de la investigación.....	41
3.2. Diseño de la investigación	41
3.3. Población y muestra	41
3.3.1. Población.....	41
3.3.2. Muestra.....	41
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	42
3.4.1. Reporte diario	42
3.4.2. Reporte de operación mensual.....	42
3.4.3. Instrumentos, equipos y software	42

CAPÍTULO IV ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	43
4.1. Análisis y tratamiento de la información	43
4.1.1. Estudio geomecánico.....	43
4.1.2. Estudio hidrogeológico de la Unida Minera Cobriza	54
4.1.3. Evaluación hidrológica de la Unidad Minera Cobriza.....	58
4.2. Resultado del tratamiento de la información.....	62
4.2.1. Concreto en roca fracturada.	62
4.2.2. Procedimiento de inyecciones	63
4.2.3. Criterios de diseño	63
4.2.4. Plan operativo.....	63
4.2.5. Plan técnico	66
4.2.6. Inyecciones en túneles en mina.....	67
4.2.7. Plan de diseño	68
4.2.8. Costos del proyecto	72
4.2.9. Resultados de la estandarización en el cuidado del macizo rocoso	73
4.2.10. Resultado de la estabilidad del nivel freático y caudales.....	76
4.3. Discusión de resultados.....	81
4.3.1. Resultado de la caracterización geomecánica.....	81
4.3.2. Resultado de la evaluación hidrogeológica.....	82
4.3.3. Resultado de la evaluación hidrológica.....	83
4.3.4. Resultado de la evaluación de caudales.....	83
4.3.5. Resultado de la implementación de inyecciones impermeabilizantes.....	83
CONCLUSIONES	84
RECOMENDACIONES	85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
ANEXOS	88

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Matriz de operacionalización de variables.....	17
Tabla 2: Rutas de acceso a la Unidad Minera Cobriza.	21
Tabla 3: Inventario de estaciones geomecánicas.....	44
Tabla 4: Clasificación de la roca, según resistencia uniaxial.....	45
Tabla 5: Clasificación de la calidad del macizo rocoso, según su índice RQD	46
Tabla 6: Rango de valores, según el índice RQD	46
Tabla 7: Descripción de espaciamiento.....	47
Tabla 8: Descripción de la persistencia.....	49
Tabla 9: Evaluación del grado de meteorización del macizo rocoso.	50
Tabla 10: Aforo de las fuentes de agua (agosto 2018).....	56
Tabla 11: Medición de caudales por fuentes de agua en interior mina	58
Tabla 12: Ficha técnica del producto y de la aplicación	66
Tabla 13: Costos de la implementación de inyecciones de cemento	72
Tabla 14: Áreas de estudio para la implementación de inyecciones de cemento, caudales presentes.	77
Tabla 15: Estabilidad en el nivel freático y caudales en la sección N° 03. Nv.-200; Tj 4500- sur....	78
Tabla 16: Estabilidad en el nivel freático y caudales en la sección N° 03. Nv.-200; Tj 4500- Norte	79
Tabla 17: Estabilidad en el nivel freático y caudales en la RP. -200; 4800 - ZZ.....	80
Tabla 18: Estabilidad en el nivel freático y caudales en el Tj. -200; 2180	81

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación Unidad Minera Cobriza	21
Figura 2: Acceso a la Unidad Minera Cobriza	22
Figura 3: Plano topográfico, estratigráfico Unidad Minera Cobriza	23
Figura 4: Sección estructural, mostrando la paleografía del yacimiento Cobriza	24
Figura 5: Ubicación longitudinal de la Unidad Minera Cobriza	26
Figura 6: Corte longitudinal de la estratigrafía hidrológica del domo Cobriza.....	28
Figura 7: Gráfico comparativo de valores de RQD por estaciones geomecánicas.....	47
Figura 8: Gráfico comparativo de los valores de espaciamiento entre discontinuidades	48
Figura 9: Gráfico comparativo de valores de persistencia entre discontinuidades	49
Figura 10: Gráfico comparativo de valores de persistencia entre discontinuidades.....	51
Figura 11: Cartilla geomecánica Unida Minera Cobriza	53
Figura 12: Valoración de caudales Nv. -200 – 4500 – Sección 3- sur.....	59
Figura 13: Valoración de caudales Nv. -200 -4500 – sección 3-norte	59
Figura 14: Valoración de caudales Nv. -200 -4800 – sección N° 3	60
Figura 15: Valoración de caudales Nv. -200 -4800 – zz.....	60
Figura 16: Valoración de caudales RP.Nv -200 - 2180	61
Figura 17: Diagrama del nivel freático piezométrico por el Área en la Sección Nv. -200	62
Figura 18: Selección del método de impermeabilización	64
Figura 19: Presión del líquido en el Nivel -200, Sección N° 03	67
Figura 20: Prueba de corte directo en el desarrollo de filtraciones.....	68
Figura 21: Gráfica de fluidez esperada, post aplicación de las inyecciones con mortero impermeabilizante	70
Figura 22: Gráfico de sedimentación del material con mortero impermeabilizante.	70
Figura 23: Cohesión del aditivo para la impermeabilización del túnel con mortero impermeabilizante.	71
Figura 24: Gráfico de fragua con mortero impermeabilizante por acción del aditivo.	71
Figura 25: Registro histórico del RMR, en la Sección N°03 Nv.-200; Tj 4500- Sur.	73
Figura 26: Registro histórico del RMR, en la Sección N°03 Nv.-200; Tj 4500- Sur.	74
Figura 27: Registro histórico del RMR, en la RP. Nv. -200; 4800- ZZ.....	75
Figura 28: Registro histórico del RMR, en el Tj. 2180; Nv. -200.....	76

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, lleva por título, “CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO EN ÁREAS DE AFLUENCIA DE AGUA, CON LA FINALIDAD DE IMPERMEABILIZAR ZONAS DE ALTO TRÁNSITO, EN LA UNIDAD MINERA COBRIZA, DOE RUN PERÚ 2019”, el cual lleva como problema general: ¿Cuál es el resultado de la caracterización geomecánica del macizo rocoso en áreas de afluencia de agua, con la finalidad de impermeabilizar zonas de alto tránsito, en la Unidad Minera Cobriza, Doe Run Perú 2019?, planteándose el objetivo principal de determinar el estudio de la caracterización geomecánica del macizo rocoso en áreas de afluencia de agua, con la finalidad de impermeabilizar zonas de alto tránsito, en la Unidad Minera Cobriza, Doe Run Perú 2019.

La metodología aplicada al estudio se determina por el método científico, tipo aplicada, nivel descriptivo, relacionando el estudio experimental con el diseño y elaboración de la solución propuesta. La población estipulada se conforma por las labores con alta incidencia hidrológica, y tomaremos por muestra las zonas de alto tránsito con impacto hidrológico considerable.

Como conclusión se formula que el resultado de la caracterización geomecánica en zonas de afluencia de agua, se estableció mediante estaciones geomecánicas y registros históricos de la acción del agua en torno al tratado del macizo rocoso, estandarizando el cuidado de la matriz rocosa, con la impermeabilización de oquedades en las labores de profundización Tj 4500; Sur, Nv. – 200- s3; Tj 4500 Norte, Nv. -200 – s3; Tj. 2180; Nv. - 200 – s3 y la rampa 4800- zz; Nv. -200 – s3.

Palabras Clave: Caracterización, geomecánica, impermeabilización.

ABSTRACT

This research work is entitled, "GEOMECHANICAL CHARACTERIZATION OF THE ROCKY MACIZO IN AREAS OF WATER AFFECTION, WITH THE PURPOSE OF WATERPROOFING HIGH TRANSIT ZONES, IN THE COBRIZE MINING UNIT, DOE RUN PERÙ 2019", which has as a problem General: What is the result of the geomechanical characterization of the rock mass in areas of water inflow, with the purpose of waterproofing high traffic areas, in the Cobriza Mining Unit, Doe Run Perú 2019 ?, considering the main objective of determining the influence of the geomechanical evaluation of water sprouting points, with the purpose of implementing cement injections waterproofing the outcrop of water, in high traffic areas, in the Cobriza Mining Unit, Doe Run Perú 2019.

The methodology applied to the study is determined by the scientific method, type of application, descriptive level, relating the experimental study to the design and development of the proposed solution. The stipulated population is made up of work with high hydrological incidence, and we will take as a sample the high traffic areas with considerable hydrological impact.

In conclusion, it is formulated that the result of geometric characterization in areas of water inflow is established by means of geometric stations and historical records of the action of water around the rock massif treaty, standardizing the care of the rock matrix, with waterproofing of cavities in the work of deepening Tj 4500; South, nv. - 200- s3; Tj 4500 North, Nv. -200 - s3; Tj. 2180; Nevada. -200 - s3 and the ramp 4800- ZZ; Nevada. - 200 – s 3.

Key words: Geomechanical, characterization, waterproofing.

INTRODUCCIÓN

La Unida Minera Cobriza, empresa Doe Run Perú, viene ejecutando un proyecto de mejoras en los estándares operacionales y de seguridad, con la debida aplicación de un programa mensual sin interceder en su ciclo operativo, y la formulación de los trabajos.

El presente estudio de investigación plantea la estandarización del proceso de impermeabilización en zonas de alto tránsito para alcanzar la eficiencia del sostenimiento y el cuidado del macizo rocoso, con lo cual se llega al proceso de seguridad del personal y maquinaria como eje principal del proceso productivo, para lo cual se planifica desarrollar subprocesos que mejoren la seguridad y salud ocupacional de las operaciones de una mina subterránea. El desarrollo de la presente investigación se dividió en cinco capítulos, los cuales se describen a continuación:

Capítulo I: En esta sección se aprecia el planteamiento del problema y la formulación de las soluciones, determinación de objetivos, con la debida importancia y justificación de las variables y la operacionalización de estas.

Capítulo II: En este título se hace referencia a los antecedentes del estudio y la importancia de estos para el desarrollo de la investigación, seguido por las bases teóricas del proyecto general.

Capítulo III: En este episodio se describe la metodología aplicada al estudio, la población, muestra y técnicas de recolección de datos.

Capítulo IV: En esta sección se verá el análisis y el diseño de la investigación, determinando factores de prueba para el estudio.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las actividades mineras dentro de los procesos económicos en el mundo se plantean como el proceso de costo beneficio, en conjunto tratando de realizar mejoras y optimización para reducir el factor riesgo y peligro en las operaciones.

Los estudios hidrogeológicos obtuvieron protagonismos en la industria minera por la importancia de la estabilidad de suelos, cajas, proyección de esfuerzos y el impacto del agua en la labores, siendo una herramienta esencial la clasificación geomecánica que influye en los procesos hidrológicos, la cual es aplicada en las distintas unidades mineras del mundo por su importancia global y su fácil estudio, por lo que queda aplicarla en las distintas fases de desarrollo para la mejora operacional de la unidad de impacto, y con ello conseguir estándares de seguridad y una convergencia en los procesos de sostenimiento y subprocesos que este conlleva.

La problemática establecida en la minería peruana radica en los diminutivos estudios hidrogeológicos que repercuten en zonas de concentración de aguas con contenido dañino para personal y equipo, perjudicando en la planificación que refiere la unidad minera. En la minería peruana se necesita lograr una congruencia y optimización en el aprovechamiento de los análisis de zonas de alto tránsito con problemática activa, para lo cual las empresas mineras tienden a

desglosar el costo por sus componentes los cuales son: Tipo de roca, labor permanente o de corto plazo y tipo de sostenimiento.

Uno de los problemas recurrentes en la minería de la región centro del país es la estabilidad del nivel freático en las labores y con ello el gran caudal de agua en interior mina por la gran capacidad pluvial del centro de la nación, y la incidencia de problemas en zonas de alto tránsito, que afecta la resistencia del macizo rocoso y con ello el desempeño de personal y equipo.

La Unidad Minera Cobriza, Empresa Doe Run Perú, requiere el control del nivel freático de sus labores, para estabilizar las zonas de alto tránsito en torno al agente agua en contacto con el macizo rocoso.

El agua como agente disolutivo, al estar en contacto con las labores en la Unidad Minera Cobriza, genera la problemática de debilitar el macizo rocoso y con ello reducir la resistencia de la roca en el túnel, conllevando problemas de seguridad y salud ocupacional.

1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.2.1. Problema general

¿Cuál es el resultado de la caracterización geomecánica del macizo rocoso en áreas de afluencia de agua, con la finalidad de impermeabilizar zonas de alto tránsito, en la Unidad Minera Cobriza, Doe Run Perú 2019?

1.1.2.2. Problemas específicos

- a. ¿Cuál es el resultado del estudio hidrogeológico en áreas de brote de agua, con la finalidad de impermeabilizar zonas de alto tránsito?
- b. ¿Cuál es el resultado del estudio hidrológico en áreas de brote de agua, con la finalidad de impermeabilizar zonas de alto tránsito?
- c. ¿Cuál es el resultado del estudio de caudales en la sección N° 3, con la finalidad de impermeabilizar puntos de brote de agua en zonas de alto tránsito?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el estudio de la caracterización geomecánica del macizo rocoso en áreas de afluencia de agua, con la finalidad de impermeabilizar zonas de alto tránsito, en la Unidad Minera Cobriza, Doe Run Perú 2019.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Determinar la influencia del estudio hidrogeológico en áreas de brote de agua, con la finalidad de implementar inyecciones de cemento, impermeabilizando el afloramiento de agua, en zonas de alto tránsito.
- b. Determinar la influencia del estudio hidrológico en áreas de brote de agua, con la finalidad de implementar inyecciones de cemento, impermeabilizando el afloramiento de agua, en zonas de alto tránsito.
- c. El estudio de caudales, definirá la presión que ejerce el líquido sobre el macizo rocoso en la sección N° 3, definiendo el proceso de impermeabilización de puntos de brote de agua en zonas de alto tránsito.

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

1.3.1. JUSTIFICACIÓN TECNOLÓGICA

La investigación implementará procesos de inyección de cemento más aditivo de acuerdo al tipo de agua y con ello la introducción de sistemas de impermeabilización en la Unidad Minera a la que se aplique, de acuerdo a los estudios complementarios de hidrología y geolocalización.

1.3.2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

La Unidad Minera Cobriza al enfrentar mejoras en sus estándares operacionales, tiene que establecer proyectos para la reducción de costos, por lo cual el proyecto planificará la reducción de egresos por bombeo de agua, con la impermeabilización de zonas de alto tránsito.

1.3.3. JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA

El presente proyecto experimental propone estudios geomecánicos para la formulación de estándares de impermeabilización de zonas de alto tránsito en pequeña y mediana minería los cuales, al no contar con programas de alta tecnología, repercute en el poco estudio que se planifica sobre la masa rocosa y la hidrología de la labor. El estudio planifica definir sistemas de impermeabilización.

1.3.4. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL

La importancia medioambiental del proyecto, se define en el estudio de tipos de agua subterránea en la hidrogeología del yacimiento visto en el **Anexo N°02**, definiendo con ello el impacto de los procesos de producción en la Unidad Minera Cobriza, determinando el análisis de la obstrucción del contacto del agua contaminada con el afluente de San Pedro de Coris.

1.4. HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES

1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

El análisis de la caracterización geomecánica del macizo rocoso en áreas de afluencia de agua, complementarán el estudio para la impermeabilización en zonas de alto tránsito, en la Unidad Minera Cobriza, Doe Run Perú 2019.

1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- a. El estudio hidrogeológico en áreas de brote de agua, definirá el análisis del nivel freático presentes en zonas de alto tránsito, planificando la impermeabilización de la sección por el afloramiento de agua.
- b. El estudio hidrológico en áreas de brote de agua definirá el estudio de impermeabilización en zonas de alto tránsito.
- c. El estudio de caudales, definirá la presión que ejerce el líquido sobre el macizo rocoso en la sección N° 3, definiendo el proceso de impermeabilización de puntos de brote de agua.

1.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

1.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Caracterización geomecánica

1.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Impermeabilización

1.6. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

A continuación, se detalla el cuadro de operacionalización de variables, indicando sistemáticamente, dimensiones, sub-dimensiones e indicadores del presente proyecto

TABLA N° 1: Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional		
		Dimensión	Sub- dimensión	Indicadores
VI: Caracterización geomecánica	Es una herramienta operacional minera, para determinar procesos de sostenimiento y seguridad, determinando parámetros establecidos en el reglamento de seguridad y salud ocupacional en el trabajo	Herramienta operacional	Evaluación geomecánica Estudio hidrogeológico Estudio hidrológico	RMR GSI RQD Nivel freático Napas freáticas Causales
VD: Impermeabilización	Es una herramienta de diseño que proporciona el valor de seguridad y mantenimiento en el túnel, de acuerdo al tratamiento del macizo rocoso en torno al agua subterránea	Herramienta de diseño	Análisis del tratamiento del macizo rocoso	Mortero de cemento Aditivo

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

“Pantaleón (2017) Elaboró la Tesis: **“Evaluación Geomecánica para el dimensionamiento, secuencia de minado y relleno de tajeos de una Mina Subterránea”**, presentada en la Pontificia Universidad Católica del Perú. El trabajo tuvo por objetivo la preparación de un modelo geomecánico en tres dimensiones y establecer una metodología técnica, que constituya una herramienta para evaluar el dimensionamiento de ancho y largo de los tajeos, así como la secuencia de minado y la optimización del relleno en pasta. Para lograr este **objetivo**, se realizó una revisión y evaluación geomecánica mediante la recopilación de información proveniente de estudios geomecánicos anteriores que fueron validados mediante un análisis de brechas o “gap analysis”, este análisis indicó que era necesario un re-muestreo de testigos de perforación, mapeo de detalle de galerías y accesos, así como ensayos de laboratorio complementarios, modelando las secciones del túnel mediante el análisis de esfuerzos, deformaciones, factores de seguridad que utiliza el método BEM (Método de Elementos de Borde)”. (1)

Concluyendo que La clasificación geomecánica del macizo rocoso (RMR) para el OreBody de estudio está clasificado predominantemente como roca regular y en algunos sectores localizados como roca mala”. (1)

“Chura (2016) Elaboró la Tesis **“Caracterización geomecánica del macizo rocoso y su aplicación en el diseño de sostenimiento en labores de desarrollo de la Unidad Económica administrativa Ana María – La Rinconada”**, presentada en la Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería de Minas, Escuela Profesional de Ingeniería de Minas. El trabajo tuvo como **objetivo** el Analizar la caracterización del macizo rocoso para la aplicación en el diseño de sostenimiento en labores de desarrollo de la U.E.A., Ana María – La Rinconada”. (2)

“Concluyendo que la clasificación geomecánica obtenida en la ejecución del presente proyecto nos da a conocer que según el RMR de Bieniawski, da como resultado una calidad de tipo III, roca regular en pizarra y calidad buena de tipo II en cuarcita, el dominio estructural de la caracterización geomecánica en ambas calidades de roca se muestra como mecanismo de falla de tipo cuña, debido a un comportamiento de discontinuidades de dos a tres familias”. (2)

“Ramos (2018) Elaboró la Tesis, **“Estudio hidrogeológico para la proyección de pozos de drenaje en el tajo abierto de la Mina Colquijirca, 2018”**, presentada en la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ingeniería, Escuela Académica profesional de Ingeniería de Minas. El trabajo tuvo como **objetivo** el realizar el estudio hidrogeológico para la proyección de los pozos de drenaje y que por consiguiente permita deprimir el nivel freático en el tajo abierto de la Mina Colquijirca.” (3)

“Concluyendo la instalación de 01 piezómetro, en el cual se han realizado pruebas hidráulicas y se han obtenido datos de nivel de agua, ello con el fin de actualizar y complementar la información existente, la ubicación de estos piezómetros es aguas arriba y aguas abajo de los distintos componentes de la UM, así como en zonas carentes de información.” (3)

“Herrera (2019) Elaboró la Tesis, **“Impermeabilización mediante Inyecciones de cemento en macizo rocoso para evitar la surgencia de agua en explotación subterránea Cajamarca, 2019”**, presentada en la Universidad Privada del Norte, facultad de Ingeniería, Escuela profesional de Ingeniería de Minas. El trabajo tuvo como **objetivos** el realizar la impermeabilización mediante inyecciones de cemento en macizo rocoso para evitar la surgencia de agua en explotaciones subterráneas, identificar las fases y requisitos para la impermeabilización del macizo rocoso en túneles de explotaciones subterráneas, analizar y describir los distintos materiales que se emplean en la impermeabilización de un macizo rocoso en túnel y sus distintas disposiciones y definir la aplicación y procedimiento de inyecciones de cemento en el macizo rocoso”. (4)

“**Concluyendo** finalmente de esta forma a través de las fases y requisitos el tratamiento con lechadas de cemento no es posibles en condiciones con abundante agua en el macizo rocoso, se requiere de mezclas con agregados gruesos, para sellar las estructuras abiertas y permeables en profundidad con la finalidad de poder tratar con inyecciones de lechada de cemento, Por tanto esta investigación es importante ya que las mezclas de inyección deben de tener un procedimiento en función de las necesidades del macizo rocoso, con el objetivo de conseguir una mezcla resistente que mejore las condiciones del mismo, las mezclas deben ser también resistentes contra el lavado, la reducción de la cantidad de agua en la mezcla es muy importante, de este modo se garantiza inyectar una mezcla densa y estable, es decir con una decantación o sedimentación mínima .” (4)

“Geomecánica del Perú (2018) Elaboró el informe “**Estudio geomecánico del método de explotación para la profundización y recuperación en la Unidad Minera Cobriza- Huancavelica, Perú – 2018**”, presentada por Geomecánica del PERÚ, EIRL, cuyo **objetivo** principal se basa en determinar estudios geomecánicos sobre la caracterización del macizo rocoso en la Unidad Minera Cobriza, para la profundización mediante estaciones geomecánicas, las cuales formulan el análisis seccionado en los niveles y rampas determinadas.” (5)

“**Concluyendo** finalmente de acuerdo a estudios y parámetros establecidos en el informe de conformidad, la formulación y mapeo geomecánico mediante 16 estaciones en general y 6 en particular en la zona de profundización, parámetros establecidos de acuerdo a matriz rocosa, agua y sistemas de fracturamiento. (5)

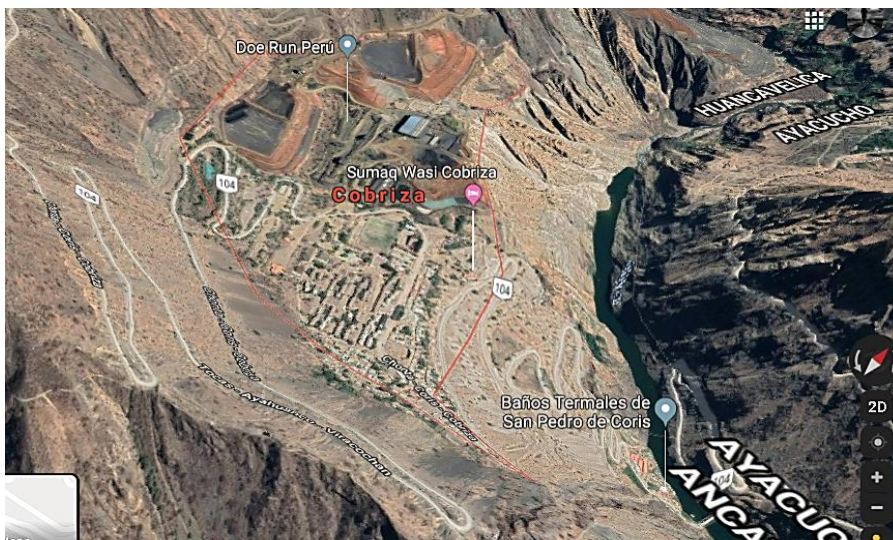
2.2. GENERALIDADES DE LA UNIDAD MINERA COBRIZA

2.2.1. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

“La Unidad Minera Cobriza, siendo propietaria de la empresa Doe Run Perú, ubicada a 367 km. Al sur de la Provincia de La Oroya en el distrito minero de San Pedro de Coris, Provincia de Churcampa, región Huancavelica, establecida a un promedio de 2300 msnm”. (8)

“Según geografía está localizada en la zona central, flanco este de la cordillera Occidental de los Andes, con las coordenadas siguientes 74 23° de longitud oeste y 12 30° de latitud sur”. (8)

Figura 1: Ubicación Unidad Minera Cobriza



Fuente: Extraído del mapa de google maps 2019.

