UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

TESIS

"OPTIMIZACIÓN DE COSTOS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN CÁMARAS DE EXPLORACIÓN 01, 02 Y 03 MEDIANTE APLICACIÓN GEOMECÁNICA, EN U.E.A. ARASQUI, AREQUIPA"

PRESENTADO POR:

Bach. Juan Carlos Churacutipa Manzano

PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO DE MINAS

MOQUEGUA - PERÚ

2024

UNAM
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

INGENIERÍA DE MINAS

Folio N° 064

ACTA DE SUSTENTACIÓN

I. Modalidad:

Tesis : [X]

Trabajo de Suficiencia Profesional : [ ]

Otro: ..... : [ ]

II. Documento de aprobación para la sustentación:
Resolución de Consejo de Facultad N° 186-2025-CF.FAIN-UNAM

Fecha: 10.10.2025

III. El Jurado ha dictaminado la (el) TESIS, TITULADO:
"OPTIMIZACIÓN DE COSTOS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN CÁMARAS DE EXPLORACIÓN 01, 02, 03 MEDIANTE APLICACIÓN GEOMECANICA, EN U.E.A. ARASQUI, AREQUIPA"

Bachiller: Juan Carlos CHURACUTIPA MANZANO

Asesor Principal: Victor Adrian PONCE ESTRADA

Co-Asesor : .....

IV. Se dictamina:

Como: Aprobado por unanimidad la sustentación de manera:

Presencial [X] Virtual [ ]

Con nota: Doce (12) por lo que; Sí [X] No [ ]

Opta el Título Profesional de INGENIERO DE MINAS.

Siendo las 12:00 horas, del 16 de octubre del año 2025 se procede con la firma en conformidad de lo dictaminado por el Jurado.

Presidente
Dr Arquímedes León VARGAS LUQUE
(Nombres y Apellidos)

Primer Miembro
MSc. Agapito FLORES JUSTO
(Nombres y Apellidos)

Segundo Miembro
Mg. Juan Elias ROJAS CONDORI
(Nombres y Apellidos)

Bachiller
Juan Carlos CHURACUTIPA MANZANO
(Nombres y Apellidos)

DEDICATORIA

A Dios por bendecirme con salud y permitirme cumplir mis metas y objetivos. A mi familia quienes siempre me apoyaron en cada una de mis metas.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Moquegua y a la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas por brindarme todos los conocimientos para realizar mis estudios. Al Dr. Victor Adrián Ponce Estrada, por el apoyo brindado en la dirección de la presente investigación, por su amistad y compañerismo.

Al Ing. Italo Riquez Huertas, por el apoyo y disposición para el desarrollo del presente trabajo de investigación. A la U.E.A. Arasqui, por las facilidades para el desarrollo del proyecto de tesis.

A los catedráticos de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, por sus orientaciones, críticas constructivas y contribuir en mi formación académica.

RESUMEN

La presente tesis que lleva como título: "Optimización de costos de perforación y voladura en cámaras de exploración 01, 02 y 03 mediante aplicación geomecánica, en U.E.A. Arasqui, Arequipa" Se desarrolló en Cháparra, Arequipa, Perú. La investigación surge debido a que se presentó problemas de perforación y voladura deficiente, por lo que se estaba incurriendo un gasto excesivo de recursos y ejecución lenta del avance planeado por ende un incremento significativo de costos. Siendo su objetivo principal: Optimizar los costos de perforación y voladura en cámaras de exploración 01, 02 y 03 mediante aplicación geomecánica Así mismo se tuvo como objetivo: Analizar los costos de perforación y voladura en las cámaras de exploración 01, 02 y 03 con y sin aplicación geomecánica además de determinar el diseño óptimo de malla de perforación y diseño de carguío de explosivos. Al finalizar la investigación se concluyó que: Al analizar los costos unitarios de perforación y voladura en las cámaras de exploración 01, 02 y 03 con o sin aplicación geomecánica se aprecia mejoras de costos unitarios en 27.62% (S/1658.38 – S/1200.41). Por otro lado; se mejoró el diseño de malla de perforación y diseño de carguío de explosivos disminuyendo en 31.12% y el Factor de Carga (3.77-2.60) Kg/m3 y Potencia (1.34 - 0.93) Kg/ton. en la ejecución de las cámaras de exploración. Concluyendo finalmente que se logró optimizar en 21.73% los costos totales de perforación y voladura en la ejecución del proyecto de cámaras de exploración, obteniendo una voladura controlada y no tener sobre rotura, mayor control de los hastiales mejorando los KPIs de voladura, superando con creces los problemas presentados antes del desarrollo de la presente investigación.

Palabras Clave: Optimización, Perforación, Voladura, Costos, Cámaras de exploración

ABSTRACT

This thesis is titled: "Optimization of drilling and blasting costs in exploration chambers 01, 02 and 03 through the application of geomechanics, in U.E.A. Arasqui, Arequipa" It was developed at the U.E.A. Arasqui, located in Cháparra, Arequipa, Peru. The research arose because problems with poor drilling and blasting were presented, which is why excessive expenditure of resources and slow execution of planned progress was incurring, therefore a significant increase in costs. Its main objective is: Optimize drilling and blasting costs in exploration chambers 01, 02 and 03 through the application of geomechanics. Likewise, the following objectives were aimed at: Analyzing the costs of drilling and blasting in exploration chambers 01, 02 and 03 with and without the application of geomechanics, in addition to determining the optimal drilling mesh design and explosives loading design. At the end of the research, it was concluded that: Analyzing the drilling and blasting costs in chambers 01, 02, and 03, with or without the application of geomechanics, improvements of 27.62% were observed (S/1,658.38 – S/1,200.41). Furthermore, the drilling pattern design and explosive loading design were improved, decreasing by 31.12%, and the Load Factor (3.77-2.60) kg/m3 and Power (1.34-0.93) kg/ton during the execution of the exploration chambers. The final conclusion was that the total drilling and blasting costs for the exploration chamber project were optimized by 21.73%. Controlled blasting was achieved, eliminating overburden, and greater control of the end walls, improving blasting KPIs, far overcoming the problems encountered prior to the development of this research.

Keywords: Optimization, Drilling, Blasting, Costs, Exploration Chambers.

Indice

INTRODUCCIÓN 12
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 13
1.1 Descripción y Formulación del Problema 13
1.1.1 Problema General 14
1.1.2 Problema Específico 14
1.2 Objetivos 14
1.2.1 Objetivo General 14
1.2.2 Objetivos Específicos 14
1.3 Justificación e Importancia 15
1.3.1 Justificación Teórica 15
1.3.2 Justificación Práctica 15
1.3.3 Justificación Económica 15
1.4 Hipótesis 15
1.4.1 Hipótesis General 15
1.4.2 Hipótesis Específicas 15
1.5 Variables 16
1.5.1 Variable Independiente 16
1.5.2 Variable Dependiente 16
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO 18
2.1 Antecedentes del Problema 18
2.1.1 Antecedentes Locales 18
2.1.2 Antecedentes Nacionales 19
2.1.3 Antecedentes Internacionales 22
2.2 Bases Teóricas 25
2.2.1 Unidad Económica Administrativa Arasqui 25
2.2.2 Geología y Yacimiento 25
2.2.3 Método de Minado 26
2.2.4 Cámaras de Exploración 27
2.2.5 Perforación y Voladura 30
2.2.6 Mecánica de Rotura de Rocas 32
2.2.7 Distribución de Energía del Explosivo 34
2.2.8 Contornos de Tiempo de Detonación 35

2.2.9 Geomecánica 35
2.2.10 Costos 37
2.3 Definición de Términos 38
CAPÍTULO III METODOLOGÍA 41
3.1 Tipo y Nivel de Investigación 41
3.2. Ámbito Temporal y Espacial 41
3.2.1. Ámbito Temporal 41
3.2.2. Ámbito Espacial 41
3.3. Población y Muestra 42
3.3.1. Población 42
3.3.2. Muestra 42
3.4. Instrumentos 42
3.5. Procedimiento 43
3.7 Análisis de Datos 43
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 45
4.1. Presentación de la Investigación a Realizar. 45
4.2. Situación del Escenario 46
4.3. Análisis Geomecánico 48
4.4. Configuración de Simulación 52
4.5. Resultados de Simulación 53
4.5.1. Situación Planeada vs Inicial 53
4.5.2. Situación Propuesta 56
4.5.3. Análisis de KPIs Entre Situación Planeada, Inicial y Propuesta. 58
4.6. Detalle y Comparación de Costos Unitarios 60
4.7. Análisis de Costos Totales. 63
4.8 Discusión de Resultados 67
CAPÍTULO V CONCLUSIONES 71
CAPÍTULO VI RECOMENDACIONES 72
CAPÌTULO VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 73
CAPÍTULO VIII ANEXOS 80

Índice de figuras

Figura 1 *Disparo taqueado producto de una voladura deficiente en la construcción de cámara de exploración 01.* 13
Figura 2 *Diagrama de explotación por el método corte y relleno ascendente.* .. 27
Figura 3 *Detalle de cámara diamantina.* 28
Figura 4 *Ubicación de cámaras de exploración 01, 02 y 03, Nv. 1640.* 29
Figura 5 *Partes de una malla de perforación en un frente de avance* 31
Figura 6 *Resumen de mecanismos de rotura de roca.* 33
Figura 7 *Distribución de energía de explosivo en un frente de avance.* 34
Figura 8 *Resultados de la simulación de la detonación con contornos de tiempo de detonación.* 35
Figura 9 *Diagrama de flujo de sistema de costos.* 38
Figura 10 *Ubicación de cámaras de exploración 01, 02 y 03, Nv. 1640.* 45
Figura 11 *Comparación de avances de ejecución planeado vs. situación inicial en la construcción de cámaras de exploración 01,02 y 03 hasta semana 04.* 47
Figura 12 *Accesorios de voladura y explosivos empleados (FAMESA explosivos)* 52
Figura 13 *Malla de perforación empleado inicialmente en el avance de la ejecución de las cámaras de exploración 01, 02 y 03.* 53
Figura 14 *Esquema de carguío empleado inicialmente en el avance de la ejecución de las cámaras de exploración 01, 02 y 03.* 54
Figura 15 *Distribución de energía del explosivo obtenido mediante simulación de la malla empleada inicialmente en el avance de la ejecución de las cámaras de exploración 01, 02 y 03.* 55
Figura 16 *Malla de perforación propuesta para el avance de la ejecución de las cámaras de exploración 01, 02 y 03.* 56
Figura 17 *Esquema de carguío propuesto para el avance de la ejecución de las cámaras de exploración 01, 02 y 03.* 57
Figura 18 *Distribución de energía del explosivo obtenido mediante simulación de la malla propuesto el avance de la ejecución de cámaras de exploración 01, 02 y 03.* 58
Figura 19 *Diferencia grafica de KPIs obtenidos en la etapa Planeada, Inicial y Mejora de la Perforación y voladura de la ejecución de cámaras de exploración 01, 02 y 03.* 59

Figura 20 *Detalle de componentes de costos en situación inicial / mejora en la ejecución de cámaras de exploración 01, 02 y 03.* 61
Figura 21 *Cronograma completo de avances lineales en la ejecución de cámaras de exploración 01, 02 y 03.* 64
Figura 22 *Comparación de costos totales de ejecución de cámaras de exploración 01, 02 y 03.* 66

Índice de tablas

Tabla 1 *Operacionalización de variables*..... 17
Tabla 2 *Rangos de clasificación de macizo rocoso establecido por Bieniawski 1989.* 36
Tabla 3 *Coordenadas de ubicación y longitud a ejecutar en las cámaras de exploración 01, 02 y 03.*..... 46
Tabla 4 *Incidencias en avance y costos en el desarrollo de cámaras de exploración 01, 02 y 03 en la etapa inicial de la ejecución del proyecto en semana 04.* 47
Tabla 5 Distribución de ensayos realizados a partir de muestras extraídas de cámaras de exploración 01,02 y 03.*.*..... 48
Tabla 6 Datos y resultados obtenidos del ensayo de densidad de cámaras de exploración 01,02 y 03.*.*..... 49
Tabla 7 *Datos y resultados del ensayo de compresión simple de cámaras de exploración 01,02 y 03.*..... 50
Tabla 8 *Datos y resultados obtenidos del ensayo de propiedades elásticas de cámaras de exploración 01,02 y 03.* 51
Tabla 9 *Resultados consolidados obtenidos por estudios y ensayos de laboratorio de cámaras de exploración 01, 02 y 03.*..... 52
Tabla 10 *Esquema de carguío empleado inicialmente en el avance de la ejecución de las cámaras de exploración 01, 02 y 03.*..... 54
Tabla 11 *Esquema de carguío propuesto en el avance de la ejecución de las cámaras de exploración 01, 02 y 03.* 57
Tabla 12 *KPIs de voladura obtenidos en situación Planeada, Inicial y Mejora, de la ejecución de perforación y voladura de cámaras de exploración 01,02 y 03.* . 59
Tabla 13 *Estructura detallada de componentes de costos unitarios de perforación y voladura en la construcción de cámaras de exploración 01, 02 y 03.*..... 60
Tabla 14 *Cuadro comparativo de costos de perforación y voladura antes y después de la aplicación de la mejora.*..... 61
Tabla 15 *Cronograma de avance lineal tanto planeado, inicial, y mejorado, de la ejecución de las cámaras de exploración 01, 02 y 03.*..... 63
Tabla 16 *Cronograma de avance de costos planeado, inicial, y mejorado, de la ejecución de las cámaras de exploración 01, 02 y 03.*..... 65

Lista de Anexos

ANEXO A *Ubicación de U.E.A. Arasqui / Arequipa – Caravelí - Cháparra* 80
ANEXO B *Matriz de consistencia* 81
ANEXO C *Formato de cálculo de parámetros de RMR planteada el 1976*..... 82
ANEXO D *Formato de cálculo de parámetros de RMR planteada el 1989*..... 83
ANEXO E *Reunión de operaciones mina U.E.A. Arasqui*..... 84
ANEXO F *Precio unitario planeado de labor 2.4m x 2.5m*..... 85
ANEXO G *Resultado de ensayo de densidad de roca* 88
ANEXO H *Resultado de ensayo de compresión de núcleo de roca*..... 89
ANEXO I *Resultado de ensayo de Módulo de Elasticidad y Módulo de Poisson* 90
ANEXO J *Certificado de calibración de Balanza Electrónica* 91
ANEXO K *Certificado de calibración de Vernier* 92
ANEXO L *Certificado de calibración de prensa hidráulica* 93
ANEXO M *Certificado de calibración de prensa hidráulica*..... 94
ANEXO N *Galería Fotográfica*..... 95

Acrónimos y Abreviaturas

$/m	: Dólares por metro
$/TM	: Dólar por tonelada métrica
EPP	: Equipo de Protección Personal
G.S.I.	: Índice de resistencia geotécnica
GL	: Galería
IGN	: Instituto Geodésico Nacional
INGEMMET	: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico
K.P.I.	: Indicador clave de rendimiento
m.s.n.m.	: Metros sobre el nivel del mar
MJ/ton	: Mega joule por tonelada
NE	: Noreste
Nv.	: Nivel
R.M.R.	: Clasificación del macizo rocoso
s.f.	: Sin fecha
S.A.	: Sociedad Anónima
SN	: Subnivel
TM/disparo	: Tonelada métrica por disparo.
TM/m^3	: Tonelada por metro cubico
U.E.A.	: Unidad Económica y Administrativa
U.M.	: Unidad Minera
U.T.M.	: Universal Transversal Mercator
VTN	: Ventana
W.G.S.	: Sistema Geodésico Mundial
XC	: Crucero

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el mundo competitivo y la gran demanda de mejoras de procesos, obliga a las empresas del rubro minero a optimizar el desarrollo de sus operaciones, reduciendo costos operativos en las distintas zonas de avance y producción, para incrementar sus ganancias y rentabilidades, teniendo como uno de los principales gastos operativos los costos de perforación, voladura y extracción sostenible de los minerales en interés a explotar.

En la U.E.A. Arasqui, actualmente se encuentra además de la explotación del mineral; encaminado en acrecentar su producción a 500 ton/mes en un mediano plazo y formar parte del grupo considerado como mediana minería, por ello es que actualmente está en desarrollo de las cámaras de exploración 01, 02 y 03 las cuales serán utilizadas para realizar campañas de exploración mediante sondajes diamantinos, los cuales les permitirá incrementar sus reservas probadas y probables y tener un mayor conocimiento de la formación geológica y la mineralización de la zona de niveles inferiores, además de incrementar la proyección del budget de la Unidad Económica Administrativa.

CAPÍTULO I
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción y Formulación del Problema

En el inicio del desarrollo de las labores de exploración en la U.E.A. Arasqui correspondientes a las cámaras de exploración 01, 02 y 03 se ha apreciado una serie de dificultades con respecto a la voladura del material producto de la sobre rotura y fragmentación idónea del macizo rocoso, elevando los costos de perforación y voladura, disminuyendo el avance lineal de dichas labores y retrasando la entrega programada de las cámaras de exploración al departamento de geología y por consiguiente la exploración niveles abajo del yacimiento.

Figura 1

Disparo taqueado producto de una voladura deficiente en la construcción de cámara de exploración 01.



Nota: Elaboración Propia

En consecuencia, perjudicando no solo a las ganancias económicas de la U.E.A. Arasqui sino también al aporte al PBI interno del país, y disminuyendo sus aportes a las entidades nacionales, los cuales conllevan un menor presupuesto para la ejecución de proyectos que impulsan el desarrollo de la localidad y el país.

Por lo cual se plantea realizar mejoras en los importes de la operación minera correspondiente a la perforación y voladura, mediante la aplicación de estudios geomecánicos, pudiendo así reestructurar un diseño óptimo de malla de perforación, así como mejorar el proceso de carguío para obtener mejores resultados reduciendo costos operativos e incrementando resultados, a los planteados inicialmente dentro del precio unitario por avance.

1.1.1 Problema General

¿En qué medida se optimizarán los costos de perforación y voladura en cámaras de exploración 01, 02 y 03 mediante aplicación geomecánica en la U.E.A. Arasqui, Arequipa 2024?

1.1.2 Problema Específico

- ¿Cuál es el análisis de los costos de perforación y voladura en las cámaras de exploración 01, 02 y 03 sin aplicación geomecánica en U.E.A. Arasqui, Arequipa 2024?
- ¿Cuál será el diseño óptimo de malla de perforación y diseño de carguío de explosivos en las cámaras de exploración 01, 02 y 03 con aplicación geomecánica en función de costos en la U.E.A. Arasqui, Arequipa 2024?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Optimizar los costos de perforación y voladura en cámaras de exploración 01, 02 y 03 mediante aplicación geomecánica en la U.E.A. Arasqui, Arequipa 2024.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Analizar los costos de perforación y voladura en las cámaras de exploración 01, 02 y 03 sin aplicación geomecánica, en U.E.A. Arasqui, Arequipa 2024.
- Determinar el diseño óptimo de malla de perforación y diseño de carguío de explosivos en las cámaras de exploración 01, 02 y 03 con aplicación geomecánica en función de costos en la U.E.A. Arasqui, Arequipa 2024.

1.3 Justificación e Importancia

1.3.1 Justificación Teórica

Esta investigación se lleva a cabo con la meta de sumar conocimiento existente sobre perforación y voladura de labores subterráneas y su relación directa con la aplicación de la geomecánica para optimizar sus operaciones y mejorar sus resultados, asimismo servirá como aporte para estudios posteriores que se desarrollen en investigaciones futuras.

1.3.2 Justificación Práctica

Esta indagación surge debido a la existencia de la exigencia de hacer mejoras en la operación minera con respecto a la perforación y voladura óptima, tomando como soporte a la aplicación de la geomecánica, permitiendo así lograr resultados superiores a los esperados inicialmente, permitiendo un mejor aprovechamiento de tiempo y recursos, evitando así retrasos en el avance programado.

1.3.3 Justificación Económica

Esta investigación nace de la existencia de realizar mejoras en los costos de perforación y voladura que se vienen presentando, tomando como principal soporte la aplicación geomecánica, superando así con creces los costos que implican realizar las cámaras de exploración, instalaciones y componentes complementarios.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis General

Los costos de perforación y voladura en cámaras de exploración 01, 02 y 03 se optimizan mediante aplicación geomecánica en la U.E.A. Arasqui, Arequipa 2024.

1.4.2 Hipótesis Específicas

- El analizar los costos de perforación y voladura en las cámaras de exploración 01, 02 y 03 sin aplicación geomecánica, permite mejorar costos, en U.E.A. Arasqui, Arequipa 2024.

- El diseño óptimo de malla de perforación y diseño de carguío de explosivos con aplicación geomecánica mejora los costos en las cámaras de exploración 01, 02 y 03 en la U.E.A. Arasqui, Arequipa 2024.

1.5 Variables

1.5.1 Variable Independiente

Aplicación geomecánica en cámaras de exploración 01, 02 y 03 en la U.E.A. Arasqui.

1.5.2 Variable Dependiente

Costos de perforación y voladura en cámaras de exploración 01, 02 y 03 en la U.E.A. Arasqui.

Tabla 1

Operacionalización de variables

TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	HERRAMIENTAS
VARIABLE INDEPENDIENTE Aplicación geomecánica en cámaras de exploración 01, 02 y 03 en la U.E.A. Arasqui.	Ensayos y análisis geomecánicos que se realizan para tener un mejor conocimiento del macizo rocoso de la zona en estudio.	Litología. RMR. Resistencia a la compresión axial. Resistencia a la compresión triaxial. Módulo de elasticidad. Módulo de Young.	Roca predominante Buena, Regular, Mala Ton / cm2 Ton / cm2 N/cm2 mm/mm	Observación y reconocimiento Equipo de compresión axial de testigos. Equipo de compresión tri axial de testigos. Equipo de compresión tri axial de testigos.
VARIABLE DEPENDIENTE Costos de perforación y voladura en cámaras de exploración 01, 02 y 03 en la U.E.A. Arasqui.	Costos relacionados a la actividad de perforación y voladura en el avance de una labor.	Costos de perforación. Costos de voladura. Factor de potencia. Factor de carga.	S/m S/m S/m Kg/Tn Kg/mL o Kg/m^3	Registro y análisis de voladura avance pre y post. Registro y análisis de costos incurridos en las actividades de perforación y voladura.

Nota: Elaboración propia

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del Problema

2.1.1 Antecedentes Locales

Condori y Velazco (2021). En su estudio *"Optimización de perforación y voladura por el método de Roger Holmberg en la unidad Estrella de Chaparra"* (Tesis de pregrado). Cuyo objetivo fue diseñar una malla de perforación empleando el modelo matemático planteado por Holmberg queriendo realizar mejoras a la voladura en el tajeo Porvenir, abordando una investigación descriptiva, analítica y aplicativa; cuya población fueron los tajos Cecilia y Santa Teresa, las cuales presentan rocas de andesita y granodiorita con 2,65 TM/m^3 de densidad, muestreadas no probabilísticamente. Al culminar la investigación se obtiene como resultado la presencia de taladros con sobrecarga dicha malla de perforación tuvo que mejorarse empleando el modelo de Holmberg, concluyendo finalmente que el diseño de malla de sección 2mx10m incrementando la longitud de perforación a 1,71 m por consiguiente minimizando la cantidad de taladros significativamente decreciendo así los costes de perforación y voladura de 11.39 $/TM a 6.68 $/TM y aumentar a11,13 TM/disparo su producción, llegando a una meta de equilibrio (2,45 g Au/TM.)

Mamani (2020). En su tesis de pregrado *"Optimización de costos de producción mediante la evaluación de las operaciones de perforación y voladura en la galería N12 de la empresa minera SOTRAMI – Ayacucho"*. Actualmente la Galería N12, de dimensiones de 2,6m x 2,8m presenta problemas en costos correspondiente a la perforación y voladura, repercutiendo económicamente. El objetivo es mejorar los costos de producción mediante el análisis de operaciones de perforación y voladura. Este método investigativo se basó en analizar todos los trabajos anteriores de perforación y voladura, donde se tomó en cuenta el anterior diseño de malla, teniendo en cuenta el factor de carga, espaciamiento, burdem y número de taladros, estos datos recopilados en reportes. En esta investigación se planteó una malla de perforación nueva considerando las propiedades geomecánicas de la roca, evaluándose factor de carga, espaciamiento, burdem y número de taladros, recopilando información en reportes diarios. Concluyendo lo

siguiente, Empleando la malla de perforación planteada los costes de perforación y voladura mejoró de 318,95 $/m a 276,76 $/m, en la Galería N12.

Choque (2021). En su tesis *"Optimización de perforación y voladura en la construcción de la rampa negativa 440 en la empresa minera MACDESA – Arequipa".* Fijó el objetivo clave de optimizar operaciones unitarias con la meta de cumplir el avance programado mensual de 180 m, de ello solo se lograba 153 m. Otro objetivo es minimizar la sobre rotura de 4.20 m x 4.30 m a de 4.00 m x 4.00 m. Para lograr lo planeado es necesario incrementar el avance por disparo, reducir tiempos para sustentas económica y técnicamente la ejecución de la rampa negativa. Al final se concluye "Plantear un diseño de malla de perforación para sección de 4.00 m x 4.00 m; con 04 taladros de alivio de 0.102m en el arranque; 37 taladros 0.045 m cargados y 04 taladros sin carga en la corona, consiguiente una eficiencia de 2.55 m a 3.00 m de avance, esta malla de perforación se probó en la Rampa obteniendo resultados buenos. Logrando así reducir el factor de carga explosiva de 3.65 kg/m^3 a 2.15 kg/m^3.

Tunquipa y Diaz (2021). Desarrolló la optimización de costos unitarios de perforación y voladura en labores de preparación del Nv. 1715 en la Unidad Minera Chalhuane, abordando un estudio cuantitativo y explicativo, logrando reducir los costos en S/.121.75 lo cual se refleja cómo un 23% menos de la situación inicial.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

Inga (2023). En su investigación *"Estudio geomecánico para diseño de mallas de perforación y voladura en labores subterráneas horizontales en Minera Aurífera Retamas"* (Tesis de Pregrado). Fijó como objetivo: Determinar el análisis geomecánico y representar en el bosquejo de mallas de perforación. Siendo un estudio aplicado, cuyo el nivel es descriptivo y explicativo, basándose en el diseño cuasiexperimental. Las labores de muestra son la Veta Cabana 2-H (Nivel 3175 – Zona Chilcas) fue la población, además de la rampa RP Paralela II, aquí se avanzará 184m. Haciendo un estudio geomecánico hallando una roca IV-A con RMR=36, una zona de calidad mala en GSI es IF/R. Diseñando una malla de perforación con 4 decenas de huecos cargados empleando voladura controlada, teniendo como resultados una perforación de 3,86 m y un avance fue 3,82 m que representa un 99%

de eficiencia, minimizando la sobre rotura a 3,8%. Además del factor de carga en 5.8%.

