UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

Escuela Profesional de Ingeniería de Minas



TESIS

"EVALUACIÓN DE COSTOS DE UNA RAMPA DE PROFUNDIZACIÓN PARA EXTRACCIÓN DE COBRE DE LA VETA TESORO SUR DE LA UNIDAD MINERA MIS GRANDES TESOROS"

PRESENTADO POR:

BACH. ANGEL CRISTHIAN BANEGAS TACUCHI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

MOQUEGUA - PERÚ

2025

UNAM
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

Folio N° 047

ACTA DE SUSTENTACIÓN

I. Modalidad:

Tesis : [X]

Trabajo de Suficiencia Profesional : [ ]

Otro: ..... : [ ]

II. Documento de aprobación para la sustentación:

RESOLUCIÓN DE FACULTAD Nº 0061-2025-D-FACIA-UNAM

Fecha: 27/03/25

III. El Jurado ha dictaminado la (el) TESIS, TITULADO:

EVALUACIÓN DE COSTOS DE UNA RAMPA DE PROFUNDIZACIÓN PARA EXTRACCIÓN DE COBRE DE LA VETA TESORO SUR DE LA UNIDAD MINERA MIS GRANDES TESOROS

Bachiller: ANGEL CRISTHIAN BANEGAS TACUCHI

Asesor Principal: MSC. AGAPITO FLORES JUSTO

Co-Asesor : .....

IV. Se dictamina:

Como: APROBADO por UNANIMIDAD la sustentación de manera:

Presencial [X] Virtual [ ]

Con nota: DIECISEIS (16) por lo que; Sí [X] No [ ]

Opta el Título Profesional de INGENIERO DE MINAS.

Siendo las 11:50 horas, del 27 de MARZO del año 2025 se procede con la firma en conformidad de lo dictaminado por el Jurado.

Presidente
DR. JORGE LUIS FLORES SPAS
(Nombres y Apellidos)

Primer Miembro
MTE. JUAN ELIAS ROJAS CONDORI
(Nombres y Apellidos)

Segundo Miembro
Dr. Arquímedes León VARGAS LUQUE
(Nombres y Apellidos)

Bachiller
Angel Cisthian Banegas Tacuchi
(Nombres y Apellidos)

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con profunda gratitud a mis padres, quienes han sido mi mayor fortaleza y apoyo incondicional en cada paso de este camino.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Moquegua, por brindarme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente y por ser el espacio en el que pude adquirir conocimientos y habilidades que marcarán mi camino. Agradezco profundamente a mi asesor y a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, quienes con su dedicación y compromiso han contribuido de manera invaluable a mi formación.

A mis compañeros y amigos que han sido parte de esta experiencia, compartiendo desafíos y logros. A todos ellos, mi gratitud por el apoyo, la camaradería y el esfuerzo constante que nos han impulsado mutuamente a lo largo de estos años.

Angel Cristhian Banegas Tacuchi

Índice

I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 5
1.1. Planteamiento del problema 5
1.1.1. Descripción y formulación del problema de investigación 8
1.1.2. Interrogante general 8
1.1.3. Interrogantes específicas 8
1.2. Justificación e importancia 8
1.2.1. Justificación económica 8
1.2.2. Justificación práctica 9
1.2.3. Justificación teórica 10
1.2.4. Justificación metodológica 11
1.2.5. Justificación social 12
1.2.6. Justificación científica 12
1.3. Objetivos 12
1.4. Hipótesis 13
1.4.1. Variables 14
1.4.1.1. Variable independiente 14
1.4.1.2. Variable dependiente 14
1.5. Variables 15
II. MARCO TEÓRICO 16
2.1. Antecedentes 16
2.1.1. Antecedentes Internacionales 16
2.1.2. Antecedentes Nacionales 18
2.1.3. Antecedentes Locales 29
2.2. Bases teóricas 31
2.2.1. Diseño de rampa de profundización en minería subterránea 31
2.2.1.1. Rampa de profundización 31
2.2.1.2. Tipos de rampas 32
2.2.1.3. Sección de rampa 35
2.2.1.4. Factores que determinan la sección de rampa 36
2.2.1.5. Gradiente de rampa 36
2.2.1.6. Radio de curvatura 37
2.2.1.7. Longitud de la rampa 39
2.2.1.8. Peralte 39

2.2.2. Planeamiento para la implementación de una rampa de profundización 40
2.2.2.1. Desarrollo del planeamiento de minado 40
2.2.2.2. Planeamiento de la producción 41
2.2.2.3. Acceso al mineral en minería subterránea 42
2.2.2.4. Selección del método de explotación 43
2.2.2.5. Método de corte y relleno 44
2.2.2.6. Planeamiento del tipo y diseño de labores 46
2.2.2.7. Excavación de una rampa de profundización 48
2.2.2.8. Geomecánica de rocas 50
2.2.2.9. Geomecánica del yacimiento 51
2.2.3. Costos a considerar en el planeamiento y diseño de una rampa de profundización 55
2.2.3.1. Costos de extracción de mineral 55
2.2.3.2. Costo de Diseño y Construcción de la Rampa 56
2.2.3.3. Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR) 56
2.2.3.4. Costos de operación 57
2.3. Definición de Términos 58
2.3.1. Costo del proyecto 58
2.3.2. Costos de extracción 58
2.3.3. Criterio de Falla de Hoek-Brown 58
2.3.4. Cuerpo Mineralizado 58
2.3.5. Diseño 58
2.3.6. Geometría de rampa 59
2.3.7. Gradiente de rampa 59
2.3.8. Índice Geológico de Resistencia (GSI) 59
2.3.9. Parámetros de diseño 59
2.3.10. Optimización de rutas 59
2.3.11. Pendiente de rampa 59
2.3.12. Radio de curvatura 60
2.3.13. Rampa 60
2.3.14. Reservas de mineral 60
2.3.15. Tasa Interna de Retorno (TIR) 60
2.3.16. Valor Actual Neto (VAN) 60

III. METODOLOGÍA 61
3.1. Tipo y nivel de Investigación 61
3.2. Ámbito temporal y espacial 62
3.2.1. Área de estudio 62
3.2.2. Geología de la unidad minera Mis Grandes Tesoros 64
3.2.2.1. Características del yacimiento 65
3.2.2.2. Mineralización del Proyecto 66
3.2.2.3. Vetas del yacimiento 67
3.2.2.4. Estado del yacimiento 71
3.3. Población y muestra 71
3.3.1. Población 71
3.3.2. Muestra 71
3.4. Instrumentos 72
3.4.1. Software Deswik 72
3.4.2. Ficha técnica de costos 76
3.5. Procedimientos 77
3.5.1. Muestreo de vetas 77
3.5.2. Observación directa 78
3.5.2.1. Documentos de gestión de operaciones 78
3.5.2.2. Reportes de geología y mapeos geológicos 78
3.6. Análisis de datos 79
3.6.1. Programas especializados en la planificación minera. 79
3.6.2. Simulación y modelado 79
3.6.3. Análisis de costos 80
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 81
4.1. Resultados 81
4.1.1. Resultados de parámetros de diseño 81
4.1.1.1. Tipo de Rampa 82
4.1.1.2. Sección de Rampa 83
4.1.1.3. Gradiente de RP (-) Nv 660 84
4.1.1.4. Radio mínimo de curvatura 84
4.1.1.5. Longitud de RP (-) Nv 660 85
4.1.1.6. Peralte 86
4.1.2. Resultados del diseño de perforación y voladura 86

4.1.2.1. Diseño de malla de perforación 87
4.1.2.2. Distribución de carga 88
4.1.2.3. Cálculo del factor de carga 89
4.1.2.4. Cálculo del factor de potencia 89
4.1.2.5. Resumen y ajustes de la perforación y voladura 89
4.1.3. Resultados de equipos 91
4.1.3.1. Eficiencia del Dumper de 2.5 TM 92
4.1.3.2. Ventilación 93
4.1.4. Resultados de costos de la rampa de profundización 95
4.1.4.1. Costos de voladura 95
4.1.4.2. Precios Unitarios 95
4.1.4.3. Costos de ventilación 98
4.1.4.4. Costos de construcción del proyecto 98
4.1.4.5. Costo total del proyecto 99
4.1.5. Resultados de Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno ... 100
4.1.5.1. Costos de producción 100
4.1.5.2. Costos de desarrollo 100
4.1.5.3. Valorización del mineral presente 102
4.1.5.4. Flujo de caja 103
4.1.5.5. VAN y TIR 104
4.1.5.6. Costo Beneficio 105
4.1.6. Comparación de costos 105
4.1.6.1. Costos actuales con labores existentes 105
4.1.6.2. Costos con Rampa de Profundización 107
4.2. Discusión de resultados 109
V. CONCLUSIONES 111
VI. RECOMENDACIONES 112
VII. REFERENCIAS 114
VIII. ANEXOS 118
Anexo 01: Matriz de Consistencia 118
Anexo 02: Eficiencia de Scoop de 0.8 YD^3 119
Anexo 03: Eficiencia de acarreo de Dumper 2.5 TN 120
Anexo 04: Precios Unitarios de Costos Planta por $/TM 121
Anexo 05: IPERC de Línea Base 121

Índice de Tablas

Pág.

Tabla 1 Variables de la investigación, definición e indicadores 15

Tabla 2 Estimación de recursos minerales 68

Tabla 3 Valor de la VTS mineralizada..... 77

Tabla 4 Parámetros del diseño de RP de Profundización..... 82

Tabla 5 Parámetros de perforación y voladura 86

Tabla 6 Parámetros del diseño de malla de perforación..... 87

Tabla 7 Parámetros de distribución de carga 88

Tabla 8 Distribución de carga 90

Tabla 9 Parámetros técnicos finales de perforación y voladura..... 90

Tabla 10 Características del Dumper 2.5 TM..... 91

Tabla 11 LH201 Scooptram 0.8 yd^3 91

Tabla 12 Acarreo con Dumper 2.5 TM..... 93

Tabla 13 Requerimiento de caudal de aire 93

Tabla 14 Características del ventilador axial de 30000 CFM con base portátil de ruedas. 94

Tabla 15 Costo de explosivos..... 95

Tabla 16 Tabla de P.U. de una Rampa (-) 2.4m x 2.4m 96

Tabla 17 Costos de Herramientas incluidos en el P.U. de la RP (-)..... 97

Tabla 18 Costos de Materiales incluidos en el P.U. de la RP (-)..... 98

Tabla 19 Cálculo del costo total de la rampa de profundización..... 99

Tabla 20 Costo total de producción 100

Tabla 21 Costos unitarios por metro lineal y resumen de Costos..... 101

Tabla 22 Resumen de los costos por método de explotación..... 101

Tabla 23 Costo total de proyecto 102

Tabla 24 Valorización del mineral de VTS 102

Tabla 25 Tabla del precio del Cobre durante el año 2024 103

Tabla 26 Flujo de caja de ingreso y egreso 104

Tabla 27 Resultado del VAN y TIR 104

Tabla 28 Resumen de costos US$/TM 107

Tabla 29 Costo total de producción con rampa profundización 108

Tabla 30 Cuadro comparativo de costos mediante el método de explotación antiguo con izaje y el nuevo con rampa de profundización..... 108

Índice de Figuras

Pág.

Figura 1 Esquema de rampa en Zig-Zag 33
Figura 2 Esquema de rampa espiral 33
Figura 3 Esquema de rampa en “8” 34
Figura 4 Tipos de curvatura en el diseño de rampas 38
Figura 5 Esquema de una mina utilizando corte y relleno 45
Figura 6 Ciclo de excavación en minería subterránea 48
Figura 7 Plano geoestructural del proyecto Mis Grandes Tesoros 51
Figura 8 Muestras de la mineralización del proyecto 52
Figura 9 Índice geológico de resistencia de Hoek y Brown 53
Figura 10 Tabla geomecánica modificada por tipo de sostenimiento 54
Figura 11 Ubicación de la unidad minera Mis Grandes Tesoros 63
Figura 12 Catastro del derecho minero Mis Grandes Tesoros 63
Figura 13 Labores antiguas del derecho minero Mis Grandes Tesoros 64
Figura 14 Geología del yacimiento Mis Grandes Tesoros 65
Figura 15 Secciones longitudinales de formaciones minerales 66
Figura 16 Afloramiento de la Estructura en Superficie 67
Figura 17 Sección longitudinal de vetas Tesoro Sur y Tesoro Norte 69
Figura 18 Sección longitudinal de la veta Camotal 70
Figura 19 Distancia acumulada de la longitud de la RP (-) 72
Figura 20 Previsualización lateral del RP (-) 73
Figura 21 Ficha de costos para la recolección de datos 77
Figura 22 Previsualización de la rampa en planta 82
Figura 23 Sección de la RP (-) de Profundización Nv 660 83
Figura 24 Radio de curvatura para ScoopTrams de 0.8 yd3 84

Figura 25 Scoop de 1.5 yd3 en Superficie 85
Figura 26 Perforación con JackLeg 87
Figura 27 Diseño de malla para la RP (-) de profundización 88
Figura 28 LH201 Scooptram 0.8yd3 92
Figura 29 Mini Dumper de 2.5 TM 92
Figura 30 Ventilador de 30000CFM 94
Figura 31 Costo US$/m en la construcción del RP (-) Nv660 99
Figura 32 Cotización del Cobre 2024..... 103
Figura 33 Pique antiguo de 100 metros de profundidad. 106

Resumen

La presente investigación se realizó en la unidad minera Mis Grandes Tesoros ubicada entre los distritos de Jaquí y Yauca, en la provincia de Caravelí en la región Arequipa. El objetivo principal fue realizar una evaluación de costos de una rampa de profundización de extracción de cobre de la veta Tesoro Sur y así reducir los costos de extracción de las operaciones mineras. Los objetivos específicos son determinar el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) de la rampa para obtener la viabilidad económica y rentabilidad, así como determinar los costos de diseño y construcción para minimizar los costos de extracción. La metodología incluyó el uso de Deswik para la simulación y modelado de la rampa, mientras que para la recolección de los datos de costos se utilizará la ficha técnica de costos y la muestra seleccionada fue la veta Tesoro Sur con mineralización de cobre. Para la evaluación de costos se utilizó el análisis costo beneficio de acuerdo a los costos directos, indirectos, fijos y variables del proyecto de rampa. La evaluación de costos para la rampa de profundización demostró ser una alternativa económicamente viable para la extracción de cobre en la Veta Tesoro Sur, con una inversión total de US$ 527,881.23. El análisis financiero reveló un Valor Actual Neto (VAN) de US$ 188,338.23 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 31%, superando el costo de oportunidad del capital, lo que confirma la rentabilidad del proyecto. El costo unitario de avance fue optimizado a US$ 517.34 por metro lineal, una inversión que permitirá reducir el costo de extracción a 108.33 US$/TM, mucho menor que el del método anterior de 243.90 US$ /TM. Esta nueva infraestructura permitirá una operación más eficiente y sostenible, consolidando el uso de un sistema semimecanizado para mejorar la productividad durante los próximos 4 años.

Palabras clave: Rampa de profundización, minería subterránea, costos, modelación.

Abstract

The present research was conducted at the Mis Grandes Tesoros mine, located between the districts of Jaquí and Yauca, in the province of Caravelí, Arequipa region. The main objective was to carry out a cost evaluation of a deepening ramp for copper extraction from the Tesoro Sur vein to reduce mining operation costs. The specific objectives were to determine the Net Present Value (NPV) and the Internal Rate of Return (IRR) for the ramp to assess its economic feasibility and profitability, as well as to identify the design and construction costs to minimize extraction expenses. The methodology included the use of Deswik for ramp simulation and modeling. For cost data collection, the cost technical sheet was used, with the selected sample being the Tesoro Sur vein, characterized by copper mineralization. The cost evaluation applied a cost-benefit analysis based on the direct, indirect, fixed, and variable costs of the ramp project. The cost assessment for the deepening ramp proved to be an economically viable alternative for copper extraction in the Tesoro Sur vein, requiring a total investment of US$ 527,881.23. The financial analysis revealed a Net Present Value (NPV) of US$ 188,338.23 and an Internal Rate of Return (IRR) of 31%, surpassing the capital opportunity cost and confirming the project's profitability. The unit cost of progress was optimized to US$ 517.34 per linear meter, resulting in a reduced extraction cost of US$ 108.66 per ton, significantly lower than the previous method's cost of US$ 243.9 per ton. This new infrastructure will enable more efficient and sustainable operations, consolidating the use of a semi-mechanized system to improve productivity over the next four years.

Keywords: Deepening ramp, underground mining, costs, modeling.

Introducción

La minería en Perú ha sido históricamente un pilar de su economía, caracterizándose por una evolución constante hacia operaciones más grandes y sofisticadas, con inversiones significativas en tecnología y desarrollo. No obstante, este crecimiento conlleva desafíos importantes, especialmente en el contexto de la sostenibilidad operativa y económica. Uno de estos desafíos es el aumento de los costos de acarreo y la obsolescencia de las antiguas labores mineras, que se convierten en obstáculos para la expansión. Estas condiciones hacen imprescindible evaluar proyectos innovadores, como la construcción de rampas de profundización, que no solo aseguren el acceso a nuevas reservas de mineral, sino que también sean económicamente viables, garantizando un retorno positivo sobre la inversión en un entorno cada vez más competitivo.

La empresa ShareWork S.A.C. enfrenta retos en la unidad minera "Mis Grandes Tesoros", ubicada en la provincia de Caravelí, Arequipa. La metodología convencional utilizada hasta ahora, junto con la escasez de reservas de mineral y los altos costos operativos, amenaza la sostenibilidad del proyecto. Por ello, esta investigación se centra en evaluar los costos asociados a una rampa de profundización que permita acceder al cobre de la veta Tesoro Sur mediante operaciones mecanizadas. Este enfoque busca optimizar la extracción, reducir costos y superar las limitaciones operativas actuales, estableciendo un camino hacia una minería más eficiente y rentable.

El principal problema identificado en la unidad minera Mis Grandes Tesoros radica en la necesidad de optimizar las operaciones para acceder al mineral de cobre de la veta Tesoro Sur de manera rentable y sostenible. Las antiguas labores mineras, diseñadas para operaciones convencionales, presentan altos costos de extracción, problemas de seguridad y limitaciones técnicas que dificultan la continuidad operativa. En este sentido, la construcción de una rampa de profundización surge como una solución viable para superar estos desafíos, permitiendo la mecanización del ciclo minero, una mayor eficiencia en la extracción y la reducción de costos operativos. Sin embargo, para que esta alternativa sea factible, se debe realizar una evaluación de costos que

considere factores como el diseño óptimo de la rampa, la incertidumbre geológica, los precios del mercado, el costo de capital y los riesgos inherentes al proyecto.

En línea con estos retos, los objetivos de esta investigación están orientados a garantizar la viabilidad técnica y económica del proyecto. El objetivo general busca evaluar los costos asociados a la construcción de una rampa de profundización para la extracción de cobre de la veta Tesoro Sur, mientras que los objetivos específicos se enfocan en calcular indicadores clave como el VAN y la TIR, así como en determinar los costos de diseño y construcción que minimicen el costo por tonelada extraída. De esta forma, el estudio no solo pretende resolver el problema operativo inmediato, sino también establecer una base sólida para la planificación estratégica a largo plazo de la unidad minera, incrementando la rentabilidad y reduciendo los riesgos económicos y operativos asociados.

Desde una perspectiva económica, esta investigación permite optimizar la extracción de mineral de cobre al minimizar costos y maximizar indicadores como el VAN y la TIR. Además, este trabajo contribuye a llenar vacíos de conocimiento al estudiar de manera detallada las variables clave que afectan el diseño de rampas en minas subterráneas, como la geometría, la pendiente y el radio de curvatura, contribuyendo al desarrollo de nuevas metodologías en la planificación minera. Los resultados de la investigación no solo benefician a Mis Grandes Tesoros, sino que también podrán aplicarse a otras operaciones mineras con condiciones similares, mejorando la competitividad de la industria minera local y nacional. Desde un enfoque social, el desarrollo de un modelo eficiente de extracción contribuye al desarrollo económico de la región de Arequipa, generando empleo y promoviendo prácticas más sostenibles.

La evaluación de costos permite predecir su viabilidad económica en términos de rentabilidad. La hipótesis general plantea que esta evaluación determinó no solo el retorno de inversión mediante indicadores financieros como el VAN positivo y la TIR superior al costo del capital, sino también el impacto en la reducción de costos operativos por tonelada extraída. Se busca proporcionar datos que respalden decisiones estratégicas que maximicen la utilidad del proyecto, asegurando una

operación sostenible y económicamente competitiva en la industria minera de la región.

La variable dependiente corresponde a la evaluación de costos, y la variable independiente es la rampa de profundización para la extracción de cobre. La evaluación de costos es el proceso sistemático de identificar, analizar y calcular los recursos económicos necesarios para la construcción y operación de la rampa. Esta incluye tanto costos directos como indirectos asociados con el diseño, ejecución, mantenimiento e impacto en la eficiencia de las actividades mineras. Las dimensiones de esta variable son la rentabilidad y el costo del proyecto, cuyos indicadores incluyen el Valor VAB, la TIR, la relación tonelada extraída por dólar ($/TM), costos directos e indirectos. Para su medición, se emplearon herramientas como análisis costo/beneficio y software especializado como Deswik. Por otro lado, la rampa de profundización para la extracción de cobre se define como la planificación geométrica, estructural y operativa de una vía inclinada que permita el acceso seguro y eficiente a niveles más profundos de un yacimiento. Sus dimensiones abarcan los parámetros de diseño y la construcción del proyecto, cuyos indicadores incluyen aspectos como geometría, pendiente, radio de curvatura, sección y dimensiones de la rampa, además de materiales, equipos y maquinaria utilizados.

La investigación propuesta es de tipo aplicado, ya que busca resolver un problema práctico y específico en el ámbito de la minería, centrado en la evaluación de costos asociados a una rampa de profundización para la extracción de cobre. El enfoque es cuantitativo, dado que se basa en el análisis de datos numéricos y simulaciones para medir variables claramente definidas, como los costos de extracción ($/TM), el VAN, la TIR, y parámetros técnicos de diseño de la rampa (dimensiones, geometría, pendiente y radio de curvatura). El diseño de la investigación es experimental, ya que implica la manipulación de la variable independiente (rampa de profundización) mediante simulaciones y modelados para evaluar su impacto en la variable dependiente (evaluación de costos), observando cómo los cambios en los parámetros de diseño afectan la reducción de costos y la rentabilidad del proyecto. Además, el

estudio tiene un enfoque correlacional al buscar relaciones entre los parámetros de diseño y los indicadores económicos, sin establecer una causalidad directa.

La estructura de la tesis comprende el Capítulo I Planteamiento del problema en el que se introduce el tema mediante la descripción y formulación del problema de investigación, acompañado de objetivos generales y específicos, la justificación del estudio, así como las hipótesis. Además, se definen las variables clave, incluyendo dimensiones e indicadores para garantizar un enfoque cuantificable y coherente. El Capítulo II Marco Teórico proporciona el contexto conceptual y práctico para la investigación, fundamentado en antecedentes relevantes, bases teóricas y las definiciones más importantes. En el Capítulo III Metodología, se detalla el tipo de investigación experimental y el diseño correlacional transversal aplicado, se describe el ámbito espacial y temporal, la población y muestra seleccionadas, así como los instrumentos y técnicas de recolección y análisis de datos, como el uso de software especializado y mapeos geológicos. Finalmente, los Capítulos IV a VIII abarcan la presentación de resultados y discusión, conclusiones, recomendaciones, referencias y anexos.

I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La minería peruana ha experimentado una notable evolución a lo largo de los años, con operaciones cada vez más grandes y mayores inversiones. Sin embargo, a medida que las operaciones mineras se expanden, los costos de acarreo se incrementan en tanto que las antiguas labores mineras comienzan a acabarse y a convertirse en obstáculos. Esto genera la necesidad de evaluar nuevos proyectos para acceder a las reservas de mineral como una rampa de profundización, no obstante, esta debe ser viable económicamente y con un retorno positivo sobre la inversión.

La empresa ShareWork S.A.C. desea realizar operaciones mineras mecanizadas en la unidad minera "Mis Grandes Tesoros" ubicada en el departamento de Arequipa, provincia de Caravelí, en el límite de los distritos de Jaquí y Yaura. Las operaciones mineras pertenecen al régimen minero artesanal y presentan varios retos operativos debido a que sus actividades se han venido realizando de manera convencional. Entre los problemas identificados se encuentran la escasez de reservas de mineral y costos operativos elevados que pueden poner en riesgo la continuidad operativa de la mina. Es así que la presente investigación buscar evaluar los costos de una rampa de profundización que permitan acceder al mineral de cobre de la veta Tesoro Sur con operaciones mecanizadas y ya no convencionales, como se ha venido realizando anteriormente.

En la unidad minera Mis Grandes Tesos existen labores antiguas de operaciones convencionales con costos elevados de extracción, no obstante, se requiere profundizar la operación para extraer el mineral de la veta Tesoro Sur de manera rentable. Para esto es necesario diseñar una rampa de profundización para operaciones mecanizadas que sea económicamente viable en el mediano plazo. Si bien la veta principal que se busca aprovechar es Tesoro Sur, existen otras vetas identificadas como Veta Tesoro Norte, Veta Camotal y Veta JM. Estas vetas angostas tienen una extensión de aproximadamente 300 metros de longitud y se caracterizan por su formación tipo rosario, con bolsones de alta ley de mineral cada 10 metros. La

profundidad estimada de las vetas es de aproximadamente 100 metros y las labores antiguas, que incluyen galerías, subniveles y un pique principal de 40 metros, también contribuyen a la identificación de la formación del yacimiento y su contenido mineral. Sin embargo, estas labores antiguas presentan retos en términos de seguridad, ventilación y dificultades técnicas en el ciclo de minado por lo que una rampa de profundización se presenta con una alternativa más segura y económica en el largo plazo.

Para abordar estos problemas, se requiere evaluar el costo de una rampa de profundización con una gradiente de 12% que optimice la eficiencia de los equipos y permita la extracción sistemática del mineral valioso de acuerdo con el plan de minado. Muchos modelos de rampa de profundización no consideran aspectos de incertidumbre como el suministro del tipo de mineral proveniente de la mina o la incertidumbre geológica relacionada con la cuantificación de reservas disponibles para el proyecto. Tampoco toman en cuenta la fluctuación de precios en los mercados, lo que puede generar flujos de caja que no reflejan la realidad del proyecto. Por lo tanto, es necesario desarrollar un enfoque moderno que abarque escenarios de variabilidad ajustados a la realidad actual respondiendo al primer objetivo específico: Determinar los parámetros diseño de una rampa de profundización que minimicen los costos y maximicen el Valor Actual Neto, a fin de incrementar la viabilidad y rentabilidad de Mis Grandes Tesoros.

Aunque la aplicación de técnicas de evaluación de costos ha tenido éxito en la planificación de minas a cielo abierto, la planificación óptima de minas subterráneas ha sido menos desarrollada debido a los desafíos que presenta el diseño subterráneo. El problema del diseño óptimo de accesos implica desarrollar el diseño de redes de túneles que minimicen tanto el costo de construcción como los costos operativos a lo largo de la vida útil de la mina, especialmente el costo de acarreo del mineral.

Los inversionistas enfrentan una gran incertidumbre debido a la volatilidad de los precios y los costos asociados al ciclo minero, lo que hace que estas inversiones conlleven un alto riesgo futuro. Los costos operativos elevados, como los gastos en equipos, mano de obra y materiales, pueden resultar insostenibles para operaciones

pequeñas. Además, el acceso limitado a financiamiento dificulta la obtención de préstamos o inversiones necesarias para mejorar las operaciones. Esto sumado a una inestabilidad política y económica global actual exige que los proyectos cuenten con estudios de factibilidad actualizados, confiables y de carácter conservador. En este sentido se plantea el segundo objetivo de investigación: Realizar estudios básicos para el diseño de una rampa de profundización que minimicen los costos futuros de explotación de los depósitos de minerales de la veta Tesoro Sur para incrementar los recursos y reservas del proyecto minero Mis Grandes Tesoros.

Para la evaluación de costos del diseño y construcción de la rampa de profundización para la extracción de cobre de la veta tesoro sur, se consideró la topografía, geología del área, las características físicas de la roca que influyen en el diseño de una rampa de profundización. La geología regional indicada por INGEMMET, muestra que el macizo rocoso es andesita; con métodos analíticos, observación directa, métodos empíricos e interpretaciones geológicas se determina que predomina roca volcánica y subvolcánica, principalmente constituido por rocas dioríticas y rocas cuarzo monzoníticas.

Se espera que esta investigación ofrezca como resultado una evaluación de costos de rampa de profundización que permita minimizar los costos de extracción y aumentar la rentabilidad del proyecto. La correcta determinación de parámetros como la geometría, la pendiente y el radio de curvatura de la rampa contribuye a la minimización de los costos por tonelada extraída, lo cual se refleja en una disminución general de los costos de explotación. Además, un diseño bien ajustado maximiza el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) de la rampa de profundización, asegurando un retorno positivo sobre la inversión y mejorando la viabilidad económica de Mis Grandes Tesoros. En resumen, se realizó una evaluación de costos de una rampa para una explotación más eficiente y rentable de la Veta Tesoro Sur.

1.1.1. Descripción y formulación del problema de investigación

1.1.2. Interrogante general

¿Cómo realizar una evaluación de costos de una rampa de profundización para determinar la rentabilidad y los costos de explotación de la Veta Tesoro Sur en la unidad minera Mis Grandes Tesoros en Arequipa en el año 2024?

1.1.3. Interrogantes específicas

¿Cuál es el Valuar Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) del diseño de rampa de profundización para la explotación de la Veta Tesoro Sur de la unidad minera Mis Grandes Tesoros en el año 2024?

¿Cómo minimizar el costo por tonelada extraída a través de una eficiente rampa de profundización para la explotación de la Veta Tesoro Sur de la unidad minera Mis Grandes Tesoros en el año 2024?

1.2. Justificación e importancia

1.2.1. Justificación económica

La justificación económica de esta investigación se basa en la importancia de tomar adecuadas decisiones en una planificación detallada que minimice los costos de extracción de mineral de cobre. Actualmente, las decisiones más trascendentes en la minería, como la viabilidad económica y el VAN y el TIR, se apoyan en estimaciones de costos que son limitadas y frecuentemente subóptimas. Este enfoque puede generar ineficiencias significativas y a una rentabilidad subestimada del proyecto.

En tal sentido, la investigación propuesta permite un conocimiento más profundo del comportamiento de variables económicas importantes, tales como los costos de extracción, el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), y cómo estas se relacionan con un diseño de rampa de profundización eficiente, incluyendo la geometría, la pendiente y el radio de curvatura. Al comprender mejor estas relaciones, se pueden realizar experimentos más precisos con dichas variables, evaluando su impacto directo en la rentabilidad del proyecto.

Un diseño eficiente de la rampa, que considere cuidadosamente la geometría, la pendiente y el radio de curvatura, influye directamente en la rentabilidad del costo de su construcción y en la reducción de costos por tonelada extraída. La investigación podrá demostrar cómo un diseño eficiente no solo minimiza los costos operativos, sino que también incrementa la TIR y esta, a su vez, la rentabilidad del proyecto.

Una evaluación de costos para un diseño de rampa rentable puede llevar a un aumento en los recursos y reservas del proyecto, especialmente porque se busca acceder a las vetas identificadas. Esta ampliación de recursos mejora la perspectiva económica a largo plazo, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones estratégicas que maximicen el retorno de la inversión.

1.2.2. Justificación práctica

La justificación práctica radica en la necesidad de resolver un problema concreto y mejorar la eficiencia económica de la explotación minera. Con la evaluación de costos de rampa de profundización, se busca reducir los costos de extracción y aumentar el Valor Actual Neto (VAN) del proyecto, logrando un impacto significativo en la eficiencia y viabilidad económica de la mina.

Se aborda un problema crítico en la minería subterránea: minimizar los costos de extracción de mineral mediante una evaluación de costos de una rampa de profundización. Esto tendrá una repercusión directa en la rentabilidad y sostenibilidad de la unidad minera "Mis Grandes Tesoros" en Arequipa. El objetivo de evaluar el costo de un diseño de rampa no solo mejora la rentabilidad de la extracción de cobre, y también reduce los costos de extracción.

Los factores estudiados en esta evaluación de costos incluyen la geometría de la rampa, la pendiente y el radio de curvatura, que influyen directamente en la reducción de los costos operativos y la eficacia de la extracción. Las rampas, junto con otros elementos como chutes y galerías, son factores importantes para el acceso y la preparación de las unidades de explotación en minas subterráneas. Por tanto, un diseño óptimo no solo mejora la extracción de mineral, sino que también facilita una

mejor planificación y diseño del plan de minado, permitiendo tomar decisiones más informadas y eficientes.

Además, la evaluación de costos define los límites y determina la política de corte de la planificación minera. Dado el tiempo considerable que transcurre entre la identificación de un recurso mineral y su conversión en una reserva para la extracción, esta investigación contribuye significativamente a acortar este proceso, haciendo que la explotación sea más ágil y rentable.

1.2.3. Justificación teórica

La justificación teórica se basa, en primer lugar, en que la información obtenida puede servir para discutir, desarrollar o apoyar teorías relacionadas con la eficiencia en la extracción de minerales y la planificación de infraestructuras mineras. Los hallazgos de esta investigación tienen el potencial de contribuir significativamente al cuerpo de conocimientos existentes establecidos en el apartado de Antecedentes, y apoya futuras investigaciones con similares condiciones de geología y operación.

Además, esta investigación genera ideas, recomendaciones o hipótesis para futuros estudios sobre evaluación de costos de rampas de profundización y la planificación minera. Existe el potencial de contribuir con investigaciones adicionales en áreas como la automatización y el uso de tecnologías avanzadas en minería. Se constituye como una contribución valiosa, ya que estas áreas delimitan el avance de la industria minera en el contexto actual.

Además, se realizaron importantes aportes respecto al uso de software especializado como Deswik para el modelado y simulación del diseño de la rampa. La aplicación de estas herramientas de manera efectiva, incrementa la precisión y eficiencia en el desarrollo las operaciones mineras, proporcionando una base sólida y tecnológica para la toma de decisiones. La capacidad de modelar y simular diferentes escenarios permite establecer un diseño de rampa eficiente, reduciendo riesgos y mejorando la eficiencia de la extracción de mineral.

La investigación se apoya en la observación directa, el muestreo de vetas y el análisis de documentos de gestión y reportes de geología. Estos métodos sirven para realizar

el diseño de la rampa y permiten evaluar su impacto en el acceso a las reservas. La combinación de observación directa y análisis documental garantiza que el diseño propuesto esté basado en datos empíricos y en una comprensión clara de las condiciones geológicas y operativas de la mina.

1.2.4. Justificación metodológica

El enfoque de esta investigación es cuantitativo, con un diseño correlacional transversal. Este enfoque permite analizar las relaciones entre las variables implicadas en el diseño de la rampa y la minimización de costos de la extracción del mineral. Para la obtención de resultados precisos, se aplican técnicas de observación directa, simulación y modelado, así como análisis de costos. La observación directa proporciona datos empíricos sobre las condiciones reales de la mina, mientras que la simulación y el modelado permiten prever y reducir los costos de la rampa de profundización antes de su implementación. El análisis de costos, por su parte, asegura que el diseño propuesto sea económicamente viable.

Los resultados de esta investigación podrán ser aplicados en el diseño de infraestructuras mineras. Esto implica que las mejores prácticas y metodologías desarrolladas durante el estudio pueden servir como referencia para otras operaciones mineras que enfrenten desafíos similares en la rentabilidad de sus operaciones. Así, la investigación no solo beneficia a “Mis Grandes Tesoros” em Arequipa, sino que también aporta conocimiento al campo de la ingeniería minera en general.

La definición de conceptos y variables relacionados con el diseño de rampas de profundización y los costos de la extracción de minerales ayuda al marco metodológico del área de conocimiento de ingeniería de las operaciones mineras. Y no solo será aplicable a la unidad minera “Mis grandes tesoros”, sino que también puede ser utilizado en futuras investigaciones y proyectos de ingeniería minera. De esta manera, se proporciona una base teórica y práctica que facilita la replicación y adaptación de los métodos desarrollados.

1.2.5. Justificación social

Desde una perspectiva social, la implementación de un diseño eficiente de rampa de profundización en la mina subterránea puede servir como modelo para otras operaciones mineras en la región de Arequipa. Esta investigación promueve la innovación y la mejora continua en la industria minera local, lo cual influye en el desarrollo económico y social de la región. La adopción de prácticas eficientes y tecnológicamente avanzadas puede mejorar la competitividad de la industria minera en Arequipa, generando beneficios tanto para las empresas mineras como para las comunidades locales.

1.2.6. Justificación científica

El propósito de esta investigación es ofrecer una exploración detallada y valiosa de la evaluación de costos de diseños de rampa en minería subterránea. Se espera descubrir cómo la evaluación de costos de una rampa de profundización influye en los costos operativos y la rentabilidad de las operaciones mineras. Mediante el análisis y experimentación, se busca determinar los aspectos fundamentales del diseño de rampas que contribuyan a mejorar la viabilidad y rentabilidad de las operaciones mineras.

Los resultados de este estudio ayudarán a transformar la viabilidad y rentabilidad de las operaciones mineras, proporcionando un conocimiento importante que debido a su complejidad no se encuentra disponible para la Veta Tesoro Sur y sus características específicas. Este avance no solo beneficiará el caso de Mis Grandes Tesoros, sino que también podrá servir como un modelo para otras minas subterráneas, ofreciendo una metodología adaptable a diferentes condiciones geológicas.

1.3. Objetivos

La presente investigación sobre evaluación de costos de una rampa de profundización tiene los siguientes objetivos:

Objetivo general

Desarrollar una evaluación de costos de una rampa de profundización para la extracción de cobre de la veta Tesoro Sur de la unidad minera Mis Grandes Tesoros en Arequipa en el año 2024.

Objetivos específicos

Calcular el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) de una rampa de profundización para la extracción del mineral de cobre de la veta Tesoro Sur de la unidad minera Mis Grandes Tesoros.

Detallar los costos de diseño y construcción de una rampa de profundización para minimizar los costos por tonelada extraída de la Veta Tesoro Sur de la unidad minera Mis Grandes Tesoros.

1.4. Hipótesis

Hipótesis general

La evaluación de costos determinará la rentabilidad, retorno de inversión y los costos del proyecto de rampa de profundización para extracción de mineral de cobre de la Veta Tesoro Sur de la unidad minera Mis Grandes Tesoros en Arequipa en el año 2024.

Hipótesis específicas

La rampa de profundización para extracción del mineral de cobre de la Veta Tesoro Sur será rentable con un VAN positivo y una TIR mayor que el costo del capital.

La evaluación de costos de la rampa de profundización minimizará los costos por tonelada extraída de la Veta Tesoro Sur de la unidad minera Mis Grandes Tesoros.

1.4.1. Variables

1.4.1.1. Variable independiente

Rampa de profundización para extracción de cobre

Dimensiones

1) Parámetros de diseño.
2) Construcción del proyecto

Indicadores:

- Geometría de la rampa.
- Pendiente de rampa.
- Radio de curvatura.
- Sección de la rampa.
- Dimensiones de la rampa.
- Equipos, materiales y herramientas.

1.4.1.2. Variable dependiente

Evaluación de costos

Dimensiones

1) Rentabilidad del proyecto
2) Costo del proyecto

Indicadores:

Valor Actual Neto (VAN)

Tasa Interna de Retorno (TIR).

Costos Tonelada extraída /Dólar, $/TM.

Costos directos

Costos Indirectos.