2.2.1.1. Vía de comunicación

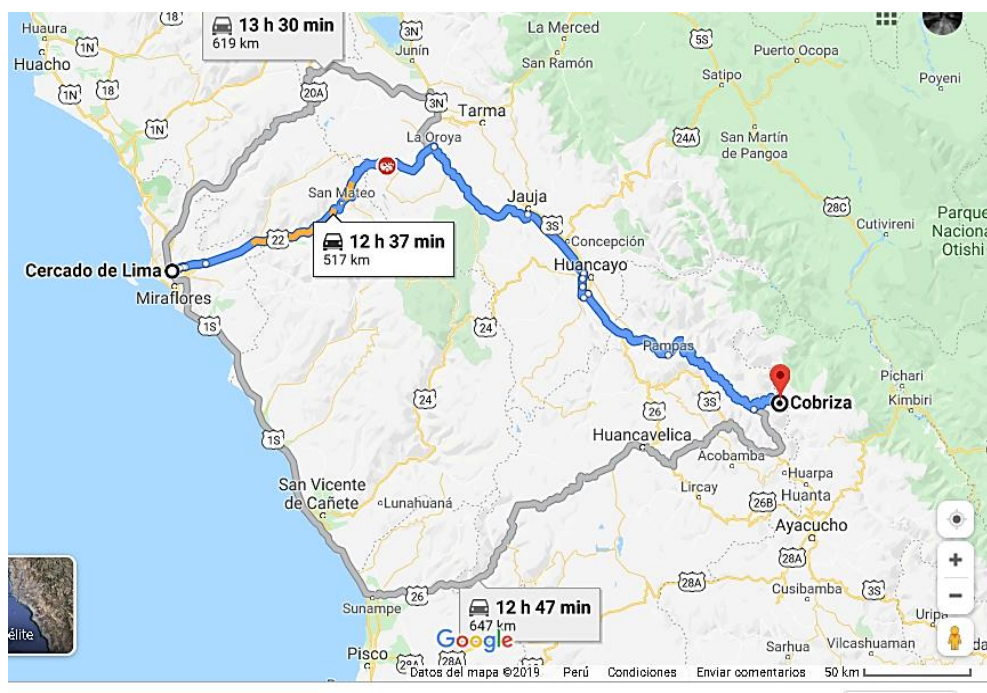
El acceso a la zona de estudio desde la ciudad capital es a través de la carretera central, hasta el centro de Huancayo, aproximado de 6 horas, partiendo desde Huancayo a Huancavelica (Expansión- vía terrestre) durante unas 6 horas más, carretera afirmada hasta la mina Cobriza en San Pedro de Coris.

TABLA N° 2: Rutas de acceso a la Unidad Minera Cobriza.

Rutas	Km	Tiempo	Vías de acceso
Lima – La Oroya – Huancayo	304 km	7h 15 min	Carretera asfaltada
Huancayo- Pampas	71 km	1h 37 min	Carretera asfaltada
Pampas- Cobriza	138 km	3h 35 min	Carretera afirmada

Fuente: Elaboración propia.

Figura 2: Acceso a la Unidad Minera Cobriza



Fuente: Extraído del mapa Google Maps.

2.2.1.2. Características geomorfológicas de la Unidad Minera Cobriza

“De acuerdo a la geomorfología de la unidad Minera Cobriza está recubierta por rocas de la edad Carbonífera a Jurásica, que se encuentran en plegamiento continuo, destacando entre ellas el anticlinal de San Pedro de Coris en el que se halla el yacimiento de Cobriza”. (6)

“Las secuencias estratigráficas de macizos rocosos presentan interacción de lutitas calcáreas, calizas, lutitas pizarrosas, areniscas y cuarcitas, las que están instruidas por rocas graníticas que afloran con dirección NO-SE y por diques de composición intermedia a básica.” (8)

2.2.1.3. Procesos geomorfológicos regionales

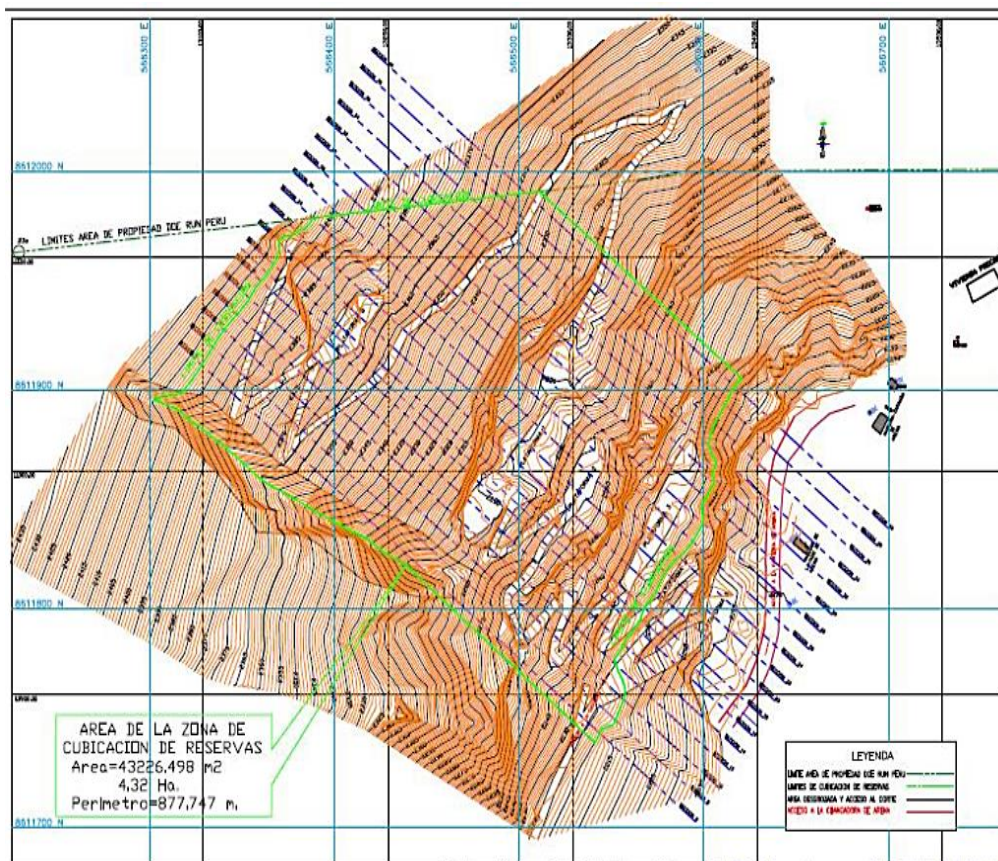
“Los procesos meteorológicos de la naturaleza moldean de forma cíclica las propiedades de los macizos rocosos y con ello la zona o región en la cual intervienen, el modelamiento geomorfológico ocurre de menor o

mayor forma en torno al grado de persistencia de los fenómenos externos que se producen.” (6)

“Las convergencias de los estratos al estar en contacto con los diversos procesos meteorológicos definen en forma conjunta el estado rocoso de la zona de estudio y los distintos procesos que generan yacimientos rocosos de particulares características.” (6)

“Los diferentes procesos geológicos que se presentaron en la tierra de gran magnitud que marcaron diversos eventos morfológicos, los cuales expresan características distintas, específicas y particulares”. (6)

Figura 3: Plano topográfico, estratigráfico Unidad Minera Cobriza



Fuente: Departamento de Geología, Unidad Minera Cobriza.

2.2.1.4. Morfogénesis Terciaria

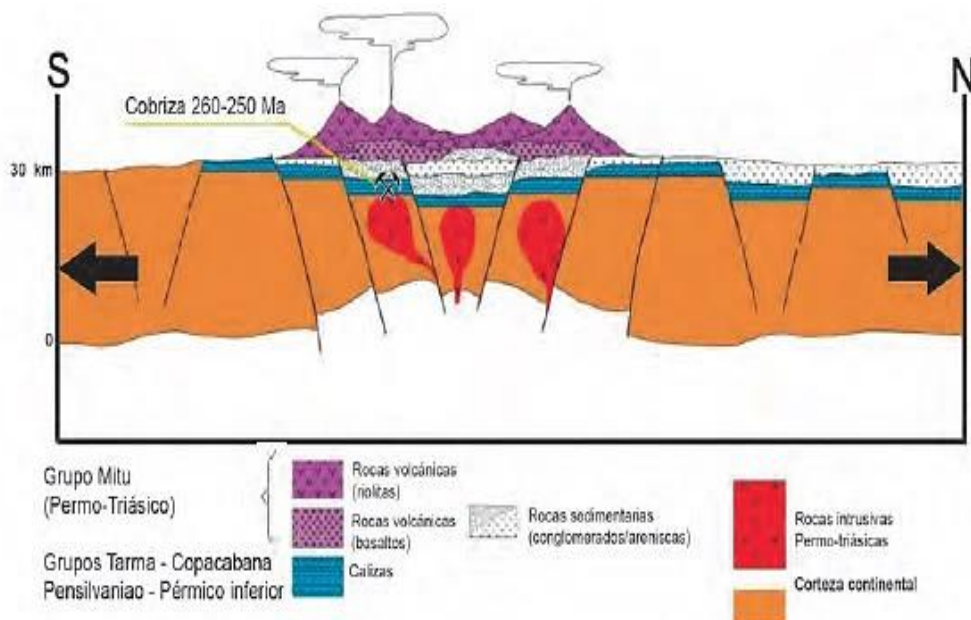
“La orogenia andina particularmente en la fase Quechuana, comprendido en el Mio-plioceno según estudios, estableció el levantamiento de la cordillera en su mayoría occidental desde alturas moderadas hasta la altitud que hoy en día conocemos.” (6)

“Las cuencas actualmente establecidas que definen el drenaje y curso de agua, se dio por el brusco relieve y las pendientes que originaron los movimientos tectónicos.” (6)

2.2.1.5. Morfogénesis Cuaternaria

En la época del Pleistoceno se produjeron fluctuaciones climáticas ocurridas en el Cuaternario antiguo, que determinaron de forma influyente.

Figura 4: Sección estructural, mostrando la paleografía del yacimiento Cobriza



Fuente: Extraído del libro de Lourdes Janet Quiñonez 2005

2.2.1.6. Plegamiento

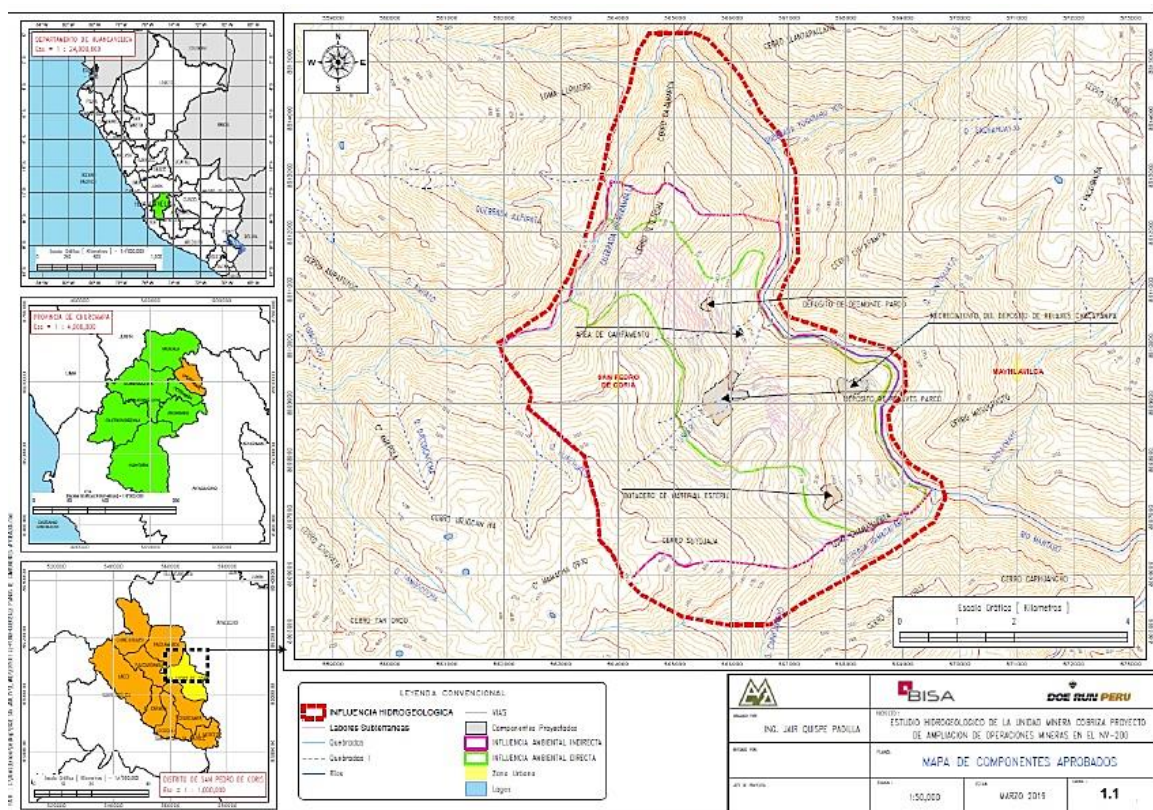
Tiene un rumbo general al NW. Los anticlinales y sinclinales que se encuentran entre las localidades de Tucuccasa y Cobriza, presentan ejes casi paralelos con rumbo aproximado de N250W.

“En superficie; se observan numerosas fallas con desplazamientos, que varían entre 10 y más de 200 m.; en la parte sur son de alta importancia, las fallas Pampalca y Carhuancho, en las cuales los bloques sur han bajado con relación a los bloques norte. En la falla Pampalca; este desplazamiento es de unas pocas decenas de metros; mientras que en la falla Carhuancho; el desplazamiento supera las centenas de metros”. (5)

2.2.1.7. Fracturamiento

“El fuerte tectonismo atribuido a la falla Cobriza, parece tratarse de una falla del primer grupo, de poco desplazamiento que presenta relleno de minerales de plomo-zinc, principalmente, y que su intersección con la falla Coris, ha favorecido la erosión magnificando de este modo su presencia en superficie del distrito, visualizado en la Figura N°05.” (5)

Figura 5: Ubicación longitudinal de la Unidad Minera Cobriza



Fuente: Instituto Geográfico Nacional 2018.

2.2.1.8. Fallamiento

“Los sistemas de fallas y diques descritos anteriormente, se hallan relacionados con la mineralización de cobre, y pueden ser agrupadas en sistemas longitudinales y sistemas transversales.” (5)

Las principales fallas del sistema longitudinal son: (i) falla Troya, (ii) falla María Antonieta, (iii) falla Bertha, (iv) falla Dorotea, (v) falla Noemí y (vi) falla Carmen.

Las primeras buzcan 20° a 30° al NE y tienen un desplazamiento normal de 5 a 10 m.

El efecto de este tipo de fallas, está mejor representado en las proximidades de la falla Cobriza, en donde han modificado el buzamiento del manto entre los niveles 10 y 28, interpretándose que es la falla Cobriza, la que habría ocasionado este cambio.

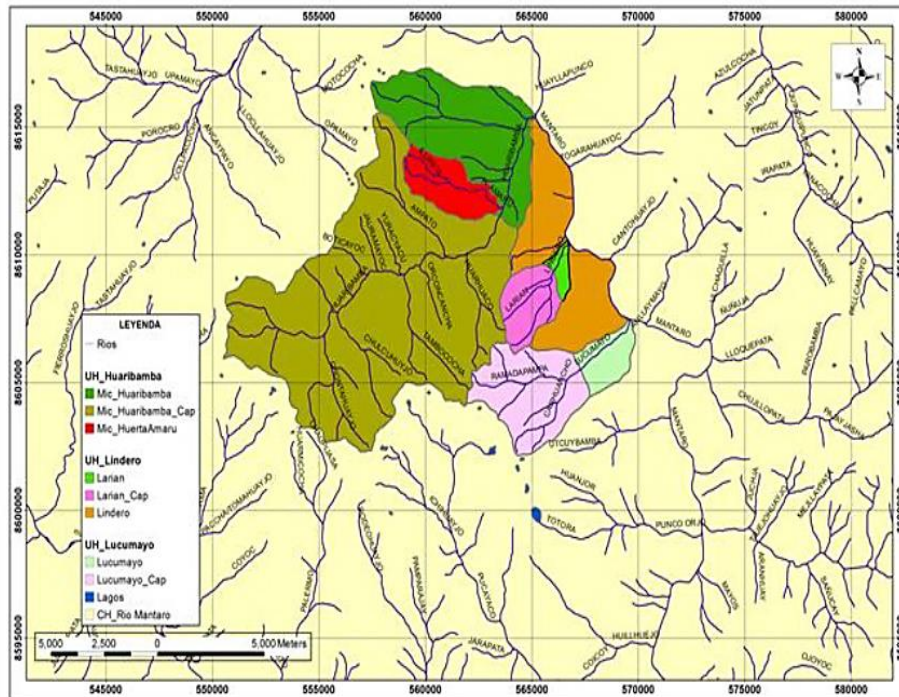
Respecto al rol que ha jugado en la mineralización, es evidente por haberseles ubicado fundamentalmente en zonas de granate, pero las que se ubican en zonas de sulfuros de cobre ocasionaron ascensión de soluciones hidrotermales.

“El segundo grupo compuesto por las cuatro últimas, buzcan alrededor de 750 NE y tienen un desplazamiento inverso de 30 a 50 m, el efecto más favorable que producen en el manto, es la duplicación de la banda mejor mineralizada del piso, con el consiguiente efecto en la potencia; por todas las evidencias de campo, se piensa, que ha jugado un rol positivo en la reconcentración de minerales, y han sido canales de las soluciones mineralizantes.” (5)

Las principales fallas del sistema transversal son: (i) falla Rosa, de rumbo N 30-40 E y buzamiento 45 S-E, (ii) dique-falla Frida, de rumbo N-S y buzamiento 40 y (iii) falla Cobriza, de rumbo N-150-E y buzamiento 75 S-E.

“El desplazamiento de las fallas Rosa y Frida varía entre 20 a 30 m, en cambio, la falla Cobriza a pesar de no habersele interceptado en interior mina, sí ha sido observada en el contacto pizarra-intrusivo, deduciendo que pertenece al sistema general de poco desplazamiento (3 a 5 m). Presentan relleno de sulfuros de plomo, zinc, cobre y fierro. Este sistema transversal, es el que mayor efecto, ha tenido en la removilización de sulfuros de fierro y son canales de la mineralización.” (5)

Figura 6: Corte longitudinal de la estratigrafía hidrológica del domo Cobriza.



Fuente: Extraído del departamento de geología Cobriza 2012.

“Los resultados de los parámetros geomorfológicos de la microcuenca se obtuvieron de la carta nacional. Mediante el procesamiento de la información cartográfica se han obtenido las medidas de los parámetros que definen y caracterizan la fisiografía de las microcuencas y que son determinantes para el análisis del régimen de escurrimiento superficial” (8)

2.3. BASES TEÓRICAS

2.3.1. ESTUDIOS GEOMECÁNICOS

“La caracterización geomecánica tiene por finalidad determinar la calidad y clasificación del macizo rocoso circundante a los tajeos de explotación. Además, permite zonificar el macizo rocoso en dominios estructurales, caracterizándolos por su homogeneidad estructural y geomecánica.” (1)

2.3.1.1. Roca intacta

“Los resultados obtenidos en los diferentes ensayos de laboratorio fueron analizados por el tipo de roca predominante y ubicación correspondiente a la caja piso cercana, caja techo

cercana y veta, obteniéndose valores representativos para dichas zonas. Los tipos de roca predominantes están conformados por Volcánico (roca encajonante), Diques y el OreBody (sulfuros de pirita y baritina). Para estimar la resistencia a la compresión simple a partir del índice I_s (50) se utilizó la siguiente ecuación”: (1)

$$\sigma_c = FI_s \text{ (50)}$$

En la que:

I_s (50): Índice de carga puntual corregido para un diámetro de muestra de 50 mm (en MPa).

σ_c : Resistencia a la compresión simple estimada a partir del I_s (50) (en MPa).

F: Factor de conversión.

“De acuerdo con investigaciones recientes (Hawkins, 1998 y Thuro, 2001), el factor F, puede variar entre 10 y 50; por lo que, en general se recomienda efectuar ensayos de compresión simple y de carga puntual por cada grupo de muestras con las mismas características, con el fin de determinar el factor de conversión.” (1)

2.3.1.2. Índice RQD

“El índice de designación de la calidad de la roca RQD (Deere, 1964) provee un estimado cuantitativo de la calidad del macizo rocoso a partir de los testigos de la perforación diamantina. El análisis estadístico de los valores de RQD fue realizado para la roca encajonante, cuerpo mineralizado y dique por separado con la finalidad de analizar el fracturamiento para cada dominio.” (1)

2.3.1.3. Clasificación geomecánica

“Para la clasificación geomecánica se utilizaron los sistemas de Clasificación RMR76 de Bieniawski (1976), Q de Barton (1973) y como complemento el Índice de Resistencia Geológica GSI (1994).” (1)

“Este sistema RMR76 fue desarrollado por Bieniawski (1976), este sistema considera seis parámetros de clasificación, la suma de estos parámetros permite calcular el índice RMR, que para el caso minero se recomienda no considerar la valoración por ajuste de orientación ya que este es considerado en el número de Estabilidad (N') para el Método Gráfico de Estabilidad. Los parámetros que intervienen en la clasificación del macizo rocoso fueron obtenidos de los ensayos laboratorio de Mecánica de Rocas, mapeos detallados en los afloramientos y logueo de los testigos de perforación.” (1)

2.3.1.4. Propiedades de resistencia y propiedades elásticas del macizo rocoso

“Para determinar las propiedades de resistencia del macizo rocoso, se han utilizado el criterio de Fallamiento del macizo rocoso propuesto por Hoek & Brown (1988), actualizado por Hoek, Carranza-Torres y Corkum (2002). Este criterio toma en consideración la resistencia de la roca intacta y los constantes M_b , s y a , las cuales se estiman en función de la estructura y la condición de las discontinuidades del macizo rocoso, estando representado por el índice de resistencia geológica GSI. La forma generalizada del criterio de Fallamiento de Hoek – Brown es:” (1)

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left(m_b * \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)$$

Donde:

M_b : s y a son parámetros que dependen de las características del macizo rocoso.

σ_{ci} : Es la resistencia a la compresión uniaxial de la roca intacta.

σ_1 y σ_3 : son los esfuerzos efectivos principales axial y de confinamiento respectivamente.

2.3.1.5. Contenido de agua en el macizo rocoso

“Es la relación entre el peso del agua contenida en una roca y el peso de su fase sólida. Se expresa en porcentaje. (Blanco, 2005). Está muy ligado a la porosidad de la muestra y a la profundidad de la que proviene la misma. A mayor contenido de agua mayor disminución de la resistencia. Ejemplo: Rocas de esmeraldas.” (2)

2.3.1.6. Sensitividad en el macizo rocoso

“La sensitividad se establece al analizar la variación de su permeabilidad al cerrarse o abrirse sus fisuras bajo el efecto de una modificación del estado de esfuerzos aplicados.” (2)

“Para medir dichas variaciones de permeabilidad se realiza una prueba que consiste en utilizar una probeta cilíndrica de roca con una perforación central la cual se somete a dos tipos de flujo.” (2)

2.3.1.7. Compresión uniaxial

“Resistencia a la compresión simple, consiste en aplicar a los especímenes de roca cargas axiales sin confinamiento, observar Figura 4 y 5. (González, 2002). Los especímenes son generalmente cilíndricos de 2.5 a 7.5 cm de diámetro y altura igual a dos veces el diámetro, que está definido por:” (2)

$$\sigma_c = \frac{F}{A}$$

Dónde:

σ_c = resistencia a la compresión.

F = fuerza aplicada hasta la rotura

A = sección inicial de la muestra normal a la dirección de la fuerza.

