



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



Atribución-SinDerivadas 4.0 Internacional

Esta licencia permite a otros reutilizar la obra para cualquier propósito, incluso comercialmente; sin embargo, no se puede compartir con otros en forma adaptada, y se le debe proporcionar crédito.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0>



EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD

CONSTANCIA

N° 033-DI-FIMM-2025

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud de **TESIS** cuyo título es:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE RAMPA NEGATIVA EN LA
EXPLORACIÓN MINERA DE LA MINA UCCHUCCHACUA – CIA
DE MINAS BUENAVENTURA 2019”**

Presentado por:

VELLOTA LEON YOUN YUEL

Que, se ha recibido del operador del programa informático evaluador de originalidad de la Facultad de Ingeniería de Minas y Metalurgia de la UNICA, el informe automatizado de originalidad, el mismo que concluye de la siguiente manera:

El documento de investigación APRUEBA los criterios de originalidad con un porcentaje de similitud de 17%.

Para dar fe, se adjunta al presente el reporte de similitud de las bases de datos de iThenticate. En Ica 17 de julio de 2025.

Atentamente,

.....
DR. VICTOR MANUEL FLORES MARCHAN
DIRECTOR DE INVESTIGACION DE LA FIMM

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS Y METALURGIA



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE RAMPA NEGATIVA EN
LA EXPLORACIÓN MINERA DE LA MINA
UCCHUCCHACUA – CIA DE MINAS BUENAVENTURA
2019

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Desarrollo en ciencias puras, ciencias de la tierra e ingeniería de procesos

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO DE MINAS

PRESENTADO POR

Bach. YOUN YUEL VELLOTA LEON

ICA, PERÚ

2024

Dedicatoria

Dedicado a mis padres que con mucho esfuerzo me ayudaron incondicionalmente para lograr ser un profesional, también a mis familiares por su apoyo emocional, cuidados y consejos.

Además, gracias a Dios por iluminar mi camino, mi fe es inquebrantable y seguirá siendo aún cuando se presenten grandes obstáculos.

Agradecimiento

Gracias a los catedráticos y administrativos de la Escuela de Ingeniería de Minas de la FIMM de la prestigiosa casa de estudios universitaria San Luis Gonzaga de Ica, por la calidad de atención y estudios, además de la expertis para formar profesionales de alta competencia.

Gracias también, a los directivos de la mina en estudio, sus profesionales con su amabilidad incluso permitieron mejorar el presente trabajo y no hubo alguna traba para la recolección de información.

Gracias y muchas gracias, a todos aquellos amigos de profesión o de vida, su granito de arena, hoy tiene un resultado satisfactorio.

Reciban el cordial agradecimiento, Vellota León.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	ix
Resumen	x
Abstract.....	xi
I. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática	12
1.2. Antecedentes	14
1.2.1. Internacionales.....	14
1.2.2. Nacionales	18
1.3. Bases teóricas.....	22
1.3.1. La minería subterránea	22
1.3.2. El proceso minero.....	28
1.3.3. Labores mineras	35
1.3.4. Rampas mineras.....	41
1.4. Formulación de los problemas	42
1.4.1. Problema general	42
1.4.2. Problemas específicos.....	42
1.5. Justificación	43

1.6.	Objetivos	44
1.6.1.	<i>Objetivo general</i>	44
1.6.2.	<i>Objetivos específicos</i>	44
1.7.	Hipótesis	45
II.	ESTRATEGIA METODOLÓGICA	46
2.1.	Tipo de investigación.....	46
2.2.	Nivel de investigación.....	46
2.3.	Diseño de investigación.....	46
2.4.	Población y muestra	46
2.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	47
2.6.	Técnicas de análisis e interpretación de datos	47
III.	RESULTADOS	48
3.1.	Unidad minera de estudio.....	48
3.2.	Aspectos geomecánicos.....	56
3.3.	Criterios de diseño	65
3.4.	Identificación y análisis de opciones.....	67
3.5.	Evaluación de opciones para el diseño	72
3.6.	Criterios del diseño de rampa.....	76
3.7.	Planeamiento de la construcción.....	79
3.8.	Cálculo de los equipos mineros, instalaciones auxiliares y mano de obra	85
3.9.	Condición del servicio auxiliar	87

IV. CONCLUSIONES	91
V. RECOMENDACIONES.....	93
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
VII. ANEXOS	99
Anexo N°1: Operacionalización de variables	100
Anexo N° 2: Matriz de consistencia	101
Anexo N° 3: Planos.....	103
Anexo N° 4: Cronograma específico por etapas de la construcción de la rampa	111

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Accesibilidad a la mina vía 1</i>	48
Tabla 2. <i>Accesibilidad a la mina vía 2</i>	49
Tabla 3. <i>Metros de avance en perforación diamantina para logueo geomecánico</i>	57
Tabla 4. <i>Estaciones geomecánicas para clasificación geomecánica</i>	58
Tabla 5. <i>Ensayos de carga puntual y su relación entre sí</i>	60
Tabla 6. <i>Cálculo de la resistencia a la compresión simple de estaciones</i>	60
Tabla 7. <i>Rangos mínimos y máximos de la clasificación RMR por litología</i>	63
Tabla 8. <i>Resumen de zonificación por área de diseño de rampa</i>	64
Tabla 9. <i>Características de las labores de desarrollo de la primera opción</i>	70
Tabla 10. <i>Características de las labores de desarrollo de la segunda opción</i> .	70
Tabla 11. <i>Características de las labores de desarrollo de la tercera opción</i>	71
Tabla 12. <i>Conclusiones de las características de las tres opciones consideradas para el diseño</i>	72
Tabla 13. <i>Valores y ponderación en porcentaje para evaluación de opciones</i>	73
Tabla 14. <i>Matriz de evaluación de las tres opciones para el diseño de rampa según ponderación compañía</i>	74
Tabla 15. <i>Criterios usados de diseño de la rampa, su valor y fuente</i>	76
Tabla 16. <i>Factores tecnológicos considerados en el diseño de rampa</i>	77
Tabla 17. <i>Parámetros de diseño de la rampa</i>	78
Tabla 18. <i>Cálculo de equipos mineros truck</i>	85
Tabla 19. <i>Cálculo de equipos mineros LHD</i>	85
Tabla 20. <i>Cálculo de equipos mineros Jumbo</i>	85

Tabla 21. <i>Cálculo de mano de obra en la construcción de rampa</i>	86
Tabla 22. <i>Cálculo de la demanda de aire en la construcción de rampa por aspectos operativos</i>	89
Tabla 23. <i>Cronograma de la construcción por criterio mensual y labores</i>	90

Índice de figuras

Figura 1. Familias de discontinuidades de la mina	61
Figura 2. Distribuciones del índice RQD por familia litología	63
Figura 3. Histograma de rangos de valores RMR89 por familia litológica.....	63
Figura 4. Zonificación de las áreas de diseño de rampa	64
Figura 5. Vista en planta de la primera opción de rampa	67
Figura 6. Vista en planta de la segunda opción de rampa.....	68
Figura 7. Vista en planta de la tercera opción de rampa	69
Figura 8. Diseño de sección de rampa propuesta 4.5x4.5m.....	77
Figura 9. Sección de rampa propuesta de 4.5x4.5m para perforación con jumbos de 2 brazos.....	79
Figura 10. Diseño de perforación para desquinche en vista planta de sección 4.5x4.5m.....	80
Figura 11. Diseño de perforación para desquinche en vista frontal de sección 4.5x4.5m.....	81
Figura 12. Vista en planta de detalles de la rampa y radios de curvatura.....	81
Figura 13. Vista en planta de detalles en específico de la cámara de carguío .	82
Figura 14. Diseño de la sección transversal de la cámara de carguío.....	82
Figura 15. Diseño de malla de perforación de la rampa con sección 4.5x4.5m	83
Figura 16. Cálculo de los accesorios y explosivos usados en la perforación y voladura de rocas de la rampa sección 4.5x4.5m	84
Figura 17. Diseño del sistema de drenaje de la rampa y sus operaciones	87
Figura 18. Circuito del sistema de ventilación en la construcción de rampa.....	89

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo principal describir de qué manera el diseño y construcción de rampa negativa influye en la exploración minera de la Mina Uchucchacua – Cia de Minas Buenaventura 2019. El estudio es de tipo aplicada, nivel descriptivo, diseño no experimental en su modalidad transversal, la población y muestra se conforma por la labor minera rampa negativa de exploración al Sector Camila de la Mina Uchucchacua, pertinentes a la Cia de Minas Buenaventura, año 2019. Se determinó que, la construcción de una rampa negativa influye en la exploración minera, puesto que, considerando la magnitud potencial de la futura operación debido a la presencia de clavos mineralizados de gran potencia y la posible integración de otro sector con la mina Uchucchacua, se ha determinado que es conveniente construir una rampa con una sección de 4.50 x 4.50 metros. Esta medida permitirá acelerar los desarrollos exploratorios y, al mismo tiempo, crear condiciones adecuadas para preparar una futura mina moderna y altamente mecanizada en la explotación del Sector Camila. Además, tras el análisis y la evaluación de las tres opciones diseñadas para la rampa, los resultados favorecieron la segunda opción. Los criterios utilizados privilegiaron su mejor ubicación en relación con los sectores con mayor exposición o presencia de estructuras mineralizadas, así como su orientación transversal al sistema de estructuras mineralizadas presentes, convirtiéndola en una labor de accesibilidad y exploración simultáneamente.

Palabras Claves: Construcción de rampa, exploración minera, labor minera, rampa negativa.

Abstract

The main objective of this research is to describe how the design and construction of a negative ramp influences the mining exploration of the Uchucchacua Mine – Cia de Minas Buenaventura 2019. The study is of applied type, descriptive level, non-experimental design in its cross-sectional modality, the population and sample is made up of the mining work negative ramp of exploration to the Camila Sector of the Uchucchacua Mine, pertinent to the Buenaventura Mining Company, year 2019. It was determined that the construction of a negative ramp influences mining exploration, since, considering the potential magnitude of the future operation due to the presence of high-power mineralized nails and the possible integration of another sector with the Uchucchacua mine, it has been determined that it is convenient to build a ramp with a section of 4.50 x 4.50 meters. This measure will accelerate exploratory developments and, at the same time, create suitable conditions to prepare a future modern and highly mechanized mine in the exploitation of the Camila Sector. In addition, after the analysis and evaluation of the three options designed for the ramp, the results favored the second option. The criteria used favored its better location in relation to the sectors with greater exposure or presence of mineralized structures, as well as its transverse orientation to the system of mineralized structures present, making it a task of accessibility and exploration simultaneously.

Keywords: *Ramp construction, mining exploration, mining work, negative ramp.*

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El 45% de la actividad económica mundial está impulsada por el sector minero, no solo por las ventas directas de materias primas minerales, tanto metálicas como no metálicas, sino también cómo la minería sostiene a otras industrias. Se estima que la minería contribuye aproximadamente un 10% a la actividad económica mundial, basada en los ingresos de los sectores de minería de productos básicos, canteras y petróleo, mientras que otro 10% proviene de los pagos a las industrias de servicios y apoyo directo [1].

En Perú, la minería sigue siendo uno de los pilares de la estabilidad macroeconómica, contribuyendo al crecimiento del PIB en aproximadamente un 10%, gracias a que representa casi el 60% de las exportaciones nacionales y ha mantenido una participación promedio del 23% en inversión extranjera directa durante la última década. Además, es importante destacar su rol en la creación de empleo, especialmente en zonas a más de 3,000 metros sobre el nivel del mar, y el efecto multiplicador que tiene en la economía, además de ofrecer remuneraciones que mantienen la calidad y formalidad laboral en nuestro subsector minero [2].

En 2019, la producción mundial de plata y zinc experimentó un aumento del 0.4% y 2.4%, respectivamente. Sin embargo, la producción de cobre, plomo, estaño y molibdeno disminuyó ese mismo año. En el ámbito global, Perú se mantuvo en la segunda posición como productor de cobre, plata y zinc, ocupó el tercer lugar en producción de plomo, el cuarto en producción de estaño y molibdeno, y el octavo en producción de oro. A nivel latinoamericano, Perú se destacó como el

principal productor de oro, zinc, plomo y estaño, además de ocupar el segundo lugar en la producción de cobre, plata y molibdeno [3].

El Anuario Minero del Perú, en el año 2019, también indicó que Cia de Minas Buenaventura se dispuso como el primer productor de plomo con 27 356 TMF y segundo productor de plata con 468 120 Kg Finos, colocando a regiones como Junín, Lima y Pasco donde interactúa sus unidades mineras entre los primeros en producción total, siendo motivación principal a la compañía y sus unidades a seguir buscando la expansión mediante mejora continua de sus procesos para alargar el ciclo de vida de sus unidades o la integración de las mismas e impactar en los márgenes económicos [4].

En ese sentido, la unidad minera comenzó sus trabajos exploratorios en 2014 con la perforación de 24,000 metros de sondajes diamantinos y el desarrollo de una rampa negativa de aproximadamente 1250 metros de longitud con una sección de 3.5 x 3.5 metros, inicialmente enfocada en el reconocimiento del sector denominado Tomasa. Sin embargo, durante este período, se descubrieron recursos significativos en profundidad en otros sectores como Angela y Camila, donde las características topográficas de la zona presentan limitaciones para continuar con los sondajes exploratorios en profundidad. Para avanzar en la exploración por debajo de la cota 4200 msnm, Buenaventura en su U.P. Uchucchacua necesita seguir desarrollando la rampa 4490, lo que facilitará el acceso a los sectores de interés exploratorio. En este punto, la Gerencia de Exploraciones de la Compañía de Minas Buenaventura tomó la decisión de llevar a cabo el presente proyecto, para realizar el Estudio conceptual del diseño de la rampa de exploración de otras zonas mineralizadas. El estudio comenzó con una visita al proyecto y un reconocimiento de la rampa existente,

además de la revisión de la información proporcionada por el área de exploraciones del proyecto.

Es así que, la investigación es pertinente de las necesidades de la compañía y unidad minera, así como del autor; pero también relevante por ser punto de partida para otorgar beneficios económicos a mediano y largo plazo; tomando en cuenta que la Cia de Minas Buenaventura es de las empresas líderes en producción de minerales de plata, plomo y zinc.

1.2. Antecedentes

1.2.1. Internacionales

- Allison Muñoz y Leidy Ocampo [5], en Ecuador, en el año 2019, elaboraron una investigación que tuvo como alcance principal “Optimizar el sistema de explotación de una labor minera de la mina Tiwintza, mediante la aplicación de parámetros técnicos, económicos y ambientales, para garantizar una extracción de los recursos minerales de manera responsable y sostenible”. Fue una investigación de campo, descriptivo, analítico con técnicas de la observación y análisis documental. Las conclusiones fueron:
 - a. Al realizar el levantamiento de estaciones geomecánicas, se adquirió un conocimiento más profundo sobre las características del terreno rocoso, clasificándolo como de buena calidad. No obstante, para preservar su estabilidad es indispensable implementar medidas de sostenimiento en estas estructuras, aspecto que no se profundizó en este proyecto.

- b.** Se diseñó una estrategia de perforación técnica para las distintas actividades, lo que permitió reducir la cantidad de perforaciones necesarias y, por ende, el desgaste de equipos y materiales como barrenos, brocas y aceite. Esto representa un ahorro de \$1.723,29 por cada operación de voladura.
 - c.** En el proceso de voladura, se optimizó la cantidad de explosivos necesarios, lo que supuso un ahorro económico de \$928,03 por cada voladura.
 - d.** La adopción de un sistema de ventilación mecanizada trajo beneficios principalmente en términos de seguridad laboral, más allá del ámbito económico, con un coste de instalación de \$4.483,99.
- Julio Castro y Diego Quishpe [6], en Ecuador, en el año 2019, ejecutaron una investigación que tuvo como objetivo principal “Estudiar el diseño de construcción de la galería principal de acceso al yacimiento del proyecto minero “Loma Larga” mediante el cálculo de parámetros a partir de condiciones geomecánicas y geotécnicas”. Fue una investigación analítica y experimental de campo, cuantitativa con técnicas de observación y método inductivo deductivo. Las conclusiones fueron:
 - a.** La configuración de la sección transversal propuesta para el túnel se alinea adecuadamente con los requisitos

de espacio para las instalaciones, maquinaria y personal, adoptando una forma semielíptica en la bóveda superior para facilitar la colocación de los barrenos de perforación siguiendo el método sueco.

- b.** La implementación de tecnologías avanzadas en los procesos constructivos garantizará una mayor eficiencia en el uso del tiempo y los recursos. Es crucial evaluar la capacidad de la maquinaria considerando la pérdida de potencia que puede suceder al operar en altitudes inusuales.
- c.** La eficacia de los equipos encargados de los sistemas auxiliares, ya sean eléctricos o neumáticos, también puede verse comprometida por las condiciones de trabajo. Por ello, incluir elementos redundantes en su diseño es una medida prudente para evitar demoras o paradas en el trabajo ante posibles fallos.
- d.** Aunque los explosivos y materiales de voladura disponibles localmente cumplen con los requisitos para las operaciones, es necesario importar las perforadoras y sus complementos.
- e.** Se ajustaron los cálculos teóricos sobre el volumen de material a remover, incrementándolos en un 10% para acercarse más a las cifras reales, ya que es complicado prever con precisión la cantidad de material que se extraerá durante el desarrollo y ejecución de la obra.

- Helder Mucuta y colaboradores [7], en Cuba, en el año 2019, llevaron a cabo una investigación que tuvo como objetivo esencial “Diseñar la construcción y avance de accesos mineros mediante un método de explotación dentro de la concesión minera Asonambile”. Fue una investigación analítica y experimental de campo, cuantitativa con técnicas de observación. Las conclusiones fueron:
 - a. Las cámaras subterráneas ideales tienen dimensiones de 6 metros de ancho por 5 metros de altura en los lados y alcanzan 6 metros en su punto más alto en el contorno curvado. Los pilares, con su diseño cúbico de 5 metros en todas sus dimensiones, garantizan estabilidad con un factor de seguridad de 1.5.
 - b. La estabilidad de las cámaras sin soporte se mantiene como máximo hasta una longitud de 2.8 metros y por un periodo que no excede los 15.95 meses. Superado este tiempo, es indispensable implementar técnicas de sostenimiento, tales como la colocación de pernos de anclaje de 3 a 4 metros de longitud en el techo y paredes, o la aplicación de concreto proyectado con un espesor de 5 a 10 cm en el techo y de 3 cm en las paredes.
 - c. Las cámaras y pilares se organizarán en una configuración sistemática cuya escala variará según el tamaño de la zona mineralizada. La orientación de las

cámaras se ajustará a N 25° W YN 65° E para lograr una intersección en ángulo recto.

- d.** La construcción de las cámaras se llevará a cabo por fases. La primera fase implica el uso de voladura convencional en una sección curva de 2.96 m de ancho por 2.74 m de alto. Las fases dos y tres, con dimensiones de 6.67 m por 2.74 m y 6 m por 3.04 m respectivamente, emplearán voladura en bancos.

1.2.2. Nacionales

- Sergio Aquino [8], en Arequipa, en el año 2019, llevaron a cabo una investigación que tuvo como alcance esencial “Diseñar y construir la rampa 440, para explorar e incrementar las reservas minables y su posterior extracción en CIA minera Macdesa SAC.”. Fue una investigación cuantitativa, tipo descriptiva de campo y explicativa con análisis documental. Las conclusiones fueron:
 - a.** La factibilidad técnica y económica de la profundización del proyecto, basada en las reservas comprobadas de la veta Nancy, ha sido establecida. La ganancia neta de los concentrados de oro se estima en US\$ 5,962,240.518, con un costo de producción por tonelada de \$50.76, considerando las vetas Nancy y Santa Rosa que suman un total de 20,462 TM.
 - b.** Los análisis financieros del proyecto muestran indicadores económicos positivos para la reserva comprobada de la veta

Nancy, con un Valor Actual Neto (VAN) de US\$ 2,060,231.60, una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 166%, y una relación Beneficio/Costo de 2.66.

- c.** Estas métricas financieras sugieren que el proyecto de profundización a través de la rampa 440, utilizando un método convencional para la exploración y explotación, así como para el aumento de las reservas en la unidad minera 4 horas, es económicamente viable.
 - d.** La construcción de la rampa 440, que tendrá una pendiente del -12% y dimensiones de 4,0 m x 4,0 m con una longitud total de 893 m, se realizó mediante técnicas convencionales. Este desarrollo permitirá identificar nuevas vetas en el suelo de la mina, lo cual podría aumentar las reservas minerales de Macdesa.
- Freddy Jurado [9], en Cusco, en el año 2018, ejecutó una investigación que tuvo como alcance fundamental “Diseñar y construir la rampa negativa 697 para profundización en la Cia Minera Raura”. Fue una investigación de tipo aplicado, diseño cuasi experimental con técnicas de campo y técnicas de la observación. Las conclusiones fueron:
 - a.** La primera fase del proyecto abarca una longitud de 468 metros y una sección de 4.50 m x 4.00 m, con el propósito de explorar y confirmar la presencia de minerales,

prolongando así la operatividad de la mina y abriendo nuevas oportunidades a futuro.

- b.** Se llevó a cabo un análisis geomecánico en el área destinada para la construcción de la rampa, utilizando los métodos GSI y RMR, con el propósito de evaluar la calidad del macizo rocoso y así determinar la estabilidad del terreno. Esta evaluación proporcionó información geomecánica clave para el diseño del proyecto. Los resultados indicaron que la calidad de la roca oscila entre regular y buena, con valores de RMR entre 50 y 60, y un índice Q que varía de 3.0 a 6.0.
 - c.** A partir de estos hallazgos, se llevó a cabo un análisis técnico y económico minucioso sobre los métodos de construcción y las operaciones individuales (como perforación, voladura, ventilación, limpieza y drenaje), y el tipo de soporte necesario para la rampa.
 - d.** Se optó por una rampa en zigzag debido a sus múltiples ventajas comparativas con otros diseños, utilizando un método de excavación de sección completa y un Jumbo hidráulico de un brazo para su construcción.
 - e.** El coste total estimado del proyecto es de US\$ 1'302,573.02, con un plazo de construcción previsto de 2.75 meses sin interrupciones.
- Robert Quispe [10], en Arequipa, en el año 2014, llevó a cabo una investigación que tuvo como objetivo fundamental “Explicar la

evaluación técnica y económica para dar viabilidad al proyecto de explotar la veta Alexia de la unidad Arcata, mediante la construcción de la rampa negativa 5360". Fue una investigación de tipo descriptiva, no experimental, transversal con técnicas de observación. Las conclusiones fueron:

- a.** La realización de la Rampa Negativa 5360 se llevará a cabo siguiendo los planes establecidos por la Compañía Minera ARES de la Unidad Operativa ARCATA, incluyendo el progreso mensual esperado y siguiendo las especificaciones del diseño.
- b.** La construcción y diseño de los tramos 1, 2 y 3 de la Rampa Negativa 5360 facilitarán la estimación de reservas en 199,895 toneladas métricas, con un volumen calculado de 640 m x 72 m x 1.8 m, dentro de un periodo de 12 meses (2013 - 2014).
- c.** Al completar la Rampa Negativa 5360, se habilitará el acceso a reservas mineras previamente inaccesibles, permitiendo una operación de extracción y transporte más eficiente y de menor costo.
- d.** La explotación de las reservas minerales ubicadas entre los niveles 4550 y 4478 de la Unidad Minera Arcata generará un ingreso económico considerable de 44,260,453.1 dólares, cifra que contrasta notablemente con el costo de construcción de la rampa, estimado en 2,247,286.90 soles.

- e. El propósito de la Compañía Minera ARES es ejecutar un trabajo meticulosamente planificado, optimizando el ciclo de minería (incluyendo sostenimiento, limpieza, perforación y voladura) para lograr un rendimiento óptimo.

1.3. Bases teóricas

1.3.1. La minería subterránea

Una mina consiste en un conjunto de labores o excavaciones requeridas para extraer minerales de un yacimiento, y en algunos casos, incluye instalaciones anexas para procesar el mineral obtenido. Estas instalaciones son conocidas como "explotaciones mineras" o simplemente "explotaciones". Los minerales se forman a través de procesos geológicos internos, como el tectonismo y el vulcanismo, de donde se extraen del subsuelo, y procesos externos, como la sedimentación, de donde se extraen de cuevas o cavernas. La minería se reconoce como una de las principales actividades económicas globales [11].