1.5. Variables

Tabla 1

Variables de la investigación, definición, dimensiones e indicadores

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Herramientas
Variable dependiente				
Evaluación de costos	Proceso sistemático de identificar, analizar, y calcular los recursos económicos necesarios para la construcción y operación de una rampa de profundización destinada a la extracción de cobre, considerando tanto los costos directos como indirectos asociados con el diseño, ejecución, mantenimiento, y su impacto en la eficiencia de las actividades mineras.	1) Rentabilidad del proyecto 2) Costo del proyecto.	- Valor Actual Neto (VAN) - Tasa Interna de Retorno (TIR). - Tonelada extraída /Dólar, $/TM. - Costos directos - Costos indirectos.	- Análisis costo/beneficio. - Modelado Deswik.
Variable Independiente				
Rampa de profundización para extracción de cobre	Se refiere al proceso de planificación geométrica, estructural y operativa de una vía inclinada que permite el acceso seguro y eficiente a niveles más profundos de un yacimiento mineral.	1) Parámetros de diseño. 2) Construcción del proyecto.	- Geometría de la rampa. - Pendiente de rampa. - Radio de curvatura. - Sección de la rampa. - Dimensiones de la rampa. - Materiales, equipos y maquinaria.	- Software Deswik. - Mapeos geológicos. - Mapa geoestructural. - Muestreos de Laboratorio.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

En la presente investigación se han considerado los siguientes antecedentes internacionales, nacionales y locales:

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Muhamedin (2017) investigó como determinar los costos y el tiempo necesario para la apertura de los horizontes profundos XI y XII en la mina Trepça mediante el uso de un pozo inclinado (rampa), y presentar resultados que puedan ser recomendados en la práctica para beneficiar a la mina. El estudio se realizó en la mina Trepca, ubicada en Stanterg, Kosovo y la metodología empleada consistió en analizar y comparar las opciones, incluyendo parámetros de costos, empezando por la fuerza laboral necesaria, los gastos y el tiempo requerido para la apertura de los principales proyectos, así como los problemas de drenaje de agua subterránea. El costo de apertura de la rampa se estimó en 2,415,820 €, y el periodo de apertura de la rampa fue de 2.5 años, con un retorno de inversión proyectado en 6.2 años. Este proyecto tubo menor costo de apertura, intervalo de activación mucho más corto para la producción, y facilidad en el mantenimiento de la maquinaria. Entre las desventajas se encontraron que las instalaciones mineras tienen dimensiones menores, la ventilación es desfavorable, se requiere una mayor fuerza laboral, los motores tienen una productividad limitada, y la seguridad en el trabajo es menor. Se determinó que la opción de abrir la rampa tenía un costo casi dos veces menor que la versión con el hundimiento del pozo. Por lo tanto, la duración de la apertura es más corta. Al comparar el retorno de la inversión, se concluyó que el inicio de la producción mediante la opción de apertura con rampa es más favorable en comparación con la variante de profundización del pozo.

En el estudio realizado por Torres (2018), se desarrolló un análisis de prefactibilidad para el diseño de una rampa de exploración y acceso en un proyecto de minería subterránea en la mina "El Dorado", ubicada en la

Comuna de Ovalle, Provincia de Limarí, IV Región de Coquimbo, Chile. El objetivo principal de la investigación fue diseñar una rampa con condiciones óptimas de operación, que permitiera tanto la exploración como el acceso a futuras labores de explotación subterránea. Para llevar a cabo el diseño de la rampa, se recurrió a una metodología que incluyó la consulta de textos técnicos y profesionales, así como la colaboración estrecha con docentes de la carrera y el profesor guía. Los resultados del estudio indicaron que, si se encontraran yacimientos rentables durante la fase de exploración, la rampa estaría preparada para iniciar de inmediato las labores de desarrollo y extracción. El diseño de la rampa no solo cumple con los requisitos para la exploración, sino que también serviría de acceso permanente a las labores subterráneas de explotación.

El diseño presenta una pendiente del 10%, considerada la más adecuada para el tránsito de camiones y equipos en terrenos irregulares, y un radio de curvatura de 80 metros, que evita la posibilidad de colapsos del macizo rocoso. En cuanto a la duración del proyecto, se estimó que, con un ritmo de trabajo de 5 días por semana, y realizando tres voladuras cada dos días con un avance de 4,015 metros por tronadura, el proyecto podría completarse en aproximadamente dos años, teniendo en cuenta posibles eventualidades. El estudio concluye que el diseño de la rampa es técnicamente factible y se ajusta a los requerimientos de la empresa en cuanto a dimensiones y maquinarias, lo que permite afirmar que el proyecto es viable y puede ser ejecutado bajo las condiciones planteadas.

Montané (2020) desarrolló un estudio cuyo objetivo fue crear una metodología de asistencia en el diseño de rampas para minería subterránea, utilizando un modelo de optimización para apoyar el diseño de rampas y cruzados, debido a la escasez de metodologías optimizantes que guíen este proceso. Este estudio se llevó a cabo en Chile y utilizó un modelo matemático que consiste en resolver un problema de minimización de costos, trazando una ruta que debe conectar o pasar cerca de los puntos de acceso a los niveles productivos de la mina. La metodología empleada incluyó una revisión bibliográfica, adaptación del modelo, validación,

aplicación a un caso de estudio y análisis. Se trabajó a partir de un modelo de optimización originalmente desarrollado para el diseño de rampas en minería a cielo abierto. Para adaptarlo a la minería subterránea, se fijaron los parámetros necesarios como input y se agregaron nuevas restricciones para que el modelo generara los diseños pertinentes. Los resultados demostraron que el proceso de diseño de accesos a una mina es un factor importante, ya que define los trayectos a realizar durante la vida útil de la mina, especialmente si la extracción del mineral se realiza por estas vías.

La validación del modelo, comparando sus cálculos con los realizados manualmente, mostró una diferencia razonable de poco más del 2%, esto confirmó que los cálculos del modelo son correctos y proporcionan una buena aproximación del diseño final. Además, el modelo respondió adecuadamente a cambios en los costos de desarrollo y acarreo, adaptando la longitud de la rampa y los cruzados en consecuencia. Los diseños en el caso de estudio demostraron que el modelo puede replicar en gran medida los diseños de ingeniería, ofreciendo soluciones factibles para la industria. Las pruebas de mejora de los diseños iniciales revelaron oportunidades de reducción de costos, con mejoras significativas en diversas zonas del estudio. La ejecución del modelo de optimización mostró tiempos prudentes entre 1 y 3 minutos, destacándose la importancia de establecer adecuadamente la forma guía de la rampa.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Lazo (2020) realizó un estudio cuyo objetivo fue determinar la influencia económica del diseño de la rampa basculante 2518 en la extracción de la veta Victoria Tensional, ubicada en el nivel 2300 de la unidad minera Parcoy, perteneciente a Consorcio Minero Horizonte S.A., situada en el distrito de Parcoy, provincia de Pataz, departamento de La Libertad. El enfoque metodológico utilizado fue el inductivo-deductivo, dirigido a la observación y análisis profundo de los parámetros operacionales involucrados en el diseño de rampas, tales como los aspectos geológicos, geomecánicos y las variables económicas. Para la recolección de datos se emplearon plantillas para recopilar información sobre el desarrollo de la

mina y su infraestructura Los resultados indican que el diseño conceptual de la rampa basculante para la explotación de la veta Victoria Tensional generó un valor actual neto (VAN) de $761,253.56 y una tasa interna de retorno (TIR) del 14%, superando la tasa de descuento y garantizando la rentabilidad económica del proyecto. El análisis de sensibilidad de la ley de corte concluyó que la extracción sería viable con leyes mínimas de 15 gramos por tonelada, con un NSR de $300.85/t, mientras que leyes de 14 gramos por tonelada no resultaron económicamente rentables.

El diseño de la rampa permitió la extracción económica de la veta, considerando un desarrollo de 3000 metros lineales en longitudes horizontales, inclinadas y verticales, con costos de acarreo de mineral y desmonte calculados en $0.97/t con scoop y en $1.37/t y $1.64/t con dumper, respectivamente. El costo total del desarrollo, preparación y explotación de la rampa basculante fue de $2,848,182, distribuidos en un periodo de 13 meses. El costo mensual promedio durante este periodo fue de $219,091, mientras que el costo de minado por tonelada se estimó en $17.37, con una producción programada de 2700 toneladas mensuales. La explotación del tajo comenzó a partir del sexto mes, con un costo mensual promedio de minado de $46,898.84. Finalmente, se proyectó que, durante los primeros cinco meses, la producción mensual sería de 2700 toneladas, incrementándose a 5400 toneladas durante los 14 meses siguientes, cuando se explotaron en paralelo los tajos 1 y 2, lo que generó ingresos significativos a partir del plan de producción *forecast*.

En su tesis titulada "Profundización de la Rampa Patrick para el Incremento de Reservas en la Unidad Minera Aurífera Retamas S.A. - 2022", Tamara (2023) desarrolla un estudio para diseñar y ejecutar la profundización de la Rampa Patrick en la unidad minera Aurífera Retamas S.A., con el fin de incrementar las reservas de mineral. El estudio se llevó a cabo en el anexo de Llacuabamba, distrito de Parcoy, provincia de Pataz, en el departamento de La Libertad. La investigación fue de tipo aplicada, con un nivel descriptivo-explicativo, y se enfoca en observar y analizar los parámetros operacionales principales para el diseño de la rampa, tales como los

aspectos geológicos, geomecánicos, el diseño estructural de la rampa y las variables económicas involucradas.

La construcción de la rampa generó una redistribución de esfuerzos en el macizo rocoso, y su comportamiento fue evaluado de acuerdo con los parámetros de diseño establecidos en la empresa MARSA. A través de la recopilación de mapeos geomecánicos y estructurales, se identificaron cuatro sistemas principales de discontinuidades, siendo el más predominante el que presenta una dirección de buzamiento promedio de 257° y un buzamiento de 57° hacia el suroeste. Los parámetros de diseño fueron dimensionados tomando en cuenta las condiciones más desfavorables del estado tensional y la calidad de la masa rocosa, demostrando así que las excavaciones realizadas son funcionales con factores de seguridad que superan los mínimos establecidos. Se implementó un sistema de minado sin rieles (trackless) para permitir mayor flexibilidad en la operación y cumplir con el plan de producción mensual, esto debido a que el proyecto de profundización no era autónomo en cuanto a equipos y materiales. Asimismo, se utilizaron equipos de minería convencional para trabajos de menor escala. Se logró optimizar la malla de perforación, considerando el número de taladros necesarios para una roca de baja calidad y ajustando el diseño de voladura en función del tipo de roca. Esto permitió alcanzar un avance promedio de 3.14 metros lineales por turno, superando en más del 10% lo proyectado en el plan mensual.

Santana (2020) llevó a cabo un estudio con el fin de establecer la ley de corte óptima de un cuerpo mineralizado hipotético, con el propósito de maximizar el valor presente neto (VPN) de una operación minera subterránea y determinar cómo este cambio afecta el planeamiento de la mina. El estudio se realizó en el proyecto "Justo Juez", el cual abarca cuatro cuerpos mineralizados denominados Odiseo, Paris, Aquiles y Héctor, con contenidos de oro (Au) y plata (Ag). Para alcanzar el objetivo, se emplearon varios instrumentos, incluyendo el análisis de sensibilidad de proyecto, análisis de sensibilidad del VPN y el software MineSight. La metodología utilizada involucró la aplicación de modelos para la elección de la ley de

corte (cut-off grade). Se realizó una comparativa de resultados entre el modelo tradicional (Modelo Break-Even) y el modelo moderno propuesto (Lane-Heurístico), evaluando su viabilidad económica a través de indicadores como el VPN y la tasa interna de retorno (TIR). El Modelo Tradicional (Modelo Break-Even) generó resultados subóptimos en comparación con el modelo moderno (Lane-Heurístico). Los valores del VPN y TIR obtenidos mediante el modelo moderno fueron consistentemente superiores en comparación con el modelo tradicional. El cálculo del VPN a través de las leyes de corte influyó significativamente en la toma de decisiones sobrevalorización de las reservas de. La maximización del VPN de un proyecto minero depende en gran medida de la optimización de la ley de corte y de la política aplicada para su cálculo.

Ramos (2020) llevó a cabo un estudio con el objetivo de optimizar la extracción de mineral mediante el uso de un winche de izaje, con el fin de incrementar la producción en la mina Challhuamayo, perteneciente a la Corporación Minera Santa Teresa E.I.R.L., ubicada en Ituata, departamento de Puno. Para la recolección de datos, se utilizaron reportes diarios de operación, informes semanales y mensuales. La metodología aplicada fue de tipo aplicativo con un enfoque cuantitativo y descriptivo-comparativo, empleándose análisis de varianza (ANOVA) y fórmulas específicas para el cálculo de los parámetros del equipo de izaje. El estudio reveló que, con la implementación del sistema de extracción de mineral mecanizada con winche de izaje en el inclinado 020, se alcanzó una producción de 22.68 toneladas métricas (TM) por guardia, 45.36 TM por día y 1,360.8 TM por mes. En contraste, el sistema de izaje manual previamente utilizado producía solamente 6.03 TM por guardia, 12.078 TM por día y 362.20 TM por mes. Hubo un notable incremento de producción de 16.65 TM por guardia, 33.8 TM por día y 998.6 TM por mes, confirmando la hipótesis planteada en el estudio. El estudio concluye que el uso del winche de izaje para la extracción de mineral incrementa significativamente la producción en la mina Challhuamayo.

Chaupi y Surco (2023) desarrollaron un diseño de rampa principal en la unidad minera SPONTE III ubicada en la provincia de Ilo, distrito del Algarrobal, región Moquegua. El objetivo del proyecto fue diseñar y construir una rampa en espiral entre los niveles 620 y 600 msnm para la exploración y explotación de nuevas vetas, con el fin de optimizar los costos y la productividad de la mina, que produce diariamente oro (Au) y cobre (Cu). El estudio fue cuantitativo experimental, y se enfocó en los cálculos detallados del gradiente, el cual mostró resultados del -10 % y un grado de inclinación de 6° en la Rampa 600 (-). Estos parámetros permitieron una efectividad notable en el descenso en espiral hasta el nivel 600 msnm, logrando una altura total de rampa de 12.5 metros y una pendiente óptima para el transporte de equipos de acarreo.

Se consideraron las dimensiones del Scoop LH203 de 2.6 yd^3, el equipo más grande mina y los cálculos de radio de curvatura propuestos para la rampa fueron de 6.4 m para RCE y 3.4 m para RCI, dimensionando la curva de giro a 20 metros de longitud. Esto permitió que la unidad de acarreo pudiera girar 180° sin inconvenientes, en una sección de 3 x 3 metros, ideal para el Scoop, y espacio suficiente para la instalación de mangas de ventilación y tuberías de agua y aire. Los parámetros en el diseño de la malla de perforación y voladura se basaron en el postulado de R. Holmberg, logrando una sección uniforme en el diseño de la rampa y un avance ideal en la expansión del diámetro del taladro de alivio. El análisis de costo-beneficio demostró la viabilidad del proyecto, con una inversión estimada en 94,007.04 dólares y un beneficio inferido de 192,084.00 dólares en solo dos etapas. La relación de costo-beneficio de 2.04 (>1) confirmó la rentabilidad del proyecto, permitiendo la exploración de nuevas reservas minerales.

Ganto (2024) investigó el diseño de modelos geomecánicos para mejorar el planeamiento del minado, favoreciendo la profundización y el incremento de la producción mediante labores subterráneas en la Mina Santander, propiedad de Trevali Corp, ubicada en el Departamento de Pasco, Región Pasco. Para la recolección de datos, se utilizaron 16 estaciones de

medición, distribuidas en distintas zonas de la mina: 10 en Magistral Norte, 4 en Magistral Centro y 2 en Magistral Sur. La investigación es de carácter analítico, con un nivel aplicado y un diseño práctico no experimental. A nivel local, se identificaron tres tipos de rocas similares en los cuerpos mineralizados: las calizas de la Formación Chulec al este, que constituyen la caja piso; la masa rocosa mineralizada Magistral; y las areniscas de la Formación Oyón, al oeste, que conforman la caja techo. Las características geomecánicas de estas rocas varían desde malas hasta buenas, lo cual permitió diseñar labores de preparación, desarrollo de profundización y explotación, empleando el método de taladros largos. Las zonas de menor calidad están vinculadas a fallas geológicas como la Falla Magistral y la Falla Santander. El estudio proporcionó la base inicial para la evaluación de los factores geológicos, geomecánicos y mineros que influyen en la estabilidad de las excavaciones.

Rengifo y Crisóstomo (2022) realizaron un estudio con el objetivo de diseñar y planificar un sistema de extracción para una mina artesanal en la provincia de Barranca, departamento de Lima. Este estudio se llevó a cabo en una mina subterránea que emplea el método de corte y relleno ascendente en su variante convencional con *jackleg*. Se realizó la estimación de costos, la valorización del producto de la mina y la evaluación económica del proyecto. La metodología incluyó la determinación de las características del sistema de extracción, considerando aspectos como cables, motores y cargas. Posteriormente, se planificó todo el ciclo de construcción para obtener un calendario de 151 días.

Con esta información, se estimaron los costos parciales y totales de la obra, resultando en un costo total aproximado de 136,270 USD utilizando ANFO como explosivo. Se obtuvo un VAN aproximado de 10,580 USD, un TIR de 3% y un periodo de retorno de 6.71 meses desde el inicio de la obra, y 0.71 meses desde que comenzó a utilizarse la labor. Debido a las condiciones de la operación, incluyendo las dimensiones de las secciones, la calidad de la roca y los métodos de limpieza de frentes, no fue posible cambiar el método de perforación por alguna de las opciones viables. El proyecto se

consideró viable bajo las condiciones del estudio con una baja inversión de 136,300 USD y significativo ahorro operativo mensual de 109,098 USD.

Condori (2019) llevó a cabo la investigación "Implementación de un Planeamiento de Minado a Cielo Abierto con Uso del Software Minesight para Alcanzar la Producción Óptima mediante la Evaluación de las Características Geotécnicas en la Unidad Minera María 2 - Moquegua". El objetivo principal fue implementar un planeamiento de minado que permitiera a la mina alcanzar su programación de planificación de producción óptima de 168.3 toneladas por día, maximizando el valor presente neto (VAN) en una explotación continua. Se realizó en la Unidad Minera María II, ubicada en el sector Pampa Guaneros y Pampa Congas en la región de Moquegua. Se utilizó software Minesight, evaluaciones geotécnicas y una serie de ensayos estándar como el análisis granulométrico, el ensayo de corte directo y pruebas de laboratorio en mecánica de suelos. La metodología empleada fue cuantitativa, aplicada, descriptiva y explicativa, con el objetivo de implementar un planeamiento de minado eficaz. Los resultados de este estudio demostraron que, con la implementación del planeamiento de minado a cielo abierto, se alcanzó una producción óptima diaria de 98.58 m³/día, lo cual representa el 99.58% de la producción diaria prevista. Esto permitió alcanzar una producción mensual en diciembre de 3069 m³/mes y una producción anual de 23000 m³, representando el 94% del plan anual de producción de la mina. La evaluación de las características geotécnicas fue significativa para determinar las zonas de mayor interés económico y mayor producción a menor costo, maximizando el VAN a 544,877 soles con una TIR de 20%. Asimismo, se resaltó la utilidad del software Minesight para procesar la información obtenida de las evaluaciones geotécnicas y su posterior implementación en el planeamiento de minado a cielo abierto, permitiendo alcanzar producciones óptimas diarias o ajustadas a los requerimientos del mercado.

Charca y Alarcón (2023) realizaron un estudio con el fin de realizar la evaluación económica para la construcción de la Rampa 3220, un proyecto

para profundizar y desarrollar labores mineras en los niveles 2770 al 2950 en la Unidad Minera Aurífera Retamas, ubicada en el distrito de Parcoy, provincia de Pata, departamento de La Libertad. El diseño de esta rampa inicia en el nivel 3220 (superficie) y se extiende por una longitud de 2110 metros hasta el nivel 2950, con una sección de 4.0 x 4.5 metros y una gradiente de -12%. En cuanto a los recursos minerales en la zona de influencia de la rampa, se identifican en el nivel 2950 un total de 9,000 toneladas métricas secas (TMS) con una ley de 10 g/t, en el nivel 2920 unas 7,000 TMS con una ley de 28.00 g/t, en el nivel 2820 unas 22,000 TMS con una ley de 13.09 g/t y en el nivel 2770 unas 16,000 TMS con una ley de 22 g/t. Se consideraron las características geotécnicas del macizo rocoso en las zonas graníticas, de filita y granito, con un RQD (Índice de Calidad de la Roca) de 50-75% y un RMR (Clasificación Geomecánica) que varía entre 28 y 39, dependiendo del tipo de roca. La evaluación económica del proyecto se desarrolló utilizando un enfoque optimista, que arrojó un Valor Actual Neto (VAN) de 2,123,365.00 dólares y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 22.3%, con un precio proyectado de 1,400.00 dólares por onza de oro.

En el estudio titulado “Diseño y Construcción de la Rampa Negativa 697 de Profundización en la Cía. Minera Raura”, desarrollado por Jurado (2018), se planteó como objetivo general evaluar y analizar técnica y económicamente la viabilidad de profundizar la explotación minera mediante la construcción de una rampa de 468 metros de longitud. La rampa tiene una sección de 4.50 m x 4.00 m y está diseñada para el reconocimiento y verificación de la existencia de mineral, con el propósito de asegurar la continuidad de la extracción y prolongar la vida útil de la mina. El estudio se llevó a cabo en la Compañía Minera Raura, ubicada en la zona andina entre los distritos de San Miguel de Cauri (Huánuco) y Oyón (Lima), a una altitud de 4700 msnm. Para la evaluación geomecánica, se emplearon los métodos GSI y RMR, que permitieron determinar la calidad de la masa rocosa por donde se construiría la rampa, así como analizar el grado de estabilidad del terreno y los parámetros geomecánicos más significativos. Los resultados obtenidos indicaron la presencia de rocas de

calidad de regular a buena, con un RMR que varía entre 50 y 60, y un índice Q que oscila entre 3.0 y 6.0. A partir de estos datos, se realizó un análisis técnico y económico de los métodos de construcción más adecuados, así como de las operaciones unitarias requeridas (como perforación, voladura, ventilación, limpieza y drenaje) y el tipo de sostenimiento que necesitaría la rampa. Se optó por el diseño en zigzag para la rampa, debido a las ventajas que presenta en comparación con otros tipos de rampas. El método de construcción elegido fue a plena sección, utilizando un Jumbo hidráulico de un brazo. Se estimó un costo total de ejecución de US$ 1’302,573.02, con un tiempo de construcción proyectado de 2.75 meses, sin interrupciones.

Porta (2022) estudió los procesos de construcción de la rampa 4490(-) como vía de acceso al cuerpo Tomasa del proyecto Yumpag en la Unidad de Explotación Uchucchacua, perteneciente a la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. El trabajo se desarrolló en la zona de Huachus, en el departamento de Pasco y también incluyó el análisis del presupuesto y la determinación de los beneficios derivados de la profundización de la rampa. La investigación tomó como muestra la rampa 4490(-), que presenta una sección de 3,5 metros por 3,5 metros y una pendiente de -13%. Esta infraestructura permitió el acceso al cuerpo Tomasa, ubicado entre los niveles 4450 y 4300 de la mina e involucró el planeamiento, programación, ejecución, control y cierre de la construcción, con la utilización de equipos especializados y la aplicación de insumos específicos para este tipo de obra.

Esta obra forma parte del Proyecto Yumpag, cuyo plan también contempla el desarrollo de accesos a los cuerpos Camila y Angélica, que aún están pendientes de ejecución. El presupuesto estimado para la rampa fue de 2’119,639 dólares, distribuidos en 12 partidas que incluyeron la construcción, trabajos previos y servicios auxiliares. Se logró ampliar la reserva minera a 226,663 toneladas métricas (TM). En cuanto a las conclusiones, el estudio señaló que esta ampliación de las reservas proporcionará una vida útil adicional de cuatro años al proyecto, con un valor recuperable de 265,74 dólares por TM, lo que confirma los beneficios

económicos y operativos de la profundización de la rampa 4490(-). El proyecto, realizado en un periodo de 10 meses, permitió acceder a las reservas minables del cuerpo Tomasa.

Gago (2023) llevó a cabo una investigación cuyo objetivo fue determinar la influencia del diseño y profundización del pique 650 en la producción de mineral en la Compañía Minera Alpayana S.A.C., ubicada en Chicla, Huarochirí. Se enfocó en cómo las características geomecánicas del pique, junto con el diseño y los aspectos técnicos de su profundización, podían impactar en la eficiencia productiva de la mina. Para la recolección de datos, se emplearon listas de observación de sondeo, fichas de toma de datos, cuestionarios y entrevistas, lo que permitió obtener información relevante sobre las condiciones geológicas y técnicas del área de estudio. La metodología utilizada fue de tipo inductivo y aplicada, orientada a realizar un análisis exhaustivo del contexto geomecánico en las zonas donde se profundizaría el pique. Se llevaron a cabo estudios geomecánicos detallados con el fin de establecer los parámetros críticos para el desarrollo del proyecto, garantizando el cumplimiento de las normativas de seguridad y salud ocupacional (SSO). Asimismo, se diseñó el sistema de izaje para el pique, que incluyó la utilización de un winche para el transporte de los skips.

El pique se desarrolló en roca intrusiva de tipo cuarzo diorita, con una densidad de 2,78 t/m3 y una resistencia a la compresión que oscilaba entre 100 y 130 Mpa. Los estudios geomecánicos también determinaron un ángulo de fricción de entre 25º y 36º, así como una cohesión de 0,081 a 0,099 Mpa. Además, según la clasificación geomecánica de Bieniawski, la roca obtuvo una clasificación RMR de 62, correspondiente a una calidad buena de tipo II. De acuerdo con la clasificación NGI, basada en el índice Q de Barton, Lien y Lunde, la RQD se situó entre 75 y 90, lo que también respaldó la viabilidad del diseño del pique. La sección de pique fue de 5,60 x 2,40 m² para la rotura de roca, con un área final de 5,2 x 2,0 m² en el macizo rocoso tras el acabado. El pique alcanzó una altura total de 950 metros, desde el nivel 18 al nivel 24, con una capacidad de los skips de 3,5 m³ y una carga máxima de 10,5 toneladas. Este diseño permitió alcanzar

una producción mensual de 150 000 toneladas de mineral. Se determinó que el diseño y profundización del pique 650 tuvo una influencia positiva en la producción de mineral en la Compañía Minera Alpayana S.A.C. Los cálculos financieros reflejaron que, con un valor del mineral de 62,40 US$/t y un costo operativo de 22,00 US$/t, la ganancia por tonelada de mineral ascendía a 40,40 US$/t, lo que demostró la viabilidad del proyecto.

Abarca (2013) llevó a cabo un estudio a fin de explicar la evaluación técnica y económica para determinar la viabilidad del proyecto de explotación de la veta Inmaculada 4 de la mina El Cofre, ubicada en el distrito de Paratía, provincia de Lampa, en el departamento de Puno, a una altitud de 4395 m.s.n.m. El estudio se centró en la construcción de la Rampa Guadalupe, que permitiría acceder a las reservas entre los niveles 4465 y 4315, y evaluar la rentabilidad del proyecto a través de indicadores económicos como el Valor Actual Neto (VAN) y la relación Beneficio/Costo (B/C). La investigación, de tipo descriptivo y con un diseño no experimental, se basó en la recopilación de datos y el análisis de la factibilidad técnica de la construcción de la rampa. Entre los instrumentos utilizados se destacaron estudios topográficos, cálculos de cubicación de reservas y análisis financieros que permitieron proyectar tanto el costo como los beneficios de la obra. La metodología empleada incluyó un sistema semimecanizado de perforación con máquinas convencionales como Jack Leg y Stoper, lo que redujo significativamente los costos de inversión en comparación con la utilización de maquinaria más avanzada como las perforadoras Jumbo.

Los tramos 1, 2 y 3 del diseño y construcción de la Rampa Guadalupe permitirían acceder a reservas de aproximadamente 130,000 toneladas métricas (con dimensiones de 320 m x 25 m x 6 m) en un tiempo de ejecución estimado de 12 meses. Este sistema de perforación, además de ser más económico, ofrecía un avance mensual considerable en la excavación. La construcción de la Rampa Guadalupe no solo permitió explotar reservas minables que hasta ese momento no eran accesibles, sino también optimizar la extracción y transporte del mineral de manera más dinámica y a bajo costo relativo.

2.1.3. Antecedentes Locales

Cerf y Mamani (2024) llevaron a cabo un estudio con el objetivo de diseñar una rampa negativa que abarca desde el nivel 650 al 610 para incrementar la producción de la mina Orex, ubicada en la provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa. Para alcanzar este objetivo, utilizaron una metodología basada en el enfoque deductivo, que incluyó la recopilación de información general sobre la caracterización geomecánica del terreno. En cuanto a los instrumentos empleados, el diseño de la rampa se basó en métodos empíricos, siguiendo las recomendaciones de expertos como Barton y Stillborg, quienes proporcionaron una guía práctica para determinar la longitud de los pernos de anclaje, para el sostenimiento de la rampa. Entre los principales resultados obtenidos, destaca la zonificación geomecánica, que se fundamentó en la identificación y mapeo de fallas regionales, como la falla San Juan, la cual interseca la labor minera en cinco puntos diferentes. Además, la zonificación geomecánica propuesta para la rampa clasifica las rocas en los rangos III, IV y V, indicador de la diversidad de condiciones geotécnicas que deben abordarse durante la construcción y operación del proyecto.

Condori y Vivanco (2020) realizaron un estudio de diseño con el fin de profundizar la mina San Juan mediante el inclinado 8707 con el objetivo de incrementar las reservas de mineral y prolongar la vida útil de la mina operada por la empresa minera Century Mining Perú SAC. El estudio se llevó a cabo en la mina San Juan de Chorunga, ubicada en el distrito de Río Grande, en la provincia de Condesuyo, departamento de Arequipa. La metodología en la investigación fue de tipo descriptivo, correlacional y aplicativo, con un nivel de análisis enfocado en la correlación entre la profundización del inclinado y el aumento de las reservas minerales. El diseño se optimizó para la profundización del inclinado 8707 logrando eliminar el doble manipuleo del mineral. Este sistema permitió una eficiente carga de mineral en los carros U35, usando tolvas para la descarga directa a un echadero conectado a una tolva en el nivel 566. Además, se identificaron los factores geomecánicos que influyeron en la profundización

de la mina, concluyendo que las rocas en el área son competentes, lo que fue corroborado mediante mapeo geomecánico. En cuanto a los costos operativos, se evaluaron los precios unitarios de cada actividad relacionada con la construcción del inclinado 8707, lo que permitió determinar el costo total del proyecto. Se logró un diseño eficiente que favoreció el incremento de las reservas y, por tanto, la prolongación de la vida de la mina. La profundización de la mina junto con las labores de exploración, permitieron tanto el incremento de reservas como la prolongación de la vida útil de la mina, con la proyección de seguir aumentando las reservas gracias a los trabajos de exploración en el nivel 516.

El estudio realizado por Quispe (2014), tuvo el objetivo de evaluar la viabilidad técnica y económica del proyecto para la explotación de la veta Alexia en la unidad minera Arcata, ubicada en el distrito de Cayarani, provincia de Condesuyos, departamento de Arequipa. El proyecto consistió en la construcción de la Rampa Negativa 5360 y, para determinar su rentabilidad, se utilizaron indicadores económicos como el Valor Actual Neto (VAN) y la relación Beneficio/Costo (B/C). El estudio, de carácter descriptivo y con un diseño no experimental, se centró en aspectos técnicos de la explotación de vetas. Se realizó una descripción detallada de los parámetros de diseño y preparación del proyecto, enfocándose en la planificación de la rampa. Además, se llevó a cabo un análisis geológico del trazado de la rampa, evaluando factores como la litología, la resistencia de la roca, el estado de las juntas y la presencia de agua en la zona de construcción.

Los 3 tramos de la Rampa Negativa 5360 permitieron acceder a reservas minerales de 199,895 toneladas métricas, con dimensiones de 640 m de largo, 72 m de ancho y 1.8 m de altura. El tiempo de ejecución del proyecto fue de 12 meses, abarcando los años 2013 y 2014. La explotación de las reservas minerales comprendidas entre los niveles 4550 y 4478 generó ingresos significativos, estimados en 44’260,453.1 dólares, mientras que el costo de construcción de la rampa ascendió a 2’247,286.90 soles. La Rampa Negativa 5360 permitió acceder a reservas mineras que antes no

eran explotables, mejorando la eficiencia en la extracción y el transporte de los minerales a un costo relativamente bajo, lo que contribuyó a la optimización de las operaciones en la Unidad Minera Arcata.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Diseño de rampa de profundización en minería subterránea

2.2.1.1. Rampa de profundización

Una rampa de profundización es una obra de infraestructura minera importante en las operaciones. Consiste en un túnel inclinado que se construye en espiral o en zigzag descendente dentro del macizo rocoso. Su función principal es proporcionar acceso a los diferentes niveles de la mina, facilitando tanto la entrada como la salida de personal, equipos y materiales.

Las rampas son infraestructuras de gran importancia en las minas subterráneas, ya que sirven como accesos principales hacia las zonas de explotación, permitiendo el tránsito de equipos pesados, personal y el transporte de material. Su diseño influye en la estabilidad estructural, el rendimiento operacional y la seguridad. Las rampas de profundización están diseñadas con una pendiente o gradiente generalmente entre el 8% y 12%, siendo 10% el valor óptimo en muchos casos para equilibrar la tracción de los vehículos y la velocidad de desplazamiento, manteniendo así la eficiencia en el uso de equipos y minimizando el desgaste de componentes.

La rampa de profundización influye en la viabilidad y eficiencia de una mina subterránea, ya que integra las operaciones de desarrollo, producción y servicios en un sistema de acceso continuo y versátil. A continuación, se presentan algunos de los criterios y factores más importantes a considerar en el diseño de una rampa de profundización:

- Pendiente. Se proyecta con una pendiente calculada cuidadosamente, generalmente entre 8% y 12%, para optimizar el desplazamiento de vehículos y maquinaria.

- Multifuncionalidad. Sirve como vía principal para el tránsito de equipos de perforación, carga, transporte, y servicios auxiliares entre los distintos niveles de explotación.
- Desarrollo progresivo. A medida que la mina se profundiza, la rampa se extiende, permitiendo acceder a nuevas zonas de mineral, expandir las operaciones o aumentar las reservas.
- Seguridad. Proporciona una ruta de evacuación en caso de emergencias y facilita la ventilación de la mina.
- Eficiencia operativa. Permite una logística más fluida en comparación con sistemas de pozos verticales, especialmente para el movimiento de equipos.
- Flexibilidad. Facilita la exploración continua y el desarrollo de nuevas áreas de explotación sin interrumpir las operaciones en curso.

2.2.1.2. Tipos de rampas

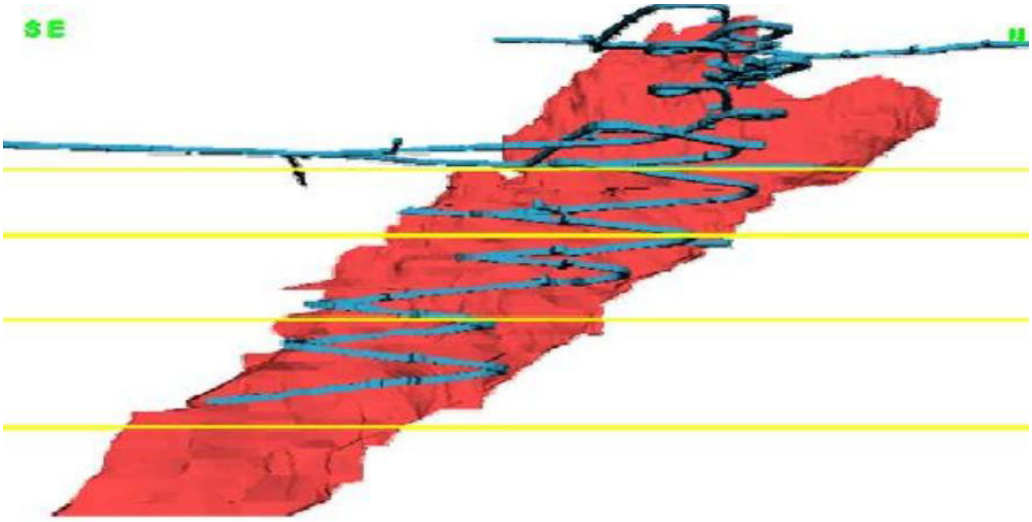
Existen varios tipos de rampas de profundización en minería, cada una diseñada para facilitar el acceso a los minerales en distintos tipos de yacimientos y condiciones geológicas. A continuación, se listan los principales tipos de rampas, ordenadas de las más comunes a las menos utilizadas (Abarca, 2013):

Rampas en Zig-Zag

Este tipo de rampa (Figura 1) es una de las más comunes en la minería moderna, especialmente en operaciones trackless (sin rieles). Se caracteriza por una serie de tramos rectos conectados por curvas en zig-zag, facilitando la circulación de maquinaria y transporte de material. Su pendiente generalmente es en promedio del 12%, que se reduce en las curvas para mayor seguridad. Se construye en materiales estériles o en rocas duras, con una inclinación preferencial paralela a la veta o cuerpo mineralizado y es usada para conectar diferentes puntos de trabajo como nuevos niveles, zonas de carguío y tajos. Este tipo de rampa es ampliamente utilizada debido a su versatilidad y adaptabilidad en distintas operaciones mineras.

Figura 1

Esquema de rampa en Zig-Zag



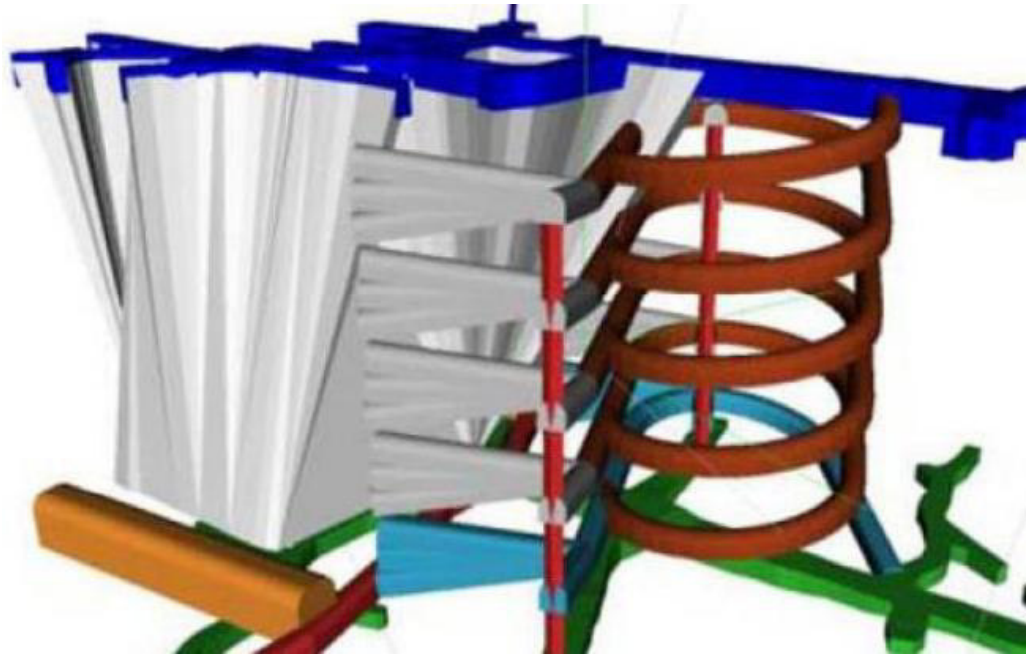
Nota. Tomado de Quispe (2014)

Rampas en espiral

Estas rampas forman un camino en espiral dentro del yacimiento, conectando distintos niveles y permitiendo el transporte continuo de equipos motorizados (Figura 2).

Figura 2

Esquema de rampa espiral



Nota. Tomado de Porta (2022, p. 23)

Su pendiente varía entre el 7% y el 12%, evitando pendientes mayores que dificulten el desempeño de los equipos. Una de sus desventajas es la poca visibilidad para el conductor y el aumento del desgaste de los equipos, además de los problemas de dirección en las curvas cerradas. Son apropiadas para diferencias de cotas de hasta 50 metros entre los extremos y aunque permiten un desarrollo rápido con poca preparación, su uso es limitado por los problemas operativos y la seguridad del personal.