2.3.1.8. Permeabilidad o Conductividad Hidráulica

“Es la propiedad de algunos materiales de permitir el paso de fluidos a través de ellos. Una roca es permeable cuando permite el paso de una cantidad medible de fluido en un espacio de tiempo finito, equivalente a una velocidad en m/día o cm/s.” (2)

2.3.2. ESTUDIOS HIDROGEOLÓGICOS

“Es la ciencia de la geología que investiga el agua del subsuelo, corresponde al almacenamiento, circulación, y distribución de las aguas subterráneas en el interior de las formaciones geológicas, teniendo en cuenta sus propiedades físicas y químicas”. (3)

“El termino hidrogeología fue utilizado en 1802 por el geólogo naturalista francés Lamarck. Lamarck atribuye un término casi idéntico al de geología hídrica de Powell, quien la definió como el estudio de los fenómenos de degradación (erosión) y deposiciones geológicas debido a la acción del agua. Sin embargo, ninguno de estos términos fue utilizado. Lucas, en 1879, fue probablemente el primero que utilizo el término de “hidrogeología” para designar el estudio geológico del agua subterránea. Mead en su libro de hidrogeología publicado por primera vez en 1919, fue quien definió por primera vez este término “hidrogeología” como el estudio de las leyes relativas a la existencia y movimiento de las aguas subterráneas. Mead en esta definición, presupone un estudio de la geología general lo suficientemente adecuado como para una visión que permita comprender los factores hidrológicos condicionantes e imperativos debidos a los factores geológicos.” (3)

2.3.2.1. Agua subterránea

“El agua subterránea es la situada por debajo de la superficie del suelo, la cual, se almacena entre los espacios porosos, fisuras, fracturas o cavernas de las formaciones rocosas. Se mueve según las fuerzas de la gravitación, pero más lento que el agua superficial. La velocidad y los movimientos dependen de la porosidad y permeabilidad del subsuelo. El agua que ha llegado a las zonas saturadas circulará por el acuífero,

siguiendo los gradientes hidráulicos regionales hasta que salga al exterior, o sea extraído; su recorrido puede ser de unos metros o de bastantes kilómetros, durante un período de unos meses o de miles de años.” (3)

2.3.2.2. Acuífero y tipos de acuíferos

“Un acuífero es una formación suficientemente permeable para transmitir agua en cantidades. Los acuíferos más comunes son aquellos de material no consolidado como arenas o gravas. Estos se encuentran en valles aluvionales, dunas o depósitos glaciales”. (3)

2.3.2.2.1. Nivel freático

“El agua subterránea contenida en él está en contacto con la atmósfera a través de los poros o fisuras existentes en la zona no saturada; la parte superior de la zona saturada -la superficie freática está a la presión atmosférica.” (3)

2.3.2.3. Rebajamiento del nivel freático

“El rebajamiento del nivel freático (también conocido como dewatering) es un procedimiento ingenieril que consiste en la depresión del nivel estático de agua del terreno, en zonas donde el acuífero de superficie se encuentra por encima de una determinada cota de interés (generalmente la cota de máxima excavación de la futura obra a realizar), con la finalidad de que todo ese volumen de tierras se encuentre seco, para poder operar de una manera segura en la excavación. Dependiendo de factores como la profundidad inicial, el descenso deseado, el tipo de terreno o el sistema de contención planificado para la obra, el procedimiento de dewatering idóneo varía entre varias opciones, de las que destacan principalmente el uso de sistemas de filtro por vacío (conocidos como sistemas wellpoint), y el empleo de pozos convencionales de drenaje. Por medio de estos sistemas se evacúa el agua del acuífero produciendo un descenso

localizado en la zona de la obra, permitiendo así el drenaje para la operación del terreno en seco.” (3)

2.3.2.4. Unidad hidrogeológica

“Es un conjunto de formaciones geológicas cuyo funcionamiento hidrogeológico conviene considerar conjuntamente. Dentro de la unidad podrá haber uno o varios acuíferos y quizás acuitardos o acuicludos entre ellos. Se consideran una unidad porque están conectados de modo que su funcionamiento (entradas, salidas, balance) hay que estudiarlo de un modo conjunto.” (3)

2.3.2.5. Sistemas hidrogeológicos

“Es frecuente que se produzcan flujos muy diversos y complejos, tanto en magnitud del recorrido como en las trayectorias seguidas por el agua subterránea. Esta circunstancia es especialmente destacable en los sistemas hidrogeológicos de gran extensión y de espesor considerable, como es el caso de las grandes cuencas sedimentarias, donde el flujo responde esencialmente al modelo propuesto por Hubbert o, a gran escala, al modelo de Toth, cuando existe un manifiesto gradiente topográfico en la región. Estos modelos se complican mucho si se contempla en detalle las trayectorias seguidas por el agua en la zona saturada, ya que usualmente el medio hidrogeológico es heterogéneo y anisótropo. En muchos casos, la gran heterogeneidad que presenta el medio hace aconsejable considerarlo como un sistema hidrogeológico "multicapa", en que alternan niveles permeables con otros semipermeables o confinantes (acuíferos con acuitardos y/o acuicludos).” (3)

2.3.3. ANÁLISIS Y ALTERNATIVAS DE IMPERMEABILIZACIÓN

“La impermeabilización de túneles tiene gran importancia, tanto técnica como económicamente, ya que contribuye a mejorar su calidad, conservación y resistencia. Los túneles mal impermeabilizados necesitan de una importante

inversión en mantenimiento, debido a la lixiviación, los desperfectos de las paredes de hormigón y a la formación de hielo.” (4)

2.3.3.1. Procedimiento de “Jet Grouting”

“La técnica RODINJET comprende la fracturación y contemporánea mezcla del suelo “in situ” con una lechada de cemento: como alternativa, el suelo puede ser removido en gran parte por chorros de agua-aire, y reemplazado por lechada de cemento. Por lo tanto, el tratamiento puede realizarse mediante el uso de un solo fluido (la lechada) como medio de fracturación y estabilización o tres fluidos: aire y agua como medios de fracturación y evacuación, y la lechada como agente estabilizante.” (4)

2.3.3.2. Impermeabilización Mediante Membranas Asfálticas

“La Membrana asfáltica consistente en una armadura de poliéster recubierta por ambas caras con asfalto modificado con elastómeros del tipo SBS. Al mismo tiempo, sus caras se encuentran recubiertas de una lámina de polietileno con el fin de evitar contaminación por adherencia de polvo o partículas residuales y facilitar su manejo. Se utiliza normalmente para la impermeabilización de superficies horizontales y verticales que reciben la acumulación de agua (piletas, estanques, piscinas), aguas lluvias y aguas de riego.” (4)

“En el ámbito de la impermeabilización, desde hace más de una década se inició la fabricación y aplicación en el país de las membranas asfálticas, que constituyen una poderosa y definitiva solución en la mayoría de las necesidades de impermeabilización. Dichas membranas asfálticas han evolucionado en el tiempo, lo que se ha traducido en el empleo de diferentes tipos de mezclas asfálticas, en el uso de mejores elementos de refuerzos de poliéster y en el cumplimiento de normas y especificaciones cada vez más exigentes. Los asfaltos bases empleados, han sido mejorados y diversificados a través de su importación, gracias al moderno terminal marítimo Cono Sur, ubicado en la localidad de Ventanas, Quinta Región.” (4)

2.3.3.2.1. Análisis de sus propiedades

“La utilización de un mastic modificado con S.B.S en la cara inferior de la membrana asfáltica, le otorga una mejor capacidad de adaptarse a las deformaciones de la superficie y le permite resistir y disipar elevadas tracciones y elongaciones, que un mastic modificado con polímeros del tipo A.P.P no puede resistir.” (4)

“Resistencias Mecánicas: En lo que respecta a sus propiedades mecánicas es importante destacar tipo y gramaje del poliéster a utilizar. La utilización de poliéster con gramajes cercanos a los 200 gr/m² ha permitido obtener resistencias a la tracción superiores a los 1200 N/5cm y resistencia al punzonamiento estático sobre los 55 kg.” (4)

2.3.3.3. Hormigón proyectado

“La incorporación de fibras estructurales al hormigón proyectado, reemplazando a la malla electrosoldada, es una realidad y su uso se expande en grandes obras de nuestro país como el metro de Santiago y túneles en las hidroeléctricas de Ralco y Alfafal.” (4)

“En algunas de estas obras se ha llegado a incrementar el rendimiento de avance hasta un 40%, debido al ahorro de tener que instalar la malla de refuerzo, que además implica un alto riesgo. Las fibras se distribuyen uniformemente en todo el espesor del hormigón proyectado, impartiendo un mejor comportamiento triaxial frente a las tensiones de corte y flexión debido a la disminución drástica de las fisuras por contracción. No hay que dejar de mencionar que el efecto de sombra que se produce detrás de la malla electrosoldada puede dejar vacíos que inducen corrosión en la misma y posterior fisuración del hormigón. El comportamiento del hormigón proyectado frente a la absorción de esfuerzos mejora notablemente gracias a la ductilidad que le otorgan las fibras en dosis adecuadas, llegando a aumentar el valor de energía de rotura del hormigón hasta en 5 veces. Se le denomina igualmente “tenacidad” y se expresa en Joules. La absorción de energía de rotura

de las fibras es mayor que la de las mallas electrosoldadas (Estudio realizado en Noruega por la Asociación de Investigación Técnica de Noruega - NTNF).” (4)

2.3.3.4. Impermeabilizante de PVC

“El uso de materiales termoplástico como el PVC-P, en el campo de la Ingeniería Civil es cada vez más extenso ya sea en el empleo de láminas impermeabilizantes en la Edificación, como el de geo membranas en la Obra Civil. El sistema de impermeabilización NOVANOL con láminas PVC-P ha sido especialmente diseñado en Edificación para la impermeabilización de cubiertas, terrazas, azoteas y cimentaciones. En el ámbito de la Obra Civil está indicado para la impermeabilización de canales, depósitos de agua potable, balsas e incluso túneles.” (4)

2.3.3.4.1. Impermeabilización de túneles

Las geo-membranas NOVANOL Túneles ofrecen una elevada resistencia al punzonamiento, gran durabilidad y estabilidad incluso bajo de formación permanente, por lo que son ideales para la impermeabilización de túneles en obras subterráneas. Poseen la propiedad de no combustionar con llama ante la presencia de fuego, por lo que son auto extingüibles; además, al revestirse la lámina con un aro de hormigón, queda un sistema de impermeabilización totalmente ignífugo, no desprendiéndose gases tóxicos en caso de incendio.

2.3.3.5. Mortero impermeabilizante

Como solución principal se establece el uso del mortero impermeabilizante para oquedades con presiones regulares, siendo la opción viable según el costo operativo en la Unidad Minera Cobriza y la factibilidad del sistema impermeabilizante en el proyecto, detallando la

información técnica del proceso mediante este método en el análisis y tratamiento de la información.

2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Geomecánica:** “La geomecánica es el orden que revisa los atributos mecánicos de los materiales topográficos que conforman las rocas de desarrollo. Este orden depende de las ideas e hipótesis de la mecánica de agitación y la mecánica del suelo, que relacionan la conducción de la preparación bajo las progresiones del esfuerzo que se producen debido a las tareas de penetración del petróleo, la rivalidad y la generación de pozos. A pesar del hecho de que las bases de la geomecánica se crearon a principios de siglo, las aplicaciones de petróleo comenzaron a ser más famosas a principios de los 70, y, en consecuencia, este es otro control para la construcción de petróleo. La geomecánica utiliza los resultados del campo de prueba y del centro de investigación relacionados con las respuestas expositivas para resolver problemas específicos”. (5)
- **Zonificación:** “La temática de la zonificación se plantea dentro del contexto de la planificación y el diseño del territorio como una percepción sistémica. La zonificación se inserta como un componente fundamental de la planificación territorial, que se incorpora en las etapas del modelo lógico de desarrollo regional”. (5)
- **Sostenimiento:** Es el proceso por el cual logramos estabilizar las cargas dentro de un yacimiento o labor en minería, con procesos unitarios.
- **Costos unitarios:** Son los costos en minería por actividades de procesos adyacentes que realizan ciclos dentro de mina.
- **Hidrogeología:** “La hidrogeología o hidrología subterránea es, según Mijailov, la ciencia que estudia el origen y la formación de las aguas subterráneas, sus formas de yacimiento, difusión, movimiento, régimen y reservas, interacción con los suelos y rocas, su estado (líquido, sólido y gaseoso) y propiedades (físicas, químicas, bacteriológicas y radiactivas); así como las condiciones que determinan las medidas de su aprovechamiento, regulación y evacuación. Es, por tanto, una de las ramas más complejas de la geología. Basta ver el índice del libro Hidrología subterránea de E. Custodio y M. R. Llamas, obra cumbre de la hidrogeología en

castellano, publicado en 1975 y plenamente vigente en la actualidad, para confirmar su complejidad". (6)

- **Shotcrete:** Es el hormigón lanzado proyectado hacia las cajas del material rocoso o labor a sostener
- **Mina:** Son excavaciones subterráneas para el desarrollo productivo de extracción de minerales.
- **Procesos unitarios:** Los procesos unitarios en mina abarcan el proceso productivo de extracción sistematizado.
- **Oquedades:** Es una abertura dentro del túnel que fue generado por las discontinuidades y fallamiento entre los procesos en interior mina, que en el presente estudio se establece como la fisura donde transcurre el agua.
- **Impermeabilizar:** "Los impermeabilizantes son sustancias que detienen el agua, impidiendo su paso, y son muy utilizados en el revestimiento de piezas y objetos que deben ser mantenidos secos. Funcionan eliminando o reduciendo la porosidad del material, llenando filtraciones y aislando la humedad del medio". (7)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. MÉTODO Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1.1. Método general o teórico de la investigación

El método general de la investigación es la metodología científica, teniendo en consideración la intervención del problema directamente relacionado con la solución de problemas en ejercicios, supuestos y proyectos de mera referencia ingenieril, contextualizando el estudio de estructuras y su incidencia en la optimización de la capacidad de mejoramiento continuo.

3.1.1.2. Método inductivo y deductivo

Las planificaciones de los resultados intervendrán en el desarrollo de la conclusión y solución del proyecto, desde lo particular a lo general, para ubicar una conclusión real y verídica.

3.1.1.3. Método analítico sintético

Donde se obtendrá el análisis del todo disgregado en partes de forma específica, para poder obtener los conocimientos necesarios para el proyecto.

3.1.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación se plantea de tipo deductivo, por disgregar problemas relacionados con el desarrollo de soluciones, partiendo de conceptos, premisas y procesos.

3.1.3. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación es de alcance explicativo correlacional. En primer lugar, descriptivo que se realizará el desglose de estudios hidrogeológicos y geomecánicos en la zona de impacto lo cual no se encuentra en referencias bibliográficas específicas para el desarrollo del proyecto, en segundo lugar, correlacional porque se realizaron estudios que describen las estructuras del macizo rocoso y gracias a ello la clasificación y modelamiento de materiales impermeabilizantes óptimos para las labores estudiadas; ya que los parámetros técnicos económicos demuestran la factibilidad del proyecto el cual permite su aplicación en las labores de desarrollo de la unidad Minera Cobriza, Empresa minera Doe Run Perú.

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño científico es netamente de ingeniería experimental ya que se puede modelar las variables de acuerdo al estudio ingenieril para la finalidad establecida.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. POBLACIÓN

La población para el presente proyecto se determina por la sección N°3, Nv.- 200 de la Unidad Minera Cobriza.

3.3.2. MUESTRA

La muestra se eligió mediante el análisis del proyecto y el establecimiento de estudios, constituidos por los tajos; Tj. 4500; Nv -200, Sección 3 -Sur; Tj. 4500; Nv -200, Sección 3 –Norte, Tj. -200; 2180, RP. -200: 4800- ZZ.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. REPORTE DIARIO

- a. Labores de profundización
- b. Control del nivel freático
- c. Control de la presión del agua en las cajas
- d. Control de la geomecánica del túnel

3.4.2. REPORTE DE OPERACIÓN MENSUAL

- a. Reporte mensual del estudio histórico del RMR
- b. Promedio de material utilizado por sección de trabajo
- c. Promedio de caudal de ingreso a la sección general
- d. Promedio general de lechada de cemento por oquedad

3.4.3. INSTRUMENTOS, EQUIPOS Y SOFTWARE

- a. Libreta de notas
- b. Flexómetro
- c. Piezómetro
- d. Manómetro
- e. Distanciómetro
- f. Microsoft Excel
- g. Cámara fotográfica

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El estudio generalizado para la impermeabilización de zonas de alto tránsito, involucran el proceso de análisis de vacíos en el macizo rocoso mediante la caracterización geomecánica, el estudio hidrológico e hidrogeológico, estudios determinados por la acción del agua sobre el macizo rocoso en convergencia con sus propiedades y la reducción de resistencia por presencia de fracturas y propiedades porosas.

4.1.1. ESTUDIO GEOMECÁNICO

La caracterización y medidas de la matriz rocosa mediante la descripción de las propiedades, nos proporcionan los datos requeridos para la evaluación geomecánica completa de la Unidad Minera Cobriza, en relación a las discontinuidades y parámetros de la roca.

4.1.1.1. Caracterización geomecánica

Para la seguridad de las operaciones en mina se requiere un estudio del macizo rocoso y componentes de la excavación para la construcción y diseño de la explotación, siendo variables cuantitativas y medibles en torno a parámetros de resistencia de la roca y deformación de las discontinuidades, para rentabilizar de forma positiva la operación en mina.

Los parámetros que conforman el estudio para la determinación de la matriz rocosa, son: La distribución de discontinuidades, litología y características estructuras del túnel, el formato empleado en el estudio se muestra en el **Anexo I: Registro de Campo**.

4.1.1.2. Mapeo Geomecánico

TABLA N° 3: Inventario de estaciones geomecánicas

ÁREA	VETA	LABOR	UBICACIÓN	ESTACIÓN
Profundización	Pumagayoc	Tj. -200/ 4500 / Sur/ S3	Caja Techo	EG- 01
			Caja Piso	EG- 02
			Manto Mineralizado	EG- 03
		Tj. -200/ 4500/ Norte/ S3	Caja Piso	EG- 04
			Manto	EG- 05
			Rp. -200/ 4800/ ZZ	EG- 06
Recuperación	Coris	Tj. -200/ 2180	Caja Piso	EG- 07
			Caja Techo	EG- 08
			Manto Mineralizado	EG- 09
		SN. -130/ 1600/ Norte	Manto Mineralizado	EG- 10
			Roca Caja	EG- 11
			Rp. -130/ 1640	EG- 12
Zona 1	Tj. -28/ 1760/ S5	Caja Techo	EG- 13	
		Manto Mineralizado	EG- 14	
		Roca Caja	EG- 15	
Zona 2	Tj. -42/ 1760/ S4	Manto Mineralizado	EG- 16	

Fuente: Elaboración propia con datos de Geomecánica del Perú EIRL, 2018.

Los estudios geomecánicos establecidos en el presente proyecto, se presentan en el análisis del método de sondeo por estaciones geomecánicas, realizando una formulación de datos directos del macizo mediante un registro de campo (Ver **Anexo 04**), inventariando las estaciones geomecánicas (EG), como se visualiza en la Tabla N°01.

4.1.1.3. Clasificación y zonificación geomecánica

Para el desarrollo de la caracterización geomecánica del macizo rocoso y la matriz que este compone, se debe tener en cuenta el estudio de la resistencia y deformación en el túnel intacto, así como las discontinuidades presentes y características que estas presentan

(número de familias, caracterización simple de las discontinuidades, fracturamiento).

4.1.1.4. Resistencia y dureza

La resistividad de la roca y la dureza, como propiedad está directamente inmersa en el estudio de la clasificación geomecánica, acoplado el análisis de compresión uniaxial, determinado por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas, por sus siglas en inglés (ISRM,1981), aplicada al estudio de la matriz rocosa en la Unidad Minera Cobriza, visualizando en la Tabla N° 04 la clasificación del macizo rocoso en torno a la resistencia de compresión uniaxial.

TABLA N° 4: Clasificación de la roca, según resistencia uniaxial

CLASIFICACIÓN	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)
R0: Roca extremadamente débil	0.25 - 1.0
R1: Roca muy débil	1.0 - 5.0
R2: Roca débil	5.0 - 25.0
R3: Roca media	25.0 - 50.0
R4: Roca dura	50.0 - 100.0
R5: Roca muy dura	100.0 - 250.0
R6: Roca extremadamente dura	> 250.0

Fuente: Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas, (ISRM, 1981)

4.1.1.5. Grado de fracturamiento

El índice Rock Quality Designation (RQD), analiza el grado de fracturamiento de la matriz rocosa en torno al valor de su calidad, Visualizando en la Tabla N° 05, los valores que ISRM, 1981 definen para el RQD en torno a la calidad del macizo rocoso y su resistividad medida en los estudios geomecánicos propuestos en la Unidad Minera Cobriza.

TABLA N° 5: Clasificación de la calidad del macizo rocoso, según su índice RQD

RQD (%)	CALIDAD
<25	Muy mala
25 - 50	Mala
50 - 75	Media
75 - 90	Buena
90 - 100	Muy buena

Fuente: Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM, 1981).

En la Tabla N°06, presentaremos los valores del fracturamiento, litología y calidad del macizo rocoso en torno a las estaciones geomecánicas.

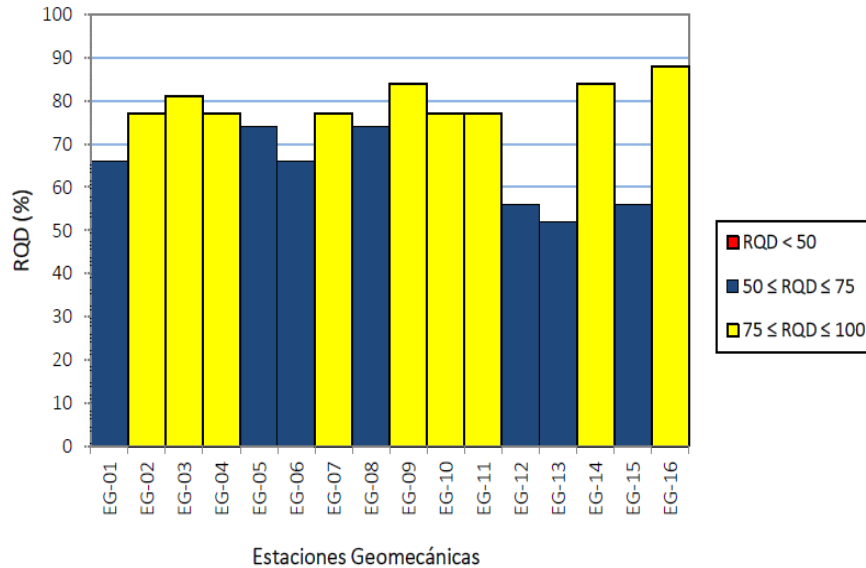
TABLA N° 6: Rango de valores, según el índice RQD

Estación Geomecánica	Litología	RQD (%)	Calidad
EG - 01	Pizarra	66	Media
EG - 02	Pizarra	77	Buena
EG - 03	Mineral	81	Buena
EG - 04	Mineral	77	Buena
EG - 05	Pizarra	74	Media
EG - 06	Manto Mineralizado	66	Media
EG - 07	Pizarra	77	Buena
EG - 08	Pizarra	74	Media
EG - 09	Mineral	84	Buena
EG - 10	Pizarra	77	Buena
EG - 11	Mineral	77	Buena
EG - 12	Pizarra	56	Media
EG - 13	Pizarra	52	Media
EG - 14	Mineral	84	Buena
EG - 15	Pizarra	56	Media
EG - 16	Mineral	88	Buena

Fuente: Departamento de geomecánica Unidad Minera Cobriza.

En la figura N°07, graficaremos los datos de acuerdo al RQD y la calidad del macizo rocoso, según las estaciones geomecánicas.

Figura 7: Gráfico comparativo de valores de RQD por estaciones geomecánicas



Fuente: Geomecánica del Perú, 2018.

4.1.1.6. Espaciamiento

Para el proyecto la determinación del espaciamiento en los planos de discontinuidad, planifican el tamaño de la matriz rocosa de acuerdo al comportamiento y la influencia en las discontinuidades presentes, por la acción del agua que refiere estudios complementarios de deformación, rotura y permeabilidad.

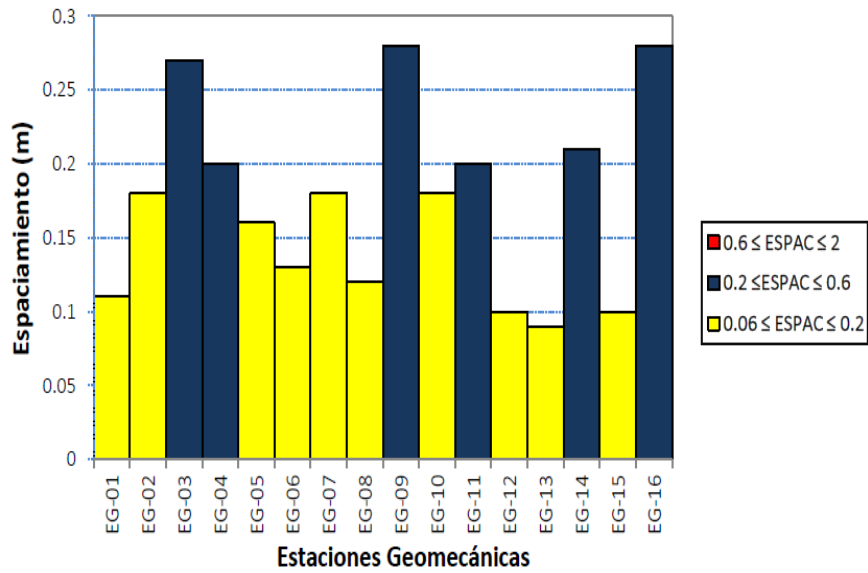
TABLA N° 7: Descripción de espaciamiento

Descripción	Espaciado
Extremadamente junto	<0.02 m
Muy junto	0.02 - 0.06 m
Junto	0.06 - 0.2 m
Moderadamente junto	0.2 - 0.6 m
Separado	0.6 - 2.0 m
Muy separado	2.0 - 6.0 m
Extremadamente separado	>6.0 m

Fuente: Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM, 1981).