La mina más antigua conocida por la arqueología es la Cueva del León, ubicada en Suazilandia, y data de hace aproximadamente 43,000 años. Durante el Paleolítico, los humanos excavaban en este sitio para obtener hematita, un mineral de hierro que usaban como pigmento ocre. De manera similar, en Hungría se han hallado yacimientos de igual antigüedad donde se presume que los neandertales extraían sílex para fabricar herramientas y armas. En el Antiguo Egipto, hacia el año 3000 a.C., comenzó la extracción de turquesa en Uadi Maghara, en la península del Sinaí. En América Precolombina, este mineral también fue trabajado en el distrito minero de Los Cerrillos, Nuevo México, donde se removieron grandes volúmenes de roca con herramientas de piedra,

abarcando un área de 81,000 m².

La introducción de la pólvora negra en actividades mineras ocurrió por primera vez en 1627, en un pozo de Banská Štiavnica, Eslovaquia. Esta misma localidad fue sede de la primera academia de minería del mundo, fundada en 1599. En España, la primera escuela de estudios mineros se estableció en 1788 en Almadén (Ciudad Real); sin embargo, los estudios de ingeniería de minas se trasladaron posteriormente a Madrid en 1835, permaneciendo en Almadén la Escuela de Capataces de Minas [11].

Con el crecimiento de la importancia de la minería subterránea en la economía mundial, los métodos de excavación evolucionaron hacia técnicas más avanzadas. A inicios del siglo XX, esta forma de minería se había establecido como una industria clave en varios países. Los mineros empezaron a emplear herramientas y máquinas eléctricas que mejoraron la productividad y la seguridad laboral. Durante los años 1930, se introdujo la técnica de corte y relleno, la cual permitió la extracción de más minerales de un mismo yacimiento. Este método consistía en extraer una sección de la veta mineral, rellenarla con una mezcla de desechos y materiales de apoyo, y luego proceder de igual manera con una sección adyacente. Esta técnica se estableció como un método estándar en la minería subterránea y sigue vigente hoy en día. En la década de 1950, la minería subterránea incorporó maquinaria más pesada y avanzada. Se comenzaron a utilizar taladros mecánicos para perforar la roca y cargadores frontales para mover el mineral. Con el avance tecnológico, los mineros adoptaron también cargadores de transporte y equipos de perforación controlados a distancia, lo que incrementó aún más la productividad y seguridad en el trabajo [12].

En la década de 1990, la minería subterránea enfrentó importantes desafíos debido al incremento en la profundidad de las excavaciones y a condiciones ambientales más extremas. Para superar estos obstáculos, se incorporaron tecnologías avanzadas, como equipos de perforación de largo alcance y sistemas optimizados de ventilación y enfriamiento. Actualmente, esta actividad se ha transformado en una industria altamente tecnológica, donde se emplean herramientas como la automatización, la robótica, la inteligencia artificial y la realidad virtual. El transporte de materiales y equipos se realiza mediante vehículos autónomos, y los sistemas de monitoreo remoto permiten a los operadores supervisar y controlar los procesos productivos desde ubicaciones a distancia. En cuanto al impacto ambiental, la industria ha implementado medidas para mitigar los efectos negativos de la minería, incluyendo técnicas de reciclaje, sistemas de gestión de residuos y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. En resumen, la minería subterránea ha evolucionado desde sus inicios hasta convertirse en una operación de alta tecnología, marcada por avances significativos en tecnología y seguridad, además de un compromiso creciente con la reducción del impacto ambiental. Se espera que esta industria siga avanzando y mejorando en el futuro [13].

La minería subterránea consiste en un proceso de extracción de minerales que ocurre bajo la superficie de la tierra, a diferencia de la minería a cielo abierto, que se efectúa en la superficie. Este método implica la creación de túneles, galerías y pozos para llegar a los depósitos minerales situados profundamente bajo la superficie, y se emplea cuando los yacimientos no son accesibles por métodos de extracción superficial. Este método se

aplica en la extracción de una amplia gama de minerales, incluidos metales preciosos y no preciosos como oro, plata, cobre, hierro y zinc, además de minerales no metálicos como carbón, sal y piedra caliza. La minería subterránea es un componente crucial de la industria minera global y se practica en diversos países alrededor del mundo [14].

La minería subterránea comprende el conjunto de técnicas utilizadas para obtener recursos minerales situados bajo la superficie terrestre. Estos recursos pueden ser de tipo metálico, como oro, cobre, plata y zinc, o no metálico, como carbón, sal y yeso. Este método se distingue de la minería a cielo abierto en que necesita la creación de estructuras como túneles, galerías, pozos y cámaras para alcanzar y extraer los minerales. Además, la minería subterránea conlleva mayores riesgos y costos comparado con la minería a cielo abierto, debido a las complejas condiciones ambientales, geológicas y de seguridad que se enfrentan bajo tierra [15].

La minería subterránea se refiere al método de extracción de minerales que se realiza por debajo de la superficie terrestre. Esta modalidad se elige cuando la explotación a cielo abierto no resulta factible por motivos económicos, sociales o ambientales. A diferencia de la minería superficial, los equipos utilizados en operaciones subterráneas son de menor tamaño, debido a las limitaciones espaciales propias de los túneles. A medida que se incrementa la profundidad de la excavación, también lo hace la presión ejercida sobre ella, lo que exige estructuras de sostenimiento más sólidas para garantizar la estabilidad. La necesidad de fortificación depende en gran medida de las características del macizo rocoso, las cuales incluyen el tipo de roca, su grado de alteración y la presencia de estructuras geológicas.

Las propiedades mecánicas de la roca influyen directamente en su comportamiento ante los esfuerzos. Las rocas que tienden a fracturarse fácilmente requieren una fortificación completa, mientras que aquellas de dureza media y buena cohesión pueden mantenerse estables con un soporte mínimo. En contraste, las rocas extremadamente duras y cohesivas pueden generar presiones internas elevadas, capaces de provocar la ruptura de las paredes del túnel, lo que demanda un refuerzo estructural más intensivo [16].

La minería subterránea se desarrolló para la extracción de recursos bajo la superficie de la tierra, empleando técnicas diferentes a las de la minería a cielo abierto. Frecuentemente, se considera la opción más adecuada cuando la excavación a cielo abierto no es viable por motivos ambientales o económicos. No obstante, esta modalidad de minería puede presentar mayores complicaciones. Tales desafíos suelen surgir cuando las capas del subsuelo a explotar son muy inclinadas, angostas o estrechas, y la presencia de gases tóxicos incrementa significativamente los riesgos para los trabajadores. El objetivo principal es extraer rocas que contienen minerales valiosos ubicadas debajo de una capa superficial de material estéril de considerable espesor, como suele ocurrir dentro de un cerro. Para ello, se desarrollan excavaciones subterráneas que parten desde la superficie y se extienden hasta las zonas mineralizadas. Estas excavaciones pueden adoptar distintas orientaciones: horizontales (como túneles y galerías), verticales (como piques) o inclinadas (como rampas). Se organizan en diversos niveles con el fin de optimizar las operaciones de fragmentación, carga y transporte del mineral desde el interior de la mina hacia los puntos de acopio o procesamiento en

superficie [17]. Entre sus ventajas se tiene que, la minería subterránea contribuye a una mejor conservación del medio ambiente, ya que su método de extracción minimiza el impacto en bosques, ríos, tierras agrícolas y áreas residenciales; en este tipo de minería, no se requiere el uso de explosivos para fracturar el suelo, dado que los pozos se excavan de manera estratégica desde la superficie hasta alcanzar el mineral; la contaminación en las zonas adyacentes a la mina es menor, resultando en menos alteraciones ambientales comparado con lo que usualmente ocurre en la minería a cielo abierto. Además, entre las principales desventajas de la minería subterránea se encuentra la elevada inversión inicial que suele requerir, la cual es generalmente superior a la de la minería a cielo abierto. Este tipo de minería también implica mayores riesgos para la seguridad de los trabajadores, ya que son más frecuentes los accidentes graves como derrumbes, inundaciones, incendios y la exposición a gases tóxicos. Asimismo, las limitaciones de espacio propias de este entorno dificultan las operaciones, haciendo que los procesos de extracción sean más lentos y complejos en comparación con otros métodos de explotación minera [18].

La mina subterránea funciona como una planta industrial situada dentro de la roca madre subterránea, donde los mineros extraen minerales ocultos. El proceso incluye perforar, cargar y realizar voladuras para acceder y extraer el mineral, que es una roca que contiene varios minerales, de los cuales al menos uno es económicamente viable para ser procesado y vendido con beneficio. Posteriormente, el mineral es transportado a la superficie para su refinamiento en un concentrado de alta calidad. Trabajar tan profundamente bajo tierra demanda

infraestructuras específicas, como una red de pozos, túneles y cámaras que conectan con la superficie y facilitan el movimiento de trabajadores, maquinaria y roca. Los pozos sirven de acceso al subsuelo, conectándose con estaciones y áreas de producción a través de galerías laterales. Las rampas internas, que son galerías inclinadas, interconectan los niveles subterráneos en diferentes profundidades. Además, todas estas estructuras subterráneas requieren de servicios esenciales como ventilación, suministro eléctrico, agua y aire comprimido, sistemas de drenaje y bombas para manejar el agua filtrada, y sistemas de comunicación.

1.3.2. El proceso minero

Prospección

Los yacimientos minerales son acumulaciones de materiales valiosos formados en la Tierra bajo condiciones únicas a lo largo de millones de años, lo que los hace raros y generalmente asociados a estructuras geológicas inusuales, conocidas como "anomalías geológicas". Una fase crucial en la minería es la exploración y evaluación de nuevos recursos minerales, donde a menudo las señales de un yacimiento son sutiles y difíciles de identificar, requiriendo la experiencia y conocimientos especializados de un geólogo. La constante búsqueda de nuevos depósitos es esencial para mantener la viabilidad a largo plazo de las operaciones mineras al aumentar las reservas. Además, el descubrimiento de nuevos depósitos trae consigo importantes expectativas económicas y financieras, que pueden tener impactos

significativos en la economía de un país. Esta tarea exige el uso de los últimos avances científicos y tecnológicos para minimizar los elevados riesgos económicos típicos de esta fase de la actividad minera [19]

La prospección es el proceso mediante el cual se identifican anomalías geológicas en la corteza terrestre que podrían albergar depósitos minerales. Según el TUO de la LGM, se define como la investigación para determinar áreas con potencial mineralización, utilizando indicadores químicos y físicos con técnicas e instrumentos de precisión. Históricamente, esta tarea era llevada a cabo por cateadores que buscaban estas anomalías a través de la observación directa de cambios en la geografía de un área. (Según el artículo 1 del TUO de la ley de minas, el cateo implica revelar signos de mineralización mediante trabajos mineros básicos) [19].

La tecnología moderna ofrece herramientas como fotografías aéreas, datos satelitales, y métodos de prospección geoquímica y geofísica para localizar estos posibles yacimientos minerales. Contrario a la creencia popular de que el descubrimiento de una mina es un evento fortuito, en realidad resulta de una búsqueda sistemática y científica que requiere tecnología avanzada, técnicos altamente capacitados y una significativa inversión de recursos económicos por parte de los empresarios mineros para asegurar la rentabilidad de la operación. Actualmente, para detectar recursos minerales se utilizan técnicas como la interpretación de imágenes obtenidas mediante energía radiante y percepción remota de satélites, la aerofotografía para identificar estructuras geológicas favorables, y estudios geoquímicos que comparan muestras de la corteza

terrestre de áreas seleccionadas con el promedio general de la región estudiada [19].

Exploración

Esta etapa implica la realización de estudios detallados de una zona, que incluyen el muestreo y análisis químico de rocas a través de trabajos en superficie como canales y trincheras. Además, se llevan a cabo operaciones de perforación diamantina, que consisten en realizar perforaciones en el subsuelo para analizar el contenido mineral y algunas labores subterráneas como galerías y chimeneas de exploración. Estas exploraciones son cruciales para determinar si un yacimiento es económicamente viable, basándose en la cantidad y calidad del mineral encontrado. La exploración minera tiene como objetivo determinar la cantidad (reservas) y la calidad (ley promedio) del mineral de un depósito. También es esencial evaluar si el mineral es procesable, es decir, si es posible extraer su contenido metálico de manera económica, lo cual se verifica mediante pruebas metalúrgicas en laboratorios y en plantas piloto de tratamiento de minerales. El artículo 8 del TUO LGM define la exploración como la actividad minera destinada a demostrar las dimensiones, posición, características mineralógicas, reservas y valor de los yacimientos minerales. Es importante destacar que la exploración es la primera fase de un proceso productivo en minería y conlleva un alto riesgo, ya que frecuentemente los depósitos encontrados no son económicamente explotables [19].

Existen dos tipos de exploraciones mineras. La primera es la exploración para ampliación de reservas, que se lleva a cabo en áreas que son geológicamente prometedoras pero que no han sido exploradas previamente o solo de manera superficial. La segunda es la exploración para reposición de reservas, realizada en las áreas de operación actual con el objetivo de seguir estimando más mineral para reemplazar las reservas que fueron extraídas en el año anterior, con el fin de mantener o extender la vida útil de la mina. Respecto a las empresas que realizan estas actividades, es importante mencionar que en Perú se categorizan dos tipos de compañías exploradoras mineras [19]:

Empresas exploradoras con operaciones mineras: Estas empresas ya poseen operaciones mineras activas y se enfocan en continuar explorando dentro de sus yacimientos existentes para prolongar la vida de la mina. Adicionalmente, invierten en la exploración de nuevas áreas que puedan asegurar la continuidad operativa de la mina y la sostenibilidad de la empresa [19].

Empresas mineras sin operaciones extractivas: Estas compañías, en su mayoría extranjeras, se dedican exclusivamente a la exploración de nuevos yacimientos minerales. Dentro de este grupo, se distingue entre las grandes corporaciones multinacionales, que buscan depósitos de gran envergadura para transferirlos posteriormente a otras filiales o empresas del mismo grupo, y las denominadas empresas "Juniors", de menor tamaño. Estas últimas se enfocan en identificar depósitos con alto potencial económico, con el objetivo de venderlos a grandes compañías mineras una vez que se hayan realizado estudios preliminares que confirmen su viabilidad [19].

Desarrollo y preparación

Según el artículo 8 del TUO de la LGM, el desarrollo minero comprende las operaciones necesarias para posibilitar la explotación de minerales de un yacimiento. Esto implica realizar trabajos previos para acceder al mineral desde la superficie, es decir, establecer vías de acceso a las reservas minerales y prepararlas para su extracción comercial. En el contexto de una mina subterránea, los trabajos de desarrollo incluyen la creación de galerías (túneles horizontales), chimeneas (túneles verticales o inclinados que no llegan a la superficie), piques (túneles verticales que conectan con la superficie) y rampas (túneles en forma de espiral). A continuación, se llevan a cabo labores de preparación, que consisten en diseñar en el terreno el método más adecuado para la extracción del mineral [19]

El túnel principal de acceso en la mina se llama comúnmente socavón. En las minas a cielo abierto, el proceso comienza con el desencape, que consiste en retirar el material estéril que cubre el mineral. Después de esto, se desarrollan las labores de acceso necesarias para la extracción del mineral y el desmonte.

Construcción

En esta fase se llevan a cabo actividades para establecer y mantener las instalaciones necesarias para la extracción, procesamiento y transporte de los recursos minerales. Dichas instalaciones abarcan infraestructura productiva, de energía y de transporte, como caminos, vías férreas,

puertos y aeropuertos. Además, se procede al acondicionamiento de maquinaria y equipos. Frecuentemente, las tareas de construcción y desarrollo se realizan de manera simultánea. Los periodos de construcción para minas de gran tamaño suelen variar entre 20 y 30 meses [19].

Explotación de minas

El método de explotación subterránea se emplea cuando las zonas donde se encuentran los minerales (ya sean vetas o cuerpos de mineral económico) son estrechas y profundas. Las evaluaciones técnicas y económicas respaldan la perforación de túneles y socavones como medio para facilitar su extracción. Este proceso incluye diversas actividades o procesos, tales como la exploración, el desarrollo, la preparación, la explotación y extracción, así como el transporte y manejo de los minerales [19].

- Exploración: Esta actividad minera busca confirmar las dimensiones, posición, características mineralógicas, reservas y valores de los yacimientos mineros.
- Desarrollo: Una vez localizados los bloques de mineral, se efectúan trabajos mineros para determinar el tonelaje y la calidad del mineral, clasificándolos en mena, mineral marginal y submarginal. Se construyen accesos e instalaciones necesarias para la futura explotación, incluyendo galerías, cruceros, chimeneas de ventilación, rampas, y se instalan rieles para carros mineros y líneas de energía.

- **Preparación:** En esta fase se adecuan las zonas o secciones de trabajo dentro de la veta o bloques de mineral, facilitando la explotación. Esto incluye la preparación de tolvas, chimeneas de relleno y de ventilación, entre otras labores.
- **Explotación y extracción:** Durante esta etapa se lleva a cabo la perforación y las voladuras del mineral dentro de la mina, lo cual prepara el mineral para ser trasladado al exterior.
- **Transporte y/o manipulación de minerales:** Tras la voladura, el mineral es extraído y transportado fuera de la mina. Se acumula y carga en diversos medios de transporte disponibles, que pueden incluir carros mineros, scoops u otros equipos.

Beneficio de minerales

El mineral extraído generalmente no está listo para ser comercializado, por lo que necesita ser procesado para aumentar su ley (porcentaje de contenido metálico) y así hacerlo vendible, o prepararlo para etapas posteriores de fundición y refinación. Gracias a los avances en tecnología e investigación, hoy es posible concentrar minerales con leyes muy bajas que anteriormente no eran económicamente viables para recuperar, sin causar daño ambiental significativo. La técnica de concentración varía dependiendo del tipo de mineral presente, existiendo diversos métodos para su ejecución. Según el TUO de la LGM, el beneficio es el término usado para describir el conjunto de procesos físicos, químicos y/o físico-químicos que se aplican para extraer o concentrar las partes valiosas de

un conjunto de minerales y/o para purificar, fundir o refinar metales. Este proceso incluye varias etapas [19]:

- Preparación mecánica: proceso que involucra la reducción de tamaño, clasificación y/o lavado del mineral.
- Metalurgia: conjunto de procedimientos físicos, químicos y/o físico-químicos que se emplean para concentrar y/o extraer las sustancias valiosas de los minerales.
- Refinación: proceso que purifica los metales obtenidos de los procesos metalúrgicos anteriores.

1.3.3. Labores mineras

Las actividades mineras comprenden un conjunto de operaciones realizadas en una mina para acceder, seccionar y extraer minerales de manera segura y eficiente. Estas actividades se organizan en labores de acceso, preparación, arranque y auxiliares, dependiendo de su función específica. Cada una de estas labores requiere una planificación que se ajuste a las particularidades del yacimiento. Esto implica la construcción de infraestructuras como túneles, galerías y rampas, la preparación del frente de trabajo, la extracción de minerales mediante técnicas de perforación y voladura, y la provisión de servicios necesarios [20].

El laboreo de minas se refiere a las excavaciones de diversas formas que se realizan para acceder al yacimiento, conectarlo con la superficie, y subdividirlo en secciones de tamaño y forma estandarizados para extraer el material de manera organizada, segura y económica [21].

Una labor minera se refiere a cualquier acceso excavado o hueco que sirve para explotar un yacimiento, por ello, una mina es confirmada por un conjunto de estas mencionadas labores, específicamente cuando se trata de una explotación a nivel subterráneo, por ello, es conocido como la técnica del laboreo minero, siendo la zona de labor activa conocida como frente de avance o corte [20].

Labores de exploración

Una serie de actividades que comienza con el "reconocimiento" general de una región para identificar una "anomalía mineral" (Prospección), y continúa con la evaluación detallada de las reservas o depósitos minerales (Exploración). Esto permite determinar la composición y el potencial económico del depósito, lo cual, a su vez, facilitará la decisión sobre la viabilidad de explotar el yacimiento mineral descubierto.

Labores de desarrollo

a) Labores verticales

- **Piques**

Se trata de una excavación vertical de sección reducida que alcanza gran profundidad y conecta varios niveles, utilizada tanto para el acceso como para la explotación. Son labores verticales desarrolladas de arriba hacia abajo en roca o material estéril. Su estructura puede ser circular o rectangular y dividida en varios compartimentos. En la minería, los pozos sirven como labores de acceso desde la superficie en minas subterráneas que se encuentran por debajo del nivel del fondo del valle. Los pozos pueden ser tanto verticales como inclinados.

Las funciones incluyen: Facilitar el acceso para materiales, personal, equipos y herramientas. Utilizarse para la extracción o izaje de minerales. Actuar como conducto de ventilación. Servir como ruta para las instalaciones esenciales al funcionamiento de la mina, tales como energía eléctrica, aire comprimido y sistemas de desagüe.

- Chimeneas

Una labor vertical de sección reducida que se desarrolla de abajo hacia arriba para conectar dos labores horizontales, siguiendo la inclinación de la veta mineral. Se trata de una excavación vertical o inclinada que se construye desde un nivel inferior a uno superior, con el propósito de transportar materiales o facilitar el flujo de aire para ventilar los espacios de trabajo. Las chimeneas pueden tener varios compartimentos y, aunque generalmente se construyen dentro del cuerpo del mineral, también pueden edificarse, en menor medida, en material estéril.

Las funciones incluyen: Actuar como conducto de ventilación. Facilitar el acceso para personal, materiales, herramientas e insumos a las áreas de explotación. Ayudar a delimitar y calcular el volumen de los bloques mineralizados. Alojar infraestructuras como cables eléctricos, tuberías para agua y aire comprimido, y tuberías para relleno hidráulico. Servir como ruta para el transporte, izaje y como depósito temporal de minerales.

- Echaderos

Labor minera vertical o semivertical que tiene como finalidad ser medio de transporte de los materiales minerales o caso contrario desmonte, pero de un nivel a otro.

b) Labores horizontales

- Cámaras
- Cruceros
- Túnel: Un túnel casi horizontal que conecta subterráneamente con la superficie en ambos extremos. Se realiza en el extremo de una montaña o colina para facilitar el acceso a un depósito mineral.

Se construyen sobre roca o material no útil. Las funciones incluyen: Servir como vías de comunicación para carreteras y ferrocarriles. Desviar cursos de ríos. Proporcionar ventilación en minas. Ofrecer vías de acceso a depósitos minerales. Permitir el drenaje o desagüe de minas. Albergar instalaciones eléctricas subterráneas.

- Galerías o socavón: Es una labor casi horizontal que se realiza sobre una veta o una de sus paredes laterales, siguiendo la dirección de la veta. Se trata de un trabajo horizontal dentro de la mina subterránea que facilita el acceso al depósito de mineral.

Sus funciones incluyen: Delimitar el bloque mineralizado. Proporcionar acceso al depósito mineral. Facilitar el acceso para personal, herramientas, materiales, equipos, maquinarias,

entre otros. Permitir la evaluación de la continuidad del yacimiento, entre otras tareas.

La galería principal funciona como una labor de acceso. Una de sus dimensiones es considerablemente menor que las otras dos. La parte superior de la galería se conoce como corona, mientras que las paredes laterales se llaman hastiales. Es comparable a un túnel utilizado en carreteras o ferrocarriles.

La galería secundaria funciona como un pasaje de comunicación dentro de la mina, que puede ser horizontal o ligeramente inclinado. Es una galería horizontal diseñada específicamente para la preparación y explotación del yacimiento, y además sirve para delimitar el bloque mineralizado.

- Cortadas

Es una labor que se lleva a cabo casi horizontalmente sobre roca o material estéril y forma un ángulo con la dirección del depósito mineral o galería. Funciona de manera similar a una galería.

Sus funciones incluyen: Cortar o atravesar la zona mineralizada. Delimitar la magnitud del depósito mineral. Proporcionar acceso directo al depósito mineral. Servir como método para explorar otros depósitos mineralizados, entre otros.