Pariona (2021). En su tesis titulado *"Estudio geomecánico y su influencia en diseño de mallas perforación y voladura en MARSA."* Cuyo objetivo fue definir la influencia del estudio geomecánico en la estructuración de las mallas perforación y voladura. Con una investigación aplicativa, de nivel descriptivo y explicativo, basándose en el método científico. Su población abarco socavones del Nv. 3220 y su muestra el SN 3257-S y el XC 9109-NE. Ejecutado el estudio se planteó nuevas mallas de perforación y voladura contemplando el análisis geomecánico hallando rocas caracterizadas IV-A según RMR. En el SN 3257-S, reduciéndose así la cantidad de huecos perforados en 10,3%. Además, los huecos con carga explosiva se minimizaron en 29%. También se disminuyó el factor de carga de 1,86 kg/m3 a 1,58 Kg/m3, siendo 18% menos. En el XC 9109-NE el factor de potencia paso de 1,82Kg/m3 a1,65 Kg/m3, siendo 10,4% menos; teniendo menor consumo de explosivo. Por consiguiente, aumenta la seguridad en los socavones y se minimiza el consumo de explosivos.

Silva (2021). En su tesis *"Optimización de la perforación y voladura para la reducción de costos operativos en minera aurífera retamas*". Tuvo como objetivo: De qué manera la optimización de la perforación y voladura influye en la reducción de los costos operativos en MARSA. Se empleó el método científico, tipo aplicada y como nivel descriptivos-explicativo. El diseño fue pre experimental; la población considerada fueron los frentes de perforación de las labores de desarrollo y muestra elegida es un frente piloto de la Zona Valeria II. Buscando optimizar la perforación y voladura se hizo un estricto seguimiento. Permitiendo rediseñar la malla de tipo IIA y IIB; también, se implementó dos tipos de arranques, se optimizó la eficiencia del disparo al 97%, se mejoró la longitud de perforación, finalmente se redujo el costo de los avances en 19.85 $/m, el cual represente una mejora en 4.7%

Damian et Al (2024). Al medir como influye el optimizar la perforación y voladura con respecto a los costos en la ejecución del XC 710 - Nv+40 de la U.M. Sumaq Rumi – Azulcocha aplicando una metodología aplicada, preexperimental, logrando reducción de costos de 350.05 $/m a 252.86 $/m.

Concha y tarifa (2020). Investigaron la optimización y reducción de costos en perforación y voladura Incluyendo barras de 16 ft para frentes de avance en U.O. Inmaculada, realizando una investigación no experimental, descriptivo; logrando disminuir el costo de acero por disparo en frentes de 12 ft siendo este 810.86 $/m con respecto a 1051.24 $/m.

Ramírez y Sandoval (2020). Planteó como minimizar costos de perforación y voladura en el frente de la empresa JA, aplicando una investigación cuantitativa y logrando minimizar costos de perforación y voladura, en 35.28 $/disparo, representando esto un 20%.

De la Cruz y Rodriguez (2022). Abordó el mejoramiento de perforación y voladura para minimizar el costo de ejecución de GL. 5361, en U.M. Vicus. Empleando una investigación experimental inductivo, logrando mejorar la perforación y voladura empleando barrenos de 6 ft de S/ 1212.98 y a S/ 1044.84. Esta reducción viene hacer de S/. 168.14.

Checca (2019). Realizó mejoramiento en los costos de perforación, voladura, carguío y acarreo en la U.M. Cori Puno. Adoptando una metodología analítica y descriptiva. Consiguiendo una rentabilidad superior al 20% de margen operativo.

Soncco (2019). Estableció como objetivo reducir los costos de perforación y voladura a través del rediseño de malla de perforación y carga explosiva adecuada en la GL. San Francisco en la U. M. Pallancata – IESA – Ayacucho. Siguiendo una investigación descriptivo – experimental. Logrando que los costos se reduzcan de 213,15 $/m a 183,86 $/m, difiriendo en 29,29 $/m.

Vicente (2023). Planteó optimizar costos de perforación y voladura con rediseño de malla de perforación, en el SN-100 de la veta Ramal en la mina Animón, adoptando una investigación descriptiva hipotico-deductiva. Obteniendo una reducción en el empleo de explosivos de 21.1 kg/disparo a 16.24 kg/disparo, además, una minimización de costos lineales de $ 369.98 a $ 355.20 difiriendo en $ 14.78 siendo esto un ahorro de 4%.

2.1.3 Antecedentes Internacionales

Ortega et al. (2016). En su tesis de pregrado titulado "*Modificación de las mallas de perforación de voladuras a partir del índice de esfuerzo geológico (GSI), caso mina La Maruja, Colombia"*. Se fomenta la elaboración de una tabla geomecánica fundamentada en el GSI mediante este se tome la decisión adecuada a la malla de perforación que amerita el tipo de roca. Esto conlleva a optimizar el consumo de explosivos y la producción. Esta tabla surge de ensayos en voladuras de varias distribuciones de forma de mallas de perforación varían en espaciamientos de 60x60cm y 80x80 cm; cuyo principal factor es obtener una fragmentación de 30cm logrando reducir costos en 24,6%. Concluyendo: Es posible emplear las mallas de perforación de 80x80cm. Sin embargo, analizando la tabla geomecánica es posible que rocas con baja calidad permitan espaciamientos mayores, según lo observado la fragmentación de la roca es inferior que el necesitado. Se nota que con mallas de espaciamiento de 80x80cm se ahorra en costos en 30% con respecto a mallas de 60x60cm.

Sánchez (2012). En su tesis con título "*optimización en los procesos de perforación y voladura en el avance de la rampa en la mina Bethzabeth"*. Fijó como objetivo más importante el mejorar las operaciones de perforación y voladura en el avance de la rampa. Cuya hipótesis fue: Mediante un nuevo planteo de malla de perforación apoyado del cómputo del número idóneo de explosivo se logrará mejorar la perforación y voladura para mejorar la corrida de la rampa. Concluyendo que las características físico – mecánicas de la roca y las propiedades de los explosivos son esenciales para el planteamiento geométrico de la malla de perforación, bajando la cantidad de huecos se minimizó el tiempo de ejecución de las operaciones de perforación y voladura, logrando la mejora en los procesos.

Yilmaz (2023). Afrontó complicaciones, como las restricciones en la longitud de carga y desprendimiento, y en los agentes de voladura a utilizar, dificultan empleando un estudio experimental ajustando la carga y la distancia entre barrenos para lograr la misma concentración de carga específica obtenida a partir de las ecuaciones de la literatura. En consecuencia, se ha logrado un acortamiento del ciclo de trabajo requerido y un aumento del progreso por turno como resultado de los diseños implementados en la mina de aplicación.

Castillo (2016). Con la finalidad de establecer lineamientos geométricos de perforación y voladura, caracterizó el macizo rocoso de la mina “El gran porvenir del Líbano”, reconociendo 604 macroestructuras geológicas en paredes y pilares; con ensayos de laboratorio y valores de resistencia a la compresión in situ, en núcleos de roca. Donde estableció tener una tasa de perforación estimada de 46 cm/min, los cual es muy alta, sin embargo, el deterioro de brocas es igual.

Castañeda (2024). Para establecer calidades de roca blanda, se evaluó tasas de GSI de 30,50 y 90, considerando ratios de perturbación entre 0 y 1. Los resultados evidencian módulos de deformación infravalorados en 95% tomando como referencia el módulo de deformación de la roca in Situ, consiguiendo así falla de socavación por convergencia.

Rincon y Molina (2017). Estudió la mejora del corte quemado a través de la medición de inclinación de perforación, en mina “El Roble”, Colombia, empleando un estudio experimental demostró que con lo planteado se consigue reducción en costos ($) del 13%, por concretar con los avances planeados.

Chiriboga (2024). Se enfocó en mejorar el proceso de perforación y voladura de la galería de avance en el proyecto "La Mina". Inicialmente, caracterizó la roca en la ejecución de la labor principal de transporte, seguido de la evaluación del proceso de excavación que se llevaba a cabo, desde analizar las físicas y mecánicas y físicas de aceros y equipos, hasta el análisis operacional de voladura y malla de perforación. Desarrollando simulaciones para después. Gracias a estas mejoras, se logró mejorar la perforación y voladura, aumentando el rendimiento de la operación y disminuyendo los costos operativos hasta en un 39%.

Andrade (2014). Buscó diseñar un sistema de excavación que permita profundizar el Pique de Fierro, labor perteneciente a la Compañía Minera MINESADCO S.A. aplicando un estudio descriptivo, prospectivo. Concluyendo El costo de extracción de una tonelada de roca es 30.74 dólares y el costo por metro de avance es 1232.38 dólares.

Kononenko et al (2019). Planteó el desarrollo de un nuevo método para el cálculo de parámetros de perforación y voladura en minería subterránea con aplicación de explosivos en emulsión teniendo en cuenta sus características energéticas, así como las propiedades mecánicas y físicas del macizo rocoso.

Adoptando una metodología experimental, concluyó; según los resultados de la comparación entre el cálculo numérico y el modelado analítico, la divergencia de valores no superó el 10 % al considerar las características energéticas de los explosivos aplicados, excepto a través del coeficiente de fuerza de los explosivos en lugar de los explosivos de etalón.

Seccarote (2020). En su artículo documenta los trabajos de perforación y voladura en minería aurífera de Ecuador y Chile. Adoptando una metodología descriptiva Llegando a conclusiones donde se presentan algunas aplicaciones prácticas y se comparan los resultados obtenidos. Un caso muestra cómo la eficiencia de la voladura puede aumentar 19.5% al optimizar el uso de explosivos. También demuestra, mediante la racionalización del diseño de las voladuras, se pueden reducir los costos en un 9% mensual, aumentar la progresión en un 29% y la eficiencia en un 20%.

Sethu et al. (2017). Analizó los desafíos que planteó la perforación en seco en rocas de esquisto y cuarzo-mica, así como los problemas relacionados con el polvo y la ventilación. Se destaca la importancia de utilizar líneas de dirección y pendiente, un marcado y perforación precisos de los taladros de explosión, y la técnica de corte inicial. Como parte del programa de implementación, se determinó el costo real de los trabajos de desarrollo, lo que permitió incluir estimaciones precisas de los costos de trabajos de ejecución a pequeña escala en los futuros planes mineros. Se hacen recomendaciones para futuras mejoras, con el fin de asegurar que las actividades de perforación y voladura se tornen seguras y se realicen con la máxima eficiencia.

Lozynskyi1 (2024). Investigó cómo la creación de cavidades mediante perforación mejora las actividades de perforación y voladura, así como cuáles son los parámetros óptimos para la disposición de los taladros principales y auxiliares. Los métodos de investigación incluyen actividades experimentales e industriales para determinar la profundidad óptima de los taladros principales en relación con los taladros auxiliares. Las pruebas de voladura realizadas en un entorno de producción han demostrado la eficacia de la técnica propuesta para la formación de la cavidad mediante perforación secuencial, aumenta el coeficiente de utilización de los taladros (CUD) de 0,88 a 0,97 (10.2%).

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Unidad Económica Administrativa Arasqui

La U.E.A. Arasqui, está ubicada políticamente se encuentra en la jurisdicción de distrito Chaparra, provincia de Caravelí, departamento de Arequipa, en la zona aurífera de la costa Sur de Perú que abarca desde Palpa hasta el rio Ocoña por el Sur. Ver Anexo E.

El campamento minero y la zona de explotación abarca una altura entre 1300 y 2400 m.s.n.m. Las coordenadas UTM del sistema WGS 84 son: 8 260 300 N y 627 200 E de la hoja 32 O del IGN, zona 18 S.

El acceso desde Arequipa es por medio de la vía Panamericana Sur hasta el Km 623, posteriormente nos dirigimos con rumbo Este hasta llegar al pueblo de Cháparra, prosiguiendo por un acceso afirmado de 4 Km hasta llegar a las instalaciones de la U.E.A. Arasqui. Con un tiempo estimado de transporte terrestre de 9,5 horas. Ver Anexo A

2.2.2 Geología y Yacimiento

Geológicamente pertenece a la alineación del sistema mesotermal con presencia de vetas auríferas ubicados en macizos rocosas impregnados de batolitos de costa. Los Batolitos de costas tiene caracterización de la superunidad Linga conformado por monzonitas y granodioritas incluyendo el gabro. De otro modo, esta unidad viene representada por la existencia de diques delgados con pigmentación negra. Además, en esta zona está presenta la superunidad Tiabaya vinculado con último periodo de impregnación de batolito representada por inmersiones por la faja longitudinal y central, restringiendo con superunidades de Incahuasi por Noreste y con Linga por Suroeste. Se sitúa configurado por tonalitas, granodioritas y con presencia de xenolitos en sus alrededores y cristales definidos correctamente configurando pegmatitas además se está presente los diques configurados por microdioriticas.

Localmente, pertenecen a rocas con propiedades intrusivas a subvolcánicos medianamente formados en la zona interna de los batolitos de costa, igualmente cenizas volcánicas en forma de capas.

El yacimiento es de tipo Filoneano, en el cual afloran en vetas casi paralelas, con rumbo N–70°-W tendiendo al E–W e inclinaciones negativas de 37° a 50° al N, ancho de veta 0.20m a 2.00 m. entre ellas destacan las vetas Cambio y Farallón. (Geología Mina Las Bravas,2021, pág. 32).

2.2.3 Método de Minado

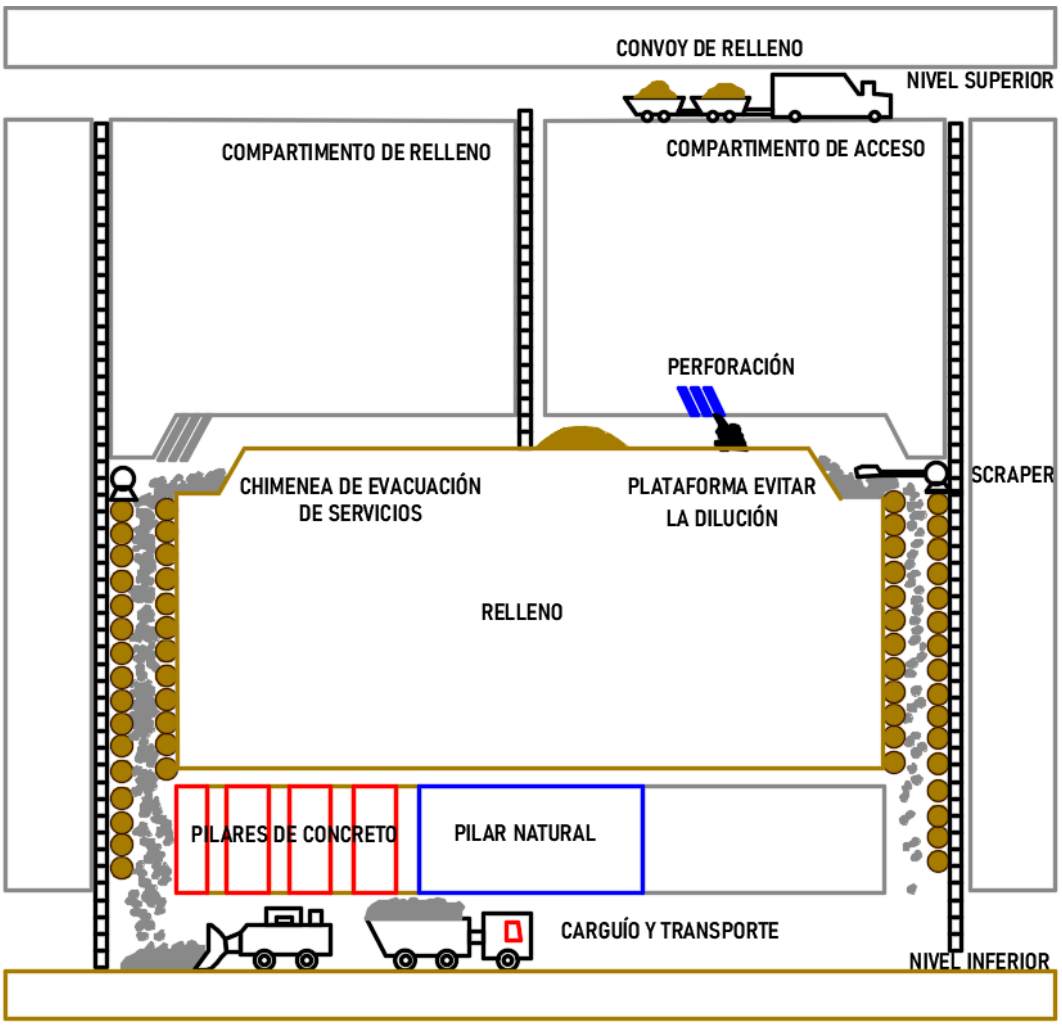
Para su explotación se emplea el método corte y relleno ascendente, (Figura 2) consiste en explotar zonas en forma de rebanadas horizontales iniciando de la zona inferior del tajo prosiguiendo hacia la zona superior. El material se carga y extrae del tajo en retirada, en el instante que todo el tajeo es volado, el espacio vacío se rellena con material estéril para sostener las cajas, adjudicando una base para que la siguiente tajada sea explotada. (CETEMIN, 2023, pág. 33).

En U.E.A. Arasqui, el modo de trabajo es semi-convencional, realizando la extracción a pulso desde los tajos de explotación de mineral y extracción de desmonte, este material se vacía a echaderos de desmonte y mineral, los cuales son retenidos por tolvas en el nivel inferior, para su posterior extracción en la galería principal, donde es transportado mediante scoop hacia el carro minero U 35, el cual es enganchado a un sistema de carros, los cuales son movilizados por una locomotora hacia exterior mina. Una vez que el material se encuentra en superficie, es destinado a un depósito de desmonte, o una tolva de almacenamiento de mineral, donde posteriormente se transporta mediante volquetes hacia planta.

Las ventajas más importantes que contiene este método de explotación es el buen porcentaje de recuperación de mineral, lo fácil que es aplicarlo, la alta selectividad, y las buenas circunstancias de seguridad logradas cuando la roca circundante no es de buena calidad. (ESMIPE, s.f., pág. 119).

Figura 2

Diagrama de explotación por el método corte y relleno ascendente.



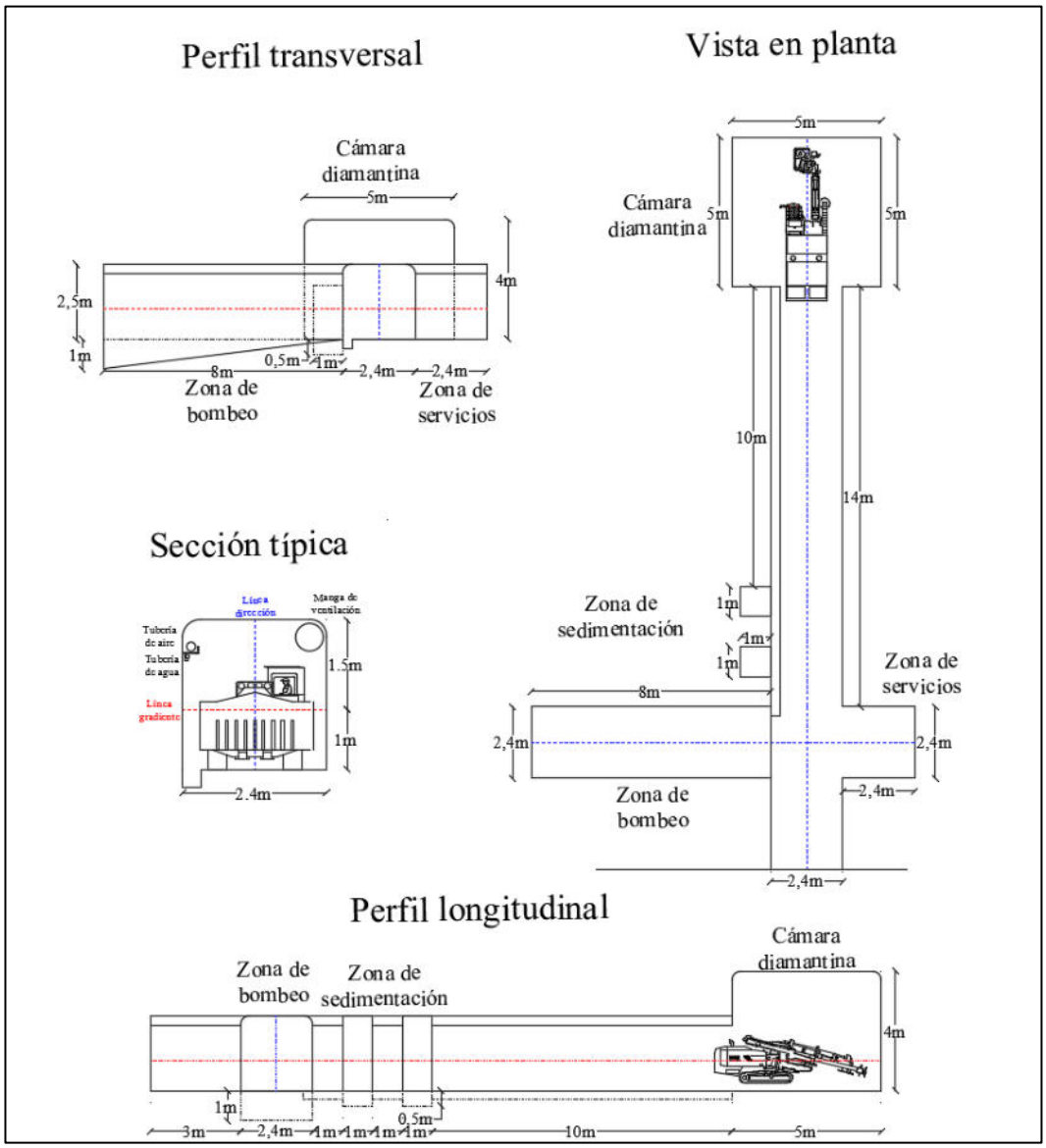
Nota: Elaboración Propia

2.2.4 Cámaras de Exploración

Como parte de las campañas de exploración planteadas para ampliar las reservas de la mina, se planteó realizar cámaras de exploración 01, 02 y 03, (Figura 4), el cual cuenta con un programa de avance y preparación definido, las cuales están ubicadas en el Nivel 1640, iniciando cada uno por la VTN 830, CX 568 y VTN 1000 respectivamente. Cuyo detalle se aprecia en la Figura 3.

Figura 3

Detalle de cámara diamantina.

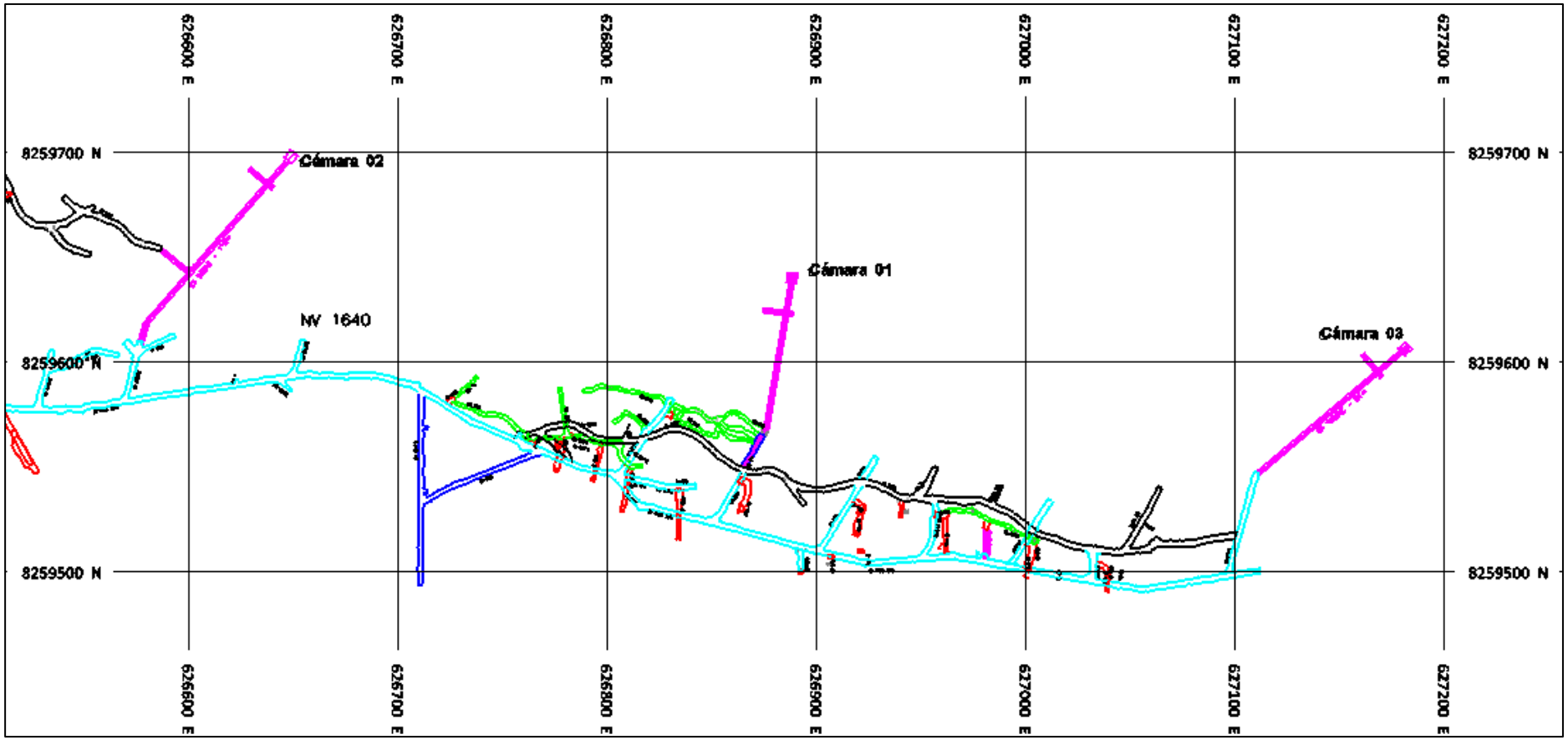


Nota: Departamento de Planeamiento Mina U.E.A. Arasqui, (Uso de AutoCAD, para la elaboración de detalles de cámaras de exploración)

.

Figura 4

Ubicación de cámaras de exploración 01, 02 y 03, Nv. 1640.



Nota: Departamento de Planeamiento Mina U.E.A. Arasqui; (Software empleado MinePlan)

El proyecto de desarrollo de las cámaras de exploración cuenta con varios componentes entre las cuales se destacan las pozas de lodos, una poza de sedimentación, un sistema de drenaje, una cámara de bombeo y una cámara de servicios.

2.2.5 Perforación y Voladura

Perforación. Consiste en socavar la roca mediante cavidades cilíndricos destinados a contener a los accesorios y al explosivo, denominados taladros, fundamenta indicios mecánicos de rotación y percusión, cuyas consecuencias de fricción y golpe desarrollan la trituración y astillamiento de las rocas en un área equivalente a una profundidad definida por el barreno y al diámetro de la broca. (EXSA, pág. 193)

En la explotación por corte y relleno, se realizan distintos modos de perforación, mayormente se emplea la perforación vertical o inclinada con dirección a la caja techo y el otro es la perforación horizontal.

La dificultad con la perforación vertical es que la distancia vertical del tajo se incrementa aproximadamente a 7.5 m cuando se extrae el mineral. Producto del disparo surge un techo escabroso no controlado y para el operador minero es peligroso. Excepcionalmente cuando el techo escabroso es disparado por voladura controlada.