De acuerdo a la medición por estaciones geomecánicas, se definen parámetros para el establecimiento del espaciamiento en el macizo rocoso, visto en la Figura N°08, clasificándolas como moderadamente juntas a discontinuidades juntas, con una variación entre 0.09m y 0.2765m.00000

Figura 8: Gráfico comparativo de los valores de espaciamiento entre discontinuidades



Fuente: Geomecánica del Perú EIRL, 2018

4.1.1.7. Persistencia

Para un plano de discontinuidad en una extensión superficial, teniendo valores de longitud, dirección de plano y buzamiento, establece el estudio de la continuidad y persistencia en el macizo rocoso, visualizado en la Tabla N° 08.

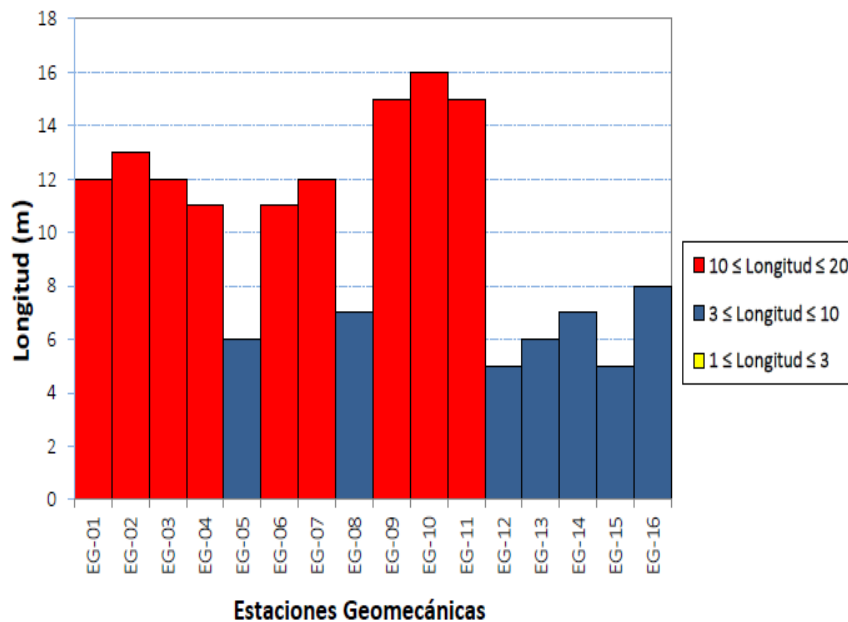
TABLA N° 8: Descripción de la persistencia

Continuidad	Longitud
Muy baja continuidad	<1 m
Baja continuidad	1-3 m
Continuidad media	3-10 m
Alta continuidad	10-20 m
Muy alta continuidad	>20 m

Fuente: Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM, 1981).

Según el estudio por estaciones geomecánicas, el resultado de la persistencia en las discontinuidades del macizo rocoso visualizado en la figura N°09, determinándolas por “continuidad media” a “alta continuidad”, varía entre 5 y 16 m.

Figura 9: Gráfico comparativo de valores de persistencia entre discontinuidades



Fuente: Geomecánica del Perú EIRL, 2018.

4.1.1.8. Abertura

La abertura entre las discontinuidades es el espacio o distancia que separa las paredes de forma perpendicular, variando en una misma zona presentes en una matriz rocosa.

Su medición se debe realizar in-situ como en este proyecto con una regla medida en milímetros presentando en la Tabla N° 09 por familias de discontinuidades.

Para el presentes proyecto se definen como parámetros importantes, por la presencia de oquedades en torno a las posibilidades de influencia del nivel freático en el macizo rocoso.

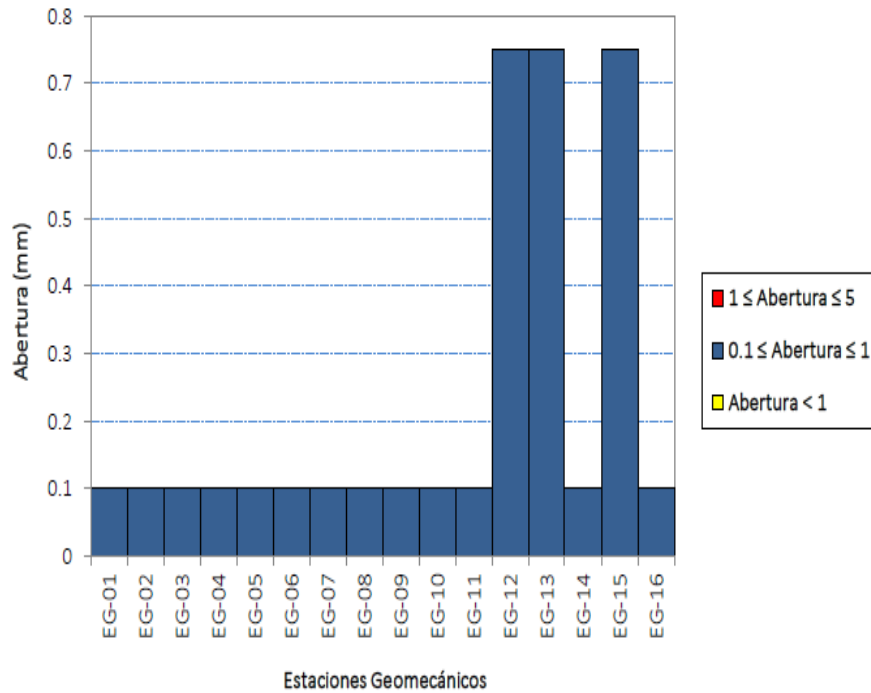
TABLA N° 9: Evaluación del grado de meteorización del macizo rocoso.

Abertura	Descripción
<0.1 mm	Muy angosta
0.1-1.0 mm	Angosta
1.0-5.0 mm	Abierta
>5.0 mm	Muy abierta

Fuente: Geomecánica del Perú EIRL, 2018.

La variación entre las aberturas de las discontinuidades entre 0.1 mm hasta 1 mm, definidas en angostas, visualizado en la figura N° 10

Figura 10: Gráfico comparativo de valores de persistencia entre discontinuidades.



Fuente: Geomecánica del Perú EIRL, 2018.

4.1.1.9. Rugosidad

La abrasividad es un término que está relacionado con la rugosidad que presentan los planos de discontinuidad y resistencia al corte en el macizo rocoso.

En relación a las discontinuidades de la matriz rocosa, las variaciones se presentan entre “ligeramente rugosa” a “rugosa”.

4.1.1.10. Relleno

“El relleno de las discontinuidades, puede variar de acuerdo a la geología del yacimiento y a la naturaleza de la roca, la variación del relleno se da entre 5 mm con determinación de blando a duro”. (5)

4.1.1.11. Número y orientación de familias de discontinuidades

La intensidad del fracturamiento en la matriz rocosa, está determinada por el número de familias de discontinuidades y por el espaciamiento que presentan, las propiedades y características de los planos definen el proceso de intemperización mecánica del macizo rocoso, orientando el terreno respecto a la obra.

La medida de orientación en el proyecto se realizó con la proyección estereográfica, complementándose con la dirección del buzamiento y el buzamiento.

Para la determinación de los valores GSI se utilizó la cartilla geomecánica determinada por la Unidad Cobriza, Figura N° 11.

Figura 11: Cartilla geomecánica Unida Minera Cobriza

ESTIMACIÓN CUALITATIVA DEL ÍNDICE GEOLÓGICO DE RESISTENCIA - G.S.I.

DOE RUN PERU
COBRIZA DIVISION

SOSTENIMIENTO LABORES PERMANENTES	TELEFONOS DE EMERGENCIA
<p>A SIN SOSTENIMIENTO DESATE DE ROCAS PERIÓDICO</p> <p>B OCASIONALMENTE PERROS SEGUN EVALUACIÓN GEOMECÁNICA</p> <p>C SHOTCRETE C/FIBRA 2" A 2" PERROS SISTEMÁTICOS 1.50 m x 1.50 m OCASIONALMENTE MALLA METÁLICA</p> <p>D SHOTCRETE C/FIBRA 2" INMEDIATO PERROS SISTEMÁTICOS 1.20 m x 1.20 m OCASIONALMENTE CIBRAS 1.5 m</p> <p>E SHOTCRETE C/FIBRA 4" INMEDIATO CIBRAS 1.5 m</p>	<p style="text-align: center;">CONDICION SUPERFICIAL</p> <p>MUY BUENA (ROCA MUY DURA, FRESCA) (MB) SUPERFICIES DE LAS DISCONTINUIDADES MUY PULCRAS E INACTIVAS. RESISTENCIA COMPRESIVA UNIAIXIAL DE LA ROCA > 200 MPa (SE AESTIMA CON GOLPES DE PICO) (R)</p> <p>BUENA (ROCA DURA, LEVEMENTE ALTERADA) (B) DISCONTINUIDADES PULCRAS, LEVEMENTE ALTERNADAS (R) DE DIFERENCIA LEGERAMENTE ABIERTAS DE 1 A 2 MM (RELEVO PASA A LA ZONA COMPRESIVA UNIAIXIAL DE LA ROCA DE 100 A 200 MPa) (SE ROMBE CON VARIOS GOLPES DE PICO) (R)</p> <p>REGULAR (ROCA INTERMEDIA, ALTERADA) (R) DISCONTINUIDADES LEVEMENTE ABIERTAS DE 2 A 3 MM (RELEVO COMPACTO ROMBE O PARTIENDOSE CON UN ÚNICO GOLPE DE PICO) (R)</p> <p>MALA (ROCA SUAVE, MUY ALTERADA) (M) SUPERFICIES DE LAS DISCONTINUIDADES PULCRAS O CON EFECTOS DE MUY ALTERADA. MUY ABIERTAS MAS DE 3 MM (RESISTENCIA COMPRESIVA UNIAIXIAL DE LA ROCA DE 25 A 50 MPa) (SE ROMBE SUPERFICIALMENTE LA PICO) (R)</p>
SOSTENIMIENTO LABORES TEMPORALES	
<p>A SIN SOSTENIMIENTO DESATE DE ROCAS PERIÓDICO</p> <p>B SIN SOSTENIMIENTO OCASIONALMENTE SHOTCRETE C/FIBRA 2" EN ROCA PIZARRA O ZONA ALTERADA.</p> <p>C SIN SOSTENIMIENTO OCASIONALMENTE SHOTCRETE C/FIBRA 2" A 3" EN ROCA PIZARRA O ZONA ALTERADA (MANTO).</p> <p>D USAR SOLO COMO ACCESO SHOTCRETE C/FIBRA 2" INMEDIATO</p> <p>E USAR SOLO COMO ACCESO SHOTCRETE C/FIBRA 2" INMEDIATO CIBRAS 1.5 m</p>	

METODOLOGÍA DE APLICACIÓN

ESTA TABLA TIENE COMO OBJETIVO DEFINIR LA CALIDAD DEL MACRO ROCOSO, SEGUN EL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA GSI. ASI MISMO DETERMINAR EL TIPO DE SOSTENIMIENTO QUE REQUIERE PARA ASEGURAR LA ESTABILIDAD DE LA LABOR, SEGUN EL SIGUIENTE PROCEDIMIENTO:

PROCEDIMIENTO DEL MAPEO GEOMECÁNICO

1. TALAR LA ZONA A EVALUAR PARA IDENTIFICAR DISCONTINUIDADES NATURALES CON FRACTURAS PRODUcidas POR DISPAROS.
2. MEDIR CON FLEXÓMETRO UNA DISTANCIA DE 1 METRO. LINEAL. DICHA LINEA DEBE CORTAR LA MAYOR CANTIDAD DE DISCONTINUIDADES DE LO CONTRARIO, MARCAR UN CUADRADO CON LADOS DE 1 METRO.
3. SI MARCASTE UNA LINEA, CONTAR TODAS LAS DISCONTINUIDADES MAYORES A 1 METRO QUE CORTAN ESA LINEA, RECORDAR QUE DEBES ELEJIR UNA LINEA QUE CORTE LA MAYOR CANTIDAD DE DISCONTINUIDADES.
4. SI MARCASTE UN CUADRADO, CONTAR TODAS LAS DISCONTINUIDADES DENTRO DEL CUADRADO. SE CONSIDERAN TODAS AQUELLAS QUE PASEN LOS LÍMITES DEL CUADRADO.
5. VERIFICAR EN LA CARTILLA GEOMECÁNICA LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE ACUERDO AL NÚMERO DE DISCONTINUIDADES CONTADAS (L, F, MF O T).
6. DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS DE LA DISCONTINUIDAD (INCLINACIÓN, APERTURA, RELEVO). LUEGO REALIZAR LA PRUEBA DE RESISTENCIA DE LA ROCA, CON GOLPES DE PICO O CON LA PUNTA DE LA BARRETELLA PARA ESTIMAR LA RESISTENCIA COMPRESIVA.
7. VERIFICAR EN LA CARTILLA GEOMECÁNICA LA CONDICIÓN SUPERFICIAL (M, B, R, M).
8. CON LA INTERSECCIÓN DE LAS DOS CONDICIONES, DETERMINAREMOS LA CALIDAD DE LA ROCA Y EL TIPO DE SOSTENIMIENTO DE ACUERDO AL COLOR SELECCIONADO Y AL TIPO DE LABOR (PERMANENTE, GALERÍA PRINCIPAL O TEMPORAL, TAJEOS - RECUPERACIONES).

EN CONDICIONES NORMALES DE MINADO, EL SOSTENIMIENTO APLICADO SERÁ EL INDICADO CON EL COLOR DE LA PARTE SUPERIOR, CON "FACTORES INFLUYENTES", EL SOSTENIMIENTO APLICADO SERÁ EL INDICADO CON EL COLOR EN LA PARTE INFERIOR.

FACTORES INFLUYENTES

1. PRESENCIA DE AGUA DE FILTRACIÓN A MANERA DE GOTERAS INTENSAS, FLUJOS LIGEROS, FLUJOS INTENSOS Y EROSIONES QUE PROVIENGAN DE LA CORONA, HASTALES O DEL MISMO FRENTE.
2. INDICIOS O EXISTENCIA DE ALTOS ESFUERZOS POR EFECTO DE ABERTURAS CERCANAS, INTERSECCIONES, PROFUNDIDADES MAYORES A 600 METROS DESDE LA SUPERFICIE.

3. EXISTENCIA DE FALLA GEOLÓGICA EN LA EXCAVACIÓN, EN PROXIMIDAD O CERCANA A ESTAS ESTRUCTURAS DE CORTE O CIZALLA. INCLUIR ADEMÁS LA EXISTENCIA DE FALSAS CAJAS PREDOMINANTES, CONTINUAS E INESTABLES.
4. ORIENTACIÓN MUY DESFAVORABLE DE LAS DISCONTINUIDADES (CUANDO SE DISPONEN VERTICALES O SUBVERTICALES Y A LA VEZ PARALELAS A LA EXCAVACIÓN).
5. EXCAVACIONES CON MAL AUTOSOPORTE, DEFICIENTE PERFORACIÓN, PANDO SIGNIFICATIVO DE LA VOLADURA Y CUYA SOBREECAVACIÓN ES MAYOR A 10% DEL VOLUMEN CONSIDERADO EN UNA SECCIÓN TÍPICA.
6. INSTALACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO DESPUÉS DE CUMPLIDO EL TIEMPO DE AUTOSOPORTE (TAS).
7. CAMBIOS BRUSCOS DE TEMPERATURA QUE DILATAN O CONTRAHEN LA TEXTURA Y ESTRUCTURA DE LA ROCA Y LAS DISCONTINUIDADES.
8. DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA SUBTERRÁNEA COMO LAS INTERSECCIONES DE LABORES, PUENTES Y PLARES REDUCIDOS.

ABERTURAS MÁXIMAS Y TIEMPOS DE AUTOSOPORTE

CÓDIGO	TIPO DE ROCA	RMR	CALIDAD	ALTURA MAX. DE LABOR	ANCHO MAX. DE LABOR	TIEMPO DE AUTOSOPORTE
A	R-I MANTO MINERAL	41-100	MUY BUENA	7 m	20 m	5 años
B	R-II MANTO MINERAL	61-80	BUENA	7 m	14 m	3 meses
C	R-III PIZARRA	41-60	REGULAR	6 m	10 m	1 mes
D	R-IV PIZARRA	21-40	MALA	4 m	5 m	5 días
E	R-V COLUVIAL	0-20	MUY MALA	4 m	4 m	1 hora

COMENTARIO FINAL

1. PARA INSTALAR EL SOSTENIMIENTO RECOMENDADO, LA LABOR MINERA SUBTERRÁNEA DEBERÁ ESTAR ASEGURADA CON EL DESATE DE ROCAS (HASTALES Y BOVEDA) Y AUTOSOPORTADA (ARJOL DE LA BOVEDA).

COBRIZA - MARZO 2018

Fuente: Doe Run Perú, 2018.

4.1.1.12. Estaciones geomecánicas (EG)

Se realizaron estudios geomecánicos en zona de profundización y en las rocas encajonantes (pizarra), establecidos por 16 estaciones EG, distribuidas 6 en el área de Pumagayoc, 6 en el área de Coris y 4 en zona de recuperación.

4.1.2. ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA UNIDA MINERA COBRIZA

4.1.2.1. Estudio en el Nivel -200

“En el Nv -200 pasando la veta Pumagayoc tajo 4500 se observan 3 puntos de filtraciones importantes (Sección 4480) por la presencia de fallas transversales N 265°, con caudales de 0.3 a 0.5 l/s (10 lt/5min) (Muestra MC-01). En la cámara del drill Nv -200 la Rp -200 Zigzags zona 3, en la zona más profunda se observan afloramientos de agua termal cortada por el taladro a una falla a 130m. de profundidad que emana del taladro a una fuerte presión pulsante a 60°C de temperatura con un caudal de 2.0 a 2.2 l/s “. (6)

“Finalmente se observan varias zonas con goteos y filtraciones menores tanto en la zona de Coris como en Pumagayoc lo que evidencia que nos encontramos debajo de la napa freática.

Los tajeos llegan hasta 20 m de ancho por 7 m de alto, con rocas de caja relativamente duras; sin embargo, se ha observado franjas con rocas de menor calidad por encontrarse en zonas fracturadas de pizarras y lutitas pizarrosas con más de 3 sistemas principales de fracturamiento donde se produce goteos y filtraciones que pueden generar zonas inestables”. (6)

4.1.2.2. Estudio en el Nivel -130

“En el Nv -130 zona 5 las labores se encuentran mayormente secas se tienen tajos con secciones de 13.5 x 6.5 m en el cual se observa labores secas con pocas áreas húmedas, en algunos puntos del zigzag 4140 la

humedad se acentúa a medida que se profundiza en las rampas del Nv -200". (6)

4.1.2.3. Estudio en el Nivel -20

"En el Nv -20 zona 5, Zigzag al Nv -200 se observa filtraciones a través de una falla N195° Bz 75° con un caudal de 0.013 l/s (4 lt/5 min) donde se tomó la muestra MC-04. En el Tajo 2840 Zona 5, se observa labores secas con ligeras zonas húmedas especialmente en las partes más anchas de 14mx7m. debido a la presencia de fracturas con orientación NE-SW en la zona del cuerpo mineral, sin embargo, en los hastiales con cajas de pizarras se observa igualmente humedad en el sistema de discontinuidades que pueden causar problemas de estabilidad en la zona de fallas y por los esfuerzos verticales de la masa rocosa en los pilares". (6)

4.1.2.4. Estudio en el Nivel 0

"En el Nv 0 se observan labores secas con ligeras superficies húmedas en zonas de fracturamiento, las labores están secas con dos puntos de humedad continuando luego la labor mayormente seca en los zigzags hacia los niveles inferiores. En la Cámara CA3375 zona 5 se observa filtraciones del piso con un caudal de 0.01 l/s (3 lt/5 min) (Muestra MC-03). Las filtraciones ocurren en época de lluvias este caudal se filtra por fracturas del techo de las labores y se incrementa sólo en épocas de altas precipitaciones. Las aguas de filtración y de las pozas sedimentación ubicadas en el Nv 00 son evacuadas a superficie por el Nv 00 que sale de la bocamina de salida cerca al río Mantaro". (6)

"Las intersecciones de la Rp principal que ingresa al Nv -20 hasta el NV -200 se encuentran mayormente secas con ligero humedecimiento a medida que profundizan y con filtraciones puntuales en zonas de fallas". (6)

4.1.2.5. Estudio del Nivel 10

“En el Nv n10 ingresando hacia la zona 3, se observa 02 filtraciones en la galería 10 cerca del pocket del pique con goteos a través de fallas transversales N10° Bz 56° W con caudales menores de 0.026 l/s (8 lt/5min) (Muestra MC-02) y el resto de este nivel es mayormente seca. La zona 5 se observa labores secas y ligeramente húmedas en zonas puntuales de fracturamiento. Las filtraciones se incrementan en época de lluvias a través de las fallas y sistemas de fracturamiento que conectan a la superficie”. (6)

“En este nivel desde la bocamina hasta unos 500m de longitud es seca y no cuenta con sistema de drenaje o despresurización en interior mina, lo que sugiere que el nivel piezométrico se ubica muy por debajo de los niveles más profundos de la mina”. (6)

TABLA N° 10: Aforo de las fuentes de agua (agosto 2018)

Efluente	Caudal l/s
Efluente agua de mina NV 00	203.7
Efluenteplanta de tratamiento	153.8
Efluente desague campamentos	3.2
Toma Huaribamba	136.4
Toma Huertamaru	4.6
Toma Larian	3.6
Toma Lucamayo	9.7
Toma Soshuayco	3.1

Fuente: Evaluación elaborada por BISA 2018.

4.1.2.6. Clasificación hidroestratigráficas de las rocas

En la zona del estudio se identificó dos unidades Hidroestratigráficas, las cuales, por su propiedad de conducir el flujo subterráneo, estas están dispuestas como se muestra en las secciones hidrogeológicas, las unidades Hidroestratigráficas presentes en función de las características de las rocas, se puede hacer la siguiente clasificación:

4.1.2.6.1. Acuífero

“Esta Unidad Minera está conformada por los materiales que aparecen en superficie y que presentan depósitos cuaternarios detríticos como el material de relleno, depósitos coluviales y aluviales, morrenas que son acuíferos libres no confinados o freáticos”. (6)

4.1.2.6.2. Acuitardo

“Está conformado por las formaciones del basamento como lutitas, lutitas pizarrosas y pizarras mineralizadas del Grupo Tarma, así como unidades intrusivas del Granito Cobriza que presentar un menor fracturamiento en profundidad que transmiten muy lentamente el flujo del agua subterránea”. (6)

4.1.2.7. Zonas de recarga y descarga

“A escala de cuenca, se tiene una zona de recarga y varias zonas de descarga. Las zonas de recarga se corresponden con los afloramientos rocosos presentes que son recargados por lluvias directas en las partes altas de las cuencas de las quebradas tributarias al río Huaribamba y Lucumayo en la parte alta de la cuenca. La descarga del acuífero se realiza de forma natural en el río Mantaro y de forma artificial en las galerías subterráneas excavadas hasta el Nv-200 desde donde es evacuada a través de las bocaminas del Nv 00”. (6)

4.1.2.8. Filtraciones en labores subterráneas

“Las actividades de explotación se encuentran a 300 m debajo de la superficie, por lo que se estima que el nivel piezométrico se ubicaría por debajo de las labores mineras del Nv 10 que durante la investigación las labores superiores a esta se encuentran secas.