- Nivel

Consiste en un conjunto de labores horizontales y ramificadas que se encuentran en el mismo nivel o plano y que necesariamente conectan con un pique o socavón. Es común que en las minas se operen desde un pozo central, estableciendo niveles a intervalos regulares, típicamente con una separación vertical de 50 metros o más. La función principal de estas labores es facilitar el transporte del mineral desde los puntos de extracción hacia los puntos de descarga del mineral.

c) Labores inclinadas

- Rampas
- Media barreta
- Inclinados

Labores de preparación

Labores mineras realizados para permitir una adecuada explotación del yacimiento o depósito, tras completar las labores de acceso y desarrollo en dirección y buzamiento del mismo.

a) Subniveles

Nivel de trabajo que se ubica entre los niveles principales de trabajo. Este nivel intermedio se construye a una corta distancia por encima o por debajo de un nivel principal con el propósito de facilitar la extracción desde una cámara de explotación.

b) Ventanas

Su objetivo es conectar una galería principal con una sobreguía. También sirve para conectar dos mantos y prevenir el avance de una galería en uno de ellos.

c) Tolvas

Es una apertura subterránea localizada en el fondo de una cámara o frente de explotación a través de la cual se transporta el material extraído. Comúnmente se refiere a las tolvas en una mina subterránea usando el término informal "chute". En la parte inferior, cuenta con una estructura, típicamente de madera, que está equipada con una puerta por la cual el material se descarga o se carga en carros, vagones u otros medios de transporte.

d) Tajeos

En la técnica de tajos largos, el mineral se extrae a lo largo de un extenso frente de trabajo recto y longitudinal.

1.3.4. Rampas mineras

Estas labores, similares a las galerías, presentan una inclinación ya sea positiva o negativa de aproximadamente 5%, lo que les permite funcionar como la entrada principal de una mina, proporcionando acceso a diversos niveles de trabajo situados a diferentes alturas. Se diferencian de los túneles en su método de construcción y pueden adoptar formas diversas como circular, elíptica, en zigzag, en forma de ocho o recta. La inclinación para el tránsito de equipos varía entre el 10 y el 12%. Estas estructuras, que tienen una pendiente considerable para maximizar la longitud y altura, se construyen fuera de la veta mineral, sobre roca o material estéril, y

sirven para conectar la superficie con el interior de la mina o para enlazar dos o más labores horizontales o niveles subterráneos a diferentes alturas, generalmente con una orientación descendente.

Sirve como vía de acceso para equipos y maquinarias pesadas (perforación, transporte, relleno) que se desplazan sobre ruedas dentro de la mina, desde la superficie o entre niveles. Conecta labores horizontales ubicadas a diferentes alturas o profundidades. Facilita la extracción rápida y flexible del mineral utilizando equipos de bajo perfil. Proporciona acceso al interior de la mina para personal, materiales, insumos y herramientas. Las rampas pueden ser construidas o desarrolladas en una variedad de formas: circular, elípticas, en forma de ocho, zigzag, helicoidales o horizontales con la inclinación adecuada.

1.4. Formulación de los problemas

1.4.1. Problema general

¿De qué manera el diseño y construcción de rampa negativa influye en la exploración minera de la Mina Uchucchacua – Cia de Minas Buenaventura 2019?

1.4.2. Problemas específicos

- ¿Cómo son los aspectos geomecánicos del proyecto de construcción de rampa negativa para exploración minera de la Mina Uchucchacua – Cia de Minas Buenaventura 2019?
- ¿Cuáles son los criterios de diseño de construcción de rampa negativa para exploración minera de la Mina Uchucchacua – Cia de Minas Buenaventura 2019?

- ¿Cuáles son las opciones de desarrollo minero de rampa negativa para exploración minera de la Mina Uchucchacua – Cia de Minas Buenaventura 2019?
- ¿Cómo son las etapas de planeamiento de construcción de rampa negativa para exploración minera de la Mina Uchucchacua – Cia de Minas Buenaventura 2019?

1.5. Justificación

La investigación se justifica en la medida práctica, ya que se enfoca en evaluar desde principio a fin, el diseño y construcción de una rampa negativa que tiene como finalidad permitir accesibilidad a la exploración minera, que a su vez permitirá seguir acrecentando las reservas disponibles y explotables, y de esa manera contribuir a llevar a cabo nuevos proyectos de explotación que tiene como foco principal acrecentar los márgenes económicos de la mina en investigación; esto conllevará a elevar la imagen empresarial, jerarquizar a los profesionales encargados de la producción y productividad y colocar a la compañía en el top de empresas mineras que cumplen a cabalidad la demanda mundial de minerales metálicos.

También el estudio se justifica a nivel económico, debido a que desde hace tiempo Buenaventura es una de las empresas pioneras en producción de plata y zinc, las mismas que a nivel precio de los metales ha tenido una variabilidad positiva, por lo que es necesaria buscar el mejoramiento continuo en todos sus aspectos de la producción minera, incluyendo el ciclo de minado, hasta el cierre del mismo.

Además, la justificación técnica de la investigación se basa en la dedicación y especialización del autor en la aplicación de teorías sobre cálculos y monitoreo de proyectos mineros de alta envergadura. Esto implica la creación de diagramas y fichas que facilitan la comprensión del problema y el alcance del objetivo principal, fundamentándose únicamente en su formación profesional y la aplicación de técnicas de gestión de proyectos desde cero aplicadas a un yacimiento minero.

En última instancia, la justificación del estudio desde un enfoque metodológico radica en la planificación de un itinerario de investigación metódicamente diseñado, que se alinea con las normas y estructuras del método científico. Este enfoque se complementa con la implementación de técnicas de investigación específicas y el uso de herramientas desarrolladas especialmente para este estudio.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Determinar de qué manera el diseño y construcción de rampa negativa influye en la exploración minera de la Mina Uchucchacua – Cia de Minas Buenaventura 2019.

1.6.2. Objetivos específicos

- Explicar cómo son los aspectos geomecánicos del proyecto de construcción de rampa negativa para exploración minera de la Mina Uchucchacua – Cia de Minas Buenaventura 2019

- Explicar cuáles son los criterios de diseño de construcción de rampa negativa para exploración minera de la Mina Uchucchacua – Cia de Minas Buenaventura 2019
- Explicar cuáles son las opciones de desarrollo minero de rampa negativa para exploración minera de la Mina Uchucchacua – Cia de Minas Buenaventura 2019
- Explicar cómo son las etapas de planeamiento de construcción de rampa negativa para exploración minera de la Mina Uchucchacua – Cia de Minas Buenaventura 2019

1.7. Hipótesis

El diseño y construcción de rampa negativa favorece la exploración minera de la Mina Uchucchacua – Cia de Minas Buenaventura 2019.

II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

2.1. Tipo de investigación

La investigación será de tipo aplicada, ya que, pretende esencialmente la solución de un problema a través de herramientas prácticas basados en la teoría pura aceptada en la comunidad científica [22].

2.2. Nivel de investigación

La investigación será de nivel descriptivo, con el propósito de detallar minuciosamente las diversas facetas del fenómeno objeto de estudio, incluyendo sus rasgos y singularidades que lo definen, mediante un análisis exhaustivo. [23].

2.3. Diseño de investigación

El estudio adoptará un diseño de investigación no experimental y transversal, en el que no se alterarán intencionalmente las variables investigadas, ni en mayor ni en menor medida. Además, se analizarán los fenómenos tal y como se presentan en su contexto real, en un momento y lugar específicos [24].

2.4. Población y muestra

Población

La población se refiere al grupo o conjunto de elementos que pueden ser personas, procesos u objetos y tiene como finalidad principal ser foco del estudio considerando igualdad de tiempo y espacio. En esa medida, la población se conformará por las labores mineras de exploración en construcción de la Mina Uchucchacua, pertinentes a la Cia de Minas Buenaventura, año 2019.

Muestra

La muestra se refiere a una parte de la población que tiene como finalidad principal la generalización de los resultados obtenidos. En ese sentido, la muestra se conformará por la rampa negativa de exploración al Sector Camila.

2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La investigación usará la técnica de la observación, puesto que los datos necesarios y suficientes para alcanzar los objetivos, serán recolectados a través del acercamiento in-situ [25]. También se empleará el análisis de documentos como técnica, la cual facilita un estudio detallado de documentos que reflejan la realidad del fenómeno investigado, incluyendo materiales como fichas y resúmenes [26].

En relación a los instrumentos utilizados; se usarán fichas de informe de diseño y construcción a nivel proyecto de una rampa negativa para exploración.

2.6. Técnicas de análisis e interpretación de datos

La investigación comienza con la solicitud oficial de autorizaciones a los supervisores de turno y otras autoridades relevantes. Seguidamente, se procederá a la recolección de datos y al examen de documentos relacionados con el proyecto y el área de estudio. Posteriormente, dichos documentos serán sistemáticamente revisados, organizados, filtrados y evaluados, recurriendo al procesamiento de datos cuando sea requerido.

III. RESULTADOS

3.1. Unidad minera de estudio

Ubicación y accesibilidad

Uchucchacua, propiedad completamente de Buenaventura, está situada en el distrito y provincia de Oyón, en la región de Lima. Es una mina subterránea que fue descubierta por Buenaventura y que produce plata, plomo y zinc desde que comenzó sus operaciones en 1975. se encuentra ubicado entre los 4,400 y 5,000 msnm. Geográficamente, el proyecto se encuentra asentado en el flanco oriental de la Cordillera Occidental de los Andes peruanos.

Se puede acceder al área del proyecto desde la ciudad de Lima mediante dos rutas principales:

- La primera opción es tomar la carretera Panamericana Norte hasta Huaura; desde allí, se sigue la carretera que pasa por Sayán, luego por la localidad de Oyón, cruzando la U.E.A. Uchucchacua, hasta llegar finalmente al área del proyecto Yumpag.

Tabla 1.
Accesibilidad a la mina vía 1

Tramo	Tipo de Vía	Distancia	Tiempo Recorrido
Lima - Huaura	Asfaltada	150 km	2 hrs
Huaura - Sayán	Asfaltada	50 km	1 hrs
Sayán - Churín	Afirmada	62 km	1:30 hrs
Churín - Oyón - U.E.A. Uchucchacua	Asf. Afir.	50 km	1:30 hrs
U.E.A. Uchucchacua - Proyecto Yumpag	Afirmada	7 km	0:30 hrs
Total		319 km	6:30 hrs

- La segunda opción es viajar por la carretera Central hasta La Oroya. Desde esta ciudad, se continúa por la carretera hacia Cerro de Pasco y de allí se dirige hacia el Noroeste hasta llegar al emplazamiento del proyecto Yumpag.

Tabla 2.
Accesibilidad a la mina vía 2

Tramo	Tipo de Vía	Distancia	Tiempo Recorrido
Lima - San Mateo	Asfaltada	93 km	2 hrs
San Mateo - Morococha	Asfaltada	42 km	1 hrs
Morococha - La Oroya	Asfaltada	40 km	1 hrs
La Oroya - Cerro de Pasco - U.E.A. Uchuchacua	Asf. Afir.	207 km	3.30 hrs
U.E.A. Uchuchacua - Proyecto Yumpag	Afirmada	7 km	0:30 hrs
Total		389 km	8:00 hrs

Aspectos geológicos

- Geomorfología

La zona es montañosa y abarca aproximadamente 35 km de largo por un ancho de 12 a 15 km, exhibiendo una topografía abrupta que se eleva unos 700 m por encima del relieve circundante. El área está compuesta por valles profundos, altiplanicies, colinas y picos montañosos que superan los 5,000 metros sobre el nivel del mar. Además, se observan características de actividad glaciaria como circos glaciares, aristas, lagos subglaciales, tills y depósitos morrénicos glaciares, lo que indica la presencia pasada de glaciares en la región.

- Geología regional

Las rocas predominantes en la región son sedimentarias del periodo Cretácico, que son superadas por rocas volcánicas terciarias e intrusivas. La secuencia se completa con depósitos aluviales y morrénicos en la parte superior. La zona ha experimentado un tectonismo de intensidad de moderada a intensa, resultando en el plegamiento de las capas sedimentarias, sobre escurrimientos y fallas, así como en el emplazamiento de cuerpos ígneos asociados a la Orogenia Andina. Este

proceso tectónico se ha complementado con los efectos del emplazamiento del batolito y movimientos epirogénicos de los Andes. Las capas sedimentarias presentan múltiples plegamientos en forma de anticlinales subparalelos con variadas persistencias y una orientación promedio de N10°-20°W. De forma similar, se observan sobre escurrimientos subparalelos en la misma orientación. Hacia el flanco NE, predominan los derrames volcánicos dacíticos del Calipuy terciario. Las calizas de la Formación Jumasha y las calizas y lutitas de la Formación Celendín son las litologías predominantes, con flancos al oeste marcados por las Formaciones Santa y Carhuáz y al este por la Formación Carhuáz y depósitos cuaternarios aluviales. También se notan sistemas de fallas con orientaciones que varían de NE a E-W.

- Estratigrafía

Grupo Goyllarisquisga

Formación Oyón (Ki-o)

Esta formación está compuesta por una alternancia de lutitas de color gris oscuro y capas carbonosas antracíticas altamente perturbadas. Presenta un espesor reconocido de 400 metros y aflora al noroeste de Oyón. Se le clasifica en el periodo Valanginiano.

Formación Chimú (Ki-ch)

Compuesta por cuarcitas blancas, esta formación incluye en su parte superior capas de calizas con intercalaciones arcillosas y lechos carbonosos. Su espesor varía entre 400 y 600 metros y es

visible a lo largo del eje del anticlinal de Patón, situándose en el Valanginiano.

Formación Carhuaz (Ki-ca)

Esta formación está integrada por una intercalación de areniscas finas y lutitas de color marrón amarillento, con una capa superior de arenisca de grano fino y color rojo brillante. Tiene un espesor de 600 metros y data del Valanginiano Superior al Barremiano. Aflora en el flanco oeste del anticlinal de Patón.

Formación Farrat (Ki-f)

Compuesta por areniscas blancas con estratificaciones cruzadas y un espesor de entre 20 y 50 metros; se encuentra expuesta al noroeste de la laguna Patón y pertenece al periodo Aptiano.

Grupo Machay

Formación Pariahuanca (Ki-Ph)

Esta formación está compuesta por calizas grises con un espesor de 50 metros, que afloran al noroeste de la laguna Patón. Se le clasifica en el Aptiano Superior.

Formación Chulec (Ki-Ch)

Está formada por un conjunto de margas, lutitas y calizas con un espesor de 200 metros. Aparece al noroeste de Patón y se data en el Albiano Inferior.

Formación Pariatambo (Ki-Pt)

Compuesta por lutitas negras carbonosas y calizas bituminosas plegadas, esta formación tiene un espesor de 50 metros. Hacia el techo de la formación, se observa una alternancia con capas

delgadas de sílex. Aflora al oeste y noroeste de Patón y su antigüedad corresponde al Albiano Medio.

Grupo Jumasha (Ks-j)

Miembro Jumasha Inferior (J-i)

Este miembro se caracteriza por una alternancia de calizas nodulosas de sílex y calizas margosas, alcanzando un espesor de 570 metros. Se encuentra en el periodo del Albiano Superior al Turoniano.

Miembro Jumasha Medio (J-m)

Compuesto por calizas grises alteradas con calizas nodulosas y algunos niveles margosos, este miembro tiene un grosor estimado de 485 metros y se data en el Turoniano.

Miembro Jumasha Superior (J-s)

Este miembro consta de calizas de grano fino con una base de esquistos carbonosos, rematados por calizas margosas. Tiene una potencia estimada de 405 metros y se ubica en el Turoniano Superior, representando el estrato superior del Jumasha.

- Geología local

En la zona de estudio, la formación Jumasha se clasifica, por motivos cartográficos, en tres subunidades: Jumasha Inferior, Jumasha Medio y Jumasha Superior. Estas subunidades se distinguen por límites bien definidos, marcados por capas de calizas margosas de color beige denominadas "Markers", que proporcionan puntos de referencia entre cada miembro y rompen con la uniformidad de las calizas gris masivas.

Sobre estas unidades, se depositan de manera progresiva las calizas y margas de colores beige, blanco y rojo de la Formación Celendín (Turoniano-Coniaciano). Encima de estas, en discordancia, se encuentran areniscas y lutitas rojas de la Formación Casapalca (Cretáceo Terminal-Terciario). Esta secuencia ha sido estudiada y documentada por diversos geólogos a lo largo de los años. Además, superpuesta a la secuencia sedimentaria o intruyendo en ella, se hallan importantes acumulaciones episódicas de rocas volcánicas que varían en composición desde ácidas hasta básicas, incluyendo riodacitas, dacitas, andesitas y basaltos. Estas rocas volcánicas, que se extienden en edad desde el Oligoceno (24.5 Ma) hasta el Plioceno (3.3 Ma), son localmente conocidas como volcánicos Atalaya, aunque corresponden a los volcánicos Calipuy.

- Geología estructural

El entorno estructural se describe por pliegues y sobrecargas en una orientación NNW-SSE que forman parte del sistema de corridas y pliegues del Marañón; las estructuras muestran una vergencia hacia el este, lo que señala la dirección del transporte tectónico. No obstante, la estructura predominante en el distrito minero en términos de mineralización es una significativa falla trasandina a nivel cortical, conocida como la falla Cachipampa, que sigue una dirección N40°E y es crucial en la zona.

Corredor Camila: El sistema de estructuras mineralizadas presenta una geometría anastomosada, orientada N 60° E con un buzamiento de alto ángulo. La falla Camila se identifica como la estructura principal. Este conjunto exhibe un patrón entrelazado bajo un régimen transpresivo

dextral, lo que resulta en la formación de zonas de debilidad. Estas zonas, al intersectarse con un estrato de calizas favorables, limpias y no margosas, identificadas como el horizonte prospectivo Jumasha Superior, facilitan la formación de cuerpos mineralizados de reemplazamiento de alabandita (sulfosales de plata) en una primera fase, seguidos por un relleno de cavidades que incluye una mezcla de piritita, sulfosales de plata, esfalerita y galena en una segunda fase.

- Geológica económica

Los depósitos mineralizados de (Ag-Mn-Zn-Pb) se localizan en la intersección de estructuras orientadas de N60° a E-W con un nivel de calizas propicias, que se caracterizan por ser limpias y con bajo contenido de arcillas, de textura packstone a grainstone (bio-oo-pelmicritas) con una rica fauna de foraminíferos, denominadas como "horizonte prospectivo" dentro del Jumasha Superior. Por otro lado, las facies más finas, usualmente margosas de tipo mudstone a wackestone, no han sido mineralizadas o lo han sido sólo levemente. En resumen, este horizonte prospectivo se encuentra situado entre una capa inferior de gasterópodos y una capa superior margosa. La capa de gasterópodos consiste principalmente de calizas beige limpias de textura packstone a grainstone bioclásticas con foraminíferos, pero predominan los gasterópodos, y esta capa también está mineralizada en la estructura Tomasa-Angélica. Encima de esto, se encuentra el horizonte prospectivo, que comienza con una capa de varios metros de calizas margosas, seguida por calizas limpias beige fosilíferas de textura packstone a grainstone con foraminíferos, indistinguibles del horizonte de gasterópodos, excepto que

no contienen gasterópodos y alojan la mayor parte de la mineralización en Camila.

La estructura Camila es la más conocida y cuenta con minerales de alta ley de plata, destacando una variedad de sulfosales de plata. Se observa claramente que los fluidos mineralizantes, a veces asociados a Pebble dikes al entrar en el horizonte prospectivo, forman cuerpos mineralizados anastomosados con un plunge de 15° a 20° hacia el SW, como se muestra en las Figuras 3.8 y 3.9. Esta estructura se caracteriza por dos jogs que miden entre 250 y 300 metros de largo y de 25 a 1 metro de ancho, extendiéndose continuamente por más de 1,300 metros. La mineralización permanece abierta tanto en profundidad como en dirección del plunge hacia el SW. Este sistema de estructuras $N60^{\circ}E$ se ha formado en un régimen transpresivo dextral, que ha resultado en la apertura de estructuras tensionales ENE-WSW a E-W, las cuales también han servido como canales principales para la mineralización.

Mediante técnicas como análisis de cortes, microscopía e interpretación geoquímica, se han identificado cuatro eventos significativos de mineralización. El primero es un evento manganífero de skarn, caracterizado por una temprana presencia de granate, diópsido, epidota y wollastonita, enriquecidos en Mn, acompañados de jahansenita, bustaminta, tefroíta y rodonita, y asociados con la precipitación de alabandita I (sulfosales de plata) y alabandita II. El segundo evento se caracteriza por sulfuros base, con una asociación de pirita I, esfarelita (Fe) I, esfalerita II y galena. El tercer evento corresponde a menas de plata con sulfosales de plata y rodocrosita (pirrotita, estannita y calcopirita). El

cuarto evento, subordinado, es de oro e incluye adularia, arsenopirita y electrum. De estos eventos, sólo el primero está presente en la estructura Tomasa-Angélica, mientras que los cuatro eventos se observan en Camila, similar a la estructura Gina-Socorro, que representa el 80% del mineral procesado en Uchucchacua. En cuanto a los resultados de los sondeos realizados, es prematuro hablar de recursos indicados. No obstante, estos indican un potencial de al menos 60 millones de onzas de plata con concentraciones de aproximadamente 20 oz/t Ag, 15% Mn y concentraciones menores de Pb y Zn.

3.2. Aspectos geomecánicos

Con el objetivo de evaluar las propiedades geomecánicas del macizo rocoso del área del proyecto, se llevó a cabo una visita técnica al sitio durante dos días. Durante esta visita, se realizaron actividades de mapeo geomecánico utilizando métodos de celdas y línea de detalle en el interior de la mina. Además, para realizar el logueo geomecánico, se organizó una visita de cuatro días al almacén de Rio Seco, lugar donde se almacenan los testigos diamantinos. Esta visita fue esencial para el logueo de estos testigos, que ya habían sido previamente seleccionados.

Para el logueo geomecánico de los testigos de perforación diamantina, se aplicaron los procedimientos de los sistemas de clasificación geomecánica RMR (Bieniawski Z. T., 1989) y Q (Barton, Lien, & Lunde, 1974). Se documentaron datos como el porcentaje de recuperación, el índice RQD, la resistencia de la roca intacta medida con una picota de geólogo, el espaciamiento entre fracturas y la condición de las fracturas en los testigos de

perforación diamantina. Para evaluar la calidad del macizo rocoso, se emplearon las versiones modificadas de los sistemas RMR' y Q', que consideran exclusivamente factores relacionados directamente con el macizo rocoso. Para calcular el valor de Q', se asume un SRF (factor de esfuerzos) de 1. En el caso del RMR', no se incluye el ajuste por la orientación de las discontinuidades. En ambos sistemas, se consideran condiciones de humedad. En el trabajo de campo se registraron diez testigos de perforaciones diamantinas, seleccionados según su ubicación en relación con el trazado de la rampa proyectada. Esta selección aseguró que los datos recogidos fueran representativos para cada sector de la rampa.

Tabla 3.
Metros de avance en perforación diamantina para logueo geomecánico

FROM	TO	LONGITUD
139.90	237.05	97
148.40	190.55	42
201.40	271.40	70
250.40	300.80	50
148.90	201.00	52
138.70	188.05	49
179.50	229.40	50
260.45	332.90	72
179.05	240.50	61
250.55	310.50	60
336.00	432.00	96
LONGITUD TOTAL (m)		701

Mapeo geomecánico de labores subterráneas

En el segmento accesible de la rampa existente se recolectó información mediante mapeo por celdas en las estaciones geomecánicas, especialmente en áreas con roca visible. En cada estación se identificaron y evaluaron las

características de las principales familias de discontinuidades, incluyendo la orientación (buzamiento “Bz” y dirección de buzamiento “DBz”), espaciamiento, persistencia, rugosidad, apertura, relleno, grado de meteorización, resistencia de la pared de la discontinuidad y presencia de agua. Además, se calculó el índice RQD usando el número total de discontinuidades por metro cúbico J_v según Palmstrom. Durante la visita técnica, se registraron datos en veintinueve (29) estaciones geomecánicas, distribuidas cada 20 metros a lo largo de los 596 metros de la rampa accesible. En el siguiente cuadro se detallan la ubicación de cada estación geomecánica y los valores obtenidos de RMR89, RMR76 y Q' , así como las orientaciones de las principales familias de discontinuidades.