Cuando se perfora de manera horizontal o en breasting, el tajo se rellena con relleno hidráulico y permanece la tajada de corte vertical, antes de llegar al techo. Esta perforación es posible lograr con jumbos, la zona es limitada para perforar desde la cara libre y esté es menor que el área de los huecos verticales. (CETEMIN, 2019, pág. 33)

Generalmente al emplear una malla de perforación (Figura 5), para tener una buena perforación se define por 4 condiciones:

Diámetro. Según la aplicación en que el taladro será empleado, se adopta el de diámetro menor el cuál lo hace más económico y adecuado de llevar a cabo.

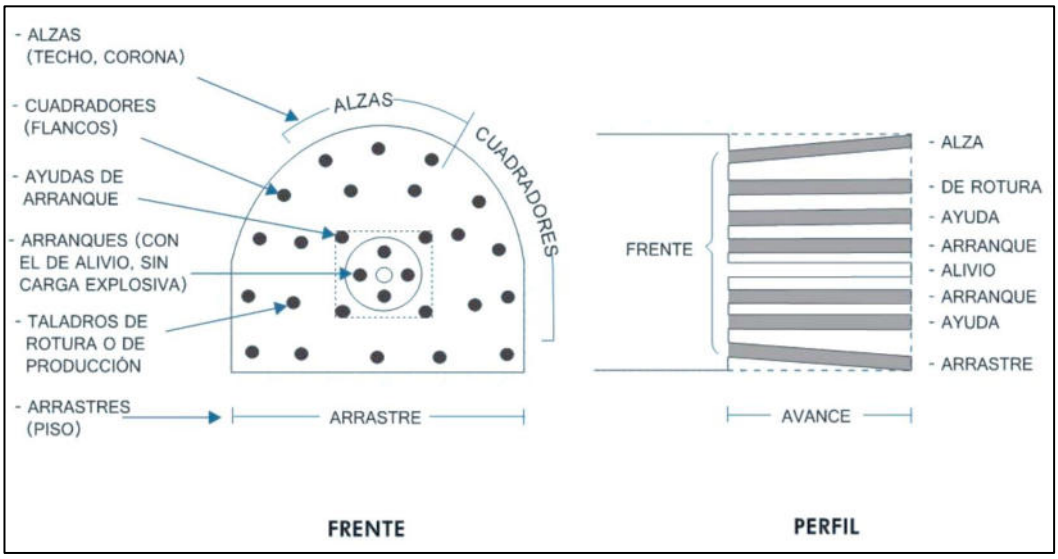
Longitud. Este parámetro repercute según la capacidad de la perforadora y consiguientemente en el avance lineal (profundidad del hueco).

Rectitud. Cambia con las características del equipo perforador, método de perforación y tipo de roca. Deben tener máxima alineación y rectitud para que el explosivo se distribuya correctamente en muchos arranques de perforación perforar paralelamente es de importancia vital para una buena interacción de las cargas explosivas.

Estabilidad. Los huecos deben mantenerse limpios hasta que se carguen. En rocas deleznables tienden a taparse, ello requerirá revestimiento interior con tubos especiales.

Figura 5

Partes de una malla de perforación en un frente de avance



Nota: Recopilado de manual de voladura, (pág. 204) por EXSA 5ta Edición

Voladura. Es una actividad físico-química que describe la alta rapidez de reacción y generación de elevadas magnitudes de residuos gaseosos a gran temperatura ganando alta presión expansiva. En productos explosivos, la rapidez de las partículas iniciales en estado gaseoso es muy alta, por consiguiente, no comparten temperatura mediante conductibilidad al sector no alterado de la carga, sin embargo, es compartido por choque cambiando su forma y generando calor. Esta etapa es repetida con movimiento en forma de ondas que involucra a todo el explosivo y se denota onda de choque (IGME, 1987).

Explosivos. Vienen a ser compuestos en meta estable de combustibles y oxidantes. Se dividen agresivamente generando altos valores de energía que es empleada para fragmentar la roca. Casi todos los explosivos generalmente

comerciales emplean nitratos como oxidantes. Son poco usados el de potasio, calcio, sodio y algunos inorgánicos los cuales son hexaminas y aminas. Los combustibles básicos comprenden el C y el H, ya que interactúan con el O para liberar altas magnitudes de energía. Varios combustibles son hidrocarburos que presentan una composición elemental de CH_2 (Enaex, s.f., pág. 20)

Propiedades del explosivo:

- Resistencia al agua
- Potencia y energía
- Simpatía
- Densidad
- Estabilidad
- Sensibilidad
- Velocidad de detonación
- Presión de detonación

2.2.6 Mecánica de Rotura de Rocas

Cuando se realiza la detonación de un conjunto de explosivos en el interior de la roca, los requerimientos de la mecánica de rotura están caracterizadas por dos fases de acción.

Primera Fase. Inicia con un gran impacto producto de la onda de choque relacionada a la energía tensional, en un reducido espacio de tiempo.

Segunda Fase. Trabajan los gases generados detrás del sector de reacción que a gran temperatura y presión estos conllevan la energía termodinámica.

En el mecanismo de rotura de rocas intervienen los siguientes, con determinada responsabilidad, pero participan en todos los resultados de las voladuras. Figura 6 (INGEMIES, s.f., pág. 173).

Etapas del mecanismo de rotura de roca.

- Trituración de la roca
- Agrietamiento radial
- Reflexión de la onda de choque
- Extensión y apertura de las grietas radiales
- Fracturación por liberación de carga
- Fracturación por cizallamiento
- Rotura por flexión
- Rotura por colisión

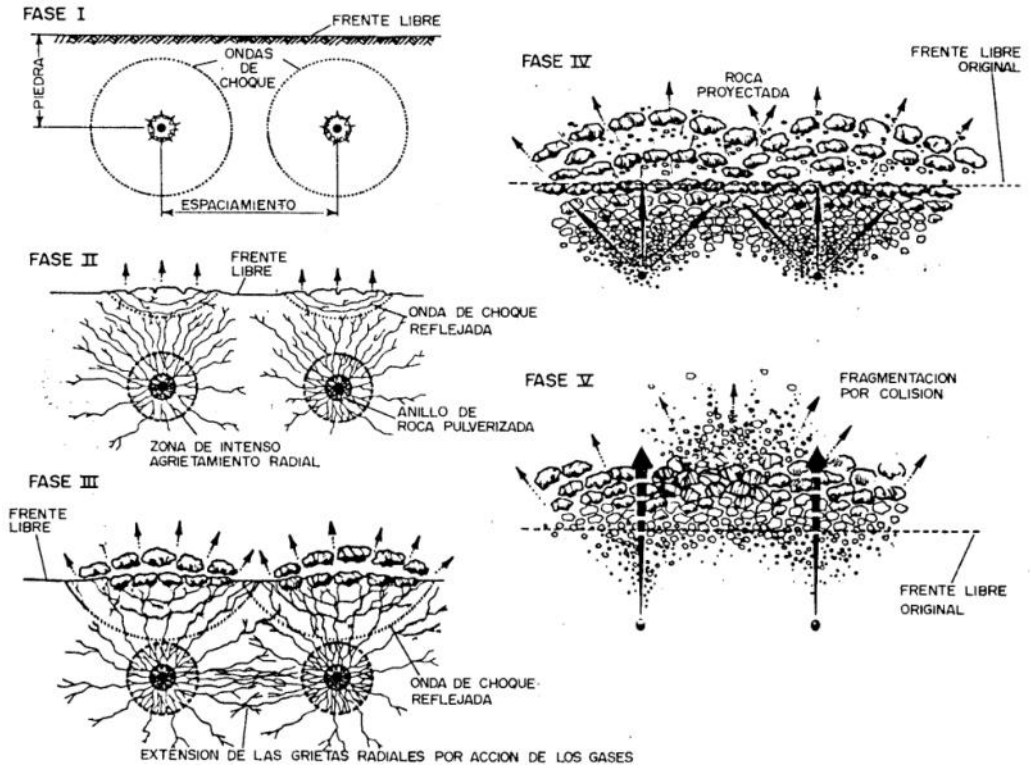
Proceso de Fragmentación.

Konya (s.f.) ha afirmado lo siguiente:

> Esto ocurre en 4 pasos definidos. Al detonar un explosivo, surge una onda de presión esta se desplaza en la roca en todos los sentidos circundantes de la carga. Las fracturas radiales se extienden generalmente hacia el bordo libre. Posteriormente las fracturas radiales han terminado, luego gases a grandes presiones se introducen en las fracturas cerca al 2/3 de la longitud entre la cara libre y el taladro mediante el conjunto de fracturas radiales. Posteriormente el gas ha penetrado el sistema de fracturas, las presiones en el bordo son suficientes para causar un movimiento hacia el exterior. Antes de que la cara inicie su movimiento y se doble hacia el exterior, se generan grietas producto de la falla por corte o cizallamiento. (pág. 30).

Figura 6

Resumen de mecanismos de rotura de roca.



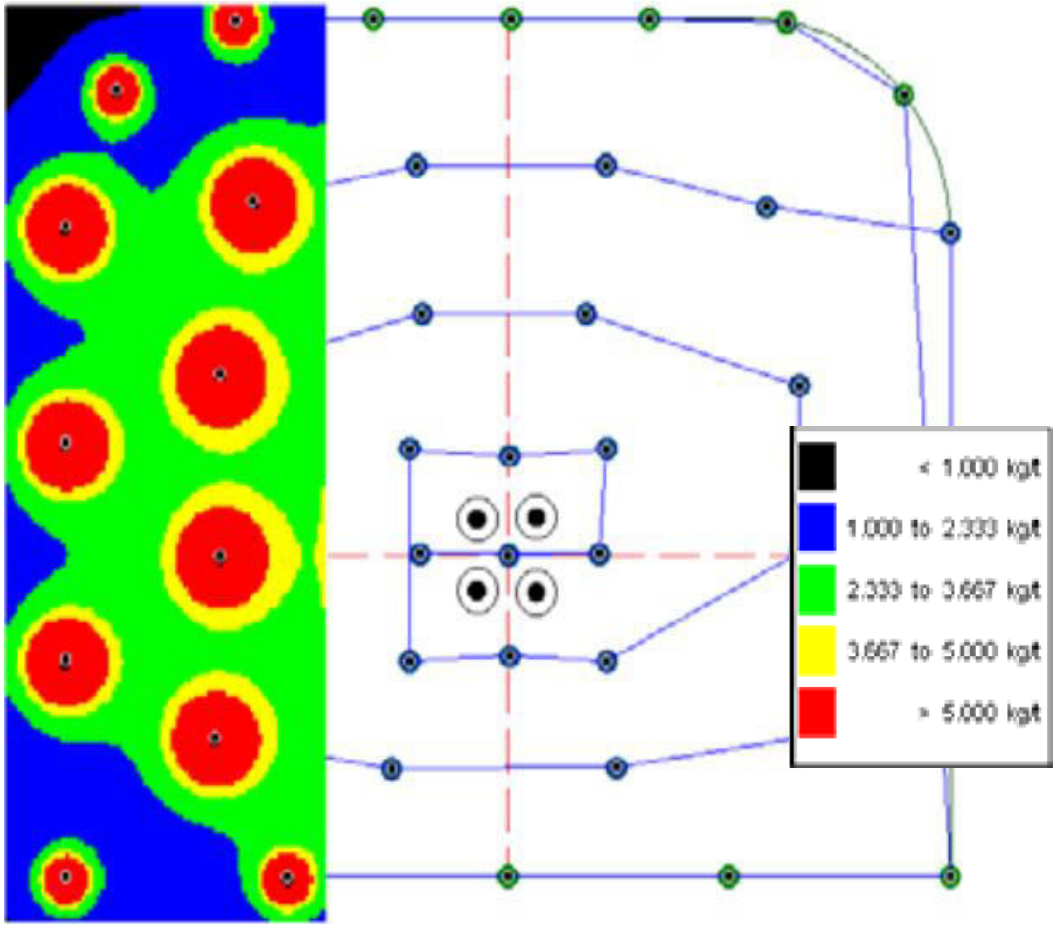
Nota: Adaptado de manual de perforación y voladura de rocas (pág. 177), por INGEMIES, s.f. ETIMSA Madrid.

2.2.7 Distribución de Energía del Explosivo

Este método se usa para obtener y desplegar una correcta distribución de energía producto del explosivo en el campo tridimensional. Esta distribución de energía se podría expresar en distintas unidades: MJ/ton, MJ/m^3 y MJ/m^2, kg/ton, kg/m^3. (JK Simblast, 2006, pág. 198).

Figura 7

Distribución de energía de explosivo en un frente de avance.



Nota: Adaptado de Manual Jk Simblast Simulación, evaluación y administración de tronaduras 2D Face (pág. 200) por Soft Blast 2006.

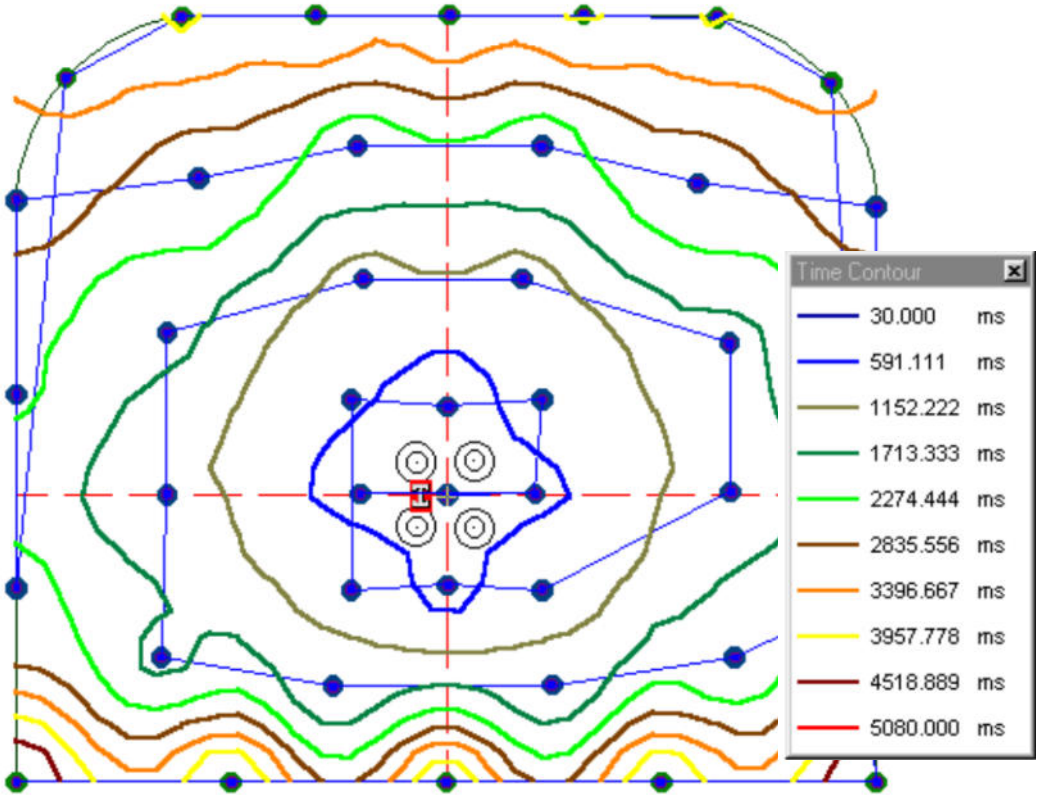
En la Figura 7 se aprecia una escala de colores de energía, el cuál describe los valores de energía emanada por cada taladro a determinada profundidad, teniéndose así una escala de colores que parten desde los colores fríos que indican menor energía y los colores cálidos que indican mayor energía.

2.2.8 Contornos de Tiempo de Detonación

Estos contornos de tiempo son calculados y desplegados producto de una simulación del disparo de proyecto que ha sido ejecutado. Permitiendo reportar y visualizar el procedimiento de disparo de malla de perforación mediante ondas de tiempo, Figura 8. (JK Simblast, 2006, pág. 200).

Figura 8

Resultados de la simulación de la detonación con contornos de tiempo de detonación.



Nota: Manual JK Simblast Simulación, evaluación y administración de tronaduras 2D Face (pág. 200) por Soft Blast 2006.

2.2.9 Geomecánica

En la U.E.A Arasqui, mayormente se encuentra la roca intrusiva granodiorita, introducida por diques hipoabisales, contenidas dentro del batolito de la costa, estas eras datan desde el Cretáceo superior hasta el terciario y las acumulaciones recientes de material de la era cuaternaria situado en las principales quebradas. (Geología, Las Bravas)

Las características mecánicas de la roca son: resistencia a la tracción, resistencia a prueba triaxial, resistencia a la compresión, resistencia al corte; además del conocimiento de características elásticas entre ellas: relación de Poisson, el módulo de elasticidad; y las pruebas para conocer las características físicas del macizo rocoso como son absorción, densidad, porosidad, humedad, peso unitario, etc. (Osinergmin, 2017).

Sistema RMR. Por sus siglas en inglés Rock Mass Rating, planteado por Bieniawski, y cataloga a la roca maciza con puntuación de rangos que van desde 0 a 100, otorgando a 100 a la roca considerada muy buena y 0 a la roca muy mala, según a la tabla 2.

Tabla 2

Rangos de clasificación de macizo rocoso establecido por Bieniawski 1989.

Descripción	RMR	Clase de macizo Rocoso
Roca muy buena	81 – 100	I
Roca Buena	61 – 80	II
Roca Regular	41 – 60	III
Roca Mala	21-40	IV
Roca muy Mala	0 – 20	V

Nota: Adaptado de guía de criterios geomecánicos para diseño, construcción, supervisión y cierre de labores subterráneas *(pág. 23) por* OSINERGMIN, 2017.

Parámetros a considerar para el cálculo de RMR

- Agua subterránea. (a)
- Condición de discontinuidades. (b)
- Espaciamiento de discontinuidades. (c)
- RQD. (d)
- Resistencia de la Roca Intacta. (e)

La catalogación del RMR está dado por:

$$RMR = (a) + (b) + (c) + (d) + (e)$$

La puntuación usada en cada factor para el cálculo del: RMR_{76} y RMR_{89}, es visualizado en los Anexos C y D. Además, los planos geomecánicos tendrán que contemplar la zonificación geomecánica de acuerdo a la variedad de roca.

Ensayo de Carga Puntual. Este ensayo busca estimar indirectamente la resistencia a la compresión simple, a través del cálculo del índice $IS_{(50)}$ en testigos de rocas irregulares y regulares. El ensayo es de ejecución rápida, bajo costo y simple. (Osinergmin, 2017, pág. 17).

Ensayo Triaxial. El busca calcular cuan resistente es la roca, tomando una muestra cilíndrica conocido como testigo, esta muestra se confina constantemente y se somete a presiones se le ejerce una carga en su eje de forma gradual y continua. Esta simulación es capaz de reproducir en el laboratorio las presiones de confinamiento que soporta la roca maciza en el lugar. (Osinergmin, 2017, pág. 19)

2.2.10 Costos

Viene a ser esa porción del precio de obtención de servicios, artículos y propiedades, la cual fue aplazada a través del tiempo o que aún no se le ejecuta la ejecución de ingresos (Balanda, 2005, pág. 9)

Sistema de Costos. Está basado en cláusulas donde se realiza inversión, consumen o usan los insumos que participan en la creación de los productos y contesta a los puntos de vista contable administrativo y operativos adjudicables a las tareas de producción que realizan en una corporación, el cual es parte. (Ramírez et al., 2010, pág. 19).

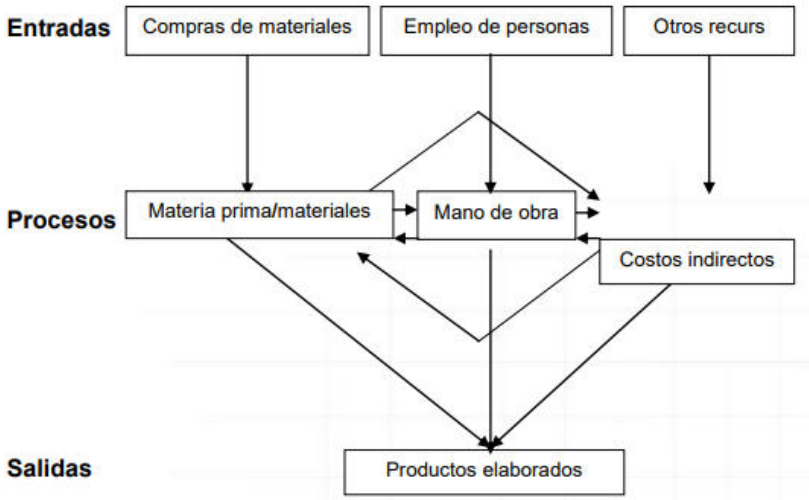
Materias Primas y Materiales Directos. Viene a ser los componentes empleados en la producción o fabricación de patrimonio, que son subyugados a uno o diversas etapas de transformación y, al finalizar de ellos, dan inicio a determinados bienes o productos completamente distintos de los recursos iniciales. (Ramírez et al, 2010, pág. 36).

Mano de Obra Directa. Viene a ser los sueldos de los empleados por el tiempo en que se encuentren relacionados a las actividades puras de modificación o transformación de los materiales directos o materias primas empleados en la realización de productos y relacionados con un grupo de orden de fabricación o producción singularmente establecido o con un procedimiento de producción determinado. (Ramírez et al., 2010).

Costos Indirectos. Son gastos en general de manufactura o gastos en general de producción, adoptan una diversidad de definiciones que, al lado de las diversas bases o formas que existen para asignarlos y cuantificarlos a los productos (Balanda, 2005, pág. 16)

Figura 9

Diagrama de flujo de sistema de costos.



Nota: Adaptado de fundamentos y técnicas de costos (pág. 44) por Ramírez et. Al. 2010

Unidades de Costeo. Viene a ser un tramo del ente al cual es mejor y significante adjudicarle costos, (Balanda, 2005, pág. 14).

Costos Totales. Viene a ser la suma de la sintaxis cuántica monetaria de los componentes de la producción que se emplea en una unidad de costeo, (Balanda, 2005, pág. 15).

Costo Unitario. Es el ponderado que se obtiene de dividir los costos totales comprometidos en una unidad de costeo en un lapso establecido de tiempo, entre la cantidad de unidades de costos ejecutada en ese lapso de tiempo, (Balanda, 2005, pág. 15).

2.3 Definición de Términos

Cebo. Cantidad de explosivo de gran sensibilidad y potencia, en el que se encuentra el iniciador, este se emplea para incrementar el performance de otros explosivos (CETEMIN, s.f., pág. 50).

Detonación por Simpatía A menudo los explosivos cuentan con un nivel de sensibilidad a la iniciación generalmente alto, la separación interior de perforación es poca y/o la roca es un excelente transfiriendo las ondas de tensión, el impacto generado por la detonación de un anterior disparo es capaz de iniciar una carga cercana de manera prematura. (CETEMIN, s.f., pág. 79).

Emulsión. Agente explosivo en el que el nitrato amónico está saturado en agua y presentándose como pequeñas gotas en medio de un combustible. (ENAEX, s.f., pág. 5).

Espaciamiento. Aquella longitud que existe entre taladros de una sola alineación. (ENAEX, s.f., pág. 3).

Estándares de Trabajo. Viene a ser los patrones, pautas y modelos que incluyen los factores determinados por el titular de actividad minera y los requerimientos mínimos permitidos de valor, cantidad, medida, calidad, peso y extensión determinados por investigaciones experimentales, legislación vigente y/o respuesta del progreso tecnológico, con aquellos es factible comparar las tareas de comportamiento industrial y trabajo. Es un factor que señala la correcta y segura manera de realizar las cosas. (D.S. 024-2016-EM, 2016, pág.26).

Factor de Carga. Corresponde a la cantidad de explosivo empleado para volar un peso unitario o volumen de roca. Este factor se representa con unidades de kg/ton o kg/m3. (ENAEX, s.f., pág. 7).

$$Factor\ de\ carga = \frac{Kg_{explosivo}}{Ton_{material\ volado}}$$

Indicador Clave de Rendimiento (KPI). Viene a ser la medida que analiza el performance de un objetivo. Estos, se emplean en instituciones para mensurar el éxito y la calidad en el logro de sus metas. (Barone et al., 2011, pág. 1).

Taco de Aire. Es la mezcla de una sección vacía no cargada y una columna explosiva del taladro. Este se emplea para minimizar el daño de una carga explosiva en el macizo rocoso, y al paralelamente para ampliar la zona de acción del explosivo por encima de la parte superior de él. (ENAEX, s.f., pág. 10).

U.E.A. Viene a ser Unidad Económica Administrativa. El cual surge de agrupar varias concesiones. (D.S. 024-2016-EM, 2016, pág.26).

Velocidad de Detonación. Viene a ser una medición de la proporción a que la reacción de la detonación procede, por la columna del explosivo. Generalmente, la velocidad de detonación estará entre 3000 m/s para el ANFO en taladros de voladura de pequeños diámetros y 6000 m/ s para acuagel y emulsión. (ENAEX, s.f., pág. 11).

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA

3.1 Tipo y Nivel de Investigación

Según Babbie (2014). El vocablo experimento conlleva como mínimo 2 enfoques, uno particular y otro general. La general involucra “buscar concretar una acción” y posteriormente ver sus resultados desencadenantes. (pág. 211).

El presente estudio es de tipo experimental puesto, que se contó con dos escenarios, el de control (situación inicial) el cual data de información histórica y describió el comportamiento de perforación y voladura de las cámaras de exploración 01, 02 y 03, y el escenario de prueba (propuesta de mejora) el cual plantea analizar el comportamiento después de realizar estudios geomecánicos y las características del macizo rocoso, al final se comparan ambos escenarios para obtener propias conclusiones.

Vargas (2009). Establece que la investigación aplicada es caracterizada debido a buscar el uso o aplicación de los saberes adquiridos, asimismo se adquieren otros, luego de sistematizar e implementar la práctica basada en estudio. (Pág. 159).

El nivel de investigación es aplicativo debido a que se estudió las distintas operaciones mineras correspondientes a la perforación y voladura, para mejorar en alguna condición con la ayuda de estudios geomecánicos los resultados de dichos procesos, ya que se propuso mejorar el conocimiento de la roca, y así mejorar la eficiencia de la perforación y de la voladura.

3.2. Ámbito Temporal y Espacial

3.2.1. Ámbito Temporal

Temporalmente involucra a los meses consecutivos los cuales son los últimos meses del 2024 y meses iniciales del 2025.

3.2.2. Ámbito Espacial

Geográficamente comprende a la zona de desarrollo de cámaras de exploración 01, 02 y 03 de la U.E.A. Arasqui.

3.3. Población y Muestra

3.3.1. Población

De acuerdo con Lepkowski (2008) la población se “refiere al conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones” (pág. 30).

Por ende, comprende todas las voladuras que se realizaron en el mes de setiembre del 2024, etapa inicial (Situación inicial) de la construcción de las cámaras de exploración 01, 02 y 03 de la U.E.A. Arasqui. Comprende también, las voladuras (Situación de mejora propuesta) que posteriormente se realizaron hasta culminar la construcción de las cámaras de exploración antes descritas.