En la Tabla N° 11, se muestra la medición de caudales en interior mina en época seca (Julio 2018) ubicados en los diferentes niveles y la

infiltración natural del agua subterránea producto del sistema de fallas, presentado flujo subterráneo evidenciado por filtraciones y goteos en sus diferentes niveles”. (8)

“Para el inventario de las fuentes de agua en interior mina que son los afloramientos y filtraciones en las labores se indican con el código MC indicando su ubicación en la labor, estos puntos fueron monitoreados In situ con el equipo multiparámetro y la medición del caudal volumétrico con baldes graduados de 8 lt. y 16 lt. Los parámetros medidos como oxígeno disuelto, ph, conductividad eléctrica, indicarían que estas filtraciones son de las aguas subterráneas del NF.” (8).

TABLA N° 11: Medición de caudales por fuentes de agua en interior mina

Codigo	Fuente Subterránea	Descripción	Caudal
MC- 01	Nv. -200 TJ4600 53N Pumagayoc	Filtraciones de Mina	0.03 a 0.5 lt/s
MC- 02	Nv. -200 2345 CM DDH	Filtraciones en hastiales	2.0 a 2.2 lt/s
MC- 03	Nv. -200 - 24170 Subnivel- Coris	Filtraciones en la Corona	0.005 lt/s (1 lt/3min)
MC- 04	Nv. -200 Zigzag 4119	Filtraciones en los hastiales	0.67 lt/s (8 lt/ 2min)
MC- 05	Nv. -200 -4140	Sondaje Piezométrico	NF
MC- 06	Nv. -200 ZigZag 2330	Sondaje Piezométrico	Fluctuante
MC- 07	Nv. -200 -4140	Sondaje Piezométrico	0.022 lt/s (4 lt/3min)
MC- 08	Nv. 00CM 3375 Zona 5 Coris	Filtraciones de Mina	0.01 lt/s (3 lt/5min)
MC- 09	Nv. 00 Bocamina	Agua de mina	203.7 lt/s
MC- 10	Nv. 00 - 3080	Sondaje Piezométrico	NF
MC- 11	Nv. -20 ZigZag al Nv. -200 Zona 5 Coris	Filtraciones en Mina	0.013 lt/s (4 lt/5min)
MC- 12	Nv. 10 GL 10 Pumagayoc	Filtraciones en Corona	0.053 lt/s (8 lt/2.5 min)

Fuente: Elaboración propia con datos de BISA, 2018.

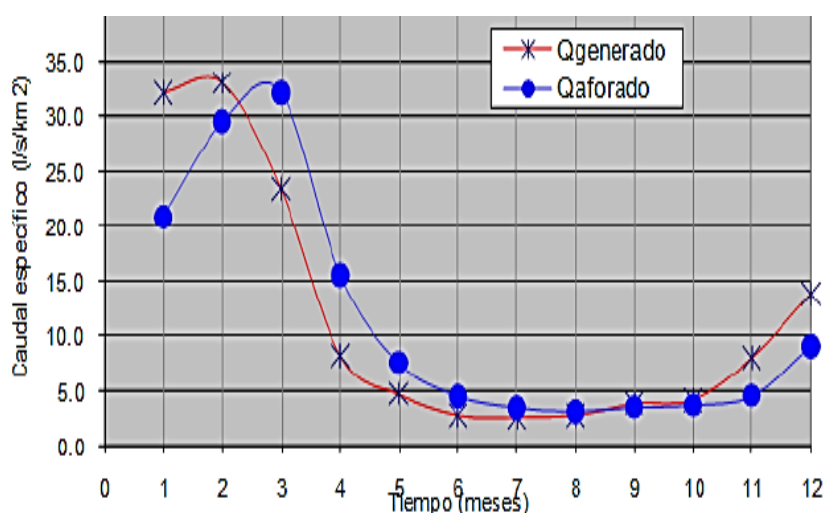
4.1.3. EVALUACIÓN HIDROLÓGICA DE LA UNIDAD MINERA COBRIZA

“La zona de estudio carece de información histórica de descargas, motivo por el cual se ha realizado un análisis exhaustivo de la información de precipitación histórica a nivel regional que conjuntamente con las características físicas de las unidades hidrográficas de interés, ha permitido realizar la generación de las descargas naturales, mediante la Simulación Hidrológica”. (8)

“Este método es empleado para la sierra del Perú en cuencas que carecen de información hidrológica, utilizándose para su calibración los valores del SENAMHI de la estación Chinchi del río Mantaro, ubicado en la Latitud; 12°32' S, Longitud 74° 55' W, Altitud 3150 msnm, Distrito de San Pedro de Coris Provincia y Dpto. Huancavelica. Esta estación cuenta con información hidrométrica”. (8)

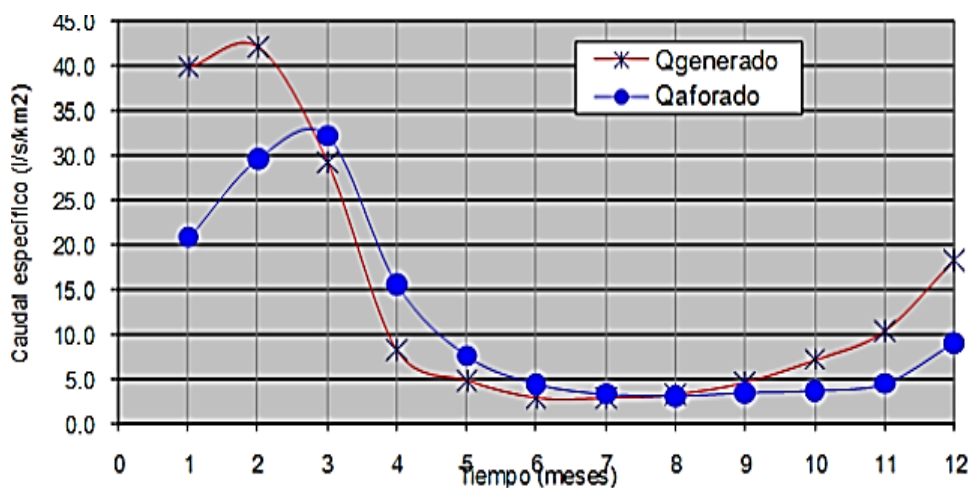
4.1.3.1. Valoración de Caudales en el Nivel -200 por variación de secciones

Figura 12: Valoración de caudales Nv. -200 – 4500 – Sección 3- sur



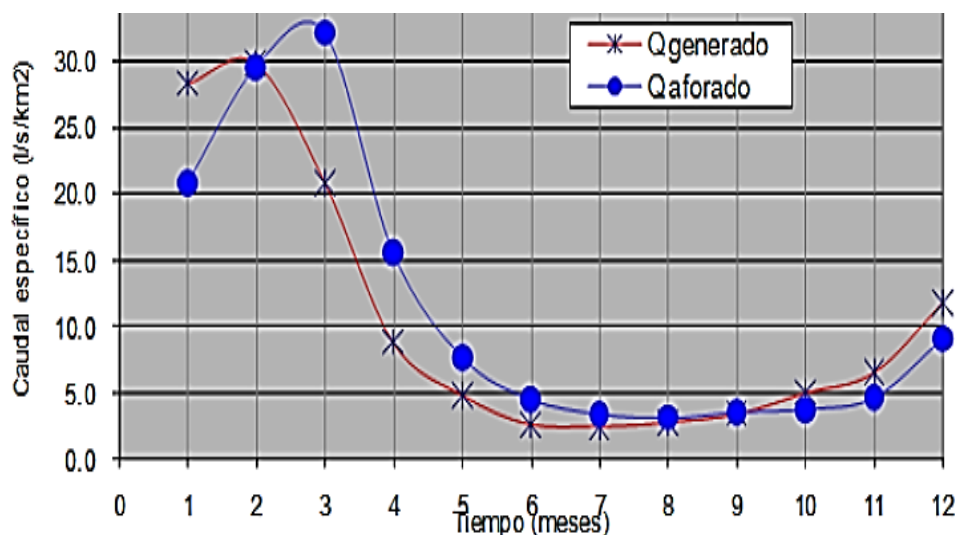
Fuente: Elaboración propia.

Figura 13: Valoración de caudales Nv. -200 -4500 – sección 3-norte



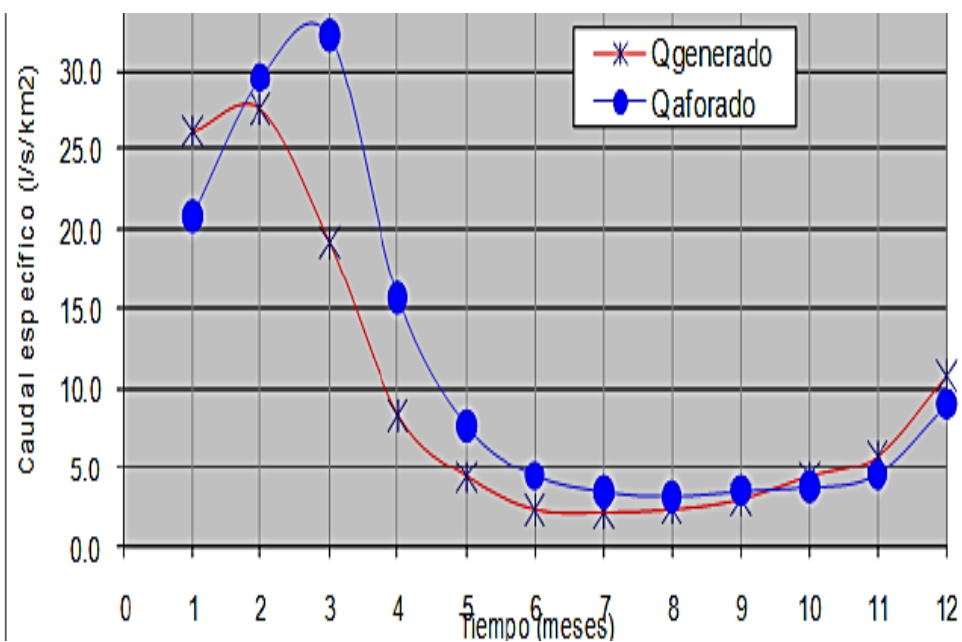
Fuente: Elaboración propia.

Figura 14: Valoración de caudales Nv. -200 -4800 – sección N° 3



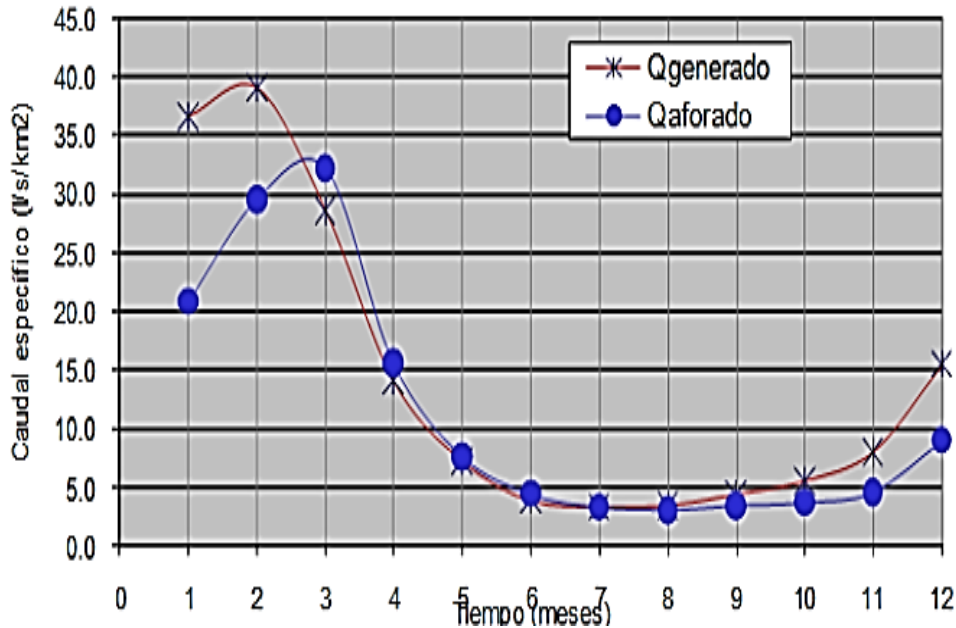
Fuente: Elaboración propia.

Figura 15: Valoración de caudales Nv. -200 -4800 – zz



Fuente: Elaboración propia.

Figura 16: Valoración de caudales RP.Nv -200 - 2180



Fuente: Elaboración propia.

Con los parámetros calibrados del ítem anterior se efectúa la regresión múltiple entre el caudal del mes T, el caudal del mes anterior (T-1) y la precipitación efectiva del mes T, se determina los coeficientes de regresión, el error estándar y el coeficiente de correlación.

Aplicando los Modelos de Generación descrito anteriormente, se calculan los valores de las descargas medias mensuales en m³/s de las unidades hidrográficas, para el periodo 1964/2018 (55 años)

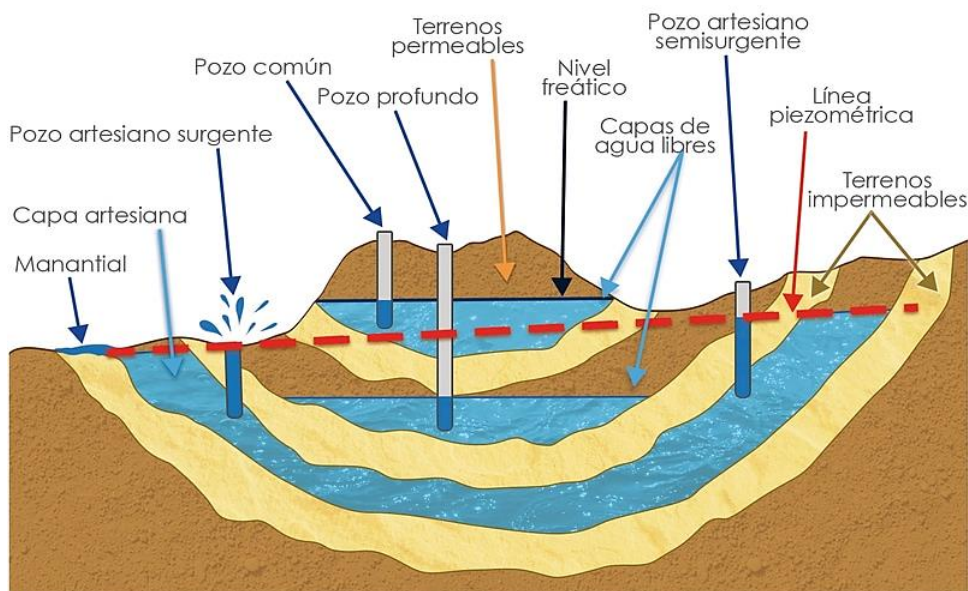
4.1.3.2. Diagrama del caudal en función a la sección y el nivel freático

“Debido a la falta de información hidrometeorológica en determinadas zonas que justifiquen el diseño hidráulico de las estructuras proyectadas, se plantean métodos de cálculo empíricos en base a observaciones y parámetros determinados de acuerdo a las características geomorfológicas y de cobertura vegetal de la zona donde se ubica el proyecto. Con la finalidad de obtener La estabilidad del nivel freático del cual se calcularán los caudales instantáneos, por medio de

diferentes métodos empíricos; de esta forma determinaremos el máximo caudal". (8)

Luego con este caudal calculado obtendremos una nueva altura de agua, que será mayor a la marca de la huella dejada por el agua en una máxima avenida. Con la finalidad de establecer un nivel piezométrico óptimo para el túnel.

Figura 17: Diagrama del nivel freático piezométrico por el Área en la Sección Nv. -200



Fuente: Departamento de Geología. Unidad Minera Cobriza.

4.2. RESULTADO DEL TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

4.2.1. CONCRETO EN ROCA FRACTURADA.

La estabilidad en torno a la relación agua y cemento, se define de acuerdo a la capacidad y el trabajo a realizar en mina, estableciendo la viscosidad como cohesión, ambos parámetros se relacionan de acuerdo a la resistencia y flujo de la mezcla, medidos por el diagrama de Bingham.

La viscosidad se controla de acuerdo al caudal que se proporciona en el túnel, y la cohesión se representa mediante la distancia que recorre el líquido, midiendo una proporción de distancia de penetración y presión de inyección, dado por las oquedades divididas por la cohesión.

Se tiene en consideración el condicionamiento inicial del tipo de lechada en torno a la estabilidad, la acuosidad y la forma liviana de la mezcla.

4.2.2. PROCEDIMIENTO DE INYECCIONES

El estudio hidrogeológico, en relación al nivel freático de zonas de alto tránsito definirán el procedimiento de inyección de cemento más aditivo para la impermeabilización, en zonas de afluencia de agua.

4.2.3. CRITERIOS DE DISEÑO

4.2.3.1. Consideraciones geológicas

El sistema de impermeabilización en zonas de alto tránsito, requieren un consensado estudio hidrogeológico del área de impacto, para la definición de materiales y aditivos, teniendo en cuenta el nivel freático y la caracterización geomecánica para no interceder con el ciclo normal de operaciones.

Los estudios pre-establecidos en el proyecto definirán procesos de técnicas, equipos, costos y tiempos adecuados a la implementación de impermeabilización en zonas de alto tránsito, siendo dos ejemplos de proyectos pre factibles que este trabajo deja establecidos, La cortina de sellado para reservorios y el tratamiento de aguas para mejorar el afloramiento de presencia de agua en minería subterránea.

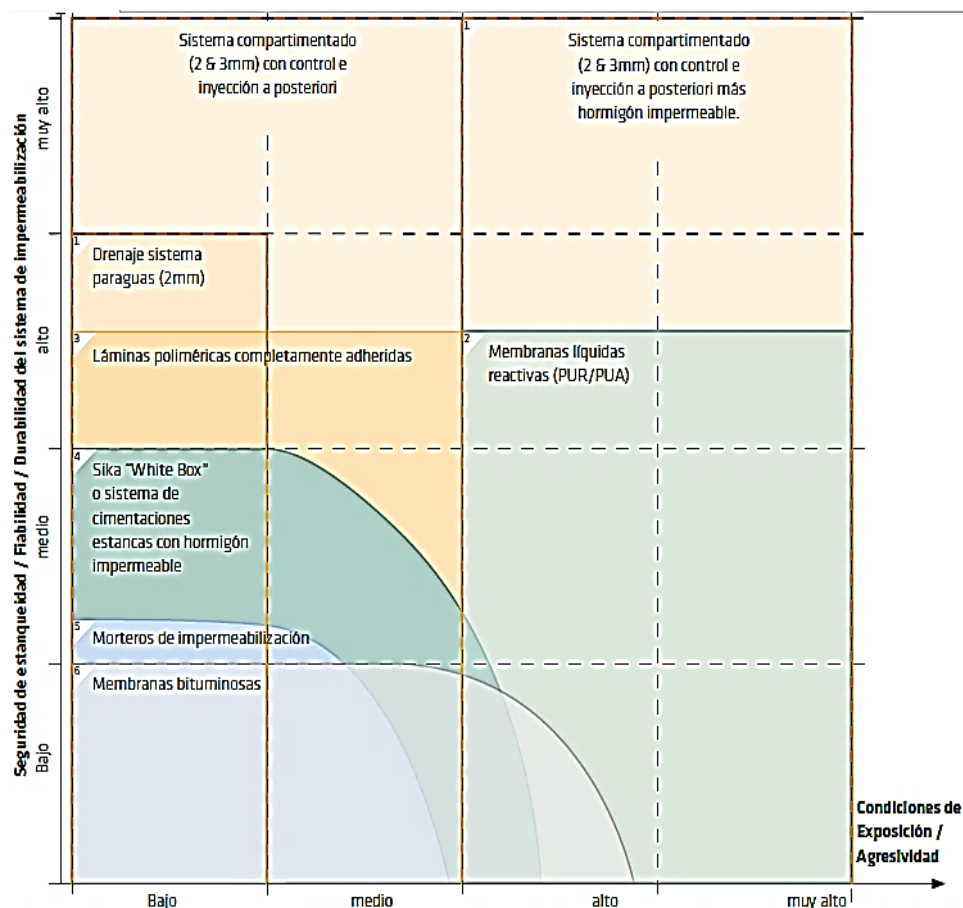
4.2.4. PLAN OPERATIVO

El proyecto propuesto se plantea en el Nivel -200 – sección N° 03, mediante ingreso por rampas en la zona adyacente a la veta Pumagayoc, por la presencia de oquedades con filtración de agua y caudal inestable, lo que produce una distribución oscilante del nivel freático y en la presión del líquido sobre el macizo rocoso.

La selección del método de impermeabilización mediante concreto por taponeo en filtraciones, se define por parámetros técnicos de la estabilidad del nivel freático y

el caudal de ingreso a la sección, la presión que ejerce el líquido sobre el macizo rocoso visto en la figura N° 18, y los costos operativos que este demande.

Figura 18: Selección del método de impermeabilización



Fuente: Extraído del manual Soluciones Sika 2018.

Por el análisis sobre la condición de exposición, agresividad del agua sobre el macizo rocoso, seguridad de la estanqueidad, y el tratado de la impermeabilización definiendo los morteros de impermeabilización como solución óptima.

4.2.4.1. Impermeabilización de oquedades en zonas de alto tránsito

De acuerdo al estudio geomecánico, hidrogeológico e hidrológico en la Unidad Minera Cobriza se plantea la aplicación de mortero impermeabilizante en las oquedades en el Nv. -200 en zonas de alto tránsito con el sellador de filtraciones y acelerante rápido de fraguado-SIKA 2, ya que proporciona una pasta para el sellado de filtraciones sin cloruros óptimos en el uso de roca y túneles, sin la necesidad de vaciar el brote de agua o bombear la estanqueidad del líquido.

4.2.4.1.1. Preparación del sistema de mortero en la oquedad

La preparación para la implementación de mortero impermeabilizante en la sección, tiene por procedimiento el lavado de la zona de aplicación, libre de partes sueltas, sana y limpia de sustancias extrañas.

Se vierte en un recipiente de boca ancha una parte en volumen de Sika-2 puro, para posteriormente agregar 2 partes de cemento. Mezclando con rapidez hasta obtener una pasta homogénea (La operación debe hacerse en menos de 10 segundos aprox.).

4.2.4.1.2. Aplicación

Se moldea con la pasta Sika-2 más cemento un tapón para sellar rápidamente la grieta o agujero. Sujetando fuertemente para vencer la presión del agua, hasta que la pasta haya endurecido. En grietas u orificios empezando por cubrir sus bordes, reduciendo poco a poco su tamaño, teniendo en cuenta la ficha técnica, vista en la Tabla N° 12.

TABLA N° 12: Ficha técnica del producto y de la aplicación

Tipo	aditivo Líquido
Densidad	1,24 + - 0.03 kg/l aprox.
Fraguado	Inicial: 10-25 segundos aprox.
	Final: 25-50 segundos aprox.
Color	ámbar
Consumo	aprox. 0.5kg de Sika 2 por Kilogramo de cemento

Fuente: Elaboración propia con datos de Sika 2018.

4.2.5. PLAN TÉCNICO

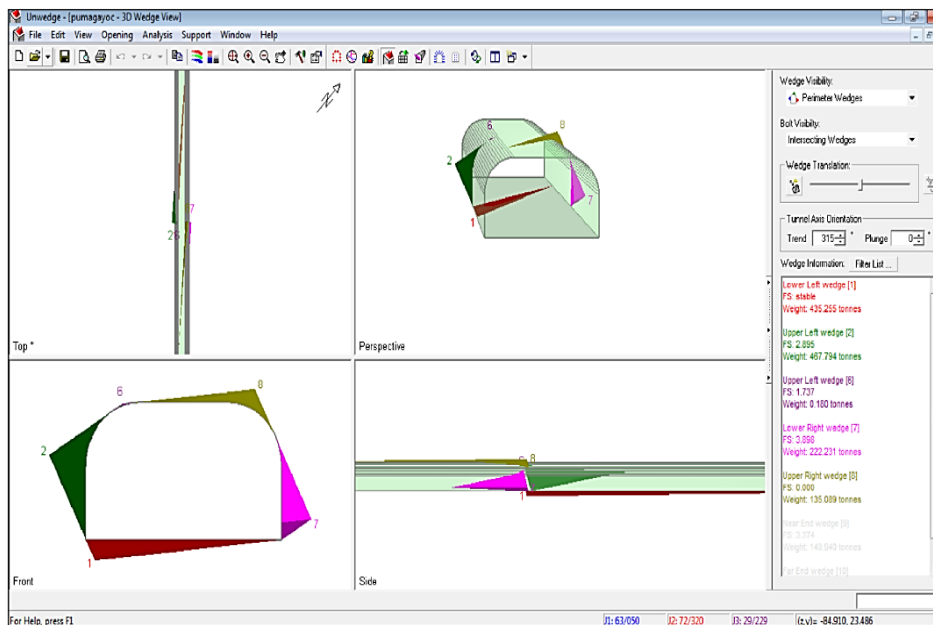
Se definirán tipos de impermeabilizantes dependiendo del tratamiento y el trabajo a realizar, siendo estos, inyecciones en túneles, de cortina, en áreas, para relleno de cavidades, de perforaciones, en contacto y en suelo.