Rampas Basculantes

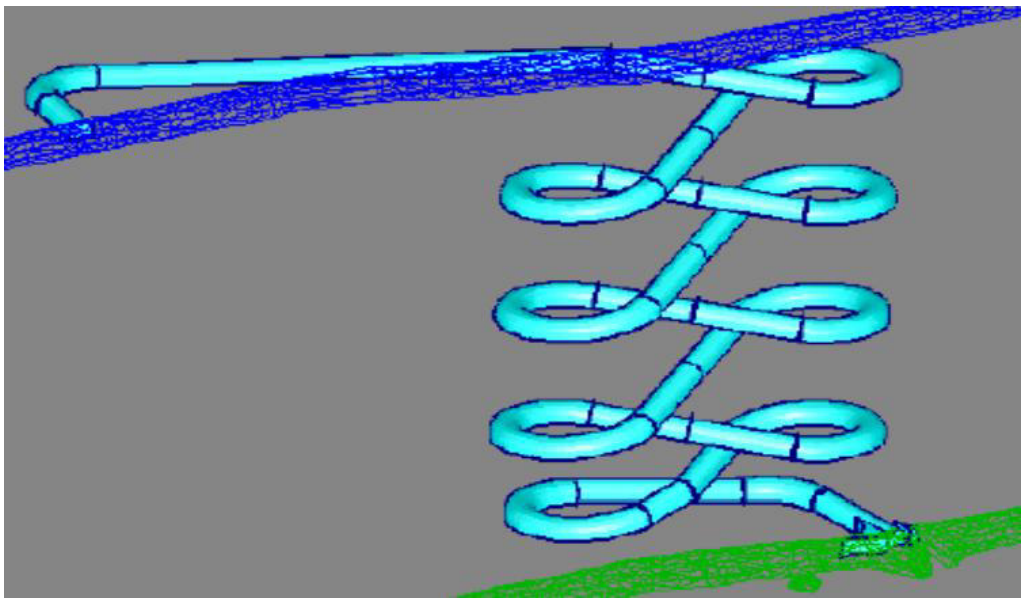
Estas rampas se caracterizan por un acceso inicial con una pendiente negativa de hasta -15%, lo que permite acceder a un nivel inferior desde el tajo (cuerpo mineral). A medida que se avanza, la pendiente se invierte y puede llegar a un 15%, dependiendo del equipo y las necesidades del corte. Este diseño es menos común y se utiliza en situaciones específicas donde se necesita un acceso rápido a zonas de mineral.

Rampas en "8"

Este tipo de rampa es relativamente poco común y se utiliza en situaciones donde el espacio es limitado o el diseño del yacimiento lo requiere (Figura 3). Consiste en una disposición en forma de "8", lo que permite aprovechar el espacio en yacimientos verticales o con áreas de trabajo reducidas.

Figura 3

Esquema de rampa en “8”



Nota. Tomado de Quispe (2014, p. 14)

Rampas Elípticas

Son aún menos comunes y se usan en situaciones específicas donde se requiere una curva suave en el recorrido para mejorar el flujo de materiales o maquinaria. La forma elíptica permite una distribución más equilibrada de la pendiente a lo largo de la rampa, aunque su construcción y mantenimiento son más costosos.

2.2.1.3. Sección de rampa

Las labores mineras en proyectos de explotación subterránea se diseñan según criterios técnicos que consideran la geología, calidad del macizo rocoso y evaluaciones geomecánicas de la zona, ajustando las dimensiones de las secciones de acuerdo a estos factores. En el proyecto “Mis Grandes Tesoros”, donde el entorno geológico está compuesto principalmente de roca caja volcánica con alteraciones argílicas y fílicas, se ha encontrado que el macizo incluye brechas de origen andesítico o dacítico, caracterizadas por bloques grandes y angulosos, además de una serie de diques de andesita porfirítica. Estas características geológicas influyen en el diseño y sección de las labores mineras, incluyendo rampas, galerías, subniveles y chimeneas.

La sección de las rampas en el proyecto “Mis Grandes Tesoros” es de 2.4 m x 2.4 m (equivalente a 7 x 8 pies), dimensión que ha sido seleccionada en función de los equipos y maquinaria planificada para las labores de explotación. Estas dimensiones aseguran que el espacio sea suficiente para la circulación de los equipos necesarios y el transporte seguro del material extraído. Además, se ha considerado la estabilidad de las rampas a través de evaluaciones geomecánicas que, dado el predominio de diques de andesita porfirítica y la disposición de las brechas, requieren un diseño estructural que minimice el riesgo de desprendimientos y permita una ventilación adecuada.

La selección de las dimensiones de la rampa (2.4 m x 2.4 m) responde al tipo de equipo y vehículos de acarreo requeridos para el proyecto. Esto incluye camiones de bajo perfil, cargadores y otros equipos de operación

que necesitan un espacio de circulación suficiente para transitar sin riesgo de colisiones ni interrupciones en el flujo de material.

2.2.1.4. Factores que determinan la sección de rampa

Estabilidad y Geomecánica del Macizo Rocoso.

La calidad y características del macizo rocoso dictan en gran medida el tamaño, sección y tipo de soporte que deberá emplearse. Para este proyecto, el macizo rocoso compuesto por diques y brechas andesíticas y dacíticas ha sido evaluado con métodos geomecánicos que aseguran una estructura estable y segura. Estas evaluaciones también determinan el tipo de fortificación a implementar y las prácticas de sostenimiento a emplear.

Ventilación

Las rampas también deben facilitar la ventilación natural o mecánica dentro de la mina. El diseño considera el tamaño de la sección para asegurar que se mantengan niveles adecuados de oxígeno y se reduzcan los contaminantes generados por el tránsito de vehículos y equipos diésel.

Dimensionamiento en función del equipo

La selección de las dimensiones de la rampa (2.4 m x 2.4 m) responde al tipo de equipo y vehículos de acarreo requeridos para el proyecto. Esto incluye camiones de bajo perfil, cargadores y otros equipos de operación que necesitan un espacio de circulación suficiente para transitar sin riesgo de colisiones ni interrupciones en el flujo de material.

Costo de Excavación

El costo de excavar rampas es elevado debido a la necesidad de un ancho considerable y el control de la pendiente, así como el empleo de equipos de perforación. En particular, el costo y tiempo de desarrollo son mayores en terrenos de roca dura, lo cual exige técnicas de voladura más intensivas.

2.2.1.5. Gradiente de rampa

El gradiente de rampa en la minería subterránea se refiere a la inclinación o pendiente de las vías de acceso que conectan diferentes niveles dentro de una mina. El gradiente de rampa es el ángulo de inclinación de una vía

de acceso en una mina subterránea, expresado como un porcentaje que representa la relación entre el cambio vertical y la distancia horizontal recorrida. Este parámetro es influye significativamente en el diseño y la operación eficiente una la mina, ya que de este depende directamente el rendimiento de los equipos de transporte, la seguridad de las operaciones y los costos de producción. Un gradiente bien diseñado permite un acceso seguro y eficiente a las diferentes áreas de trabajo en la mina subterránea, optimizando así los tiempos de ciclo de transporte y, por ende, la productividad general de la operación minera (Chaupi y Surco, 2023, p.9).

En Perú, se recomienda generalmente un gradiente del 12%, aunque los valores óptimos suelen oscilar entre el 8% y el 10%. Estos porcentajes se consideran ideales para maximizar la eficiencia de los equipos de acarreo y transporte, como camiones y cargadores, al tiempo que se mantiene un equilibrio entre la velocidad de desplazamiento y el consumo de combustible. La elección del gradiente adecuado depende de varios factores, incluyendo:

- El tipo y capacidad de los equipos utilizados
- Las condiciones geológicas y geotécnicas del macizo rocoso
- Los requisitos de ventilación
- Las consideraciones de seguridad
- Los objetivos de producción de la mina

2.2.1.6. Radio de curvatura

El radio de curvatura es la medida que determina qué tan cerrada o abierta es una curva en la rampa de profundización. Específicamente, es el radio del círculo que mejor se ajusta a la curva en un punto dado.

En su diseño existen parámetros básicos importantes a considerar.

Radio de giro interno (RGI). Es la distancia desde el centro de la curva hasta el borde interno de la trayectoria del vehículo.

Radio de giro externo (RGE). Es la distancia desde el centro de la curva hasta el borde externo de la trayectoria del vehículo.

Radio de giro promedio. Se calcula como el promedio entre RGI y RGE, y es comúnmente utilizado para el diseño final de la curva.

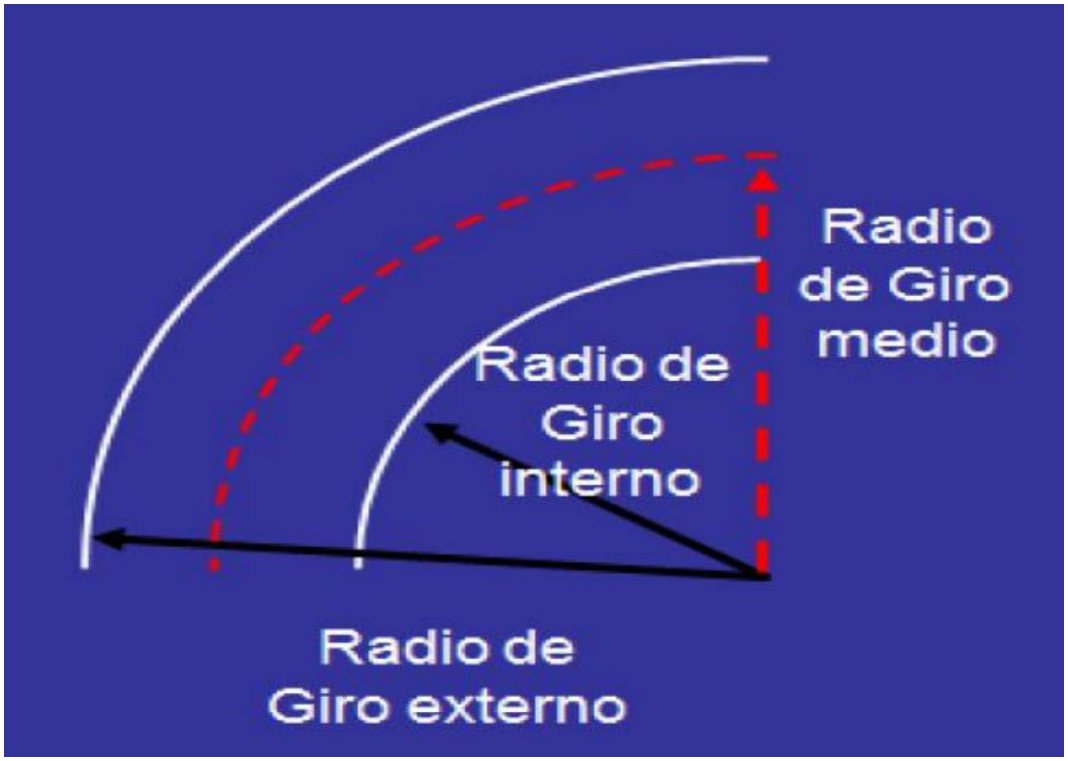
Especificaciones técnicas de los equipos. Los radios de giro de los vehículos más grandes que transitarán por la rampa.

Ancho de la rampa. Debe ser suficiente para permitir el paso seguro de vehículos en la curva.

Peralte. Inclinación transversal de la curva que ayuda a contrarrestar la fuerza centrífuga.

Figura 4

Tipos de curvatura en el diseño de rampas



Nota. Tomado de Abarca (2013, p.7)

Para el cálculo de los radios de la Figura 4, se debe considerar el radio interno del equipo de mayor longitud que pasará por la rampa. En tal sentido se utilizará la siguiente fórmula:

$$Rp = \frac{RGI + RGE}{2}$$

Donde:

RGE : Radio de Giro Externo.

RGI : Radio de Giro Interno.

Rp : Radio de giro promedio o medio.

2.2.1.7. Longitud de la rampa

Se refiere a la distancia total desarrollada desde un nivel inferior hasta un nivel superior de la mina. En otras palabras, representa la extensión completa del acceso que se construye para la rampa. Conocer la longitud total de la rampa facilita la evaluación de alternativas, permitiendo comparar diferentes opciones de diseño en términos de eficiencia y costo (Abarca, 2013).

Generalmente las rampas principales tienen secciones de ancho de 3 a 6 metros mientras que de alto tienen de 3 a 4.5 metros. Por su parte, las rampas secundarias pueden tener de 2.5 a 3.5 metros de ancho y de 3 a 4.5 metros de alto. Determinar la longitud de la rampa es importante, en primer lugar, porque incide directamente en la planificación del desarrollo, ya que conocer esta longitud permite a los ingenieros elaborar un programa detallado que incluye la estimación del tiempo necesario para completar la construcción y la secuencia de las actividades de excavación. Además, determina la estimación de costos y los gastos relacionados con la excavación, el sostenimiento, la ventilación entre otros (Lazo, 2020, p. 44).

La longitud de la rampa influye en el diseño de los sistemas auxiliares, en términos de operatividad y seguridad de la mina, como la ventilación, el drenaje y el transporte. También afecta la optimización de recursos, ya que permite hacer un uso más eficiente de los equipos y el personal durante la fase de desarrollo de la rampa.

2.2.1.8. Peralte

El peralte en rampas de profundización se refiere a la inclinación transversal de la superficie de rodadura en las curvas. Es un elemento importante a considerar en el diseño de rampas debido a que proporciona

seguridad al contrarrestar la fuerza centrífuga en las curvas. Así también reduce el desgaste de los neumáticos y el consumo de combustible, aumenta la estabilidad de los vehículos, especialmente cuando están cargados y facilita el drenaje del agua en la superficie de la rampa. En su diseño se debe considerar lo siguiente:

- Radio de curvatura
- Velocidad de diseño
- Tipo de vehículos que transitarán (camiones mineros, equipos de carga, etc.)
- Condiciones geológicas y geotécnicas del terreno

La fórmula para el cálculo del peralte será (Abarca, 2013, p.9):

$$h = \frac{V^2 * a}{Rp * g}$$

Donde:

H : Peralte en metros.

V : Velocidad proyectada en m/s.

a : Ancho de la labor en metros

Rp : Radio de curvatura promedio

g : Aceleración de la gravedad.

2.2.2. Planeamiento para la implementación de una rampa de profundización

2.2.2.1. Desarrollo del planeamiento de minado

La planificación minera se organiza en distintos horizontes temporales, cada uno con características y objetivos específicos. La planificación a mediano plazo es una actividad cuyo horizonte de tiempo abarca entre uno y tres años, dependiendo del tamaño de la operación y las políticas de la empresa. Esta planificación está directamente vinculada con la estrategia trazada en la planificación a largo plazo, influyendo en la estimación y evaluación económica de la compañía. Las decisiones que se toman en este período son importantes, pero cuentan con una flexibilidad limitada

para adaptarse a los cambios, ya que el margen de maniobra se reduce considerablemente en comparación con otros horizontes (Condori, 2019).

Por otro lado, la planificación a largo plazo tiene un enfoque más conceptual y estratégico. Este tipo de planificación establece las líneas generales del negocio para horizontes temporales que superan los cinco años, llegando incluso hasta el agotamiento del yacimiento. A diferencia del planeamiento a corto o mediano plazo, este horizonte es más flexible, permitiendo la introducción de cambios estructurales en la estrategia de la empresa.

2.2.2.2. Planeamiento de la producción

El planeamiento de la producción es un proceso que garantiza la eficiencia y sostenibilidad de las operaciones mineras a lo largo del tiempo. Se realiza de forma anual y requiere un análisis detallado de múltiples factores, tanto técnicos como económicos. El objetivo principal es asegurar que la explotación de los yacimientos se realice de manera óptima, maximizando las ganancias y minimizando los costos, mientras se cumplen las metas de producción establecidas (Gago, 2023, p. 41).

En este proceso, se recopilan y procesan datos que permitan estimar la producción anual, así como las ganancias proyectadas, los costos operativos, los gastos indirectos y las expectativas de ventas. Toda esta información se integra en un informe que sirve como guía para el desarrollo de las actividades durante el año. Este informe no solo define los volúmenes de producción, sino que también permite planificar el equipo necesario y los recursos humanos, asegurando que se mantenga el ritmo adecuado en cada sección de la mina.

Se debe considerar la capacidad de beneficio instalada, que es la encargada de procesar el mineral extraído para obtener los metales de valor. Las recuperaciones que se logran en esta etapa determinan el volumen real de producción que puede ser vendido, lo cual está directamente relacionado con los ingresos de la operación. Asimismo, es necesario proyectar los precios futuros de los metales en función de las condiciones del mercado, ya que estos fluctúan y pueden influir significativamente en la rentabilidad del proyecto.

2.2.2.3. Acceso al mineral en minería subterránea

El acceso a las minas subterráneas, especialmente en yacimientos de roca dura (como los de oro, plata, plomo, zinc, cobre o depósitos multimetálicos) explotados mediante métodos de caserones o caving, sigue el siguiente proceso:

Exploración y planificación

El proceso comienza con estudios geológicos realizados en la superficie y mediante sondajes, con el fin de determinar la ubicación y concentración del mineral. Estos estudios permiten identificar las zonas económicamente viables de extracción. A partir de estos datos, se delinean las vetas, es decir, las áreas subterráneas donde se concentrará la explotación del mineral. En esta fase, también se determina la geometría de las vetas y los tonelajes de mineral disponibles, lo que brinda a los ingenieros de minas la información necesaria para diseñar los puntos de extracción y definir los accesos subterráneos adecuados.

Desarrollo de accesos subterráneos

El trazado de los accesos debe cumplir con requisitos específicos para permitir el tránsito de camiones y equipos mineros. Esto implica que los accesos deben tener secciones lo suficientemente grandes para acomodar dichos equipos. Además, deben respetar un límite superior en la pendiente vertical, siendo típico un gradiente máximo de 1:7, según las capacidades de los equipos modernos. Asimismo, se debe asegurar que los radios de giro sean suficientemente amplios para que los vehículos puedan maniobrar adecuadamente. En general, el radio mínimo de diseño se encuentra entre 15 y 30 metros, dependiendo del equipo utilizado.

Portal en superficie y acceso a nuevas zonas

La entrada a la mina desde la superficie, generalmente está predeterminada o se encuentra condicionada por la infraestructura minera existente. En muchas minas recientes, particularmente en Australia, el desarrollo subterráneo es una extensión de una mina a cielo abierto previamente explotada o de una mina subterránea antigua, en la que se

han descubierto nuevos cuerpos mineralizados. En estos casos, la ubicación del portal puede ser modificada o restringida, dependiendo de las condiciones del yacimiento y de la infraestructura ya existente.

Optimización del diseño en la actualidad

Si bien el diseño de accesos subterráneos es el pilar de la eficiencia productiva de la mina, en la industria no suele llevarse a cabo una optimización rigurosa en esta etapa. La práctica común consiste en basarse en la experiencia de los ingenieros de minas para encontrar soluciones factibles que sean eficaces y seguras. No obstante, el uso de herramientas de planificación minera asistida por computador ha facilitado la automatización de varios procesos manuales y cálculos, lo que permite evaluar diferentes diseños y estrategias mineras para seleccionar la opción óptima con mayor certeza. Este es el caso de las suites de programas como Deswik.

2.2.2.4. Selección del método de explotación

La determinación del método de explotación en una mina subterránea es un proceso complejo y delicado que requiere un análisis exhaustivo de múltiples factores. Comienza una vez que se ha realizado un estudio detallado del cuerpo mineralizado y se ha recopilado suficiente información para proceder a un análisis más profundo. En esta etapa inicial, la selección del método es preliminar, pero sirve como base fundamental para el diseño del proyecto y el estudio de factibilidad. Es importante destacar que, aunque esta selección es preliminar, los criterios básicos establecidos para la extracción del mineral deben mantenerse como parte integral del diseño final (Montané, 2017, p. 7).

El proceso de selección tiene en cuenta aspectos geológicos, geomecánicos, económicos y operativos. Se evalúan factores como la geometría del yacimiento, la calidad del macizo rocoso, la ley del mineral, los costos operativos, la recuperación y dilución esperadas, entre otros. Cada uno de estos factores influye en la viabilidad y eficiencia de los diferentes métodos de explotación. A pesar de la gran variedad de depósitos minerales existentes, en la práctica se utilizan relativamente

pocos métodos de explotación. Esto se debe a que cada método se adapta a características específicas de los yacimientos. Sin embargo, las variaciones dentro de cada método pueden ser casi ilimitadas, permitiendo ajustes finos para adecuarse a las condiciones particulares de cada mina.

Un ejemplo de esta adaptabilidad se observa en métodos como el Banqueo con Relleno (Bench & Fill), que es una variante del método de Corte y Relleno. Ambos métodos pertenecen a la familia de los métodos de relleno, pero el Bench & Fill permite trabajar en bancos más grandes, lo que puede aumentar la productividad en ciertas condiciones geológicas.

La selección final del método de explotación es un proceso iterativo que puede evolucionar a medida que se obtiene más información durante las fases de exploración y desarrollo de la mina. Los ingenieros de minas deben estar preparados para reevaluar y ajustar el método seleccionado si las condiciones cambian o si nueva información sugiere que otro método podría ser más apropiado. En última instancia, la determinación del método de explotación busca optimizar la extracción del recurso mineral de manera segura, eficiente y económicamente viable, mientras se minimizan los impactos ambientales y se maximiza el valor del yacimiento a lo largo de la vida de la mina.

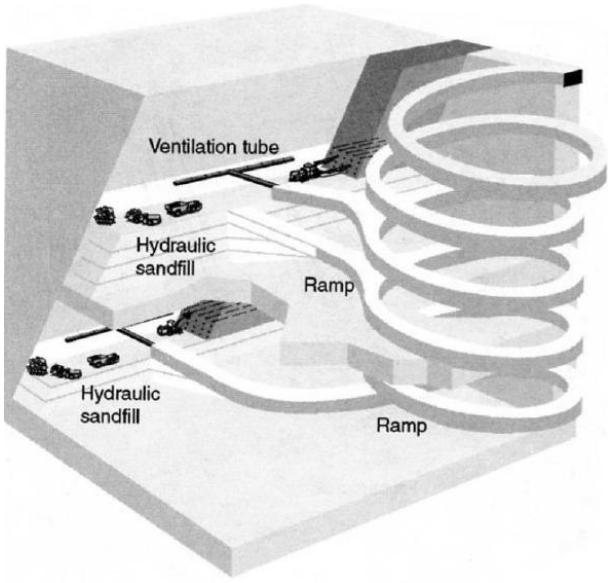
2.2.2.5. Método de corte y relleno

El método de Corte y Relleno en minería, especialmente en su modalidad convencional (CRA), es uno de los más utilizados para la explotación de yacimientos que presentan rocas muy fracturadas y condiciones geológicas complicadas. Este sistema permite una explotación ascendente, en la que el mineral se extrae de forma controlada y segura mediante la creación de franjas horizontales y verticales. El proceso comienza en la parte inferior de un tajo, avanzando verticalmente a medida que se van extrayendo las franjas de mineral. Una vez completada la extracción de una franja, el espacio resultante se rellena con material estéril o roca inservible, lo cual tiene múltiples funciones. Este relleno no solo brinda un piso de trabajo seguro para los mineros, sino que también ayuda a estabilizar las paredes del tajo y, en algunos casos, el techo, evitando derrumbes (Condori y

Vivanco, 2020). La Figura 5 muestra de manera simplificada el método de Corte y Relleno Ascendente.

Figura 5

Esquema de una mina utilizando corte y relleno



Nota. Tomado de Hustrulid (2001) como se citó en Montané (2017, p. 8)

El método de corte y relleno es altamente adaptable y es ideal para yacimientos con inclinaciones pronunciadas, superiores a los 50 grados, y que presenten una estructura física y mecánica deficiente, como en el caso de rocas incompetentes. Se adapta también a yacimientos de potencia moderada y con límites bien definidos. Además, es un método selectivo, lo que permite concentrar la explotación en las zonas de mayor ley del mineral, dejando de lado aquellas de baja calidad sin desperdiciar recursos en su extracción.

La secuencia típica de este método implica realizar cortes en tramos horizontales, generalmente a una altura de entre 2.7 y 3 metros sobre la galería del nivel inferior, hasta llegar a unos 3 a 5 metros por debajo del nivel superior, lo que se conoce como "puente". Esta forma de explotación permite un control preciso sobre el proceso, y su versatilidad lo convierte en una técnica aplicable en diferentes tipos de estructuras geológicas.

Entre las principales ventajas de este método se destaca la capacidad de explotar el mineral con una alta tasa de recuperación, a veces cercana al 100%. Al mismo tiempo, no es necesario transportar la roca desprendida, ya que esta puede utilizarse como material de relleno en otras zonas de la mina. Además, se trata de un método seguro, especialmente cuando se aplican medidas de sostenimiento adecuadas, y permite un alto grado de mecanización, lo que lo hace eficiente en yacimientos con rocas de baja resistencia mecánica.

Sin embargo, también presenta desventajas significativas. El costo de operación tiende a ser elevado debido al equipo y materiales requeridos, especialmente en lo que respecta al sostenimiento de las estructuras. A medida que transcurre el tiempo, el techo del tajo puede volverse inestable, aumentando el riesgo de derrumbes. Los materiales desprendidos pueden obstruir los conductos de transporte de mineral, como tolvas y chimeneas, generando problemas operativos. Además, el proceso de relleno, aunque necesario, puede detener temporalmente la producción, lo que afecta el rendimiento de la explotación.

2.2.2.6. Planeamiento del tipo y diseño de labores

El diseño de una mina subterránea implica la planificación detallada de las labores necesarias para el acceso, desarrollo y explotación eficiente de la estructura mineralizada. En la unidad minera "Mis Grandes Tesoros," estas labores comprenden principalmente rampas, galerías, subniveles y chimeneas, cada una con características específicas que contribuyen a la reducción de costos de la extracción de cobre en la Veta Tesoro Sur.

Rampa de profundización

Las rampas son labores mineras esenciales para el acceso a diferentes niveles de la estructura mineralizada. Se caracterizan por su gradiente, la cual suele oscilar entre un 8% y un 12%, siendo el 10% el valor óptimo para el desplazamiento de equipos pesados en condiciones de eficiencia y seguridad. En este proyecto, la rampa tiene una sección de 2.4 m x 2.4 m (7' x 8'), diseñada para soportar el tránsito de maquinaria de gran tamaño. Los parámetros y características del diseño de la rampa buscan reducir el

costo por tonelada extraída y contribuir al aumento del Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) del proyecto, variables importantes en la viabilidad económica del mismo.

Galerías y Subniveles

Las galerías y subniveles son labores horizontales diseñadas para el acceso directo a la estructura mineralizada y la preparación de las zonas de extracción. Estas labores se construyen con una ligera pendiente del 1%, permitiendo un drenaje adecuado y un acceso seguro para los equipos de perforación y extracción.

***Galerías*.** Su sección planificada es de 2.1 m x 2.1 m para facilitar el laboreo y la extracción de mineral.

Subniveles. Con dimensiones más reducidas, de 1.5 m x 1.8 m, son ideales para los trabajos de desarrollo en las áreas más próximas a la veta mineralizada, minimizando así el tiempo y los costos asociados a la preparación de las áreas de extracción. Estas labores horizontales sirven como vías de acceso y plataformas de trabajo, favoreciendo una explotación continua y reduciendo el tiempo de transporte de los materiales. Además, al establecer un diseño y ubicación adecuados, se contribuye a la reducción de los costos y al incremento de las reservas explotables de la veta.

Chimeneas

Las chimeneas, tanto verticales como inclinadas, cumplen funciones en la ventilación, transporte y acceso en la mina subterránea. En este proyecto, las chimeneas se diseñan con diferentes secciones de acuerdo con su función:

Chimeneas de servicio. Para ventilación y tajo, con una sección de 1.5 m x 1.5 m, optimizadas para garantizar el flujo adecuado de aire y la seguridad en la ventilación durante el trabajo.

Chimeneas de doble compartimiento. Con dimensiones de 3 m x 1.5 m, permiten tanto el acceso como la extracción de materiales entre niveles.

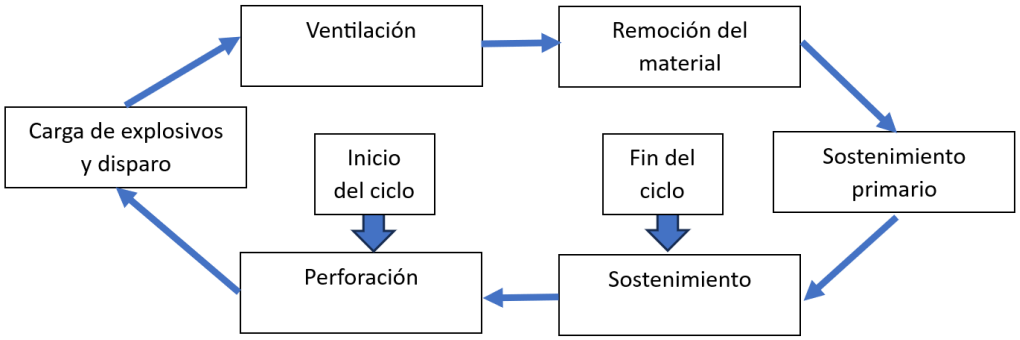
Este diseño facilita la eficiencia en las operaciones de acarreo vertical, reduciendo los tiempos de transporte y mejorando la logística en la mina.

2.2.2.7. Excavación de una rampa de profundización

El proceso de minado de una rampa de profundización en una mina subterránea se ejecuta siguiendo un ciclo de minado establecido, el cual garantiza la correcta operación y la seguridad de los trabajadores. Este ciclo depende de la disponibilidad de agua, aire y equipos de limpieza, y se desarrolla de acuerdo a una serie de pasos resumidos en la Figura 6.

Figura 6

Ciclo de excavación en minería subterránea



Nota. Adaptado de Montané (2017, p.14)

Ventilación

El primer paso en el proceso es la ventilación. De acuerdo con el reglamento de seguridad D.S.024-2016-EM, es obligatorio ventilar el área durante un mínimo de 30 minutos después de cada disparo o voladura, utilizando ventiladores y mangas de ventilación de entre 24 y 30 pulgadas de diámetro. Esta ventilación forzada permite eliminar gases nocivos y mantener un ambiente seguro para el personal.

Regado

El siguiente paso es el regado del material volado con agua. Esta etapa tiene varios propósitos, como evitar la formación de polvo fino durante la limpieza, detectar tiros cortados o fallados, y eliminar los gases atrapados en los intersticios del material volado. El regado también contribuye a

mejorar las condiciones de trabajo y la seguridad al minimizar el riesgo de inhalación de partículas suspendidas.

Desatado

Luego, se realiza el desatado, un trabajo continuo que se lleva a cabo antes, durante y después de cada actividad programada. El desatado consiste en remover manualmente las rocas inestables del techo y las paredes de la galería utilizando barras de distintas longitudes. Este procedimiento sirve para reducir la frecuencia de accidentes por caídas de rocas, asegurando la estabilidad del área de trabajo.

Acondicionamiento de plataforma de perforación

Después del desatado, se procede al acondicionamiento de la plataforma de perforación. Para esto, el terreno debe ser nivelado de manera adecuada, creando un terraplén estable que sirva como base para la perforación de la parte media a superior del frente de la rampa. Este acondicionamiento facilita el posicionamiento de los equipos de perforación, ya sea una perforadora convencional o un equipo especializado como un jumbo.

Perforación

La siguiente etapa es la perforación, que se realiza en dos fases: primero en la parte media a superior y luego en la parte media a inferior de la rampa. Durante esta fase, se perforan los orificios necesarios para alojar los explosivos.

Posteriormente, se realiza la limpieza del área para retirar escombros y preparar el terreno para la voladura. Esta limpieza garantiza que la voladura se ejecute de manera segura y eficaz, evitando obstrucciones que puedan causar fallos en la voladura.

Voladura

Finalmente, se procede con el disparo. Los explosivos colocados en los orificios perforados previamente se detonan, generando el avance en la construcción de la rampa. Tras la detonación, se reinicia el ciclo de

ventilación para purgar el área de gases peligrosos y permitir la entrada segura de los trabajadores.

2.2.2.8. Geomecánica de rocas

La geomecánica de rocas es una disciplina importante para la minería y la ingeniería civil, que se enfoca en el estudio del comportamiento mecánico del macizo rocoso y los suelos. Esta ciencia, relacionada a la geotecnia, analiza cómo estos materiales se deforman y responden a las fuerzas y tensiones generadas por los fenómenos geológicos que ocurren en la corteza terrestre. Su aplicación sistemática contribuye significativamente a la eficiencia y sostenibilidad de la industria minera, facilitando la extracción de recursos minerales de manera segura y económicamente viable.

En minería, la geomecánica es el factor más importante en la evaluación de la estabilidad y seguridad de las excavaciones subterráneas. Para ello, se vale de diversos índices y parámetros que permiten cuantificar y clasificar la calidad del macizo rocoso. Entre estos, destacan el RMR (Rock Mass Rating), el RQD (Rock Quality Designation) y el GSI (Geological Strength Index). Estos sistemas de clasificación se basan en observaciones de campo y resultados de pruebas de laboratorio y proporcionan una evaluación integral del estado geomecánico de las secciones donde se desarrollan las labores mineras.

A partir de estos estudios, se clasifica el macizo rocoso en categorías que van desde roca mala hasta buena, pasando por calidades intermedias. Esta clasificación sirve para adaptar las estrategias de excavación y sostenimiento a las condiciones específicas de cada sección. En función de estos resultados, se ajustan los parámetros controlables de perforación y voladura, y se determina el tipo y grado de sostenimiento necesario para garantizar la estabilidad de las excavaciones. Es importante señalar que mientras los métodos de excavación y sostenimiento son aspectos que pueden ser controlados y optimizados por los ingenieros, las características intrínsecas de las rocas son parámetros no controlables. Por eso es importante realizar una adecuada evaluación geomecánica, ya que las

propiedades naturales del macizo rocoso dictarán en gran medida las estrategias a seguir en el desarrollo de las labores mineras.

2.2.2.9. Geomecánica del yacimiento

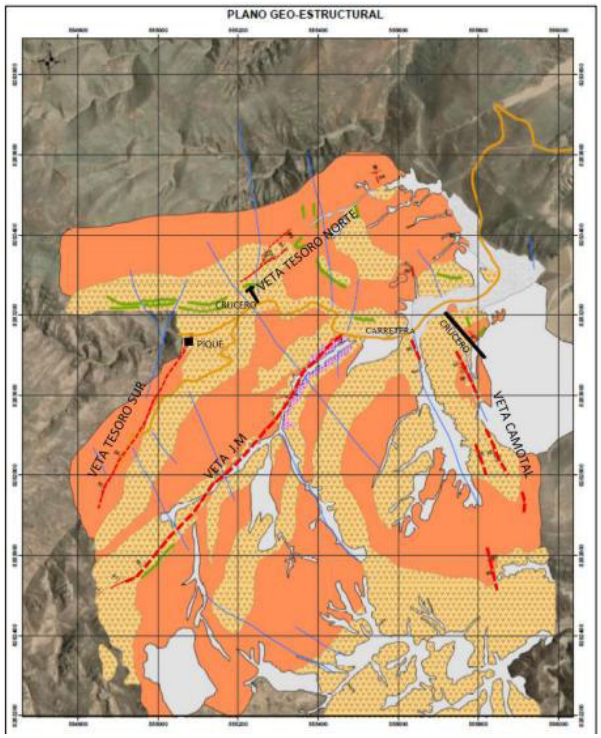
La unidad minera Mis Grandes Tesoros, ubicada en el límite de los distritos de Jaquí y Yauca, provincia de Caravelí, región Arequipa, presenta características geomecánicas que se deben considerar para su planeamiento, desarrollo y operación. El yacimiento, de tipo filoniano, se encuentra emplazado en una zona de significativa importancia geológica, específicamente en la franja de depósitos de Au-Cu y Pb-Zn.

Características Geológicas y Estructurales

El macizo rocoso que alberga las vetas está principalmente constituido por rocas dioríticas y rocas cuarzo monzoníticas. Estas formaciones pertenecen al Batolito de la Costa, datado del Cretácico Superior, y están asociadas al Complejo Bella Unión.

Figura 7

Plano geoestructural del proyecto Mis Grandes Tesoros



Nota. Adaptado de Geología Exploraciones Mis Grandes Tesoros

Las condiciones estructurales se determinan mediante el mapeo superficial de la estructura, identificando y definiendo los sistemas de pliegues, fallas, diques, el macizo rocoso como roca volcánica, subvolcánica. La identificación por observación directa según el estudio geo-estructural realizado como resultado de la clasificación del macizo rocoso, fue de roca muy dura a dura, en las zonas de desplazamiento de estructura mineralizada la roca es de dura a intermedia.

La formación del proyecto presenta diversas unidades litológicas caracterizadas por rocas volcánicas como Andesita, una roca ígnea de composición intermedia con textura porfídica y dureza significativa. Así también están presentes Horizontes de sub-volcánicos andesíticos. Por otra parte, se tienen rocas plutónicas como Diorita, una roca ígnea plutónica muy dura, compuesta principalmente por plagioclasas, Monzonita de dureza intermedia y Dacita de alta dureza.

Figura 8

Muestras de la mineralización del proyecto



Nota. Elaboración propia.

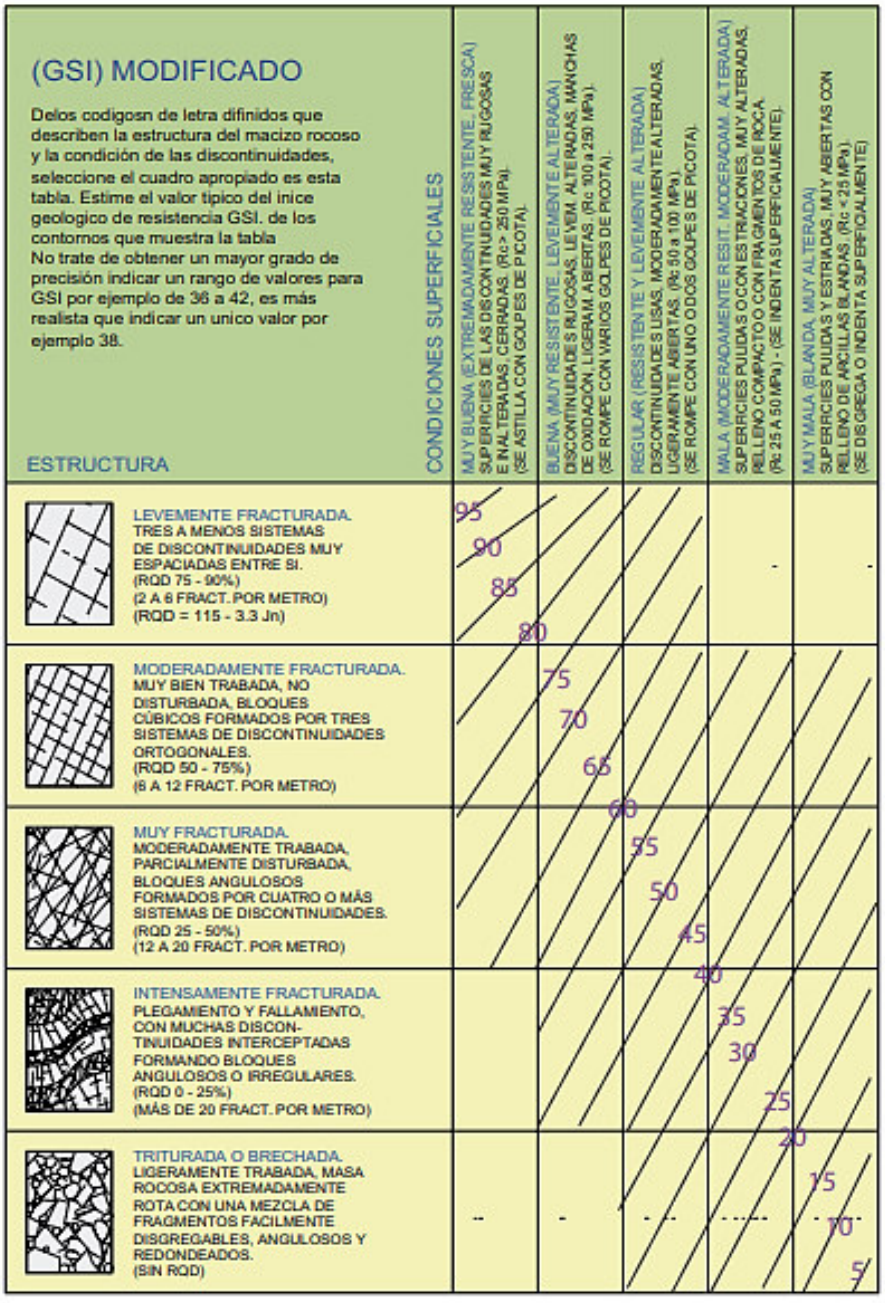
El estudio geomecánico indica un riesgo geomecánico bajo a moderado, lo cual tiene importantes implicaciones para:

- Diseño de excavaciones
- Metodología de minado
- Planificación de operaciones
- Seguridad operacional

El GSI se utiliza para clasificar la calidad del macizo rocoso y determinar las necesidades de sostenimiento. En el caso del proyecto Mis Grandes Tesoros, la evaluación indica una calidad de roca considerada buena, lo que descarta la necesidad de sostenimiento sistemático o de relleno en tajeos.