3.3.2. Muestra

Se usó el muestreo no probabilísticas, llamado también “muestreo dirigido, estos, suponen una serie de pasos para la selección enfocado a las características del estudio más que por una acepción probabilística” (Sampieri, 2014, pág. 189).

La muestra comprende a los últimos registros de las voladuras del mes de setiembre del 2024 (Situación inicial) que se realizaron durante la construcción de las cámaras de exploración 01, 02 y 03 de la U.E.A. Arasqui, y a las voladuras realizadas posteriormente (Situación de mejora propuesta) para medir las mejoras en costos de perforación y voladura mientras se construye dicha cámara.

3.4. Instrumentos

Al recolectar datos se empleó la técnica de observación de las actividades que se realizan en el lugar de ejecución del proyecto, y recopilación de información de distintas áreas de la mina. Entre ellos tenemos, reportes de operación, costos de operación, planos del proyecto a realizar (Cámaras de exploración 01, 02 y 03), cronograma de ejecución del proyecto, muestreo de material volado, reportes de ensayos de laboratorio, etc.

Para confirmar la confiabilidad y validez de instrumentos empleados en la presente investigación están estandarizados y calibrados para no tener errores, asegurando requisitos esenciales de objetividad, validez y confiabilidad. Asimismo, el estudio se validó por personal con amplia experiencia durante la ejecución de proyecto de tesis: jefe laboratorio, (durante la realización de ensayos

geomecánicos), ingeniero de productividad y costos, jefe de guardia (durante la ejecución de la tesis).

3.5. Procedimiento

Se realizó el uso de la observación directa e indagación histórica para la interpretación del estudio de la fragmentación de la roca, además se empleó información histórica del área de productividad y costos, luego se realizó un estudio minucioso para entender las incidencias de las principales dificultades del desarrollo del proyecto.

Una vez identificado el problema (Altos costos de perforación y voladura), se hizo un análisis de la causa de dicho problema, llegándose a concluir el poco conocimiento del macizo rocoso como problema inicial, debido a ello se planteó realizar la mejora mediante aplicación geomecánica, realizando muestreo y ensayos de laboratorio.

Una vez conocido las propiedades del macizo rocoso, se realiza simulaciones de perforación y voladura, para poder determinar la mejor distribución de taladros a perforar y el mejor esquema de carguío de explosivos, para obtener una mejora significativa.

Posteriormente, se ejecuta en campo la optimización realizada mediante simulaciones y así se ratifica la mejora, tomando datos de eficiencia y costos los cuales son comparados con los iniciales, obteniendo así conclusiones.

3.7 Análisis de Datos

El análisis de datos que conlleva la presentación gráfica, estadística y numérica, de la información recopilada en las diversas etapas de la investigación. Para el análisis de datos, hicimos uso de la base de datos general de productividad en el cual se representó los temas de interés con gráficos estadísticos, tablas dinámicas, y gráficos dinámicos los cuales ayudan a mejorar el entendimiento y análisis de resultados por consiguiente una mejor obtención de conclusiones.

El análisis de datos se hizo mediante el uso de los siguientes programas:

- Microsoft Excel, programa para manejo de datos, generación de gráficos y manejo de fórmulas estadísticas.

- Microsof Word: Programa para la redacción y presentación escrita del planteamiento, desarrollo y resultados de tesis.
- AutoCad: programa para la elaboración esquemática de mallas de perforación y esquemas de carguío de explosivos.
- MinePlan: programa para la elaboración de planos y gráficos de labores mineras subterráneas realizados y proyectados.
- JK Simblast 2D Face: Programa empleado para realizar simulación de voladura y análisis de datos según geometría y potencia del explosivo.

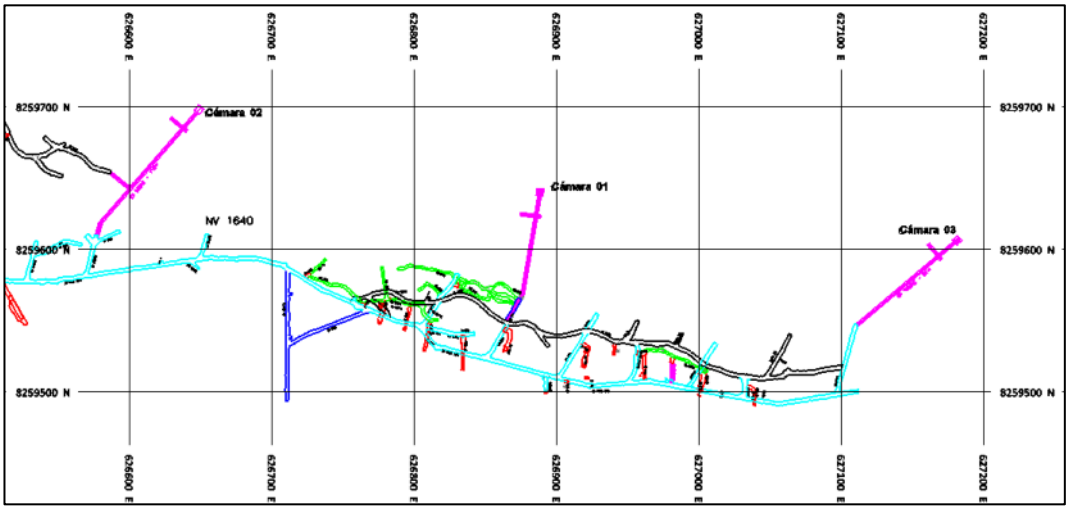
CAPÍTULO IV.
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación de la Investigación a Realizar.

La ejecución de las cámaras de exploración 01, 02 y 03, tuvo como objetivo posicionarse en zonas estratégicas en interior mina a la altura del Nv. 1640 para realizar actividades de exploración, para lo cual se ha trazado como objetivo realizar el laboreo partiendo del By Pass, 560 hasta llegar a la zona indicada para cada cámara, tal como se muestra en la Figura 10.

Figura 10

Ubicación de cámaras de exploración 01, 02 y 03, Nv. 1640.



Nota: Departamento de Planeamiento Mina U.E.A. Arasqui / Imagen obtenida del software minero MinePlan.

Se realizó túneles de 2.1m x 2.5m de sección transversal, tal como se muestra en la figura anterior, en el punto de llegada se realizó cámaras de exploración de 5m x 5m x 4m además de componentes auxiliares como sala de máquinas, poza de sedimentación, sistemas de drenaje, poza de bombeo, propicios para llevar a cabo las actividades de exploración.

En la Tabla 3 se aprecia coordenadas geográficas UTM del punto de partida y el punto de llegada donde se realizó las cámaras de exploración 01, 02 y 03, además de la longitud que se avanzó según el planeamiento inicial hecho en cada tramo para llegar a dicha zona.

Tabla 3

Coordenadas de ubicación y longitud a ejecutar en las cámaras de exploración 01, 02 y 03.

		Cámara 01	Cámara 02	Cámara 03
Coordenadas de Inicio	Este	626 865.35	626 577.24	627 102.28
	Norte	8 259 550.55	8 259 609.57	8 259 518.80
Coordenadas de Llegada	Este	626 888.43	626 649.14	627 181.52
	Norte	8 259 640.56	8 259 698.14	8 259 606.60
Long. de avance (m)		128	173	131

Nota: Elaboración Propia.

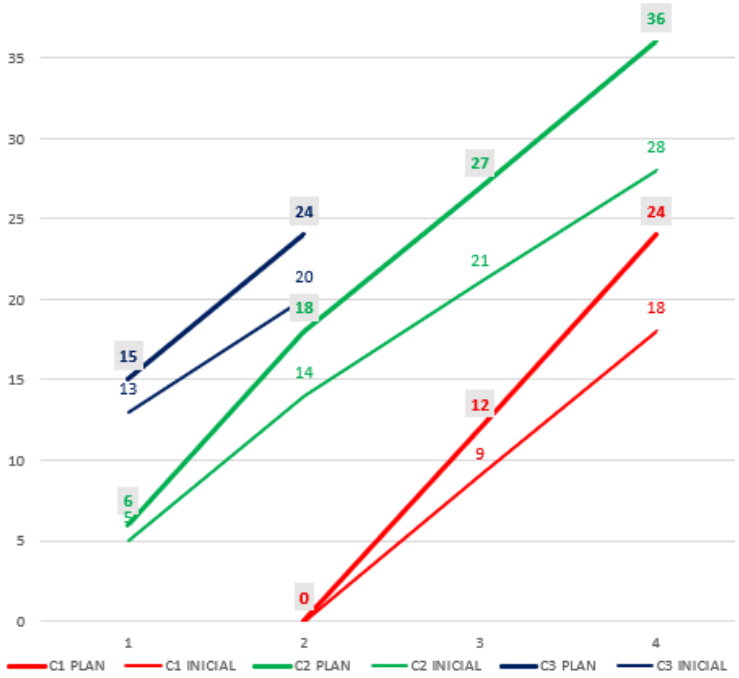
4.2. Situación del Escenario

Una vez iniciado con el desarrollo de actividades para el laboreo de acceso y facilidades operativas para la posterior ejecución del proyecto de construcción de las cámaras de exploración 01, 02 y 03, se hizo el avance de construcción descrita en la Figura 11, donde se visualiza dificultades con los rendimientos de avance, por cada tipo de cámara de exploración generando malestar en el consumo excesivo de recursos, por consiguiente, repercutiendo negativamente en los costos de ejecución del proyecto.

Asimismo, la Tabla 4, muestra de manera cuantitativa las pérdidas de costos involucradas de manera inicial en la construcción de las cámaras de exploración 01, 02 y 03, tanto programado como ejecutado, teniendo así una pérdida de costos que asciende a un monto de S/. 109 453 al finalizar la semana 04.

Figura 11

Comparación de avances de ejecución planeado vs. situación inicial en la construcción de cámaras de exploración 01,02 y 03 hasta semana 04.



Nota: Elaboración propia.

Tabla 4

Incidencias en avance y costos en el desarrollo de cámaras de exploración 01, 02 y 03 en la etapa inicial de la ejecución del proyecto en semana 04.

		Cámara 01	Cámara 02	Cámara 03
Avance (m)	Programado	24	36	24
	Ejecutado	18	28	20
Costo (S/.)	Programado	24 010	37 349	26 678
	Ejecutado	29 851	46 435	33 168
Longitud de avance (m)		108	173	131

Nota: Elaboración propia.

4.3. Análisis Geomecánico

Debido a las deficiencias en avance y perdidas de costos, se optó por realizar el análisis geomecánico, en aras de tener un mejor entendimiento del macizo rocoso, y por ende tener una base sólida de ello, que por consiguiente ayudará realizar mejoras en perforación y voladura, teniendo así una reducción de costos significativa.

Debido a ello se realizaron los siguientes estudios y ensayos: clasificación de macizo rocoso, extracción y preparación de muestras, densidad de macizo rocoso, ensayo de compresión uniaxial, ensayo de propiedades elásticas (obtención de módulo de elasticidad y módulo de poisson). Para ello se realizaron la obtención de 10 núcleos de macizo rocoso provenientes de las cámaras de exploración 01, 02 y 03 aleatoriamente; los cuales se distribuyeron de la siguiente manera.

Tabla 5

Distribución de ensayos realizados a partir de muestras extraídas de cámaras de exploración 01,02 y 03.

Cámara	Densidad	Compresión simple	Propiedades elásticas
Cámara 01	3	1	2
Cámara 02	3	2	1
Cámara 03	4	2	2
Total	10	5	5

Nota: Elaboración propia; distribución realizada considerando limitaciones de muestras y considerando lograr la mayor representatividad del macizo rocoso. La extracción de muestras se hizo según normativa ASTM D4543-19 Standard Practices for Preparing Rock Core as Cylindrical Test Specimens and Verifying Conformance to Dimensional and Shape Tolerances.

En los ensayos de densidad, se analizaron 10 muestras obteniéndose, una densidad parecida con una desviación estándar de 1.54%, cuyo resultado promedio de densidades fue 2.81 Ton/m3. (Tabla 6)

Tabla 6

Datos y resultados obtenidos del ensayo de densidad de cámaras de exploración 01,02 y 03.

Nro.	Muestras	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Volumen (cm3)	Densidad (Kg/cm3)
1	C1-1	743.7	5.4	11.6	265.67	2.799
2	C1-2	764.5	5.4	11.8	270.25	2.829
3	C1-3	748.6	5.4	11.65	266.81	2.806
4	C2-1	665.3	5.4	10.43	238.87	2.785
5	C2-2	764.5	5.4	11.87	271.85	2.812
6	C2-3	723.5	5.4	11.13	254.90	2.838
7	C3-1	750.4	5.4	11.68	267.50	2.805
8	C3-2	673.8	5.4	10.51	240.70	2.799
9	C3-3	763.4	5.4	11.82	270.70	2.820
10	C3-4	717.6	5.4	11.21	256.73	2.795
Promedio		733.1	5.4	11.39	260.81	2.809

Nota: Datos y resultados obtenidos de ensayos realizados con vernier y balanza debidamente calibrados y certificados por un laboratorio de prestigio. Ver Anexo G, J, K y N.

Al realizar los ensayos de compresión simple, se ensayaron 5 muestras obteniéndose, un resultado muy similar con una desviación estándar de 6.94%, cuyo resultado promedio de resistencia a la compresión simple fue 322.20 Kg/cm2. (Tabla 7)

Tabla 7

Datos y resultados del ensayo de compresión simple de cámaras de exploración 01,02 y 03.

Nro.	Muestra	Carga aplicada (Kg)	Área (cm^2)	Factor de corrección	Resistencia a compresión (Kg/cm2)
1	C1-1	36674	100.29	0.87	318.00
2	C2-1	36980	100.29	0.88	324.00
3	C2-2	35839	100.29	0.87	311.00
4	C3-1	37654	100.29	0.88	330.00
5	C3-2	37426	100.29	0.88	328.00
Promedio		36915	100.29	0.88	322.20

Nota: Datos y resultados obtenidos de ensayos realizados en compresión correctamente avalados por informe emitido de laboratorio. Según normativa ASTM D2938-95 Unconfined Compressive Strength of Intact Rock Core Specimens. Ver Anexo H y L

En los ensayos de propiedades elásticas, se analizaron 5 muestras obteniéndose, un resultado muy similar con una desviación estándar de 14.5%, cuyo resultado promedio de resistencia a la compresión simple fue 211.422 Kg/cm2 y un módulo de Poisson de 0.27. (Tabla 8)

Tabla 8

Datos y resultados obtenidos del ensayo de propiedades elásticas de cámaras de exploración 01,02 y 03.

Nro.	Muestras	Área (cm^2)	Longitud (cm)	Módulo de Elasticidad	Módulo de Poisson
1	C1-1	36674	100.29	211.51	0.27
2	C2-1	36980	100.29	211.23	0.27
3	C2-2	35839	100.29	211.65	0.27
4	C3-1	37654	100.29	211.34	0.27
5	C3-2	37426	100.29	211.38	0.27
Promedio		36915	100.29	0.88	0.27

Nota: Datos y resultados Obtenidos de ensayos realizados en compresión correctamente avalados por informe emitido de laboratorio. Según normativa ASTM D7012-23 Standard Test Methods for Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures Ver Anexo I y M.

Teniéndose gran similitud en los resultados de los ensayos realizados cuyas muestras vienen de la ejecución de las cámaras de exploración 01, 02 y 03; el cual confirma una desviación estándar casi nula, se opta para estandarizar los resultados para los estudios posteriores los resultados promedios de cada ensayo, los cuales se detallan en la Tabla 9.

Tabla 9

Resultados consolidados obtenidos por estudios y ensayos de laboratorio de cámaras de exploración 01, 02 y 03.

Nro.	Ensayo	Resultado
1	RMR 89	Tipo I (Buena)
2	Densidad	2.81 Ton/m^3
3	Resistencia a la compresión simple	322.20 Kg/cm^2
4	Módulo de Elasticidad	211.422 Kg/cm^2
5	Módulo de Poisson	0.27 mm/mm

Nota: Datos y resultados obtenidos de ensayos realizados en compresión correctamente avalados por informe emitido de laboratorio. Ver Anexo C y D.

4.4. Configuración de Simulación

Para realizar la simulación de voladura se empleó el Software Jk Simblast, módulo 2D Face, el cual permite analizar a detalle la configuración de distribución de energía, si existe alternancia entre taladros y las ondas de propagación de una voladura. Para lo cual es necesario contar con una base de datos de explosivos adecuada, tener bien definido la configuración de malla de perforación y esquema de carguío de explosivos de los taladros perforados.

Figura 12

Accesorios de voladura y explosivos empleados (FAMESA explosivos)



Nota: Recopilado de FAMESA explosivos.

4.5. Resultados de Simulación

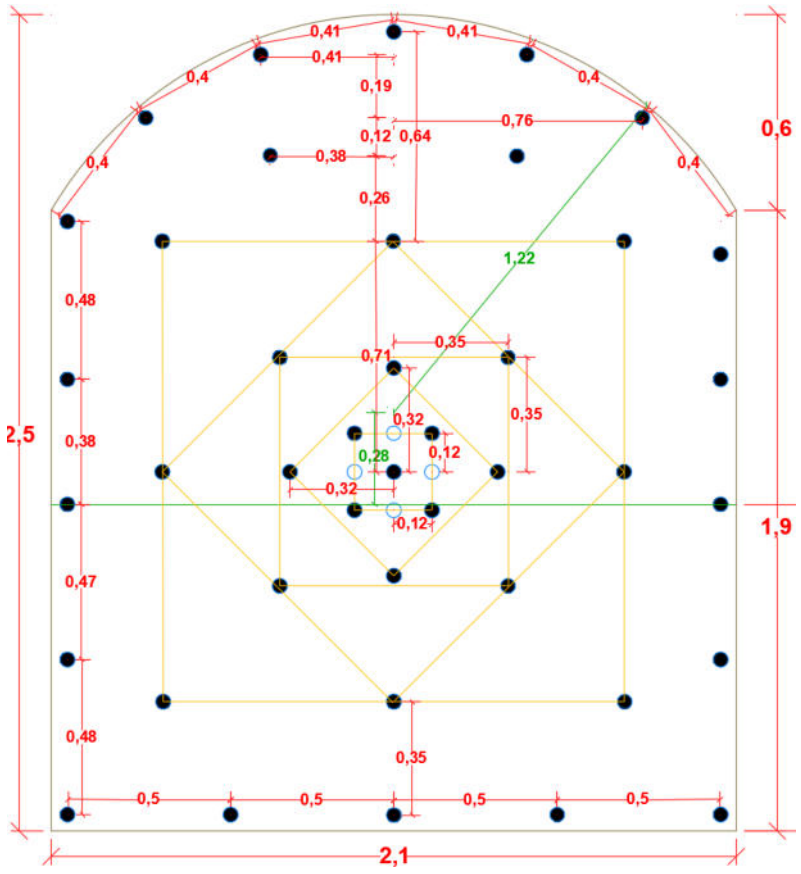
4.5.1. Situación Planeada vs Inicial

Los explosivos empleados para la presente simulación son explosivos pirotécnicos, los cuales corresponden a la marca FAMESA (Figura 12), estos consisten como accesorio de voladura Carmex de 8 ft, y como explosivos Emulnores en presentaciones 1000, 3000 y 5000.

El esquema de malla de perforación empleado inicialmente comprende la perforación de 45 taladros de 6 pies de longitud, del cual 41 de ellos es cargado, en el cual se aprecia un arranque denominado corte quemado el cual consiste en una matriz de 3x3, en el cual 5 de ellos son cargados con explosivos y el restante es empleado como cara libre, notar además que se está empleando 5 taladros en cada hastial y corona, tal como se muestra en la Figura 13.

Figura 13

Malla de perforación empleado inicialmente en el avance de la ejecución de las cámaras de exploración 01, 02 y 03.



Nota: Departamento de productividad U.E.A. Arasqui.

Teniéndose el siguiente esquema de carguío, el cual representa la cantidad de explosivo a emplear por cada tipo de taladro según la distribución de la Tabla 10

Tabla 10

Esquema de carguío empleado inicialmente en el avance de la ejecución de las cámaras de exploración 01, 02 y 03.

DISTRIBUCION DE TALADROS	CANT. TALADRO	DIAMETRO (mm)	NRO CARTUCHOS	E 1000 1 x 8 Unid	E 1000 1 x 8 Peso (Kg)	E 3000 1 x 8 Unid	E 3000 1 x 8 Peso (Kg)	E 5000 1 x 8 Unid	E 5000 1 x 8 Peso (Kg)
PRECORTE	0	36							
ALIVIO	4	36							
ARRANQUE	5	36	6					30	3.47
AYUDAS	4	36	6					24	2.78
CONTRA AYUDAS	4	36	6					24	2.78
CUADRADORES	8	36	6					48	5.56
AYUDA DE CORONA	0	36							
CORONA	5	36	6					30	3.47
HASTIALES	10	36	6					60	6.94
AYUDA DE PISO	0	36							
PISO	5	36	6					30	3.47
TALADROS PERFORAD	45								
TALADROS CARGADOS	41								
TOTAL								246	28.47

Nota: Departamento de productividad U.E.A. Arasqui.

De manera gráfica se puede apreciar el esquema de carguío de la columna explosiva empleada de manera inicial, según el tipo de taladro ubicado y descrito en la malla de perforación, en Figura 14, se aprecia un carguío de explosivo uniforme para todos los taladros, además de emplear solo un tipo de explosivo (Emulnor 5000) por ende un tipo de potencia en todos los taladros.

Figura 14

Esquema de carguío empleado inicialmente en el avance de la ejecución de las cámaras de exploración 01, 02 y 03.

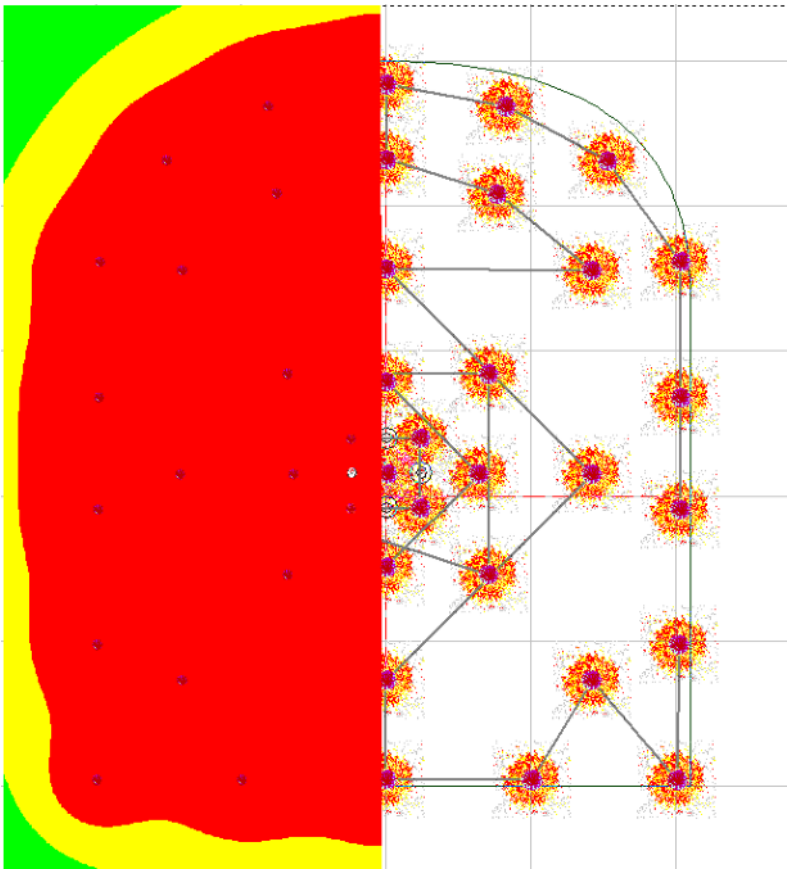


Nota: Departamento de productividad de U.E.A. Arasqui.

En dicha simulación (Figura 15); se aprecia un exceso de energía en la corona y los hastiales producto de ello surge una sobrerotura considerable, esto es debido al exceso de taladros en el perímetro de la labor, y el hecho de emplear un esquema de carguío de explosivos monótono debido a una falta de análisis minucioso. Todas estas falencias han conllevado a una sobrerotura y generación de inestabilidad de la labor. Además, notar que anteriormente se evidencia que existe un avance lineal menor, que el planeado.

Figura 15

Distribución de energía del explosivo obtenido mediante simulación de la malla empleada inicialmente en el avance de la ejecución de las cámaras de exploración 01, 02 y 03.



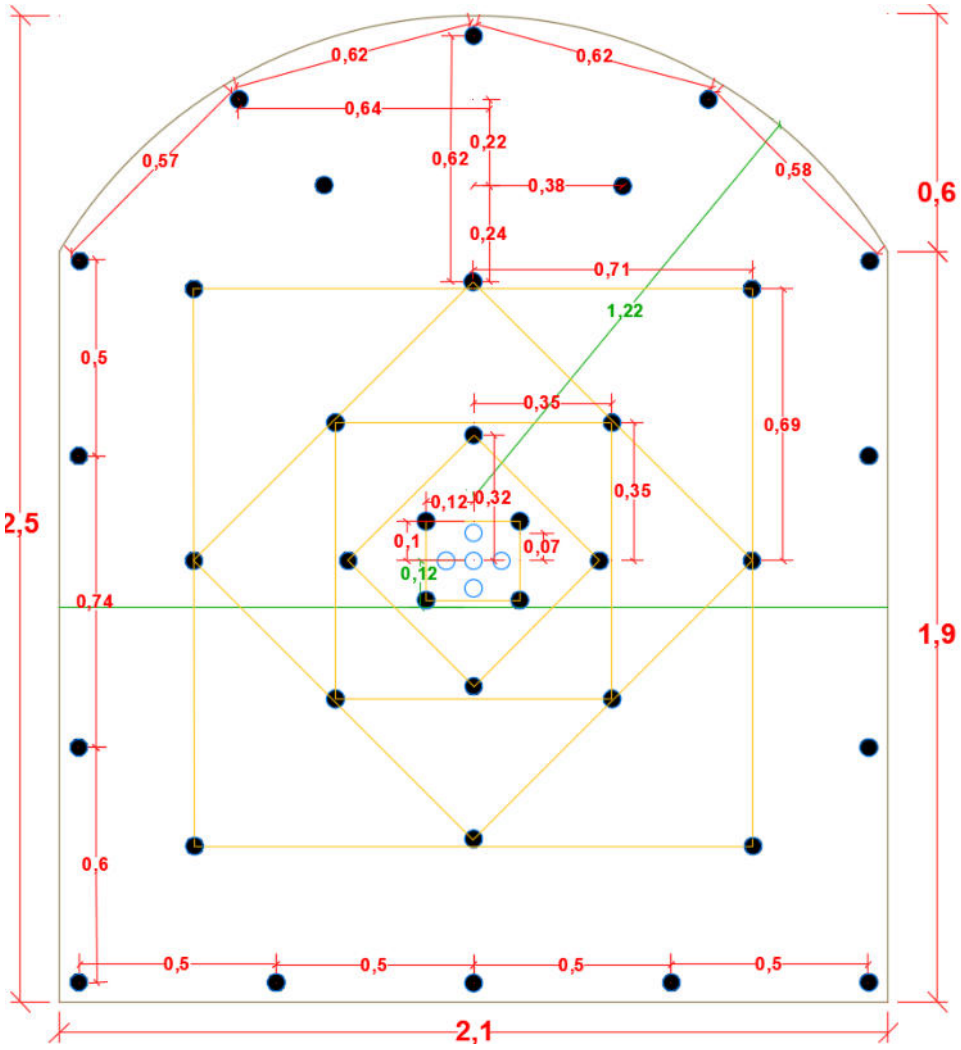
Nota: Simulación realizada en Software JK Simblast (2d Face)

4.5.2. Situación Propuesta

El esquema de malla de perforación propuesto comprende la perforación de 41 taladros de 6 pies de longitud, del cual 37 de ellos es cargado, tal como se muestra en la Figura 16.