De acuerdo al estudio establecido se define las inyecciones en túneles para la impermeabilización de zonas de alto tránsito.

En la sección del túnel se ejecutarán el sistema de inyecciones, mediante el proceso de perforación perpendicular a la oquedad con una perforadora Rock Drill rotopercutiva, con martillo de fondo.

Para la inyección de cemento se definirá el establecimiento y medición con un piezómetro para observar la presión del agua en el túnel, visto en la figura N°19, adecuando una central de inyección convencional, con un mezclador coloidal de alta turbulencia, una bomba de pistones y un agitador con capacidad de 100 bar, estableciendo el proceso en dos guardias de 8 horas efectivas.

Figura 19: Presión del líquido en el Nivel -200, Sección N° 03



Fuente: Departamento de geomecánica Unidad Minera Cobriza- Software Unwedge 3.0

4.2.6. INYECCIONES EN TÚNELES EN MINA

Se realiza la implementación de inyecciones de concreto más aditivo por sobre el sostenimiento aplicado a la zona, para la impermeabilización de oquedades y la estabilidad de nivel freático del túnel.

En relación a los problemas hidrológicos presentes en estudios previos en proyectos, se plantean impermeabilización en las filtraciones antes del proceso de sostenimiento, en el caso de esta investigación se plantean las filtraciones posteriores al sostenimiento, por lo cual se plantea el requerimiento de la caracterización geomecánica como proceso adjunto a la impermeabilización.

Para el proceso de inyección de cemento se estableció el diámetro de las oquedades, la cohesión y la fricción visualizado en la figura N°20, de tales para el establecimiento de la lechada de cemento más aditivo para impermeabilizar puntos de surgencia de agua.

Figura 20: Prueba de corte directo en el desarrollo de filtraciones



Fuente: Departamento de geomecánica Unidad Minera Cobriza.

4.2.7. PLAN DE DISEÑO

4.2.7.1. Perforación de los taladros para la inyección

Para presiones de mayor impacto en zonas de afluencia de agua y posteriores problemas de bombeo, se menciona la correcta formulación de los taladros para la posterior aplicación de impermeabilizante en zonas de alto tránsito en minería, se debe proyectar los taladros de forma espaciada dentro de una sección específica para completar la profundidad de la oquedad e ir inyectando secuencialmente el impermeabilizante, de esta forma se da una ventilación cíclica entre los taladros.

El proceso de perforación se tiene que plantear con equipos rotopercutivos donde la acción del agua y el aire interactúen con el taladro, el cual estará definido por un diámetro entre 62.5 mm y 75 mm.

4.2.7.2. Limpieza de taladros

El proceso de lavado del taladro perforado se produce de forma inmediata, mediante chorros de agua, para la cohesión e impermeabilización de las zonas de alto tránsito.

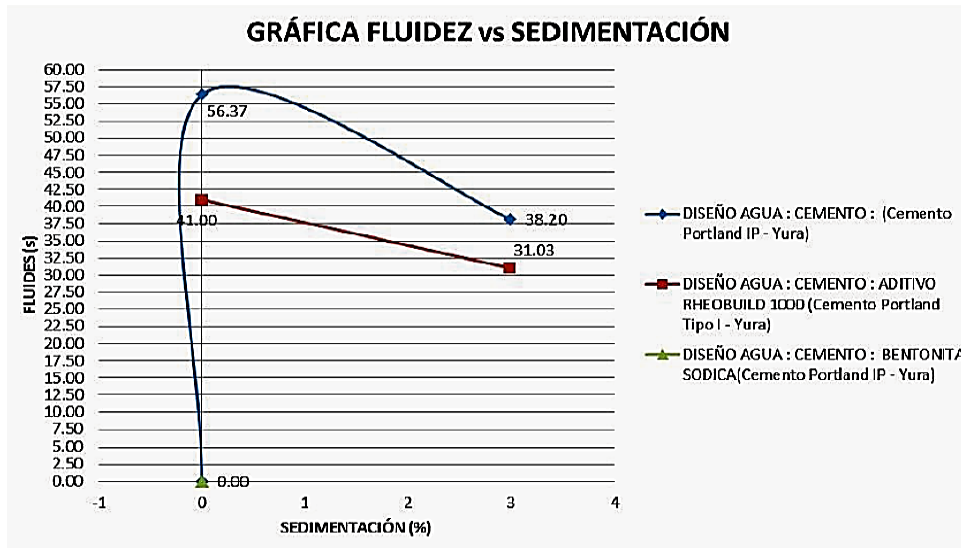
Posterior al lavado se tiene que medir la estabilidad del aire en los taladros, siendo esta una presión mínima de 6 bares. Los taladros que devuelvan agua limpia están listas para el siguiente proceso de impermeabilización, si estas aguas contienen arena, o sustancias, se debe estabilizarlas mediante chorros de agua en el taladro hasta obtener el agua limpia.

4.2.7.3. Inyecciones de concreto

Mediante la verificación de la limpieza de los taladros, se procederá a aplicar las inyecciones de lechada más aditivo para la impermeabilización de taladros, este trabajo se realizará de forma ascendente, (de abajo, hacia arriba) y consistirá en las etapas de perforación, lavado, ensayo de agua y aire en los taladros, luego inyección.

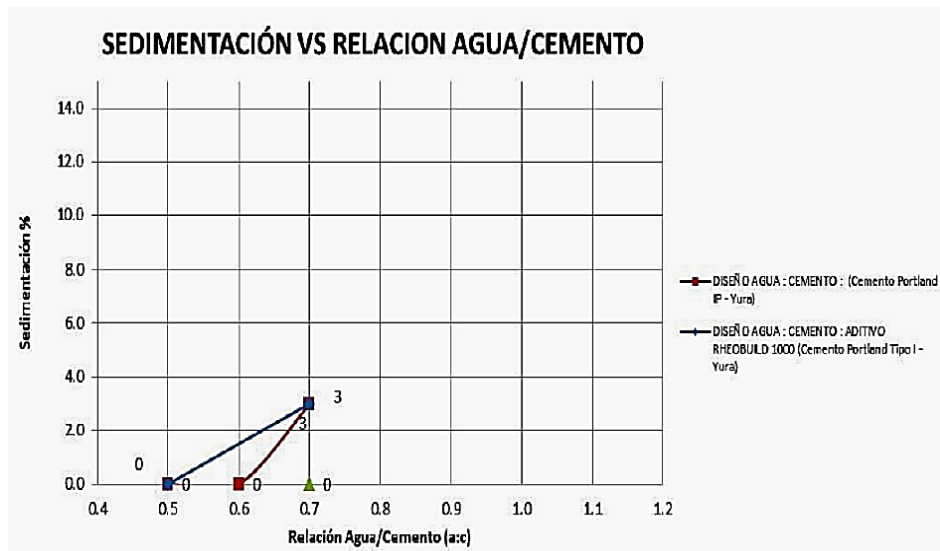
La inyección se da en forma secuencial, impermeabilizando los taladros individualmente de acuerdo al estudio hidrológico y geomecánico previamente hechos, definiendo el tipo de aditivo y concreto a aplicar en zonas de alto tránsito, descritos por secciones (tajos y rampa) visto en la Figura N° 21.

Figura 21: Gráfica de fluidez esperada, post aplicación de las inyecciones con mortero impermeabilizante



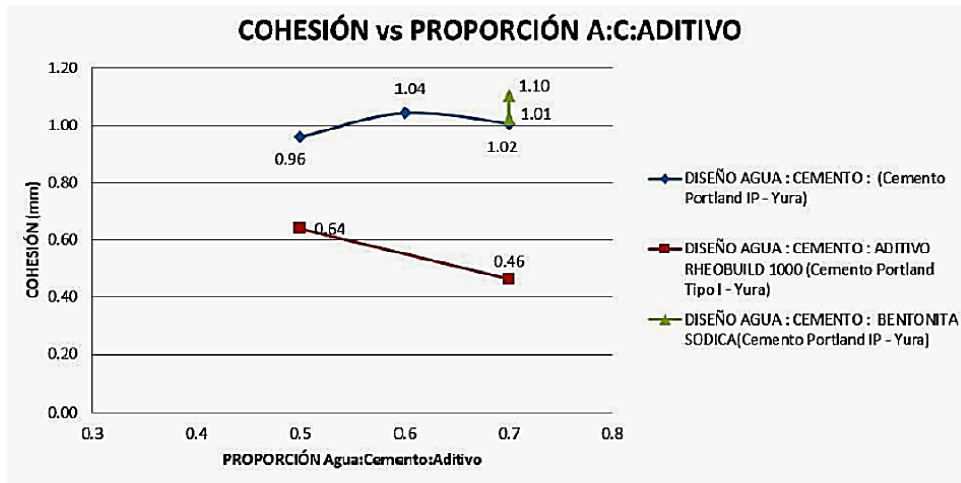
Fuente: Extraído de la tesis Portocarrero, 2017.

Figura 22: Gráfico de sedimentación del material con mortero impermeabilizante.



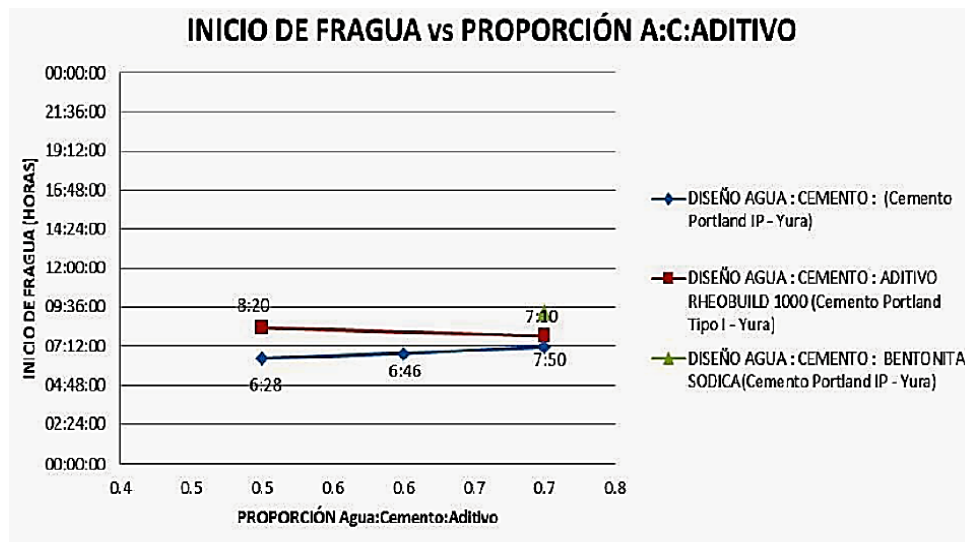
Fuente: Extraído de la tesis Portocarrero, 2017.

Figura 23: Cohesión del aditivo para la impermeabilización del túnel con mortero impermeabilizante.



Fuente: Extraído de la tesis Portocarrero, 2017.

Figura 24: Gráfico de fragua con mortero impermeabilizante por acción del aditivo.



Fuente: Extraído de la tesis Portocarrero, 2017.

4.2.8. COSTOS DEL PROYECTO

Para la finalidad del proyecto, se determina el proceso de implementación de impermeabilizante con la finalidad de reducir el impacto del agua en el macizo rocoso, nivelando la napa freática y la estabilidad de la matriz de la sección.

En las secciones de estudio se proyecta la inyección de impermeabilizante en 3 taladros por área de oquedad, sellando la surgencia de agua, utilizando 203 bolsas de cemento portland (tipo I) con el respectivo aditivo a utilizar.

Se observa detalladamente el cuadro de costos para la implementación de inyecciones de cemento para el calafateo de zonas de surgencia de agua.

TABLA N° 13: Costos de la implementación de inyecciones de cemento

UNIDAD MINERA COBRIZA		IMPLEMENTACIÓN DE INYECCIONES EN LA SECCIÓN N°03. NV. -200					TOTAL(US\$)
Gastos de Impermeabilización	Proceso 1	Proceso 2	Proceso 3	Proceso 4	Proceso 5		
Trabajos Preliminares	2,500.00					2,500.00	
Caracterización Geomecánica	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,300.00	1,300.00	6,200.00	
Estudios Complementarios	4,500.00	3,600.00				8,100.00	
Materiales e Insumos		2,300.00	4,500.00	4,500.00	5,000.00	16,300.00	
Energía		5,300.00	5,300.00	5,300.00	5,300.00	21,200.00	
Mantenimiento y Otros		1,000.00	1,000.00	1,500.00	1,700.00	5,200.00	
Gastos de Gestión					1,500.00	1,500.00	
Unidad Monetaria (US\$)	8,200.00	13,400.00	12,000.00	12,600.00	14,800.00	61,000.00	

Fuente: Elaboración propia.

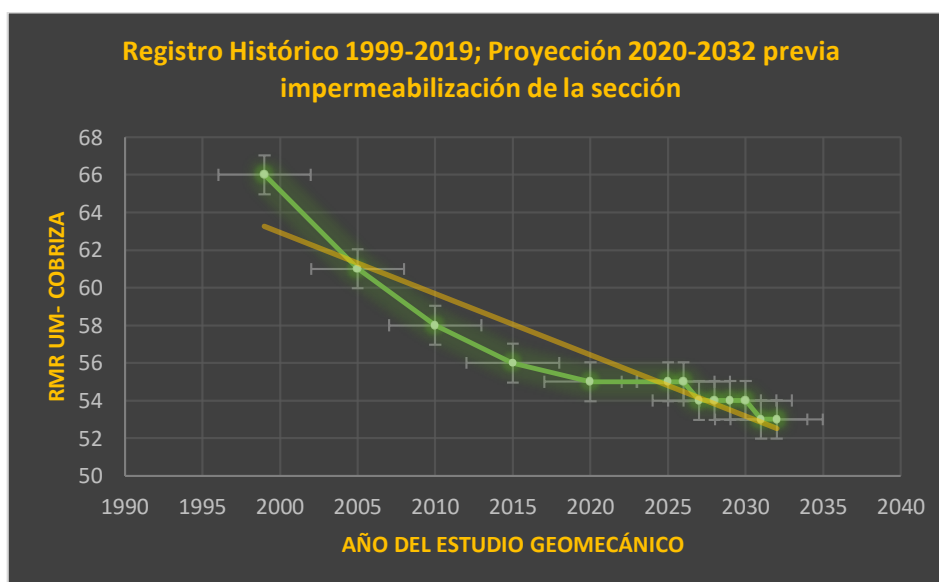
4.2.9. RESULTADOS DE LA ESTANDARIZACIÓN EN EL CUIDADO DEL MACIZO ROCOSO

La finalidad del estudio es comprometer las variables en torno a la solución del cuidado del macizo rocoso, de personal y equipo en torno a los registros históricos en la estabilidad de la matriz rocosa, teniendo en cuenta los costos que estos conllevan y el pensamiento de que la seguridad no tiene precio.

4.2.9.1. Estandarización en el cuidado del macizo rocoso en la sección N° 03. Nv.-200; Tj 4500- Sur (RMR)

Con el establecimiento del sistema de inyección de cemento en la Sección N° 03. Nv.- 200; Tj 4500- Sur, según el estudio histórico del (RMR) Rock Mass Rating, se muestra en la Figura N°25, Según un indicador de estabilidad, la mejora del cuidado de la matriz rocosa en el área de la sección definida por el Sur de la profundización, y la tendencia constante desde el año de aplicación (2019).

Figura 25: Registro histórico del RMR, en la Sección N°03 Nv.-200; Tj 4500- Sur.

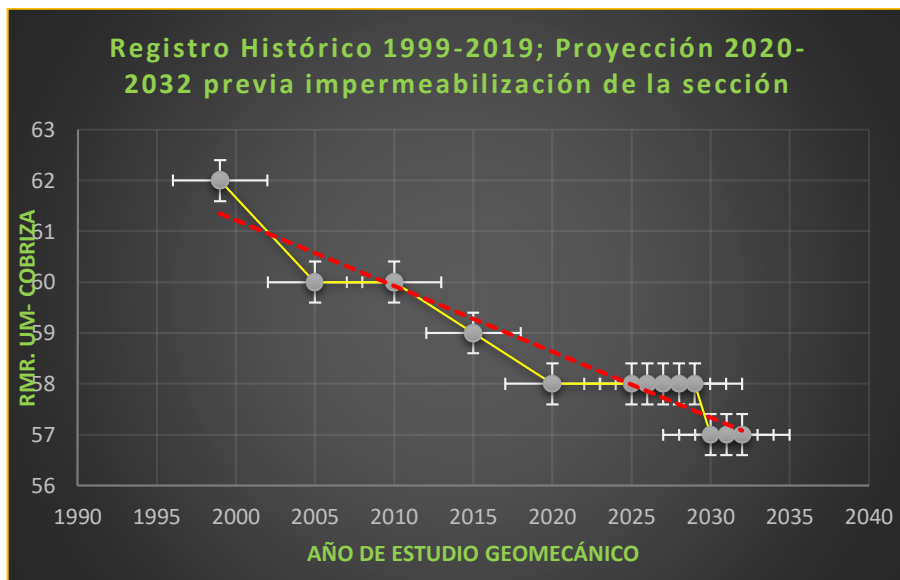


Fuente: Elaboración propia.

4.2.9.2. Estandarización en el cuidado del macizo rocoso en la sección N° 03. Nv.-200; Tj 4500- Norte (RMR)

El sistema de inyecciones de cemento en la Sección N° 03. Nv.-200; Tj 4500- Norte, según el estudio histórico del (RMR) Rock Mass Rating, que se muestra en la Figura N°26. Establece el estudio con menor variación por estar alejado al sistema principal de eyección de agua en el área de la sección definida por el Norte, de igual forma se muestra la tendencia constante desde el año de aplicación (2019).

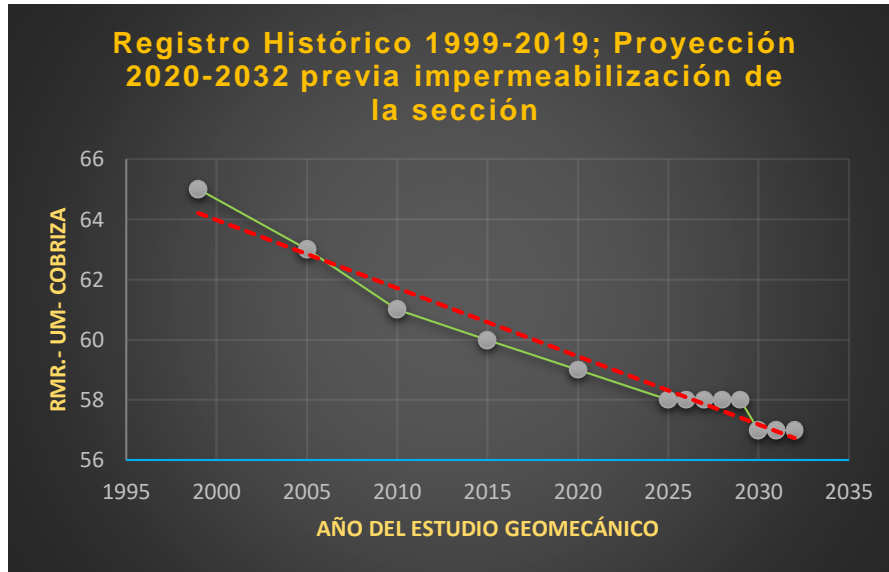
Figura 26: Registro histórico del RMR, en la Sección N°03 Nv.-200; Tj 4500- Sur.



Fuente: Elaboración propia.

4.2.9.3. Estandarización en el cuidado del macizo rocoso en la RP. Nv. -200; 4800- ZZ

Figura 27: Registro histórico del RMR, en la RP. Nv. -200; 4800- ZZ

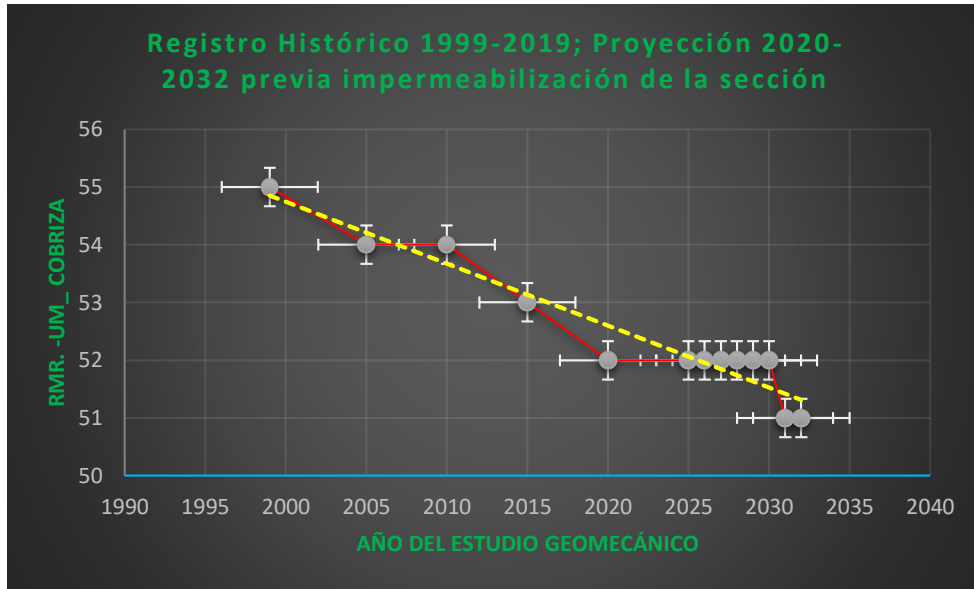


Fuente: Elaboración propia.

4.2.9.4. Estandarización en el cuidado del macizo rocoso en el Tj. -200; 2180

En la figura N°28, se visualiza la estabilidad del macizo rocoso en torno a la resistencia de cargas, por la inyección de cemento para su impermeabilización y con ello impedir el proceso de intemperización del agua, sobre la matriz rocosa.

Figura 28: Registro histórico del RMR, en el Tj. 2180; Nv. -200.



Fuente: Elaboración propia.

4.2.10. RESULTADO DE LA ESTABILIDAD DEL NIVEL FREÁTICO Y CAUDALES

Se mostrará la Tabla N°14 donde se aprecia las áreas definidas para el estudio y los caudales presentados como Q' : siendo el caudal que recorre la napa freática en la sección en pulgadas cúbicas por segundo, y Q : siendo el caudal que ingresa por las oquedades en la sección en pulgadas cúbicas por segundo.

TABLA N° 14: Áreas de estudio para la implementación de inyecciones de cemento, caudales presentes.

ÁREA	VETA	LABOR	UBICACIÓN	ROCA	Q´	Q	GSI	EG
Profundización	Pumagayoc	200/ 4500 / Sur/ S3	CT	III	4.1	1.7	F/R(45-50)	EG-01
			CT	III	6.4	2.6	F/R(50-60)	EG-02
			MM	II	27	10.8	F/R(60-70)	EG-03
		-200/ 4500/ Norte/ S3	MM	II	25.7	10.3	F/R(60-70)	EG-04
			CP	III	6.2	2.5	F/R(50-60)	EG-05
			Manto	III	16.5	6.6	F/R(50-60)	EG-06
	Coris	-200/ 2180	CP	III	6.4	2.6	F/R(55-65)	EG-07
			CT	III	6.2	2.5	F/R(50-60)	EG-08
			MM	II	28	11.2	F/R(60-70)	EG-09
-130/ 1600/ Norte		CP	III	6.4	2.6	F/R(55-65)	EG-10	
		MM	II	19.3	7.7	F/R(60-70)	EG-11	
		RC	III	3.5	1.4	MF/R(40-50)	EG-12	
Recuperación	Zona 1	-28/ 1760/ S5	CT	III	3.3	1.3	F/R(40-50)	EG-13
			MM	II	28	11.2	F/R(60-70)	EG-14
	Zona 2	-42/ 1760/ S4	RC	III	4.7	1.9	MF/R(40-50)	EG-15
			MM	II	29.3	11.7	LF/R(70-80)	EG-16

Fuente: Elaboración propia con datos de Geomecánica del Perú EIRL, 2018.