Figura 9

Índice geológico de resistencia de Hoek y Brown

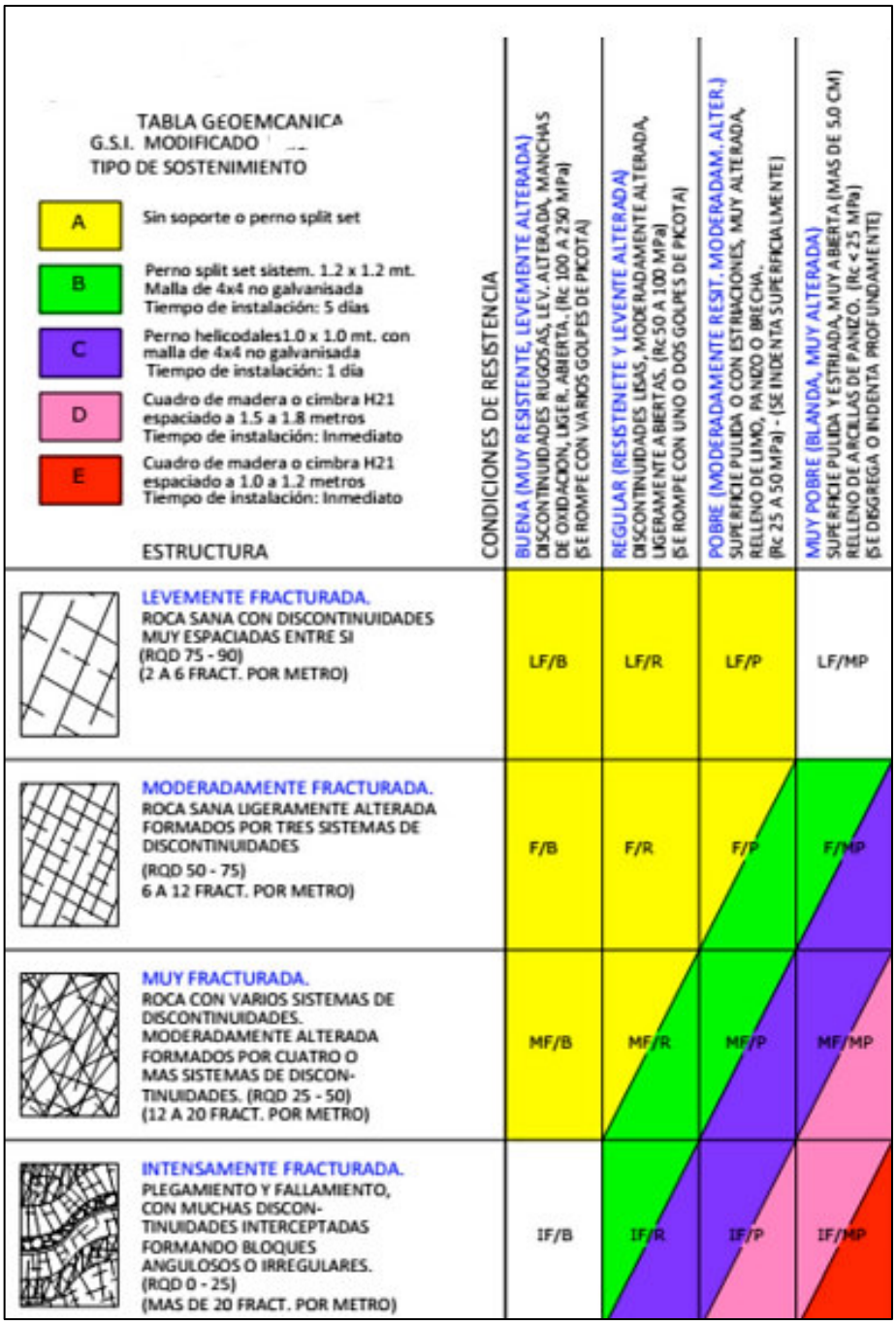


Nota. Adaptado de Hoek y Brown (2018).

La aplicación metodológica de la tabla geomecánica (Figura 10) se realiza in situ, después de lavado y desatado de hastiales y techo en el frente a evaluar. Se determinar los factores de la roca por metro lineal, según la cantidad de fracturas; la resistencia de la roca se evalúa mediante golpes de picota.

Figura 10

Tabla geomecánica modificada por tipo de sostenimiento



Nota. Adaptado de Geología mina Mis Grandes Tesoros.

2.2.3. Costos a considerar en el planeamiento y diseño de una rampa de profundización

En el planeamiento se debe considerar la evaluación de los costos de producción, en minería subterránea, estos costos varían según la sección de la mina, debido a factores como la profundidad, el tipo de mineral y las condiciones geológicas. Además, se deben considerar los costos de tratamiento, es decir, los gastos asociados al procesamiento del mineral en la planta concentradora y la refinación de los metales (Gago, 2023).

También se deben contabilizar los costos indirectos, como los gastos generales de administración, mantenimiento y seguridad, así como otros factores relacionados con la operación general de la mina. Además, se proyectan las ventas de los productos extraídos y procesados, basándose en las estimaciones de demanda del mercado y la capacidad de producción de la mina.

2.2.3.1. Costos de extracción de mineral

En minería, los costos de extracción de mineral representan el gasto total asociado a la remoción de la roca que contiene el mineral desde su ubicación subterránea hasta la superficie. Este concepto incluye costos de perforación, voladura, carga y acarreo del mineral extraído. La minimización de estos costos influye en la rentabilidad y viabilidad del proyecto. La reducción de costos impacta directamente en el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), y el costo por tonelada métrica (TM), que son indicadores importantes en la evaluación económica del proyecto.

Indicadores de Costo de Extracción

Valor Actual Neto (VAN). Valor en el tiempo presente de los flujos de caja futuros descontados.

Tasa Interna de Retorno (TIR). Tasa de descuento que iguala el valor actual de los ingresos esperados con el valor actual de los costos.

Costo de extracción por tonelada ($/TM). Costo directo de extraer una tonelada de mineral.

Costo total del proyecto ($). Suma de los costos involucrados en todas las etapas del proyecto.

2.2.3.2. Costo de Diseño y Construcción de la Rampa de Profundización

Este costo engloba todos los gastos asociados con el diseño, planificación y construcción de la rampa de profundización, que permite el acceso al mineral en niveles subterráneos más profundos.

El costo de diseño de una rampa está influenciado por varios factores. Uno de ellos es la geometría de la rampa, que se refiere a su forma y orientación, así como a elementos específicos como el ancho y la estabilidad de las paredes, que garantizan la seguridad y funcionalidad de la estructura. Otro factor importante es la pendiente de la rampa, ya que la inclinación debe permitir el tránsito eficiente de vehículos y maquinaria, afectando tanto el costo de acarreo como el consumo de energía durante las operaciones. Además, el radio de curvatura es una variable relevante, ya que el tamaño de las curvas impacta la velocidad y seguridad en el desplazamiento de maquinaria pesada. Por último, las dimensiones generales de la rampa, incluyendo su ancho y altura, deben adaptarse al tipo de maquinaria y al volumen de material que se transportará.

2.2.3.3. Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR)

El Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) son dos métricas esenciales para evaluar la rentabilidad de cualquier proyecto de inversión. El VAN mide el valor presente de los flujos de efectivo proyectados, permitiendo analizar la viabilidad económica del proyecto. La TIR, por otro lado, señala la rentabilidad relativa, reflejando el porcentaje de retorno esperado sobre la inversión inicial. En el diseño de rampas y otras infraestructuras, maximizar el VAN y la TIR es un objetivo fundamental, ya que un diseño eficiente contribuye a reducir costos, incrementar flujos de efectivo y, por ende, elevar la rentabilidad general del proyecto.

Para el cálculo del VAN y la TIR se emplean técnicas de simulación y modelado, que permiten proyectar diferentes escenarios de costos y producción. Estos métodos son útiles no solo para validar el diseño inicial, sino también para realizar ajustes que optimicen tanto los costos operativos como la rentabilidad esperada.

2.2.3.4. Costos de operación

Los costos de operación en minería subterránea engloban todos los gastos recurrentes necesarios para mantener las actividades diarias de extracción. Estos costos incluyen, de manera integral, la mano de obra, el combustible, el mantenimiento de los equipos y maquinaria, así como los costos específicos de acarreo. Cada uno de estos elementos influyen en la eficiencia y sostenibilidad financiera de la operación minera, los cuales deben ser analizados cuidadosamente en el diseño y gestión de proyectos mineros.

Uno de los costos de operación más relevantes es el costo de acarreo, especialmente cuando se trata de operaciones que implican una rampa de profundización. Este gasto se refiere al costo asociado con el traslado del mineral desde los niveles profundos de la mina hasta la superficie. En el planeamiento de operaciones mineras se busca la eficiencia en el diseño las labores, ya que un diseño eficiente reduce los tiempos de transporte y, en consecuencia, disminuye el costo por tonelada de mineral extraído. De esta manera, la correcta planificación de la infraestructura de acarreo impacta directamente en la reducción de los costos operativos totales.

Una operación minera eficiente implica reducir el tiempo y costo por tonelada transportada mediante un diseño eficiente de la rampa de profundización. Al mejorar la logística del acarreo y emplear rutas óptimas de transporte, es posible lograr una reducción significativa en los costos operativos de extracción subterránea. Este enfoque impacta los costos actuales y asegura una estructura de costos más manejable en el futuro. Además, un análisis completo debe considerar los costos futuros de explotación, los cuales están vinculados a la sostenibilidad y mantenimiento de las operaciones mineras a largo plazo. Un diseño eficiente de la rampa

de profundización no solo contribuye a reducir los costos inmediatos, sino que también garantiza una operación menos costosa en el futuro, facilitando así una mayor sustentabilidad financiera para el proyecto en su totalidad.

2.3. Definición de Términos

2.3.1. Costo del proyecto

El costo del proyecto se refiere al total de inversiones y gastos necesarios para llevar a cabo el diseño y construcción de la rampa de profundización, así como la operación inicial hasta que la mina alcanza una producción estable. Esto incluye costos de diseño, materiales, mano de obra, maquinaria y gastos indirectos (Condori y Vivanco, 2020).

2.3.2. Costos de extracción

Son todos los gastos asociados con la extracción de mineral de la mina, incluyendo costos de perforación, voladura, acarreo, y procesamiento (Lazo, 2020, p. 56).

2.3.3. Criterio de Falla de Hoek-Brown

El análisis geomecánico del proyecto se fundamenta en el criterio generalizado de falla de Hoek-Brown (1994), que permite evaluar la resistencia del macizo rocoso considerando tanto la roca intacta como las discontinuidades presentes.

2.3.4. Cuerpo Mineralizado

Zonas que contienen los minerales que una mina planifica extraer y procesar. Estas zonas se dividen en niveles, cada uno con una altura específica donde se realiza la extracción. Cada nivel posee subdivisiones, que a su vez se segmentan en bloques de tamaño uniforme, permitiendo su explotación en periodos (Montané, 2017)

2.3.5. Diseño

Planificación y elaboración de la estructura de la rampa de profundización, incluyendo todos los aspectos geométricos, estructurales y operativos necesarios para optimizar la extracción de mineral de la mina.

2.3.6. Geometría de rampa

La geometría de rampa se refiere a la forma y estructura tridimensional de la rampa de profundización, incluyendo su longitud, anchura y altura.

2.3.7. Gradiente de rampa

El gradiente de rampa es el ángulo de inclinación de una vía de acceso en una mina, expresado como un porcentaje que representa la relación entre el cambio vertical y la distancia horizontal recorrida. Este parámetro influye directamente en el rendimiento de los equipos de transporte, la seguridad de las operaciones y los costos de producción. En la práctica minera peruana, se suele utilizar un gradiente del 12%, aunque los valores óptimos suelen oscilar entre el 8% y el 10% (Chaupi y Surco, 2023, p. 9).

2.3.8. Índice Geológico de Resistencia (GSI)

El GSI se utiliza para clasificar la calidad del macizo rocoso y determinar las necesidades de sostenimiento.

2.3.9. Parámetros de diseño

Los parámetros de diseño son las especificaciones técnicas y geométricas que guían la construcción de la rampa de profundización. Estos incluyen dimensiones de la rampa, pendiente, geometría y radio de curvatura, todos los cuales influyen en la eficiencia y seguridad de la operación minera.

2.3.10. Optimización de rutas

Proceso de diseñar y planificar caminos y túneles de manera que se maximice la eficiencia en el transporte de minerales y materiales dentro de la mina. Esto incluye la reducción del tiempo y los costos asociados al acarreo, mejorando así la productividad y la seguridad operativa. (Montané, 2017)

2.3.11. Pendiente de rampa

La pendiente de rampa es la inclinación de la rampa respecto a la horizontal, medida en grados o como una relación de pendiente.

2.3.12. Radio de curvatura

El radio de curvatura es la medida del radio de las curvas en la rampa de profundización. Un radio de curvatura adecuado permite un tránsito seguro y eficiente de los vehículos y equipos mineros, reduciendo el desgaste y mejorando la operatividad de la mina.

2.3.13. Rampa

Túneles inclinados que conectan los niveles de un cuerpo mineralizado con la superficie. Están diseñadas para facilitar el transporte del mineral mediante camiones hacia la superficie de la manera más eficiente posible (Montané, 2017)

2.3.14. Reservas de mineral

Las reservas de mineral son aquellos recursos minerales económicamente explotables que han sido identificados, evaluados y aprobados para su extracción. Representan la porción del yacimiento que, tras un riguroso proceso de estimación y análisis técnico-económico, se considera viable para su aprovechamiento minero bajo las condiciones tecnológicas, económicas y legales existentes al momento de la evaluación (Chaupi y Surco, 2023).

2.3.15. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Tasa de descuento que hace que el valor presente neto de todos los flujos de caja de un proyecto sea igual a cero. Representa la rentabilidad esperada de una inversión. La TIR se emplea para determinar la viabilidad económica del diseño de la rampa, indicando la eficiencia del proyecto en términos de generación de valor.

2.3.16. Valor Actual Neto (VAN)

Indicador financiero que calcula la diferencia entre el valor presente de los flujos de caja futuros generados por un proyecto y la inversión inicial requerida. Se utiliza para evaluar la rentabilidad del diseño de la rampa de profundización, considerando los ingresos proyectados por la extracción de mineral menos los costos asociados al proyecto (Condori, 2019, p. 32).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y nivel de Investigación

El tipo de investigación es aplicado porque se busca resolver un problema práctico y específico dentro del ámbito de la minería, particularmente la evaluación de costos de una rampa de profundización de extracción de cobre para actividades mineras en Arequipa. El objetivo general es realizar una evaluación de costos de rampa de profundización que minimice los costos de extracción y maximice la rentabilidad del proyecto (VAN y TIR). Este enfoque se orienta hacia la solución de problemas reales en un contexto industrial (minería subterránea), con el fin de aplicar los resultados en una situación práctica, lo cual caracteriza a las investigaciones aplicadas. Además, el proyecto se enfoca en la reducción de costos mediante el uso de herramientas técnicas y datos reales de la unidad minera "Mis Grandes Tesoros", lo que refuerza su carácter práctico y su vinculación con el mundo real.

La investigación tiene un enfoque cuantitativo porque se basa en mediciones numéricas, análisis de datos y simulaciones para alcanzar los objetivos. Las variables que se estudian están claramente definidas y se pueden medir objetivamente, como los costos de extracción ($/TM), el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), y los parámetros técnicos del diseño de la rampa (dimensiones, geometría, pendiente, radio de curvatura). El uso de simulaciones, modelado y análisis cuantitativo indica un enfoque en la recolección y análisis de datos numéricos para verificar la hipótesis propuesta. Así también se busca analizar cómo la variable independiente (rampa de profundización) influye en la variable dependiente (Evaluación de costos), estableciendo relaciones entre estas variables mediante mediciones objetivas.

La investigación es experimental porque implica la manipulación directa de una variable independiente (rampa de profundización) para observar su efecto en una variable dependiente (evaluación de costos). En este caso, se están realizando simulaciones y modelados para determinar cómo los cambios en los parámetros de diseño de la rampa (geometría, pendiente,

radio de curvatura) afectan los costos en términos de reducción de costos de extracción y aumento de la rentabilidad (medido por indicadores como el VAN y TIR).

También es correlacional porque busca identificar la relación entre dos o más variables sin establecer una causalidad directa. Se estudia la correlación entre los parámetros de diseño de la rampa (como la geometría y el radio de curvatura) y los indicadores económicos (como el VAN, TIR y costos de extracción por tonelada). Aunque hay una intervención activa en la variable independiente, la investigación se enfoca en analizar las relaciones entre las variables para determinar qué características del diseño influyen en el costo de la extracción de mineral.

A su vez, es transversal debido a que se lleva a cabo en un momento específico en el tiempo, en este caso, en el año 2024. La recolección de datos, simulaciones y análisis se realizan durante un periodo determinado y se busca entender y evaluar las relaciones entre variables dentro de un marco temporal concreto, sin analizar cómo estas relaciones cambian o evolucionan con el tiempo.

3.2. Ámbito temporal y espacial

3.2.1. Área de estudio

La unidad minera "Mis Grandes Tesoros" se ubica en el derecho minero (Cu-Au) del mismo nombre que abarca 500 Ha y se ubica en el límite de los distritos de Jaquí y Yauca, en la región de Arequipa de acuerdo a la Figuras 11 y 12. Este presenta yacimientos, caracterizados por la presencia de vetas filonianas y se emplaza en una franja rica en depósitos de oro y cobre, así como de plomo y zinc, los cuales están asociados a las rocas intrusivas del Batolito de la Costa, que data del Cretácico Superior, y al complejo geológico Bella Unión.

Figura 11

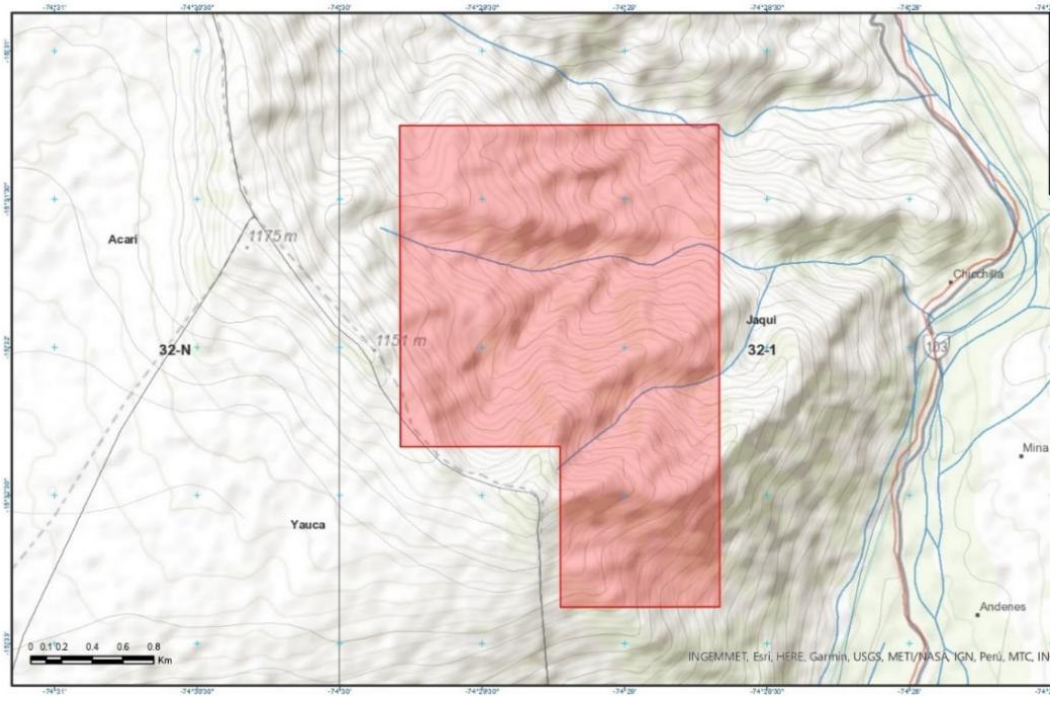
Ubicación de la unidad minera Mis Grandes Tesoros



La mina se halla a 26 kilómetros al sureste de la población de Yauca (Figura 12), dentro del distrito homónimo y colinda con el distrito de Jaquí, en la provincia de Caravelí, perteneciente a la región Arequipa. Se sitúa a 150 kilómetros de las plantas de Nazca, de los cuales 145 kilómetros están completamente asfaltados, lo que facilita el acceso y el transporte de materiales.

Figura 12

Catastro del derecho minero Mis Grandes Tesoros



Nota. Elaborado con Geocatmin.

Actualmente se realizan operaciones mineras de manera convencional con pique pero no se han construido rampas de profundización. Se han encontrado labores antiguas desarrolladas de forma convencional cuyos métodos de explotación y extracción han sido de manera empírica, realizando la perforación con una Jack Leg Neumática con barras de 4 pies.

Se encuentra distintas labores subterráneas entre las cuales destacan para la extracción del mineral, dos labores verticales que permiten el acceso a distintos subniveles, hacia el sur se identifica un pique principal de 50 metros y por el norte otro pique principal de 100 metros. De esta manera los costos de extracción y operación se ven afectados directamente de forma negativa durante la planificación de la profundización para continuar con la explotación y extracción del mineral de cobre.

Figura 13

Labores antiguas del derecho minero Mis Grandes Tesoros



Nota. Labores Antiguas como Subniveles y frentes de avance. Fotografías tomadas en campo

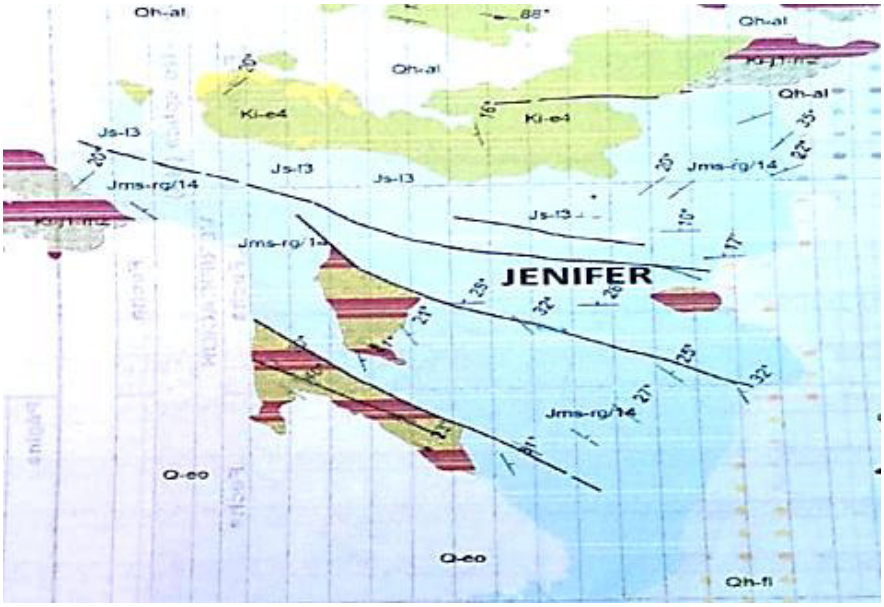
3.2.2. Geología de la unidad minera Mis Grandes Tesoros

La unidad minera Mis Grandes Tesoros se caracteriza por un yacimiento filoniano ubicado en rocas volcánicas pertenecientes a la franja de depósitos de Au-Pb-Zn-Cu, relacionados con intrusivos del Cretácico Superior del batolito de La Costa y el Complejo Bella Unión. Este yacimiento está controlado por lineamientos estructurales evidentes en

direcciones noreste y noroeste. Las rocas predominantes en el área son brechas de naturaleza andesítica o dacítica, formadas por grandes bloques angulosos. Estas brechas están intruidas por numerosos diques de andesita porfírica.

Figura 14

Geología del yacimiento Mis Grandes Tesoros



Nota. Elaboración propia.

Las rocas encajantes del yacimiento son dioritas que muestran alteración argílica en las proximidades de las vetas, indicando un intenso fracturamiento. Estas vetas se presentan en forma de rosario, con anchos que varían entre 0.90 y 4.20 metros, y muestran una tendencia a ensancharse con la profundidad. La diversidad biológica de la zona, aunque notable, es secundario a la complejidad geológica y mineralógica que define la riqueza del yacimiento.

3.2.2.1. Características del yacimiento

Mis Grandes Tesoros se centra en un yacimiento filoneano polimetálico que contiene cobre y oro, y presenta un potencial altamente favorable para su explotación. Con una orientación técnica adecuada, este yacimiento podría ser muy rentable. Por ello, se está llevando a cabo un mapeo geológico-estructural exhaustivo del distrito y un muestreo sistemático para obtener una comprensión más profunda de la geología del yacimiento. Además,

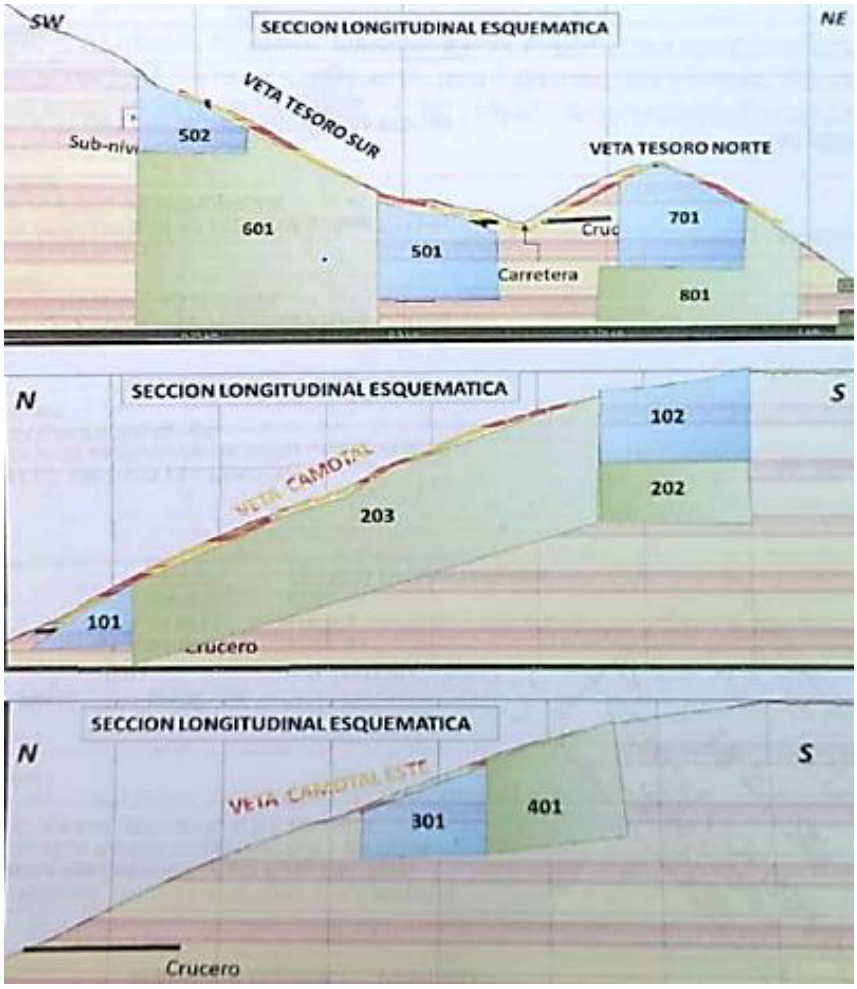
esto permitiría evaluar el posible incremento de los recursos que podrían ser susceptibles de explotación económica.

3.2.2.2. Mineralización del Proyecto

Un mineral es una sustancia sólida, inorgánica y natural que se encuentra en la corteza terrestre, caracterizada por una composición química definida y una estructura atómica ordenada. Estas entidades geológicas son el resultado de procesos geológicos complejos y se presentan en formas cristalinas específicas, cada una con propiedades físicas y químicas distintivas (Chaupi y Surco, 2023).

Figura 15

Secciones longitudinales de formaciones minerales del proyecto



Nota. Blocks de recursos indicados en azul y en verde recursos inferidos. Elaboración propia.

La mineralización del yacimiento muestra un zonamiento vertical típico. En la zona de oxidación, se pueden identificar minerales como malaquita, crisocola y goethita. En los piques, la presencia de calcosina y bornita sugiere una zona de cementación. Específicamente, en el pique de la Veta Tesoro Sur (VTS), se ha identificado la Zona Primaria, caracterizada por la presencia de calcopirita, pirita y bornita. Se ha recopilado información histórica de resultados de análisis realizados en diversos laboratorios en diferentes fechas, los cuales revelan valores signficativos de cobre total (CuT) que varían desde 1.27% Cu/TM hasta 13.26% Cu/TM. Estos datos señalarían el potencial económico del yacimiento.

3.2.2.3. Vetas del yacimiento

El yacimiento presenta vetas con corridas largas, alcanzando hasta 500 metros según observaciones preliminares. Sin embargo, el análisis del campo estructural sugiere una longitud mayor. Mineralógicamente, el yacimiento contiene hematita, óxidos de cobre como malaquita, crisocola y tenorita, así como oro libre. Las leyes históricas de estos minerales son interesantes, con concentraciones de cobre que varían desde 1.27 % hasta 13.26 %, acompañadas de oro. El estudio geológico preliminar, llevado a cabo mediante un mapeo superficial de la zona, ha identificado la existencia de cuatro vetas mineralizadas con cobre y oro.

Figura 16

Afloramiento de la Estructura en Superficie



Nota. Fotografía tomada en campo.

Además, se han hallado varios cateos antiguos que sugieren una actividad minera previa en la región. Las investigaciones iniciales indican un prometedor potencial mineral, con recursos inferidos estimados en 118,580 toneladas métricas, presentando una ley de 3-4% de cobre en forma de sulfuros y una concentración de 0.2 gramos de oro por tonelada. Se han identificado varias vetas mineralizadas con potencial económico de acuerdo a la Tabla 2.

Tabla 2

Estimación de recursos minerales

Estructura	Pot (m)	Alto	Longitud	Área (m^2)	Volumen	De	Ley cu	Ley au	Tm
V. Tesoro sur	0.8	50	60	3000	2400	2.8	3.5	0.12	8720
V. Tesoro sur	0.8	30	60	1800	1440	2.8	3.5	0.12	4032
V. Tesoro sur	1.5	65	135	8775	13163	2.8	3.5	0.12	36855
V. Tesoro norte	0.7	50	100	5000	3500	2.8	3.3	0.15	9800
V. Tesoro norte	0.7	25	120	3000	2100	2.8	3.3	0.15	5880
V. Camotas	0.9	12	50	600	540	2.8	3.7	0.14	1512
V. Camotas	1.15	30	75	2250	2588	2.8	3.7	0.14	7245
V. Camotas	1.2	30	75	2250	2700	2.8	3.7	0.14	7560
V. Camotas	0.9	60	180	10800	9720	2.8	3.7	0.14	27216
V. Camotas este	1	30	70	2100	2100	2.8	4.1	0.17	5880
V. Camotas este	1	30	70	2100	2100	2.8	4.1	0.17	5880

Nota. Elaboración propia.

Veta Tesoro Norte (VTN)

La Veta Tesoro Norte presenta una orientación dominante de N50° con un buzamiento de 80° hacia el noroeste. Esta estructura tipo rosario tiene un ancho que varía entre 0.90 y 1.20 metros. La mineralogía principal incluye pirita y calcopirita, mientras que en la superficie se encuentran óxidos de cobre (malaquita, crisocola, calcosina, tenorita, neotocita) junto con cuarzo y roca volcánica alterada argílicamente y silícicamente. En la parte alta, se han realizado trabajos de media barreta con bolsones de hasta 40 metros de longitud y alturas de hasta 30 metros a una cota de 670 msnm. También se ha identificado una cortada de 37.20 metros a una cota de 620 msnm.

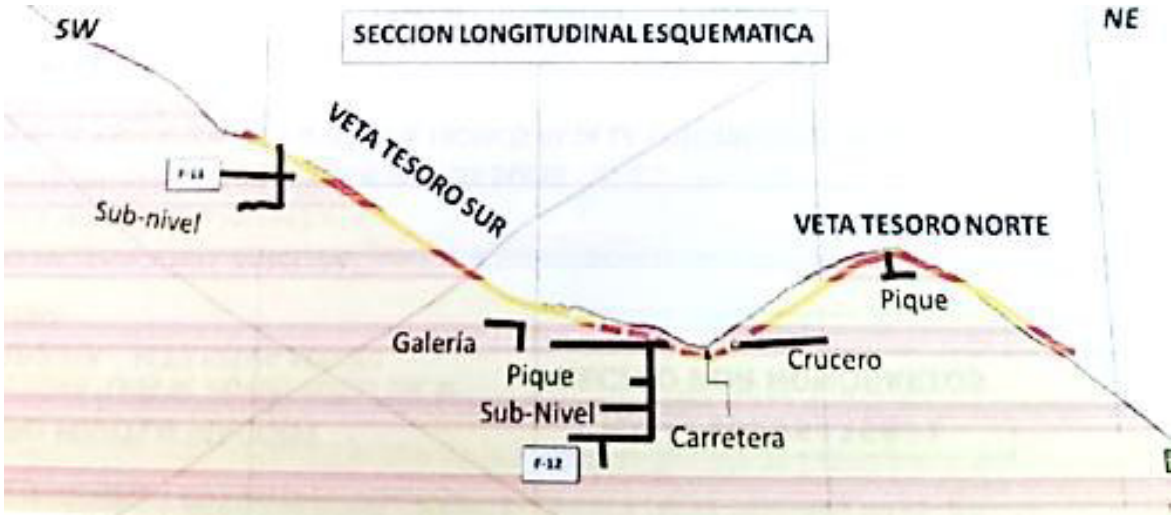
Se propone realizar una labor de 30 metros para posicionarse en la parte baja del "ore shoot", con un encampane de 50 metros estándar para la explotación minera.

Veta Tesoro Sur (VTS)

La Veta Tesoro Sur sigue una dirección dominante de 40° E y un buzamiento promedio de 75° NW. Esta estructura "tipo Rosario" varía en ancho de 0.30 a 0.90 metros, con mineralogía de baritina, pirita y calcopirita en profundidad, y óxidos de cobre (malaquita, crisocola, calcosina, tenorita, neotocita) en la superficie. Actualmente, el frente está en una zona lixiviada con una ley de %Cu 0.50. Se ha tomado una muestra del material roto, obteniendo aproximadamente 40 TM con una ley de %Cu 5.85 en sulfuros. En el frente, la veta presenta un ancho de 0.30 metros con una ley de %Cu 1.84 en sulfuros. Se propone continuar con una galería en el nivel principal y avanzar hacia el frente sur, rehabilitando los accesos e instalando una wincha para la extracción.

Figura 17

Sección longitudinal de vetas Tesoro Sur y Tesoro Norte



Nota. Elaboración propia.

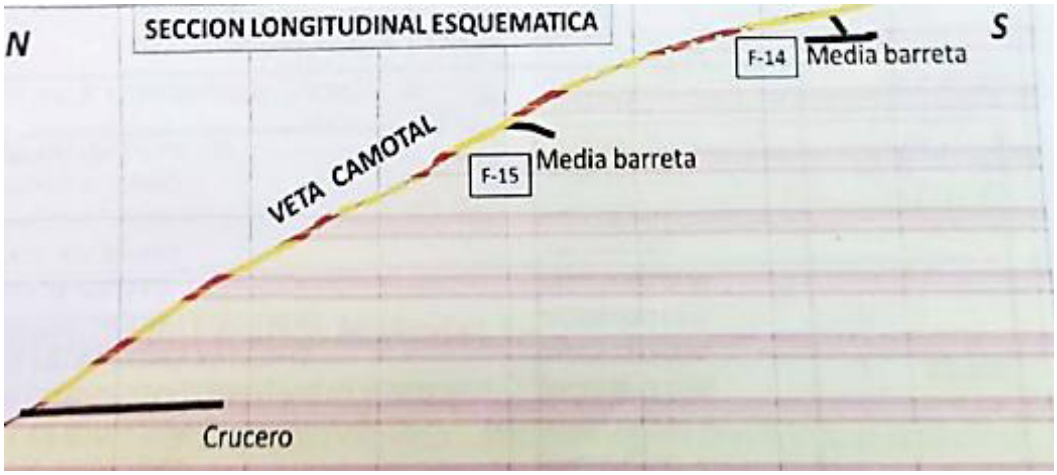
Veta Camotal (VCA)

La Veta Camotal, reconocida preliminarmente en 600 metros, tiene una dirección dominante de 140° E y un buzamiento promedio de 80° SW. Esta estructura "tipo Rosario" tiene un ancho que varía de 0.80 a 1.20 metros,

con una mineralogía de pirita y calcosina abundante. En la superficie se observan óxidos de cobre (malaquita, crisocola, calcosina, tenorita), cuarzo y roca volcánica alterada argílicamente y silícicamente. Se ha realizado un levantamiento topográfico de un crucero de 150 metros, encontrándose una zona de "stock work" con alteración argílica, óxidos de cobre, goethitas y especularita en el tramo final. Se propone girar el crucero hacia el oeste para interceptar la Veta Camotal y realizar un muestreo del cuerpo mineralizado para un análisis multielemental.

Figura 18

Sección longitudinal de la veta Camotal



Nota. Elaboración propia.

Veta Camotal Este (VCE)

Reconocida en 300 metros, la Veta Camotal Este sigue una dirección dominante de 145° E con un buzamiento promedio de 78° SW. Esta estructura "tipo Rosario" tiene un ancho de 0.70 a 1.00 metros, con mineralogía de fierro, pirita y calcosina abundante, además de óxidos de cobre (malaquita, crisocola, calcosina), cuarzo y roca volcánica alterada argílicamente y silícicamente. Se sospecha que forma un cimoide entre las vetas Camotal y Camotal Este, con un posible "split" (estructura tensional) con buena mineralización económica.

Veta Marcial (VMA)

La Veta Marcial, estimada en 100 metros, tiene una dirección dominante de 150° E y un buzamiento promedio de 88° NE. Esta estructura "tipo Rosario"

tiene un ancho de 0.80 metros, con mineralogía de pirita, calcosina y óxidos de cobre (malaquita, crisocola, calcosina, tenorita, neotocita), cuarzo y roca volcánica alterada argílicamente.

Además, se han identificado otras estructuras menores como Veta 1, Veta 2 y Veta 3 en el corte trocha, con afloramientos de vetas cortas y dirección predominante de 150° E vertical. Estas vetas, con mineralogía de pirita y óxidos de cobre (malaquita, crisocola, calcosina, tenorita, neotocita), cuarzo y jarosita, en roca volcánica alterada argílicamente, presentan un potencial exploratorio inicial prometedor.

3.2.2.4. Estado del yacimiento

La profundización de la mineralización muestra que el yacimiento ha sido objeto de trabajos mineros mínimos, con un encampane promedio de 100 metros, lo cual incrementa su atractivo para la explotación económica. La Veta Tesoro Sur (VTS) ha sido explorada con mayor intensidad, presentando un pique de 50 metros en vertical que domina una zona de sulfuros (F-12), lo cual garantiza la persistencia del mineral en profundidad, siendo esta la labor más profunda del yacimiento.