Tabla 4.
Estaciones geomecánicas para clasificación geomecánica

ESTACIÓN	LITOLOGÍA	CLASIFICACIÓN GEO MECÁNICA			ORIENTACIÓN DE DISCONTINUIDADES (BZ/DBZ)					
		RMR76	RMR89	Q	F1	F2	F3			
EG-1	Calizas -Jumasha	61	64	9.2	54	58	80	180	80	312
EG-2	Calizas -Jumasha	61	64	9.2	35	200	78	310	68	325
EG-3	Calizas -Jumasha	61	64	9.2	55	170	70	330	23	185
EG-4	Calizas -Jumasha	71	74	28	60	80	85	345	75	75
EG-5	Calizas -Jumasha	57	60	5.9	78	88	57	110	23	785
EG-6	Calizas -Jumasha	71	74	28	75	175	74	315	62	25
EG-7	Calizas -Jumasha	61	64	9.2	88	120	10	175	80	325
EG-8	Calizas -Jumasha	57	60	5.9	45	140	66	250	23	185
EG-9	Calizas -Jumasha	71	74	28	80	90	68	145	40	125
EG-10	Calizas -Jumasha	71	74	28	78	315	78	155	15	45
EG-11	Calizas -Jumasha	71	74	28	68	54	60	285	56	190
EG-12	Calizas -Jumasha	57	60	5.9	75	65	50	210	66	160
EG-13	Calizas -Jumasha	71	74	28	40	320	12	270	80	75
EG-14	Mármol	57	60	5.9	64	215	42	245	66	160
EG-15	Mármol	57	60	5.9	76	45	80	342	23	185
EG-16	Mármol	61	64	9.2	75	35	75	60	62	84
EG-17	Mármol	61	64	9.2	58	327	65	330	30	190

EG-18	Mármol	57	60	5.9	88	325	72	30	23	185
EG-19	Mármol	52	55	3.4	75	335	82	155	67	44
EG-20	Mármol	57	60	5.9	78	150	72	15	35	176
EG-21	Mármol	61	64	9.2	35	190	81	332	76	320
EG-22	Calizas -Jumasha	71	74	28	60	155	78	325	55	130

EG-23	Calizas -Jumasha	71	74	28	60	185	55	158	74	170
EG-24	Calizas -Jumasha	71	74	28	70	330	54	295	65	150
EG-25	Calizas -Jumasha	71	74	28	40	185	40	330	60	340
EG-26	Calizas -Jumasha	61	64	9.2	75	315	70	334	25	275
EG-27	Calizas -Jumasha	57	60	5.9	70	335	23	185	67	44
EG-28	Calizas -Jumasha	57	60	5.9	54	320	50	180	23	185
EG-29	Calizas -Jumasha	57	60	5.9	65	325	55	90	23	185

Ensayos laboratorio

Para evaluar la resistencia a la compresión de la roca intacta, se llevaron a cabo ensayos de carga puntual en muestras recogidas de cinco estaciones geomecánicas. Este tipo de ensayo mide el índice I_s (50) en muestras de roca, las cuales requieren mínima preparación y pueden ser de forma regular o irregular. Este índice fue utilizado para estimar la resistencia a la compresión simple de la roca intacta, aplicando un factor K que relaciona el I_s (50) con el σ_c . Los ensayos se realizaron en el laboratorio de mecánica de rocas de la empresa Geomecánica Latina S.A. Los resultados y detalles adicionales se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 5.
Ensayos de carga puntual y su relación entre sí

MUESTRA	W (mm)	H (mm)	L (cm)	CARGA (KN)	De (mm)	Is(50)
EG-12	50.00	30.00	70.00	6.67	43.70	3.29
	45.00	50.00	80.00	8.89	53.52	3.20
	50.00	47.00	75.00	6.13	54.70	2.13
EG-19	45.00	40.00	8.00	8.56	47.87	3.66
	50.00	40.00	65.00	10.71	50.46	4.22
	40.00	37.00	60.00	8.90	43.41	4.43
EG-20	45.00	40.00	75.00	10.15	47.87	4.34
	52.00	55.00	85.00	11.73	60.34	3.51
EG-27	60.00	45.00	90.00	9.15	58.63	2.86
	50.00	40.00	70.00	6.53	50.46	2.57
	55.00	33.00	75.00	5.15	48.07	2.19
EG-29	52.00	55.00	90.00	11.63	60.34	3.48
	65.00	35.00	85.00	12.08	53.82	4.31
	35.00	30.00	75.00	9.73	36.56	4.59

Tabla 6.
Cálculo de la resistencia a la compresión simple de estaciones

MUESTRA	LITOLOGÍA	Is(50)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Mpa)	PROMEDIO A LA COMPRESIÓN (Mpa)
EG-12	Calizas	3.29	69.03	75.56
		3.20	67.20	
		2.13	44.80	
EG-19	Marmol	3.66	76.92	86.23
		4.22	88.69	
		4.43	93.07	
EG-20	Marmol	4.34	91.20	82.41
		3.51	73.62	
EG-27	Calizas	2.86	60.05	53.37
		2.57	54.07	
		2.19	45.98	
EG-29	Calizas	3.48	72.99	86.61
		4.31	90.53	
		4.59	96.31	

Discontinuidades

Para el análisis de las discontinuidades, se documentaron las siguientes características: orientación y espaciamiento de las familias de juntas, tamaño de los bloques, RD, ondulación y rugosidad de las paredes, separación o abertura, relleno, continuidad y grado de meteorización. Estos datos fueron empleados para evaluar la resistencia al esfuerzo cortante y para la clasificación geomecánica del macizo rocoso, utilizando el software DIPS 6.0 para su procesamiento. Se presenta a continuación, se ilustran los sistemas de familias de juntas predominantes. Las familias 1, 2 y 3 tienen una presencia notable, mientras que las características de la familia 4 pueden considerarse como esporádicas.

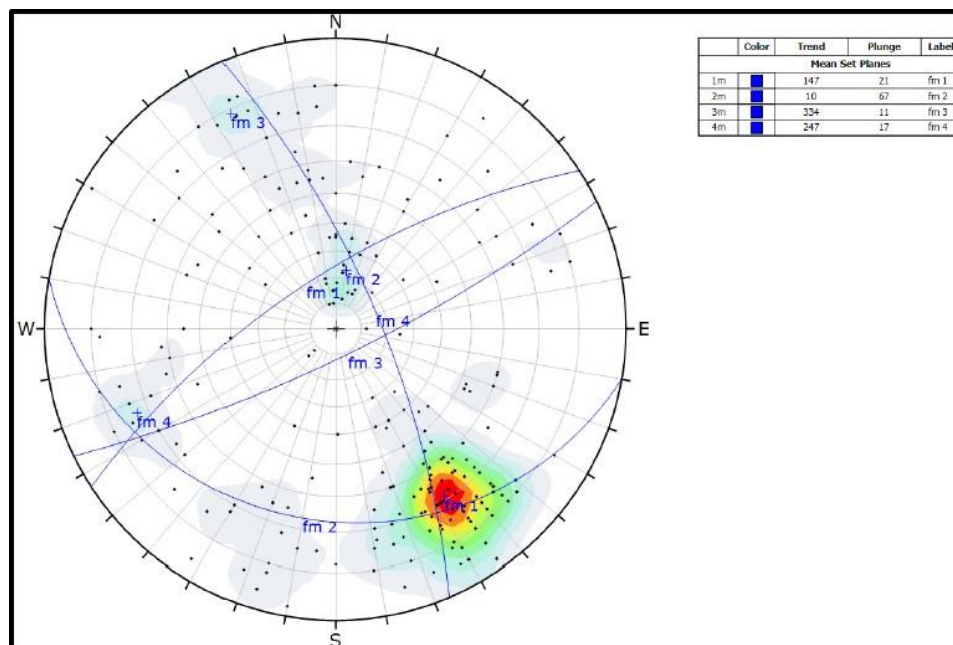


Figura 1. Familias de discontinuidades de la mina

Condiciones hidrogeológicas

Durante la inspección del segmento habilitado de la rampa Nv. 4494, se detectaron filtraciones de agua superficial en áreas específicas, resultado de las

lluvias recientes. A partir de estas observaciones, se infiere que el nivel freático está actualmente bajo y que la presencia de agua subterránea probablemente no interferirá con el diseño de la rampa que está proyectada. El agua acumulada en el fondo de la rampa existente parece ser el resultado de estas filtraciones pluviales. Para la próxima fase del estudio, se aconseja llevar a cabo una evaluación hidrogeológica más exhaustiva que permita determinar el nivel actual del freático y evaluar sus posibles impactos en la construcción y profundización de la rampa.

Macizo rocoso

El objetivo de la caracterización geomecánica es determinar la calidad y clasificación del macizo rocoso en los sectores donde se ubican tanto la rampa existente como la rampa proyectada. Además, esta caracterización facilita la zonificación del macizo rocoso en dominios estructurales, definiéndolos según su homogeneidad estructural y condiciones geomecánicas.

Índice RQD

El índice de calidad de la roca RQD (Deere, 1964) proporciona una medida cuantitativa del grado de fracturamiento del macizo rocoso basado en los testigos obtenidos mediante perforación diamantina. A partir del análisis estadístico de los valores RQD para todos los tipos de roca identificados, se ha encontrado que para las calizas y diorita, los valores predominantes de RQD oscilan entre el 50% y el 100%. En el caso del mármol, el RQD más frecuente se sitúa en el rango del 25% al 75%.

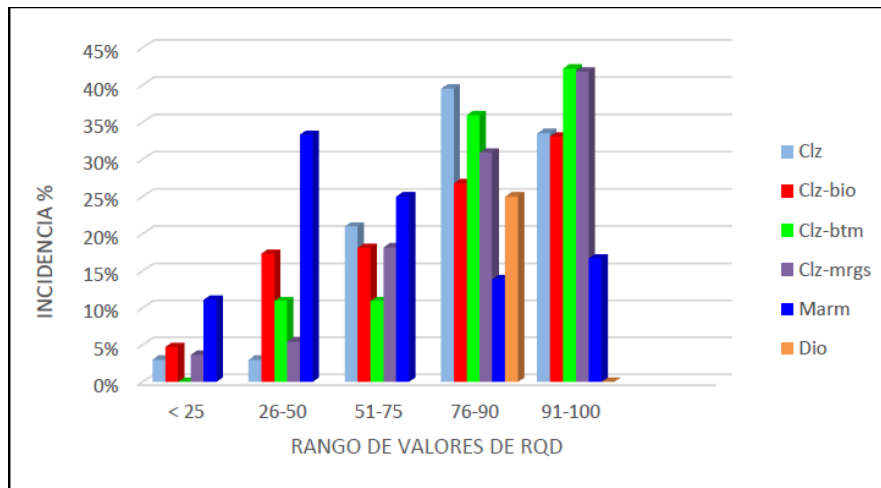


Figura 2. Distribuciones del índice RQD por familia litológica

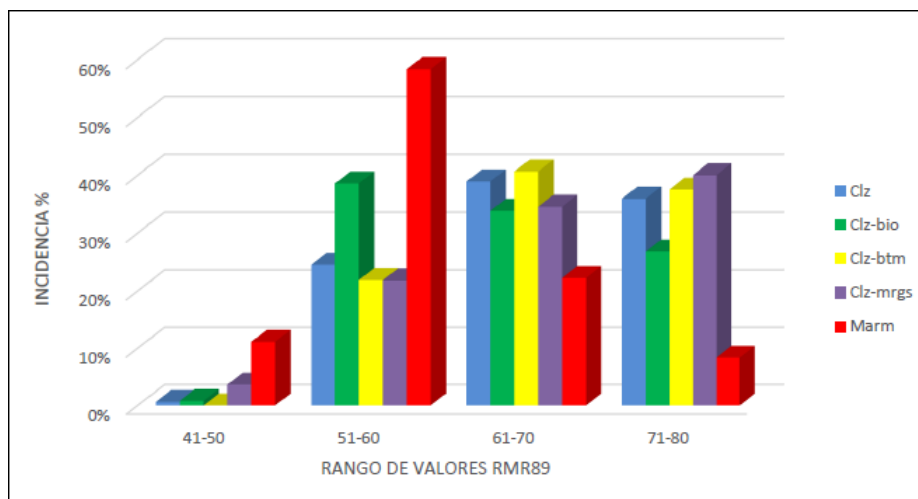


Figura 3. Histograma de rangos de valores RMR89 por familia litológica

Tabla 7.
Rangos mínimos y máximos de la clasificación RMR por litología

LITOLOGÍA	N° DATOS	RMR89 MÍNIMO	RMR89 MÁXIMO	RMR89 PROMEDIO
Clz	167	49	74	63
Clz-bio	127	47	72	62
Clz-btm	64	50	72	63
Clz-mrgs	55	47	72	63
Dio	4	55	64	57
Marm	36	44	72	55
TOTAL	453	44	74	60

Zonificación geomecánica

Tras la caracterización del macizo rocoso, se procedió a la zonificación geomecánica del área. Se identificaron y agruparon sectores con características similares para determinar el diseño de los elementos de sostenimiento. Se distinguieron y zonificaron siete sectores diferentes según litología, geoestructuras y orientación de la labor subterránea, cada uno con su clasificación geomecánica correspondiente a través de los índices RMR y Q. La distribución de los sectores de diseño se ilustra en la figura siguiente.

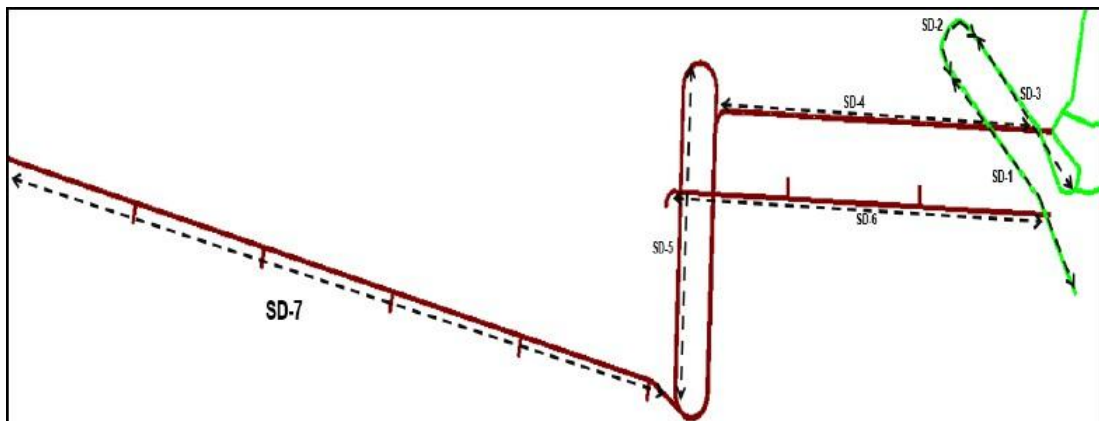


Figura 4. Zonificación de las áreas de diseño de rampa

Tabla 8.
Resumen de zonificación por área de diseño de rampa

SECTOR	LONGITUD (M)	LITOLOGIA	AZIMUT	RMR'89(*)	CORREC. ORIENT	RMR89 (**)	Q
SD-1	254	Calizas	95°	62	-5	57	4.2
SD-2	175	Mármol	Curva	55	-5	50	1.9
SD-3	249	Calizas	94°	62	-5	57	4.2
SD-4	498	Mármol-Caliza	50°	55	-12	43	1.1
SD-5	1017	Calizas	320°	62	-5	57	4.2
SD-6	572	Mármol-Caliza	50°	55	-12	43	1.1
SD-7	1039	Calizas	60°	62	-12	50	1.9
VENTANAS Y CÁMARAS DE PERFORACIÓN	Variable	Calizas	147	62	-5	57	4.2

(*) SIN CORRECCIÓN DE ORIENTACIÓN DE DISCONTINUIDADES

(**) CON CORRECCIÓN DE ORIENTACIÓN DE DISCONTINUIDADES

3.3. Criterios de diseño

Para diseñar las diferentes opciones de accesibilidad, se consideraron los siguientes aspectos:

- La ubicación de las estructuras mineralizadas actualmente identificadas (Camila, Tomasa, Angela) y sus requerimientos exploratorios.
- Facilitar el reconocimiento geológico de la estructura mineralizada "Camila", orientando el desarrollo de la rampa en su tramo final para seguir el "Plunge" y acercarse al techo de la estructura mineralizada.
- La litología existente y la orientación de los planos de debilidad dentro de la secuencia estratigráfica.
- La zonificación geomecánica, los dominios estructurales y la ubicación de las principales fallas.
- Las dimensiones de las estructuras mineralizadas identificadas hasta el momento (potencia) y las oportunidades de agregar más recursos a los inventarios, considerando estos aspectos como base para estimar la magnitud de la operación minera potencial. En relación con este criterio, se proyectan las dimensiones (sección) de la rampa, que inicialmente debe satisfacer las necesidades de accesibilidad para exploración y, posteriormente, servir para la preparación de la mina y potencialmente como una vía para la extracción de mineral.
- La mecanización de la construcción se llevará a cabo utilizando volquetes comerciales de 20m³. Para ello, se requiere y se ha proyectado una sección de rampa de 4.5 x 4.5 metros y una pendiente del 12% en los tramos rectos y del 5% en los tramos curvos. Esta configuración está diseñada para alinearse con las futuras necesidades de preparación de la

mina, evitando la necesidad de duplicar la construcción de labores y reduciendo las pérdidas de tiempo.

- Las dimensiones y la gradiente de la rampa están pensadas para facilitar las actividades mecanizadas tanto en la construcción como en la extracción del desmonte, además de mejorar la ventilación y el drenaje.
- También se han considerado los límites de las concesiones mineras y los límites comunales en la planificación.
- La ubicación de componentes aprobados en el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y sus modificaciones, incluyendo bocaminas, rampas, chimeneas y accesos viales.
- La presencia de agua y el sistema de drenaje adecuado.
- El sistema de ventilación, que no presenta restricciones en cuanto a la realización de actividades de disparo fuera del horario establecido.
- El nivel de mecanización y el posible uso de equipos específicos.
- La protección de las principales aberturas o labores de acceso y/o servicios durante el periodo de construcción hasta alcanzar el objetivo de exploración.
- La garantía de la estabilidad tanto local como global de la infraestructura minera, tanto en superficie como en el interior de la mina.
- Los componentes considerados en el plan de acceso por la rampa, corresponden a; rampa de acceso y transporte, chimeneas de ventilación y servicios, cámaras para perforación y carguío, refugios y estaciones con utilidad de bombeo.

3.4. Identificación y análisis de opciones

Las opciones evaluadas para el diseño, corresponden a los siguientes:

A. Primera opción

Desarrollo de una rampa transversal a las estructuras mineralizadas, con un gradiente del 12% y una sección de 4.5x4.5 metros. Esta rampa se ubicará justo después y por debajo de la rampa existente, siguiendo el criterio de reducir las longitudes de desarrollo y con el objetivo de maximizar el uso de las labores ya existentes. Esta configuración facilitará la conexión con las labores de ventilación y drenaje planeadas para esta opción. Sin embargo, presenta la desventaja de estar ubicada más lejos de los sectores con mayor concentración de mineral.

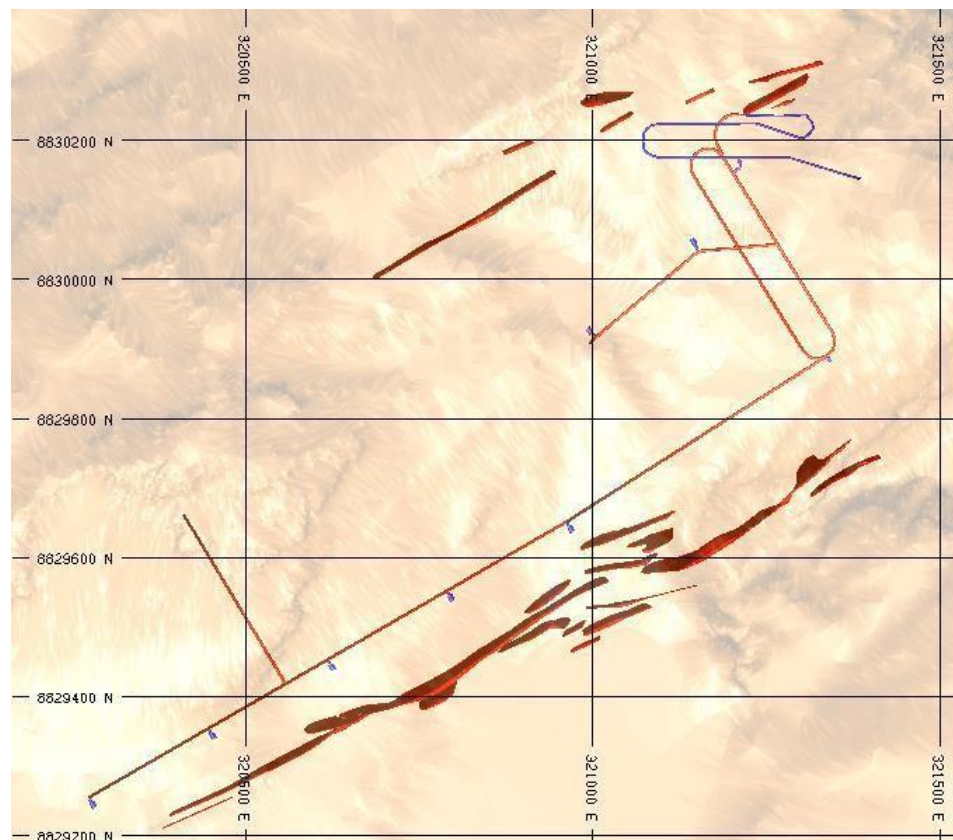


Figura 5. Vista en planta de la primera opción de rampa

B. Segunda opción

Se desarrollará una rampa transversal a las estructuras mineralizadas, con un gradiente del 12% y una sección de 4.5 x 4.5 metros. La ubicación y orientación de esta rampa se han planificado transversalmente al rumbo del sistema de estructuras mineralizadas, ubicándola en el centro de las estructuras más notables y con evidencia significativa de mineralización hasta la fecha, particularmente en los sectores de Camila y Tomasa. Esta configuración está diseñada para facilitar el reconocimiento futuro de estas estructuras.

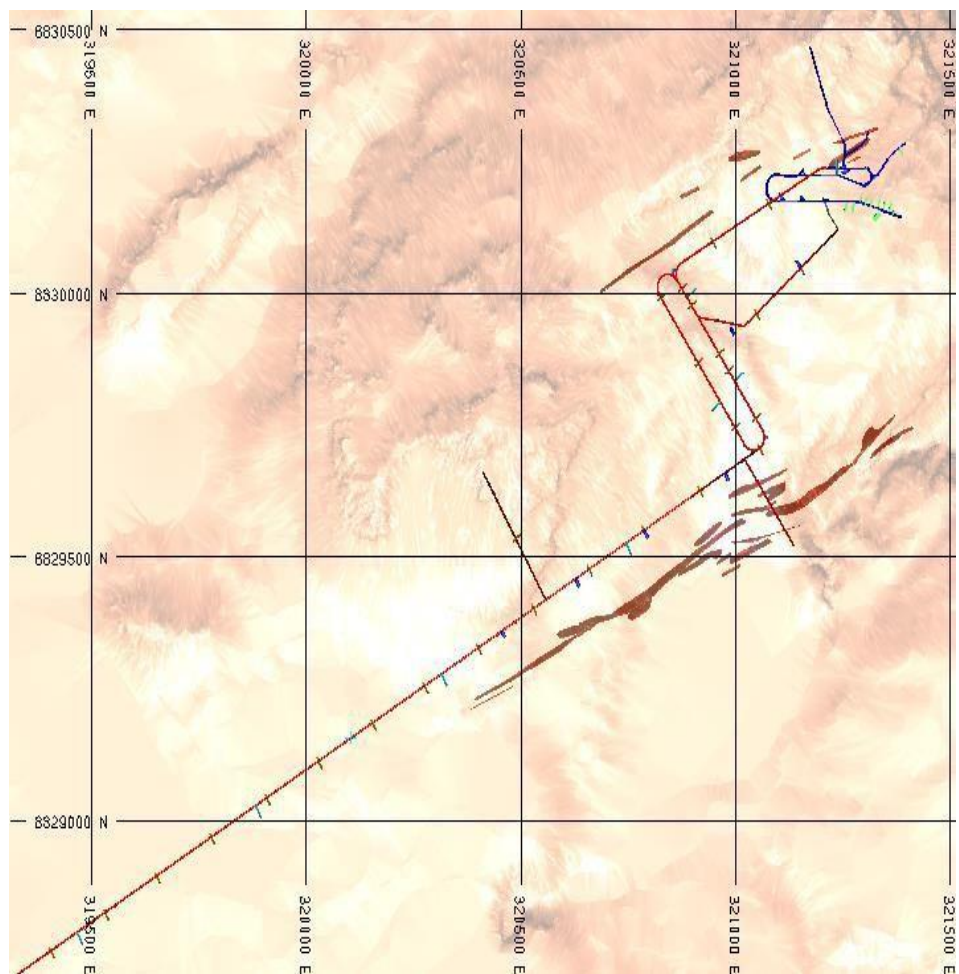


Figura 6. Vista en planta de la segunda opción de rampa

C. Tercera opción

Desarrollar una rampa de características longitudinales a la estructura mineralizada presente, conforme fue diseñado inicialmente por el área de explotación de la misma unidad minera.