Figura 16

Malla de perforación propuesta para el avance de la ejecución de las cámaras de exploración 01, 02 y 03.



Nota: Elaboración Propia.

Teniéndose el siguiente esquema de carguío, el cual representa la cantidad de explosivo a emplear por cada tipo de taladro según la distribución de la Tabla 11, asimismo notar que se está variando la uniformidad de explosivo, colocando Emulnor 3000 en los taladros de la corona, añadiéndole además un espaciamiento entre ellos.

Tabla 11

Esquema de carguío propuesto en el avance de la ejecución de las cámaras de exploración 01, 02 y 03.

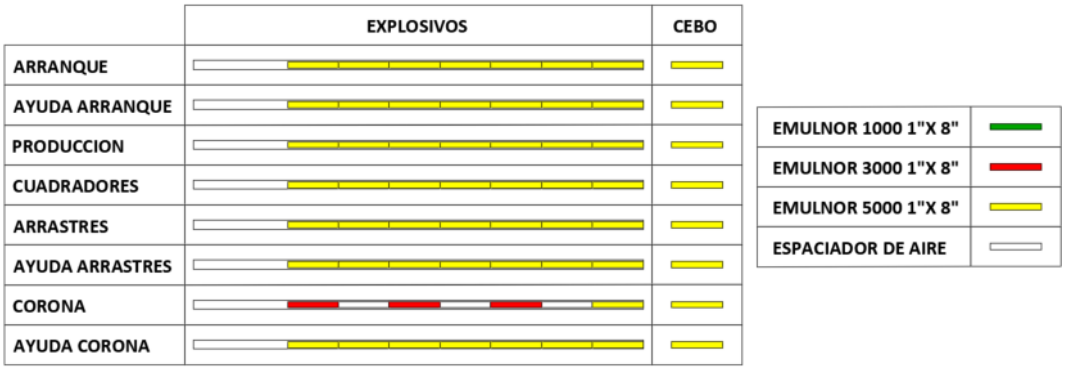
DISTRIBUCION DE TALADROS	CANT. TALADRO	DIAMETRO (mm)	NRO CARTUCHOS	E 1000 1 x 8 Unid	E 1000 1 x 8 Peso (Kg)	E 3000 1 x 8 Unid	E 3000 1 x 8 Peso (Kg)	E 5000 1 x 8 Unid	E 5000 1 x 8 Peso (Kg)
PRECORTE	0	36							
ALIVIO	4	36							
ARRANQUE	5	36	6					30	3.47
AYUDAS	4	36	6					24	2.78
CONTRA AYUDAS	4	36	6					24	2.78
CUADRADORES	8	36	6					48	5.56
AYUDA DE CORONA	0	36							
CORONA	3	36	4			12	1.32		
HASTIALES	8	36	6					48	5.56
AYUDA DE PISO	0	36							
PISO	5	36	6					30	3.47
TALADROS PERFORADOS	41								
TALADROS CARGADOS	37								
TOTAL						12	1.32	204	23.61

Nota: Elaboración Propia.

De manera gráfica se puede apreciar el esquema de carguío de la columna explosiva empleada de manera inicial, según el tipo de taladro ubicado y descrito en la malla de perforación (Figura 17).

Figura 17

Esquema de carguío propuesto para el avance de la ejecución de las cámaras de exploración 01, 02 y 03.



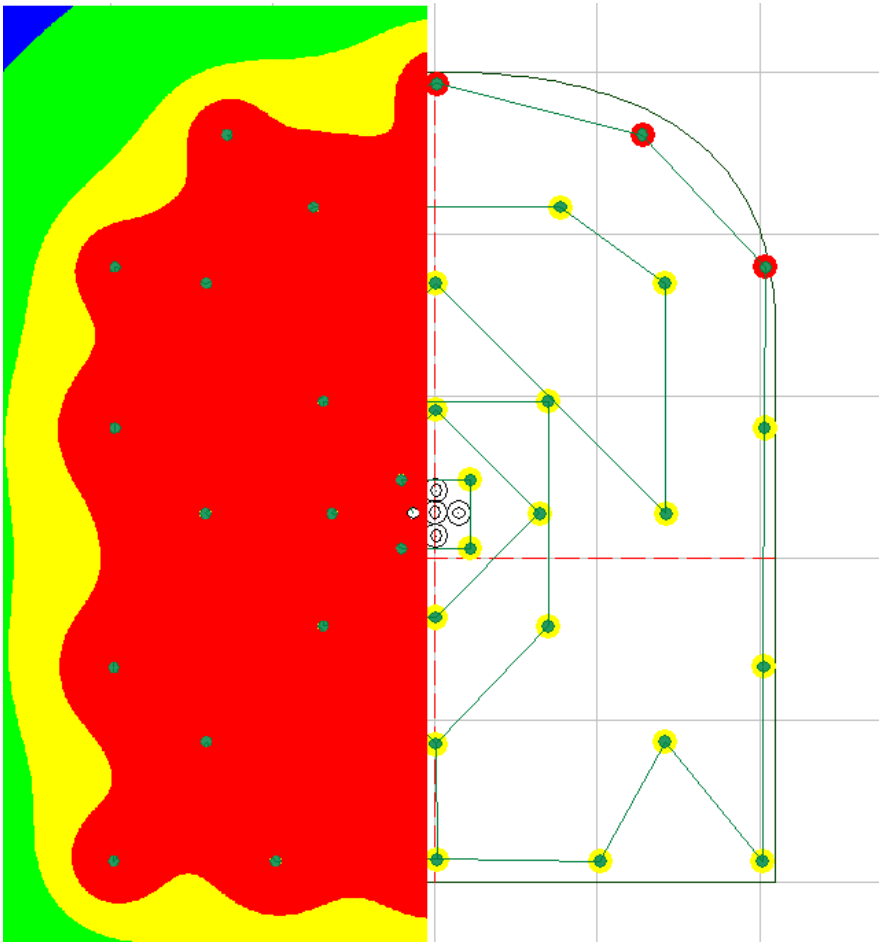
Nota: Elaboración Propia.

En dicha simulación (Figura 18). Se aprecia una adecuada distribución de energía en la corona y los hastiales producto de ello se aprecia una mejora en la sobrerotura, esto es debido a la disminución de taladros y energía del explosivo en el perímetro de la labor, y el hecho de emplear un esquema de carguío de explosivos diferente debido producto de una serie de análisis. Conllevando así a una buena sobrerotura y control adecuado de la sección de la labor. Por otro lado, también se

aprecia un cambio en la geometría del arranque, el cual confina mejor el explosivo, y aumenta la cara libre el cual mejora el avance lineal por disparo.

Figura 18

Distribución de energía del explosivo obtenido mediante simulación de la malla propuesto el avance de la ejecución de cámaras de exploración 01, 02 y 03.



Nota: Simulación realizada en Software JK Simblast (2d Face)

4.5.3. Análisis de KPIs Entre Situación Planeada, Inicial y Propuesta.

En la Tabla 12 se aprecia KPIs incurridos en los costos de perforación y voladura, tanto la situación planeada, inicial y la mejora aplicada, correspondientes a la ejecución de cámaras de exploración 01, 02 y 03. Entre ellos se analiza el Factor de Carga, Factor de Potencia, Factor de Carga Lineal.

Tabla 12

KPIs de voladura obtenidos en situación Planeada, Inicial y Mejora, de la ejecución de perforación y voladura de cámaras de exploración 01,02 y 03.

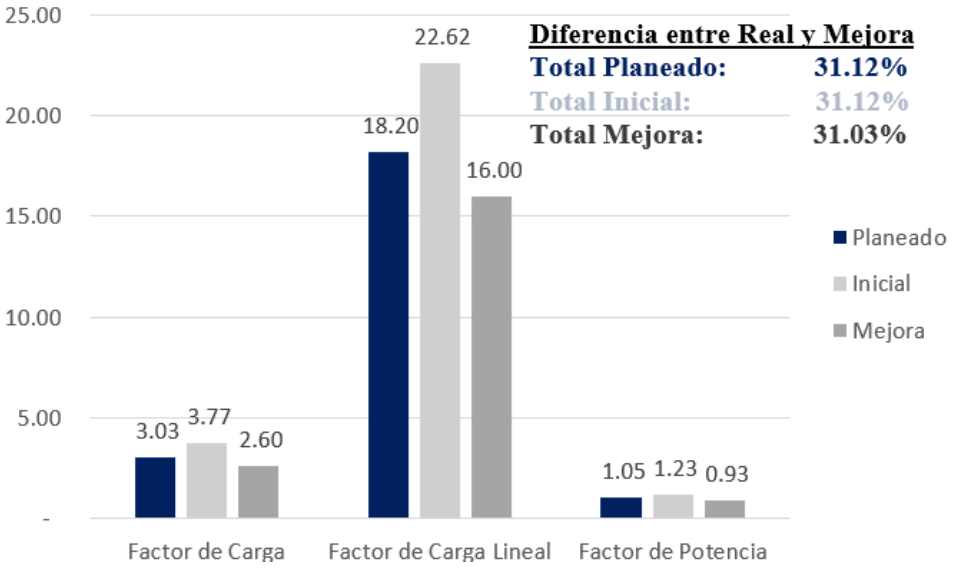
Situación	Factor de Carga (Kg/m3)	Factor de Carga Lineal (Kg/m)	Factor de Potencia Kg/Ton
Planeado	3.03	18.20	1.05
Inicial	3.77	22.62	1.23
Mejora	2.60	16.00	0.93

Nota: Valores proyectados y corroborados en la ejecución de cámaras de exploración 01, 02 y 03.

En Figura 19, se aprecia una mejora porcentual superior a 30 % correspondiente a los KPIs de perforación y voladura, tanto en lo correspondiente al Factor de carga, Factor de carga lineal y Factor de potencia, consecuentemente se obtiene una buena voladura y fragmentación del macizo rocoso.

Figura 19

Diferencia grafica de KPIs obtenidos en la etapa Planeada, Inicial y Mejora de la Perforación y voladura de la ejecución de cámaras de exploración 01, 02 y 03.



Nota: Elaboración propia (Software empleado Ms Excel).

4.6. Detalle y Comparación de Costos Unitarios

Se consideran especialmente costos de perforación y voladura, dentro de las cuales comprenden costos de Personal, Perforación, Voladura, Herramientas, Implementos de seguridad, Compresora. Tal como se detalla en la Tabla 13.

Tabla 13

Estructura detallada de componentes de costos unitarios de perforación y voladura en la construcción de cámaras de exploración 01, 02 y 03.

	Plan	Inicial	Mejora
Personal	234.84	291.97	229.84
Perforación	151.07	187.81	134.76
Voladura	851.80	1058.99	741.64
Herramientas	24.99	31.07	24.46
Implementos de seguridad	17.31	21.53	16.95
Compresora	53.90	67.01	52.76
Total	1 333.91	1 658.38	1 200.41

Nota: Unidad de moneda empleada es soles (S/), para mayor detalle ver Anexo F.

En la Tabla 13, se aprecia la diferencia de costos unitarios entre el Planeado, Inicial y mejora, notándose una reducción significativa entre los costos de perforación y voladura Inicial y Mejora, partiendo desde S/1 658.38 hasta S/1 200.41, generándose una reducción de 27.62%.

Asimismo, en la Tabla 14, se tiene un cuadro comparativo de costos entre los cuales solo se consideran los costos de perforación y voladura Planeado, Inicial y Mejora, donde se aprecia gran diferencia de costos entre los costos de perforación y voladura Inicial y mejora.

Tabla 14

Cuadro comparativo de costos de perforación y voladura antes y después de la aplicación de la mejora.

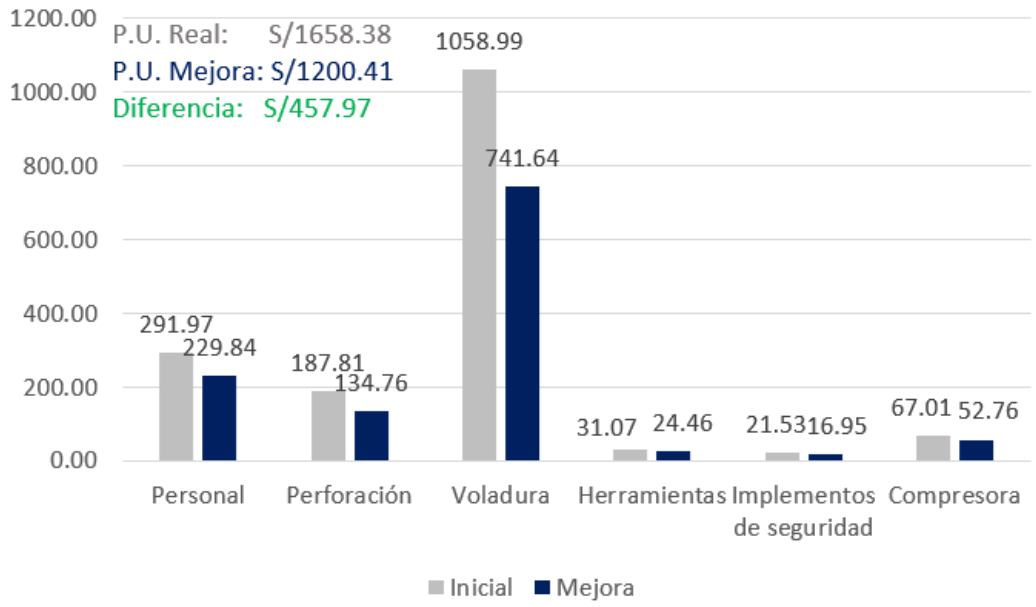
	Plan	Inicial	Mejora
Perforación	151.07	187.81	134.76
Voladura	851.80	1058.99	741.64
Total	1 002.87	1 246.80	876.40

Nota: Unidad de moneda empleada es soles (S/), para mayor detalle ver Anexo F

En la Figura 20 se aprecia un gráfico de barras el cual detalla los componentes de costos de perforación y voladura comparando la situación inicial y la mejora aplicada, entre ellos se puede apreciar que causa gran incidencia en la variación de costos positiva el componente correspondiente a costo de explosivos. Además, la diferencia de precios unitarios hace una reducción de costos involucrados entre el precio unitario real (inicial) y el propuesto como mejora, un monto de S/457.97.

Figura 20

Detalle de componentes de costos en situación inicial / mejora en la ejecución de cámaras de exploración 01, 02 y 03.



Nota: Unidad de moneda empleada es soles (S/), para mayor detalle ver Anexo F

4.7. Análisis de Costos Totales.

Tabla 15

Cronograma de avance lineal tanto planeado, inicial, y mejorado, de la ejecución de las cámaras de exploración 01, 02 y 03.

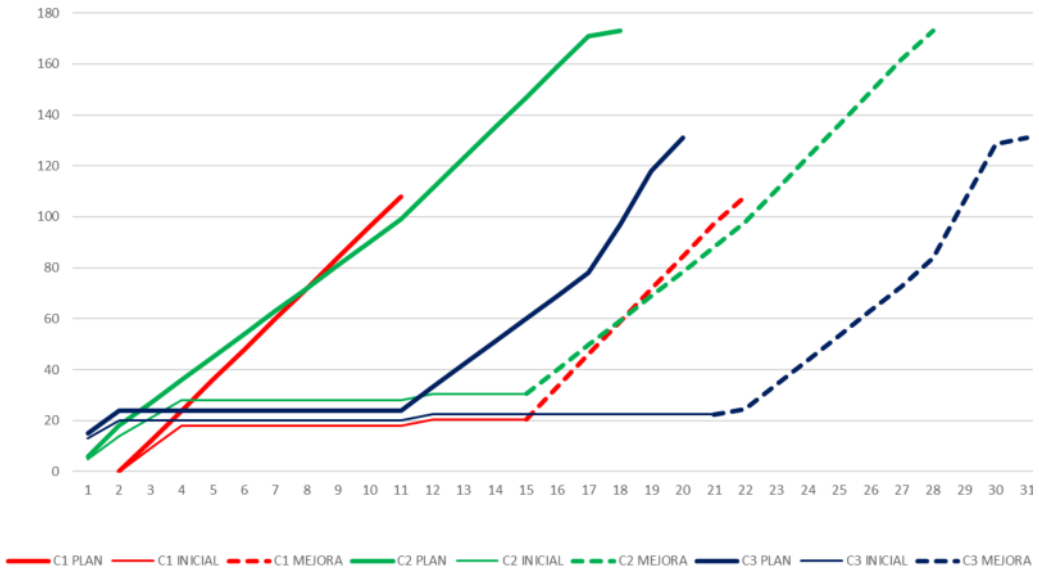
		CÁMARA 01						CÁMARA 02						CÁMARA 03					
MES	SEM	PLAN	PLAN ACUM	INCIAL	INICIAL ACUM	MEJORA	MEJORA ACUM	PLAN	PLAN ACUM	INCIAL	INICIAL ACUM	MEJORA	MEJORA ACUM	PLAN	PLAN ACUM	INCIAL	INICIAL ACUM	MEJORA	MEJORA ACUM
SET	1							6	6	5	5			15	15	13	13		
	2		0		0			12	18	9	14			9	24	7	20		
	3	12	12	9	9			9	27	7	21				24		20		
	4	12	24	9	18			9	36	7	28				24		20		
OCT	5	**12**	**36**		18			**9**	45		28				24		20		
	6	12	48		18			9	54		28				24		20		
	7	12	60		18			9	63		28				**24**		20		
	8	12	72		18			9	72		28				**24**		20		
	9	12	84		18			**9**	81		28				**24**		20		
NOV	10	12	96		18			9	90		28				**24**		20		
	11	12	108		18			9	99		28				**24**		20		
	12			**2.5**	**20.5**			12	111	**2.5**	**30.5**			9	33	**2.5**	**22.5**		
	13				**20.5**			12	123		**30.5**			9	42		**22.5**		
DIC	14				**20.5**			12	135		**30.5**			9	51		**22.5**		
	15				**20.5**		20.5	12	147		**30.5**		30.5	9	60		**22.5**		
	16					12.8	33.3	12	159			9.6	40.1	9	69		**22.5**		
	17					12.8	46.1	12	171			9.6	49.7	9	78		**22.5**		
ENE	18					12.8	58.9	2	173			9.6	59.3	19	97		**22.5**		
	19					12.8	71.7					9.6	68.9	21	118		**22.5**		
	20					12.8	84.5					9.6	78.5	13	131		**22.5**		
	21					12.8	97.3					9.6	88.1				**22.5**		22.5
	22					10.7	108					9.6	97.7					2.1	24.6
FEB	23											12.8	110.5					9.6	34.2
	24											12.8	123.3					9.6	43.8
	25											12.8	136.1					9.6	53.4
	26											12.8	148.9					9.6	63
MAR	27											12.8	161.7					9.6	72.6
	28											11.3	173					11.1	83.7
	29																	22.4	106.1
	30																	22.4	128.5
ABRIL	31																	2.5	131

Una vez culminada la ejecución de las cámaras de exploración 01, 02 y 03, se obtiene el plan de avance, tanto planeado, inicial y mejora (Tabla 15). Para llegar al metraje de avance programado a lo largo del tiempo y por consiguiente la culminación del proyecto, en función de semanas. Además, se puede apreciar de manera gráfica el desarrollo de cada cámara en la Figura 21, tanto de la situación planeada, inicial y con la mejora aplicada.

En la Figura 21, se aprecia que a lo largo del tiempo ocurren eventos que hacen que el cumplimiento de los objetivos cambie a lo largo del tiempo, motivo por el cual estos tienden a concretarse posteriormente, sin embargo, ello no está relacionado directamente con el gasto económico total debido a que el monto invertido es un componente que se puede disgregar en el tiempo, sin embargo, es importante considerar estas dos componentes para analizar el cumplimiento de metas.

Figura 21

Cronograma completo de avances lineales en la ejecución de cámaras de exploración 01, 02 y 03.



Nota: El avance lineal está representado en metros (m) y el tiempo transcurrido en semanas.

Tabla 16

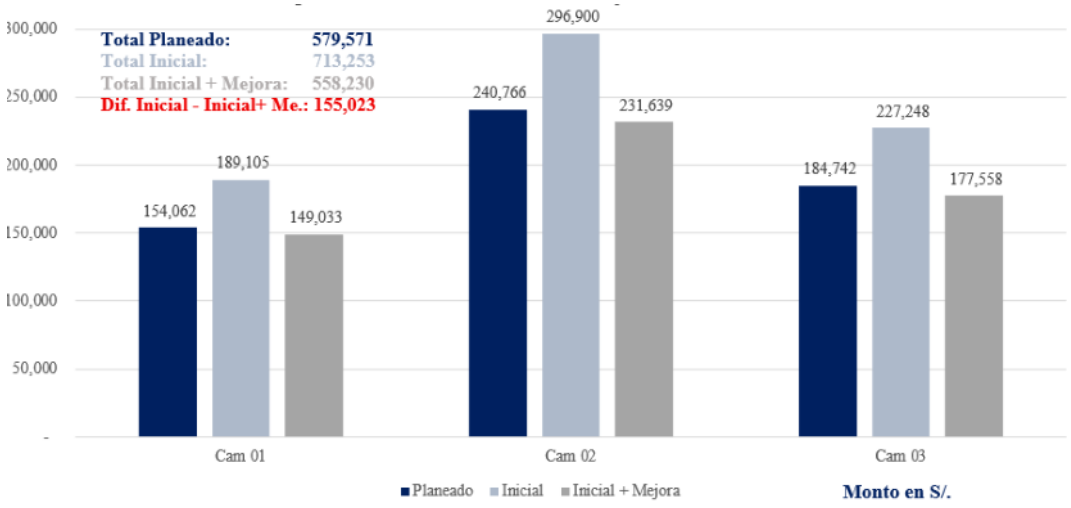
Cronograma de avance de costos planeado, inicial, y mejorado, de la ejecución de las cámaras de exploración 01, 02 y 03.

		CÁMARA 01						CÁMARA 02						CÁMARA 03					
MES	SEM	PLAN	PLAN ACUM	INICIAL	INICIAL ACUM	MEJORA	MEJORA ACUM	PLAN	PLAN ACUM	INICIAL	INICIAL ACUM	MEJORA	MEJORA ACUM	PLAN	PLAN ACUM	INICIAL	INICIAL ACUM	MEJORA	MEJORA ACUM
SET	1							8,003	8,003	8,292	8,292			20,009	20,009	21,559	21,559		
	2		-		-			16,007	24,010	14,925	23,217			12,005	32,014	11,609	33,168		
	3	16,007	16,007	14,925	14,925			12,005	36,016	11,609	34,826								
	4	16,007	32,014	14,925	29,851			12,005	48,021	11,609	46,435								
OCT	5	16,007	48,021					12,005	60,026										
	6	16,007	64,028					12,005	72,031										
	7	16,007	80,035					12,005	84,036										
	8	16,007	96,042					12,005	96,042										
	9	16,007	112,048					12,005	108,047										
NOV	10	16,007	128,055					12,005	120,052										
	11	16,007	144,062					12,005	132,057										
	12			4,146	33,997			16,007	148,064	4,146	50,581			12,005	44,019	4,146	37,314		
	13							16,007	164,071					12,005	56,024				
DIC	14							16,007	180,078					12,005	68,029				
	15						33,997	16,007	196,085				50,581	12,005	80,035				
	16					15,365	49,362	16,007	212,092			11,524	62,105	12,005	92,040				
	17					15,365	64,727	16,007	228,099			11,524	73,628	12,005	104,045				
ENE	18					15,365	80,093	2,668	230,766			11,524	85,152	25,344	129,389				
	19					15,365	95,458					11,524	96,676	28,012	157,401				
	20					15,365	110,823					11,524	108,200	17,341	174,742				
	21					15,365	126,188					11,524	119,724						37,314
	22					12,844	139,033					11,524	131,248					2,521	39,834
FEB	23											15,365	146,613					11,524	51,358
	24											15,365	161,979					11,524	62,882
	25											15,365	177,344					11,524	74,406
	26											15,365	192,709					11,524	85,930
MAR	27											15,365	208,074					11,524	97,454
	28											13,565	221,639					13,325	110,779
	29																	26,889	137,668
	30																	26,889	164,557
ABRIL	31																	3,001	167,558

En la Tabla 16, se detalla el avance de costos en la ejecución de la construcción de las cámaras de exploración 01, 02 y 03; los cuales representan los escenarios contemplados (planeado, inicial y mejora) en el cual se aprecia el consumo económico de manera semanal, desde el inicio de la ejecución del proyecto de la construcción de las cámaras de exploración hasta la culminación, se resalta además el gasto total de los costos al finalizar el periodo, tanto de la situación planeada con respecto a la situación real.

Figura 22

Comparación de costos totales de ejecución de cámaras de exploración 01, 02 y 03.



Nota: Unidad de moneda empleada es soles (S/)

En la Figura 22, se aprecian, el costo total involucrado en la realización de las cámaras de exploración 01, 02 y 03, el cual asciende a un total de S/558, 230.00, este costo incluye la situación inicial y la mejora planteada; por otro lado, sin la mejora planteada y de no haberse realizado ningún tipo de cambio en perforación y voladura con aplicación geomecánica este costo sería de S/713, 253.

Por ende, al analizar las 2 situaciones de manera total, en lo concerniente a costos se aprecia que se hizo una reducción de costos de S/155, 023; monto sumamente significativo que puede ser usado en otras actividades y la adquisición de otros recursos.