En cuanto a la Veta Camotal (VCA), se ha realizado un crucero de 80 metros con el objetivo de interceptar la veta, aunque este aún no ha alcanzado su objetivo. También se han observado trabajos exploratorios de media barreta sobre la veta, lo que sugiere la existencia de un esfuerzo continuo por delinear y caracterizar mejor la mineralización presente.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población de esta investigación está conformada por las vetas mineralizadas de la unidad minera Mis Grandes Tesoros (Veta Tesoro Sur, Tesoro Norte, Camotal, Camotal Este y Marcial).

3.3.2. Muestra

La muestra será la veta mineralizada Tesoro Sur de la unidad minera Mis Grandes Tesoros para cuya extracción de desea realizar la evaluación de

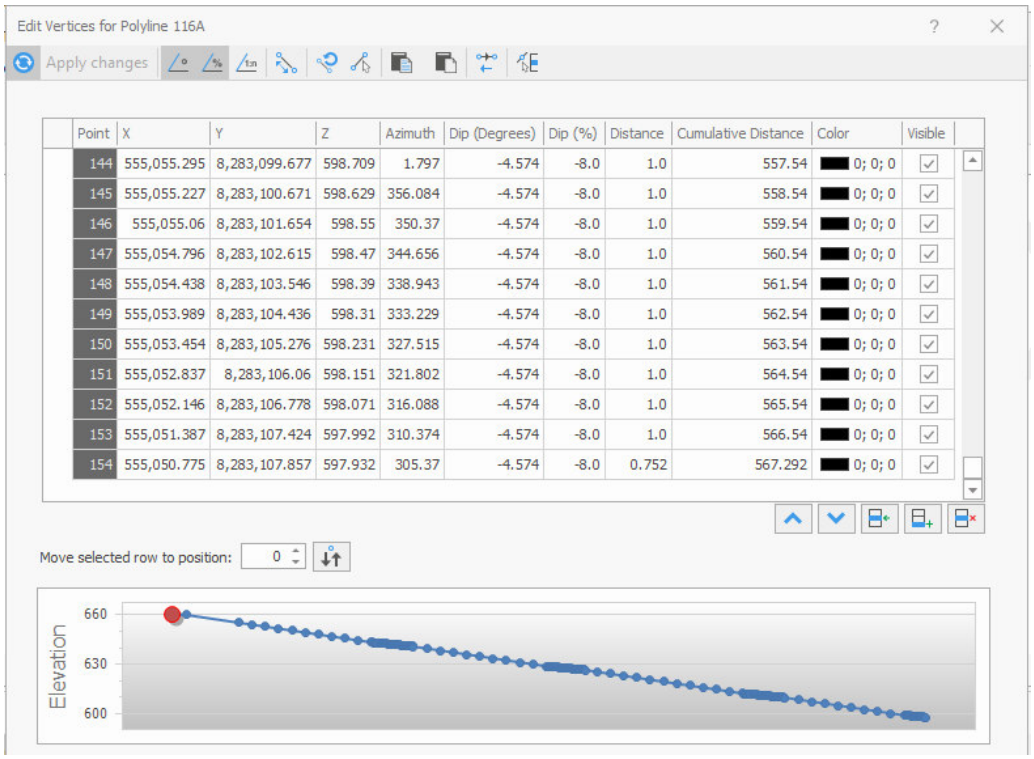
costos de una rampa de profundización. Esta se ubica en los límites de los distritos de Jaquí y Yauca, provincia de Caravelí, Arequipa.

3.4. Instrumentos

3.4.1. Software Deswik

La empresa minera cuenta con licencia de Deswik para la planificación minera. Esta es una suite de software especializada en la planificación, diseño y gestión de operaciones mineras. Proporciona un conjunto integrado de herramientas que cubren todas las etapas del ciclo de vida de la minería, desde la exploración y el diseño de minas hasta la planificación de la producción y la eficiencia de las operaciones.

Figura 19
Distancia acumulada de la longitud de la RP (-)



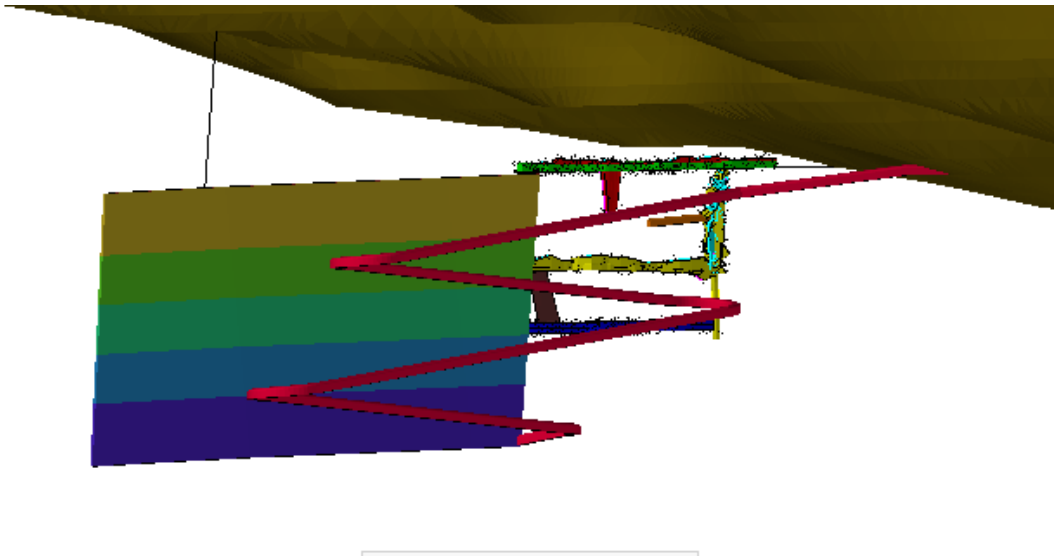
Point	X	Y	Z	Azimuth	Dip (Degrees)	Dip (%)	Distance	Cumulative Distance	Color	Visible
144	555,055.295	8,283,099.677	598.709	1.797	-4.574	-8.0	1.0	557.54	0; 0; 0	☑
145	555,055.227	8,283,100.671	598.629	356.084	-4.574	-8.0	1.0	558.54	0; 0; 0	☑
146	555,055.06	8,283,101.654	598.55	350.37	-4.574	-8.0	1.0	559.54	0; 0; 0	☑
147	555,054.796	8,283,102.615	598.47	344.656	-4.574	-8.0	1.0	560.54	0; 0; 0	☑
148	555,054.438	8,283,103.546	598.39	338.943	-4.574	-8.0	1.0	561.54	0; 0; 0	☑
149	555,053.989	8,283,104.436	598.31	333.229	-4.574	-8.0	1.0	562.54	0; 0; 0	☑
150	555,053.454	8,283,105.276	598.231	327.515	-4.574	-8.0	1.0	563.54	0; 0; 0	☑
151	555,052.837	8,283,106.06	598.151	321.802	-4.574	-8.0	1.0	564.54	0; 0; 0	☑
152	555,052.146	8,283,106.778	598.071	316.088	-4.574	-8.0	1.0	565.54	0; 0; 0	☑
153	555,051.387	8,283,107.424	597.992	310.374	-4.574	-8.0	1.0	566.54	0; 0; 0	☑
154	555,050.775	8,283,107.857	597.932	305.37	-4.574	-8.0	0.752	567.292	0; 0; 0	☑

Nota. Elaboración Propia

Utilizando el Software Deswik de modelado de labores mineras se realiza la simulación de la construcción de la rampa, con una gradiente de (-) 8% en curvas y (-) 12 % en rectas tangentes hasta llegar a Veta Tesoro Sur.

Figura 20

Previsualización lateral del RP (-)



Nota. Elaboración de propia

Deswik Mapping

Deswik Mapping es una aplicación diseñada para geólogos que permite crear mapas geológicos y tomar fotografías de forma offline y subterránea licenciada por la empresa WorkShare que es dueña de Mis Grandes Tesoros. Este programa ofrece una solución simple e integrada para el mapeo geológico digital, mejorando la eficiencia y consistencia en el trabajo de campo de los geólogos. Sus principales características son (Deswik, 2024a):

Configuración fácil. Utiliza datos de referencia como marcadores topográficos y diseño de túneles para establecer la ubicación en 3D.

Fotografía integrada. Permite usar la cámara del dispositivo para incorporar fotos de frentes y dibujar características geológicas sobre ellas.

Personalización. Todas las funciones de dibujo son configurables mediante plantillas controladas por supervisores geológicos, asegurando consistencia en estilos, tipos de roca, colores y símbolos.

Integración con Deswik CAD. Los mapas creados pueden importarse fácilmente a documentos maestros de Deswik CAD, permitiendo que otros usuarios los vean y utilicen.

***Eficiencia*.** Evita la necesidad de recrear mapas geológicos en software después del mapeo inicial, ahorrando tiempo y garantizando que las observaciones y estilos se ajusten a los estándares del sitio.

***Uso offline*.** Funciona como una aplicación independiente capaz de operar sin conexión a internet.

Deswik Spatial

Deswik Spatial es una solución geoespacial integral diseñada para la industria minera. Este software CAD ofrece herramientas avanzadas para el diseño de minas, modelado de sólidos y análisis geoespacial. El software está diseñado para ser utilizado por diversos profesionales en la industria minera, incluyendo ingenieros de planificación, geólogos, topógrafos y especialistas en medio ambiente. Deswik Spatial se integra con otros módulos de Deswik para ofrecer una solución completa de planificación minera. Sus características principales incluyen (Deswik, 2024b):

***Diseño y modelado de sólidos*.** Permite manejar grandes conjuntos de datos mineros con excelente rendimiento gráfico.

Gestión integrada de datos. Ofrece fórmulas avanzadas para cálculos de datos, incluyendo búsquedas espaciales en 3D.

***Herramientas de diseño minero*.** Incluye un motor de diseño basado en reglas para crear escenarios y análisis alternativos.

***Manejo eficiente de nubes de puntos*.** Genera sólidos a partir de escaneos y crea contornos de topografía automáticamente.

Diseño automático de tajos. Crea tajos minables automáticamente para métodos de minería vertical estrecha.

Capacidades de diseño automatizado. Permite generar rápidamente diseños de desarrollo y paneles para operaciones mineras subterráneas.

***Análisis de cuencas hidrográficas*.** Evalúa rápidamente el flujo y acumulación de agua en la topografía.

Deswik OPS

Deswik OPS es una herramienta web diseñada para la planificación de operaciones mineras, gestión de datos de producción y colaboración. Este busca mejorar la eficiencia operativa, la comunicación entre departamentos y el cumplimiento de los planes a largo plazo en las operaciones mineras. Sus principales características son (Deswik, 2024c):

***Integración con planes a largo plazo*.** Permite a los planificadores crear planes detallados por turnos basados en los programas a corto plazo.

***Plataforma centralizada*.** Ofrece una interfaz única para la entrada de datos de múltiples departamentos y se integra con otras herramientas de Deswik y sistemas de terceros.

Planificación y control. Crea planes semanales y por turnos basados en el plan a corto plazo, asigna equipos y operadores a las actividades; y prioriza tareas críticas.

Monitoreo y seguimiento. Registra el progreso de las actividades en tiempo real, compara el desempeño real con lo planificado y permite ajustes dinámicos del plan durante el turno.

***Integración de programas*.** Se conecta directamente con el programa a corto plazo, mantiene un vínculo entre las actividades en Deswik OPS y las tareas en Deswik Sched.

Captura y análisis de datos. Recopila datos de producción automática o manualmente, permite el análisis de datos históricos para mejorar la eficiencia.

Colaboración. Facilita la comunicación entre departamentos y turnos, ofrece diferentes vistas de los mismos datos para distintos usuarios.

***Reportes*.** Todos los datos están disponibles para reportes a través de una base de datos SQL Server.

Deswik Planning

Deswik Planning es una solución integrada de planificación y programación minera diseñada para manejar las necesidades de planificación de cualquier sector minero. Está diseñado para ser utilizado por ingenieros de planificación a largo y corto plazo, planificadores estratégicos e ingenieros de minas. El software forma parte de una suite más amplia de soluciones de Deswik que incluye herramientas para el diseño, modelado de sólidos, geología operacional y optimización minera (Deswik, 2024d). Sus características principales incluyen:

Programación con Diagrama de Gantt. Ofrece una potente herramienta de programación capaz de manejar grandes conjuntos de datos y combinar actividades de producción, auxiliares y de proyectos.

Vinculación dinámica entre diseños y programas mineros. Permite modificar y actualizar los programas directamente desde el entorno gráfico.

***Funcionalidad interactiva*.** Integra Deswik Spatial y Deswik Planning para una planificación más eficiente.

***Visualización en 3D*.** Proporciona una vista interactiva tridimensional de los diseños mineros y las tareas programadas.

***Capacidades avanzadas de planificación*.** Incluye nivelación avanzada de recursos y herramientas para la creación de túneles con secciones variables.

Gestión flexible de recursos. Cuenta con un potente motor de nivelación de recursos que refleja objetivos del mundo real.

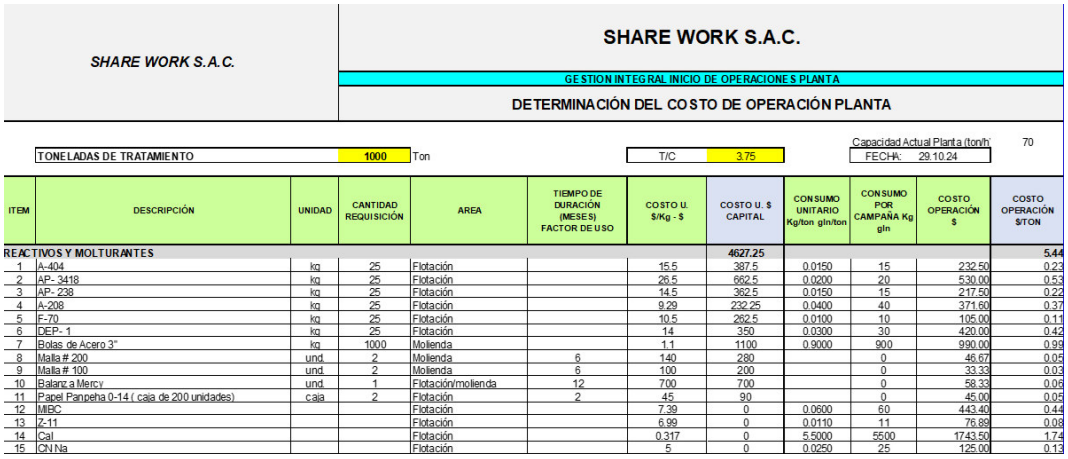
Informes integrados y análisis. Ofrece informes personalizables y herramientas de análisis de programas.

3.4.2. Ficha técnica de costos

Para la recolección de los datos de costos se empleó la Ficha Técnica de Costos de la Figura 21.

Figura 21

Ficha de costos para la recolección de datos



SHARE WORK S.A.C.

SHARE WORK S.A.C.

GESTION INTEGRAL INICIO DE OPERACIONES PLANTA

DETERMINACIÓN DEL COSTO DE OPERACIÓN PLANTA

TONELADAS DE TRATAMIENTO 1000 Ton | T/C 3.75 | Capacidad Actual Planta (ton/h) 70 | FECHA: 29.10.24

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD REQUISICIÓN	AREA	TIEMPO DE DURACIÓN (MESES) FACTOR DE USO	COSTO U. $/Kg - $	COSTO U. $ CAPITAL	CONSUMO UNITARIO Kg/ton gln/ton	CONSUMO POR CAMPAÑA Kg gln	COSTO OPERACIÓN $	COSTO OPERACIÓN $/TON
REACTIVOS Y MOLTURANTES							4627.25				5.44
1	A-404	kg	25	Flotación		15.5	387.5	0.0150	15	232.50	0.23
2	AP- 3418	kg	25	Flotación		26.5	662.5	0.0200	20	530.00	0.53
3	AP- 238	kg	25	Flotación		14.5	362.5	0.0150	15	217.50	0.22
4	A-208	kg	25	Flotación		9.29	232.25	0.0400	40	371.60	0.37
5	F-70	kg	25	Flotación		10.5	262.5	0.0100	10	105.00	0.11
6	DEP- 1	kg	25	Flotación		14	350	0.0300	30	420.00	0.42
7	Bolas de Acero 3"	kg	1000	Molienda		1.1	1100	0.9000	900	990.00	0.99
8	Malla # 200	und.	2	Molienda	6	140	280		0	46.67	0.05
9	Malla # 100	und.	2	Molienda	6	100	200		0	33.33	0.03
10	Balanza Mercy	und.	1	Flotación/molienda	12	700	700		0	58.33	0.06
11	Papel Panpeha 0-14 (caja de 200 unidades)	caja	2	Flotación	2	45	90		0	45.00	0.05
12	MIBC			Flotación		7.39	0	0.0600	60	443.40	0.44
13	Z-11			Flotación		6.99	0	0.0110	11	76.89	0.08
14	Cal			Flotación		0.317	0	5.5000	5500	1743.50	1.74
15	CN Na			Flotación		5	0	0.0250	25	125.00	0.13

Nota. La ficha completa se encuentra en el Anexo 04 – Precios Unitarios de Costos de Planta.

3.5. Procedimientos

3.5.1. Muestreo de vetas

Se recolectaron los resultados de muestras de la Veta Tesoro Sur para analizar su contenido mineral y calidad. Los muestreos sirven para ajustar el diseño de la rampa según la concentración del mineral y su accesibilidad. Esto aseguró que las áreas más ricas en cobre sean priorizadas en la fase de extracción, maximizando la eficiencia operativa.

Como resultado se halló que la Veta Tesoro Sur tiene un tonelaje de 36,855 TM con una Ley de Cu de 3.9 %.

Tabla 3

Valor de la VTS mineralizada

Valorización de VTS	Recursos de VTS	Reservas de VTS	Unidades
Toneladas de VTS	36,855	26,966	TM
Ley de Cu	3.9	3.5	%
Precio del Cu	4.21	4.21	US$/lb
	9281.45	9281.45	US$/TM
Contenido de Cu	289.58	259.88	US$/TM
Valor de VTS	10,672,420	$7,007,940	US$

Nota. Elaboración propia con información del área de geología.

Pero con el método de explotación y el desarrollo de labores programadas se estima que la cantidad de TM extraídas serán 26,966, con un valor de la VTS de 7,007,940 US$.

3.5.2. Observación directa.

Se realizó observación directa *on site* en el análisis en campo de la operación minera, permitiendo recopilar datos empíricos y actuales sobre las condiciones físicas y geológicas de la Veta Tesoro Sur. En esta técnica se realizaron inspecciones in situ de la rampa e infraestructura existente, evaluando su estructura, funcionamiento y cualquier otro parámetro que influya en la eficiencia del transporte de mineral. Esto incluye aspectos como:

***Topografía y geología del área*.** Se identificaron las características físicas del terreno que influyen en el diseño de la rampa, en contrastación con los planos geológicos.

Condiciones actuales de extracción y transporte. Se analizaron cómo los métodos actuales impactan los costos de operación.

Identificación de limitaciones operativas. Cualquier dificultad operativa actual, como congestión en las rampas o ineficiencias en la extracción, será evaluada.

3.5.2.1. Documentos de gestión de operaciones

Consisten en documentos administrativos y técnicos de la operación minera, tales como planes de desarrollo, reportes de operaciones previas y futuros escenarios de producción. Estos documentos proporcionaron un marco para entender las limitaciones y oportunidades del proyecto, y ayudaron a alinearlo con los objetivos económicos y técnicos de esta investigación.

3.5.2.2. Reportes de geología y mapeos geológicos

Son informes que detallan la composición, disposición y características de las vetas de mineral, junto con mapas que muestran su ubicación y extensión dentro del subsuelo. Estos sirven para determinar las zonas más

rentables para la extracción y las condiciones geológicas que pueden influir en el diseño de la rampa. A través del mapeo geológico, se identificaron las mejores rutas para la rampa, minimizando riesgos y reduciendo el costo de la explotación del mineral.

3.6. Análisis de datos

3.6.1. Programas especializados en la planificación minera.

Estos softwares permiten modelar el diseño de la rampa de profundización de manera precisa. Actualmente la empresa minera cuenta con licencias Deswik para calcular la geometría ideal, pendiente y otros parámetros importantes que afectaron los costos y la rentabilidad de la explotación minera.

3.6.2. Simulación y modelado

Mediante esta técnica, se utilizaron herramientas de software especializadas (Deswik) para simular diferentes escenarios de diseño de rampas. Este proceso permite (1) Modelar la geometría de la rampa, (2) Simular operaciones mineras y, (3) Estimar costos de extracción.

Se crearon representaciones tridimensionales del diseño de la rampa, considerando variables como geometría, pendiente y radio de curvatura, para asegurar un transporte eficiente. A su vez se realizaron pruebas o simulaciones para evaluar el rendimiento del diseño bajo diferentes condiciones operativas. Esto incluyó analizar el flujo de vehículos y el tiempo de transporte del mineral desde la veta hasta el punto de extracción. Las simulaciones ayudaron a predecir cómo variaciones en los parámetros de la rampa influye en los costos de acarreo y en la rentabilidad del proyecto, permitiendo ajustar el diseño antes de su implementación.

Se determinó la limpieza y acarreo a través de un sistema semimecanizado, en una sección de 2.4 metros por 2.4 metros, una gradiente de (-) 12 % en rectas tangentes de la rampa, los equipos que se utilizaran para la limpieza será un LH201BI (ScoopTrams Diesel) con una capacidad de 0.8 yd^3, aproximado de 0.6 m3 de capacidad de cuchara.

3.6.3. Análisis de costos

Se utilizó el análisis de costos para evaluar la viabilidad económica del diseño propuesto de la rampa de profundización. Principalmente se evaluó el cálculo de costos de extracción y se identificaron los costos actuales por tonelada de mineral extraído. Se compararon con los costos esperados con el diseño de extracción anterior, incluyendo el análisis de costos de acarreo, ventilación y mantenimiento de la infraestructura.

Se realizó la evaluación del Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). Esto permite proyectar los flujos de caja futuros esperados con el nuevo diseño para determinar su impacto en la rentabilidad del proyecto. Finalmente, se realizó la estimación del costo total del proyecto. Se incluyó el costo de construcción y mantenimiento de la nueva rampa, así como los beneficios financieros a lo largo del tiempo.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

Para el diseño y construcción de la Rampa de Profundización para la extracción de cobre de La Veta Tesoro Sur (VTS), se consideró su inicio en en el Nv. 660. Será una rampa negativa (-), su desarrollo será sobre material estéril, por tal motivo se evaluó que la longitud de la RP (-) sea la menor posible, siempre considerando los parámetros eficientes para su diseño optimo. La gradiente se definió en función de los equipos planificados como *Scooptrams* y *Dumper* en interior mina; se considera que los equipos no tendrán dificultades para subir con carga de material estéril y mineral. Tendrá una gradiente de (-) 12% en rectas tangentes de la rampa.

El material roto será cargado con el ScoopTrams en un Dumper de 2.5TM de capacidad. Por disparo se tendrá 8.34 m^3 de material roto en la rampa de profundización del Nv. 660 con una sección de 2.4 metros por 2.4 metros, una densidad de 2.5 TM/m^3 de la roca y un esponjamiento del 30%. Siendo en total de 20.85 TM con el esponjamiento 27.12 TM de material roto por disparo. Se considera realizar refugios cada 50 metros y cámara de carguío cada 200 metros de rampa.

Para el diseño de la rampa de profundización se tiene en cuenta que la rampa se desarrolle por zona donde la roca sea más competente.

4.1.1. Resultados de parámetros de diseño

Se muestran los parámetros para el diseño y construcción de la Rampa (-) Nv 660 que será construida en el nivel 660 hasta el Nv 595 en la Tabla 4. La rampa de profundización será construida en roca estéril según la clasificación obtenida el RMR es de 79 con una calidad de roca Buena, la roca caja de la veta tesoro sur su RMR es de 61 calidad de roca Buena.

Tabla 4

Parámetros del diseño de RP de Profundización

Características	RP Nv 660	Unidades
Longitud total de RP	542	metros
RGI	1.950	Metros
RGE	3.400	metros
Sección de RP	2.4 x 2.4	metros
Gradiente Lineal	(-) 12	%
Gradiente en curvas	(-) 8	%
Peralte	0.3662	metros
RMR Calidad Roca	80	Competente - Buena
Sostenimiento	Split Sets Ocasional	
Tipo de RP	ZigZag	(-) Negativa

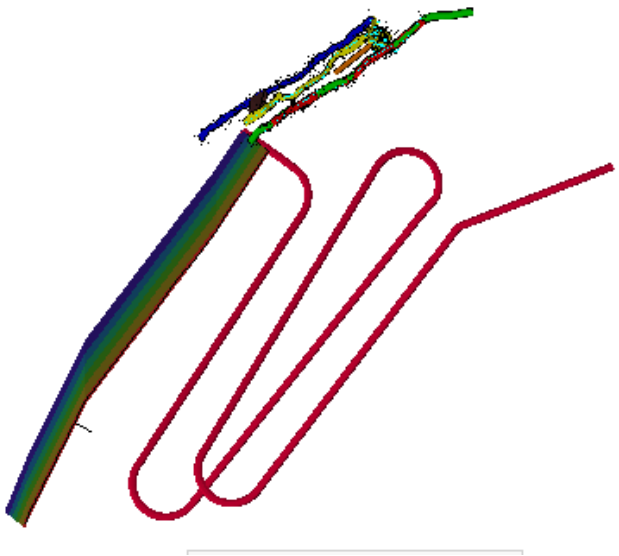
Nota. Elaboración propia.

4.1.1.1. Tipo de Rampa

La rampa de profundización para extraer el mineral de cobre de la Veta Tesoro Sur, iniciará en el Nv 660 profundizando 65 metros en vertical con una longitud de 542 metros aproximados, hasta el Nv 595, cada 50 metros se realizarán refugios, cada 200 m cámaras de carguío, el tipo de rampa será en zigzag (Figura 22), que permitirá el acceso a la explotación y extracción del mineral de cobre de la Veta Tesoro Sur.

Figura 22

Previsualización de la rampa en planta



Nota. Elaborado con Deswik.

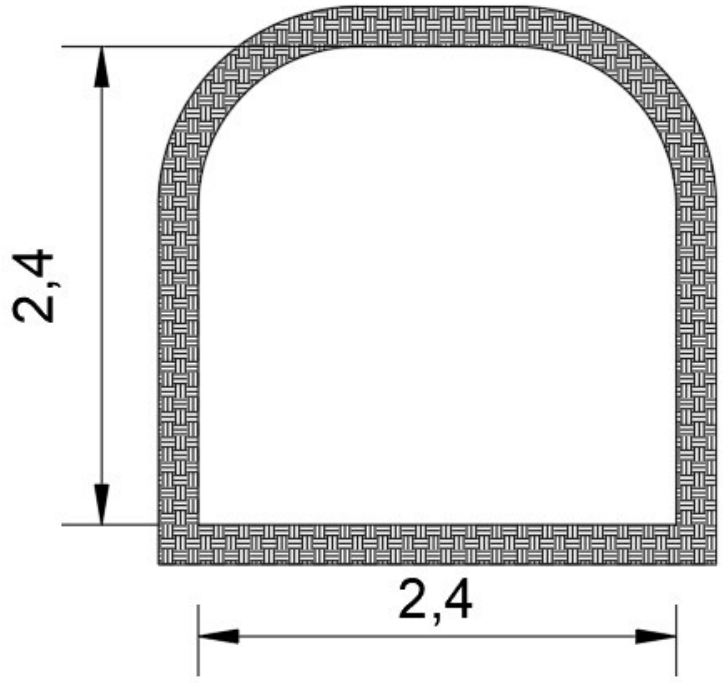
4.1.1.2. Sección de Rampa

Para el diseño de la sección de la rampa de profundización, se tomó como criterio el tamaño de los equipos planificados para el acarreo, carguío y limpieza, características del macizo rocoso. La sección de la rampa (-) del Nv. 660 será el estándar de 8’ x 8’, 2.4 metros por 2.4 metros como se muestra en la Figura 23. La calidad de roca es buena y competente, la sección de la RP (-) será de 2.4 metros por 2.4 metros, con sostenimiento puntual y ocasional de *split set*.

Se aplicará el tipo de sostenimiento según la tabla geomecánica, la estructura de la roca es levemente fracturada, de 2 a 6 fracturas por metro; muy resistentes y levemente alterada, se rompe con varios golpes de picota; lo cual clasifica el tipo de roca Buena. Por tal motivo, se aplicará sostenimiento activo de pernos Split set de 1.2 x 1.2 metros de forma ocasional y puntual según lo requiera el avance de la RP (-) de profundización.

Figura 23

Sección de la RP (-) de Profundización Nv 660



Nota. Elaboración propia.

4.1.1.3. Gradiente de RP (-) Nv 660

La gradiente de la rampa negativa de profundización será de (-) 12 %, según los equipos que se utilizarán en la construcción; equipos mecanizados que posteriormente se utilizarán en el desarrollo y preparación de labores en mina y la explotación de la Veta Tesoro Sur.

4.1.1.4. Radio mínimo de curvatura

Consideramos las dimensiones de los equipos de mayor tamaño que serán utilizados para la construcción de la Rampa de Profundización, y los equipos utilizados para la explotación de la Veta Tesoro Sur. El RGI y RGE son datos proporcionados por la ficha técnica del equipo de la empresa (Figura 24), con los cuales se realizaron los siguientes cálculos:

$$Rp = \frac{RGI + RGE}{2}$$

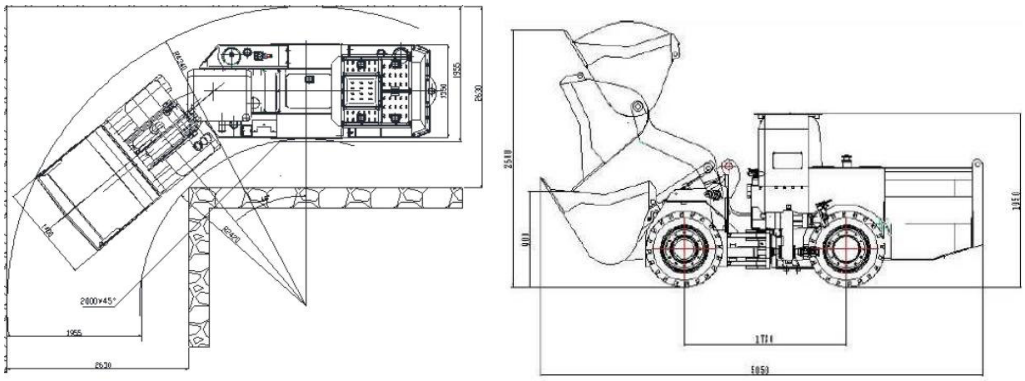
$$Rp = \frac{1950mm + 3400mm}{2}$$

$$Rp = \frac{5330mm}{2}$$

$$Rp = 2675\ mm = 2.675\ m$$

Figura 24

Radio de curvatura para ScoopTrams de 0.8 yd³



Nota. Elaborado en base a la ficha técnica de los equipos ScoopTram.

4.1.1.5. Longitud de RP (-) Nv 660

La distancia de desarrollo se iniciará en una cota inicial del Nv 660, la rampa tiene como objetivo profundizar para llegar a explotar la Veta Tesoro Sur, preparar tajos en una altura vertical de 65 metros, la RP (-) con una gradiente de (-) 12% en rectas tangentes, la longitud total de la rampa será de 542 metros. Para el cálculo de la longitud se ha considerado el *ScoopTram* como un equipo de carguío cautivo en interior mina que no debe realizar el acarreo del material más de 150 metros (Figura 25). El desplazamiento del ScoopTrams con carga de material en la cuchara no debe ser mayor de 100 a 150 metros de acuerdo a las recomendaciones mecánicas de los equipos. Los cálculos para determinar la longitud de la rampa se detallan a continuación:

$$\%Gradiente = \frac{Altura}{Distancia} x\ 100$$

$$Distancia = \frac{Altura}{\%\ Gradiente} x\ 100$$

$$Distancia = \frac{65\ m}{12} x\ 100$$

$$Distancia = 541.67 = 542\ metros$$

Figura 25

Scoop de 1.5 yd³ en Superficie



Nota. Fotografía tomada en campo.

4.1.1.6. Peralte

Se consideraron los equipos que transitarán en la rampa de profundización, según la velocidad y el radio de curvatura hallado, se calcula lo siguiente:

$$H = \frac{V^2 * a}{Rp * g}$$

$$H = \frac{(2\frac{m}{s})^2 * 2.4m}{2.675\ m * 9.8\ m/s2}$$

$$H = \frac{9.6}{26.215} = 0.3662\ m$$

4.1.2. Resultados del diseño de perforación y voladura

Para realizar la perforación se consideraron las características, según la sección de la Rampa de profundización negativa de la Tabla 5.

Tabla 5

Parámetros de perforación y voladura

Parámetro	**Valor**
Sección de la rampa	2.4 metros por 2.4 metros
Gradiente	(-) 12%
Perforadora neumática	Jack Leg RNP 250X
Barras cónicas	2, 4 y 6 pies
Brocas	38 y 41 mm
Tipo de roca	Buena
N° de taladros	38 taladros
Arranque	Corte quemado
Longitud de perforación	6 pies
Eficiencia de perforación	88%
Eficiencia de voladura	90%
Densidad de la roca	2.5

Nota. Elaboración propia.

Los equipos a utilizar serán perforadores neumáticos JackLeg , la calidad de roca está clasificada como Buena, por lo cual la marca de la perforadora será RNP 250 que son más eficientes que las YT 29A (realizando una comparación la YT29A y la RNP 250 ; la YT29A su costo es más bajo y su eficiencia es mejor en calidad de roca suave, mientras que la RNP su costo en más elevado que una YT29A, pero es más eficiente en calidad de roca regular y dura).

Figura 26
Perforación con JackLeg



Nota. Fotografía tomada en campo.

4.1.2.1. Diseño de malla de perforación

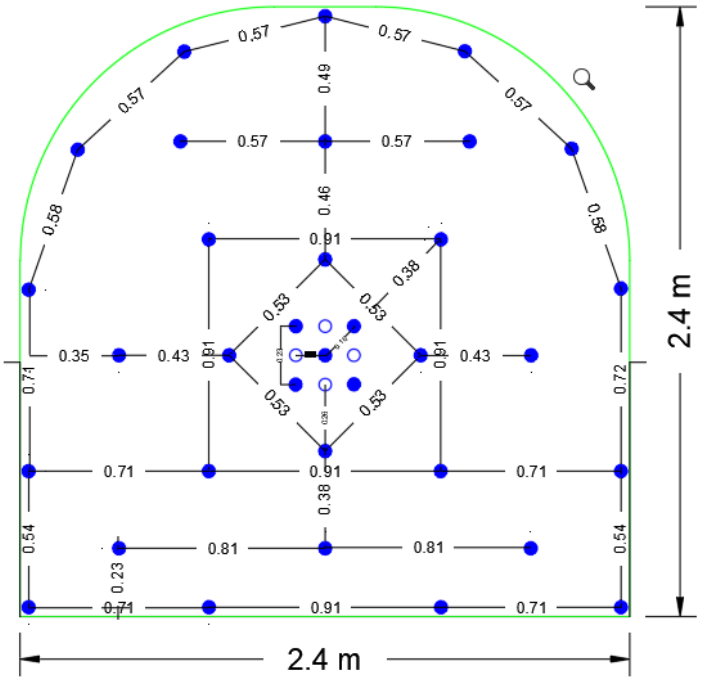
Se considera la sección de la rampa de profundización negativa de 2.4 metros por 2.4 metros, este estándar se considera para equipos sobre ruedas de menor tamaño como Scooptrams de 0.8 yd^3 y dumper de 2.5 TM, por lo general con estas dimensiones de rampa permite realizar las maniobras eficientes. En este sentido, para estas dimensiones de labor corresponden los parámetros de diseño de la Tabla 6 y Figura 27.

Tabla 6
Parámetros del diseño de malla de perforación

Parámetro	Cálculo	Resultado
Longitud real de perforación	6 ft * 0.3048 m/ft * 88%	1.61 m/disparo
Longitud real de avance	1.61 m/disparo * 90%	1.45 m/disparo
Volumen roto	2.4 m * 2.4 m * 1.45 m/disparo	8.34 m^3
TM roto	8.34 m3 * 2.5 TM/m3	20.86 TM/disparo
Taladros de alivio		4
Total, de taladros	34 + 4	38 taladros
Pies Perforados	38* 6ft * 88%	200.64 pp/disparo
PP / metros de avance	$\frac{200 * 64}{1.45}$	138.37 pp/m

Figura 27

Diseño de malla para la RP (-) de profundización



Nota. Departamento de operaciones mina

4.1.2.2. Distribución de carga

Se considera cargar los taladros con armadas, Dinamita 65% 7/8” x 7” o Emulnor 5000 7/8” x 7”, Mecha Rápida; confinados con arcilla o detritos para el taco.

Tabla 7

Parámetros de distribución de carga

Parámetro	Valor
Numero de taladros cargados	34 taladros
Numero de taladros de alivio	4
Cantidad de Armadas	34 und
Dinamita 65 7/8” x 7”	34 und
Kg de Explosivos	40.80 Kg
Mecha rápida	72.60 m
Longitud de barra cónica	6 ft
Eficiencia de perforación	88%
Longitud del taladro	5.28 ft
Diámetro del taladro	38mm
Densidad del Dinamita 65 7/8” x 7	1.14 gr/cm3

Profundidad de carga

Consideramos que 2/3 de la longitud de la perforación deben ser cargados con cartuchos y 1/3 de todo el taladro rellenado con taco de la longitud de perforación real.

N° de cartuchos DINAMITA 8x8 x Tal.	:	6 und
N° total de cartuchos DINAMITA 8x8	:	204 und
Total de Kg explosivos	:	16.67 Kg

4.1.2.3. Cálculo del factor de carga

Para este cálculo se considera lo siguiente:

$$Factor\ de\ Carga = \frac{Kg\ de\ explosivo}{Volumen\ roto\ (m3)}$$

$$Factor\ de\ Carga = \frac{16.67\ Kg}{8.34\ (m3)}$$

$$Factor\ de\ Carga = \ 1.99\ Kg/m3$$

4.1.2.4. Cálculo del factor de potencia

Para el cálculo del factor potencia se consideraron las siguientes ecuaciones:

$$Factor\ de\ Potencia = \frac{Kg\ de\ explosivo}{Tonelaje\ roto\ (TM)}$$

$$Factor\ de\ Potencia = \frac{16.67\ Kg}{20.86\ (TM)}$$

$$Factor\ de\ Potencia = \ 0.80\ Kg/TM$$

4.1.2.5. Resumen y ajustes de la perforación y voladura

Se realizaron ajustes en cuanto a los cálculos obtenidos para la distribución de carga de acuerdo a la Tabla 8.

Tabla 8

Distribución de carga

Accesorios y Explosivos				Total de Cartuchos	Total Explosivo (Kg)
Taladros de 38mm	**N° de TAL.**	**E5000**	**Armadas**		
Alivio	4				
Arranque	5	6	6	30	2.42
1ra Ayuda	4	6	6	24	1.94
2da Ayuda	4	6	6	24	1.94
3ra Ayuda	4	6	6	24	1.94
Hastiales	4	6	6	24	1.94
Ayuda Corona	2	6	6	12	0.97
Corona	5	6	6	30	2.42
Ayuda al arrastre	2	6	6	12	0.97
Arrastre	4	6	6	24	1.94
TOTAL	**38**		54	**204**	**16.45**

Nota. Elaboración propia.

Se realizaron ajustes en cuanto a los cálculos obtenidos para parámetros técnicos de perforación y voladura de acuerdo a la Tabla 9.