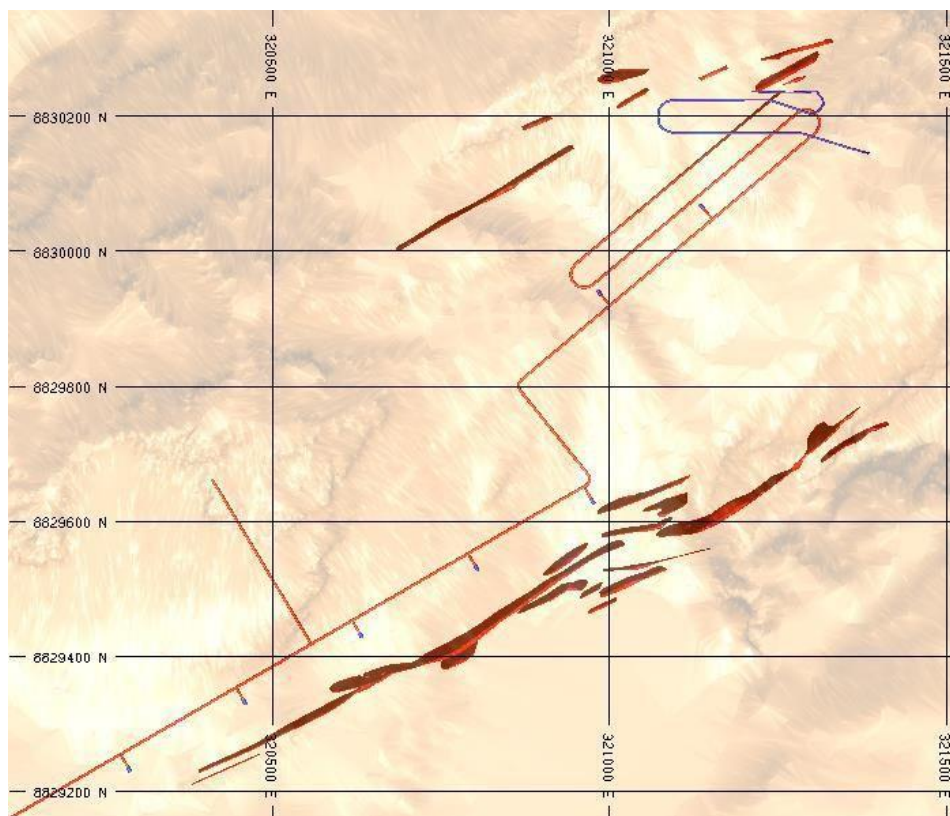


Figura 7. Vista en planta de la tercera opción de rampa

Tabla 9.
Características de las labores de desarrollo de la primera opción

OPCIÓN	LABOR	SECCIÓ N	GRADIENT E	LONGITUD	M3	LONG. DESQ. (M)	DESQUINCH E M3	TOTAL M3
Opción 1	Rampa	4.5 x 4.0	12.0%	2,754	43,352	725	3,653	47,005
	Rampa	4.5 x 4.5	12.0%	2,754	49,313	725	5,076	54,390
	Ch ventilación	2.1	90°	795	2,737			2,737
	Ch de servicio	2.1	90°	286	518			518
	Cámara de perforación	8 x 10	0.5%	105	3,560			3,560
	Crucero	4.5 x 4.0	0.5%	285	5,052			5,052
	Ventana chimenea	4.5 x 4.0	0.5%	57	1,010			1,010
	cámara de carguío	6.5x 5	0.0%	450	14,625			14,625
	refugios	2.0 x 2.0	0.0%	110	441			441
TOTAL OPCIÓN 2 - A (4.5 X 4.0)				4,842	71,295	725	3,653	74,948
TOTAL OPCIÓN 2 - B (4.5 X 4.5)				4,842	77,256	725	5,076	82,332

Tabla 10.
Características de las labores de desarrollo de la segunda opción

	LABOR	SECCIÓ N	CANTIDA D	LONGITU D	M3	LONG. DESQ.	DESQ UINCH	TOTAL M3
I Etapa	Rampa 4490 (3.5 x 3.5) Desquinche	4.5 x 4.5	1			725	5,575	5,575
	Casa lampara	4.5 x 4.5	1	10	177			177
	Vestuarios	4.5 x 4.5	3	60	1,062			1,062
	Taller trackless	6.0 x 6.0	2	40	1,259			1,259
	Oficinas	4.5 x 4.5	3	45	797			797
	Comedor	10 x 4.5	1	-		20	433	433
	Desquinche Ch existente	1.5 x 2.10	1			25	11	11
	Desquinche crucero a ch. existente	4.5 x 4.5	1			101	774	774
	Polvorín	4.5 x 4.5	1	15	266			266
	Sub total etapa I			170	3,560	871	6,793	10,353

III Etapa	Rampa 4490	4.5 x 4.5	1	2,094	37,065			37,065
	Rampa 4490 N E (secundaria)	4.5 x 4.5	1	400	7,080			7,080
	Chimenea vent	3	1	367	2,597			2,597
	Chimenea de serv v vent 2	3	1	230	1,623			1,623
	Crucero	4.5 x 4.5	1	285	5,047			5,047
	Cámaras para sub estación	4.5 x 4.5	4	100	1,770			1,770
	Cámaras de carguío	4.5 x 6.0	14	350	6,195		629	6,824
	Refugios	1.8 x 1.0 x 2.07 x	39				72	72
	Cámaras de perforación	8 x 7 x 10	6	90	1,593		2,047	3,640
Sub total etapa III				3,916	62,970	-	2,748	65,718

TOTAL OPCIÓN 2	6,969	112,427	871	10,482	122,909
----------------	-------	---------	-----	--------	---------

Tabla 11.
Características de las labores de desarrollo de la tercera opción

OPCIÓN	LABOR	SECCIÓN	GRADIENTE	LONGITUD	M3	LONG. DESQ. (M)	DESQUINCH E M3	TOTAL M3
Opción 3	Rampa	4.5 x 4.0	12.0%	2,698	42,479	725	3,653	46,132
	Rampa	4.5 x 4.5	12.0%	2,698	47,789	725	5,076	52,865
	Ch ventilación	2.1	90°	846	282			282
	Ch de servicio	2.1	90°	230	77			77
	Cámara de perforación	8 x 10	0.5%	105	3,560			3,560
	Crucero	4.5 x 4.0	0.5%	285	5,052			5,052
	Ventana chimenea	4.5 x 4.0	0.5%	52	921			921
	Cámara de carguío	6.5x 5	0.0%	450	14,625			14,625
	refugios	2.0 x 2.0	0.0%	110	441			441
TOTAL OPCIÓN 3 - A (4.5 X 4.0)				4,776	67,436	725	3,653	71,089
TOTAL OPCIÓN 3 - B (4.5 X 4.5)				4,776	72,746	725	5,076	77,822

Tabla 12.
*Conclusiones de las características de las tres opciones
consideradas para el diseño*

OPCIÓN	LABOR	SECCIÓN	GRADIENTE	LONGITUD	M3	DESQUINCH E M3	TOTAL M3
OPCIÓN 1	Rampa	4.5 x 4.0	12.0%	4,842	71,295	3,653	74,948
	Rampa	4.5 x 4.5	12.0%	4,842	77,256	5,076	82,332
OPCIÓN 2	Rampa	4.5 x 4.0	12.0%	6,969	71,646	9,318	80,964
	Rampa	4.5 x 4.5	12.0%	6,969	112,427	10,482	122,909
OPCIÓN 3	Rampa	4.5 x 4.0	12.0%	4,776	67,436	3,653	71,089
	Rampa	4.5 x 4.5	12.0%	4,776	72,746	5,076	77,822

3.5. Evaluación de opciones para el diseño

La evaluación de las diferentes opciones considera las ventajas, desventajas, factores críticos y riesgos asociados con aspectos como la ubicación y la orientación de la rampa, enfocándose en cómo estos factores servirán para las actividades exploratorias, así como las facilidades relacionadas con su construcción, seguridad y estabilidad. Para organizar estos elementos críticos y relevantes del proyecto de profundización, se ha creado una matriz. Para la evaluación de estos aspectos, se han establecido factores de ponderación. Estos se han analizado y discutido en conjunto con BNV, definiendo así la estructura que se utilizará para su calificación.

- Adquisición de permisos y licencias
- Facilidades para la exploración
- Longitud de desarrollo y volúmenes de desmonte

- Duración del periodo de construcción
- Inversión inicial (CAPEX) Condiciones de estabilidad y soporte
- Facilidades de ventilación
- Facilidades de drenaje
- Riesgo geológico y facilidades para la integración con otras áreas de interés prospectivo
- Mecanización y facilidades para la construcción.

El factor de criticidad se expresa en porcentaje (%), en función de la importancia relativa de la variable comparada con las demás.

Tabla 13.
Valores y ponderación en porcentaje para evaluación de opciones

VALOR (%)	PONDERACIÓN
1.00	Muy Favorable
0.8-0.9	Favorables
0.70	Regular
0.60	Desfavorable
0.50	Muy Desfavorable

Tabla 14.

Matriz de evaluación de las tres opciones para el diseño de rampa según ponderación compañía

OPCIONES	DESCRIPCIÓN	FACILIDADES PARA EXPLORACIÓN	LONGITUDES Y VOLUMEN DE ESCOMBROS	PERIODO DE CONSTRUCCIÓN	CAPEX	CONDICIONES DE ESTABILIDAD Y SOSTENIMIENTO	FACILIDADES DE VENTILACIÓN	FACILIDADES DE DRENAJE	FACILIDADES PARA LA INTEGRACIÓN CON OTROS SECTORES DE PRODUCCIÓN	MECANIZACIÓN Y FACILIDADES PARA SU CONSTRUCCIÓN	TOTAL	Nº DE ORDEN
OPCIÓN I	A Desarrollo de Rampa transversal a estructuras mineralizadas, con gradiente de 12% sección 4.5x4.5m y una longitud de 2754 m.	0.90	0.80	0.80	0.80	1.00	0.90	1.00	0.70	1.00	86.50	3
	B Desarrollo de Rampa transversal a estructuras mineralizadas, con gradiente de 12% sección 4.5x4.0m y una longitud de 2754 m.	0.90	0.90	0.90	0.90	0.80	0.80	0.90	0.70	0.80	85.50	4
OPCIÓN II	A Desarrollo de Rampa transversal a estructuras mineralizadas, con gradiente de 12% sección 4.5x4.5m y una longitud de 2977 m.	1.00	0.70	0.70	0.70	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	88.00	1
	B Desarrollo de Rampa transversal a estructuras mineralizadas, con gradiente de 12% sección 4.5x4.0m y una longitud de 2977 m.	1.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.90	0.90	1.00	0.80	87.00	2

OPCIÓN III	A	Desarrollo de Rampa longitudinal a estructuras mineralizadas, con gradiente de 12% sección 4.5x4.5m y una longitud de 2698m	0.50	0.90	0.90	0.90	0.60	0.90	1.00	0.50	1.00	78.50	5
	B	Desarrollo de Rampa longitudinal a estructuras mineralizadas, con gradiente de 12% sección 4.5x4.0m y una longitud de 2698m	0.50	1.00	1.00	1.00	0.50	0.80	0.90	0.50	0.80	78.50	6
Ponderación BUENAVENTURA			15%	15%	10%	15%	10%	10%	10%	10%	5%		

3.6. Criterios del diseño de rampa

Los criterios, parámetros y características corresponden según a la opción elegida en la matriz de evaluación de opciones, siendo la segunda opción la analizada en el apartado, descrito a continuación:

Tabla 15.
Criterios usados de diseño de la rampa, su valor y fuente

Criterios usados para el diseño	Valor o referencia obtenida	Fuente o análisis
Sección de rampa propuesta	4.5 x 4.5 m	Propuesto por el área encargada
Sección de rampa existente	3.5 x 3.5 m	Existente por la compañía
Metros de rampa	700 m	Existente por la compañía
Metros de mapeo geomecánico	596 m	Calculado por el área encargada
Pendiente o gradiente de diseño de rampa	12 %	Propuesto por el área encargada
RMR	RMR y sistema "Q"	Calculado por el área encargada
Fallas del macizo rocoso	Basado en el sistema de Hoek y Brown	Calculado por el área encargada

Tabla 16.
Factores tecnológicos considerados en el diseño de rampa

FACTORES TECNOLÓGICOS	UNIDAD	VALOR
Tipo de Cambio	US\$	3.4
Petróleo	US\$/Gl	2.21
Energía Eléctrica	US\$/Kw-hr	0.08
CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES		
Peso específico de Estéril	t/m3	2.80
Esponjamiento	%	54%
RENDIMIENTOS EQUIPOS		
Scoptram (6.0 Yd3)	t/hr	107
Jumbo (2 brazos DPIS-2-HE)	m/hr	53
Volquete 20m3	t/hr	18
PU (Avance + Sostenimiento)		
RPA (-) 4.5X4.5 Desmonte/Cuneta	US\$/m	1,203
By pass /cruceos 4.5X4.5 Desmonte / Cuneta	US\$/m	1,145
Raise borer 3 .0 m	US\$/m	1,596
Desquinche Jumbo	US\$/m3	11
Desquinche Convencional (jack leg)	US\$/m3	15

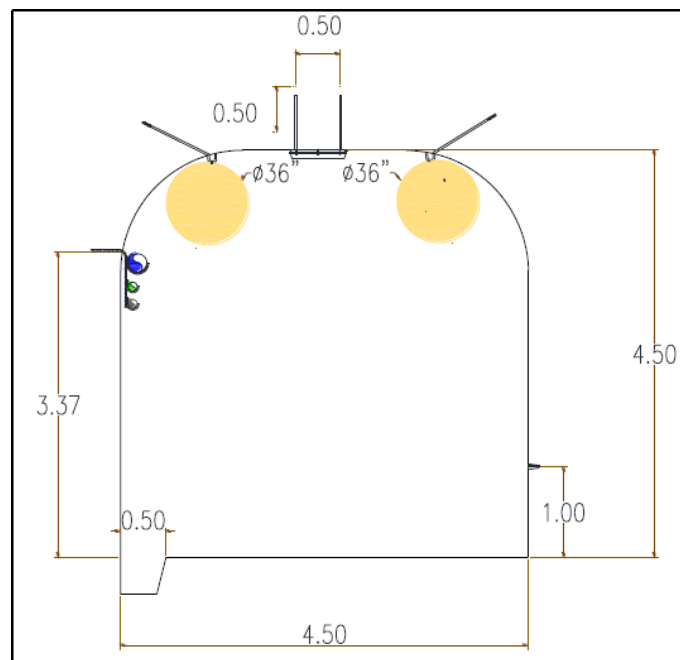


Figura 8. *Diseño de sección de rampa propuesta 4.5x4.5m*

Tabla 17.
Parámetros de diseño de la rampa

PARÁMETROS DE DISEÑO	UNIDAD	VALOR
VOLUMEN DE TRANSPORTE DE DESMONTE		
Día	t/d	441
Mes	t/mes	13,230
Año	t/año	158,760
RENDIMIENTOS DE AVANCE		
Desquinche rampa	m/mes	180
Rampa	m/mes	150
Cruceros	m/mes	90
Desquinche Chimenea	m/mes	30
Chimenea RB	m/mes	100
SISTEMA LABORAL		
Sistema de trabajo	d x d	14 x 7
Turnos por día	turno	2
Total de Guardias (A-B-C)	guardia	3
Días por año	d	360
Horas por turno (Ley Laboral)	h/turno	10.5
DISTANCIAS PROMEDIOS		
Distancia Promedio de acarreo equipo LHD	m	75
OPCIÓN II		
Distancia promedio de transporte	m	1,920
VELOCIDADES		
Camión vacío en interior mina	km/h	16
Camión cargado en interior mina	km/h	14

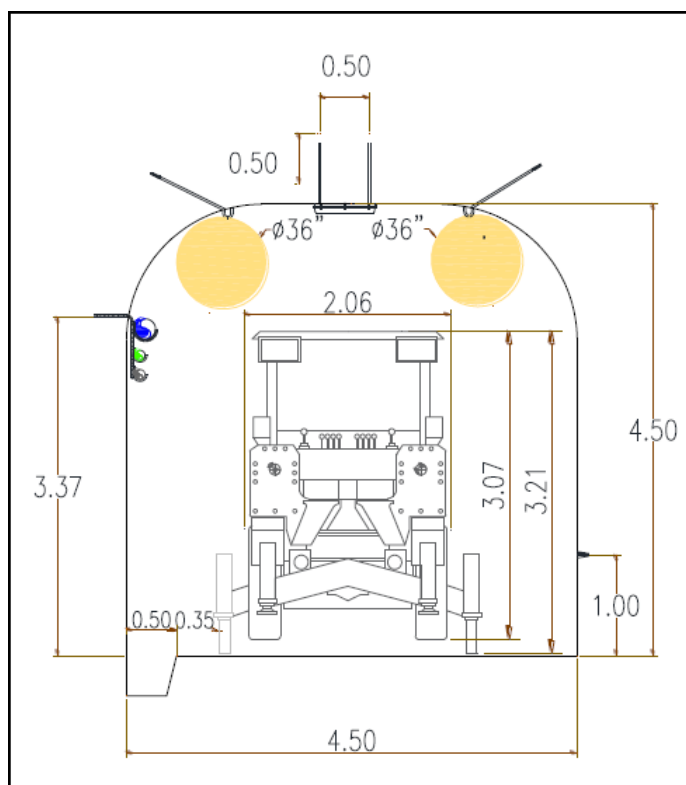


Figura 9. Sección de rampa propuesta de 4.5x4.5m para perforación con jumbos de 2 brazos

3.7. Planeamiento de la construcción

Para mejorar el plan de construcción de la rampa, se llevarán a cabo las siguientes actividades, organizadas por etapas:

- Primera etapa
 - Desquinche de 750 metros de la rampa existente.
 - Desquinche y habilitación de servicios en una chimenea ya existente.
 - Acondicionamiento del polvorín existente.
 - Acondicionamiento de las cámaras de bombeo existentes.
 - Mejora de los accesos viales al área de desmonte.
 - Mantenimiento del sistema de drenaje.

- Segunda etapa
 - Construcción de una rampa con una sección de 4.50 x 4.50 metros hasta la cota 4200 (incluyendo refugios y cámaras de carguío).
 - Construcción de cámaras de perforación DDHH.
 - Habilitación de cámaras de drenaje definitivas.
 - Construcción de chimeneas con Raise Borer.
 - Construcción del crucero Camila.
- Tercera etapa
 - Continuación de la construcción de la rampa con una sección de 4.50 x 4.50 metros hacia las demás cámaras de perforación, ubicadas al suroeste.
 - Construcción de cámaras de perforación DDHH.
 - Construcción de chimeneas con Raise Borer.
 - Construcción del crucero hacia Tomasa.

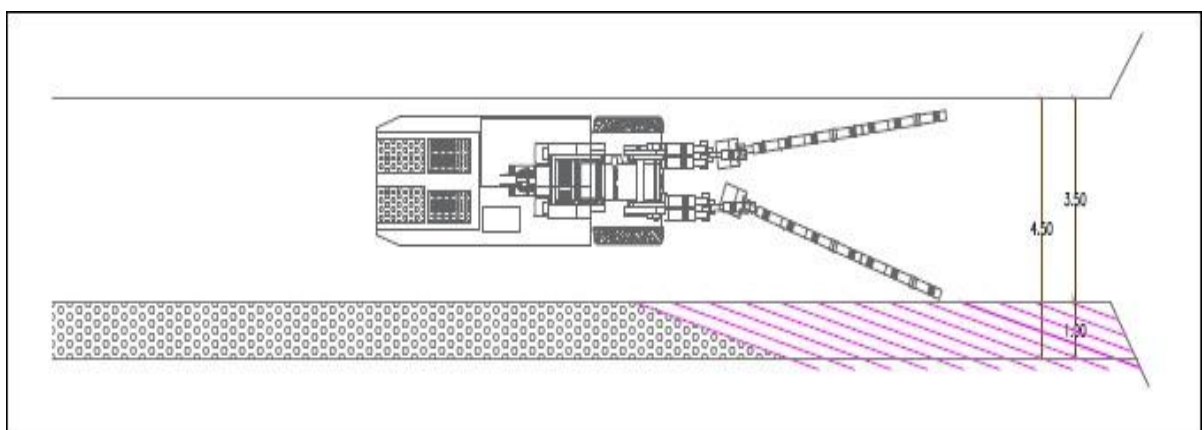


Figura 10. *Diseño de perforación para desquinche en vista planta de sección 4.5x4.5m*

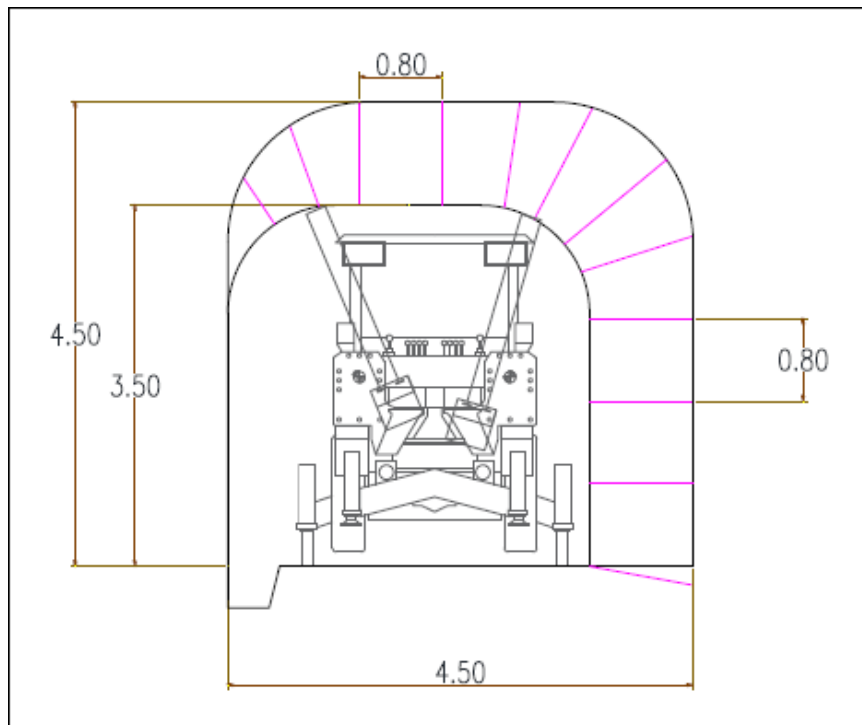


Figura 11. *Diseño de perforación para desquinche en vista frontal de sección 4.5x4.5m*