4.8 Discusión de Resultados

Al analizar los KPIs de perforación y voladura, en la construcción de las cámaras de exploración 01,02 y 03 se nota una mejora superior del 30% en factor de carga, factor de carga lineal y factor de potencia, obteniendo así una fragmentación uniforme del material volado. Según Barone et al., (2011), los indicadores clave de rendimiento se definen como un término de la industria para una medida o métrica que evalúa el rendimiento respecto de algún objetivo. Por otro lado, ENAEX (s.f.), indica que el factor de carga corresponde a la cantidad de explosivo empleado para volar un peso unitario o volumen de roca. Este factor se representa con unidades de kg/ton o kg/m3. Sánchez (2012), comprobó que las características físico – mecánicas de la roca y las propiedades de los explosivos son esenciales para el planteamiento geométrico de la malla de perforación, Lozynskyi1 (2024), indica que las pruebas de voladura realizadas en un entorno de producción han demostrado la eficacia de la técnica propuesta para la formación de la labor mediante perforación secuencial. Además, Inga (2023), demostró que diseñando una malla de perforación y empleando voladura controlada, perforando 3,86 m obtuvo un avance fue 3,82 m que representa un 99% de eficiencia. De forma similar Seccarote (2020), muestra cómo la eficiencia de la voladura puede aumentar 19.5% al optimizar el uso de explosivos. También, Chiriboga (2024), consiguió optimizar el proceso de perforación y voladura, mejorando la eficiencia de la operación y reduciendo los costos operativos hasta en un 39%. Asimismo, Castillo (2016), al caracterizar el macizo rocoso en “El Gran Porvenir del Líbano, concluyo que la tasa de perforabilidad estimada es de 46 cm/min, obteniendo una tasa muy alta. De igual manera, Vicente (2023), al buscar mejorar los costos de perforación y voladura con un nuevo diseño de malla redujo el consumo de explosivos de 21.1 kg/disparo a 16.24 kg/disparo (29.92%). En contraste, Silva (2021), al optimizar la perforación y voladura en MARSA, implementando dos tipos de arranques, optimizó la eficiencia del disparo al 97%, se mejoró la longitud de perforación. Asimismo, Choque (2021), al mejorar la perforación y voladura en la construcción de una rampa en MACDESA. planteando un diseño de malla de perforación logró reducir el factor de carga explosiva de 3.65 kg/m^3 a 2.15 kg/m^3 (69%). Inga (2023), diseñando una malla de

perforación con 4 decenas de huecos cargados empleando voladura controlada, teniendo como resultados minimizando la sobre rotura a 3,8%.

Estos resultados concuerdan con los que se halló en la presente investigación, ya que al mejorar la distribución de energía del explosivo es posible tener una mejor eficiencia de voladura, mejorando la distribución del tamaño de material volado y controlando la geometría de la sección, evitando sobre rotura e inestabilidad, condiciones desfavorables en el laboreo de frentes de trabajo, además de involucrar un menor esfuerzo, recursos y tiempo.

Realizando un análisis minucioso adoptando un enfoque económico, los costos unitarios en la ejecución de las cámaras de exploración 01,02 y 03 en las situaciones planeado (S/. 1333.91), inicial (S/. 1658.38) se puede ver que los costos, son más altos que los planeados, debido al poco conocimiento del macizo rocoso, y a la utilización empírica de una malla de perforación y esquema de carguío de explosivo, posteriormente al realizar la mejora, los costos unitarios disminuyen a S/. 1200.41, el cual representa una mejora de 27.62%. En investigaciones pasadas, Sethu et al. (2017), como parte del programa de implementación, determinó el costo real de los trabajos de desarrollo, e incluyó estimaciones precisas de los costos de las actividades de desarrollo a pequeña escala en los futuros planes mineros. Además, Sánchez (2012), disminuyendo la cantidad de taladros minimizó el tiempo de ejecución de las operaciones de perforación y voladura en una rampa en la mina Betzabeth. También, Rincon y Molina (2017), al realizar el control de desviaciones de perforación, demostró que se puede tener una reducción en costos (US$) del 13%, al cumplir con los avances esperados en los frentes de explotación. Asimismo, Yilmaz (2023), al ajustar la carga y la distancia entre barrenos logró un acortamiento del ciclo de trabajo requerido y un aumento del progreso por turno como resultado de los diseños implementados en mina. A la par, Tunquipa y Diaz (2021), logró reducir los costos en S/.121.75 al optimizar los costos unitarios de perforación y voladura en labores de preparación en UM Chalhuane, siendo esto una mejora de 23%. También, Vicente (2023), en mina Animón logró una reducción en los costos operativos por metro lineal de $ 369.98 a $ 355.20 con una diferencia de $ 14.78 que significa un ahorro de 4%. Soncco (2019), en U.M. Pallancata con el rediseño de la malla de perforación logró reducir los costos de perforación y voladura de 213,15 $/m a

183,86 $/m, haciendo una diferencia de 29,29 $/m. Por otro lado, De la Cruz y Rodriguez (2022), logró la optimización de perforación y voladura de S/ 1212.98 soles y a S/ 1044.84 soles. Esta reducción viene hacer el S/. 168.14 soles. Ramírez y Sandoval (2020), en minera Vicus logró reducir los costos en la perforación y voladura, 35.283 $/disparo, significando un 20% en la reducción de los costos operativos de perforación y voladura. Damián et Al (2024), al realizar la optimización de perforación y voladura disminuyendo los costos operativos por metro de avance, reduciendo de los $ 350.05 a $ 252.86. También, Mamani (2020), empleando la malla de perforación planteada los costos de perforación y voladura mejoró de 318,95 $/m a 276,76 $/m. Asimismo, Condori y Velazco (2021), lograron con el diseño de malla aumentar la longitud de perforación a 1,71 m por consiguiente minimizando la cantidad de taladros, decreciendo así los costos de perforación y voladura de 11.39 $/TM a 6.68 $/TM y aumentar a 11,13 TM/disparo su producción.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos en el presente estudio, dado que, al realizar una inspección y control minucioso de los insumos a emplear en la actividad, es posible tener un control y por ende una mejora cuantiosa con respecto al uso de ellos, y por consecuencia influir positivamente en los costos unitarios por actividad. Por lo cual se reafirma la mejora con los estudios que otros investigadores realizaron anteriormente, el cual representa una base sólida, para la presente investigación.

Realizando un análisis económico global, los costos totales en la ejecución de las cámaras de exploración 01,02 y 03; El costo total planeado asciende a S/.579.571.00 soles, sin embargo el proyectado con los costos obtenidos de manera inicial, en el caso de que no se haya realizado ningún tipo de mejora hubiera sido de S/.713,253.00 soles, costo significativamente mayor al planeado el cual habría incurrido a pérdidas económicas considerables, sin embargo el costo total considerando los costos iniciales y la mejora planteada mediante la aplicación geomecánica es de S/.558,230.00, el cual viene a ser mucho menor que el costo total planeado (costo calculado considerando las pérdidas iniciales), siendo un ahorro de S/.155,023.00 representado este el 21.73% con respecto al costo proyectado inicial. De forma similar. Seccarote (2020), demostró que, mediante la racionalización del diseño de las voladuras, se pueden reducir los

costos en un 9% mensual. También Checca (2019), en la U.M. Cori Puno, al optimizar los costos de perforación, voladura, carguío y acarreo Obtuvo una rentabilidad mayor al 20% de margen operativo. Además, Ortega et al. (2016), se nota que en la mina “La Maruja” logró constatar que con mallas de espaciamiento de 80x80cm se ahorra en costos en 30% con respecto a mallas de 60x60cm. Andrade (2014), diseñó un sistema de excavación en Compañía MINESADCO, logrando el costo de extracción de una tonelada de roca es 30.74 dólares y el costo por metro de avance es 1232.38 dólares. Choque (2021), al optimizar la perforación y voladura de una rampa en MACDESA logró una eficiencia de 2.55 m a 3.00 m de avance. Silva (2021). Midió la influencia de la perforación y voladura en los costos operativos, reduciendo el costo de los avances en 19.85 $/m, el cual representa una mejora en 4.7%.

Los resultados totales al analizar los costos globales, son similares a los obtenidos del contraste de los estudios realizados anteriormente, por lo cual se reafirma, que los costos de perforación y voladura en las cámaras de exploración 01, 02 y 03, representados de manera global, consideran una reducción útil y significativa para la operación minera, ya que permite tener una referencia a largo plazo del total de inversión requerido, para ejecutar tal actividad y tomar decisiones estratégicas a partir de ello.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES

Al analizar los costos de perforación y voladura en las cámaras de exploración 01, 02 y 03 considerando los componentes de personal, perforación, explosivos, equipos de seguridad, EPPs, y compresora, los cuales se plantean en 2 situaciones con o sin aplicación geomecánica se obtiene una diferencia, el cual se concluye una reducción de costos unitarios en 27.62% (S/1658.38 – S/1200.41). Por consiguiente, el primer problema específico planteado fue resuelto con creces.

Al realizar la mejora en el diseño de malla de perforación y diseño de carguío analizando la situación inicial (sin aplicación geomecánica) con la situación final (mejora propuesta después de aplicación geomecánica) realizando cambios en la geometría del arranque y en la reducción de 45 a 41 taladros de perforación, cambiando también el esquema de carguío de explosivos en la corona, se obtuvo una voladura controlada de buena fragmentación, además de buen avance lineal y controlando exitosamente la sección de la labor; en conclusión se disminuyó los KPIs de voladura en 31.12% con respecto a, Factor de Carga (3.77-2.60) Kg/m3 y Factor de Potencia (1.34 - 0.93) Kg/ton. Por consiguiente, el segundo problema específico fue superado exitosamente.

Al realizar la optimización de costos de perforación y voladura en cámaras de exploración 01, 02 y 03, mediante aplicación geomecánica, realizando un análisis de costos a detalle y mejorando el diseño de malla de perforación y diseño de carguío, después de todos los reajustes y aplicación realizada, se concluye que se logró optimizar en 21.73% los costos totales de perforación y voladura en la ejecución de cámaras de exploración geomecánica. Por consiguiente, el problema general fue resuelto satisfactoriamente.

CAPÍTULO VI
RECOMENDACIONES

Se recomienda, diversificar la aplicación de este estudio a las demás labores mineras de la U.E.A. Arasqui, para optimizar costos de perforación y voladura en otras zonas de la operación minera y por consiguiente, incrementar la rentabilidad de la mina.

Se recomienda implementar el departamento de geomecánica en la U.E.A. Arasqui, para abaratar los costos que involucran los estudios y ensayos realizados para tener un mayor control de costos e incorporar mejoras en conjunto con departamentos de productividad, planeamiento y costos.

Se recomienda mejorar las técnicas de perforación y voladura para tener mejores KPIs en sus operaciones tanto de desarrollo, exploración y preparación para así tener un mejor rendimiento operacional de la mina, en función de costos y tiempo.

CAPÌTULO VII
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade (2014) *Diseño de excavación para profundizar el "pique de fierro" ubicado en el área "ciruelo unificado" operado por la Compañía Minesadco S.A.* Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador

https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/3e57d69f-7f23-42e4-bf11-dedd3386228c

Babbie E. (2014) *Fundamentos de la investigación social.* California, Estados Unidos: Universidad Chapman

https://tecnicasmasseroni.files.wordpress.com/2012/02/babbie-fundamentos-de-la-investigacic3b3n-social.pdf

Balanda, A. (2005). *Contabilidad de costos.* Félix Bogado, Argentina: Editorial Universidad Nacional de Misiones

https://editorial.unam.edu.ar/images/documentos_digitales/Contabilidad_de_Costos-Alberto_Balanda.pdf

Barone, D., Jiang, L., Amyot, D., y Mylopoulos, J. (2011*). Composite indicators for business intelligence. Conceptual Modeling–ER 2011, LNCS(6998), 448-458.*

https://www.researchgate.net/publication/221268708_Composite_Indicators_for_Business_Intelligence

Castañeda J. (2024) *Influencia del método de excavación por perforación y voladura en la convergencia de túneles en rocas blandas.* Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia

https://repositorio.unal.edu.co/bitstreams/ec824294-b8d7-4fba-abc2-1eb08f429c7d/download

Castillo J. (2016) *Caracterización de un macizo rocoso con fines de voladura en la mina "El Gran Porvenir del Líbano".* Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia

https://repositorio.unal.edu.co/bitstreams/d63ab64a-8315-4ac1-a570-00bdc306aeb0/download

CETEMIN (2023). *Explotación de minas "Métodos de explotación minera"* Lima, Perú: Centro Tecnológico Minero.

Checca R. (2019*) Optimización de costos de perforación, voladura, carguío y acarreo en mina subterránea.* Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano.

http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/12295

Chiriboga D. (2024) *Optimización de los procesos de perforación y voladura en la galería de avance de la concesión "La Mina" cod. 60000589.* Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador

https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/9bac48b1-a5be-416d-9c1f-6181520daabe

Choque, A. (2019) *Optimización de perforación y voladura en la construcción de la rampa negativa 440 en la empresa minera MACDESA – Arequipa.* Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano.

http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/12053/Choque_Choque_Abraham.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Concha R. y Tarifa E. (2020) *Reducción y optimización de costos en perforación y voladura implementando barrenos de 16 pies para labores de desarrollo en la U.O. Inmaculada - Sociedad Minera Ares S.A.C.* Lima, Perú: Universidad Tecnológica del Perú

https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/3799/Randal%20Concha_Edwin%20Tarifa_Tesis_Titulo%20Profesional_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Condori, M. & Velazco, J. (2021). *Optimización de perforación y voladura por el método de Roger Holmberg en minera aurífera Estrella de Chaparra S.A*. Universidad Tecnológica del Perú.

https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/4395

Damián D., Yarasca Q. y Ramírez G. (2024) *Optimización de perforación y voladura para la reducción de costos de desarrollo del XC 710 – NV+40 de la unidad minera Sumaq Rumi – Azulcocha* Huancayo, Perú: Universidad Continental

https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/15017/11/IV_FIN_110_TE_Damian_Yarasca_Ramirez_2024.pdf

De la Cruz N. y Rodríguez M. (2022) *Optimización del diseño de perforación y voladura para reducir el costo en el desarrollo de la galería 5361, empresa minera Vicus S. A. C.* Huancayo, Perú: Universidad Continental.

https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/12408/2/IV_FIN_110_TE_De_La_Cruz_Bujaico_2022.pdf

DS 014-92-EM (2025) *TUO Ley general de minería MINEM*. Lima, Perú: Ministerio de Energía y Minas.

https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/7496246/6377726-lgm-2025%282%29.pdf?v=1743321712

DS 024-2016-EM (modificatorias 023-2017, y 034-2024) *Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería MINEM*. Lima, Peru: Ministerio de Energía y Minas.

https://www.gob.pe/institucion/osinergmin/normas-legales/741887-024-2016-em

EXSA (s.f.) Manual práctico de voladura 5ta Edición.

https://online.fliphtml5.com/hqjn/rypz/#p=1

ENAEX (s.f.). *Manual de tronadura EnaexS.A.* Enaex.S.A.

https://www.mineriadelibrosycursos.com/2019/03/manual-de-tronadura-enaex-sa.html

ESMIPE (s.f.). *Manual de minería* – Lima, Perú.

https://www.iestpoyon.edu.pe/web/documentos/Manual_de_Mineria.pdf

Inga, H. (2023). *Estudio geomecánico para diseño de mallas de perforación y voladura en labores subterráneas horizontales en Minera Aurífera Retamas S.A.* Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.

https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/9494/T010_72089387_T.pdf?sequence=2&isAllowed=y

INGEMIES (1987) *Manual de perforación y voladura de rocas*. Madrid, España: Instituto geologico y minero de España. ETIMSA. Ctra. de Burgos

Kononenko M., Khomenko O., Savchenko M., Kovalenko I. (2019) *Method for calculation of drilling-and-blasting operations parameters for emulsion explosives Mining of Mineral Deposits.* Oblast, Ukrania: Dnipro University of Technology

https://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/154295/03_Kononenko%2C%20Khomenko%2C%20Savchenko%2C%20Kovalenko.pdf?sequence=1

Konya (s.f.). *Manual de voladura de rocas*.

https://www.academia.edu/28310007/MANUAL_KONYA

Lepkowsky J. (2008) *Advances in Telephone Survey Methodology* Michigan, Estados Unidos: Institute for Social Research University of Michigan Ann Arbor, Wiley & Sons Publication

https://dokumen.pub/advances-in-telephone-survey-methodology-9780471745310-2007005999-0471745316.html

Lozynskyi1 V., Yussupov K., Rysbekov K., Rustemov S. y Bazaluk O. (2024) *Using sectional blasting to improve the efficiency of making cut cavities in underground min workings* Londres, Reino Unido: Bin Gong, Brunel - Frontiers in Earth Science

https://www.frontiersin.org/journals/ earth-science/articles/10.3389/feart .2024 .1366901/pdf

Mamani, W. (2020). *Optimización de costos de producción mediante la evaluación de las operaciones de perforación y voladura en la galería N12 de la empresa minera SOTRAMI S.A – Ayacucho*. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano.

http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/14004/Mamani_Tinta_Waldir.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ortega, C, Jaramillo, A & Molina, J. (2016). *Modificación de las mallas de perforación de voladuras a partir del índice de esfuerzo geológico (GSI), caso mina "La Maruja"*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

https://revistas.unal.edu.co/index.php/rbct/article/view/52199/61432

Osinergmin (2017). *Guía de criterios geomecánicos para diseño, construcción, supervisión y cierre de labores subterráneas*. Lima, Perú: Inversiones Jakob S.A.C.

https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/mineria/Documentos/Publicaciones/Guia-Criterios-Geomecanicos.pdf

Pariona, J. Sánchez, E. (2021). *Estudio geomecánico y su influencia en diseño de mallas perforación y voladura en Marsa – 2021*. Cerro de Pasco, Perú: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2604/1/T026_72761998_T.pdf

Pernía, J. López, C. Ortiz, F. López, E. (s.f.). *Manual de perforación y voladura de rocas.* Madrid, España: Instituto Geológico y Minero de España Editorial ETIMSA

https://www.geologiaviva.info/wp-content/uploads/2021/07/Manual-de-Perforacion-y-Voladura-de-Rocas.pdf

Ramírez, C., García M., Pantoja, C. (2010*). Fundamentos y técnicas de costos.* Bolívar, Colombia, Editorial Universidad Libre Sede Cartagena Centro de Investigaciones

https://www.unilibre.edu.co/cartagena/pdf/investigacion/libros/ceac/FUNDAMENTOS_Y_TECNICAS%20DE%20COSTO.pdf

Ramírez, W. y Sandoval, J. (2020) *Evaluación técnica de perforación y voladura para reducir costos operativos de una mina subterránea en Cajamarca – 2020.* Universidad Privada del Norte – Facultad de Ingeniería / Carrera de Ingeniería de Minas.

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUPN_13d2640a01171a3f74bc23b7ba69523c

Rincón, J. y Molina, J. (2017) *Mejoramiento del arranque mediante el control de las desviaciones de perforación, caso mina "El Roble", Colombia.* Universidad Nacional de Colombia - Boletín de Ciencias de la Tierra.

https://www.redalyc.org/journal/1695/169552036004/html/

Sánchez, Y. (2012). *Optimización en los procesos de perforación y voladura en el avance de la rampa en la mina bethzabeth.* Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.

https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/168100e9-3468-4499-b1d0-fb5f009065de

Seccarote J., Gonzales P. y Herrera M. (2020) *Peculiarities of drilling and blasting in underground small-scale mines* Penalonen, Chile: Universidad Adolfo Ibáñez,Facultad de Ingeniería y Ciencias.

https://www.scielo.br/j/remi/a/mcYxZ4jT6g96fs9vL7TFgqH/?lang=en#

Sethu T., Letsebe T., Magwaza L. y Rupprecht S. (2017) *Introduction of drill and blast utilizing pneumatic rock-drills in a Rwandan artisanal underground mine* The journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy.

https://www.scielo.org.za/pdf/jsaimm/v117n4/04.pdf

Silva, J. (2022). *Optimización de la perforación y voladura para reducción de costos operativos en minera aurífera retamas - 2021*. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.

https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/8418/T010_71387083_T.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Softblast (2006) *Jk Simblast blast simulation evaluation and management. User Manual* Queensland, Australia: University of Queensland.

www.jktech.com.au

Soncco (2019) *Minimización de costos de perforación y voladura en el frente de la galería San Francisco de la Unidad Minera Pallancata - IESA S.A. – Ayacucho.* Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano

https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/12002

Tunquipa E. y Diaz A. (2021) *Optimización de costos unitarios de perforación y voladura en labores de preparación del NV 1715 en la Unidad Minera Chalhuane – 2021*. Lima, Perú: Universidad Tecnológica del Perú

https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/5698/E.Tunquipa_A.Diaz_Tesis_Titulo_Profesional_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vargas Z. (2009) *La investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica.* San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica, Revista Educación 33(1), 155-165, ISSN: 0379-7082, 2009

https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44015082010

Vicente (2023) *"Optimización de los costos operativos de perforación y voladura en la mina Animón – empresa contratista IESA S.A."* Cerro de Pasco, Perú: Universidad Daniel Alcides Carrión

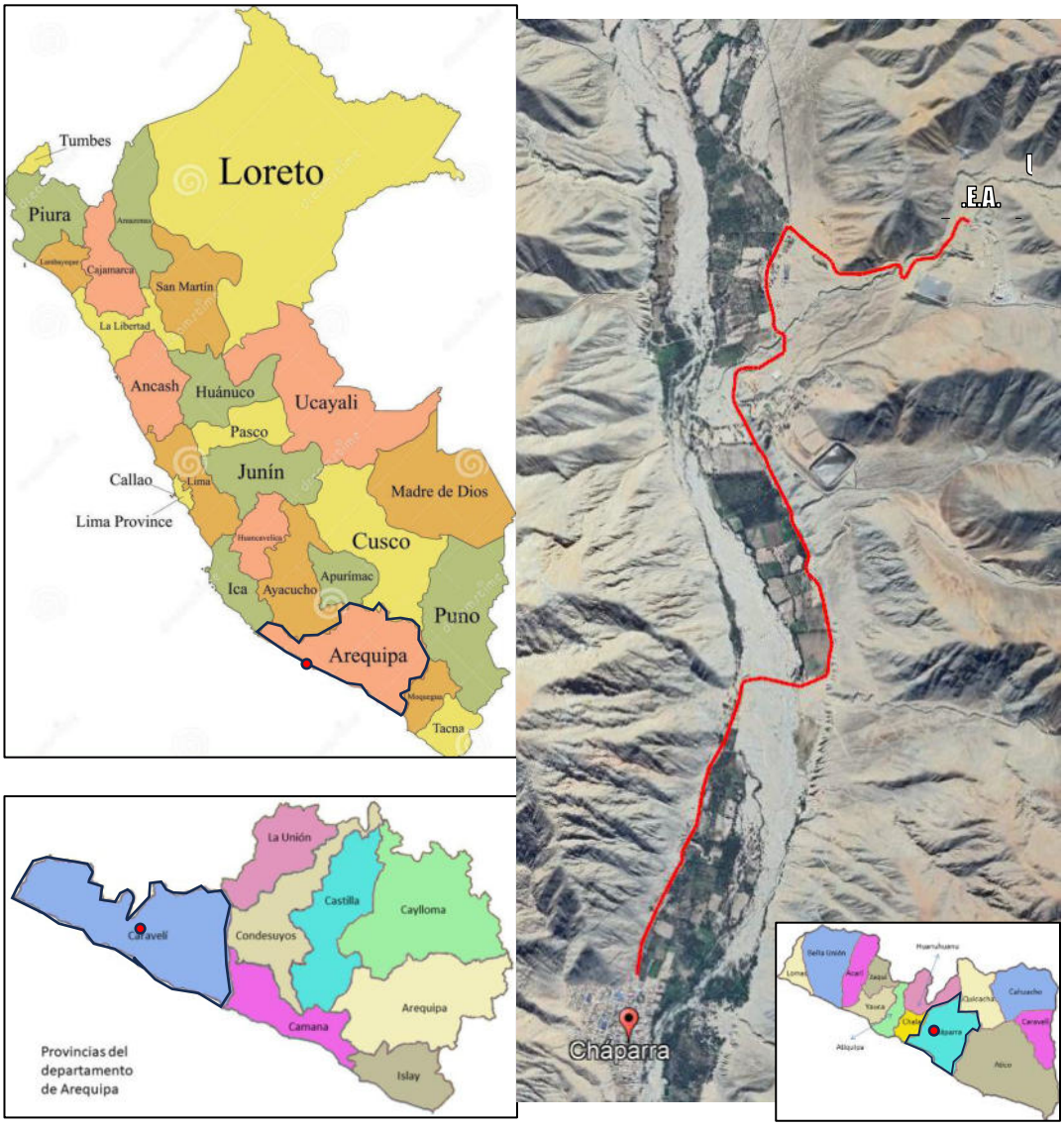
http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/3134/4/T026_70801391_T.pdf

CAPÍTULO VIII

ANEXOS

ANEXO A

Ubicación de U.E.A. Arasqui / Arequipa – Caravelí - Cháparra



Nota: https://es.pinterest.com/pin/438678819970285904/ - Google Earth

ANEXO B

Matriz de consistencia

Título: Optimización de costos de perforación y voladura en cámaras de exploración 01, 02 y 03 mediante aplicación geomecánica, en U.E.A. Arasqui, Arequipa.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL ¿En qué medida se optimizará los costos de perforación y voladura en cámaras de exploración 01, 02 y 03 mediante aplicación geomecánica en la U.E.A. Arasqui, Arequipa 2024? **PROBLEMA ESPECÍFICO** ¿Cuál es el análisis de los costos de perforación y voladura en las cámaras de exploración 01, 02 y 03 sin aplicación geomecánica en U.E.A. Arasqui, Arequipa 2024? ¿Cuál será el diseño óptimo de malla de perforación y diseño de carguío de explosivos en las cámaras de exploración 01, 02 y 03 con aplicación geomecánica en función de costos en la U.E.A. Arasqui, Arequipa 2024?	**OBJETIVO GENERAL** Optimizar los costos de perforación y voladura en cámaras de exploración 01, 02 y 03 mediante aplicación geomecánica en la U.E.A. Arasqui, Arequipa 2024. **OBJETIVOS ESPECIFICOS** Analizar los costos de perforación y voladura en las cámaras de exploración 01, 02 y 03 sin aplicación geomecánica, en U.E.A. Arasqui, Arequipa 2024. Determinar el diseño óptimo de malla de perforación y diseño de carguío de explosivos en las cámaras de exploración 01, 02 y 03 con aplicación geomecánica en función de costos en la U.E.A. Arasqui, Arequipa 2024.	**HIPÓTESIS GENERAL** Los costos de perforación y voladura en cámaras de exploración 01, 02 y 03 se optimiza mediante aplicación geomecánica en la U.E.A. Arasqui, Arequipa 2024. **HIPÓTESIS ESPECÍFICO** Al analizar los costos de perforación y voladura en las cámaras de exploración 01, 02 y 03 sin aplicación geomecánica, permite mejorar costos, en U.E.A. Arasqui, Arequipa 2024. El diseño óptimo de malla de perforación y diseño de carguío de explosivos con aplicación geomecánica mejora los costos en las cámaras de exploración 01, 02 y 03 en la U.E.A. Arasqui, Arequipa 2024.	**VARIABLE DEPENDIENTE** Costos de perforación y voladura en las cámaras de exploración 01, 02 y 03 en la U.E.A. Arasqui, Arequipa 2024. **Indicadores** Costos de perforación, Costos de voladura, Factor de Potencia, Factor de carga. **VARIABLE INDEPENDIENTE** Aplicación geomecánica en las cámaras de exploración 01, 02 y 03 de la U.E.A. Arasqui Arequipa. **Indicadores** Litología, RMR, Resistencia a la compresión axial, Resistencia a la compresión triaxial, Módulo de elasticidad, Módulo de Young.	**TÉCNICAS** • Indagación histórica de información de perforación y voladura. • Observación de operación de perforación y voladura. **INSTRUMENTOS** • Reportes de operación y perforista. • Análisis de precios unitarios. **TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN** Tipo: Experimental Nivel: Aplicada Diseño: Cuantitativo **POBLACIÓN** Disparos de Cámaras de exploración 01, 02 y 03 y sus respectivos componentes de acceso y operación. **MUESTRA** Disparos de accesos a las cámaras de exploración 01,02 y 03.