Tabla 9

Parámetros técnicos finales de perforación y voladura

Parámetros	**Unidades**	**Valor**
Malla de Perforación		
Sección	2.4 m x 2.4 m	
Densidad de la roca	gr/cm^3	2.5
Longitud de perforación:	m	1.61
Densidad del Explosivo:	gr/cm^3	1.14
Diámetro del taladro:	mm	38
Diámetro del taladro:	pulg	1.5
N° de taladros cargados	und	34
N° de taladros de alivio	und	4
Cantidad de carga por metro	kg	1.29
Voladura		
Longitud de avance	m	1.45
Eficiencia de voladura	%	0.9
Volumen roto	m^3	8.34
Tonelaje roto	t	20.86
Factor de carga	kg/m^3	1.99
Factor de Potencia	kg/t	0.8
Factor de avance	kg/m	11.5

Nota. Elaboración propia.

4.1.3. Resultados de equipos

El Dumper que se utilizará para el acarreo de material roto desde las cámaras de carguío hasta cancha de acumulación tendrá una capacidad de 2.5 TM y sus características se muestran en la Tabla 10. En el Anexo 03 se muestra el cálculo de eficiencia del equipo.

Tabla 10
Características del Dumper 2.5 TM

Características	Valor
Longitud de tolva de carguío	1800 mm
Ancho de Tolva	1100 mm
Alto de Tolva	500 mm
Tamaño del vehículo	3300 x 1150 x 1400 mm
Capacidad de tolva	2.5 TM
Potencia Kw (HP)	16.2 KW (24 HP)

Nota. Elaboración propia con la ficha técnica del equipo.

Por su parte, las características del ScoopTram 0.8 yd^3 que se utilizará se muestra en la Tabla 11 y la Figura 28 muestra el equipo. El Anexo 02 muestra los cálculos de eficiencia del equipo.

Tabla 11
LH201 Scooptram 0.8 yd^3

Características	Valor
Dimensiones	5050 x 1100 x 1950 mm
Ancho del cucharon	1180 x 1180
Distancia mínima del suelo	220 mm
Altura Max elevación	2600 mm
Altura Max descargar	900 mm
Radio de giro	1950 / 3400 mm – 38°
Modelo	LH 201
Velocidad	0 – 8 Km/h
Volumen del tanque	65 L
Tiempo de ciclo de operación	56.9 s
Potencia del motor	47.5 Kw (66 HP)
Volumen de material roto por disparo	8.34 m^3
Factor de esponjamiento	0.3
Capacidad de cuchara	0.8 yd^3/0.6 m^3
Carga útil	1200 kg

Nota. Elaboración propia con la ficha técnica del equipo.

Figura 28

LH201 Scooptram 0.8 yd³



Nota. Elaborado con la ficha técnica del equipo.

4.1.3.1. Eficiencia del Dumper de 2.5 TM

La eficiencia del Dumper de 2.5 TM a una distancia de 600 metros es de 5.29 TM/hora, y la eficiencia del ScoopTram de 0.8 yd³ a una distancia de 150 metros de acarreo de material roto es de 6.22 TM/hora. La Figura 29 muestra el Dumper y la Tabla 12 muestra los cálculos de acarreo con este Dumper.

Figura 29

Mini Dumper de 2.5 TM



Nota. Fotografías tomadas en campo.

Tabla 12
Acarreo con Dumper 2.5 TM

Parámetro	Valor
Volumen del material roto en total	10.85 m3
N° de cucharas/frente	18.07 = 18
Capacidad de carga	2.5 TM
Volumen de la tolva	.99 m3
N° de cucharas por tolva	1.75
N° de viajes	10.4 = 11 viajes

Nota. Elaboración propia.

4.1.3.2. Ventilación

Se realizó el cálculo de aire del requerimiento de caudal de aire para la ventilación durante la construcción de la RP (-). Se consideraron los parámetros mínimos de acuerdo al Anexo 38 y el Art. 252º del Reglamento de Seguridad y salud Ocupacional en minería D.S. 024-2016-EM y su modificatoria D.S. Nº 023-2017-EM.

Requerimiento de Aire Total

El nivel donde iniciará la RP(-) es el Nv. 660, menor a 1500 m.s.n.m. La Tabla 13 muestra los cálculos para el requerimiento de caudal de aire.

Tabla 13
Requerimiento de caudal de aire

Caudal	Descripción	m3/min	CFM
Qtr	Trabajadores	60	2 118.88
Qte	Temperatura	172.8	6 102.37
Qeq	Equipos	216.11	7 631.85
Qfu	Fugas	41.4162	1462.60
Qt	Total	489	17268

Nota. Elaboración propia

Es requerido utilizar ventiladores auxiliares para la construcción y diseño de la RP (-) de profundización, de 20 000 CFM. El requerimiento de aire total del Nv. 660 será de 489 m^3/min lo que equivale a 17 268 CFM.

Especificaciones del Ventilador Axial

El ventilador es axial de 30 000CFM con base portátil de ruedas de 21 pulgadas y cuenta con 30 metros de manga tipo embudo con reducción de 21 pulgadas a 16 pulgadas material tarflex 200gr azul nata, con un costo de 2950 US$. Sus características se detallan en la Tabla 14.

Tabla 14

Características del ventilador axial de 30000 CFM con base portátil de ruedas.

Característica	Valor
Modelo	BIAXI-21P-30C
Hélices	6 aletas fijas de acero forjado
Diámetro	21 pulgadas
Transmisión	acople directo
Velocidad	3600 RPM
Motor	TRIFÁSICO DE 10HP 220V. 380.440V-3PH, 60HZ

Nota. Inversiones Bahamonde

Figura 30

Ventilador de 30000CFM



Nota. Inversiones Bahamonde

4.1.4. Resultados de costos de la rampa de profundización

La rampa de profundización del Nv660, con sección de 2.4 metros por 2.4 metros, se diseñó y evaluó construcción con el fin de extraer el mineral de cobre en la Veta Tesoro Sur. Para la evaluación de costos se consideraron los costos de la rampa de profundización, labores que permitirán el acceso y explotación de las galerías, cortadas, sub niveles, chimeneas de servicios, cámaras de carguío, refugios, sostenimiento ocasional y puntual, instalaciones de servicios, entre otros. Se evaluó el precio unitario por metro lineal de la construcción de la rampa de profundización de 2.4 m por 2.4 m, también el desarrollo y preparación de labores subterráneas para la extracción de mineral de cobre de la Veta Tesoro Sur y finalmente la realización la explotación de la veta mineralizada.

4.1.4.1. Costos de voladura

La voladura es convencional se realiza con dinamia 65% 7/8” x 7” o emulsión 5000 7/8” x 7” que serán encebadas con armadas encapsuladas con Fulminante N°8, y guía blanca. Posteriormente confinadas con tacos preparados con tierra húmeda.

Tabla 15

Costo de explosivos

Explosivos	Cantidad	Unidad	P.U. (US$)	Parcial	Subtotal ($/m)
Dinamita 7/8"X7" 65%	34	und	0.55	18.68	12.9
Dinamita 7/8"X7" 65%	170	und	0.55	93.41	64.49
GUIA BLANCA	72.6	m	0.46	33.51	23.13
FULMINANTE	34	Pz	0.31	10.46	7.22
				Total	**107.74**

4.1.4.2. Precios Unitarios

Se considera los costos de mano de obra, aceros de perforación, voladura, herramientas, materiales, Epps, equipos; para el desarrollo de una rampa convencional con limpieza y acarreo semimecanizado en calidad de roca regular a buena.

Tabla 16

Tabla de P.U. de una Rampa (-) 2.4m x 2.4m

Descripción	Cantidad /Corte	Unidad	P.U.(US$)	Parcial	Subtotal ($/m)	Total US$
MANO DE OBRA H/G						
Maestro Perforista	1.31	Tarea	44.76	58.75	40.56	
Ayudante de perforista	1.31	Tarea	39.33	51.62	35.64	
Operador ScoopTram	0.44	Tarea	50.19	21.96	15.16	
Capataz	0.33	Tarea	50.19	16.47	11.37	**102.73**
MATERIALES						
Barra cónica de 2'	200.64	pp	0.03	6.45	4.45	
Barra cónica de 4'	133.76	pp	0.06	8.50	5.87	
Barra cónica de 6'	66.88	pp	0.08	5.49	3.79	
Broca descartable 38 mm	200.64	pp	0.08	15.78	10.89	
Aceite de perforación	0.25	Gln	11.59	2.91	2.01	
Mang de 1/2" (30m/disp.)	1.00	Disp.	0.56	0.56	0.39	
Mang de 1" (30m/disp.)	1.00	Disp.	1.08	1.08	0.74	
Tubería de 1" y Accesorios	1.45	m	2.75	3.98	2.75	
Tubería de 2" y Accesorios	1.45	m	5.28	7.65	5.28	**36.18**
IMPLEMENTOS Y HERRAMIENTAS						
Implementos de Seguridad perforación	1.31	Tarea	3.54	4.65	3.21	
Implementos de Seguridad Operadores	1.31	Tarea	2.69	3.53	2.44	
Alcayatas para tubería	0.58	und	7.65	4.43	3.06	
Herramientas perforación voladura	1.00	Tarea	6.51	6.51	4.50	**13.20**
EQUIPOS						
Perforadora Jackleg	200.64	pp	0.06	12.26	8.47	
COMPRESORA 375CFM +D2+OP	2.11	h/m	27.17	155.64	107.46	**155.52**
COSTO DIRECTO						**307.64**
UTILIDAD		**10%**				**30.76**
COSTO DE EXPLOSIVO						**107.74**
COSTO INDIRECTO						**138.51**
GASTOS GENERALES		**23.14%**				**71.20**
US$ / m	**517.34**					

Nota. Elaboración propia.

Los costos directos están relacionados con las operaciones mina, como el consumo de aceros, por parte de la perforación, voladura, mano de obra, materiales, herramientas e implementos de seguridad de acuerdo a la Tabla17.

Tabla 17

Costos de Herramientas incluidos en el P.U. de la RP (-)

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (US$/Und.)	Vida Útil (guardias)
Lampa Minera	Pza.	1	9.50	60
Pico de punta y pala	Pza.	1	11.00	90
Barretilla Hexagonal de 4'	Pza.	2	23.00	60
Barretilla Hexagonal de 6'	Pza.	2	28.00	60
Barretilla Hexagonal de 8'	Pza.	2	33.00	60
Llave Francesa de 12"	Pza.	1	8.53	90
Llave de corona / boca 3/4	Pza.	2	19.00	180
Flexómetro de 5 m	Pza.	1	3.95	90
Llave stillson de 14"	Pza.	1	13.27	180
Llave stillson de 18"	Pza.	1	22.00	180
Llave stillson de 24"	Pza.	1	31.69	180
Ocre rojo (para marcar malla)	Kg.	1	3.50	4
Pintura	Gln	1	11.49	20
Cinta band it	m	1	0.18	1
Cordel de nylon p/ diric.y gradiente	Ovillo	1	3.00	90
Atacador	Pza	4	4.00	10
Cucharilla	Pza	1	8.00	180
Soplete	Pza	1	11.75	180
Sacabarreno	Pza	1	25.00	150
Azuela de acero de 4 libras	Pza	1	10.91	180
Arco de sierra	Pza	1	5.00	60
Hoja de sierra	Pza	1	1.65	3
Pintura Spray	Pza.	1	3.00	6
Adaptador de pernos Split Set	Pza.	1	122.00	180
Corvina	Pza.	1	55.86	180
Nivel y escuadra	Pza.	1	10.00	180
Cizalla 24"	Pza.	1	59.80	180
Guiador	Pza.	3	2.50	30
Punzón encebado	Pza.	1	2.62	360
Soga de 1"	mt	50	1.85	60
Soga de 1/2"	mt	50	1.50	60
Punta de diamante	Pza.	1	4.55	120
Santiago	Pza.	1	650.00	480
Pata de cabra	Pza.	1	19.00	180

Nota. Departamento de costos

Tabla 18

Costos de Materiales incluidos en el P.U. de la RP (-)

Perforación manual	Unidad	Precio$.	Vida Útil	Prec/disp.
Perforadora neumática J*ackleg*	pza	5500.00	**90000**	0.06
Reparación y Mantenimiento	%		97%	0.06
Patilladora	pza		50000	-
Barra cónica de 2'	pza	45.00	1400	0.03
Barra cónica de 4'	pza	89.00	1400	0.06
Barra cónica de 6'	pza	115.00	1400	0.08
Broca descartable 38 - 41 mm	pza	31.46	400	0.08
Manga de 1/2" (30m/disp.)	m	2.24	120	0.56
Manga de 1" (30m/disp.)	m	4.31	120	1.08
Manga de Ventilación 24"	m	3.50	1	3.50
Línea Mensajera para manga	m	0.27	1	0.27
Tubería de HDPE de 2' + Accesorios	m	5.28	1	5.28
Tubería de HDPE de 1'+ Accesorios	m	2.75	1	2.75
Aceite de perforación (Túrcula 100)	gln	11.59	1	11.59
Combustible Petróleo	gln	5.00	1	5.00
Perno Split Set. De 5'	pza	7.90	1	7.90

Nota. Departamento de costos

Se incluyen los costos de las herramientas y materiales que se utilizaran para la perforación y operación de mina para la construcción de la RP (-)

Dentro de los costos indirectos y gastos generales se incluyen los costos de supervisión y administración, mantenimiento, utilidad de ganancia, impuestos, logística, transporte de personal y servicios generales.

4.1.4.3. Costos de ventilación

En la construcción de la rampa de profundización se utilizarán ventiladores de 30 000 CFM hasta realizar una chimenea de servicios para la ventilación. El costo de alquiler de ventilador 30 000 CFM se evaluó en 20 000 US$.

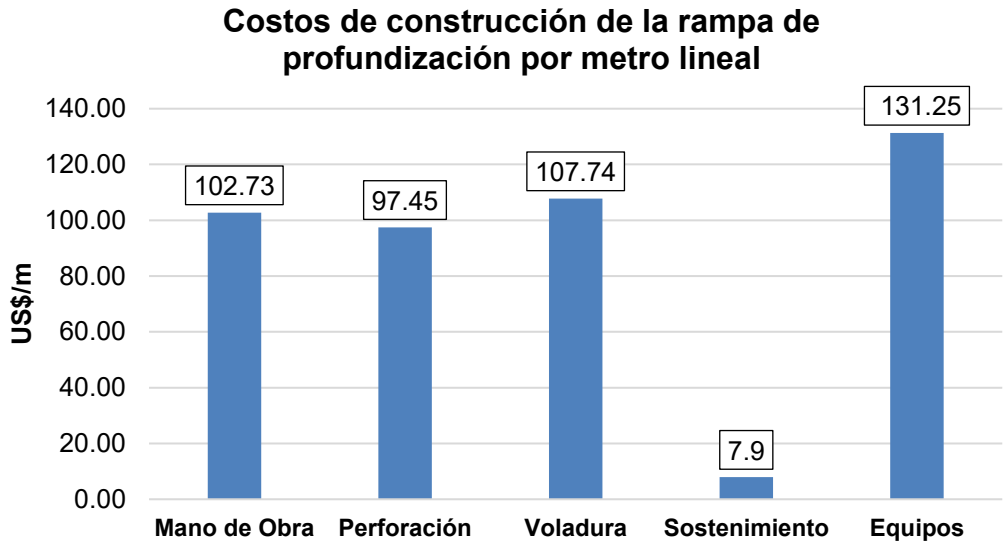
4.1.4.4. Costos de construcción del proyecto

Los costos de los equipos son los más elevados, pero se considera también que el desarrollo de la RP (-) será en menor tiempo con la utilización de equipos mecanizados, con un avance de 1.45 m/disparo, tres disparos por

día en total se tendría 4.35 metros de avance diaria. El tiempo de construcción de la RP (-) se realizaría en 135 días.

Figura 31

Costo US$/m en la construcción del RP (-) Nv660



Nota. Elaboración propia.

4.1.4.5. Costo total del proyecto

Se tiene un costo total por metro lineal en una sección de 2.4 m por 2.4 metros en RP (-) y de costo total del proyecto de rampa de acuerdo a la Tabla 19.

Tabla 19

Cálculo del costo total de la rampa de profundización

Cálculo del costo teórico de la RP(-)	**Valor**
Costo de RP (-) por metro lineal	517.34 US$/m.
Longitud de RP (-) Zigzag	587 m
Costo Total	**303,680.94 US$**

Nota. Departamento de costos

El costo total de una RP(-) de profundización con una gradiente de (-)12% en Zig Zag, con una sección de 2.4 m x 2.4 metros es de $303,680.94 US$.

4.1.5. Resultados de Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno

Dentro de la evaluación de costos del diseño de rampa de profundización para la extracción del mineral de cobre de la Veta Tesoro Sur, se determina los flujos económicos, el valor presente actual (VAN), Tasa interna de retorno (TIR), el análisis de Beneficio/Costo (B/C). En primer lugar se determinan los costos de producción y costos de desarrollo para explotar el valor económico presente en la Veta Tesoro Sur (VTS).

4.1.5.1. Costos de producción

El mineral que será extraído de la Veta Tesoro Sur será acumulado en cancha de mineral para luego ser transportado hasta planta de flotación, se ha considerado el costo planta y costo flete lo siguiente:

Se considera costos independientes a la operación, porque no se cuenta con planta propia, se transporta el mineral roto mediante volquetes de 15 m3, la cantidad mínima para el procesamiento de mineral es de 200 TM.

Tabla 20

Costo total de producción

Costo	Valor
Planta	42.23 $/TM
Transporte	35 $/TM

Nota. Elaborado con información del área de administración. En el Anexo 04 se incluyen los costos de procesamiento detallado.

4.1.5.2. Costos de desarrollo

Son los costos del diseño de la rampa de profundización para la extracción de Cobre en la Veta tesoro Sur, que incluyen el precio unitario por metro lineal de la Rampa (-) Nv660, Cortadas (Cx), Galerías (Gl), Subniveles (SN), Chimeneas (Ch), Chimeneas de servicios, Refugios, Cámaras de carguío.

Tabla 21

Costos Unitarios por metro lineal y Resumen de los Costos totales

RESUMEN DE LABORES DE DESARROLLO Y PREPARACIÓN	UND	P.U. (US$)	Cantidad	TOTAL (US$)
RP (-) 2.4 X 2.4 - JACK LEG / SCOOP 1 YD^3	m	517.34	587	$303,680.94
GL 2.0 X 2.0 - JACK LEG / SCOOP 1 YD^3	m	430.01	200	$86,002.48
CX 2.0 X 2.0 - JACK LEG / SCOOP 1 YD^3	m	399.69	50	$19,984.62
CH 1.2 X 1.2 Mayor a 40 metros	m	331.90	195	$64,720.12
SN 1.2 X 1.8 A Pulso	m	244.49	100	$24,448.50
Cámaras de Carguío y acumulación	UND	517.34	4	$8,413.91
Refugios	UND	244.49	12	$5,740.51
CHv - Servicios 1.2 x 1.2 / 20 m a 40 m	m	316.81	47	$14,890.15
TOTAL				$527,881.23

Nota. Elaborado con información del área de planeamiento.

Se incluye el costo de la RP (-) de profundización en Zigzag con gradiente (-) 12% y todas las labores de preparación y desarrollo para la explotación de la Veta Tesoro Sur, generando un costo de inversión de $527,881.23.

Tabla 22

Resumen de los Costos por método de explotación

Método de Explotación	UND	P.U. (US$)	TM VTS	TOTAL (US$)	TM VTS	TOTAL (US$)
Shrinkage	TM	31.43	36855	$1,158,331	26966	$847,526.
Corte y relleno ascendente	TM	42.20	36855	$1,555,244	26966	$1,137,938

Nota. Elaboración propia

Se realizada un análisis del método de explotación y los costos por TM extraída, la calidad de roca es competente, se toma el método de explotación Shrinkage.

Tabla 23
Costo Total de Proyecto

RESUMEN DE COSTOS DE INVERSIÓN	TOTAL (US$)
RP (-) 2.4 X 2.4 - JACK LEG / SCOOP 1 YD^3	$303,680.94
LABORES DE DESARROLLO Y PREPARACIÓN	$224,200.29
METODO DE EXPLOTACIÓN SHRINKAGE	$847,526.19
TOTAL	**$1,375,407.42**

Nota. Elaboración propia

4.1.5.3. Valorización del mineral presente

Para la evaluación del VAN y TIR se utilizaron los datos de valorización de la mineralización de la Veta Tesoro Sur de la Tabla 24.

Tabla 24
Valorización del mineral de VTS

Concepto	Valor
Tonelaje de mineral a extraer de Veta Tesoro Sur	26,966 TM
Ley Diluida	3.50%
Costo de operación	31.43 $/TM
Tasa de Interés	15%
Vida de proyecto	4 años

Nota. Elaborado con información geológica del proyecto.

Cotización del precio de cobre y oro por meses del año 2024

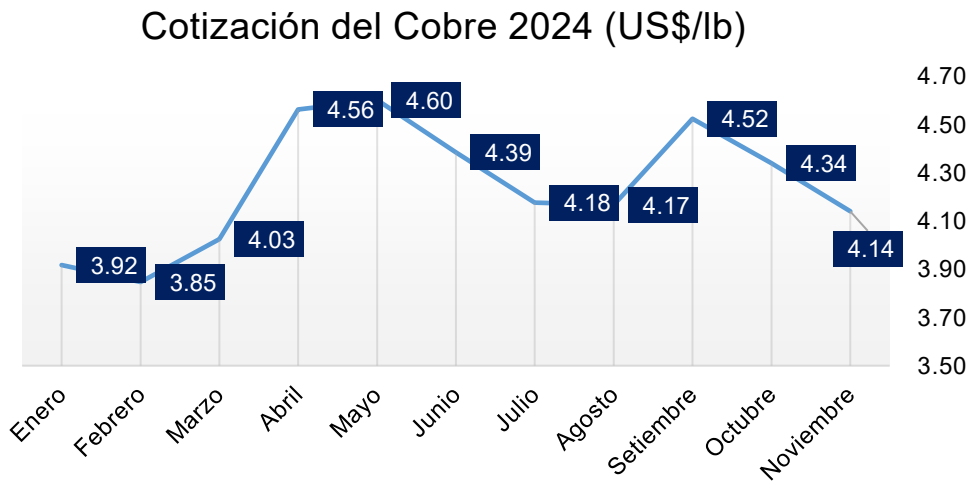
Existen proyecciones que indican que el precio del cobre volverá a incrementar durante los próximos años, lo cual hará más rentable la extracción del cobre. Pero se considerará el precio promedio de los últimos años.

Durante el inicio del año 2024 el incremento del cobre ha sido considerable lo cual ha hecho que varios proyectos paralizados, realicen una

reevaluación de costos para activar nuevamente sus operaciones, a pesar que al final del año 2024, ha disminuido el cobre a comparación del inicio del año 2024. De 4.6 $/lb hasta 3.9$/lb. Aun se considera rentable la explotación y extracción de Cobre.

Figura 32

Cotización del Cobre 2024



Nota. Elaborado con información de es.investing.com.

Tabla 25

Tabla del precio del Cobre durante el año 2024

Fecha	Último	Apertura	Máximo	Mínimo	% var.
01.11.2024	4.14	4.39	4.50	4.07	-4,61%
01.10.2024	4.34	4.53	4.64	4.28	-4,08%
01.09.2024	4.52	4.17	4.74	4.00	8,58%
01.08.2024	4.17	4.19	4.25	3.92	-0,23%
01.07.2024	4.18	4.37	4.70	4.03	-4,75%
01.06.2024	4.39	4.63	4.70	4.32	-4,72%
01.05.2024	4.60	4.54	5.19	4.47	0,85%
01.04.2024	4.56	4.03	4.69	4.03	3,37%
01.03.2024	4.03	3.85	4.16	3.82	4,63%
01.02.2024	3.85	3.90	3.91	3.68	-1,79%
01.01.2024	3.92	3.90	3.95	3.71	0,68%

Nota. Elaborado con información de es.investing.com.

4.1.5.4. Flujo de caja

Se determinó el flujo de caja correspondiente considerando el tiempo de construcción de la RP de profundización y el desarrollo y preparación de

labores subterráneas como Cx, Gl, Ch, los costos para su explotación. Se consideró también el costo de explotación por US$/TM.

Tabla 26

Flujo de caja de ingreso y egreso

FLUJO DE CAJA US$	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Ingresos						
Venta de Cobre		$635,413	$635,413	$635,413	$635,413	$60,364
Total de Ingresos		$635,413	$635,413	$635,413	$635,413	$60,364
Costos						
Inversión de RP	($303,680)					
Labores de Preparación y Desarrollo	($224,200)					
Costo de minado de extracción		$282,864	$282,864	$282,864	$282,864	$26,872
Costo Total	($527,881)	$282,864	$282,864	$282,864	$282,864	$26,872
Utilidad		$352,548	$352,548	$352,548	$352,548	$33,492
Impuesto a la Utilidad 30%		$105,764	$105,764	$105,764	$105,764	$10,047
Flujo de caja (US$)	($527,881)	$246,784	$246,784	$246,784	$246,784	$23,444
Flujo de caja Acumulativo	($527,881)	($281,097)	($34,312)	$212,471	$459,255	$482,699

Nota. Elaboración propia.

4.1.5.5. VAN y TIR

El primer año se considera de inversión donde se realizará la construcción de la RP de profundización y el desarrollo y preparación del tajo de explotación de la Veta Tesoro Sur.

Desde el segundo año iniciaría la explotación del tajo, obteniendo ingresos. Con una tasa del 15% se calcula el VAN.

Tabla 27

Resultado del VAN y TIR

Concepto	Valor%
TIR	31%
VAN (15%)	$188,338.23

Nota. Elaboración propia

Como resultado se obtiene una Tasa Interna de Retorno del 31% y un VAN positivo del 188,338.23 US$.

Cálculo del VAN

$$VAN = -527{,}881.23. + \frac{\$246{,}784.15}{(1+0.15)^1} + \frac{\$246{,}784.15}{(1+0.15)^2} + \frac{\$246{,}784.15}{(1+0.15)^3} + \frac{\$246{,}784.15}{(1+0.15)^4} + \frac{\$23{,}444.49}{(1+0.15)^5}$$

$$VAN = -527{,}881.23 + \$214{,}594.91 + \$186{,}604.27 + \$162{,}264.58 + \$141{,}099.64 + \$11{,}656.06$$

$$VAN = \$188{,}338.23$$

4.1.5.6. Costo Beneficio

Para el cálculo del beneficio costo se considera, los ingresos obtenidos por la explotación de la veta tesoro sur y el costo se considera la inversión inicial de la construcción de la rampa y el desarrollo de labores mineras, también el costo de explotación

$$\frac{B}{C} = \frac{Ingresos\ Actualizados}{Costos\ actualizados}$$

$$\frac{B}{C} = \frac{\$1{,}844{,}104.12}{\$1{,}655{,}765.90}$$

$$\frac{B}{C} = 1.11$$

4.1.6. Comparación de costos

En esta sección se explicarán los costos con el método de extracción anterior y el nuevo método con rampa de profundización propuesto. Posteriormente se procederá a comparar ambos.

4.1.6.1. Costos con método de extracción anterior

El método de extracción era por izaje, mediante un winche mecánico adaptado con el funcionamiento de un motor que proporciona la energía necesaria para la extracción del mineral. La extracción está limitada por la capacidad del balde y el número de baldes que se utilizan, teniendo un

máximo de 10 TM/día. El transporte de mineral roto del pique principal hacia cancha de mineral era realizado con un MiniDumper de 2.5 TM.

Figura 33
Pique antiguo de 100 metros de profundidad.



Nota. Fotografías tomadas en campo.

Los costos de operación son elevados sobre todo en la extracción, mientras se planifique extraer y profundizar mina, los costos incrementarán. La extracción del mineral roto era mediante un winche de izaje con un balde de una capacidad de 70 Kg, tiene un promedio de extracción de 1.0 TM/hora, realizando 12 a 15 viajes/hora desde el punto más bajo (50 metros). Por día extraía 10 TM. Las limitaciones operativas se presentaban de diversas maneras, la extracción del mineral tenía demasiado tiempos muertos. En interior mina, el acarreo de mineral era de forma convencional se realizaba con carretillas.

Continuar profundizando mediante un pique solo genera más demoras operativas, y un incremento de costos en su extracción, las distancias son aún más alejadas del punto principal de pique, lo cual en un futuro imposibilitará de forma continua la explotación y extracción del mineral de la Veta Tesoro Sur. Por ese motivo, se evaluó el diseño y construcción de una RP (-) con gradiente de (-)12%, para acceder a nuevos recursos de

mineral y optimizar la extracción del mineral de Cobre de la Veta Tesoro Sur.

El mineral extraído es acumulado en cancha, posteriormente transportado a planta de flotación donde es procesado para su comercialización de concentrado, tiene un costo de 35 a 40 $/TM (promedio de 42.23 $/TM). El costo de transporte de cancha de mineral hacia planta tiene un costo de 35 $/TM, considerando que el volquete transporta 25 TM de mineral por viaje tiene un costo de 875 $/viaje. El costo de operación mina es de 166.67 $/TM.

Tabla 28

Resumen de costos US$/TM

Costos	US$/TM
Mina	166.67
Planta	42.23
Transporte	35
Total	**243.90**

Nota. Elaboración propia.

4.1.6.2. Costos con nuevo método de extracción con rampa de profundización

La empresa ShareWork S.A.C. planifica el inicio de desarrollo de las operaciones semi mecanizadas, utilizando equipos sobre ruedas para la extracción del mineral de cobre, como Scooptrams de 0.8 yd, Dumper de 2.5 TM. La perforación se continuará realizando de forma convencional con perforadora neumática Jack Leg con aire comprimido, con una comprensora de 375 CFM para su funcionamiento. No obstante la extracción ya no se realizará con el antiguo pique por tener baja capacidad y altos costos operativos, sino que se realizará mediante rampa de profundización de 587 metros, tipo zigzag.

Tabla 29

Costo total de producción con rampa profundización

Costo	US$/TM
Mina	42.23
Planta	31.43
Transporte	35
Total	**108.66**

Nota. Elaborado con información del área de administración.

En la Tabla 30 se muestra el cuadro comparativo de costos entre el antiguo método de extracción y el método nuevo. Con el nuevo método de explotación con la propuesta de rampa de profundización se logra una reducción de 55% de los costos de extracción por tonelada.

Tabla 30

Cuadro comparativo de costos mediante el método de explotación antiguo con izaje y el nuevo con rampa de profundización

Concepto	Método antiguo con izaje (US$/TM)	Método nuevo con rampa de profundización (US$/TM)
Mina	166.67	31.43
Planta	42.23	42.23
Transporte	35	35
Total	**243.90**	**108.66**

Nota. Elaboración propia con información del área de administración.

El detalle de los costos de planta considerados se encuentran en el Anexo 04 los precios unitarios y no variará con el método de extracción. El costo de transporte desde el acopio en mina hasta la planta de procesamiento es de 875 US$ por viaje con volquetes, lo que equivale a 35 US$ por tonelada y tampoco varía de acuerdo al método de explotación. Por último los costos que sí varían son los de operación (extracción) con el proyecto nueva rampa fueron. Los costos considerados para este concepto se obtuvieron

de acuerdo al análisis de costos de la sección 4.1.4 Resultados de costos de la rampa de profundización.

4.2. Discusión de resultados

La evaluación de costos de la rampa de profundización para la extracción de cobre en la Veta Tesoro Sur arrojó resultados favorables tanto en términos técnicos como económicos. La construcción de la rampa de profundización representa una alternativa económicamente viable para reducir los costos de operación frente al método anterior basado en el uso de winche y pique. Este hallazgo es consistente con estudios previos como el de Muhamedin (2017), quien también encontró que la construcción de rampas es más económica que la profundización de pozos, logrando casi duplicar la eficiencia en costos de inversión.

El análisis financiero del presente estudio dio como resultao un Valor Actual Neto (VAN) de US$ 188,338.23 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 31%, superando significativamente la tasa de descuento del 15%. En comparación, Lazo (2020) reportó un VAN más elevado (US$ 761,253.56) pero con una TIR menor del 14%, lo que sugiere que el proyecto aquí evaluado presenta mayor rentabilidad relativa en función de la inversión inicial. Asimismo, los indicadores obtenidos coinciden con los resultados de Santana (2020), quien concluye que los modelos de optimización modernos generan resultados financieros superiores frente a modelos tradicionales.

En cuanto a los costos operativos, la nueva rampa permitirá reducir el costo por tonelada extraída a US$ 108, un valor considerablemente inferior al del método anterior (US$ 246 por tonelada). Este ahorro es significativo y reafirma la eficiencia del sistema semimecanizado con el uso de Scooptrams y Dumpers en contraste con métodos convencionales, como lo evidenció también Ramos (2020), cuyo estudio reportó un incremento de la capacidad diaria de transporte de 12.078 TM a 45.36 TM con el uso de sistemas mecanizados.

La identificación de tipos de roca y su calidad es un factor importante para el diseño y construcción de rampas. Ganto (2024) halló que la variabilidad

de la calidad de las rocas debido a la presencia de fallas geológicas es un factor a tener en cuenta en la planificación para evitar costos adicionales por problemas estructurales. Si bien en este estudio no se presentaron inconvenientes relacionados con la calidad de la roca, es importante considerar esta variable para futuras expansiones de la rampa.

Finalmente, el horizonte temporal del proyecto de cuatro años permite prever una operación sostenible y con generación de valor para la empresa. Esta proyección es coherente con el estudio de Porta (2022), quien reportó una vida útil adicional de cuatro años gracias a la ampliación de su infraestructura, logrando acceder a 226,663 TM de reservas. Del mismo modo, Charca y Alarcón (2023) obtuvieron resultados positivos al mostrar una relación costo-beneficio de 2.04, más alto que el 1.11 hallado en esta investigación, no obstante, ambos resultados demuestran de que una mejora tecnológica a través de labores semimecanizadas (Rampa de profundización) pueden ser altamente rentables y muy efectivas para reducir costos de extracción frente a labores convencionales.

V. CONCLUSIONES

Se desarrolló la evaluación de costos para la rampa de profundización en la unidad minera Mis Grandes Tesoros y se demostró que es una alternativa económicamente viable para la extracción de cobre de la Veta Tesoro Sur. La rampa tiene con un costo total de inversión de US$ 527,881.23 que incluye la construcción de la rampa principal de 587 metros y las labores de desarrollo y preparación necesarias. Este proyecto representa una mejora significativa frente al método de extracción anterior mediante winche y pique, pues permite optimizar la operación al implementar un sistema semimecanizado con equipos como Scooptrams de 0.8 yd^3 y Dumper de 2.5 TM.

Se calculó de la rampa de profundización con un Valor Actual Neto (VAN) de US$ 188,338.23 considerando con una tasa de descuento del 15%, y se calculó la Tasa Interna de Retorno (TIR) con un resultado de 31%, superando significativamente el costo de oportunidad del capital. Estos indicadores financieros y la relación beneficio-costo hallada de 1.11, confirman que la inversión en la rampa de profundización generará valor para la empresa y permitirá una explotación sostenible de la Veta Tesoro Sur por 4 años.

Se detallaron los costos de diseño y construcción mediante la selección de parámetros técnicos adecuados, como una sección de 2.4 x 2.4 metros, gradiente de -12% y un diseño en zigzag que minimiza la longitud total requerida. El costo unitario por metro lineal de avance se estableció en US$ 517.34, una inversión que permitirá reducir significativamente el costo por tonelada extraída a 108.66 US$/TM en comparación con el método anterior que tenía un costo operativo elevado de US$ 243.90 por tonelada. Por tanto se ha demostrado la eficiencia económica de este proyecto de infraestructura de acceso y extracción de minerales de la Veta Tesoro Sur.

VI. RECOMENDACIONES

En base a los resultados analizados, se recomienda implementar un sistema de control y seguimiento detallado de los costos reales durante la construcción de la rampa de profundización, para compararlos con los costos proyectados y realizar ajustes oportunos en caso de desviaciones significativas. Este sistema deberá incluir indicadores clave de desempeño (KPIs) para monitorear la eficiencia en el avance, consumo de materiales, rendimiento de equipos y productividad de la mano de obra.

Al personal supervisor geomecánico, se sugiere evaluar y monitorear las características geomecánicas de la roca de manera más detallada en las zonas de intersección entre la rampa y las futuras labores de desarrollo, especialmente en las áreas donde se ubicarán las cámaras de carguío y refugios. Esto permitirá optimizar el diseño del sostenimiento y prevenir potenciales problemas de estabilidad que podrían incrementar los costos operativos durante la vida útil de la rampa. Así también se recomienda monitorear la geomecánica de la roca conforme se realice el avance de la rampa y verificar cambios en la calidad de la roca.

Al área de mantenimiento, se recomienda establecer un programa de mantenimiento preventivo riguroso para los equipos de perforación, limpieza y acarreo, considerando que la eficiencia de estos activos será de gran importancia para mantener los costos operativos dentro de los rangos proyectados. Asimismo, se recomienda capacitar al personal en la operación y mantenimiento de estos nuevos equipos para maximizar su vida útil y rendimiento.

Se aconseja evaluar la posibilidad de implementar un sistema de ventilación principal más eficiente energéticamente, ya que el costo de ventilación representa una parte significativa de los costos operativos. Esta evaluación debería considerar opciones como ventiladores de velocidad variable y la optimización de los circuitos de ventilación. No obstante esto dependerá del progreso de las labores conforme se profundicen las labores. A su vez, considerando la variabilidad del precio del cobre en el mercado internacional, se recomienda desarrollar un plan de contingencia

que contemple un escenario conservador, identificando oportunidades de optimización de costos que puedan implementarse rápidamente en caso de que las condiciones de mercado se deterioren.

Al área de planeamiento y proyectos, se recomienda explorar tecnologías y metodologías innovadoras para mejorar la eficiencia en la extracción y el procesamiento del mineral. Esto podría incluir la automatización de ciertos procesos. Para lo cual se debe realizar un estudio de factibilidad para la posible implementación de tecnologías de automatización y control remoto en las operaciones de limpieza y acarreo, lo cual podría resultar en una reducción adicional de los costos operativos a mediano plazo y mejorar las condiciones de seguridad del personal.

VII. REFERENCIAS

Abarca, C. (2013). *Diseño y construcción de la rampa Guadalupe para la explotación de la veta Inmaculada 4 Cía. Minera Ciemsa – Unidad Minera el Cofre*. [Tesis de pregrado, UNSA]. Repositorio de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. https://repositorio.unsa.edu.pe/items/caf210c8-5553-4e19-92fc-6c673f4d4ac0, p.30.

Cabos, R. (2009). *Potencial minero de la región Arequipa*. CIA de Minas Buenaventura. Disponible en https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/PMA-97.pdf , p.60.

Cerf, S. y Mamani, M. (2024). *Diseño de una rampa negativa del nivel 650 al 610 para incrementar la producción en la mina Orex, Condesuyos, Río Grande*. [Tesis de pregrado, UTP]. Repositorio de la Universidad Tecnológica del Perú. https://hdl.handle.net/20.500.12867/9400 , p.32.

Charca, Y. y Alarcon, J. (2023). *Evaluación económica en la construcción de la rampa 3220 para profundizar las labores de los niveles 2770 al 2950 en la unidad minera aurífera Retamas S.A. – 2022*. [Tesis de pregrado, UTP]. Repositorio de la Universidad Tecnológica del Perú. https://repositorio.utp.edu.pe/handle/ 20.500.12867/6999 , p. 60.

Chaupi, R. y Surco, E. (2023). *Diseño de una rampa principal en el nivel 600 en negativa, para la optimización de costos en la producción de la unidad minera SPONTE SAC*. [Tesis de pregrado, UTP]. Repositorio de la Universidad Tecnológica del Perú. https://hdl.handle.net/20.500. 12867/7001

Condori, S. (2023). *Implementación de un Planeamiento de Minado a Cielo Abierto con Uso del Software Minesight para Alcanzar la Producción Óptima Mediante la Evaluación de las Características Geotécnicas en la Unidad Minera María 2 - Moquegua*. [Tesis de pregrado, UNAM].

Repositorio de la Universidad Nacional de Moquegua. https://repositorio.unam.edu.pe/handle/UNAM/112 , p. 25.

Condori, W. y Vivanco, H, (2020). *Profundización de la mina san juan, mediante el inclinado 8707, para incremento de reservas de la empresa minera Century Mining Perú SAC-2018*. [Tesis de pregrado, UNAMBA]. Repositorio de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. https://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/884?show=full , p. 55.