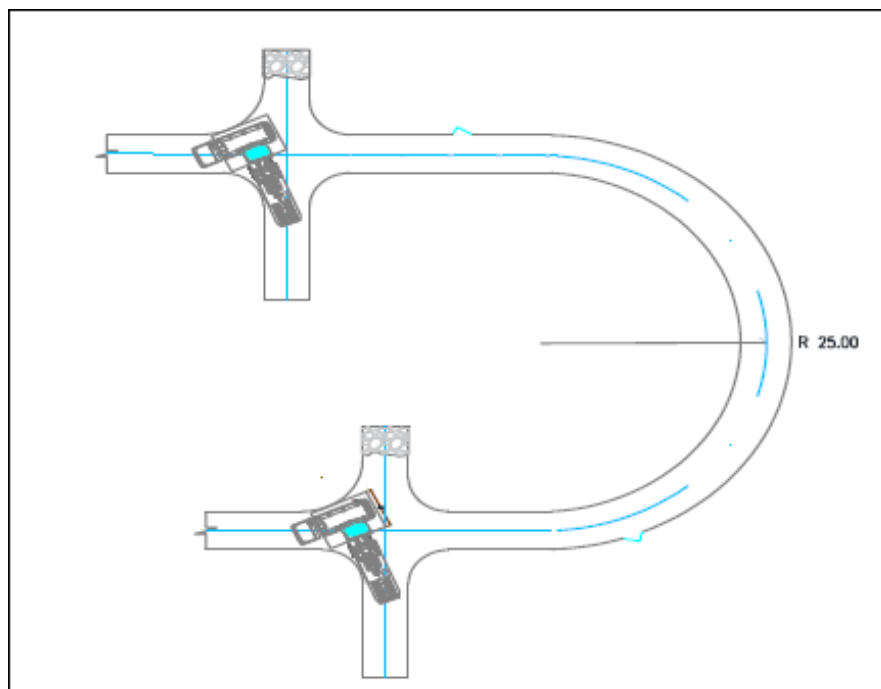


Figura 12. *Vista en planta de detalles de la rampa y radios de curvatura*

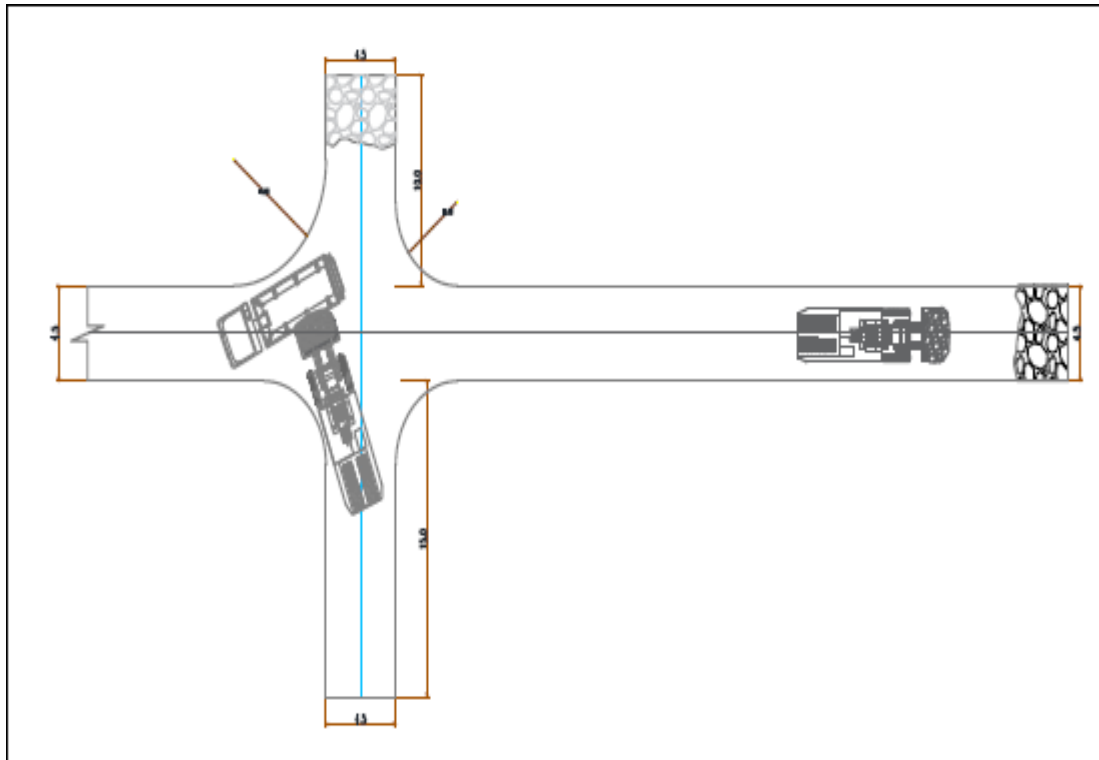


Figura 13. *Vista en planta de detalles en específico de la cámara de carguío*

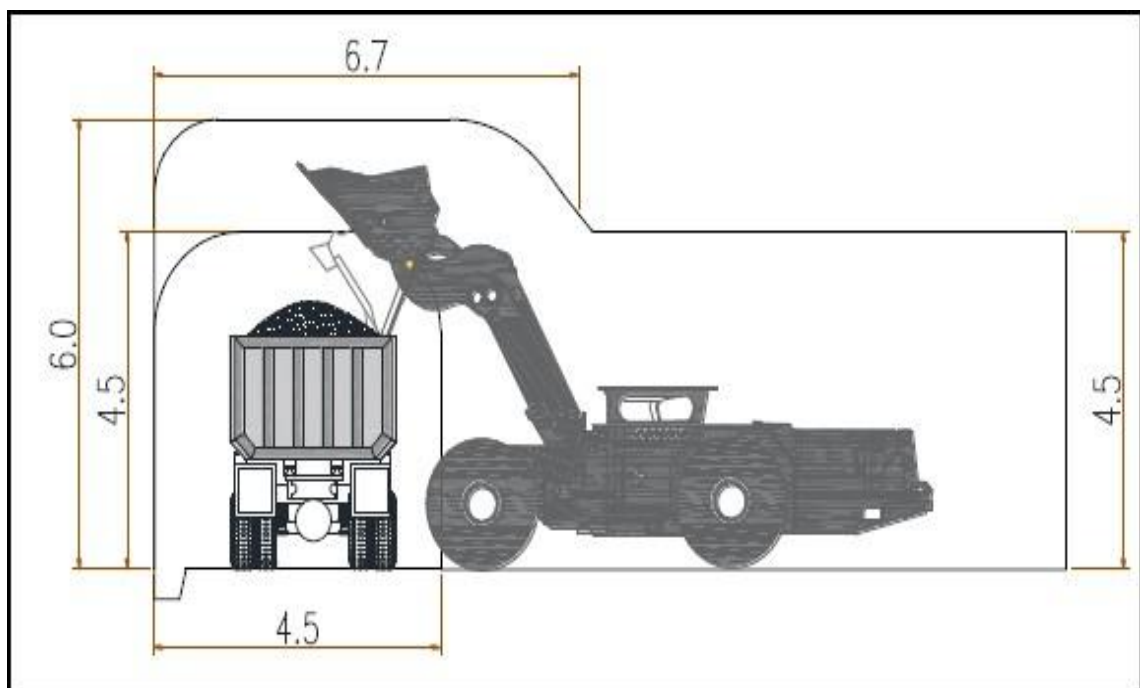


Figura 14. *Diseño de la sección transversal de la cámara de carguío*

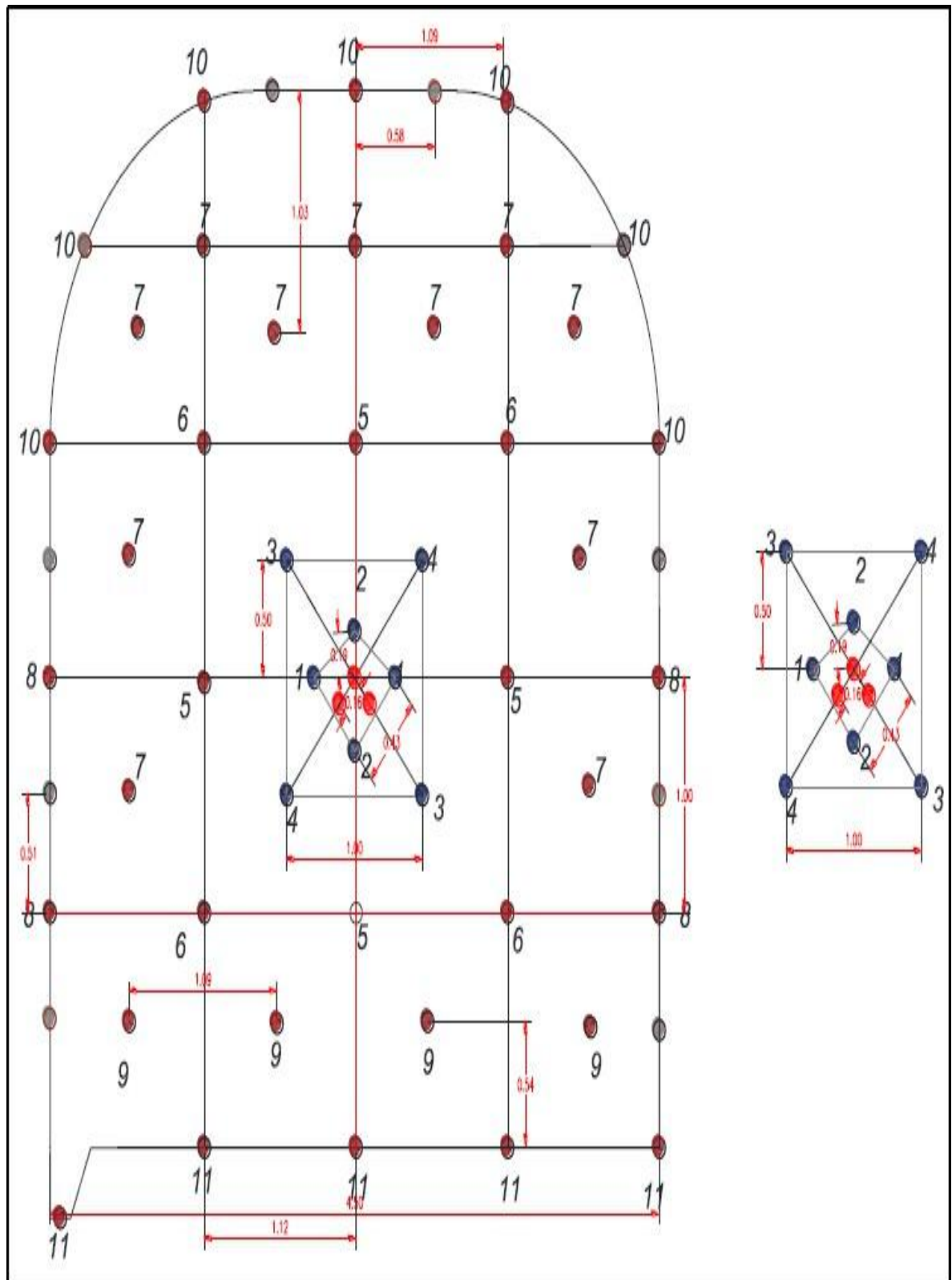
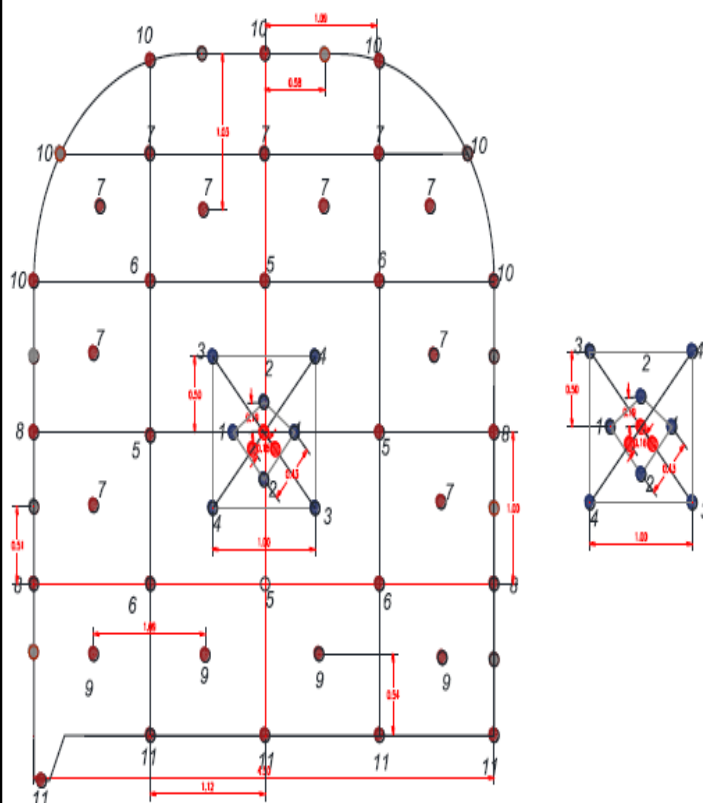


Figura 15. Diseño de malla de perforación de la rampa con sección 4.5x4.5m

DISEÑO DE MALLA SECCIÓN 4.5 X 4.5



Antecedentes Labor

Sección	m. x m.	4.5x4.5
Área Teórica	m2	20.25

Antecedentes Roca

Tipo de Roca		Semi Dura
Tipo de Material		Desmonte
Peso Específico In-Situ		2.80

Antecedentes Perforación

Longitud barra de Perforación	pie	14.00
Longitud barra de Perforación	m	4.27
Longitud efectiva perf. x talad.	m	3.65
Longitud efectiva de disparo	m	3.35
Diámetro Perforación	m	0.051
Diámetro Escareado	m	0.076
Cantidad de Taladros	c/u	58
Metros Perforados	m	212
Volumen por disparo	m3	68
Toneladas por disparo	Ton	190

Índices Voladura

Carga Específica	kg/m3.	2.13
Carga lineal	kg/m	43.23
Factor de Potencia	kg/tm	0.76

Índices de Perforación

Perforación específica	mp/m3	3.12
------------------------	-------	------

Área	Nº Tal c/u	Tal mm	Cartuchos por Taladro	Sub Total de Cartuchos	PELO EXPLOSIVO (Emulsió)	
					kg	Total Kg
Tal Vacíos Arriague	3	102				
Tal Vacíos Recorte	8	45				
Arriague	4	45	14	56	0.26	14.56
Primera Ayuda	4	45	14	56	0.26	14.56
Segunda Ayuda	4	45	14	56	0.26	14.56
Tercera Ayuda	4	45	14	56	0.26	14.56
Ayuda Piso	4	45	12	48	0.26	12.48
Piso	5	45	13	65	0.26	16.90
Ayuda astiales	4	45	10	40	0.26	10.40
Astiales	4	45	10	40	0.26	10.40
ayuda corona	7	45	10	70	0.26	18.20
Corona	7	45	10	70	0.26	18.20
Total de Taladro	58			557		144.82
Taladros vacíos	11					
Taladros cargados	47					

Serie	Ms	Lp
Serie	Ms	Lp
# 1	2	
# 2	2	
# 3	2	
# 4	2	
# 5	4	
# 6	4	
# 7		11
# 8		4
# 9		4
# 10		7
# 11		5
# 12		
# 13		
# 14		
# 15		
Total	16	31

(Puede ser Fanel, Excel, Tecnel)

(Puede ser Fanel, Excel, Tecnel)

TIPO DE ROCA SEMI DURA

Figura 16. Cálculo de los accesorios y explosivos usados en la perforación y voladura de rocas de la rampa sección 4.5x4.5m

3.8. Cálculo de los equipos mineros, instalaciones auxiliares y mano de obra

Tabla 18.
Cálculo de equipos mineros truck

DESCRIPCIÓN	UNIDADES	TRUCK
Producción horaria	tms/hr	18
Horas efectivas por turno	hr/turno	7.88
Turnos por día	turnos	2
Horas efectivas por día	hr/día	15.8
Ton comprometidas	ton	441
Otros	hr	24
Número de equipos	cant	2
Flota de Equipos Volquetes	Flota	2

Tabla 19.
Cálculo de equipos mineros LHD

LHD R1600G (6.3yd3)	UNIDADES	R1600G
Producción horaria	tms/hr	94.33
Horas efectivas por turno	hr/turno	7.88
Turnos por día	turnos	2
Horas efectivas por día	hr/día	15.8
Ton comprometidas en acarreo	ton	441
Ton comprometidas en carguío y otros	ton	0
Horas efectivas scoop	hr	9.35
Equipos en operación simultanea	cant	1
Equipos en Stand By		
Flota de equipos scoop	Flota	1

Tabla 20.
Cálculo de equipos mineros Jumbo

DESCRIPCION	UNIDADES	JUMBO
Perforación específica	Ton/m	1.04
Horas efectivas por turno	Hr/turno	7.88
Turnos por día	Turnos	2

Horas efectivas por día	Hr/día	15.8
Toneladas en perforación	Ton	441
Metros perforados	m	424
Metros perforados	m	837
Equipos en operación simultánea	cant	0.5068
Equipos en Stand By	cant	
Cantidad de equipo minero jumbo	cant	1

Tabla 21.
Cálculo de mano de obra en la construcción de rampa

MANO DE OBRA	
AVANCE	46
Supervisión	4
Superintendente	1
Jefes de Guardia	3
Perforación de Frentes	6
Operadores de Jumbo	3
Ayudantes de Jumbo	3
Voladura	9
Cargadores	3
Ayudante Cargadores	6
Acarreo	3
Operadores de Scoop	3
Transporte	6
Operadores de Volquetes	6
Sostenimiento con pernos	6
Maestro	3
Ayudantes	3
Servicios Auxiliares	12
desatador, bombero, instalador de servicios	12
TOTAL GENERAL	46

3.9. Condición del servicio auxiliar

Sistema de drenaje de aguas

Es crucial que BNV considere la necesidad de realizar un estudio hidrogeológico para identificar la cantidad de agua y las condiciones operativas en profundidad, especialmente porque será necesario dimensionar la infraestructura de drenaje y bombeo. Al momento de elaborar este estudio, no se cuenta con esta información de soporte. Por lo tanto, se estima que, según el plan de avance de la rampa, el agua será bombeada desde los niveles inferiores a medida que se progresa en las labores de profundización. Para la primera etapa de desquinche, se utilizarán las antiguas estaciones de bombeo. Además, se considera necesario disponer de una estación principal de bombeo, proyectada en el nivel base, es decir, NV 4200. Desde allí, el agua será evacuada mediante tuberías instaladas tanto en las chimeneas de servicios como en la propia rampa. El tratamiento de estas aguas se realizará en las pozas previamente construidas, las cuales deberán ser rehabilitadas. El circuito de la red de drenaje se muestra en la figura siguiente:

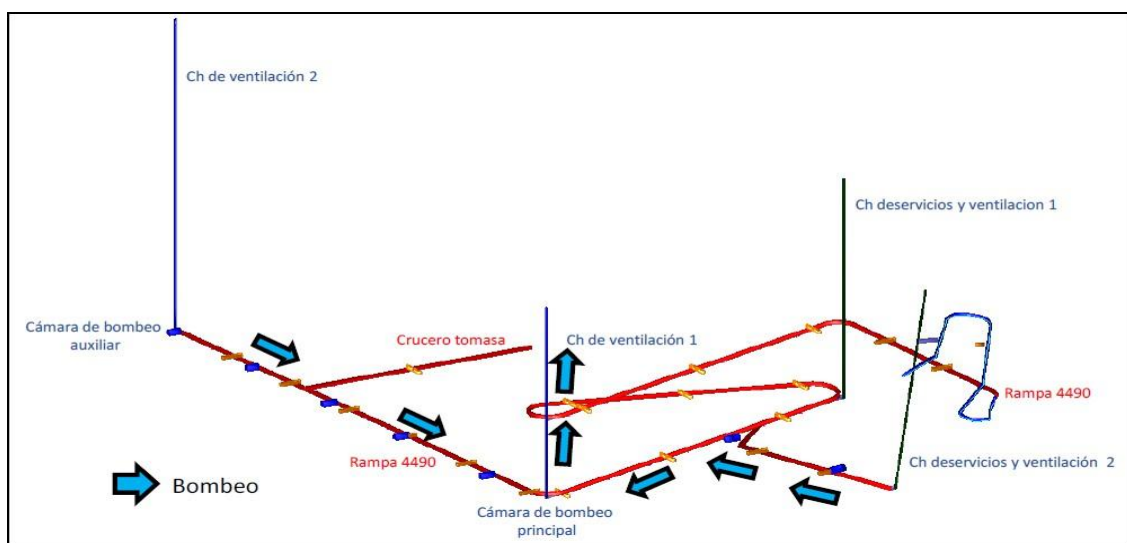


Figura 17. *Diseño del sistema de drenaje de la rampa y sus operaciones*

Sistema de ventilación de labor

Para la ventilación de la rampa, el flujo de aire limpio ingresará por la bocamina de la Rampa 4490 y el aire viciado saldrá por las chimeneas de ventilación hacia la superficie. El aire limpio descenderá desde la parte alta de la rampa hacia los niveles inferiores hasta alcanzar el nivel más profundo de exploración, NV 4200, y luego ascenderá a la superficie a través de la chimenea de ventilación N°2. Si es necesario, se utilizará un ventilador extractor ubicado en la chimenea, en el extremo de la rampa. Durante la etapa de construcción, el aire fresco será impulsado hacia abajo por la rampa con la ayuda de ventiladores auxiliares de 60,000 pies cúbicos por minuto (cfm) y sus respectivas mangas de 36 pulgadas, para ventilar el tramo ciego hasta alcanzar las bases de las chimeneas de ventilación. Estas chimeneas están diseñadas y ubicadas en los extremos curvos de la rampa para facilitar el tiro natural del aire, minimizando así el uso de ventiladores en esa área. Esto garantiza que, en caso de emergencia, como un incendio, el personal pueda evacuar siguiendo la dirección del flujo de aire limpio. La demanda de aire está relacionada tanto con la necesidad de aire para el personal que trabajará en la construcción de la rampa como con la operación de los equipos diésel. Según lo establecido en el Decreto Supremo N° 055-2010-EM, el requerimiento de aire por persona es de 6 m³/min, mientras que para los equipos diésel es de 3 m³/min por cada caballo de fuerza (HP) de los equipos. La demanda total de aire se ha calculado en 2,994 m³/min (105,749 pies³/min), como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 22.
Cálculo de la demanda de aire en la construcción de rampa por aspectos operativos

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	HP/EQUIPO	FLUJO DE AIRE	FLUJO DE AIRE
Para el Personal				
Personal por guardia	16		96	3,391
Para equipos Diesel				
Jumbo	1	225	675	23,841
Scoptram 6yd3	1	268	804	28,397
Volquetes 20 m3	2	473	1419	50,119
TOTAL	16		2994	105,749
FACTOR DE SIMULTANEIDAD	64 %		1916	67,673

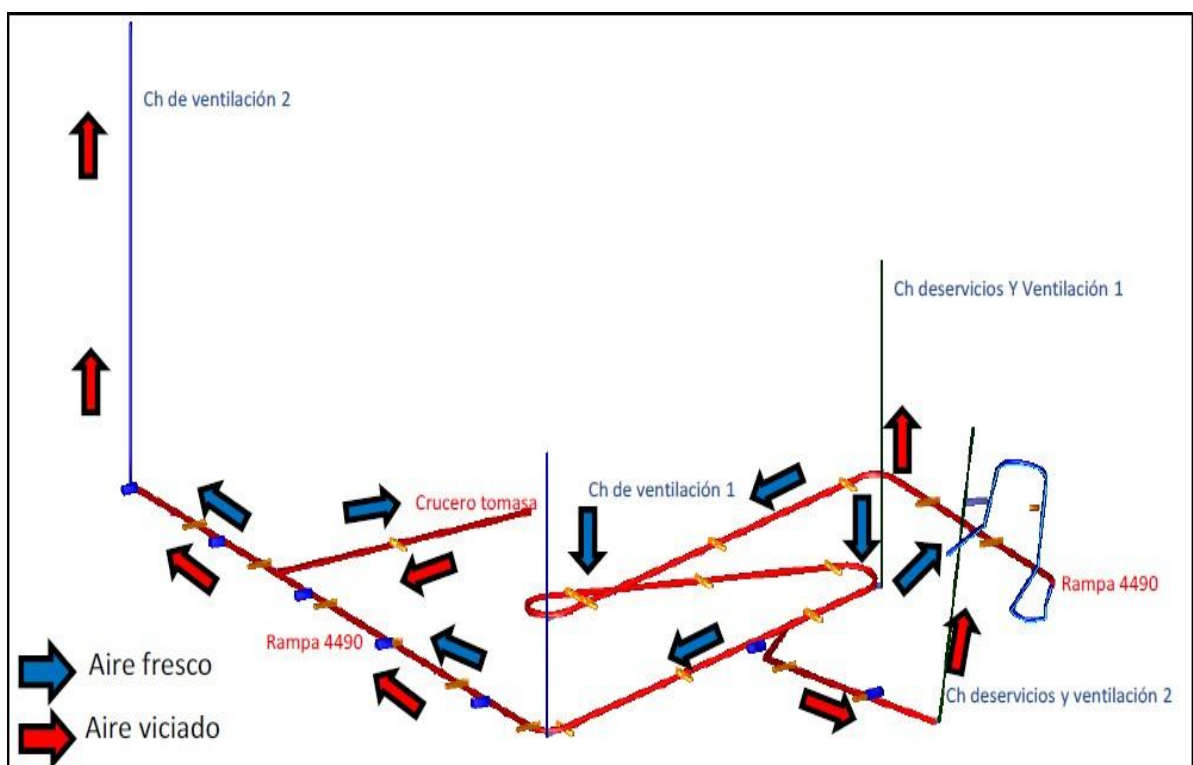


Figura 18. *Circuito del sistema de ventilación en la construcción de rampa*

Cronograma de la construcción por criterio mensual y labores

Tabla 23.
Cronograma de la construcción por criterio mensual y labores

LABORES	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24	M25	M26	M27	M28	M29	M30
Rampa 4490 Desquinche																														
Desquinche y habilitación de servicios en chimenea existente																														
Habilitación del Polvorin existente																														
Habilitación de cámaras de bombeo existente.																														
Mejoramiento de accesos carreteros a botadero de desmonte																														
Mantenimiento de sistema de drenaje																														
Construcción de Rampa sección 4.50 x 4.50. (Refugios y Cámaras de carguío)																														
Construcción de Cámaras de Perforación DDHH.																														
Habilitación de cámaras de drenaje definitivas																														
Construcción de chimeneas Raise Bore																														

IV. CONCLUSIONES

PRIMERO: La construcción de una rampa negativa influye en la exploración minera, puesto que, considerando la magnitud potencial de la futura operación debido a la presencia de clavos mineralizados de gran potencia y la posible integración de otro sector con la mina Uchucchacua, se ha determinado que es conveniente construir una rampa con una sección de 4.50 x 4.50 metros. Esta medida permitirá acelerar los desarrollos exploratorios y, al mismo tiempo, crear condiciones adecuadas para preparar una futura mina moderna y altamente mecanizada en la explotación del Sector Camila.