4.2.10.1. Estabilidad en el nivel freático y caudales en la sección N° 03. Nv.-200; Tj 4500- sur

Los estudios nos proporcionan el caudal de la napa freática de la sección y el caudal de ingreso hacia la sección, con la implementación de inyección de cemento, se logra estabilizar el nivel freático y con ello controlar la acción del agua sobre el macizo rocoso con presencia de porosidad por la exposición a medios externos.

En la Tabla N°15, se visualiza el control del nivel freático y la secuencialidad del cauce en la sección, por acción de las inyecciones de cemento impermeabilizante.

TABLA N° 15: Estabilidad en el nivel freático y caudales en la sección N° 03. Nv.-200; Tj 4500- sur

ÁREA	LABOR	UBICACIÓN	EG	Q'(P3/S)	Q(P3/S)	Q'(L/S)	Q(L/S)
Profundización	Sección N°03.	CT	EG- 01	4.1	1.7	0.067187	0.027858
	Nv. -200;Tj 4500-S	CT	EG- 02	6.4	2.6	0.104877	0.0426064
CORIS		MM	EG- 03	27	10.8	0.442451	0.1769803
TOTAL DE CAUDAL EN LA SECCIÓN				37.5	15.1	0.614515	0.2474447

IMPLEMENTANDO LAS INYECCIONES DE CEMENTO

CAUDAL EN LA NAPA FREÁTICA		CAUDAL DE INGRESO A LA SECCIÓN		
ESTACIÓN – 01	0.095045	(L/S)	0	(L/S)
ESTACIÓN – 02	0.1474834	(L/S)	0	(L/S)
ESTACIÓN – 03	0.6194313	(L/S)	0	(L/S)

Fuente: Elaboración propia.

4.2.10.2. Estabilidad en el nivel freático y caudales en la sección N° 03. Nv.-200; Tj 4500- norte

En la Tabla N°16, se visualiza el control del nivel freático y la secuencialidad del cauce en la sección, por acción de las inyecciones de cemento impermeabilizante.

TABLA N° 16: Estabilidad en el nivel freático y caudales en la sección N° 03. Nv.-200; Tj 4500- Norte

ÁREA	LABOR	UBICACIÓN	EG	Q'(P3/S)	Q(P3/S)	Q'(L/S)	Q(L/S)
Profundización	Sección N°03.	MM	EG- 04	25.7	10.3	0.421475	0.1687868
	Nv. -200;Tj 4500-N	CP	EG- 05	6.2	2.5	0.1016	0.0409677
Pumagayoc		TOTAL DE CAUDAL EN LA SECCIÓN		31.9	12.8	0.523075	0.2097545

IMPLEMENTANDO LAS INYECCIONES DE CEMENTO

CAUDAL EN LA NAPA FREÁTICA		CAUDAL DE INGRESO A LA SECCIÓN		
ESTACIÓN - 04	0.5902618	(L/S)	0	(L/S)
ESTACIÓN - 05	0.1425677	(L/S)	0	(L/S)

Fuente: Elaboración propia.

4.2.10.3. Estabilidad en el nivel freático y caudales en la RP. - 200; 4800 - ZZ

En la Tabla N°17, se visualiza el control del nivel freático y la secuencialidad del cauce en la sección, por acción de las inyecciones de cemento impermeabilizante.

TABLA N° 17: Estabilidad en el nivel freático y caudales en la RP. -200; 4800 - ZZ

ÁREA	LABOR	UBICACIÓN	EG	Q'(P3/S)	Q(P3/S)	Q'(L/S)	Q(L/S)
Profundización	RP. -200;						
	4800-ZZ	MANTO	EG- 06	16.5	6.6	0.2703866	0.108155
Pumagayoc							
	TOTAL DE CAUDAL EN LA SECCIÓN			16.5	6.6	0.2703866	0.108155

IMPLEMENTANDO LAS INYECCIONES DE CEMENTO

CAUDAL EN LA NAPA FREÁTICA

CAUDAL DE INGRESO A LA SECCIÓN

ESTACIÓN - 06 0.3785416

(L/S)

0

(L/S)

Fuente: Elaboración propia

4.2.10.4. Estabilidad en el nivel freático y caudales en el Tj. - 200; 2180

En la Tabla N°18, se visualiza el control del nivel freático y la secuencialidad del cauce en la sección, por acción de las inyecciones de cemento impermeabilizante.

TABLA N° 18: Estabilidad en el nivel freático y caudales en el Tj. -200; 2180

ÁREA	LABOR	UBICACIÓN	EG	Q'(P3/S)	Q(P3/S)	Q'(L/S)	Q(L/S)
Profundización		CP	EG- 07	6.4	2.6	0.104877	0.0426064
	Tj. -200; 2180	CT	EG- 08	6.2	2.5	0.101678	0.0409677
CORIS		MM	EG- 09	28	11.2	0.458838	0.1835351
	TOTAL DE CAUDAL EN LA SECCIÓN			40.6	16.3	0.665393	0.2671092
IMPLEMENTANDO LAS INYECCIONES DE CEMENTO							
CAUDAL EN LA NAPA FREÁTICA				CAUDAL DE INGRESO A LA SECCIÓN			
		ESTACIÓN - 07	0.1474834	(L/S)	0	(L/S)	
		ESTACIÓN - 08	0.1426457	(L/S)	0	(L/S)	
		ESTACIÓN - 09	0.6423731	(L/S)	0	(L/S)	

Fuente: Elaboración propia.

4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.3.1. RESULTADO DE LA CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA

Se logró determinar los parámetros técnicos para el desarrollo del proyecto en torno al macizo rocoso y sus características y propiedades, estableciendo fases del proceso, comprendidos en los siguientes:

a. Grado de fracturamiento (RQD)

La calidad de la roca en la zona de estudio es de “media a buena” con valores promediados entre 66-81.

b. Espaciamiento

Los valores establecidos en las 6 estaciones geomecánicas de estudio están entre 0,11m a 0,27.

c. Persistencia

La persistencia se plantea en continuidad media a alta continuidad entre 6 a 13.

d. Abertura

La abertura constante se define en el valor bajo de 0,1mm.

e. Rugosidad

Se plantea en ligeramente rugosa a rugosa.

f. Relleno

El relleno es de blando a duro en el valor de 5 mm en la zona de estudio.

g. Estaciones geomecánicas

El estudio se proyectó en su generalidad con 16 estaciones geomecánicas distribuidas en las 3 secciones de la Unidad Minera Cobriza, siendo la sección 3 la zona de estudio con las estaciones EG-01, EG-02, EG-03, EG-04, EG-05, EG-06.

4.3.2. RESULTADO DE LA EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA

Se logró la determinación de datos hidrogeológicos en torno al seccionamiento de la napa freática y el nivel freático que transcurre en la sección N° 3 en el Nv. -200; con 3 puntos de filtración importante, afloramiento de agua termal en zonas de recarga y descarga.

Comprendidos por tres tajos y una rampa. Dando una visión general de acuerdo al cauce de aguas subterráneas en contacto con el macizo rocoso y las propiedades geomecánicas de la Unidad Minera Cobriza.

4.3.3. RESULTADO DE LA EVALUACIÓN HIDROLÓGICA

La evaluación hidrológica en la Unidad Minera Cobriza, determinó el cauce natural de agua y los puntos de precipitación histórica, describiendo características físicas de las unidades hidrográficas, según el balance hidrológico en zonas específicas graficadas en caudal generado y aforado en la Unidad Minera Cobriza, de aguas subterráneas o pluviales de ingreso a mina.

4.3.4. RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE CAUDALES

Mediante la medición del caudal de la napa freática y las filtraciones en interior mina, se obtuvo y sistematizó los caudales de ingreso a la sección y la proyección de cierre e impermeabilización de estos.

Establecidos por las estaciones geomecánicas puestas en la zona de estudio de forma: EG-01 = 0,0278; EG-02 = 0,04; EG-03 = 0,1769; EG-04 = 0,168; EG-05 = 0,041; EG-06 = 0,1081.

4.3.5. RESULTADO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE INYECCIONES IMPERMEABILIZANTES

Con la implementación de mortero impermeabilizante con Sika 2, se logró la estandarización del cuidado del macizo rocoso y la estabilidad del nivel freático que recorre por la sección N°3, que comprenden tres tajos a profundización y una rampa, estableciendo el caudal de ingreso en toda la extensión de la sección N° 03 igual a cero.

CONCLUSIONES

1. Se concluye que el resultado de la caracterización geomecánica en zonas de afluencia de agua, se estableció mediante estaciones geomecánicas y registros históricos de la acción del agua en torno al tratado del macizo rocoso, estandarizando el cuidado de la matriz rocosa, con la impermeabilización de oquedades en las labores de profundización Tj 4500; Sur, Nv. – 200- s 3; Tj 4500 Norte, Nv. -200 – s3; Tj. 2180; Nv. -200 – s3 y la rampa 4800- zz; Nv. -200 – s3.
2. De acuerdo a la evaluación hidrogeológica se concluye, mediante la impermeabilización de oquedades se logrará la estabilidad del caudal de la napa freática que transcurre por la sección N°03 en sus proyecciones (tres tajos y una rampa), siendo la salida inicial antes del proceso de impermeabilización un total de 2.07 l/s, siendo el total después de la aplicación de mortero impermeabilizante, una salida final total de 3.00 l/s, comprobando que el caudal de ingreso a la sección N°03, es 0 l/s, como finalidad del proceso.
3. Según el estudio hidrológico se concluye, que de acuerdo al proceso de impermeabilización de la sección N°03 en profundización, se obtiene estudios en desarrollo al cuidado del macizo rocoso, en torno a la presión del agua y su incidencia en la geomecánica del túnel, tomando parámetros de ingreso pluvial, caudal generado y aforado en la Unidad Minera Cobriza.
4. Se determinó el establecimiento del sistema de impermeabilización en zonas de alto tránsito mediante, el mortero más aditivo, siendo una opción factible en torno a proceso y costos.
5. Según el tratado de la matriz rocosa en la Unidad Minera Cobriza mediante la impermeabilización de la acción del agua, se estandarizará el cuidado del macizo rocoso, y prevenir sobrecostos en bombeo de agua en zonas de alto tránsito.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda para la caracterización geomecánica del proyecto de profundización en la Sección 3 Nv. -200, establecer un anemómetro e hidrómetro en cada estación geomecánica, por la presencia de humedad y temperatura ambiente alta.
2. Se debe establecer el estudio hidrogeológico de las secciones 1 y 2 de la Unidad Minera Cobriza, por las filtraciones producto de las lluvias, presentes en San Pedro de Coris, para controlar el factor de caudal de ingreso a la Unidad Minera y a la sección inferior N°3.
3. El estudio de caudales debe estar comprendido como parámetro principal, para el desarrollo de la evaluación geomecánica en las secciones adyacentes en profundización, por la presencia de caudal aforado y generado dentro de la Unidad Minera Cobriza.
4. Se recomienda el análisis de los distintos métodos de impermeabilización de acuerdo al tipo de proyecto y los costos operativos de la Unidad Minera de estudio.
5. El tratado de la matriz rocosa es un tema de gestión integral en torno a seguridad y salud ocupacional en zonas de alto tránsito en minería, por ello se tiene que desarrollar procesos de estandarización de ingreso de caudal de agua a las labores, en torno a factibilidad del proyecto y costos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Pantaleón, J. y Carbajal, C. 2017**; Tesis titulada: Evaluación geomecánica para el dimensionamiento, secuencia de minado y relleno de tajeos de una Mina Subterránea. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima; Perú ;, Marzo;2017. págs. 21-42.
2. **Chura, W. 2016**; Tesis titulada: Caracterización geomecánica del macizo rocoso y su aplicación en el diseño de sostenimiento en labores de desarrollo de la unidad económica administrativa Ana Maria, La Rinconada. Universidad Nacional del Altiplano. Puno; Perú : 2016, p.54-62.
3. **Ramos, E. 2018**; Tesis titulada: Estudio hidrogeológico para la proyección de pozos de drenaje en el tajo abierto de la Mina Colquijirca, 2018". Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Cerro de Pasco, Perú : s.n., 2018. págs. 45-48.
4. **Herrera, C.2019**; Tesis titulada: Impermeabilización Mediante Inyecciones de cemento en macizo rocoso para evitar la surgencia de agua en explotación subterránea Cajamarca, 2019. Universidad Privada del Norte. Cajamarca, Perú : 2019, p. 37-48.
5. **Geomecánica del PERÚ, EIRL. 2018** ;en el informe titulado :Estudio Geomecánico del Método de explotación para la Profundización y Recuperación Unidad Minera Cobriza. Huancavelica, Perú : Julio, 2018, p.14-22.
6. **BISA. 2019**; en el informe titulado: Estudio Hidrogeológico en la Unidad Minera Cobriza, Proyecto N° 403GE0039A. Huancavelica, Perú : Abril, 2019, p.37-56.
7. **Herrera, C. 2019**;Tesis titulada: Impermeabilización Mediante Inyecciones de Cemento en Macizo Rocosos para Evitar la Surgencia de Agua en la Explotación Subterránea. Cajamarca, Perú : 2019, p.37-56.
8. **BISA.2019**; en el informe tecnico: Estudio Hidrológico en la Unidad Minera Cobriza , Proyecto N° 403GE009A. Huancavelica, Perú : Abril, 2019, p.33-61.
9. **Yupanqui, J., 2009**;. Tesis titulada: Geomecánica Aplicada al Control de las Labores Mineras para la minimización de caída de rocas en la Mina Madrugada. Minería Subterránea. Ancash, PERÚ, agosto de 2009.
10. **Muñoz, A. 2018**; Tesis titulada: Planeamiento para la construcción de la Cimentación de un espesador de Concentrados con micropilotes. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú : 2018, p.45.

11. **Alarcón, C.,2013**; Tesis titulada: Impermeabilización del Eje de la Represa Chirimayuni- Moquegua, Mediante Inyecciones de Lechada de Cemento. Tacna, Perú : 2013, p.84-87.
12. **Ortiz, E.,2005**;Tesis titulada: Estudio Hidrogeológico del Proyecto Minero Manantial Espejo - Provincia Santa Cruz, Argentina. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú : 2005, p. 12-15.
13. **Taboada, H.,2014**; en el artículo titulado: Dimensionamiento e inyecciones de cemento de minas subterráneas.. Trujillo, Perú : s.n., 2014. pág. p.35.
14. **Rengifo, J.,2015**; : Muros Anclados en Arenas, Análisis y Comparación de Técnicas de Anclajes.,. Lima, Perú : s.n., Diciembre, 2015, pág. 35.
15. **Pacheco, J., 2007**; El agua subterránea en el Medio Ambiente Minero y su Importancia en los Planes de Cierre.. Lima, Perú : s.n., 2007, págs. 21-32.
16. **Madrid, Universidad Politécnica de Madrid, 2007**; Diseño de Explotaciones e Infraestructuras Mineras Subterráneas. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Minas. Madrid- España : s.n., Noviembre, 2007. págs. 78-81.
17. **Espinoza, M.,2018**; Tesis titulada: Estudio Hidrogeológico para la Proyección de Pozos de Drenaje en el Tajo Abierto de la Mina. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Cerro de Pasco, Perú : s.n., 2018. págs. 45-75.
18. **Parra, M.,2011**;:Normas sobre Procedimiento de sostenimiento en Excavaciones Mineras.. Buenos Aires, Argentina : s.n., 2011. págs. 21-35.
19. **Portocarrero, R.,2017**; Tesis titulada: Inyecciones e Impermeabilización de los Puntos de Surgencia de Agua para la Reducción de Costos de Drenaje Nivel 4350- Compañía Minera Ares U.O. Arcata. Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. Arequipa, Perú : s.n., 2017. págs. 78-91.
20. **Dominguezm R., 2013**;:Hidrología y geología de yacimientos por bloques. Lima, Perú : s.n., 2013. pág. 14.
21. **SIKA, Soluciones.,2018** :Estructura en túneles estancos- Impermeabilización de un Túnel.. Perú : s.n., Enero de 2016, págs. 2-3.
22. **TDM,Grupo.,2014**;: ANÁLISIS GEOELÉCTRICO DE DETECCIÓN DE FUGAS SOBRE.. Tacna - Perú : s.n., Agosto de 2014, págs. 2-3.

ANEXOS




ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables
<p>Problema General ¿Cuál es el resultado de la caracterización geomecánica del macizo rocoso en áreas de afluencia de agua, con la finalidad de impermeabilizar zonas de alto tránsito, en la Unidad Minera Cobriza, Doe Run Perú 2019?</p> <p>Problemas Específicos</p> <p>¿Cuál es el resultado del estudio hidrogeológico en áreas de brote de agua, con la finalidad de impermeabilizar zonas de alto tránsito?</p> <p>¿Cuál es el resultado del estudio hidrológico en áreas de brote de agua, con la finalidad de impermeabilizar zonas de alto tránsito?</p> <p>¿Cuál es el resultado del estudio de caudales en la sección N°03, con la finalidad de impermeabilizar puntos de brote de agua en zonas de alto tránsito?</p>	<p>Objetivo General Determinar el estudio de la caracterización geomecánica del macizo rocoso en áreas de afluencia de agua, con la finalidad de impermeabilizar zonas de alto tránsito, en la Unidad Minera Cobriza, Doe Run Perú 2019</p> <p>Objetivos Específicos Determinar el resultado del estudio hidrogeológico en áreas de brote de agua, con la finalidad de impermeabilizar en zonas de alto tránsito. Determinar el resultado del estudio hidrológico en áreas de brote de agua, con la finalidad de impermeabilizar zonas de alto tránsito Determinar el resultado del estudio de caudales en la sección N° 3, con la finalidad de impermeabilizar puntos de brote de agua en zonas de alto tránsito</p>	<p>Hipótesis General El análisis de la caracterización geomecánica del macizo rocoso en áreas de afluencia de agua, complementarán el estudio para la impermeabilización en zonas de alto tránsito, en la Unidad Minera Cobriza, Doe Run Perú 2019.</p> <p>Hipótesis Específicas El estudio hidrogeológico en áreas de brote de agua, definirá el análisis del nivel freático presentes en zonas de alto tránsito, planificando la impermeabilización de la sección por el afloramiento de agua. El estudio hidrológico en áreas de brote de agua definirá el estudio de impermeabilización en zonas de alto tránsito. El estudio de caudales, definirá la presión que ejerce el líquido sobre el macizo rocoso en la sección N° 3, definiendo el proceso de impermeabilización de puntos de brote de agua en zonas de alto tránsito.</p>	<p>V.I: Caracterización geomecánica V.D: Impermeabilización</p> <p>V.I: Estudio hidrogeológico en áreas de brote de agua V.D: Impermeabilización V.I: Estudio hidrológico en áreas de brote de agua V.D: Impermeabilización V.I: Estudio de caudales V.D: Impermeabilización</p>




ANEXO 2: : MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA, MARZO 2013.

Código	Descripción	Medición en campo				Muestras analizadas en laboratorio											
		pH	T (°C)	CD (mg/L)	STS (mg/L)	Cu Total (mg/L)	Pb Total (mg/L)	Zn Total (mg/L)	Fe Total (mg/L)	As Total (mg/L)	Cr Total (mg/L)	Ni Total (mg/L)	Cd Total (mg/L)	Mn Total (mg/L)	Se Total (mg/L)	CN Total (mg/L)	
801	Rio Mantaro 20 m. aguas arriba del punto de captación de agua para bombeo a la plata concentradora.	8,15	16,6	462	2544	0,054	0,09	0,468	11,790	0,027	0,01	0,023	0,003	1,244	<0,02	<0,005	
809	Rio Mantaro aguas debajo de las operaciones de la unidad minera Cobriza.	8,19	18,1	411	780	0,042	0,08	0,329	9,31	0,025	0,007	0,016	0,003	0,667	<0,02	<0,005	
AC-03	Rio Mantaro aguas arriba a 50 m. de la bocatoma	8,25	18,1	406	488	0,036	0,06	0,287	6,54	0,018	0,006	0,009	0,003	0,546	<0,02	<0,005	
AT-01	A la salida de las aguas termales de Coris aproximadamente a 20 m. aguas debajo de la estación 801.	7,95	17	437	1924	0,054	0,09	0,531	14,42	0,025	0,013	0,024	0,003	1,024	<0,02	<0,005	



ANEXO 4: REGISTRO GEOMECÁNICO EN LA ESTACIÓN N°04

		CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA REGISTRO EN CAMPO													
Proyecto:		"ESTUDIO GEOMECÁNICO DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN PARA LA PROFUNDIZACIÓN"			Hoja:		04								
Mina:		Doe Run Perú		Unidad:		Cobriza									
Estación Geomecánica:		EG-04		Labor:		Tj -200/4500/Nor/S3									
		Ubicación:		Manto Mineral		Ejecut. Por:									
						PCH									
ORIENTACIÓN	CARACTERÍSTICAS		FAMILIA 1		FAMILIA 2		FAMILIA 3		FAMILIA 4						
	Litología /tipo		Mineral/Est. Princi		J		J								
	Dirección del Buzamiento (°)		60		25		151								
	Buzamiento (°)		60		30		85								
SISTEMA RMR (Bieniawski 1989)	Resistencia a la Compresión Simple (Mpa)		100-250		100-250		100-250								
	RQD	Frecuencia (J/m)		5		6		4							
		Estimado				77									
	Espaciado entre Discont. (m)		0.2-0.23		0.15-0.12-1.4		0.3-0.25								
	Condiciones de Discontinuidades	Persistencia (m)		10-20		3-10		3-10							
		Abertura (mm)		<0.1		<0.1		<0.1							
		Rugosidad		R		LR		R							
		Relleno						OX-C							
		Meteorización		W2		W2		W2							
	Agua Subterránea		G		H		H								
MARTILLO DE SCHMIDT	MINERAL				CAJA TECHO				CAJA PISO						
		↗	↘	↙	↕		↗	↘	↙	↕		↗	↘	↙	↕
	1			48	↕	1					1				
	2			42	↕	2					2				
	3			50	↕	3					3				
	4			46	↕	4					4				
	5			44	↕	5					5				
	6			42	↕	6					6				
	7			40	↕	7					7				
	8			44	↕	8					8				
	9			40	↕	9					9				
10			42	↕	10					10					
CODIGOS DE CARACTERIZACIÓN	TIPO DE DISCONTINUIDAD				L=1m				FOTO						
			N° Frac		RQD		N° Frac		RQD						
	Estratificación		E		1		100		52						
	Junta o Diaclasa		J		2		98		17						
	Falla		F		3		96		18						
	LITOLÓGIA		AND		4		94		19						
	Andesita		AND-P		5		91		20						
	Andesita Porfírica		TB		6		88		21						
	Toba		MNRL		7		84		22						
	Mineral		8		81		23		33						
			9		77		24		31						
	CONDICIÓN DEL AGUA		10		74		25		29						
	seco		S		11		70		26						
	Húmedo		H		12		66		27						
	Mojado		M		13		63		28						
	Gotearo		G		14		59		29						
	Fluyendo		F		15		56		30						
	METEORIZACIÓN		PERSISTENCIA (m)												
	Fresca		W1		< 1										
	Ligeramente Meteo		W2		Entre 1 - 3										
	Medianamente Meteo		W3		Entre 3 - 10										
	Altamente Meteo		W4		Entre 10 - 20										
	Completamente meteo		W5		> 20										
	ESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA														
	SIMB.		TERMINOS		RCS (Mpa)										
R0		Extremada Blanda		0.25 - 10											
R1		Muy Blanda		10 - 50		ABERTURA (mm)									
R2		Blanda		50 - 25		Cerrada <0.1		Sin relleno							
R3		Moderadamente Dura		25 - 50		Algo Abierta 0.1-10		oca triturada							
R4		Dura		50 - 100		Abierta 1.0-5.0		Panzo							
R5		Muy dura		100 - 250		Muy abierta >5.0		Arcilla							
R6		Extremada Dura		>250				Arena							
								RELENO							
								SR							
								Calcita							
								CL							
								Cuidos							
								OX							
								Limo							
								LM							
								Cuarzo							
								C							
								QZ							
								Otros							
								Pulida							
								PL							
								Escalonada							
								RT							
								Ondulado							
								O							
								E							
								P							
								GSI							
								60-70							