ANEXO C

Formato de cálculo de parámetros de RMR planteada el 1976

FORMATO DE MAPEO GEOMECÁNICO POR CELDAS

COMPAÑÍA MINERA:	MAPEADO POR:	FECHA:	
UNIDAD:	REVISADO POR:	N° FOTO:	
UBICACIÓN/NIVEL:	LITOLOGÍA:	ESTACION GEOMECÁNICA N°	
DOMINIO:	COORDENADAS WGS84: X: Y: Z:	O PROGRESIVA:	

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

N°	Buz(°)	D. Buz(°)	Fam	Tipo	Esp(cm)	Per(m)	Ape(mm)	Rell.	Rug.	Met.
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										

Croquis

Observaciones:

CLASIFICACIÓN RMR (BIENIAWSKI, 1976)

1	RESISTENCIA ROCA INTACTA	PICOTA	R6	R5	R4	R3	R2	R1	R0
		Is(50)	> 8MPa	4 - 8 MPa	2-4	1-2	Se prefiere UCS		
		UCS	> 200 MPa	100 -200 MPa	50-100MPa	25-50	10-25	3-10	1-3
	VALORACIÓN		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD		90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	<25%		
	VALORACIÓN		20	17	13	8	3		
3	ESPACIAMIENTO		> 3 m	1 - 3 m	0.3 - 1 m	50 - 300 mm	<50mm		
	VALORACIÓN		30	25	20	10	5		
4	CONDICIÓN DE LAS JUNTAS		Superficies Muy Rugosas, no continuas, sin separación, superficies duras	Superficies medinamente rugosas, Separación<1mm, Superficies Duras	Superficies Medianamente Rugosas, Separación <1mm Superficies Blandas	Espejo de Falla o Salbanda <1-5mm Fracturas Continuas	Salbanda Blanda>5mm de espesor, Discontinuidades abiertas>5mm Fracturas continuas		
	VALORACIÓN		25	20	12	8	0		
5	AGUA SUBTERRÁNEA		Completamente seco		Solo Húmedo (Agua Intersticial)	Agua Bajo Presión Moderada	Problemas Severos de Agua		
	VALORACIÓN		10		7	4	0		

RMR=

CLASIFICACION Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)

	Gran Escala:	Planar	Ondulante	Discontinuo
Pequeña Escala:	Jr (De la familia más crítica)			
Espejo de falla		0.5	1.5	2.0
Suave Liso JRC<10		1.0	2.0 >2/100cm	3.0
Rugoso JRC>10		1.5	3.0	4.0
Relleno Salbanda Entre Paredes No hay Contacto		1.0	1.0	1.5

DESCRIPCIÓN TÍPICA (Familia de diaclasas más críticas)	Ja
Fuertemente ajustadas	0.75
Superficies solo manchadas	1
Superficie puede ser rayada con una navaja	1.01-1.5
Paredes de diaclasas levemente alteradas, escaso recubrimiento mineral	2.01-3.0
Superficie puede ser rayada con la uña, se siente resbaloso	2
Recubrimiento de baja fricción (clorita, mica, talco, arcilla) <1mm de espesor	3-6
Superficie puede ser dentada, se siente resbaloso	4
Salbanda delgada, naja fricción o arcilla hinchable 1-5mm de espesor	6-10
Salbanda gruesa, baja fricción o arcilla hinchable>5mm de espesor	10-20

Jn			RQD	
Familias	Valoración	+ Aleatoria	Jn	
Intacta	0.5	1	Jr	
1 Set	2	3	Ja	
2Set	4	6	Jw	
3Set	9	12	SRF	
>4Set	15	20	Q=	

Fuente: Osinergmin - Guía de criterios geomecánicos para diseño, construcción, supervisión y cierre de labores subterráneas - 2017

ANEXO D

Formato de cálculo de parámetros de RMR planteada el 1989

FORMATO DE MAPEO GEOMECÁNICO POR CELDAS

COMPAÑÍA MINERA:	MAPEADO POR:	FECHA:	
UNIDAD:	REVISADO POR:	N° FOTO:	
UBICACIÓN/NIVEL:	LITOLOGÍA:	ESTACIÓN GEOMECÁNICA N°	
DOMINIO:	COORDENADAS WGS84: X: Y: Z: O PROGRESIVA:		

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

N°	Buz(°)	D. Buz(°)	Fam	Tipo	Esp(cm)	Per(m)	Ape(mm)	Rell.	Rug.	Met.
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										

Croquis de la Ubicación

Observaciones

CLASIFICACIÓN RMR (BIENIAWSKI, 1989)

1	RESISTENCIA ROCA INTACTA	PICOTA	R6	R5	R4	R3	R2	R1
		Is(50)	>10 Mpa	4-10	2-4	1-2	Se prefiere UCS	
		UCS	>250MPa (15)	100-250 MPa (12)	50-100MPa (7)	25-50 (4)	5-25 (2)	1-5 (1)
	VALORACIÓN							
2	RQD		90-100% (20)	75-90% (17)	50-75% (13)	25-50% (8)	<25% (3)	
	VALORACIÓN							
3	ESPACIAMIENTO		> 2 m (20)	0.6 -2 m (15)	200 - 600 mm (10)	60 - 200 mm (8)	< 60 mm (5)	
	VALORACIÓN							
4	CONDICIÓN DE LAS JUNTAS		Superficies muy rugosas Discontinuas, no hay separación de, paredes intactas (30)	Superficies ligeramente rugosas, separación<1mm, paredes lig. Meteorizadas (25)	Superficies ligeramente rugosas, separación<1mm, paredes altamente Meteorizadas (20)	Superficies pulidas o relleno de falla <5 mm de espesor, o separación 1-5mm continuas (10)	Relleno de falla suave >5mm de espesor o sepración > 5mm continuas (0)	
	VALORACIÓN							
5	AGUA SUBTERRÁNEA		Totalmente seco (15)	Húmedo (10)	Mojado (7)	Goteando (4)	Fluyendo (0)	
	VALORACIÓN							

RMR=

CLASIFICACIÓN Q (ROCK TUNNELING QUALITY INDEX, BARTON 1974)

Gran Escala:	Jr (De la familia más crítica)	Planar	Ondulante	Discontinuo
Pequeña Escala:				
Espejo de falla		0.5	1.5	2.0
Suave Liso JRC<10		1.0	2.0 >2/100cm	3.0
Rugoso JRC>10		1.5	3.0	4.0
Relleno Salbanda Entre Paredes No hay Contacto		1.0	1.0	1.5

DESCRIPCIÓN TÍPICA (Familia de diaclasas más críticas)	Ja
Fuertemente ajustadas	0.75
Superficies solo manchadas	1
Superficie puede ser rayada con una navaja	1.01-1.5
Paredes de diaclasas levemente alteradas, escaso recubrimiento mineral	2.01-3.0
Superficie puede ser rayada con la uña, se siente resbaloso	2
Recubrimiento de baja fricción (clorita, mica, talco, arcilla) <1mm de espesor	3-6
Superficie puede ser dentada, se siente resbaloso	4
Salbanda delgada, naja fricción o arcilla hinchable 1-5mm de espesor	6-10
Salbanda gruesa, baja fricción o arcilla hinchable>5mm de espesor	10-20

Jn			RQD	
Familias	Valoración	+ Aleatoria Valoración	Jn	
Intacta	0.5	1	Jr	
1 Set	2	3	Ja	
2Set	4	6	Jw	
3Set	9	12	SRF	
>4Set	15	20	Q=	

Fuente: Osinergmin - Guía de criterios geomecánicos para diseño, construcción, supervisión y cierre de labores subterráneas – 2017

ANEXO E

Reunión de operaciones mina U.E.A. Arasqui



Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO F

Precio unitario planeado de labor 2.4m x 2.5m

PRECIO UNITARIO LABOR 2.40 X 2.50 SCOOP

SECCION (mts)	2.40X2.50	LONGITUD BARRA (pies)	6	VOLUMEN ROTO (m3)	9.39
TIPO DE ROCA	I-II	LONGITUD TALADRO (mts)	1.70	TALADROS PERF.	45
EFICIENCIA PERFORACION	93.0%	LONGITUD EFECTIVA (mts)	1.56	TALADROS CARG.	41
EFICIENCIA VOLADURA	92.0%	FACTOR CARGA (kg/m3)	2.95	PIES PERFORADOS (pies)	252
		FACTOR CARGA LINEAL (kg/m)	17.68	KG EXPLOSIVO	27.7

PERSONAL	UNIDAD	CANTIDAD	INCIDENCIA	UTILIZACION	P. U. SOLES	SOLES POR DIA/PIES	COSTO/M. LINEAL
CAPATAZ	Tarea	1.00	1	17%	207.67	34.47	
MAESTRO PERFORISTA	Tarea	1.00	1	100%	171.86	171.86	
AYUDANTE PERFORISTA	Tarea	1.00	1	100%	161.12	161.12	
TOTAL PERSONAL		**2.17**				**367.46**	**234.84**
ACCESORIOS DE PERFORACION		CANTIDAD	UNIDAD		SOLES/DIA	COSTO/DISPARO	COSTO/M. LINEAL
MAQUINA PERFORADORA		252	Pies		0.16	40.48	
MANT. Y REPUESTOS PERFORADORA		252	Pies		0.16	40.48	
BARRA CONICA DE 4'		151	Pies		0.26	38.94	
BARRA CONICA DE 6'		101	Pies		0.33	32.86	
BROCA DE 36 MM		252	Pies		0.25	63.06	
ACEITE DE PERFORACION		252	Pies		0.09	21.71	
TOTAL ACCESOR. PERFORACION						**237.53**	**151.80**
EXPLOSIVOS		UNIDAD	CANTIDAD		SOLES	COSTO/DISPARO	COSTO/M. LINEAL
Emulnor 1000		und	90		1.65	148.50	
Emulnor 3000		und	156		2.1	327.60	
Carmex		und	41		1.5	61.50	
TOTAL EXPLOSIVOS						**537.60**	**343.58**
HERRAMIENTAS Y OTROS		UNIDAD	CANTIDAD		SOLES/DIA	COSTO/DISPARO	COSTO/M. LINEAL
BARRETILLA DE 4 PIES		Pza	2		0.98	1.97	
BARRETILLA DE 6 PIES		Pza	2		1.48	2.97	
BARRETILLA DE 8 PIES		Pza	2		1.78	3.55	
LAMPA		Pza	2		0.77	1.55	
PICO		Pza	1		0.54	0.54	
COMBO 12 Lb.		Pza	1		0.37	0.37	
COMBO 6 Lb.		Pza	1		0.30	0.30	
ATACADOR		Pza	1		1.29	1.29	
GUIADORES		Pza	2		4.17	8.33	
SPRAY		Pza	1		4.25	4.25	
OCRE		Kg	1		0.61	0.61	
CORDEL		Mts	7		0.35	2.45	
LLAVE FRANCESA #14		Pza	1		0.34	0.34	
LLAVE STILSON # 12		Pza	1		0.14	0.14	
ALAMBRE		Kg	1		0.59	0.59	
SACA BARRENO		Pza	1		0.33	0.33	
SACA BROCAS		Pza	1		0.44	0.44	
CUCHARIILLA		Pza	1		0.38	0.38	
FLEXOMETRO		Pza	1		0.82	0.82	
PUNZON DE COBRE		Pza	1		0.03	0.03	
ENCENDEDOR		Pza	1		0.05	0.05	
ARCO SIERRA		Pza	1		0.13	0.13	
MANGUERA DE 1/2" PARA AGUA		Mts	30		0.08	2.40	
MANGUERA DE 1" PARA AIRE		Mts	30		0.11	3.25	
ABRAZADERA DE 1 "		Pza	1		0.11	0.11	
ABRAZADERA DE 1/2 "		Pza	1		0.07	0.07	
OTROS 5 % DEL TOTAL			5%			1.86	
TOTAL HERRAMIENTAS, OTROS						**39.11**	**24.99**
IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD		UNIDAD	CANTIDAD		SOLES/Guardia	COSTO/DISPARO	COSTO/M. LINEAL
LAMPARA		Pza	2.17		0.97	2.11	
CASCO		Pza	2.17		0.16	0.35	
TAFILETE PARA CASCO		Pza	2.17		0.08	0.17	
TAPON DE OIDO		Par	2.17		0.07	0.14	
OREJERAS P/ADAPTAR AL CASCO		Par	2.17		0.97	2.11	
LENTES DE SEGURIDAD		Pza	2.17		0.20	0.43	
BARBIQUEJO		Pza	2.17		0.03	0.07	
RESPIRADOR		Pza	2.17		0.82	1.77	
PREFILTRO 3M		Par	2.17		0.90	1.95	
RETENEDOR PARA FILTRO		Par	2.17		0.04	0.08	
CARTUCHO PARA GAS		Par	2.17		2.60	5.63	
POLOS		Pza	2.17		0.38	0.82	
CAMISAS		Pza	2.17		0.31	0.66	
CHALECO DE SUPERVISION		Pza	0.17		0.31	0.05	
GUANTES DE BADANA		Par	2.17		0.90	1.95	
GUANTES DE NITRON		Par	1.00		0.99	0.99	
GUANTES DE NEOPRENE		Par	1.00		1.10	1.10	
PANTALON		Pza	2.17		0.53	1.15	
PANTALON DE JEBE		Pza	2.00		1.16	2.32	
CORREA PORTA LAMPARAS		Pza	2.17		0.05	0.11	
BOTAS DE JEBE		Par	2.17		0.90	1.95	
ZAPATOS DE SEGURIDAD		Par	2.17		0.55	1.18	
TOTAL IMPLEMENTOS DE SEGUR.						**27.09**	**17.31**
COMPRESORA	UNIDAD	CANTIDAD	HORAS	UTILIZACION	SOLES/GUARDIA	COSTO/DISPARO	COSTO/M. LINEAL
COMPRESORISTA	Tarea	1		17%	184.59	30.64	
COMPRESORA	Pza.	2.00	2.50	17%	64.70	53.70	
TOTAL COMPRESORA						**84.34**	**53.90**

TOTAL COSTO DIRECTO	**826.43**
UTILIDAD 15%	**123.96**
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL EN SOLES	**950.39**
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL EN DOLARES	**250.10**

Fuente: Departamento de Productividad y Costos – P.U. Aprobado 2024 / U.E.A. Arasqui

Precio unitario inicial de labor 2.4m x 2.5m

Las Bravas

PRECIO UNITARIO LABOR 2.10 X 2.40 SCOOP

SECCION (mts)	2.40X2.50	LONGITUD BARRA (pies)	6	VOLUMEN ROTO (m3)	7.55
TIPO DE ROCA	I-II	LONGITUD TALADRO (mts)	1.70	TALADROS PERF.	45
EFICIENCIA PERFORACION	93.0%	LONGITUD EFECTIVA (mts)	1.26	TALADROS CARG.	41
EFICIENCIA VOLADURA	74.0%	FACTOR CARGA (kg/m3)	3.77	PIES PERFORADOS (pies)	252
		FACTOR CARGA LINEAL (kg/m)	22.62	KG EXPLOSIVO	28.5

PERSONAL	UNIDAD	CANTIDAD	INCIDENCIA	UTILIZACION	P. U. SOLES	SOLES POR DIA/PIES	COSTO/M. LINEAL
CAPATAZ	Tarea	1.00	1	17%	207.67	34.47	
MAESTRO PERFORISTA	Tarea	1.00	1	100%	171.86	171.86	
AYUDANTE PERFORISTA	Tarea	1.00	1	100%	161.12	161.12	
TOTAL PERSONAL		**2.17**				**367.46**	**291.97**
ACCESORIOS DE PERFORACION		CANTIDAD	UNIDAD		SOLES/DIA	COSTO/DISPARO	COSTO/M. LINEAL
MAQUINA PERFORADORA		252	Pies		0.16	40.48	
MANT. Y REPUESTOS PERFORADORA		252	Pies		0.16	40.48	
BARRA CONICA DE 4'		168	Pies		0.26	43.26	
BARRA CONICA DE 6'		84	Pies		0.33	27.38	
BROCA DE 36 MM		252	Pies		0.25	63.06	
ACEITE DE PERFORACION		252	Pies		0.09	21.71	
TOTAL ACCESOR. PERFORACION						**236.38**	**187.81**
EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS DE VOLADURA		UNIDAD	CANTIDAD		SOLES	COSTO/DISPARO	COSTO/M. LINEAL
Emulnor 3000 1" x 8"		und	0		2.85	0.00	
Emulnor 5000 1" x 8"		und	246		3.24	797.22	
Carmex de 9 pies		und	41		11.60	475.60	
Mecha rapida		m	15		4.00	60.00	
TOTAL EXPLOSIVOS						**1332.82**	**1058.99**
HERRAMIENTAS Y OTROS		UNIDAD	CANTIDAD		SOLES/DIA	COSTO/DISPARO	COSTO/M. LINEAL
BARRETILLA DE 4 PIES		Pza	2		0.98	1.97	
BARRETILLA DE 6 PIES		Pza	2		1.48	2.97	
BARRETILLA DE 8 PIES		Pza	2		1.78	3.55	
LAMPA		Pza	2		0.77	1.55	
PICO		Pza	1		0.54	0.54	
COMBO 12 Lb.		Pza	1		0.37	0.37	
COMBO 6 Lb.		Pza	1		0.30	0.30	
ATACADOR		Pza	1		1.29	1.29	
GUIADORES		Pza	2		4.17	8.33	
SPRAY		Pza	1		4.25	4.25	
OCRE		Kg	1		0.61	0.61	
CORDEL		Mts	7		0.35	2.45	
LLAVE FRANCESA #14		Pza	1		0.34	0.34	
LLAVE STILSON # 12		Pza	1		0.14	0.14	
ALAMBRE		Kg	1		0.59	0.59	
SACA BARRENO		Pza	1		0.33	0.33	
SACA BROCAS		Pza	1		0.44	0.44	
CUCHARILLA		Pza	1		0.38	0.38	
FLEXOMETRO		Pza	1		0.82	0.82	
PUNZON DE COBRE		Pza	1		0.03	0.03	
ENCENDEDOR		Pza	1		0.05	0.05	
ARCO SIERRA		Pza	1		0.13	0.13	
MANGUERA DE 1/2" PARA AGUA		Mts	30		0.08	2.40	
MANGUERA DE 1" PARA AIRE		Mts	30		0.11	3.25	
ABRAZADERA DE 1 "		Pza	1		0.11	0.11	
ABRAZADERA DE 1/2 "		Pza	1		0.07	0.07	
OTROS 5 % DEL TOTAL			5%			1.86	
TOTAL HERRAMIENTAS, OTROS						**39.11**	**31.07**
IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD		UNIDAD	CANTIDAD		SOLES/Guardia	COSTO/DISPARO	COSTO/M. LINEAL
LAMPARA		Pza	2.17		0.97	2.11	
CASCO		Pza	2.17		0.16	0.35	
TAFILETE PARA CASCO		Pza	2.17		0.08	0.17	
TAPON DE OIDO		Par	2.17		0.07	0.14	
OREJERAS P/ADAPTAR AL CASCO		Par	2.17		0.97	2.11	
LENTES DE SEGURIDAD		Pza	2.17		0.20	0.43	
BARBIQUEJO		Pza	2.17		0.03	0.07	
RESPIRADOR		Pza	2.17		0.82	1.77	
PREFILTRO 3M		Par	2.17		0.90	1.95	
RETENEDOR PARA FILTRO		Par	2.17		0.04	0.08	
CARTUCHO PARA GAS		Par	2.17		2.60	5.63	
POLOS		Pza	2.17		0.38	0.82	
CAMISAS		Pza	2.17		0.31	0.66	
CHALECO DE SUPERVISION		Pza	0.17		0.31	0.05	
GUANTES DE BADANA		Par	2.17		0.90	1.95	
GUANTES DE NITRON		Par	1.00		0.99	0.99	
GUANTES DE NEOPRENE		Par	1.00		1.10	1.10	
PANTALON		Pza	2.17		0.53	1.15	
PANTALON DE JEBE		Pza	2.00		1.16	2.32	
CORREA PORTA LAMPARAS		Pza	2.17		0.05	0.11	
BOTAS DE JEBE		Par	2.17		0.90	1.95	
ZAPATOS DE SEGURIDAD		Par	2.17		0.55	1.18	
TOTAL IMPLEMENTOS DE SEGUR.						**27.09**	**21.53**
COMPRESORA	UNIDAD	CANTIDAD	HORAS	UTILIZACION	SOLES/GUARDIA	COSTO/DISPARO	COSTO/M. LINEAL
COMPRESORISTA	Tarea	1		17%	184.59	30.64	
COMPRESORA	Pza.	2.00	2.50	17%	64.70	53.70	
TOTAL COMPRESORA						**84.34**	**67.01**

TOTAL COSTO DIRECTO	**1658.38**
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL EN SOLES	**1658.38**
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL EN DOLARES	**436.42**

Precio unitario mejorado de labor 2.4m x 2.5m

PRECIO UNITARIO LABOR 2.10 X 2.40 SCOOP

SECCION (mts)	2.40X2.50	LONGITUD BARRA (pies)	6	VOLUMEN ROTO (m3)	9.59
TIPO DE ROCA	I-II	LONGITUD TALADRO (mts)	1.70	TALADROS PERF.	41
EFICIENCIA PERFORACION	93.0%	LONGITUD EFECTIVA (mts)	1.60	TALADROS CARG.	37
EFICIENCIA VOLADURA	94.0%	FACTOR CARGA (kg/m3)	2.60	PIES PERFORADOS (pies)	230
		FACTOR CARGA LINEAL (kg/m)	15.60	KG EXPLOSIVO	24.9

PERSONAL	UNIDAD	CANTIDAD	INCIDENCIA	UTILIZACION	P. U. SOLES	SOLES POR DIA/PIES	COSTO/M. LINEAL
CAPATAZ	Tarea	1.00	1	17%	207.67	34.47	
MAESTRO PERFORISTA	Tarea	1.00	1	100%	171.86	171.86	
AYUDANTE PERFORISTA	Tarea	1.00	1	100%	161.12	161.12	
TOTAL PERSONAL		**2.17**				**367.46**	**229.84**

ACCESORIOS DE PERFORACION	CANTIDAD	UNIDAD	SOLES/DIA	COSTO/DISPARO	COSTO/M. LINEAL
MAQUINA PERFORADORA	230	Pies	0.16	36.90	
MANT. Y REPUESTOS PERFORADORA	230	Pies	0.16	36.90	
BARRA CONICA DE 4'	153	Pies	0.26	39.43	
BARRA CONICA DE 6'	77	Pies	0.33	24.96	
BROCA DE 36 MM	230	Pies	0.25	57.47	
ACEITE DE PERFORACION	230	Pies	0.09	19.78	
TOTAL ACCESOR. PERFORACION				**215.45**	**134.76**

EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS DE VOLADURA	UNIDAD	CANTIDAD	SOLES	COSTO/DISPARO	COSTO/M. LINEAL
Emulnor 3000 1" x 8"	und	9	2.85	25.66	
Emulnor 5000 1" x 8"	und	207	3.24	670.83	
Carmex de 9 pies	und	37	11.60	429.20	
Mecha rapida	m	15	4.00	60.00	
TOTAL EXPLOSIVOS				**1185.69**	**741.64**

HERRAMIENTAS Y OTROS	UNIDAD	CANTIDAD	SOLES/DIA	COSTO/DISPARO	COSTO/M. LINEAL
BARRETILLA DE 4 PIES	Pza	2	0.98	1.97	
BARRETILLA DE 6 PIES	Pza	2	1.48	2.97	
BARRETILLA DE 8 PIES	Pza	2	1.78	3.55	
LAMPA	Pza	2	0.77	1.55	
PICO	Pza	1	0.54	0.54	
COMBO 12 Lb.	Pza	1	0.37	0.37	
COMBO 6 Lb.	Pza	1	0.30	0.30	
ATACADOR	Pza	1	1.29	1.29	
GUIADORES	Pza	2	4.17	8.33	
SPRAY	Pza	1	4.25	4.25	
OCRE	Kg	1	0.61	0.61	
CORDEL	Mts	7	0.35	2.45	
LLAVE FRANCESA #14	Pza	1	0.34	0.34	
LLAVE STILSON # 12	Pza	1	0.14	0.14	
ALAMBRE	Kg	1	0.59	0.59	
SACA BARRENO	Pza	1	0.33	0.33	
SACA BROCAS	Pza	1	0.44	0.44	
CUCHARILLA	Pza	1	0.38	0.38	
FLEXOMETRO	Pza	1	0.82	0.82	
PUNZON DE COBRE	Pza	1	0.03	0.03	
ENCENDEDOR	Pza	1	0.05	0.05	
ARCO SIERRA	Pza	1	0.13	0.13	
MANGUERA DE 1/2" PARA AGUA	Mts	30	0.08	2.40	
MANGUERA DE 1" PARA AIRE	Mts	30	0.11	3.25	
ABRAZADERA DE 1 "	Pza	1	0.11	0.11	
ABRAZADERA DE 1/2 "	Pza	1	0.07	0.07	
OTROS 5 % DEL TOTAL		5%		1.86	
TOTAL HERRAMIENTAS, OTROS				**39.11**	**24.46**

IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	SOLES/Guardia	COSTO/DISPARO	COSTO/M. LINEAL
LAMPARA	Pza	2.17	0.97	2.11	
CASCO	Pza	2.17	0.16	0.35	
TAFILETE PARA CASCO	Pza	2.17	0.08	0.17	
TAPON DE OIDO	Par	2.17	0.07	0.14	
OREJERAS P/ADAPTAR AL CASCO	Par	2.17	0.97	2.11	
LENTES DE SEGURIDAD	Pza	2.17	0.20	0.43	
BARBIQUEJO	Pza	2.17	0.03	0.07	
RESPIRADOR	Pza	2.17	0.82	1.77	
PREFILTRO 3M	Par	2.17	0.90	1.95	
RETENEDOR PARA FILTRO	Par	2.17	0.04	0.08	
CARTUCHO PARA GAS	Par	2.17	2.60	5.63	
POLOS	Pza	2.17	0.38	0.82	
CAMISAS	Pza	2.17	0.31	0.66	
CHALECO DE SUPERVISION	Pza	0.17	0.31	0.05	
GUANTES DE BADANA	Par	2.17	0.90	1.95	
GUANTES DE NITRON	Par	1.00	0.99	0.99	
GUANTES DE NEOPRENE	Par	1.00	1.10	1.10	
PANTALON	Pza	2.17	0.53	1.15	
PANTALON DE JEBE	Pza	2.00	1.16	2.32	
CORREA PORTA LAMPARAS	Pza	2.17	0.05	0.11	
BOTAS DE JEBE	Par	2.17	0.90	1.95	
ZAPATOS DE SEGURIDAD	Par	2.17	0.55	1.18	
TOTAL IMPLEMENTOS DE SEGUR.				**27.09**	**16.95**