SEGUNDO: El programa de investigaciones geomecánicas del macizo rocoso recopiló información de 29 estaciones geomecánicas y 4 líneas de detalle a lo largo de la rampa existente, además del logueo geomecánico de 11 perforaciones, abarcando 701 metros de testigos de roca y 14 ensayos de carga puntual, permitiendo determinar la resistencia de la roca intacta. La rampa se desarrollará principalmente en las calizas de la formación Jumasha y, en algunas áreas muy localizadas, en sectores con presencia de mármol. El sistema de fallamiento regional y local tiene una orientación NE con un buzamiento sub-vertical hacia el SE y NW. Las principales familias de discontinuidades en el macizo rocoso tienen una orientación NE con buzamientos similares al sistema de fallas. Además, la orientación del sistema de estratificación de las calizas presenta un buzamiento sub-horizontal. Finalmente, se identificó un sistema de fracturamiento secundario con rumbo NW y buzamiento hacia el NE.

TERCERO: Los criterios de diseño considerados son las necesidades de carácter exploratorio al sector Camila y Angela, además de futura integración con otras labores pertinentes a la unidad minera, Según este criterio, se proyectan y proponen aspectos y sección de la rampa, que inicialmente debe satisfacer las necesidades de accesibilidad para fines exploratorios y luego quedar habilitada para la preparación de la mina y como posible vía para la extracción de mineral; estos criterios se vinculan a componentes de accesibilidad como la rampa, chimeneas, cámaras, estaciones y refugios.

CUARTO: Tras el análisis y la evaluación de las tres opciones diseñadas para la rampa, los resultados favorecieron la segunda opción. Los criterios utilizados privilegiaron su mejor ubicación en relación con los sectores con mayor exposición o presencia de estructuras mineralizadas, así como su orientación transversal al sistema de estructuras mineralizadas presentes, convirtiéndola en una labor de accesibilidad y exploración simultáneamente.

QUINTO: El plan de construcción incluye tres etapas, la primera constituye el desquinche absoluto de 750 metros de rampa que ya existe, además de las chimeneas y habilitaciones de polvorín y cámara para el bombeo progresivo; la segunda etapa, constituye la construcción de la rampa y su sección 4.5x4.5m hasta la cota 4200 con sus respectivas cámaras de carguío, asimismo construcción de chimeneas mediante Raise Borer y finalmente el crucero de intersección al sector Camila; la final etapa, se enmarca en la construcción definitiva de la rampa y labores finales de chimeneas y cámaras DDHH de perforación, para alcanzar también otros sector o cuerpos como Angela y Tomasa.

V. RECOMENDACIONES

PRIMERO: Aunque las condiciones geomecánicas del portal de ingreso son favorables y la altura de corte del talud es menor a 3 metros sobre el techo de la rampa, por seguridad se recomienda reforzar el portal con pernos de 3 metros de longitud, espaciados a cada 1.3 metros, junto con malla metálica y una cobertura de shotcrete de 5 cm de espesor.

SEGUNDO: También se aconseja documentar todo el proceso de construcción, incluyendo planos y pruebas de control y aseguramiento de calidad de los diferentes elementos de sostenimiento, en un informe que registre cómo fue construido.

TERCERO: Se recomienda realizar pruebas de control de calidad del sostenimiento instalado durante la construcción, como pruebas de arranque de los pernos, diseño de mezcla del shotcrete y ensayos de rotura del shotcrete en diferentes periodos de fraguado, entre otros.

CUARTO: Es importante controlar o restringir el uso excesivo de explosivos que pueda dañar la calidad del macizo rocoso en la periferia de la excavación, evitando cambios drásticos en la sección de excavación. Para ello, se recomienda implementar índices de control como el factor de potencia (kg explosivo / tn), carga lineal (kg explosivo / m), carga operante (kg explosivo / retardo) y establecer una malla de voladura para cada tipo de roca. Adicionalmente, se pueden utilizar controles como el número de cañas expuestas después de cada voladura en sectores donde la calidad de la roca varía de regular a buena.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. Cutifani, “El 45% de economía mundial está impulsada por el sector minero”, Minería Sostenible de Galicia. Consultado: el 16 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://minariasostible.gal/es/economia-mundial-y-el-sector-miner>
- [2] Ministerio de Energía y Minas, “Anuario Minero 2019 Perú”, mayo/2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/ANUARIOS/2019/AM2019.pdf>
- [3] Consejo Minero, “La industria minera en 2019”. Consultado: el 16 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://consejominero.cl/reporte-anual-2019/la-indu>
- [4] CIA de Minas Buenaventura, “Producción tercer trimestre 2019”. Consultado: el 16 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.buenaventura.com/es/inversionistas/form-6-k/2019>
- [5] A. Muñoz y L. Ocampo, “Optimización del sistema de explotación de una labor minera de la mina metálica subterránea Tiwintza, Camilo Ponce Enríquez - Ecuador (Tesis de Titulación en Ingeniería de Minas)”, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil-Ecuador, 2019. Consultado: el 10 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/54856>
- [6] J. Castro y D. Quishpe, “Diseño y evaluación económica de la galería principal de acceso al yacimiento del proyecto minero ‘Loma Larga’, Azuay – Ecuador (Tesis de Titulación en Ingeniería de Minas)”, Universidad del

- Azuay, Cuenca-Ecuador, 2019. Consultado: el 10 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8785>
- [7] H. Mucuta, M. Cartaya, y J. Cuni, “valuación geomecánica del macizo rocoso en frentes de explotación del yacimiento polimetálico Castellanos”, *Minería y Geología*, vol. 35, núm. 4, pp. 430–440, 2019, Consultado: el 1 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1993-80122019000400430&script=sci_arttext
- [8] S. Aquino, “Diseño y construcción de la rampa 440, para explorar e incrementar las reservas minables y su posterior extracción en CIA minera MACDESA SAC (Tesis de Titulación en Ingeniería de Minas)”, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, 2019. Consultado: el 10 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/463ac64d-b598-4fb2-99>
- [9] F. Jurado, “Diseño y construcción de la Rampa Negativa 697 de profundización en la Cia Minera Raura (Tesis de Titulación en Ingeniería de Minas)”, Universidad Nacional de San Antonio Abad, Cusco, 2018. Consultado: el 10 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/3248>
- [10] R. Quispe, “Diseño y construcción de la Rampa Negativa 5360 para la explotación de la Veta Alexia Cia Minera Ares - Unidad Arcata E.E. IESA S.A. (Tesis de Titulación en Ingeniería de Minas)”, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, 2014. Consultado: el 9 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/433975ce-03a>

- [11] C. Liedo, “Los orígenes de la minería asturiana”, *Revista del Montepío y Mutualidad de la Minería Asturiana*, vol. 47, 2007, Consultado: el 15 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://www.sntc.org.sz/cultural/malarch.asp>
- [12] C. Recabarren, “La historia de la Minería Subterránea en el Mundo”, *Revista Digital Minera*. Consultado: el 13 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.redimin.cl/la-historia-de-la-mineria-subterranea-en-el-mundo/>
- [13] C. Recabarren, “La historia de la Minería Subterránea en el Mundo”, *Revista Digital Minera Chile*. Consultado: el 17 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.redimin.cl/la-historia-de-la-mineria-subterranea-en-el-mundo/>
- [14] J. Lira, “Mecanización del sostenimiento de roca en minería subterránea”, *Interempresas*. Consultado: el 11 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.interempresas.net/Mineria/Articulos/368007-Mecanizacion-del-sostenimiento-de-roca-en-mineria-subterranea.html>
- [15] Ingeoexpert, “La minería subterránea: ¿En qué consiste?”, *Ingeoexpert*. Consultado: el 18 de febrero de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://ingeoexpert.com/2019/01/18/la-mineria-subterranea-en-que-consiste/>
- [16] J. Herrera, “Introducción a la minería subterránea. Vol II: Construcción de accesos”, *Universidad Politécnica de Madrid*. Consultado: el 18 de febrero de 2023. [En línea]. Disponible en: https://oa.upm.es/62724/7/CONSTRUCCION_DE_ACCESOS_A_INTERIOR_LM1B4T2R0-20191114.pdf

- [17] Á. Quispe, “Minería subterránea: ¿En qué consiste? ¿Y cuales son sus tipos?”, Grupo Posada. Consultado: el 22 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://posada.pe/mineria-subterranea-en-que-consiste-y-cuales-son-sus-tipos/>
- [18] J. Alayo, “Minería subterránea ”, Panorama Minero. Consultado: el 22 de octubre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://panorama-minero.com/noticias/mineria-subterranea-para-principiantes/>
- [19] Estudios Mineros del Perú, “Manual de Minería”. Consultado: el 15 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.iestpoyon.edu.pe/web/documentos/Manu>
- [20] J. Retamal, “Labor minera y protección del medio ambiente: Criterios para una redefinición”, *Revista de Derecho (Coquimbo)*, vol. 22, núm. 1, pp. 507–528, 2015, Consultado: el 15 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-9753201500
- [21] J. Herrera, “Introducción a la minería. Conceptos, tecnologías y procesos”, Universidad Politécnica de Madrid - Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía. Consultado: el 11 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://oa.upm.es/63396/1/INTRODUCCION MI](https://oa.upm.es/63396/1/INTRODUCCION_MI)
- [22] C. Cruz, S. Olivares, y M. Gonzáles, *Metodología de la investigación*. México D.F: Patria, 2014.
- [23] R. Hernández, C. Fernández, y M. del P. Baptista, *Metodología de la Investigación*, 6ta ed. México D.F: Mc Graw Hill, 2014. Consultado: el 14 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible en:

https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf

- [24] R. Hernández, C. Fernández, y P. Baptista, *Metodología de la Investigación*, 5ta ed. México D.F: Mc Graw Hill, 2010.
- [25] V. Niño, *Metodología de la Investigación*. Bogotá: Ediciones de la U, 2011.
- [26] G. Briones, *Metodología de la Investigación Cuantitativa en las Ciencias Sociales*. Bogotá: ARFO Editores e Impresores, 2000. Consultado: el 16 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://metodoinvestigacion.files.wordpress.com/2008/02/metodologia-de-la-investigacion-guillermo-briones.pdf>

VII. ANEXOS

Anexo N°1: Operacionalización de variables

VARIABLES	TIPO DE VARIABLE	INDICADORES	TÉCNICA/INSTRUMENTO
Variable X1: Diseño de rampa negativa	CUALITATIVO	• Aspectos geomecánicos • Criterios de diseño • Opciones de desarrollo minero	Técnica de la observación
Variable X2: Construcción de rampa negativa	CUANTITATIVO	• Etapas de planeamiento de construcción	Técnica de la observación
Variable Y: Exploración minera	CUANTITATIVO	• Reservas mineras • Recursos minerales	Técnica del análisis documental

Anexo N° 2: Matriz de consistencia

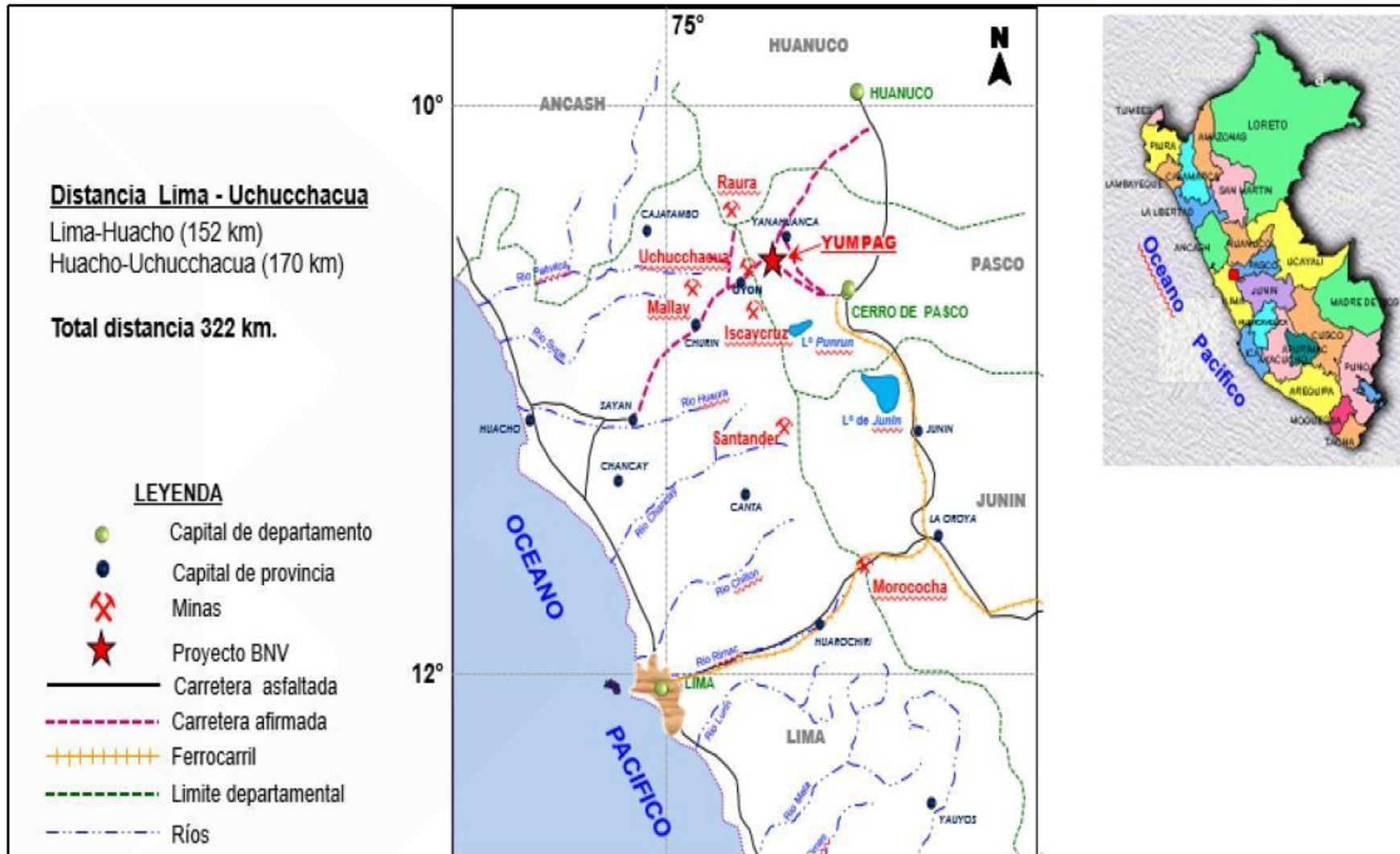
TITULO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE RAMPA NEGATIVA EN LA EXPLORACIÓN MINERA DE LA MINA

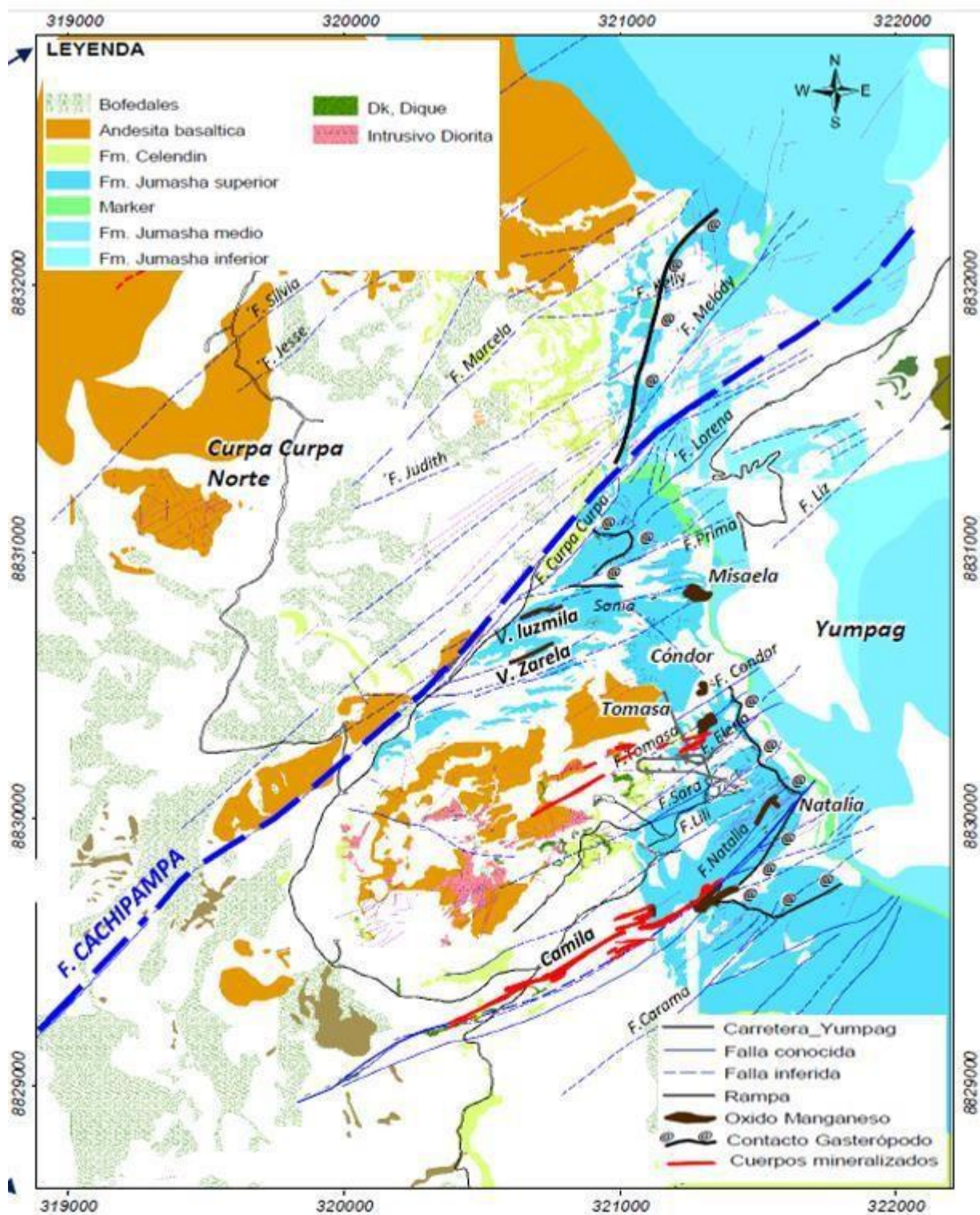
UCHUCCHACUA – CIA DE MINAS BUENAVENTURA 2019

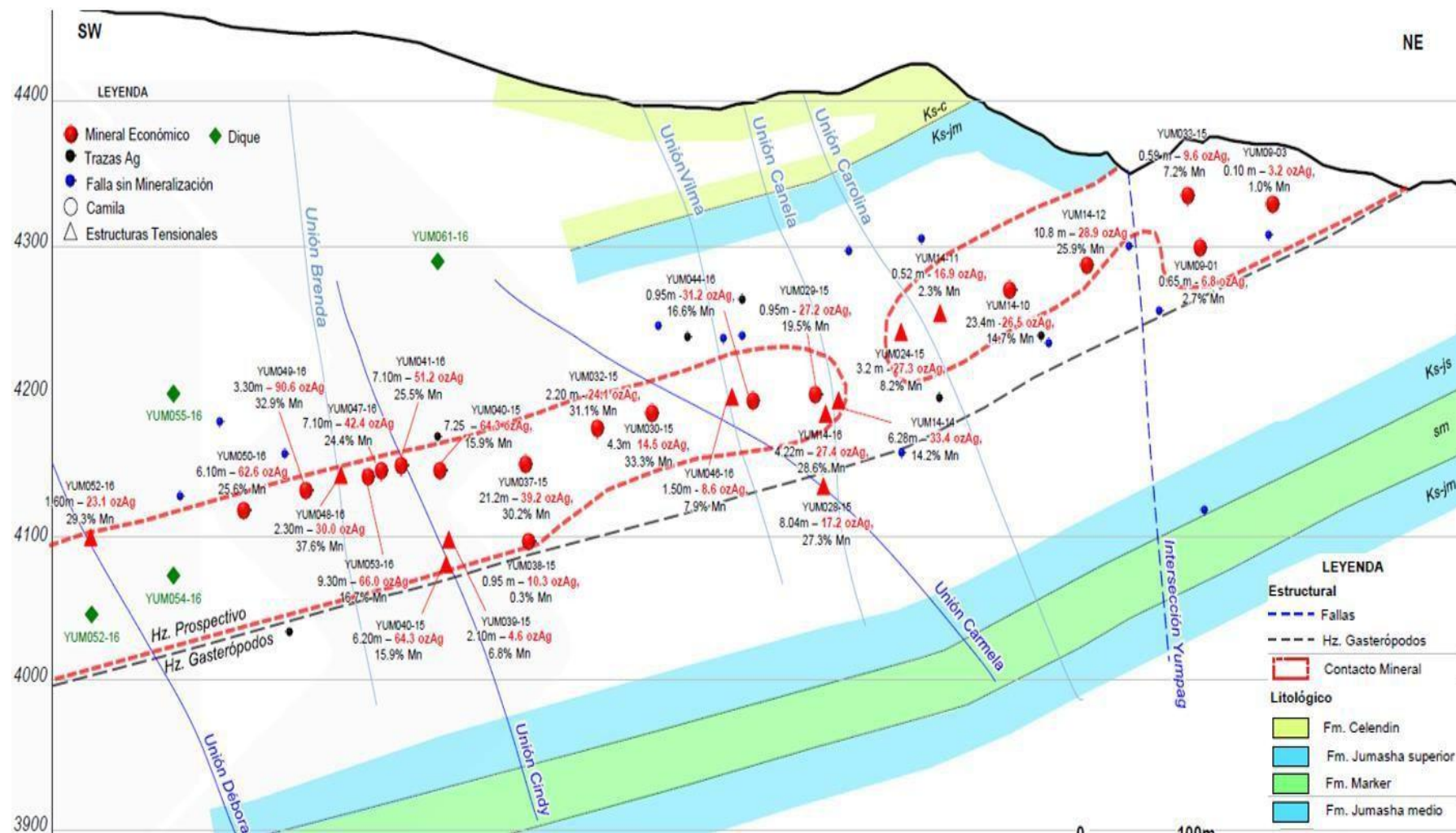
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE DE ESTUDIO	INDICADORES	METODOLOGÍA
Problema general	Objetivo general				
¿De qué manera el diseño y construcción de rampa negativa influye en la exploración minera de la Mina Uchucchacua – Cia de Minas Buenaventura 2019?	Describir de qué manera el diseño y construcción de rampa negativa influye en la exploración minera de la Mina Uchucchacua – Cia de Minas Buenaventura 2019.	El diseño y construcción de rampa negativa favorece la exploración minera de la Mina Uchucchacua – Cia de Minas Buenaventura 2019.	Variable X1: Diseño de rampa negativa	- Aspectos geomecánicos - Criterios de diseño - Opciones de desarrollo minero	Tipo: Aplicada Nivel: Descriptivo Diseño: No experimental transversal Población: La población se conformará por las labores mineras de exploración en construcción de la Mina Uchucchacua,
Problemas específicos	Objetivos específicos		Variable X2: Construcción de rampa negativa	Etapas de planeamiento de construcción	
¿Cómo son los aspectos geomecánicos del proyecto de construcción de rampa negativa para exploración minera de la Mina Uchucchacua – Cia de Minas Buenaventura 2019? ¿Cuáles son los criterios de diseño de construcción de rampa negativa para	Explicar cómo son los aspectos geomecánicos del proyecto de construcción de rampa negativa para exploración minera de la Mina Uchucchacua – Cia de Minas Buenaventura 2019 Explicar cuáles son los criterios de diseño de		Variable Y: Exploración minera	- Reservas mineras - Recursos minerales	