Deswik (2024a). *Deswik Geotools Operational Geology*. [Archivo pdf]. Disponible en https://www.deswik.com/wp-content/uploads/2022/03/Deswik.GeoTools -flyer.pdf , p. 3.

Deswik (2024b). *Deswik Spatial Design & Solid Modeling*. [Archivo pdf]. Disponbile en https://www.deswik.com/wp-content/uploads/2023/07/Deswik.Spatial-Brochure-UGM.pdf , p. 4.

Deswik (2024c). *Deswik OPS Operations Planning and Control*. [Archivo pdf]. Disponible en https://www.deswik.com/wp-content/uploads/2017/05/Deswik.OPS_.pdf , p. 6.

Deswik (2024d). *Deswik Planning Gantt Chart Scheduling*. [Archivo pdf]. Disponible en https://www.deswik.com/wp-content/uploads/2023/07/Deswik. Planning-Brochure.pdf , p. 5.

Gago, E. (2023). *Influencia del diseño y profundización del pique 650 en la producción de mineral en Compañía Minera Alpayana S.A.C. Chicla, Huarochirí*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio de la Universidad Nacional del Centro del Perú. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/8611/TESIS%20Eduard%20Gago%20Porras_removed.pdf?sequence=1 , p. 28.

Hoek, E., y Brown, E. T. (2018). The Hoek-Brown failure criterion and GSI – 2018 edition. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*. doi:10.1016/j.jrmge.2018.08.001 , p.13.

Lazo, B. (2020). *Diseño conceptual de la rampa basculante 2518 para la extracción de la veta victoria tensional del tajo 2453, NV. 2300 de la unidad minera Parcoy de Consorcio Minero Horizonte S. A*. [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. Repositorio de la Universidad Continental. https://hdl.handle.net/20.500.12394/8524 , p.30.

Montané, S. (2020). *Metodología para Diseño Óptimo Semiautomático de Rampas en Minería Subterránea*. [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio de la Universidad de Chile. https://repositorio.uchile.cl/ handle/2250/145145 , p. 35.

Muhamedin, R. (2017). *Concept Paper on Decline Ramp Opening in Deep Horizons XIth to XIIIth, of the Mine Trepca in Stanterg*. J. Int. Environmental Application & Science, 12(1), 42-48. https://dergipark.org.tr/en/pub/jieas/issue/40287/480646 , p. 43.

Porta, E. (2022). *Profundización de la Rampa 4490 del Proyecto Yumpag para explotar el Cuerpo Tomasa de la U.E.A. Uchucchacua de la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A*. [Tesis de pregrado, UNCP]. Repositorio de la Universidad Nacional del Centro del Perú. https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/ 20.500.12894/7896, p.22.

Quispe, R. (2014). *Diseño y construcción de la rampa negativa 5360 para la explotación de la Veta Alexia CÍA. Minera Ares – Unidad Arcata E.E IESA S.A*. [Tesis de pregrado, UNSA]. Repositorio de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. https://repositorio.unsa.edu.pe/items/433975ce-03a3-4447-8258-6f5a38714364, p.35.

Rengifo, R. y Crisóstomo, D. (2022). *Propuesta de Planeamiento y Diseño de un Pique Inclinado como Sistema de Extracción de una Mina*

Convencional al Norte del Perú. [Tesis de pregrado, PUCP]. Pontificia Universidad Católica del Perú. http://hdl.handle.net/20.500.12404/23764, p.55.

Tamara, E. (2023). *Profundización de la rampa Patrick para el incremento de reservas en la unidad minera Aurífera Retamas S.A. – 2022.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. Repositorio de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. http://repositorio.unasam.edu.pe /handle/UNASAM/5746, p. 28.

Torres, P. (2018). *Estudio de prefactibilidad técnico rampa de exploración y acceso minería subterránea minera El Dorado, Ovalle.* [Tesis de pregrado, Universidad San Sebastian]. Repositorio de la Universidad San Sebastian, Chile. https://www.inglomayor.cl/v3/min/5_1.pdf, p.27.

VIII. ANEXOS

Anexo 01: Matriz de Consistencia

Título de la investigación: Evaluación de costos de una rampa de profundización para extracción de cobre de la veta Tesoro Sur de la unidad mineras Mis Grandes Tesoros

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Método
General ¿Cómo realizar una evaluación de costos de una rampa de profundización para determinar la rentabilidad y los costos de explotación de la Veta Tesoro Sur en la unidad minera Mis Grandes Tesoros en Arequipa en el año 2024? **Específicos** (1) ¿Cuál es el Valuar Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) del diseño de rampa de profundización para la explotación de la Veta Tesoro Sur de la unidad minera Mis Grandes Tesoros en el año 2024? (2) ¿Cómo minimizar el costo por tonelada extraída a través de una eficiente rampa de profundización para la explotación de la Veta Tesoro Sur de la unidad minera Mis Grandes Tesoros en el año 2024?	**General** Desarrollar una evaluación de costos de una rampa de profundización para la extracción de cobre de la veta Tesoro Sur de la unidad minera Mis Grandes Tesoros en Arequipa en el año 2024. **Específicos** (1) Calcular el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) de una rampa de profundización para la extracción del mineral de cobre de la veta Tesoro Sur de la unidad minera Mis Grandes Tesoros. (2) Detallar los costos de diseño y construcción de una rampa de profundización para minimizar los costos por tonelada extraída de la Veta Tesoro Sur de la unidad minera Mis Grandes Tesoros.	**Principal** La evaluación de costos determinará la rentabilidad, retorno de inversión y los costos del proyecto de rampa de profundización para extracción de mineral de cobre de la Veta Tesoro Sur de la unidad minera Mis Grandes Tesoros en Arequipa en el año 2024. **Específicas** (1) La rampa de profundización para extracción del mineral de cobre de la Veta Tesoro Sur será rentable con un VAN positivo y una TIR mayor que el costo del capital. (2) La evaluación de costos de la rampa de profundización minimizará los costos por tonelada extraída de la Veta Tesoro Sur de la unidad minera Mis Grandes Tesoros.	**Variable dependiente:** Evaluación de costos **Dimensión:** Costos de extracción de cobre. **Indicadores:** - Valor Actual Neto del proyecto ($). - Tasa Interna de Retorno (%). - Costos de extracción ($/TM). - Costos directos ($). - Costos indirectos ($). **Variables independientes:** Rampa de Profundización de extracción de cobre. **Dimensión:** Parámetros de diseño. Indicadores: - Geometría de la rampa. - Pendiente de rampa. - Radio de curvatura. - Dimensiones de la rampa. - Materiales, equipos y herramientas.	**A. Tipo de investigación** Experimental. **B. Diseño de la investigación** Enfoque cuantitativo, de tipo correlacional transversal. **C. Ámbito de estudio** Operaciones mineras en la unidad minera “Mis Grandes Tesoros” en la provincia de Caravelí, Arequipa. **D. Población** Vetas mineralizadas dentro de la unidad minera Mis Grandes Tesoros. **E. Muestra** Veta Tesoro Sur de la unidad minera Mis Grandes Tesoros en la provincia de Caravelí, Arequipa. **F. Técnicas de recolección de datos** - Observación directa. - Simulación y modelado. - Análisis de costos. **G. Instrumentos** - Ficha técnica de costos - Reportes de geología - Mapeos Geológicos. - Muestreo de vetas. - Software Deswik

Anexo 02: Eficiencia de Scoop de 0.8 YD^3

Velocidad Promedio Cargado (Km/Hr)	4.0		4.0	4.0	4.0	4.0	**4.0**	4.0	4.0	4.0	4.0	**4.00**	4.0	4.0	4.0	4.0	**4.00**
Velocidad Promedio Vacío (Km/Hr)	5.0		5.0	5.0	5.0	5.0	**5.0**	5.0	5.0	5.0	5.0	**5.00**	5.0	5.0	5.0	5.0	**5.00**
Capacidad Nominal de cuchara 0.8 yd3 (Yd3)	**0.80**		0.80	0.80	0.80	0.80	**0.80**	0.80	0.80	0.80	0.80	**0.80**	0.80	0.80	0.80	0.80	**0.80**
Factor de llenado de cuchara	85%		85%	85%	85%	85%	**85%**	85%	85%	85%	85%	**85%**	85%	85%	85%	85%	**85%**
Capacidad efectiva Cuchara 0.8 yd3 (m3)	0.52		0.52	0.52	0.52	0.52	**0.52**	0.52	0.52	0.52	0.52	**0.52**	0.52	0.52	0.52	0.52	**0.52**
Densidad Promedio (Desmonte / Mineral)	2.75		2.75	2.75	2.75	2.75	**2.75**	2.75	2.75	2.75	2.75	**2.75**	2.75	2.75	2.75	2.75	**2.75**
Esponjamiento	**30%**		30%	30%	30%	30%	**30%**	30%	30%	30%	30%	**30%**	30%	30%	30%	30%	**30%**
Toneladas / Viaje	1.10		1.10	1.10	1.10	1.10	**1.10**	1.10	1.10	1.10	1.10	**1.10**	1.10	1.10	1.10	1.10	**1.10**
Distancias	**metros**		**metros**	**metros**	**metros**	**metros**	**metros**	**metros**	**metros**	**metros**	**metros**	**metros**	**metros**	**metros**	**metros**	**metros**	**metros**
Distancia desde frente a Pto de Descarga	50		60	70	80	90	**100**	110	120	130	140	**150**	160	170	180	190	**200**
Tiempos	**min**		**min**	**min**	**min**	**min**	**min**	**min**	**min**	**min**	**min**	**min**	**min**	**min**	**min**	**min**	**min**
Carguio de Material (Fijo)	2.20		2.20	2.20	2.20	2.20	**2.20**	2.20	2.20	2.20	2.20	**2.20**	2.20	2.20	2.20	2.20	**2.20**
Viaje Cargado	0.75		0.90	1.05	1.20	1.35	**1.50**	1.65	1.80	1.95	2.10	**2.25**	2.40	2.55	2.70	2.85	**3.00**
Descarga de Mineral y Maniobras (Fijo)	1.70		1.70	1.70	1.70	1.70	**1.70**	1.70	1.70	1.70	1.70	**1.70**	1.70	1.70	1.70	1.70	**1.70**
Viaje regreso vacio	0.60		0.72	0.84	0.96	1.08	**1.20**	1.32	1.44	1.56	1.68	**1.80**	1.92	2.04	2.16	2.28	**2.40**
Total Ciclo	**5.25**		**5.52**	**5.79**	**6.06**	**6.33**	**6.60**	**6.87**	**7.14**	**7.41**	**7.68**	**7.95**	**8.22**	**8.49**	**8.76**	**9.03**	**9.30**
Efciencias																	
N° Minutos por Hora (16,67 % Tiempos Muertos)	**45.00**		45.00	45.00	45.00	45.00	**45.00**	45.00	45.00	45.00	45.00	**45.00**	45.00	45.00	45.00	45.00	**45.00**
N° Viajes hora	8.57		8.15	7.77	7.43	7.11	**6.82**	6.55	6.30	6.07	5.86	**5.66**	5.47	5.30	5.14	4.98	**4.84**
Eficiencia Horaria (Ton / Hora)	**9.43**		**8.96**	**8.55**	**8.17**	**7.82**	**7.50**	**7.20**	**6.93**	**6.68**	**6.44**	**6.22**	**6.02**	**5.83**	**5.65**	**5.48**	**5.32**

Anexo 03: Eficiencia de acarreo de Dumper 2.5 TN

Velocidad Promedio Cargado (Km/Hr)	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.50	5.5	5.5	5.5	5.50
Velocidad Promedio Vacío (Km/Hr)	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.00	6.0	6.0	6.0	6.00
Capacidad Nominal de cuchara 1.5 yd3	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
Factor de llenado de cuchara	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
Capacidad efectiva Tolva 1 m3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Densidad Promedio (Desmonte / Mineral)	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75
Esponjamiento	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%
Toneladas / Viaje	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11
Distancias	**metros**	**metros**	**metros**	**metros**	**metros**	**metros**	**metros**	**metros**	**metros**	**metros**	**metros**	**metros**	**metros**	**metros**	**metros**
Distancia desde frente a Pto de Descarga	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800
Tiempos	**min**	**min**	**min**	**min**	**min**	**min**	**min**	**min**	**min**	**min**	**min**	**min**	**min**	**min**	**min**
Carguio de Material (Fijo)	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Viaje Cargado	1.09	1.64	2.18	2.73	3.27	3.82	4.36	4.91	5.45	6.00	6.55	7.09	7.64	8.18	8.73
Descarga de Mineral y Maniobras (Fijo)	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70
Viaje regreso vacio	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00
Total Ciclo	**8.79**	**9.84**	**10.88**	**11.93**	**12.97**	14.02	**15.06**	**16.11**	**17.15**	**18.20**	19.25	**20.29**	**21.34**	**22.38**	23.43
Efciencias															
N° Minutos por Hora (16,67 % Tiempos Muertos)	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
N° Viajes hora	5.69	5.08	4.59	4.19	3.85	3.57	3.32	3.10	2.91	2.75	2.60	2.46	2.34	2.23	2.13
Eficiencia Horaria (Ton / Hora)	**12.00**	**10.73**	**9.70**	**8.85**	**8.13**	7.53	**7.00**	**6.55**	**6.15**	**5.80**	5.48	**5.20**	**4.95**	**4.71**	4.50

Anexo 04: Precios Unitarios de Costos Planta por $/TM

SHARE WORK S.A.C.	**SHARE WORK S.A.C.**
	GESTION INTEGRAL INICIO DE OPERACIONES PLANTA
	DETERMINACIÓN DEL COSTO DE OPERACIÓN PLANTA

TONELADAS DE TRATAMIENTO 1000 Ton | T/C 3.75 | Capacidad Actual Planta (ton/h) 70 | FECHA: 29.10.24

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD REQUISICIÓN	AREA	TIEMPO DE DURACIÓN (MESES) FACTOR DE USO	COSTO U. $/Kg - $	COSTO U. $ CAPITAL	CONSUMO UNITARIO Kg/ton gln/ton	CONSUMO POR CAMPAÑA Kg gln	COSTO OPERACIÓN $	COSTO OPERACIÓN $/TON
REACTIVOS Y MOLTURANTES							**4627.25**				**5.44**
1	A-404	kg	25	Flotación		15.5	387.5	0.0150	15	232.50	0.23
2	AP- 3418	kg	25	Flotación		26.5	662.5	0.0200	20	530.00	0.53
3	AP- 238	kg	25	Flotación		14.5	362.5	0.0150	15	217.50	0.22
4	A-208	kg	25	Flotación		9.29	232.25	0.0400	40	371.60	0.37
5	F-70	kg	25	Flotación		10.5	262.5	0.0100	10	105.00	0.11
6	DEP- 1	kg	25	Flotación		14	350	0.0300	30	420.00	0.42
7	Bolas de Acero 3"	kg	1000	Molienda		1.1	1100	0.9000	900	990.00	0.99
8	Malla # 200	und.	2	Molienda	6	140	280		0	46.67	0.05
9	Malla # 100	und.	2	Molienda	6	100	200		0	33.33	0.03
10	Balanza Mercy	und.	1	Flotación/molienda	12	700	700		0	58.33	0.06
11	Papel Panpeha 0-14 (caja de 200 unidades)	caja	2	Flotación	2	45	90		0	45.00	0.05
12	MIBC			Flotación		7.39	0	0.0600	60	443.40	0.44
13	Z-11			Flotación		6.99	0	0.0110	11	76.89	0.08
14	Cal			Flotación		0.317	0	5.5000	5500	1743.50	1.74
15	CN Na			Flotación		5	0	0.0250	25	125.00	0.13
PETROLEO Y LUBRICANTES							**17536.2**				**17.12**
1	Petroleo Grupo electrogeno 320 KW / 136 KW	gln	2914.29	Planta		4.53	13211.4	2.914	2914.3	13211.43	13.21
2	Petroleo Cisterna /transporte de agua a planta	gln	784.00	Planta		4.53	3554.1	0.700	700.0	3173.33	3.17
3	Petroleo Bob Cat	gln	170.00	Planta		4.53	770.7	0.163	162.9	738.29	0.74
AGUA DE PROCESO							**3200.0**				**3.200**
1	Costo Agua alquiler cisterna	mes	1.00		1	3200	3200.0			3200.00	3.200
EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL							**1303.2**				**0.68**
1	Cascos tipo Jockey amarillo	und.	12	Todo personal Planta	6	14.67	176.00			29.33	0.029
2	Barbiquejo c/ mentonera	und.	18	Todo personal Planta	1	1.33	24.00			24.00	0.024
3	Mameluco azul c/ cinta reflectiva	und.	12	Todo personal Planta	3	15.20	182.40			60.80	0.061
4	Bota de jebe con punta de acero y forro azul	Par	4	Molinero y flotador	3	10.13	40.53			13.51	0.014
5	Correas de seguridad de nylon c/ anillo de metal	und.	12	Todo personal Planta	3	8.00	96.00			32.00	0.032
6	Filtro antipolvo 3m 2921	Par	12	Todo personal Planta	0.5	8.00	96.00			192.00	0.192
7	Guantes de badana cabritilla c/amarillo	Par	6	Chancador/ mecanico/electricista	0.5	2.13	12.80			25.60	0.026
8	Guantes de cuero para soldar	Par	1	Mecánico	1	6.67	6.67			6.67	0.007
9	Guantes de cuero reforzado	Par	1	Todo personal Planta	1	3.20	3.20			3.20	0.003
10	Guantes neoprene north 1441	Par	6	Flotador/Molinero	1	2.67	16.00			16.00	0.016
11	Lentes de seguridad - luna clara	und.	24	Todo personal Planta	0.5	2.67	64.00			128.00	0.128
12	Orejeras semiesféricos de plástico	und.	12	Todo personal Planta	6	9.33	112.00			18.67	0.019
13	Respirador 3m 7502 de silicona	und.	12	Todo personal Planta	6	21.33	256.00			42.67	0.043
14	Tapon de oidos	Par	24	Todo personal Planta	1	1.07	25.60			25.60	0.026
15	Zapato t/ botin de cuero (5/40-5/41- 2/42)	Par	12	Todo personal Planta	3	16.00	192.00			64.00	0.064
CONSUMIBLES MECANICOS Y ELECTRICOS							**143.5**				**0.16**
1	Cinta aislante 3M	und.	3	Planta	1	2.13	6.40			6.40	0.006
2	Cinta Vulcanizante 3M	und.	2	Planta	1	5.60	11.20			11.20	0.011
3	Hoja de sierra Sanflex	und.	3	Planta	1	1.33	4.00			4.00	0.004
4	Escobilla de acero de mano	und.	2	Planta	1	2.67	5.33			5.33	0.005
5	Luna Oscura soldador N° 12	und.	6	Planta	1	0.80	4.80			4.80	0.005
6	Luna transparente soldador	und.	24	Planta	1	0.13	3.20			3.20	0.003
7	Trapo Industrial	kg	10	Planta	1	1.33	13.33			13.33	0.013
8	Tenaza porta electrodo 600Amp	und.	1	Planta	1	66.67	66.67			66.67	0.067
9	Cinta Teflon	und.	6	Planta	1	0.53	3.20			3.20	0.003
10	Alicate de presión	und.	3	Planta	0.5	2.67	8.00			16.00	0.016
11	Alicate de corte	und.	3	Planta	0.5	2.67	8.00			16.00	0.016
12	Aflojatodo super penetrante	und.	1	planta	1	9.33	9.33			9.33	0.009
COSTO PERSONAL							**9296.7**				**9.297**
1	Jefe de Planta	und.	1	Planta	1	1750.00	1750.00			1750.00	1.750
2	Chancador 1	und.	2	Planta	1	480.00	960.00			960.00	0.960
3	Ayudante Chancador	und.	2		1	440.00	880.00			880.00	0.880
4	Molinero	und.	2		1	533.33	1066.67			1066.67	1.067
5	Flotador 1	und.	2		1	640.00	1280.00			1280.00	1.280
6	Ayudante flotador	und.	2		1	480.00	960.00			960.00	0.960
7	Mecánico	und.	1		1	640.00	640.00			640.00	0.640
8	Electricista	und.	1		1	666.67	666.67			666.67	0.667
9	Operador de Bob Cat	und.	1		1	533.33	533.33			533.33	0.533
10	Practicante	und.	1		1	560.00	560.00			560.00	0.560
COSTO ALQUILER EQUIPOS PLANTA				**Dias**			**2400.0**				**2.400**
1	Bob cat	und.	1	30	1	80.00	2400.00			2400.00	2.400
COSTO ADMINISTRATIVO							**640.0**				**0.640**
1	Apoyo Logistico/ Almacen (S)	und.	1		1	640.00	640.00			640.00	0.640
COSTO ALIMENTACIÓN				**Dias**			**3285.3**				**3.285**
1	Apoyo Logistico/ Almacen (S)	und.	16	22	1	9.33	3285.33			3285.33	3.285
				TOTAL U. $			**42,432.1**				**42.23**

Fuente: Departamento de Metalurgia.

Anexo 05: IPERC de línea base

SHARE WORK S.A.C.	FORMATO IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN DE RIESGOS Y MEDIDAS DE CONTROL- LÍNEA BASE	CÓDIGO: SSOMA.FR VERSIÓN: 1 APROBADO: Pere Hernández I. FECHA: 20/04/2024 PÁGINA: 1 de 1

Gerencia :	OPERACIONES
Área:	SSOMA
Fecha de elaboración :	15/07/2022
Fecha de actualización :	20/04/2024

Equipo Evaluador :

PERE HERNÁNDEZ IÑIGO - GERENTE GENERAL
ANDRES TORRES CCAHUNA JEFE DE PROYECTOS
MÁXIMO CASTRO ZENTENO JEFE DE SSOMA
ADMINISTRADOR

Jerarquía de Controles - Orden de Prioridad	
1	Eliminación
2	Sustitución
3	Controles de Ingeniería
4	Señalización, Alertas y/o Control Administrativo
5	EPP adecuado

DESCRIPCION DEL TRABAJO				TRABAJOS MINEROS EN PREPARACIÓN DESARROLLO Y EXPLOTACIÓN						Tipo de Actividad		Evaluación de Riesgos					Jerarquía de Control					Riesgo Residual			Clasificación de Riesgo pos	Evaluación IPERC	Acción de Mejora	Responsable
Proceso	Actividad	Puesto de Trabajo	Tarea	Peligros	Descripcion del Peligro	Requisitos Legales o voluntario	Riesgos	Consecuencia	Causas	Rutinaria	No rutinaria	Nivel Probabilidad (P)	Nivel Severidad (S)	Clasific. de Riesgo (P x S)	Grado de Riesgo (P y S)	Evaluación del Riesgo	1.Eliminación	2. Sustitución	3. Controles de Ingeniería	4. Control Administrativo	5. EPP	P	S	PxS				
INSPECCIONES		Residente, perforista y ayudante.	INSPECCION DEL AREA DE TRABAJO	Condiciones del Area de trabajo.	Área con obstaculos, acceso limitado, presencia de caidad de rocas, ruido, presencia de particulas en el ambiente, sustancias peligrosas, piso con desniveles, pisos Mojados.	D.S.N° 024-2016- EM	En una área con falta de orden y limpieza, Caidas a nivel y desnivel. Resbalones o tropezones al transitar por el área con obstaculos, caida de rocas, Inhalación de vapores por sustancias peligrosas e irritación de s la piel y los ojos. Explosión.	Contusiones, hematomas, luxaciones, fracturas, Intoxicaciones, escoriaciones, quemaduras, daño a los ojos, hipocusia y muerte.	Falta de regar los frentes	X		B	5	B5	5	A	NA	N/A	N/A	Capacitaciones, inducciones, permisos, PETS, Etc	EPP: casco con barbiquejo, botas punta de acero, guantes de cuero y/o badana, lentes de seguridad, tapones auditivos, respirador	D	2	D2	12	M	Identificar y difundir previamente los mapas de riesgos de las áreas de trabajo.	Residente
		Residente, perforista y ayudante.		Emisión de gases, vapores, neblina	Ventilación deficiente	D.S.N° 024-2016- EM	Ingesta, inhalación o absorción	Intoxicación, envenenamiento, muerte	Falta de regar los frentes	X		B	5	B5	5	A	NA	N/A	Diseño de circuito de ventilación, detector electrónico de gases, instalación de ventilador	PETS, Estándar, IPERC.	Respirador con filtro de cartuchos para gases y polvos	E	2	E2	10	S	Cumplir con las recomendaciones establecidas	Residente
		Residente, perforista y ayudante.		Bancos de roca colgados, sueltos	Bancos de roca colgado sueltos	D.S.N° 024-2016- EM	Caida de roca	Contusión, fracturas , muerte	Falta de regar los frentes, falta realizar el desatado de rocas y falta de inspecciones	X		C	2	C2	8	A	NA	N/A	Implementar desate de rocas permanente y sostenimiento.	PETS desate de rocas, OPT	EPP completo para socavón	D	2	D2	12	M	Realizar inspecciones y desatado de rocas.	Residente
		Residente, perforista y ayudante.		Falta de orden y limpieza	Falta de orden y limpieza	D.S.N° 024-2016- EM	Caida de persona a nivel	Contusión, fracturas y lesiones	Falta realizar limpieza, material inestable.	X		B	4	B4	14	M	NA	NA	N/A	Herramientas de Gestion: PETS, Estandares de Trabajo, Procedimiento de Trabajo, orden de trabajo, Inspecciones auditorias y controles.	Protector, lentes de seguridad, overol, correa porta lampara, resoirador, botas, guantes de neopreno o cuero, barbiquejo, tapon de oido, lampara minera.	C	4	C4	18	S	No ingresar a áreas inestables	Residente
	TRASLADO DE MÁQUINAPERFORADORA	Perforista y ayudante		Bancos de roca colgados, sueltos	Bancos de roca colgado sueltos	D.S.N° 024-2016- EM	Caida de roca	Contusión, fracturas , muerte	Falta de regar los frentes, falta realizar el desatado de rocas y falta de inspecciones	X		C	2	C2	8	A	NA	N/A	Sostenimiento pasivo o activo	Herramientas de Gestion: PETS, Estandares de Trabajo, Procedimiento de Trabajo, orden de trabajo, Inspecciones auditorias y controles.	Protector, lentes de seguridad, overol, correa porta lampara, respirador, botas, guantes de neopreno o cuero, barbiquejo, tapon de oido, lampara minera	D	2	D2	12	M	Realizar inspecciones y desatado de rocas	Residente
		Perforista y ayudante		Escaleras	Caidas a distinto nivel	D.S.N° 024-2016- EM	Caidas a distinto nivel	Contusión, lesiones , heridas, fracturas y muerte	Resbaladuras, peldaños en mal estado, caidas.	X		C	2	C2	8	A	NA	N/A	N/A	Capacitación sobre caminos, uso adecuado de escaleras e inspecciones	EPP: casco con barbiquejo, botas punta de acero, guantes de cuero y/o badana, lentes de seguridad, tapones auditivos, respirador	D	2	D2	12	M	Realizar inspecciones de caminos.	Residente
		Perforista y ayudante		Tuberias y/o cilindros con aire comprimido	Explosión	D.S.N° 024-2016- EM	Explosión	Contusión, fracturas, heridas, muerte	Instalaciones deficientes		X	C	2	C2	8	A	NA	N/A	Diseño de estandares de tuberias en Rectas	Herramientas de Gestion: PETS, Estandares de Trabajo, Procedimiento de Trabajo, orden de trabajo, inspecciones auditorias y controles.	Protector, lentes de seguridad, overol, correa porta lampara, respirador, botas, guantes de neopreno o cuero, barbiquejo, tapon de oido, lampara minera	D	2	D2	12	M		Residente
	CCIÓN DE MÁQUINA ERFORADORA	Perforista y ayudante		Emisión de gases, vapores, neblina	Ventilación deficiente	D.S.N° 024-2016- EM	Ingesta, inhalación o absorción	Intoxicación, envenenamiento, muerte	Falta de regar los frentes	X		B	5	B5	5	A	NA	N/A	Detector de gases	Herramientas de Gestion: PETS, Estandares de Trabajo, Procedimiento de Trabajo, orden de trabajo, inspecciones auditorias y controles.	Protector, lentes de seguridad, overol, correa porta lampara, respirador, botas, guantes de neopreno o cuero, barbiquejo, tapon de oido, lampara minera	B	3	B3	9	M	Cumplir con las recomendaciones establecidas	Residente
		Perforista y ayudante		Pisos resbaladizos y disparejos	Pisos resbaladizos y disparejos	D.S. 024-2016-EM	Caida de persona a nivel	Contusiones, heridas, fracturas	Presencia de rocas, piso mojado.	X		B	4	B4	14	M	NA	N/A	N/A	Herramientas de Gestion: PETS, Estandares de Trabajo, Procedimiento de Trabajo, orden de trabajo, inspecciones auditorias y controles.	Protector, lentes de seguridad, overol, correa porta lampara, respirador, botas, guantes de neopreno o cuero, barbiquejo, tapon de oido, lampara minera	B	4	B4	19	S	Capacitar al personal	Residente

	Perforista y ayudante	INSPEC P	Bancos de roca colgados, sueltos	Caída de rocas	D.S. 024-2016-EM	Caída de roca	Contusión, fracturas , muerte	Falta inspección y falta desatado de rocas	X		C	2	C2	8	A	NA	NA	Sostenimiento pasivo o activo	Herramientas de Gestion, PETS, Estandares de Trabajo, Procedimiento de Trabajo, orden de trabajo, inspecciones auditorias y controles.	Protector, lentes de seguridad, overol, correa porta lampara, respirador, botas, guantes de neopreno o cuero, barbiquejo, tapon de oido lampara minera	D	2	D2	12	M	Capacitar al personal	Residente
	Perforista y ayudante	INSTALACIÓN DE SERVICIOS (Tuberías para agua y aire)	Herramientas defectuosas o en mal estado	Golpe por objetos o herramientas	D.S. 024-2016-EM	Golpe por objetos o herramientas	Contusiones, heridas, fracturas.	Falta de inspección	X		B	4	B4	14	M	NA	NA	N/A	Herramientas de Gestion, PETS, Estandares de Trabajo, Procedimiento de Trabajo, orden de trabajo, inspecciones auditorias y controles.	Protector, lentes de seguridad, overol, correa porta lampara, respirador, botas, guantes de neopreno o cuero, barbiquejo, tapon de oido lampara minera	C	4	C4	16	B	Capacitar al personal	Residente
	Perforista y ayudante		Bancos de roca colgados, sueltos	Bancos de roca colgado sueltos	D.S.N° 024-2016- EM	Caida de roca	Contusión, fracturas , muerte	Falta de regar los frentes, falta realizar el desatado de rocas y falta de inspecciones	X		C	2	C2	8	A	NA	NA	Sostenimiento pasivo o activo	Herramientas de Gestion, PETS, Estandares de Trabajo, Procedimiento de Trabajo, orden de trabajo, inspecciones auditorias y controles.	Protector, lentes de seguridad, overol, correa porta lampara, respirador, botas, guantes de neopreno o cuero, barbiquejo, tapon de oido lampara minera.	D	2	D2	12	M	Realizar inspecciones y desatado de rocas.	Residente
	Perforista y ayudante		Tuberías de agua y aire	Mangueras presurizadas (aceita hidraulico)	D.S.N° 024-2016- EM	Caida del personal por piso con aceite	Golpes, contusiones	Derrame de aceite por rotura de mangueras	X		C	3	C3	13	M	NA	NA	N/A	Inspeccion periodica de las mangueras presurizadas	Uso adecuado de EPPs.	D	3	D3	17	B	Realizar inspecciones permanente	Residente
	Perforista y ayudante		Tuberías de agua y aire	Proyeccion de particulas de mineral	D.S.N° 024-2016- EM	Golpeado por	Golpes, cortes, contusiones, fracturas	Carga acumulado en la camara	X		B	4	B4	14	M	NA	NA	N/A	Limpieza de la camara	Uso adecuado de EPPs.	C	4	C4	16	B	Realizar inspecciones permanente	Residente
	Perforista y ayudante		Máquina perforadora	Perforadora	D.S.N° 024-2016- EM	Caida aplastamiento	Contusión, fracturas .	Mal acomodado	X		B	4	B4	14	M	NA	NA	NA	Capacitación	Uso adecuado de EPPs.	C	4	C4	16	B	Capacitar al personal	Residente
	Perforista y ayudante	INSTALACIÓN DE MANGA DE VENTILACIÓN	Herramientas	Manipulación de herramientas	D.S.N° 024-2016- EM	Fracturas, contusion, lesiones menores	Herramienta inadecuado o defectuosa	Herramientas en malas condiciones o herramientas hechizas	X		B	4	B4	14	M	NA	NA	NA	Capacitación	Uso adecuado de EPPs.	C	4	C4	16	B	Capacitar al personal	Residente
	Perforista y ayudante		Bancos de roca colgados, sueltos	Caídas de rocas	D.S. 024-2016-EM	Caída de roca	Contusión, fracturas , muerte	Falta inspección y falta desatado de rocas	X		C	2	C2	8	A	NA	NA	Sostenimiento pasivo o activo	Herramientas de Gestion, PETS, Estandares de Trabajo, Procedimiento de Trabajo, orden de trabajo, inspecciones auditorias y controles.	Protector, lentes de seguridad, overol, correa porta lampara, respirador, botas, guantes de neopreno o cuero, barbiquejo, tapon de oido lampara minera	D	2	D2	12	M	Capacitar al personal	Residente
	Perforista y ayudante		Escaleras y accesos	Caídas a distinto nivel o a mismo nivel	D.S. 024-2016-EM	Golpes, contusiones, fracturas	Escalera resbalosa	Escaleras y accesos en malas condiciones	X		B	4	B4	14	M	NA	NA	NA	Capacitación	Uso adecuado de EPPs.	C	4	C4	16	B	Capacitar al personal	Residente
	Supervisor Perforista y ayudante	MARCADO DE MALLA	Gases	Gaseamiento, asfixia.	D.S.N° 024-2016- EM	Lesiones irreversibles, mortal.	Falta o deficiencia de la ventilación	Ventilación forzada con ventiladores auxiliares.	X		C	2	C2	8	A	NA	NA	Ejecutar chimeneas de ventilación, realizar el diagrama general de ventilación de la mina.	Herramientas de Gestion, PETS, Estandares de Trabajo, Procedimiento de Trabajo, orden de trabajo, inspecciones auditorias y controles.	Uso adecuado de EPPs.	D	2	D2	12	M	Capacitar al personal	Residente
	Supervisor Perforista y ayudante		Rocas sueltas	Caida de rocas	D.S.N° 024-2016- EM	Fracturas, lesiones irreversibles, mortal.	Deficiencia en la voladura, falta o falla de desatado de rocas, falta de sostenimiento.	Desatado constante, sostenimiento oportuno	X		B	2	B2	5	A	NA	NA	Mejorar en la perforación y voladura	Herramientas de Gestion, PETS, Estandares de Trabajo, Procedimiento de Trabajo, orden de trabajo, inspecciones auditorias y controles.	Uso adecuado de EPPs.	D	2	D2	12	M	Capacitar al personal	Residente
	Supervisor Perforista y ayudante		Pintura	Inhalar asfixia	D.S.N° 024-2016- EM	Intoxicación	Deficiencia en uso de la pintura	Realizar uso adecuado	X		B	4	B4	14	M	NA	NA	N/A	Uso de la hojas de seguridad MSDS	Uso adecuado de EPPs.	C	4	C4	16	B	Capacitar al personal	Residente
	Supervisor Perforista y ayudante		Polvo	Inhalar polvos de silice cristalina, otros polvos minerales	D.S.N° 024-2016- EM	Neumoconiosis, silicosis	Uso inadecuado del respirador.	Uso correcto de protección respiratoria.	X		C	3	C3	13	M	NA	NA	N/A	Capacitación, cumplir con el PETS, Regar la zona disparada, buena ventilación.	Uso adecuado del respirador	C	4	C4	16	B	Capacitar al personal	Residente
PERFORACIÓN	Perforista y ayudante	PERFORACIÓN DE FRENTE CON MÁQUINA JACKLEG	Gases	Gaseamiento, asfixia.	D.S.N° 024-2016- EM	Lesiones irreversibles, mortal.	Falta o deficiencia de la ventilación	Ventilación forzada con ventiladores auxiliares.	X		C	2	C2	8	A	NA	NA	Ejecutar chimeneas de ventilación, realizar el diagrama general de ventilación de la mina.	Herramientas de Gestion, PETS, Estandares de Trabajo, Procedimiento de Trabajo, orden de trabajo, inspecciones auditorias y controles.	Uso adecuado de EPPs.	D	2	D2	12	M	Capacitar al personal	Residente
	Perforista y ayudante		Rocas sueltas	Caida de rocas	D.S.N° 024-2016- EM	Fracturas, lesiones irreversibles, mortal.	Deficiencia en la voladura, falta o falla de desatado de rocas, falta de sostenimiento.	Desatado constante, sostenimiento oportuno	X		B	2	B2	5	A	NA	NA	h la perforación)	Herramientas de Gestion, PETS, Estandares de Trabajo, Procedimiento de Trabajo, orden de trabajo, inspecciones auditorias y controles.	Uso adecuado de EPPs.	D	2	D2	12	M	Capacitar al personal	Residente
	Perforista y ayudante		Ruido	Exposición al ruido	D.S.N° 024-2016- EM	Pérdida de audición (irreversible)	Ruido que produce la máquina perforadora	Uso de protección auditiva	X		C	3	C3	13	M	NA	NA	N/A	Capacitación, cumplir con el PETS, Regar la zona disparada, buena ventilación.	Uso adecuado del protección auditivo	C	4	C4	16	B	Capacitar al personal	Residente
	Perforista y ayudante		Polvo	Inhalar polvos de silice cristalina, otros polvos minerales	D.S. 024-2016-EM	Neumoconiosis, silicosis	Uso inadecuado del respirador.	Uso correcto de protección resoiratoria.	X		C	3	C3	13	M	NA	NA	N/A	Capacitación, cumplir con el PETS, Regar la zona disparada, buena ventilación.	Uso adecuado del respirador	C	4	C4	16	B	Capacitar al personal	Residente
	Perforista y ayudante	VEA CON LEG	Gases	Gaseamiento, asfixia.	D.S.N° 024-2016- EM	Lesiones irreversibles, mortal.	Falta o deficiencia de la ventilación	Ventilación forzada con ventiladores auxiliares.	X		C	2	C2	8	A	NA	NA	Ejecutar chimeneas de ventilación, realizar el diagrama general de ventilación de la mina.	Herramientas de Gestion, PETS, Estandares de Trabajo, Procedimiento de Trabajo, orden de trabajo, inspecciones auditorias y controles.	Uso adecuado de EPPs.	D	2	D2	12	M	Capacitar al personal	Residente