ANEXO 5: REGISTRO GEOMECÁNICO EN LA ESTACIÓN N°05- EXTENSIÓN

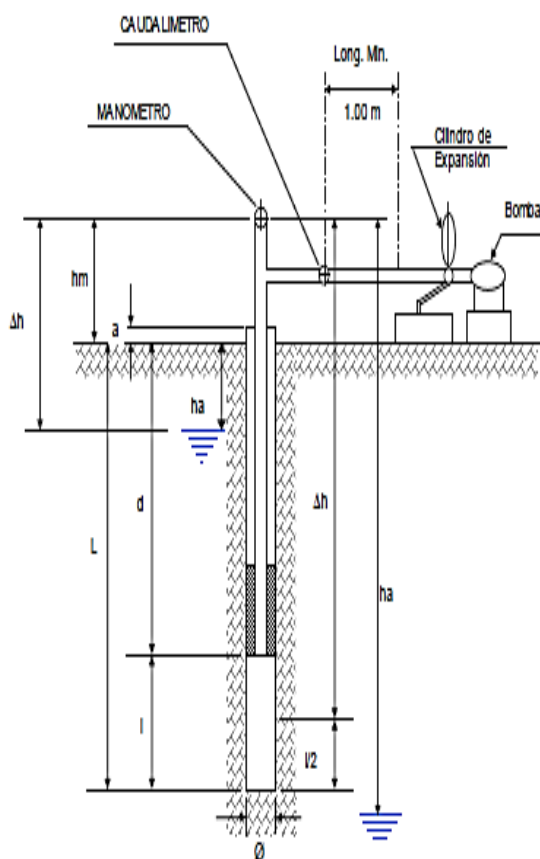
		CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA REGISTRO EN CAMPO														
Proyecto:		"ESTUDIO GEOMECÁNICO DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN PARA LA PROFUNDIZACIÓN"			Hoja:		05									
Mina:		Doe Run Perú		Unidad:		Cobriza										
Estación Geomecánica:		EG-05		Labor:		Tj -200/4500/Nor/S3										
Ubicación:		Caja Piso		Ejecut. Por:		PCH										
ORIENTACIÓN	CARACTERÍSTICAS		FAMILIA 1	FAMILIA 2	FAMILIA 3	FAMILIA 4										
	Litología /tipo		Pizarra/Est. Princi	J	J	J										
	Dirección del Buzamiento (°)		44	228	339											
	Buzamiento (°)		56	28	71											
SISTEMA RMR (Bieniawski 1989)	Resistencia a la Compresión Simple (Mpa)		50-100	50-100	50-100											
	RQD	Frecuencia (J/m)	7	6	5											
		Estimado	74													
	Espaciado entre Discont. (m)		0.12-0.14	0.13-0.18	0.15-0.22											
	Condiciones de Discontinuidades	Persistencia (m)	10-20	3-10	3-10											
		Abertura (mm)	<0.1	<0.1	<0.1											
		Rugosidad	LR	LR	LR											
		Relleno	OX	OX												
		Meteorización	W2	W2	W2											
	Agua Subterránea		H	S	S											
MARTILLO DE SCHMIDT	MINERAL				CAJA TECHO				CAJA PISO							
		↗	↘	←	↑		↗	↘	←	↑		↗	↘	←	↓	
	1					1					1			40		
	2					2					2			46		
	3					3					3			44		
	4					4					4			38		
	5					5					5			42		
	6					6					6			40		
	7					7					7			46		
	8					8					8			42		
	9					9					9			38		
10					10					10			52			
CODIGOS DE CARACTERIZACIÓN	TIPO DE DISCONTINUIDAD		L=1m				FOTO									
		E	N° Frac	RQD	N° Frac	RQD										
	Estratificación	J	1	100	16	52										
	Junta o Diaclasa	F	2	98	17	49										
	Falla	F	2	98	17	49										
	LITOLOGÍA		3	96	18	46										
	Andesita	AND	4	94	19	43										
	Andesita Porfírica	AND-P	5	91	20	41										
	Toba	TB	6	88	21	38										
	Mineral	MNRL	7	84	22	35										
			8	81	23	33										
			9	77	24	31										
	CONDICIÓN DEL AGUA		10	74	25	29										
	seco	S	11	70	26	27										
	Húmedo	H	12	66	27	25										
	Mojado	M	13	63	28	23										
	Goteando	G	14	59	29	21										
	Fluyendo	F	15	56	30	20										
	METEORIZACION		PERSISTENCIA (m)													
	Fresca	W1	< 1													
	Ligeramente Meteor.	W2	Entre 1 - 3													
	Medianamente Meteor.	W3	Entre 3 - 10													
	Altamente Meteor.	W4	Entre 10 - 20													
	Completamente meteor.	W5	> 20													
	RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA															
SIMB.	TERMINOS	RCS (Mpa)														
R0	Extremada Blanda	0.25 - 1.0														
R1	Muy Blanda	1.0 - 5.0														
R2	Blanda	5.0 - 25														
R3	Moderadamente Dura	25 - 50														
R4	Dura	50 - 100														
R5	Muy dura	100 - 250														
R6	Extremada Dura	> 250														
			ABERTURA (mm)													
			Cerrada	<0.1												
			Algo Abierta	0.1-1.0												
			Abierta	1.0-5.0												
			Muy abierta	>5.0												
			RELLENO			RUGOSIDAD										
			Sin relleno	SR	Calcita	CL	Muy Rugosa	MR	Escalonada	E	GSI					
			oca triturada	RT	Oxidos	OX	Rugosa	RT	Ondulada	O						
			Panizo	PZ	Limo	LM	gruesa Rugosa	LR	Planar	P						
			Arcilla	C	Cuarzo	QZ	Lisa	L								
			Arena	S	Otros		Pulida	PL								
											50-60					

ANEXO 6: LOGUEO GEOTÉCNICO DE TESTIGOS SEGÚN EVALUACIÓN GEOMECÁNICA (RMR)

		LOGUEO GEOTÉCNICO DE TESTIGOS ROCOSOS															
		Proyecto:		SUPERVISIÓN DE SONDAJES HIDROGEOLÓGICOS - MINA COBRIZA													
SONDAJE	UBICACIÓN:	Nivel:	10	Labor :	CAM 5052	Cota :	2,020.00	Realiz:	DD	Hoja	Pág.						
HIDRO-01	ORIENTACION:	Azmut :	0.00°	Inclinación:	-90.00°	Longitud:	200.00	Fecha:	09/11/2018	1 de 7	1						
Intervalo de Profundidad		Longitud del tramo (m)	Litología	Grado de Alteración	Resistenc. compres. roca Intacta	RQD (%)	Parámetros del RMR										Descripción
Desde (m)	Hasta (m)						RC (1)	RQD (2)	Esp. (3)	Condición de juntas (4)				Agua (5)	RMR Total		
							Per	Ap	Rug	Rel	Alt						
0.00	1.55	1.55	PZ	Muy	R2	58	4	13	8	2	4	3	4	5	7	50	IIIB Regular B
1.55	3.70	2.15	PZ	Lig	R4	70	4	17	8	2	4	3	4	5	7	54	IIIA Regular A
3.70	5.70	2.00	PZ	Lig	R4	80	4	17	8	2	4	3	4	5	7	54	IIIA Regular A
5.70	9.40	3.70	PZ	Lig	R4	78	4	17	8	2	4	3	4	5	7	54	IIIA Regular A
9.40	11.50	2.10	PZ	Lig	R3	38	4	8	5	1	4	3	4	5	7	41	IIIB Regular B
11.50	14.50	3.00	PZ	Lig	R3	88	4	17	8	1	4	3	4	5	7	53	IIIA Regular A
14.50	16.10	1.60	PZ	Mod	R4	91	4	20	8	2	4	3	4	5	7	57	IIIA Regular A
16.10	17.65	1.55	PZ	Lig	R4	97	4	20	8	1	4	3	4	5	7	56	IIIA Regular A
17.65	20.30	2.65	PZ	Muy	R2	96	4	20	8	2	4	3	4	5	7	57	IIIA Regular A
20.30	23.50	3.20	PZ	Mod	R4	93	4	20	8	2	4	3	4	5	7	57	IIIA Regular A
23.50	26.60	3.10	PZ	Muy	R2	87	4	17	8	2	4	3	4	5	7	54	IIIA Regular A
26.60	28.20	1.60	PZ	Mod	R3	78	4	17	8	2	4	3	4	5	7	54	IIIA Regular A
28.20	29.70	1.50	PZ	Mod	R3	87	4	17	8	2	4	3	4	5	7	54	IIIA Regular A
29.70	31.30	1.60	PZ	Muy	R1	69	4	13	8	2	4	3	4	5	7	50	IIIB Regular B
31.30	33.50	2.20	PZ	Mod	R3	68	4	13	8	2	4	3	4	5	7	50	IIIB Regular B
33.50	36.50	3.00	PZ	Lig	R4	72	4	13	8	1	4	3	4	5	7	49	IIIB Regular B
36.50	38.00	1.50	PZ	Lig	R4	90	4	20	8	2	5	3	4	3	7	56	IIIA Regular A
38.00	40.20	2.20	PZ	Mod	R3	91	4	20	8	2	5	3	4	3	7	56	IIIA Regular A
40.20	43.00	2.80	PZ	Mod	R3	89	4	17	8	2	5	3	4	3	7	53	IIIA Regular A
43.00	45.20	2.20	PZ	Lig	R4	84	4	17	8	2	5	3	4	3	7	53	IIIA Regular A
Litología		Resistencia de la roca Intacta (MPa)				VALORACION DEL MACIZO ROCOSO											
PZ	Pizarra	R1	Deleznable con golpes firmes, se desconcha con una cuchilla	1 - 5	REGIST. COMP. UNIAJ.	>250 (15)	100-250 (12)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	1						
CAL	caliza				RQ D (%)	90-100 (20)	75-90 (17)	50-75 (13)	25-50 (8)	<25 (3)	2						
EXOSK	evoskam	R2	Se desconcha con dificul. c/ cuchilla. Marcas no profundas con la picota.	5 - 25	ESPACIAMIENTO (m)	>2 (20)	0.8-2 (15)	0.2-0.6 (10)	0.08-0.2 (8)	<0.08 (5)	3						
PZ-HFS	Pizarra-Hornfels				COND.	Persistencia	<1m long. (8)	1-3 m Lan. (4)	3-10 m (2)	10-20 m (1)	>20 m (0)	4A					
MN	Mineral	R3	No se raya ni desconcha c/ cuchillo. Se rompe con golpe firme de picota.	25 - 50	DE	Apertura	Cerrada (8)	<1mm aper. (5)	0.1-1.0mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B					
BX	Bracha				Rugosidad	Muy rugosa (8)	Rugosa (5)	Lig. rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo falla (0)	4C						
Grado de alteración		R4	La muestra se rompe con más de un golpe de la picota.	50 - 100	JUNTAS	Releno	Limpia (8)	Duro>5mm (4)	Duro>5mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave>5 mm (0)	4D					
Ban	Sano				Alteración	Sana (8)	Lig. Altera (5)	Mod.Alterada (3)	Muy Alterada (2)	Descompuesta (0)	4E						
Lig	Ligero	R5	Se requiere varios golpes de la picota para romper la muestra.	100 - 250	AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Húmedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5						
Mod	Moderado				RMR	100 - 81	80 - 51	50 - 51	50 - 41	40 - 31	30 - 21	20 - 0					
Muy	Muy alterado	R6	Solo se rompe esquinas c/ la picota.	>250	DESCRIPCION	I Muy Buena	II Buena	III Regular A	IIIB Regular B	IVA Mala A	IVB Mala B	V Muy Mala					

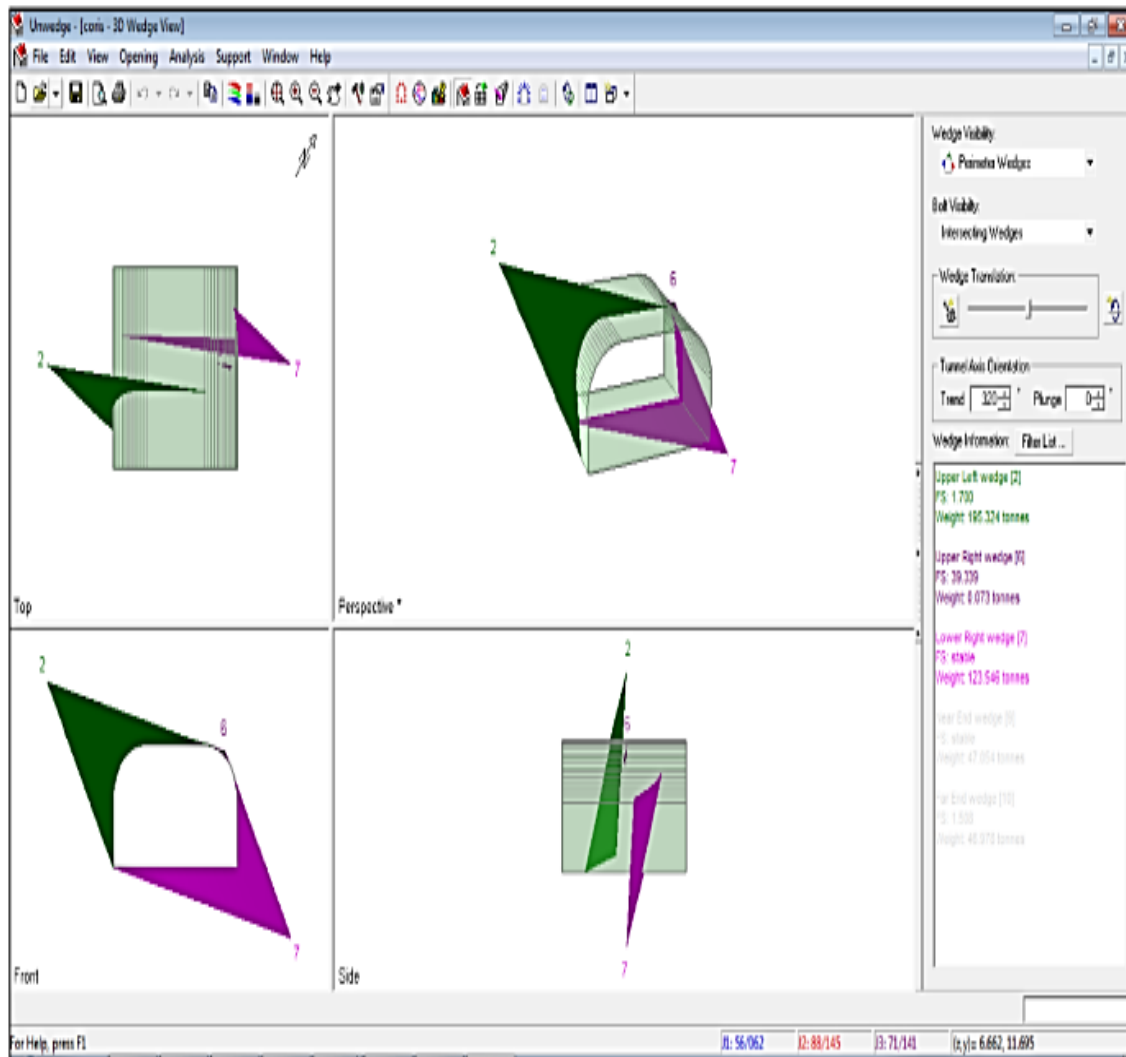
ANEXO 7: ENSAYO DE PERMEABILIDAD – UM- COBRIZA SECCIÓN N°3

	ENSAYO DE PERMEABILIDAD DE AGUA A PRESION TIPO LUGEON								
	SONDAJE N°	HIDRO-01	ENSAYO N°	1	COORD. NORTE: _____				
PROYECTO:	COBRIZA	PROF. DE ENSAYO DE:	5.00	a	10.00	m.	COORD. ESTE: _____		
UBICACIÓN:	_____	FECHA:	06/11/2018	Hr.INIC.	04:00	FIN:	06:00	INCLINACIÓN:	-90
		LITOLÓG. DEL TRAMO:	Pizarra			COTA (m.s.n.m.):	3400		





h_m	=	ALTURA DEL MANOMETRO	0.75	m
a	=	ALTURA SOBRE NIVEL DEL TERRENO	1.60	m
h_a	=	PROFUNDIDAD NIVEL FREÁTICO	0.70	m
Δh	=	SOBRECARGA HIDRAULICA	1.45	m
d	=	PROFUNDIDAD DEL OBTURADOR	5.00	m
L	=	PROFUNDIDAD DE PERFORACION	10.00	m
α	=	INCLINACION C/HORIZONTAL	90	°
$\Delta h'$	=	Δh CORREGIDA = $\text{Sen } \alpha \times \Delta h$	1.45	m
l	=	LONGITUD TRAMO DE ENSAYO	5.00	m
\emptyset	=	DIAMETRO DEL BULBO DEL ENSAYO	9.60	cm
P_M	=	PRESION MANOMETRICA		
P_{EF}	=	PRESION EFECTIVA EN EL PUNTO MEDIO DEL TRAMO DEL ENSAYO		
Δp	=	PERDIDAS DE CARGA		
q	=	VOLUMEN DE AGUA EN LITROS POR MINUTO DURANTE EL ENSAYO		
qt	=	VOLUMEN TOTAL DE AGUA EN LITROS PARA CADA ESTADIO		
G	=	CAUDAL EN LITROS POR MINUTO PARA CADA ESTADIO		
Q	=	CAUDAL EN LITROS POR MINUTO POR ML. DE TRAMO DE ENSAYO		
UL	=	UNIDAD LUGEON ($Q \times 10 / P_{EF}$)		

ANEXO 8: PRESIÓN EN LAS CAJAS, SECCIÓN N° 3; .NV – 200, PROGRAMA UNWEDGE



ANEXO 9: EVALUACIÓN GEOMECÁNICA PARA EL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN, A PROFUNDIZACIÓN NV. -200 ; SECCIÓN N°3

		CLASIFICACIONES GEOMECANICAS DEL MACIZO ROCOSO							
Proyecto:	*ESTUDIO GEOMECÁNICO DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN PARA LA PROFUNDIZACIÓN*				Mina:	DOE RUN PERU	Registrado:	PCH	
Unidad:	COBRIZA				Fecha:	Mayo 2018	Revisado:	GA	
LITOLOGÍA:	Pizarra		Pizarra		Mineral				
ESTACIÓN GEOMECANICA:	EG-01		EG-02		EG-03				
LABOR:	Tj -200/4500/Sur/53		Tj -200/4500/Sur/53		Tj -200/4500/Sur/53				
UBICACIÓN:	Caja Techo		Caja Piso		Manto Mineral				
PRINCIPALES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES									
FAMILIAS	FAMILIA 1 (Rz/DBz)	68/45		52/63		72/48			
	FAMILIA 2 (Rz/DBz)	70/230		40/240		73/324			
	FAMILIA 3 (Rz/DBz)	73/315		71/331		49/192			
	FAMILIA 4 (Rz/DBz)	68/75		0/0		0/0			
CLASIFICACIÓN RMR (ROCK MASS RATING) BIENIAWSKI 1989									
SISTEMA RMR	PARAMETROS		CARACTERÍSTICAS	VALUACIÓN	CARACTERÍSTICAS	VALUACIÓN	CARACTERÍSTICAS	VALUACIÓN	
	1	Resistencia a la Compresión Uniaxial (Mpa)	72	7	67	7	130	11	
	2	RQD %	66	13	77	15	81	16	
	3	Espaciamiento (mm) J_s	110	7	180	8	270	9	
	4	Condiciones de Discontinuidad J_c	Persistencia (m)	10 - 20m.	1	10 - 20m.	1	10 - 20m.	1
			Abertura (mm)	< 0.1mm.	5	< 0.1mm.	5	< 0.1mm.	5
			Rugosidad	Ligeramente Rug.	3	Ligeramente Rug.	3	Rugosa	5
			Relleño	< 5mm. (blando)	2	< 5mm. (blando)	2	< 5mm. (duro)	4
			Alteración	Liger. Alterada	5	Liger. Alterada	5	Liger. Alterada	5
	5	Agua Subterránea J_w	Seco	15	Seco	15	Seco	15	
	RMR_B Básico (Suma 1-2-3-4-5)				58		61		
	Ajuste Por Orientación de Discontinuidades J_o		Media		-5		Media	-5	
RMR_B Ajustado				53		56			
Clase del Macizo Rocoso		REGULAR		III		REGULAR	III		
CORRELACIÓN CON Q		Bieniawski: $Q = RMR - 9$		4.7		6.3			
		Barton: $Q = 10^{(RMR - 50)/15}$		5.3		7.1			
CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELLING QUALITY INDEX) - BARTON 1974									
SISTEMA Q	1	Designación de la calidad de la roca RQD	66	66	77	77	81	81	
	2	Numero de sistema de juntas J_n	Tres fam. + una juntas	12	Tres fam. de juntas	9	Tres fam. de juntas	9	
	3	Indice de rugosidad de juntas J_r	Planas rugosas	1.5	Planas rugosas	1.5	Ondulosas rugosas	3	
	4	Indice de alteración de juntas J_a	Ligera alteración, no reblandecido	2	Ligera alteración, no reblandecido	2	Paredes no alteradas, decolora. Superf.	1	
	5	Factor de reducción por agua en juntas J_w	Excavaciones secas o <5 lit/min	1	Excavaciones secas o <5 lit/min	1	Excavaciones secas o <5 lit/min	1	
	6	Factor de reducción de esfuerzos SRF	Zonas de Fracturas aisladas >50m prof.	2.5	Zonas de Fracturas aisladas >50m prof.	2.5	Zonas de Fracturas aisladas >50m prof.	2.5	
	$Q' = RQD/J_n * J_r / J_a$				4.1		6.4		
	$Q = RQD/J_n * J_r / J_a * J_w / SRF$				1.7		2.6		
	CORRELACIÓN CON RMR		Bieniawski: $RMR = \ln Q + 44$		49		52		
			Barton: $RMR = 15 \log Q + 50$		53		56		
INDICE GSI (GEOLOGICAL STRENGTH INDEX), Hoek et. al, 1995									
GSI	Condición Estructural	Fracturada		45-55		Fracturada	50-60		
	Condición Superficial	Regular				Regular	60-70		

ANEXO 10: DRENAJE DE AGUA, UM- COBRIZA. 2018

AGUAS DE DRENAJE DE MINA NIVEL CERO (0. 0) DOE RUN PERU
ESTUDIO HIDROLOGICO ACTUALIZACION UNIDAD MINERA COBRIZA

Equipo Utilizado: Correntómetro Global ARQ 17339100, Water Modelo FP111, SERIE: 1741003977

Fecha: 20-07-18

Hora: 05:40:00 p.m.

Estación Monitoreo: Punto de Monitoreo de Efluente Nivel Cero 807 (Drenaje de Minas)

Nº: AFO-01

Epoca: Estiaje

Personal a Cargo: Ing. Alberto Quesquén R

Zona: 18

Coordenadas UTM WGS 84:

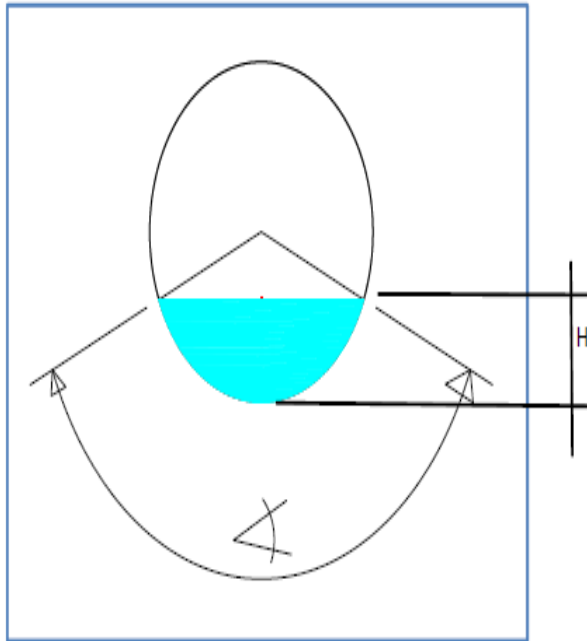
566441 Em

8610772 Nm

Altitud: 1922 msnm

Observaciones:

Caudal Total : 0.204 m³/s 203.7 l/s



Alcantarilla Circular:

D=	0.5	m
H=	0.18	m
<=	147.5	°
V=	3.2	m/s
A=	0.064	m ²
Q=	0.204	m ³ /s

ANEXO 11: INGRESO AL NV - 200 POR EL NV. 10



ANEXO 12: INSTALACIÓN DE PIEZÓMETRO NV. -200



ANEXO 13: PIEZÓMETRO NV. -200, TJ 4500