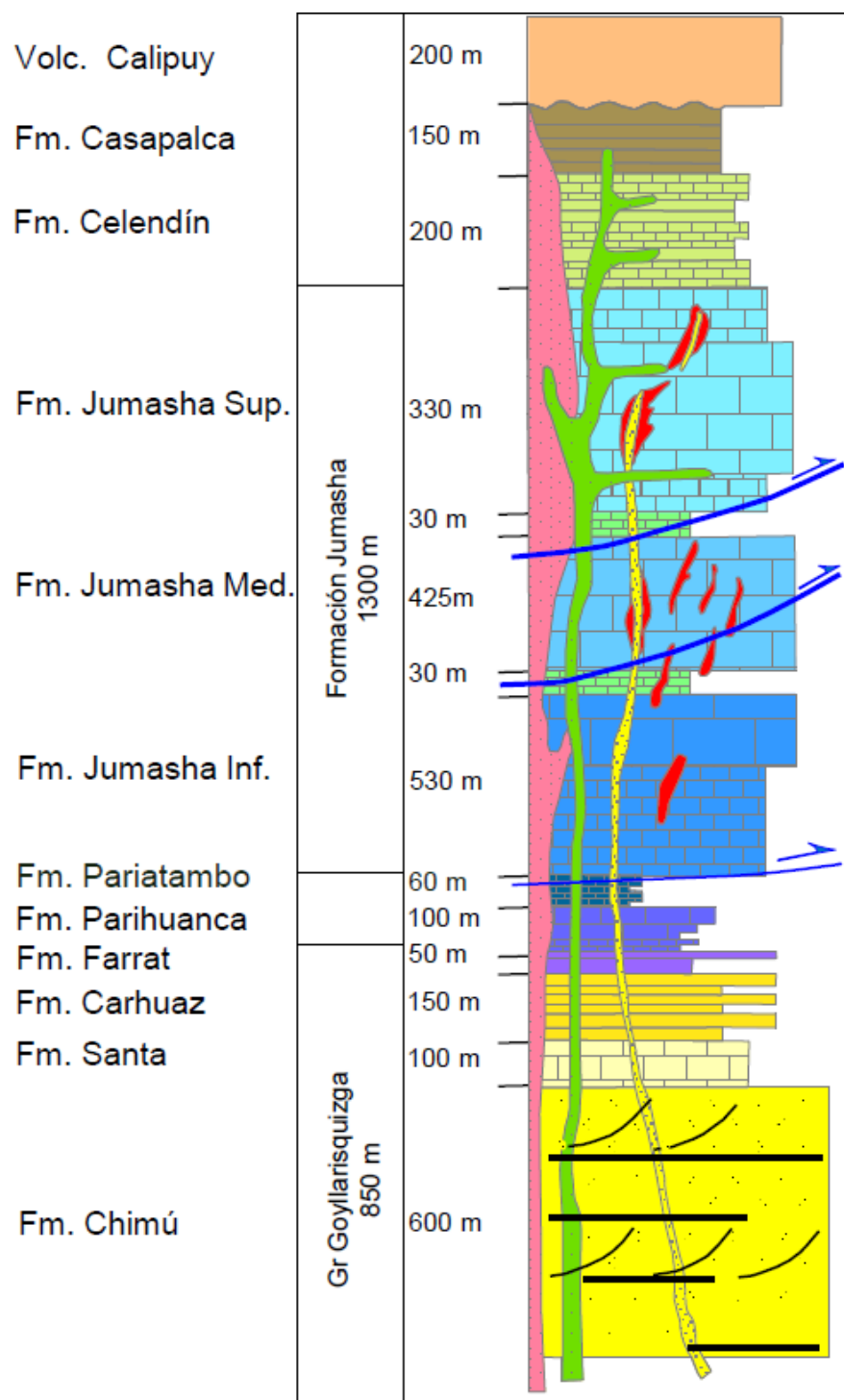
exploración minera de la Mina Uchucchacua – Cia de Minas Buenaventura 2019? ¿Cuáles son las opciones de desarrollo minero de rampa negativa para exploración minera de la Mina Uchucchacua – Cia de Minas Buenaventura 2019? ¿Cómo son las etapas de planeamiento de construcción de rampa negativa para exploración minera de la Mina Uchucchacua – Cia de Minas Buenaventura 2019?	construcción de rampa negativa para exploración minera de la Mina Uchucchacua – Cia de Minas Buenaventura 2019 Explicar cuáles son las opciones de desarrollo minero de rampa negativa para exploración minera de la Mina Uchucchacua – Cia de Minas Buenaventura 2019 Explicar cómo son las etapas de planeamiento de construcción de rampa negativa para exploración minera de la Mina Uchucchacua – Cia de Minas Buenaventura 2019				pertinentes a la Cia de Minas Buenaventura, año 2019. Muestra: La muestra se conformará por la rampa negativa de exploración al Sector Camila. Técnicas: La observación y el análisis documental
---	--	--	--	--	---

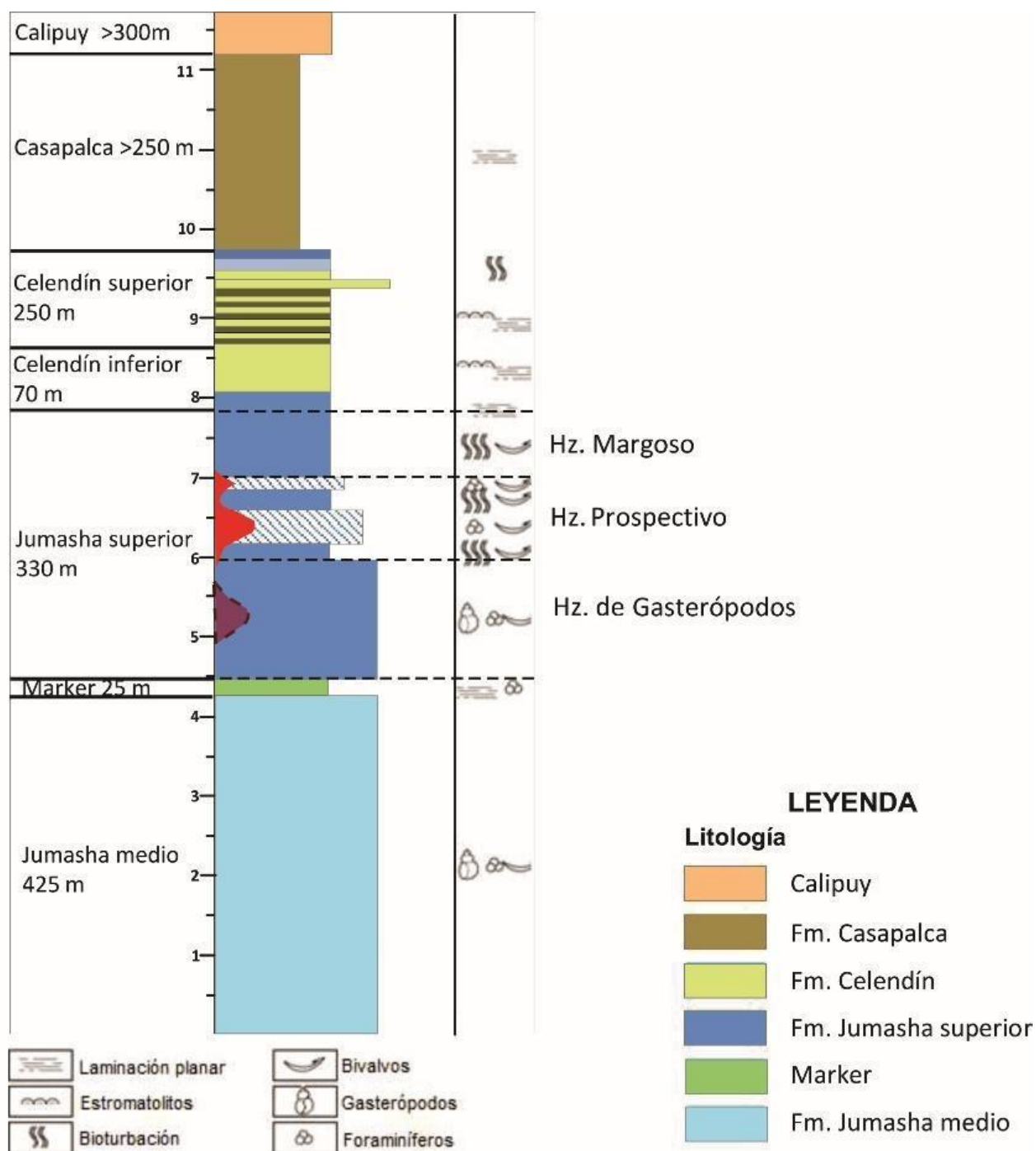
Anexo N° 3: Planos

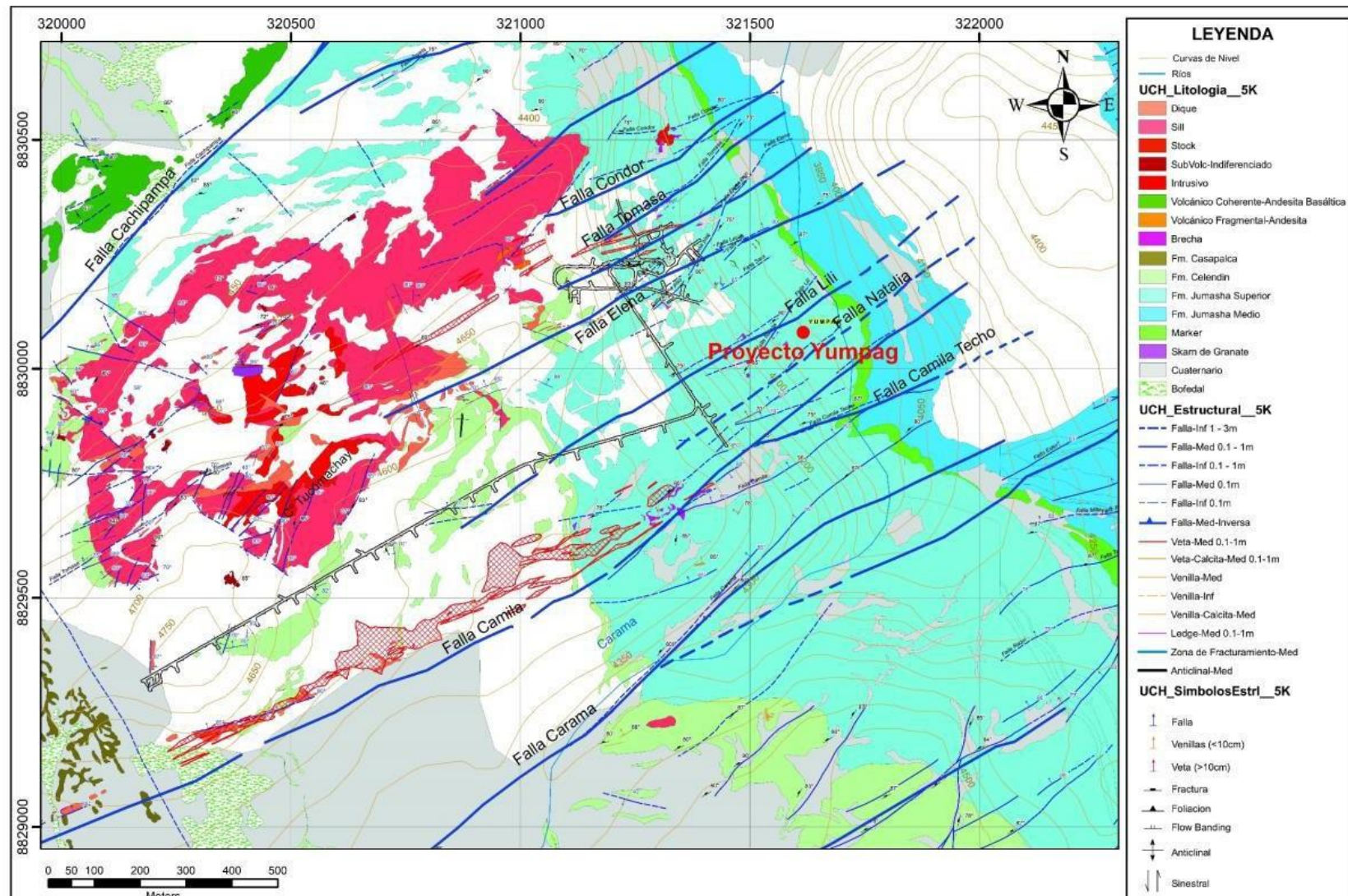












SW NE

4400

4200

4000

3800

F. Celendin
 F. Jm. Superior
 Beta
 Margas
 Gasterópodos
 Hz. Marker
 F. Jm. Medio
 Dk Mequias
 C. Camila

Anexo N° 4: Cronograma específico por etapas de la construcción de la rampa

CRONOGRAMA DE AVANCES ETAPA I																																		
LABORES ETAPA I	Seccion	Grad.	Long. (m)	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24	M25	M26	M27	M28	M29	M30	TOTAL
Rampa 4490 (3.5 x 3.5) Desquinche	4.5 x 4.5	12%	725	182	182	182	179																											
Rampa 4490 (3.5 x 3.5) Desquinche			5576	1399.58	1399.58	1399.58	1378.51																											
Casa lampara	4.5 x 4.5	0.50%	10	10																														
Vestuarios	4.5 x 4.5	0.50%	80	80																														
Taller trackles	6.0 x 6.0	0.50%	40		40																													
Taller trackles	6.0 x 6.0	0.50%			22																													
Oficinas	4.5 x 4.5	0.50%	45		45																													
Comedor	10 x 4.5	0.50%	20			20																												
Comedor desquinche	10 x 4.5	0.50%	20			433																												
Desquinche Ch existente	1.5 X 2.10		25									15	10																					
Desquinche Ch existente												8.75	4.5																					
Desquinche crucero a ch existente	4.5 X 4.5	0.50%	101				25	27	25	24																								
Desquinche crucero a ch existente							192.25	207.63	192.25	184.56																								
Polvorin	4.5 X 4.5	0.50%	15					15																										
TOTAL			170	70	85	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	170

CRONOGRAMA DE AVANCES ETAPA II																																			
LABORES ETAPA II	SECCIÓN	GRAD.	LONG. (M)	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24	M25	M26	M27	M28	M29	M30	TOTAL	
Rampa 4490	4.5 x 4.5	12%	1765					150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	115																1,765
Ventana 1 a chimenea de ventilacion 1	4.5 x 4.5	0.50%	12										12.49																					12	
Chimenea ventilación 1(superior)	3	90°	147										100	47																				147	
Ventana 1 a chimenea de servicios 1	4.5 x 4.5	0.50%	12							12																								12	
Chimenea de servicios 1 (superior)	3	90°	183							100	83																							183	
Ventana 2 a chimenea de servicios 1	4.5 x 4.5	0.50%	10													10																		10	
Chimenea de servicios 1 (inferior)	3	90°	90													90.17																		90	
Ventana 2 a chimenea de ventilacion 1	4.5 x 4.5	0.50%	13															13																13	
Chimenea ventilación 1 (inferior)	3	90°	91															91																91	
Crucero Camila	4.5 x 4.5	0.50%	200																90	90	20													200	
Cámara de perforación 1	8 x 7 X 10	0.50%	15															15																15	

CRONOGRAMA DE AVANCES ETAPA II																																		
LABORES ETAPA II	SECCIÓN	GRAD.	LONG. (M)	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24	M25	M26	M27	M28	M29	M30	TOTAL
Cámara de perforación 1 desquinche																		341.165																341
Cámara de carguío 1	4.5 x 6.0	0.50%	25					25																										25
Cámara de carguío 1 desquinche								44.936																										45
Cámara de carguío 2	4.5 x 6.0	0.50%	25						25																									25
Cámara de carguío 2 desquinche									44.936																									45
Cámara de carguío 3	4.5 x 6.0	0.50%	25							25																								25
Cámara de carguío 3 desquinche										44.936																								45
Cámara de carguío 4	4.5 x 6.0	0.50%	25								25																							25
Cámara de carguío 4 desquinche											44.936																							45
Cámara de carguío 5	4.5 x 6.0	0.50%	25									25																						25
Cámara de carguío 5 desquinche												44.936																						45
Cámara de carguío 6	4.5 x 6.0	0.50%	25										25																					25
Cámara de carguío 6 desquinche													44.936																					45

CRONOGRAMA DE AVANCES ETAPA II																																		
LABORES ETAPA II	SECCIÓN	GRAD.	LONG. (M)	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24	M25	M26	M27	M28	M29	M30	TOTAL
Cámara de carguio 7	4.5 x 6.0	0.50%	25											25																				25
Cámara de carguio 7 desquinche														44.936																				45
Cámara de carguio 8	4.5 x 6.0	0.50%	25												25																			25
Cámara de carguio 8 desquinche															44.936																			45
Cámara de carguio 9	4.5 x 6.0	0.50%	25													25																		25
Cámara de carguio 9 desquinche																44.9355																		45
Cámara de carguio 10	4.5 x 6.0	0.50%	25														25																	25
Cámara de carguio 10 desquinche																	44.9355																	45
Cámara de carguio 11	4.5 x 6.0	0.50%	25															25																25
Cámara de carguio 11 desquinche																		44.9355																45
Cámara de carguio 12	4.5 x 6.0	0.50%	25																25															25
Cámara de carguio 12 desquinche																			44.9355															45
Cámaras para sub estación 1	4.5 x 4.5	0.50%	15								15																							15

CRONOGRAMA DE AVANCES ETAPA II																																		
LABORES ETAPA II	SECCIÓN	GRAD.	LONG. (M)	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24	M25	M26	M27	M28	M29	M30	TOTAL
Cámaras para sub estación 2	4.5 x 4.5	100.50%	15											15																				15
Cámaras para sub estación 3	4.5 x 4.5	200.50%	15														15																	15
Refugio1	1.8 x 1.0 x 2.07 x 2	0.50%						2																										2
Refugio2	1.8 x 1.0 x 2.07 x 2	0.50%							2																									2
Refugio3	1.8 x 1.0 x 2.07 x 2	0.50%							2																									2
Refugio4	1.8 x 1.0 x 2.07 x 2	0.50%								2																								2
Refugio5	1.8 x 1.0 x 2.07 x 2	0.50%								2																								2
Refugio6	1.8 x 1.0 x 2.07 x 2	0.50%								2																								2
Refugio7	1.8 x 1.0 x 2.07 x 2	0.50%									2																							2
Refugio8	1.8 x 1.0 x 2.07 x 2	0.50%									2																							2
Refugio9	1.8 x 1.0 x 2.07 x 2	0.50%									2																							2
Refugio10	1.8 x 1.0 x 2.07 x 2	0.50%										2																						2
Refugio11	1.8 x 1.0 x 2.07 x 2	0.50%										2																						2
Refugio12	1.8 x 1.0 x 2.07 x 2	0.50%										2																						2
Refugio13	1.8 x 1.0 x 2.07 x 2	0.50%											2																					2

CRONOGRAMA DE AVANCES ETAPA III																																		
LABORES ETAPA III	SECCIÓN	GRAD.	LONG. (M)	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24	M25	M26	M27	M28	M29	M30	TOTAL
Rampa 4490	4.5 x 4.5	12%	2094																150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	144	2,094	
Rampa secundaria de acceso a cámara de sondaje 1 y 2	4.5 x 4.5	0.50%	400													90	90	90	90	40													400	
Ventana 1 a chimenea de servicios 2	4.5 x 4.5	0.50%	24																		24												24	
Ventana 2 a chimenea de servicios 2	4.5 x 4.6	100.50%	7																		7												7	
Chimenea de servicios 2	3	80°	241																		33	100	108										241	
Ventana a chimenea 1 a chimenea de ventilación 2	4.5 x 4.5	0.50%	2																				2										2	
Chimenea ventilación 2	3	90°	378																				100	100	100	67							367	
Crucero Tomasa	4.5 x 4.5	0.50%	285																			90	90	90	15								285	
Cámaras para sub estación 4	4.5 x 4.5	0.50%	15																	15													15	
Cámaras para sub estación 5	4.5 x 4.5	0.50%	15																			15											15	
Cámaras para sub estación 6	4.5 x 4.5	0.50%	15																						15								15	
Cámaras para sub estación 6	4.5 x 4.5	0.50%	15																											15			15	
Cámara de carguío 13	4.5 x 6.0	0.50%	25																25														25	
Cámara de carguío 13 desquinche																			44.936														45	
Cámara de carguío 14	4.5 x 6.0	0.50%	25																	10													10	
Cámara de carguío 14 desquinche																				44.936													45	

CRONOGRAMA DE AVANCES ETAPA III																																		
LABORES ETAPA III	SECCIÓN	GRAD.	LONG. (M)	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24	M25	M26	M27	M28	M29	M30	TOTAL
Cámara de carguío 15	4.5 x 6.0	0.50%	25																			25												25
Cámara de carguío 15 desquinche																						44.936												45
Cámara de carguío 16	4.5 x 6.0	0.50%	25																				25											25
Cámara de carguío 16 desquinche																							44.936											45
Cámara de carguío 17	4.5 x 6.0	0.50%	25																					25										25
Cámara de carguío 17 desquinche																								44.936										45
Cámara de carguío 18	4.5 x 6.0	0.50%	25																						25									25
Cámara de carguío 18 desquinche																									44.936									45
Cámara de carguío 19	4.5 x 6.0	0.50%	25																							25								25
Cámara de carguío 19 desquinche																										44.936								45
Cámara de carguío 20	4.5 x 6.0	0.50%	25																								25							25
Cámara de carguío 20 desquinche																											44.936							45
Cámara de carguío 21	4.5 x 6.0	0.50%	25																									25						25
Cámara de carguío 21 desquinche																												44.936						45
Cámara de carguío 22	4.5 x 6.0	0.50%	25																										25					25
Cámara de carguío 22 desquinche																													44.9355					45
Cámara de carguío 23	4.5 x 6.0	0.50%	25																											25				25
Cámara de carguío 23 desquinche																														44.936				45
Cámara de carguío 24	4.5 x 6.0	0.50%	25																												25			25
Cámara de carguío 24 desquinche																															44.936			45
Cámara de carguío 25	4.5 x 6.0	0.50%	25																													25		25
Cámara de carguío 25 desquinche																																44.936		45

CRONOGRAMA DE AVANCES ETAPA III																																		
LABORES ETAPA III	SECCIÓN	GRAD.	LONG. (M)	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M21	M22	M23	M24	M25	M26	M27	M28	M29	M30	TOTAL
Refugio46	1.8 x 1.0 x 2.07 x 2	0.50%																													2			2
Refugio47	1.8 x 1.0 x 2.07 x 2	0.50%																														2		2
Refugio48	1.8 x 1.0 x 2.07 x 2	0.50%																														2		2
Refugio49	1.8 x 1.0 x 2.07 x 2	0.50%																															2	2
TOTAL			3931	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	90	90	265	230	254	290	403	382	365	320	242	175	175	190	175	169	3905