MINA	Perforista y ayudante	PERFORACIÓN DE CHIMENEA PERFORADORA JACK	Rocas sueltas	Caida de rocas	D.S.N° 024-2016- EM	Fracturas, lesiones irreversibles, mortal	Deficiencia en la voladura, falta o falla de desatado de rocas, falta de sostenimiento.	Desatado constante sostenimiento oportuno	X		B	2	B2	5	A	NA	NA	Mejorar en la perforación y voladura.	Herramientas de Gestion, PETS, Estandares de Trabajo, Procedimiento de Trabajo, orden de trabajo, inspecciones auditorias y controles.	Uso adecuado de EPPs.	D	2	D2	12	M	Capacitar al personal	Residente
	Perforista y ayudante		Ruido	Exposición al ruido	D.S.N° 024-2016- EM	Pérdida de audición (irreversible)	Ruido que produce la máquina perforadora	Uso de protección auditiva	X		C	3	C3	13	M	NA	NA	N/A	Capacitación, cumplir con el PETS. Regar la zona disparada, buena ventilación.	Uso adecuado del protección auditivo	C	4	C4	18	B	Capacitar al personal	Residente
	Perforista y ayudante		Polvo	Inhalar polvos de silice cristalina, otros polvos minerales	D.S. 024-2015-EM	Neumoconiosis, silicosis	Uso inadecuado del respirador.	Uso correcto de protección respiratoria.	X		C	3	C3	13	M	NA	NA	N/A	Capacitación, cumplir con el PETS. Regar la zona disparada, buena ventilación.	Uso adecuado del respirador	C	4	C4	18	B	Capacitar al personal	Residente
	Perforista y ayudante		Trabajos en altura	Caida de personas a diferente nivel	D.S. 024-2015-EM	Fracturas, lesiones menores, mortal	No se utiliza el sistema de protección contra caidas.	Uso de arnés.	X		C	2	C2	8	A	NA	NA	NA	Herramientas de Gestion, PETS, Estandares de Trabajo, Procedimiento de Trabajo, orden de trabajo, inspecciones auditorias y controles.	Uso correcto del sistema de protección contra caidas, inspección programada del mismo	D	2	D2	12	M	Capacitar al personal	Residente
	Ayudante	TRASLADO DE EXPLOSIVOS DE BODEGA A LABOR	Rocas sueltas	Caida de rocas	D.S.N° 024-2016- EM	Fracturas, lesiones irreversibles, mortal	Deficiencia en la voladura, falta o falla de desatado de rocas, falta de sostenimiento.	Desatado constante, sostenimiento oportuno	X		B	2	B2	5	A	NA	NA	a la perforación y	Herramientas de Gestion, PETS, Estandares de Trabajo, Procedimiento de Trabajo, orden de trabajo, inspecciones auditorias y controles.	Uso adecuado de EPPs.	D	2	D2	12	M	Capacitar al personal	Residente
	Ayudante		Pisos resbaladizos y disparejos	Pisos resbaladizos y disparejos	D.S. 024-2016-EM	Caida de persona a nivel	Contusiones, heridas, fracturas	Presencia de rocas, piso mojado.	X		B	4	B4	14	M	NA	N/A	N/A	Herramientas de Gestion, PETS, Estandares de Trabajo, Procedimiento de Trabajo, orden de trabajo, inspecciones auditorias y controles.	Protector, lentes de seguridad, overol, correa porta tampara, resaltador, botas, guantes de neopreno o cuero, barbiquejo, tapon de oido.	B	4	B4	18	B	Capacitar al personal	Residente
	Ayudante		Explosivos	Explosión espontanea	D.S.N° 024-2016- EM	Lesiones permanentes, mortal	Manipuleo inadecuado	Capacitación en manipuleo de explosivos	X		C	2	C2	8	A	NA	NA	NA	Capacitación constante en manipuleo de explosivos. Personal autorizado en manipuleo de explosivos, debe contar con su BUCAMEC	Uso adecuado de EPPs.	D	2	D2	12	M	Capacitar al personal	Residente
	Ayudante		Gases	Gasamiento, asfixia.	D.S.N° 024-2016- EM	Lesiones irreversibles, mortal.	Falta o deficiencia de la ventilación	Ventilación forzada con ventiladores auxiliares	X		C	2	C2	8	A	NA	NA	Ejecutar chimeneas de ventilación, realizar el diagrama general de ventilación de	Herramientas de Gestion, PETS, Estandares de Trabajo, Procedimiento de Trabajo, orden de trabajo, inspecciones auditorias y controles.	Uso adecuado de EPPs.	D	2	D2	12	M	Capacitar al personal	Residente
	Ayudante		Polvo	Inhalar polvos de silice cristalina, otros polvos minerales	D.S.N° 024-2016- EM	Neumoconiosis, silicosis	Uso inadecuado del respirador.	Uso correcto de protección respiratoria.	X		C	3	C3	13	M	NA	NA	N/A	Capacitación, cumplir con el PETS. Regar la zona disparada, buena ventilación.	Uso adecuado del respirador	C	4	C4	18	B	Capacitar al personal	Residente
	Ayudante		Ruido	Exposición al ruido	D.S.N° 024-2016- EM	Pérdida de audición (irreversible)	Ruido que produce la máquina perforadora	Uso de protección auditiva	X		C	3	C3	13	M	NA	NA	N/A	Capacitación, cumplir con el PETS. Regar la zona disparada, buena ventilación.	Uso adecuado del protección auditivo	C	4	C4	18	B	Capacitar al personal	Residente
	Ayudante		Escaleras	Caidas a distinto nivel	D.S.N° 024-2016- EM	Caidas a distinto nivel	Contusión, lesiones , heridas, fracturas y muerte	Resbaladuras, peldaños en mal estado, caidas	X		C	2	C2	8	A	NA	NA	NA	Capacitación sobre caminos, uso adecuado de escaleras, e inspecciones	EPP: casco con barbiquejo, botas punta de acero, guantes de cuero y/o badana, lentes de seguridad, tapones auditivos, respirador	D	2	D2	12	M	Realizar inspecciones de caminos.	Residente
	Ayudante		Ergonomicos	Movimiento repetitivo, postura inadecuada, posiciones incomodas, levantar objetos pesados.	D.S.N° 024-2016- EM HIGIENE OCUPACIONAL / Subcapitulo V / Ergonomicos (Arts. 113 al 114) y OSHAS 18001	Sobreesfuerzos, movimientos repetitivos, mala postura, movimientos rapidos	Lesiones muscolo esqueléticas o problemas lumbares	Levantar pesos excesivos, no solicitar apoyo. Adoptar malas posturas al momento de realizar el cargulo de materiales, al realizar trabajos repetitivos del montaje de andamios	X		C	4	C4	18	B		NA	NA	• Respetar el peso máximo de carga de 25 Kg. y en caso de mayor peso solicitar apoyo a un compañero. Utilizar stockas para el carguio y traslado de los materiales • Elección adecuada de las herramientas. Aplicar técnicas adecuadas para cargar pesos flexionar las piernas para realizar cargulo. Rotación de trabajadores, variedad en las tareas, considerar tiempos adecuados para el descanso. El personal no debe realizar fuerzas excesivas, movimientos repetitivos, malas posturas, movimientos rapidos	EPP: casco con barbiquejo, zapatos punta de acero guantes de cuero y/o badana, traje tyvek, lentes google, doble protección auditiva.	D	4	D4	21	B	Implementar pausas activas	Residente
	Perforista y ayudante	CARGUIO DE TALADROS CON EXPLOSIVOS	Rocas sueltas	Caida de rocas	D.S.N° 024-2016- EM	Fracturas, lesiones irreversibles, mortal	Deficiencia en la voladura, falta o falla de desatado de rocas, falta de sostenimiento.	Desatado de rocas constante	X		B	2	B2	5	A	NA	NA	NA	Mejorar en la perforación y voladura.	Uso adecuado de EPPs.	D	2	D2	12	M	Capacitar al personal	Residente
	Perforista y ayudante		Materiales explosivos	Explosión espontánea	D.S.N° 024-2016- EM	Lesiones permanentes, mortal	Manipuleo inadecuado	Capacitación en manipuleo de explosivos	X		C	2	C2	8	A	NA	NA	NA	Capacitación constante en manipuleo de explosivos. Personal autorizado en manipuleo de explosivos, debe contar con su BUCAMEC	Uso adecuado de EPPs.	D	2	D2	12	M	Capacitar al personal	Residente
	Perforista y ayudante		Polvo en el ambiente	Inhalar polvos de silice cristalina, otros polvos minerales.	D.S. 024-2016-EM	Neumoconiosis, silicosis	Uso inadecuado del respirador.	Uso correcto de protección respiratoria.	X		C	3	C3	13	M	NA	NA	N/A	Capacitación, cumplir con el PETS. Regar la zona disparada, buena ventilación.	Uso adecuado del respirador	C	4	C4	18	B	Capacitar al personal	Residente
	Perforista y ayudante		Proyeccion de particulas	Golpeado por	D.S. 024-2016-EM	Contusiones, fracturas, ceguera	Uso incorrecto de los lentes de seguridad	Uso de lentes de seguridad	X		B	3	B3	9	M	NA	NA	NA	Capacitación en uso correcto de EPP	EPP: casco con barbiquejo, zapatos punta de acero, guantes de cuero y/o badana, traje tyvek, lentes de seguridad, tapones auditivos de ser necesario.	C	3	C3	13	M	Capacitar al personal	Residente

EXPLOSIVOS	Perforista y ayudante	PREPARACION DE CEBO	Materiales explosivos	Explosión espontánea	D.S. 024-2016-EM	Lesiones permanentes, mortal	Manipuleo inadecuado	Capacitación en manipuleo de explosivos	X		C	2	C2	8	A	NA	NA	NA	Generar el permiso para excavación SSOMA.FR.009. La excavación se cercara con mallas cintas amarillas, se colocaran barreras duras ubicadas a 1 mt. De la cresta de la excavación. Cuando se concluye los trabajos del día la excavación deberá de quedar con barrera dura y señalizada con cinta de color rojo. El borde de la excavación debe de estar liberada como mínimo 0,60 mts. Cuando se realizan los trabajos dentro de la zanja se contara con un vigía permanente. Después que ocurra una lluvia verificar si existen fisuras, agua y derrumbes	EPP: casco con barbiquejo, zapatos punta de acero, guantes de cuero y/o badana, traje tyvek, lentes de seguridad, tapones auditivos de ser necesario.	D	2	D2	12	M		
	Perforista y ayudante		Herramientas cortantes y punzagudas	Cortes o lesiones con herram-entas punzagudas	D.S. 024-2016-EM	Cortes superficiales, corte con penetracion	Uso inadecuado de los punzones	Dotación y uso adecuado del punzón	X		C	4	C4	16	B	NA		El material de la excavación no debe acumularse a no menos de 1.5 mst. Del borde de la Zanja	El material de excedente debe de retirarse de inmediato si no fuera así se aplicara a una distancia suficiente del borde de la excavación para que no actué como sobrecarga y ocasiona desprendimientos.	EPP: casco con barbiquejo, zapatos punta de acero, guantes de cuero y/o badana, lentes google	D	4	D4	24	B		
	Perforista y ayudante	CARGUÍO DE TALADROS CON EXPLOSIVOS	Rocas sueltas	Caida de rocas	D.S. 024-2016-EM	Fracturas, lesiones irreversibles, mortal	Deficiencia en la voladura, falta o falla de desatado de rocas, falta de sostenimiento	Desatado de rocas constante	X		B	2	B2	5	A	NA	NA	NA	Capacitar en mejorar en la perforación y voladura y en la calidad del sostenimiento	Uso adecuado de EPPs.	D	2	D2	12	M	Capacitar al personal	Residente
	Perforista y ayudante		Materiales explosivos	Explosión espontánea	D.S. 024-2016-EM	Lesiones permanentes, mortal	Manipuleo inadecuado	Capacitación en manipuleo de explosivos	X		C	2	C2	8	A	NA	NA	NA	Capacitación constante en manipuleo de explosivos	Uso adecuado de EPPs.	D	2	D2	12	M	Capacitar al personal	Residente
	Perforista y ayudante		Polvo en el ambiente	Inhalar polvos de silice cristalina, otros polvos minerales.	D.S. 024-2016-EM	Neumoconiosis, silicosis	Uso inadecuado del respirador	Uso correcto de protección respiratoria.	X		C	3	C3	13	M	NA	NA	NA	Capacitación, cumplir con el PETS, Regar la zona disparada, buena ventilación.	Uso adecuado del respirador	C	4	C4	18	B	Capacitar al personal	Residente
	Perforista y ayudante		Proyeccion de particulas	Golpeado por	D.S. 024-2016-EM	Contusiones, fracturas, ceguera	Uso incorrecto de los lentes de seguridad	Uso de lentes de seguridad	X		B	3	B3	9	M	NA	NA	NA	Capacitación en uso correcto de EPP	EPP: casco con barbiquejo, zapatos punta de acero, guantes de cuero y/o badana, traje tyvek, lentes de seguridad, tapones auditivos de ser necesario.	C	3	C3	15	M	Capacitar al personal	Residente
	Perforista y ayudante	CHISPEO	Rocas sueltas	Caida de rocas	D.S. 024-2016-EM	Fracturas, lesiones irreversibles, mortal	Deficiencia en la voladura, falta o falla de desatado de rocas, falta de sostenimiento	Desatado de rocas constante	X		B	2	B2	5	A	NA	NA	NA	Capacitar en mejorar en la perforación y voladura y en la calidad del sostenimiento	Uso adecuado de EPPs.	D	2	D2	12	M	Capacitar al personal	Residente
	Perforista y ayudante		Materiales explosivos	Explosión espontánea	D.S.N° 024-2016- EM	Lesiones permanentes, mortal	Manipuleo inadecuado	Capacitación en manipuleo de explosivos	X		C	2	C2	8	A	NA	NA	NA	Capacitación constante en manipuleo de explosivos. Personal autorizado en manipuleo de explosivos, debe contar con su SUCAMEC	Uso adecuado de EPPs.	D	2	D2	12	M	Capacitar al personal	Residente
	Perforista y ayudante	ELIMINACIÓN DE TIROS CORTADOS	Rocas sueltas	Caida de rocas	D.S. 024-2016-EM	Fracturas, lesiones irreversibles, mortal	Deficiencia en la voladura, falta o falla de desatado de rocas, falta de sostenimiento	Desatado de rocas constante	X		B	2	B2	5	A	NA	NA	NA	Capacitar en mejorar en la perforación y voladura y en la calidad del sostenimiento	Uso adecuado de EPPs.	D	2	D2	12	M	Capacitar al personal	Residente
	Perforista y ayudante		Gases	Gasesamiento, asfixia.	D.S.N° 024-2016- EM	Lesiones irreversibles, mortal	Falta o deficiencia de la ventilación	Ventilación forzada con ventiladores auxiliares.	X		C	2	C2	8	A	NA	NA	Ejecutar chimeneas de ventilación, realizar el diagrama general de ventilación de la mina	Herramientas de Gestion, PETS, Estandares de Trabajo, Procedimiento de Trabajo, orden de trabajo, inspecciones, auditorias y controles.	Uso adecuado de EPPs.	D	2	D2	12	M	Capacitar al personal	Residente
	Perforista y ayudante		Polvo	Inhalar polvos de silice cristalina, otros polvos minerales.	D.S.N° 024-2016- EM	Neumoconiosis, silicosis	Uso inadecuado del respirador	Uso correcto de protección respiratoria.	X		C	3	C3	13	M	NA	NA	NA	Capacitación, cumplir con el PETS, Regar la zona disparada, buena ventilación.	Uso adecuado del respirador	C	4	C4	18	B	Capacitar al personal	Residente
	Perforista y ayudante		Ruido	Exposición al ruido	D.S.N° 024-2016- EM	Pérdida de audición (irreversible)	Ruido que produce la máquina perforadora	Uso de protección auditiva	X		C	3	C3	13	M	NA	NA	NA	Capacitación, cumplir con el PETS, Regar la zona disparada, buena ventilación.	Uso adecuado del protección auditivo	C	4	C4	18	B	Capacitar al personal	Residente
	Perforista y ayudante		Tiro cortado	Explosión espontánea	D.S.N° 024-2016- EM	Lesiones permanentes, mortal.	Cargúio inadecuado, chapeo mal realizados, mala calidad del explosivo.	Recarga con una carga adicional de explosivos	X		C	2	C2	8	A	NA	NA	NA	Capacitación y seguimiento continuo al personal.	EPP: casco con barbiquejo, zapatos punta de acero, guantes de cuero y/o badana, traje tyvek, lentes luna clara y oscuras.	D	2	D2	12	M	Capacitar al personal	Residente
	Perforista y ayudante	PLASTEO DE BANCOS	Rocas sueltas	Caida de rocas	D.S. 024-2016-EM	Fracturas, lesiones irreversibles, mortal.	Deficiencia en la voladura, falta o falla de desatado de rocas, falta de sostenimiento	Desatado de rocas constante	X		B	2	B2	5	A	NA	NA	NA	Capacitar en mejorar en la perforación y voladura y en la calidad del sostenimiento	Uso adecuado de EPPs.	D	2	D2	12	M	Capacitar al personal	Residente
	Perforista y ayudante		Materiales explosivos	Explosión espontánea	D.S.N° 024-2016- EM	Lesiones permanentes, morta	Manipuleo inadecuado	Capacitación en manipuleo de explosivos	X		C	2	C2	8	A	NA	NA	NA	Capacitación constante en manipuleo de explosivos. Personal autorizado en manipuleo de explosivos, debe contar con su SUCAMEC	Uso adecuado de EPPs.	D	2	D2	12	M	Capacitar al personal	Residente
	Operadores	CARGUÍO CON SCOOP	Gases	Gasesamiento, asfixia.	D.S.N° 024-2016- EM	Lesiones irreversibles, mortal	Falta o deficiencia de la ventilación	Ventilación forzada con ventiladores auxiliares.	X		C	2	C2	8	A	NA	NA	Ejecutar chimeneas de ventilación, realizar el diagrama general de ventilación de la mina	Herramientas de Gestion, PETS, Estandares de Trabajo, Procedimiento de Trabajo, orden de trabajo, inspecciones, auditorias y controles.	Uso adecuado de EPPs.	D	2	D2	12	M	Capacitar al personal	Residente
	Operadores		Equipo o maquinaria móvil (scoop)	Golpes, atropello, choque	D.S.N° 024-2016- EM	Lesiones menores, fracturas, contusion, mortal	Mala operación, deficiencias mecánicas, vías de tránsito en mal estado	Capacitación de operador y mantenimiento oportuno del equipo	X		B	2	B2	5	A	NA	NA	NA	Cumplir el mantenimiento programado, mantenimiento constante de la vía de tránsito	Uso adecuado de EPPs.	D	2	D2	12	M	Capacitar al personal	Residente

LIMPIEZA DE MATERIAL	Operadores	LIMPIEZA DE MATERIAL C	Materiales inflamables (petróleo, aceites)	Quemaduras, daños a la piel	D.S.N° 024-2016- EM	Lesiones por quemaduras	Rotura de mangueras o cañerías, manipuleo incorrecto de las sustancias	Mantenimiento constante de los equipos			B	4	B4	14	M	NA	NA	Inspecciones de Ambientes de trabajo	Mantenimiento programado, capacitación en manejo de sustancias peligrosas y uso de EPPs	Uso adecuado de EPPs.	C	4	C4	18	B	Capacitar al personal	Residente
	Operadores		Rocas sueltas	Caida de rocas	D.S. 024-2016-EM	Fracturas, lesiones irreversibles, mortal.	Deficiencia en la voladura, falta o falla de desatado de rocas, falta de sostenimiento.	Desatado de rocas constante	X		B	2	B2	5	A	NA	NA	NA	Capacitar en mejorar en la perforación y voladura y en la calidad del sostenimiento	Uso adecuado de EPPs.	D	2	D2	12	M	Capacitar al personal	Residente
	Operadores		Tiro cortado	Explosión espontánea	D.S.N° 024-2016- EM	Lesiones permanentes, mortal.	Cargulo inadecuado, chispeo mal realizados, mala calidad del explosivo.	Recarga con una carga adicional de explosivos	X		C	2	C2	8	A	NA	NA	NA	Capacitación y seguimiento continuo al personal.	EPP casco con barbiquejo, zapatos punta de acero, guantes de cuero y/o badana, traje tyvek, lentes luna clara y oscuras	D	2	D2	12	M	Capacitar al personal	Residente
	Operadores		Polvo	Inhalar polvos de silice cristalina, otros polvos minerales	D.S.N° 024-2016- EM	Neumoconiosis, silicosis	Uso inadecuado del respirador.	Uso correcto de protección respiratoria.	X		C	3	C3	13	M	NA	NA	N/A	Capacitación, cumplir con el PETS. Regar la zona disparada, buena ventilación	Uso adecuado del respirador	C	4	C4	18	B	Capacitar al personal	Residente
	Operadores		Ruido (proveniente del equipo)	Sordera	D.S.N° 024-2016- EM	Enfermedad irreversible, pérdida de la audición.	Uso inadecuado de EPP	Uso del tapón de oidos.	X		C	3	C3	13	M	NA	NA	N/A	Capacitación, en el uso adecuado de EPPs	Uso correcto de tapón de oidos y orejeras	C	4	C4	18	B	Capacitar al personal	Residente
	Operadores	CARGUIÓ DE MATERIAL CON SCOOP A DUMPER	Gases	Gaseamiento, asfixia.	D.S.N° 024-2016- EM	Lesiones irreversibles, mortal.	Falta o deficiencia de la ventilación	Ventilación forzada con ventiladores auxiliares.	X		C	2	C2	8	A	NA	NA	Ejecutar chimeneas de ventilación, realizar el diagrama general de ventilación de la mina	Herramientas de Gestion, PETS, Estandares de Trabajo, Procedimiento de Trabajo, orden de trabajo, inspecciones auditorias y controles.	Uso adecuado de EPPs.	D	2	D2	12	M	Capacitar al personal	Residente
	Operadores		Equipo o maquinaria móvil (scoop)	Golpes, atropello, choque	D.S.N° 024-2016- EM	Lesiones menores, fracturas, contusion, mortal.	Mala operación, deficiencias mecánicas, vias de tránsito en mal estado	Capacitación del operador y mantenimiento oportuno del equipo	X		B	2	B2	5	A	NA	NA	NA	Cumplir el mantenimiento programado, mantenimiento constante de la vía de tránsito	Uso adecuado de EPPs.	D	2	D2	12	M	Capacitar al personal	Residente
	Operadores		Materiales inflamables (petróleo, aceites)	Quemaduras, daños a la piel	D.S.N° 024-2016- EM	Lesiones por quemaduras	Rotura de mangueras o cañerías, manipuleo incorrecto de las sustancias	Mantenimiento constante de los equipos			B	4	B4	14	M	NA	NA	Inspecciones de Ambientes de trabajo	Mantenimiento programado, capacitación en manejo de sustancias peligrosas y uso de EPPs	Uso adecuado de EPPs.	C	4	C4	18	B	Capacitar al personal	Residente
	Operadores		Rocas sueltas	Caida de rocas	D.S. 024-2016-EM	Fracturas, lesiones irreversibles, mortal.	Deficiencia en la voladura, falta o falla de desatado de rocas, falta de sostenimiento.	Desatado de rocas constante	X		B	2	B2	5	A	NA	NA	NA	Capacitar en mejorar en la perforación y voladura y en la calidad del sostenimiento	Uso adecuado de EPPs.	D	2	D2	12	M	Capacitar al personal	Residente
	Operadores		Tiro cortado	Explosión espontánea	D.S.N° 024-2016- EM	Lesiones permanentes, mortal.	Cargulo inadecuado, chispeo mal realizados, mala calidad del explosivo.	Recarga con una carga adicional de explosivos	X		C	2	C2	8	A	NA	NA	NA	Capacitación y seguimiento continuo al personal.	EPP casco con barbiquejo, zapatos punta de acero, guantes de cuero y/o badana, traje tyvek, lentes luna clara y oscuras	D	2	D2	12	M	Capacitar al personal	Residente
	Operadores		Polvo	Inhalar polvos de silice cristalina, otros polvos minerales	D.S.N° 024-2016- EM	Neumoconiosis, silicosis	Uso inadecuado del respirador.	Uso correcto de protección respiratoria.	X		C	3	C3	13	M	NA	NA	N/A	Capacitación, cumplir con el PETS. Regar la zona disparada, buena ventilación	Uso adecuado del respirador	C	4	C4	18	B	Capacitar al personal	Residente
	Operadores		Ruido (proveniente del equipo)	Sordera	D.S.N° 024-2016- EM	Enfermedad irreversible, pérdida de la audición.	Uso inadecuado de EPP	Uso del tapón de oidos.	X		C	3	C3	13	M	NA	NA	N/A	Capacitación, en el uso adecuado de EPPs	Uso correcto de tapón de oidos y orejeras	C	4	C4	18	B	Capacitar al personal	Residente
TRANSPPORTE DE MATERIAL	Operadores y chofer de volquete	CARGUIÓ DE MATERIAL CON SCOOP A VOLQUETE	Equipo o maquinaria móvil (scoop)	Golpes, atropello, choque	D.S.N° 024-2016- EM	Lesiones menores, fracturas, contusion, mortal.	Mala operación, deficiencias mecánicas, vias de tránsito en mal estado	Capacitación del operador y mantenimiento oportuno del equipo	X		B	2	B2	5	A	NA	NA	NA	Cumplir el mantenimiento programado, mantenimiento constante de la vía de tránsito	Uso adecuado de EPPs.	D	2	D2	12	M	Capacitar al personal	Residente
	Operadores y chofer de volquete		Materiales inflamables (petróleo, aceites)	Quemaduras, daños a la piel	D.S.N° 024-2016- EM	Lesiones por quemaduras	Rotura de mangueras o cañerías, manipuleo incorrecto de las sustancias	Mantenimiento constante de los equipos			B	4	B4	14	M	NA	NA	Inspecciones de Ambientes de trabajo	Mantenimiento programado, capacitación en manejo de sustancias peligrosas y uso de EPPs	Uso adecuado de EPPs.	C	4	C4	18	B	Capacitar al personal	Residente
	Operadores y chofer de volquete		Polvo	Inhalar polvos de silice cristalina, otros polvos minerales	D.S.N° 024-2016- EM	Neumoconiosis, silicosis	Uso inadecuado del respirador.	Uso correcto de protección respiratoria.	X		C	3	C3	13	M	NA	NA	N/A	Capacitación, cumplir con el PETS. Regar la zona disparada, buena ventilación	Uso adecuado del respirador	C	4	C4	18	B	Capacitar al personal	Residente
	Operadores y chofer de volquete		Ruido (proveniente del equipo)	Sordera	D.S.N° 024-2016- EM	Enfermedad irreversible, pérdida de la audición.	Uso inadecuado de EPP	Uso del tapón de oidos.	X		C	3	C3	13	M	NA	NA	N/A	Capacitación, en el uso adecuado de EPPs	Uso correcto de tapón de oidos y orejeras	C	4	C4	18	B	Capacitar al personal	Residente
	Chofer de camioneta	TRASLADO DE PERSONAL DE CAMPAMENTO A MINA CON CAMIONETA	Vehiculo en movimiento	Golpes, contusiones.	D.S.N° 024-2016- EM	Lesiones, muerte	No utilizar el cinturón de seguridad	Uso del cinturón de seguridad.	X		B	2	B2	5	A	NA	NA	NA	Cumplir con el PETS transporte de personal con camioneta		D	2	D2	12	M	Capacitar al personal	Residente
	Chofer de camioneta		Ruido	Exposición al ruido	D.S.N° 024-2016- EM	Pérdida de audición (irreversible)	Ruido que produce la máquina perforadora	Uso de protección auditiva	X		C	3	C3	13	M	NA	NA	N/A	Capacitación, cumplir con el PETS. Regar la zona disparada, buena ventilación	Uso adecuado de protección auditiva	C	4	C4	18	B	Capacitar al personal	Residente
	Chofer de camioneta		Polvo	Inhalar polvos de silice cristalina, otros polvos minerales	D.S.N° 024-2016- EM	Neumoconiosis, silicosis	Uso inadecuado del respirador.	Uso correcto de protección respiratoria.	X		C	3	C3	13	M	NA	NA	N/A	Capacitación, cumplir con el PETS. Regar la zona disparada, buena ventilación	Uso adecuado del respirador	C	4	C4	18	B	Capacitar al personal	Residente
	Chofer de camioneta		Rocas sueltas	Caida de rocas	D.S. 024-2016-EM	Fracturas, lesiones irreversibles, mortal	Deficiencia en la voladura, falta o falla de desatado de rocas, falta de sostenimiento	Desatado de rocas constante	X		B	2	B2	5	A	NA	NA	NA	Capacitar en mejorar en la perforación y voladura y en la calidad del sostenimiento	Uso adecuado de EPPs.	D	2	D2	12	M	Capacitar al personal	Residente

5 y 8 ALTO TRABAJOS CON RIESGO CRÍTICO

Representante de los trabajadores	Firma.	Fecha.

Preparado Por:		Aprobado por:
MÁXIMO CASTRO ZENTENO	MÁXIMO CASTRO ZANTENO ING. SSOMA	PERE HERNÁNDEZ IÑIGO GERENTE GENERAL

"UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA"

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FORMATO DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNAM

Formulario de autorización para la publicación electrónica en la página web del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Moquegua, de conformidad con la Ley N° 30035 Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y Resolución de Comisión Organizadora N° 041-2022-UNAM que aprueba el Reglamento que regula el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

1. DATOS DEL AUTOR

Nombres y Apellidos : Angel Cristhian Banegas Tacuchi
DNI/Carnet de Extranjería/Pasaporte N° : 71978440
Correo electrónico : angelbanegast@gmail.com
Teléfono/Celular : 931077732

2. GRADO, TITULO O ESPECIALIZACIÓN (Marque con una X)

Bachiller	Título Profesional	Magister	Doctor	Segunda Especialidad
	X			

3. TIPO DE PUBLICACIÓN (Marque con una X)

a) Articulo ( )
b) Tesis de pregrado (X)
c) Tesis de Maestría ( )
d) Tesis de Doctorado ( )
e) Monografía ( )
f) Reporte de caso científico o hallazgos ( )
g) Libro ( )
h) Parte de un libro ( )
i) Revisión ( )
j) Conferencia ( )
k) Presentación ( )
l) Artículo preliminar ( )
m) Articulo antes de ser publicado ( )
n) Artículo de prensa ( )
o) Documentos internos ( )
p) Imagen ( )
q) Documentos técnicos ( )
r) Ponencias presentadas en eventos científicos (Jornada, Congreso, Simposio Conferencias, etc.) ( )
s) Informes de suficiencia profesional ( )
t) Patentes producidas por académicos/as ( )

4. TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Marque con una X)

a) Tesis (X)
b) Trabajo de Investigación ( )
c) Trabajo de suficiencia profesional ( )
d) Trabajo académico ( )

5. DATOS DE LA PUBLICACION

a) Título : "EVALUACIÓN DE COSTOS DE UNA RAMPA DE PROFUNDIZACIÓN PARA EXTRACCIÓN DE COBRE DE LA VETA TESORO SUR DE LA UNIDAD MINERA MIS GRANDES TESOROS"
b) Campo del conocimiento OCDE (Indicar el código de clasificación OCDE de la obra : https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html) : .....
c) Fecha de publicación : .....

6. DATOS DEL ASESOR:

a) Nombres y Apellidos : Agapito Flores Justo
b) DNI/Pasaporte/Cédula : 00479949
c) ORCID : 0000-0002-4580-5799

FIRMA : .....

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 71978440
NOMBRES Y APELLIDOS : Angel Cristhian Banegas Tacuchi

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN / TESIS / TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Yo, Angel Cristhian Banegas Tacuchi, bachiller de la Escuela Profesional de : Ingenieria de Minas, de la Universidad Nacional de Moquegua, identificado (a) con DNI: Nº 71978440, autor(a) de la Tesis / Trabajo de suficiencia profesional titulado "Evaluación de costos de una rampa de profundización para extracción de cobre de la veta tesoro sur de la unidad minera mis grandes tesoros"

Declaro bajo juramento que:

1. El trabajo de investigación es auténtico, siendo resultado de mi trabajo personal, que no se ha copiado, que no se ha utilizado ideas, formulaciones, citas integrales e ilustraciones diversas, sacadas de cualquier tesis, obra, artículo, memoria, etc., (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma clara y exacta su origen o autor, tanto en el cuerpo del texto, figuras, cuadros, tablas u otros que tengan derechos de autor. Por tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiado total ni parcialmente.
2. El trabajo de investigación no ha sido autoplagiada, es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
3. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presentan en el trabajo de investigación constituirán aporte a la realidad investigada.

Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales, por lo que asumo cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de irregularidades en el trabajo de investigación, así como de los derechos sobre la obra presentada.

Moquegua, 01 de abril del 2025



Huella digital

Nombres y Apellidos: Angel Cristhian Banegas Tacuchi
DNI: 71978440

Base legal: RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 194-2020-SUNEDU-02-15

"UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA"

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

LICENCIAS

Licencia Estándar

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional Digital de la UNAM.

Con la autorización de depósito da mi trabajo de investigación, otorgo a la Universidad Nacional de Moquegua, una Licencia No Exclusiva para reproducir. distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi trabajo de investigación (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios provistos por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Institucional Digital de la UNAM, Colección de Tesis, entre otros, en el Perú y en el extranjero, por el tiempo y veces que considere necesarias, y libre de remuneraciones.

En virtud de dicha Licencia, la UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA, podrá reproducir mi trabajo de investigación en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con los propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que el trabajo de investigación es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, o coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicho trabajo de investigación no infringe derechos de autor de terceras personas.

La UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA consignara el nombre del/los autor/es del trabajo de investigación, y no le hará ninguna modificación más de la permitida en la presente licencia.

Autorizo el depósito (marque con una X).

(X) **SI autorizo que se deposite inmediatamente.**

FIRMA : .....

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 71978440

NOMBRES Y APELLIDOS : Angel Cristhian Banegas Tacuchi

FECHA : 11 de abril del 2025

Angel_Cristhian_Banegas_Tacuchi_V1_IT_09_03_25.pdf

Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::23228:439329470

Fecha de entrega
14 mar 2025, 9:29 a.m. GMT-5

Fecha de descarga
14 mar 2025, 9:32 a.m. GMT-5

Nombre de archivo
Angel_Cristhian_Banegas_Tacuchi_V1_IT_09_03_25.pdf

Tamaño de archivo
3.2 MB

133 Páginas

35.332 Palabras

184.135 Caracteres

10% Genel Benzerlik

Her veri tabanı için çakışan kaynaklar da dâhil tüm eşleşmelerin kombine toplamı.

Rapordan Filtrelenen

- Bibliyografya
- Alıntılanan Metin
- Atıf Yapılan Metin
- Küçük Eşleşmeler (10 sözcükten az)

Ön Sıradaki Kaynaklar

9% İnternet kaynakları
1% Yayınlar
5% Gönderilen çalışmalar (Öğrenci Makaleleri)

Bütünlük Bayrakları

İnceleme için 0 Bütünlük Bayrağı

Herhangi bir şüpheli metin manipülasyonu belirlenmedi.

Sistemimizin algoritmaları bir belgede, onu normal bir gönderiden ayırabilecek her türlü tutarsızlığı derinlemesine inceler. Tuhaf bir şey fark edersek incelemeniz için bayrak ekleriz.

Bir Bayrak mutlaka bir sorun olduğunu göstermez. Ancak daha fazla inceleme için dikkatinizi vermenizi öneririz.

DECENIO DE LA IGUALDAD DE OPORTUNIDADES PARA MUJERES Y HOMBRES
"AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA"

RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO N° 252-2025-CU-UNAM

Moquegua, 21 de abril de 2025

VISTOS:

El Acuerdo de Sesión Extraordinaria de Consejo Universitario de fecha 16 de abril de 2025, Proveído N° 1379-2025 de fecha 16 de abril de 2025 emitido por el Rectorado, Informe N° 170-2025-UNAM-R/SG de fecha 15 de abril de 2025 emitido por la Secretaría General; Carta N° 072-2025-UNAM/SEGE/GYT/SVR de fecha 15 de abril de 2025 emitido por el Área de Grados y Títulos sobre el otorgamiento del Título Profesional de Ingeniero de Minas, y;

CONSIDERANDO:

Que, la Constitución Política del Perú en su artículo 18° prevé que cada Universidad es autónoma en su régimen normativo, de gobierno, académico, administrativo y económico, y el artículo 8° de la Ley N° 30220, Ley Universitaria, establece que la referida autonomía inherente a las Universidades, se ejerce de conformidad con la Constitución y las Leyes de la República e implica las organizaciones de su sistema académico, económico y administrativo, así como la administración de sus bienes y rentas, elaborar su presupuesto y aplicar sus fondos con la responsabilidad que impone la Ley;

Que, el artículo 58° de la Ley N° 30220, Ley Universitaria concordado con el artículo 14° del Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua, aprobado con Resolución de Comisión Organizadora N° 578-2021-UNAM, establecen que el **Consejo Universitario es el máximo órgano de gestión, dirección y ejecución académica y administrativa de la universidad;**

Que, el artículo 44° de la Ley N° 30220, Ley Universitaria, señala que las universidades otorgan los grados académicos de Bachiller, Maestro, Doctor y los Títulos Profesionales que correspondan, a nombre de la Nación (...);

Que, el numeral 45.2 del artículo 45° de la Ley N° 30220, Ley Universitaria, precisa **los requisitos mínimos para la obtención del título profesional, como son: el grado de Bachiller y la aprobación de una tesis o trabajo de suficiencia profesional**. Asimismo, establece que el título profesional solo se puede obtener en la universidad en la cual se haya obtenido el grado de bachiller;

Que, mediante Resolución de Comisión Organizadora N° 1153-2021-UNAM, se aprobó el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua, el mismo que fue modificado a través de las Resoluciones de Comisión Organizadora N° 410; 453 y 890-2022, N° 880-2023-UNAM y N° 081, 484-2024-UNAM el cual establece los requisitos y norma los procedimientos para la obtención de los grados académicos y títulos profesionales conferidos por esta Casa Superior de Estudios;

Que, mediante Carta N° 072-2025-UNAM/SEGE/GYT/SVR, de fecha 15 de abril de 2025, la encargada del Área de Grados y Títulos, remite a Secretaría General el expediente de un (01) bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, quien se encuentra apto para la expedición del Título Profesional de Ingeniero de Minas por la modalidad de sustentación de Tesis, al haber cumplido satisfactoriamente con los requisitos legales y reglamentarios, exigidos en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua, conforme lo señala la Dirección de Actividades y Servicios Académicos; y, la Dirección de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, razón por la cual, el señor Secretario General incluye dicho expediente como punto de agenda para ser tratado en Sesión Extraordinaria de Consejo Universitario de fecha 16 de abril de 2025;

Domicilio Fiscal: Prolongación Av., Ancash S/N - Moquegua
RUC: 20449347448 - Teléfono: (053) 670168
Página Web: www.unam.edu.pe

Que, se ha establecido como atribución del Consejo Universitario de la UNAM, la facultad de conferir los grados académicos y los títulos profesionales (...), por lo que, en mérito al pedido del Secretario General y debatido el caso en Sesión Extraordinaria de fecha 16 de abril de 2025, se acordó por unanimidad **conferir a nombre de la Nación el Título Profesional de Ingeniero de Minas a un (01) bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Nacional de Moquegua;**

De conformidad con el artículo 59° de la Ley N° 30220, Ley Universitaria concordado con el artículo 16° del Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua, y estando a lo acordado en la Sesión Extraordinaria de Consejo Universitario de fecha 09 de abril de 2025;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO: CONFERIR, a nombre de la Nación el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS** por la modalidad de Sustentación de Tesis, al Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Nacional de Moquegua, de acuerdo al siguiente detalle:

ANGEL CRISTHIAN BANEGAS TACUCHI
TESIS : **"EVALUACIÓN DE COSTOS DE UNA RAMPA DE PROFUNDIZACIÓN PARA EXTRACCIÓN DE COBRE DE LA VETA TESORO SUR DE LA UNIDAD MINERA MIS GRANDES TESOROS"**, cuyo Asesor Principal fue el MSc. Agapito Flores Justo.

ARTÍCULO SEGUNDO: AUTORIZAR, a la Secretaría General de la Universidad Nacional de Moquegua, expedir y registrar los Diplomas correspondientes para su otorgamiento.

ARTÍCULO TERCERO: ENCARGAR al Área de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Moquegua, para que realice las acciones pertinentes conducentes, relacionadas con la inscripción de los grados y títulos en el Registro de Grados y Títulos de la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria - SUNEDU.

ARTÍCULO CUARTO: NOTIFICAR, la presente Resolución a las instancias y dependencias administrativas y académicas de la Universidad Nacional de Moquegua, para su conocimiento, cumplimiento y demás fines pertinentes.

ARTÍCULO QUINTO: ENCARGAR, a la Oficina de Tecnologías de la Información, la publicación de la presente Resolución en el Portal de Transparencia de la Universidad Nacional de Moquegua.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE, CÚMPLASE Y ARCHÍVESE

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA – UNAM – RECTORADO

Dr. HUGO RUBEN MARCA MAQUERA
Rector
Universidad Nacional de Moquegua

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA – UNAM – SECRETARÍA GENERAL

Abog. GUILLERMO S. KUONG CORNEJO
Secretario General
Universidad Nacional de Moquegua