COMPRESORA	UNIDAD	CANTIDAD	HORAS	UTILIZACION	SOLES/GUARDIA	COSTO/DISPARO	COSTO/M. LINEAL
COMPRESORISTA	Tarea	1		17%	184.59	30.64	
COMPRESORA	Pza.	2.00	2.50	17%	64.70	53.70	
TOTAL COMPRESORA						**84.34**	**52.76**

TOTAL COSTO DIRECTO	**1200.41**
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL EN SOLES	**1200.41**
COSTO TOTAL POR METRO LINEAL EN DOLARES	**315.90**

ANEXO G

Resultado de ensayo de densidad de roca

FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L

PESO ESPECÍFICO DE MUESTRAS

TESIS: : "OPTIMIZACIÓN DE COSTOS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN CÁMARAS DE EXPLORACIÓN 01, 02 Y 03 MEDIANTE APLICACIÓN GEOMECÁNICA, EN U.E.A. ARASQUI, AREQUIPA"
SOLICITA: : BACH. JUAN CARLOS CHURACUTIPA MANZANO
FECHA: : 08 DE DICIEMBRE 2024
UBICACIÓN : CHÁPARRA - CARAVELÍ - AREQUIPA
MUESTRA: : CAM1 - 001

REGISTRO : TESIS-T-012/2024

DENSIDAD DE ROCA

MUESTRA	CAM1 - 001
PESO DE MUESTRA CON RECIPIENTE	743.70 g
PESO DE RECIPIENTE	0.00 g
PESO DE MUESTRA	743.70 g
VOLUMEN DE MUESTRA	265.67 cm3
DENSIDAD DE MUESTRA	2.80 g/cm3
DENSIDAD DE MUESTRA	2.80 ton/m3

OBSERVACIÓNES

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
FEDERICO PAUCAR TITO EIRL
Federico Pascual Paucar Tito
ING CIVIL Reg. CIP 44210

AV. INDUSTRIAL 712 AREQUIPA CEL 953692383 ·172383 FPAUCART@GMAIL.COM

ANEXO H

Resultado de ensayo de compresión de núcleo de roca

LABORATORIO GEOTECNICO E INVESTIGACION DE MATERIALES

FEDERICO PAUCAR TITO EIRL

ENSAYO DE COMPRESION DE NUCLEOS DE CONCRETO ASTM C42

SERVICIO : Optimización de costos de perforación y voladura en cámaras de exploración 01,02 y 03 mediante aplicación geomecánica, en U.E.A. Arasqui, Arequipa

SOLICITA : Bach. Juan Carlos Churacutipa Manzano

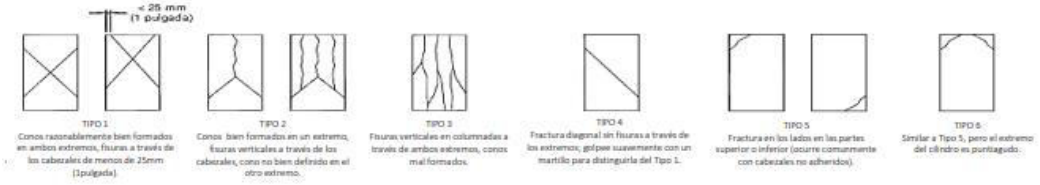
FECHA : 9 diciembre del 2024

MUESTRA : EXTRACCIÓN DE NUCLEOS DE ROCA GRANODIORITA

CALIBRACION N° E333-LFP0737-25

Nº PROBETA	DESCRIPCION / CÓDIGO	FECHA / FECHA DE ENSAYO	DIAMETRO (cm)	DIAMETRO (pulg)	ÁREA (cm²)	FUERZA (KN)	FUERZA (Kg)	COMPRESION f'c (kg/cm²)	Altura del testigo en (cm)	L/D	Coeficiente de correccion por esbeltez	COMPRESION CORREGIDA (kg/cm²)	TIPO DE FALLA
1	CAM1 - 001	9/12/2024	11.30	4.45	100.29	359.65	36674	366	11.30	1.00	0.87	318	3

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
FEDERICO PAUCAR TITO EIRL
Federico Pascual Paucar Tito
ING. CIVIL Reg. CIP 44210



ANEXO I

Resultado de ensayo de Módulo de Elasticidad y Módulo de Poisson

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS NEIZUN S.A.C.

DIRECCION: Urb. Aduca G - 15, Cerro Colorado-Arequipa **RPC:** 953708582 **RPC:** 965385509 **EMAIL:** neizunsac@gmail.com **RUC:** 20558738872

ENSAYO DE CONSTANTES ELASTICAS

SOLICITA : BACH. JUAN CARLOS CHURA CUTIPA MANZANO. **FECHA** : 11-12-2024

PROYECTO : PROYECTO DE TESIS "OPTIMIZACION DE COSTOS DE PERFORACION Y VOLADURA EN CAMARAS DE EXPLORACION 01, 02 Y 03 MEDIANTE APLICACIÓN GEOMECANICA, EN U.E.A. ARASQUI, AREQUIPA".

UBICACIÓN : CHAPARRA - CARAVELI - AREQUIPA.

Los ensayos se realizaron según la norma ASTM D 3148, dando los siguientes resultados:

MONBRE DE MUESTA	Profundidad (m)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Resist. a la Compresión Uniaxial (MPa)	Módulo de Young "E" (GPa)	Relación de Poisson "v"
CAM1 - 002	____	5.50	11.80	121.18	211.51	0.27

GRAFICO DE CONSTANTES ELASTICAS

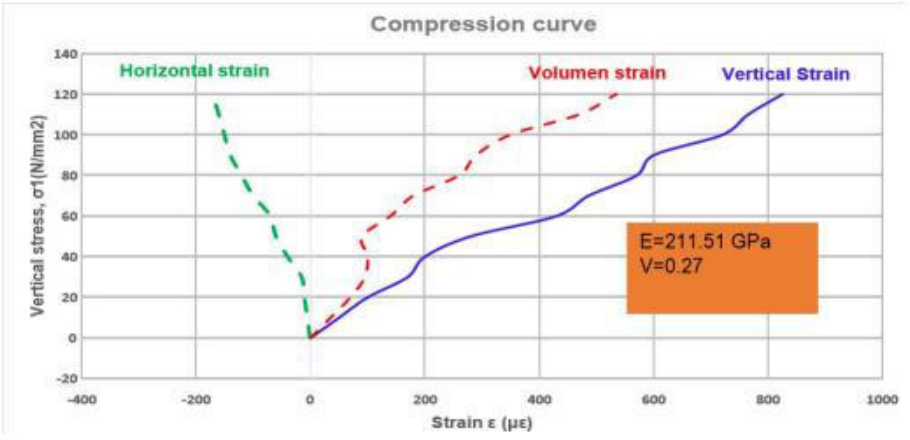


FOTO: COSTANTES ELASTICAS



Marco Antonio Ojeda Portugal
INGENIERO CIVIL

ANEXO J

Certificado de calibración de Balanza Electrónica

SEIMET INDUSTRIAL

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 088

INACAL DA - Perú Laboratorio de Calibración Acreditado

Registro N°LC - 088

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

Laboratorio de Masa
Mass Laboratory

Certificado N°
Certificate No.
E148-LM0291-25

Etiqueta: E-01441

Solicitante: FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L.
Applicant:

Dirección: Cal. Miguel Grau Nro. 127 Int. 1 Moquegua - Mariscal Nieto - Moquegua
Address:

Expediente: *File:*	E148-198-25
Fecha de calibración: *Date of calibration:*	2025-02-21
Lugar de calibración: *Place of calibration:*	Instalaciones de FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L. - Av. Industrial Apima 712 - Paucarpata
Instrumento de medida: *Measuring instrument:*	BALANZA ELECTRÓNICA
Marca: *Manufacturer / Brand:*	PATRICKS
Modelo: *Model:*	ACS-708W
Número de serie: *Serial code:*	No indica
Identificación: *Internal code:*	LM-005
Procedencia: *Fabricated in:*	China
Clase de exactitud: (**) *Accuracy class:*	III
Capacidad Máxima: *Maximum capacity:*	30 kg
División de escala (d): *Scale divison:*	0,001 kg
División de verificación (e): *Verification division:*	0,01 kg
Ubicación: *Location:*	Laboratorio de suelos

El certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, con unidades de medida de acuerdo al Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados emitidos en el presente certificado son válidos solo para el instrumento sometido a calibración, al momento y bajo las condiciones en que se realizaron las mediciones, así mismo, estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

SEIMET S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento calibrado o cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Los certificados de calibración carecen de validez sin la firma y sello de SEIMET S.A.C.

The calibration certificate is traceable to national or international standards, with units of measurement according to the International System of Units (SI).

The results issued in this certificate are valid only for the instrument subjected to calibration, at the time and under the conditions in which the measurements were carried out, likewise, these results should not be used as a certification of conformity with product standards or as certificate of the quality system of the entity that produces it.

SEIMET S.A.C. is not responsible for any damages that may arise from improper use of the calibrated instrument or any erroneous interpretation of the results of this certificate.

Calibration certificates are not valid without the signature and seal of SEIMET S.A.C.

Fecha de emisión: 2025-02-25
Date of issue:

Aprobado por:
Approved by:

Firmado digitalmente por: GUTIERREZ COAGUILA DAVID FIR 76452317 hard
Motivo: Doy V° B°
Fecha: 25/02/2025 19:32:21-0500

V° B°
DAVID GUTIERREZ COAGUILA
Jefe de Laboratorio
SEIMET S.A.C.

ANEXO K

Certificado de calibración de Vernier

SEIMET INDUSTRIAL

SOLUCIONES ESPECIALIZADAS EN INGENIERÍA Y METROLOGÍA S.A.C.
Calibración y Automatización

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

Laboratorio de Longitud
Length Laboratory

Certificado N°
Certificate No.
E148-LL0268-25

Etiqueta: E-01428

Solicitante: FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L.
Applicant:

Dirección: Cal. Miguel Grau Nro. 127 Int. 1 Moquegua - Mariscal Nieto - Moquegua
Address:

Expediente: *File:*	E148-198-25
Fecha de calibración: *Date of calibration:*	2025-02-20
Lugar de calibración: *Place of calibration:*	Laboratorio de Longitud - SEIMET S.A.C.
Instrumento de medida: *Measuring instrument:*	MEDIDOR DE ESPESOR
Marca: *Manufacturer / Brand:*	No indica
Modelo: *Model:*	No indica
Número de serie: *Serial code:*	No indica
Identificación: (*) *Internal code:*	LL-039
Procedencia: *Fabricated in:*	No indica
Ubicación: *Location:*	No indica

(*) Código de identificación asignado por SEIMET S.A.C.

El certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, con unidades de medida de acuerdo al Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados emitidos en el presente certificado son válidos solo para el instrumento sometido a calibración, al momento y bajo las condiciones en que se realizaron las mediciones, así mismo, estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

SEIMET S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento calibrado o cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Los certificados de calibración carecen de validez sin la firma y sello de SEIMET S.A.C.

The calibration certificate is traceable to national or international standards, with units of measurement according to the International System of Units (SI).

The results issued in this certificate are valid only for the instrument subjected to calibration, at the time and under the conditions in which the measurements were carried out, likewise, these results should not be used as a certification of conformity with product standards or as certificate of the quality system of the entity that produces it.

SEIMET S.A.C. is not responsible for any damages that may arise from improper use of the calibrated instrument or any erroneous interpretation of the results of this certificate.

Calibration certificates are not valid without the signature and seal of SEIMET S.A.C.

Fecha de emisión: 2025-02-25
Date of issue:

Aprobado por:
Approved by:

Firmado digitalmente por:
GUTIERREZ COAGUILA DAVID
FIR 76452317 hard
Motivo: Doy V° B°
Fecha: 25/02/2025 19:33:52-0500

DAVID GUTIERREZ COAGUILA
Jefe de Laboratorio
SEIMET S.A.C.

ANEXO L

Certificado de calibración de prensa *hidráulica*

SEIMET INDUSTRIAL

SOLUCIONES ESPECIALIZADAS EN INGENIERÍA Y METROLOGÍA S.A.C.
Calibración y Automatización

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

Laboratorio de Fuerza y Presión
Force and Preassure Laboratory

Certificado N°
Certificate No.
E333-LFP0737-25

Etiqueta: L-00039

Solicitante: FEDERICO PAUCAR TITO E.I.R.L.
Applicant:

Dirección: Cal. Miguel Grau Nro. 127 Int. 1 Moquegua - Mariscal Nieto - Moquegua
Address:

Expediente: *File:*	E333-198-25
Fecha de calibración: *Date of calibration:*	2025-04-15
Lugar de calibración: *Place of calibration:*	Instalaciones de FEDERICO PAUCAR E.I.R.L. - Av. Industrial Apima 712 - Paucarpata - Arequipa
Instrumento de medida: *Measuring instrument:*	PRENSA HIDRAULICA
Tipo de ensayo: *Type of test:*	Compresión
Marca: *Manufacturer / Brand:*	FORNEY
Modelo: *Model:*	F-250B-CPILOT
Número de serie: *Serial code:*	13109
Identificación: *Internal code:*	No indica
Procedencia: *Fabricated in:*	No indica
Alcance de Indicación: *Instrument range:*	0 kgf a 100 000 kgf
Resolución: *Resolution:*	1 kgf
Ubicación: *Location:*	Laboratorio

El certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, con unidades de medida de acuerdo al Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados emitidos en el presente certificado son válidos solo para el instrumento sometido a calibración, al momento y bajo las condiciones en que se realizaron las mediciones, así mismo, estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

SEIMET S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento calibrado o cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Los certificados de calibración carecen de validez sin la firma y sello de SEIMET S.A.C.

The calibration certificate is traceable to national or international standards, with units of measurement according to the International System of Units (SI).

The results issued in this certificate are valid only for the instrument subjected to calibration, at the time and under the conditions in which the measurements were carried out, likewise, these results should not be used as a certification of conformity with product standards or as certificate of the quality system of the entity that produces it.

SEIMET S.A.C. is not responsible for any damages that may arise from improper use of the calibrated instrument or any erroneous interpretation of the results of this certificate.

Calibration certificates are not valid without the signature and seal of SEIMET S.A.C.

Fecha de emisión: 2025-04-16
Date of issue:

Aprobado por:
Approved by:

Firmado digitalmente por:
GUTIERREZ COAGUILA DAVID FIR 76452317 hard
Motivo: Doy V° B°
Fecha: 16/04/2025 16:38:55-0500

V° B°
DAVID GUTIERREZ COAGUILA
Jefe de Laboratorio
SEIMET S.A.C.

ANEXO M

Certificado de calibración de prensa hidráulica

SERVITECC E.I.R.L.
ASEGURAMIENTO METROLÓGICO

SERVICIO TÉCNICO, CALIBRACIÓN y CERTIFICACIÓN EIRL

LABORATORIO DE CALIBRACION

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº 192-2025

Fecha de Emisión	2025-02-05
Expediente	104-C-2025
1. SOLICITANTE	EMPRESA NEIZUN SAC
Dirección	Urb. Aduca Mza. G Lote 15 Cerro Colorado - AREQUIPA
2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	MAQUINA PARA ENSAYO DE CONCRETO
Tipo	SEMIAUTOMATICA
Marca	CONTROLS
Modelo	1453287001
Nº de serie	15000898
Identificación	NO INDICA
Procedencia	ITALIA
Alcance de medición	3000 kN
Resolución	0.1 kN (0 kN a 300 kN) 1 kN (300 kN a 3000 kN)
Precisión	±1%
3. FECHA DE CALIBRACIÓN:	2025-02-03

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

SERVITECC EIRL no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de SERVITECC EIRL.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de SERVITECC EIRL.

4. **LUGAR DE CALIBRACIÓN:** Instalaciones de la empresa

5. **MÉTODO DE CALIBRACIÓN:**
Determinación del error de indicación de la prensa de concreto por el método de comparación directa, tomando como referencia el PC-ME-002"Procedimiento para la calibración de Instrumentos de Medida de Fuerza" (CEM – España).

6. **TRAZABILIDAD:**
Los resultados declarados en este documento tienen trazabilidad a los patrones Nacionales de la Dirección de Metrología DM-INACAL

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia de la DM-INACAL	Manómetro de Indicación Digital	LFP-C-092-2024

7. **OBSERVACIONES:**
- ✓ Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en las páginas siguientes del presente documento.
- ✓ La incertidumbre de medición ha sido determinada según la GUÍA PARA LA EXPRESIÓN DE LA INCERTIDUMBRE; con un factor de cobertura K=2, para un nivel de confianza del 95%.
- ✓ Este Certificado de Calibración cumple con los requisitos técnicos de la Norma Técnica Peruana NTP ISO/IEC 17025 "Requisitos generales para la competencia de laboratorios de Ensayo y Calibración.
- ✓ Se utilizó un transductor de fuerza o celda de carga de 150 000 kgf con un indicador de carga digital.
- ✓ Con fines de identificación se ha colocado un stiker de color verde en señal de calibrado.

SELLO
Servicio Técnico, Calibración y Certificación
SERVITECC E.I.R.L.
Arequipa

Carlos Baldarrago Bohorquez
GERENTE TECNICO
SERVITECC E.I.R.L.

ANEXO N

Galería Fotográfica

Ensayo de densidad de roca



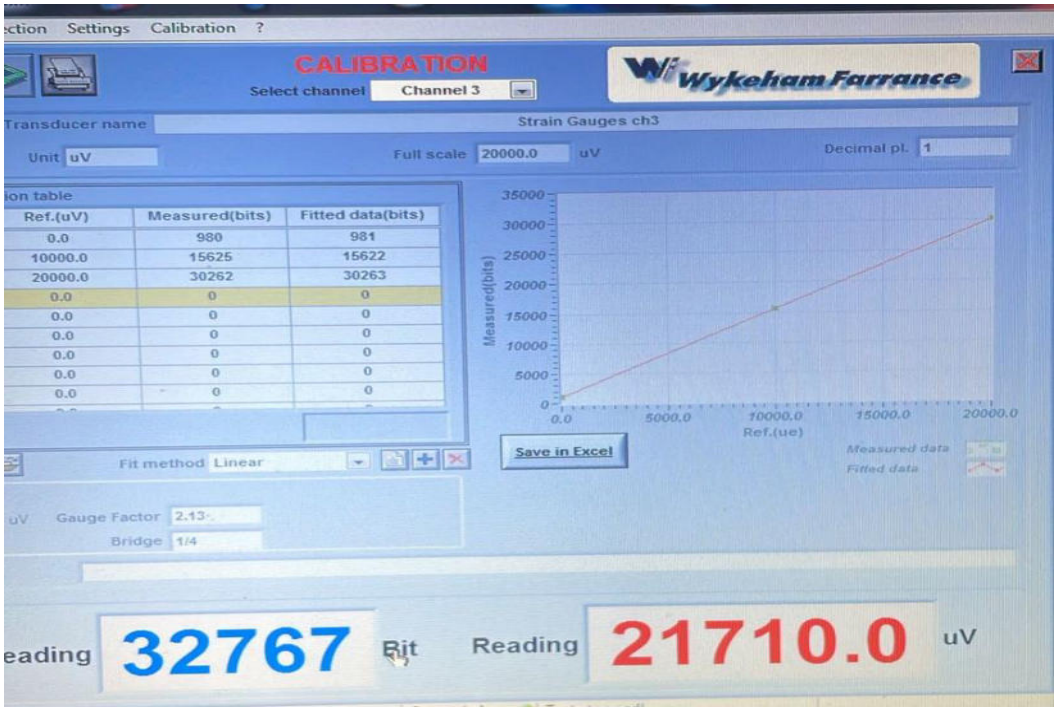
Ensayo de compresión uniaxial



Ensayo de constantes elásticas (Modulo de elasticidad y Poisson)



Sistema Wikeham Farrance Mide la deformación lineal horizontal y vertical



Fragmentación de voladura situación inicial



Fragmentación de voladura situación final



"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 : Juan Carlos Churacutipa Manzano
DNI/Carnet de Extranjería/Pasaporte N° : 77464553
Correo electrónico : jcchurm@gmail.com
Teléfono/Celular : 916928335

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 : "OPTIMIZACIÓN DE COSTOS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN CÁMARAS DE EXPLORACIÓN 01, 02 Y 03 MEDIANTE APLICACIÓN GEOMECÁNICA, EN U.E.A. ARASQUI, AREQUIPA"
b) Campo del conocimiento OCDE (Indicar el código de clasificación OCDE de la obra : https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html) : 2.11.02
c) Fecha de publicación : 2026

6. DATOS DEL ASESOR:

a) Nombres y Apellidos : Victor Adrian Ponce Estrada
b) DNI/Pasaporte/Cédula : 00478666
c) ORCID : 0000-0002-7156-1898

FIRMA : .....

DOCUMENTO DE IDENTIDAD : 77464553
NOMBRES Y APELLIDOS : JUAN CARLOS CHURACUTIPA MANZANO

"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 : 77464553
NOMBRES Y APELLIDOS : JUAN CARLOS CHURACUTIPA MANZANO
FECHA :18 DE OCTUBRE DE 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

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

Yo, Juan Carlos Churacutipa Manzano, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, de la Universidad Nacional de Moquegua, identificado (a) con DNI: Nº77464553, autor(a) de la Tesis / Trabajo de suficiencia profesional titulado "OPTIMIZACIÓN DE COSTOS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN CÁMARAS DE EXPLORACIÓN 01,02 Y 03 MEDIANTE APLICACIÓN GEOMECÁNICA, EN U.E.A. ARASQUI, AREQUIPA"

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, 16 de octubre de 2025



Huella digital

Juan Carlos Churacutipa Manzano
DNI: 77464553

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

Tesis Juan Churacutipa M.pdf

My Files

My Files

Universitas Bengkulu

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::3618:112823960

Fecha de entrega
17 sep 2025, 3:46 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
17 sep 2025, 3:49 p.m. GMT-5

Nombre del archivo
Tesis Juan Churacutipa M.pdf

Tamaño del archivo
2.0 MB

60 páginas

13.834 palabras

68.997 caracteres

18% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

17% Fuentes de Internet
1% Publicaciones
14% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

17% Fuentes de Internet
1% Publicaciones
14% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1 Internet
hdl.handle.net 2%

2 Internet
repositorio.unap.edu.pe 2%

3 Internet
alicia.concytec.gob.pe 1%

4 Internet
repositorio.uncp.edu.pe <1%

5 Internet
repositorio.undac.edu.pe <1%

6 Internet
apirepositorio.unh.edu.pe <1%

7 Internet
www.dspace.uce.edu.ec <1%

8 Internet
repositorio.continental.edu.pe <1%

9 Trabajos entregados
Universidad Privada del Norte on 2025-05-04 <1%

10 Internet
repositorio.unh.edu.pe <1%

11 Trabajos entregados
Universidad Cesar Vallejo on 2023-06-28 <1%

12 Internet
www.coursehero.com <1%

13 Internet
docplayer.es <1%

14 Internet
upc.aws.openrepository.com <1%

15 Internet
repositorio.unam.edu.pe <1%

16 Internet
repositorio.unsaac.edu.pe <1%

17 Trabajos entregados
Universidad TecMilenio on 2024-01-27 <1%

18 Internet
bdigital.unal.edu.co <1%

19 Internet
1library.co <1%

20 Trabajos entregados
Universidad Continental on 2023-08-04 <1%

21 Internet
repositorio.unamba.edu.pe <1%

22 Trabajos entregados
Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga on 2023-08-16 <1%

23 Internet
www.slideshare.net <1%

24 Internet
doaj.org <1%

25 Internet
renati.sunedu.gob.pe <1%

26 Internet
www.bsbedge.com <1%

27 Trabajos entregados
UDELAS: Universidad Especializada de las Americas Panama on 2019-04-06 <1%

28 Trabajos entregados
Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga on 2024-06-26 <1%

29 Trabajos entregados
Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga on 2024-10-22 <1%

30 Internet
standards.iteh.ai <1%

31 Trabajos entregados
Universidad Privada del Norte on 2025-06-18 <1%

32 Internet
www.ocpla.uni.edu.pe <1%

33 Trabajos entregados
Universidad Catolica de Trujillo on 2020-08-12 <1%

34 Trabajos entregados
Universidad Catolica de Trujillo on 2020-10-28 <1%

35 Trabajos entregados
Universidad Tecnologica del Peru on 2024-12-04 <1%

36 Internet
documentos.uru.edu <1%

37 Internet
doku.pub <1%

38 Trabajos entregados
Universidad Continental on 2023-05-04 <1%

39 Trabajos entregados
Universidad Continental on 2024-04-24 <1%

40 Trabajos entregados
Universidad Nacional del Centro del Peru on 2019-06-12 <1%

41 Trabajos entregados
Universidad Nacional del Centro del Peru on 2019-12-31 <1%

42 Internet
www.frontiersin.org <1%

43 Trabajos entregados
Universidad Tecnologica del Peru on 2020-02-26 <1%

44 Trabajos entregados
Universidad Tecnologica del Peru on 2022-06-21 <1%

45 Trabajos entregados
Universidad Tecnologica del Peru on 2022-12-24 <1%

46 Internet
library.e.abb.com <1%

47 Trabajos entregados
Universidad Católica de Santa María on 2025-09-10 <1%

48 Trabajos entregados
Universidad Privada del Norte on 2023-04-28 <1%

49 Trabajos entregados
Universidad Continental on 2024-12-27 <1%

50 Internet
apirepositorio.unu.edu.pe <1%

51 Internet
repositorio.unfv.edu.pe <1%

52 Internet
repositorio.uwiener.edu.pe <1%

53 Trabajos entregados
Universidad Continental on 2020-04-25 <1%

54 Trabajos entregados
Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga on 2021-05-23 <1%

55 Trabajos entregados
Universidad Ricardo Palma on 2020-12-16 <1%

56 Trabajos entregados
unhuancavelica on 2023-09-19 <1%

57 Internet
www.eurosai.org <1%

58 Trabajos entregados
Submitted on 1685735486627 <1%

59 Trabajos entregados
Universidad Católica de Santa María on 2022-07-18 <1%

60 Trabajos entregados
Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac on 2025-02-18 <1%

61 Trabajos entregados
Universidad Privada del Norte on 2023-05-25 <1%

62 Trabajos entregados
Universidad Tecnologica del Peru on 2024-01-12 <1%

63 Internet
pt.scribd.com <1%

64 Internet
repositorio.unfv.edu.pe:8080 <1%

65 Trabajos entregados
uncedu on 2025-06-27 <1%

66 Trabajos entregados
uni on 2025-04-29 <1%

67 Internet
Manolo Adolfo Galván Ceballos. "Estudio del ensayo a carga puntual en materiale... <1%

68 Trabajos entregados
Pontificia Universidad Catolica del Ecuador - PUCE on 2025-09-15 <1%

69 Trabajos entregados
Universidad Católica de Santa María on 2024-09-18 <1%

70 Trabajos entregados
Universidad Continental on 2017-05-12 <1%

71 Trabajos entregados
Universidad Continental on 2020-12-08 <1%

72 Trabajos entregados
Universidad Continental on 2021-03-19 <1%

73 Internet
ufdc.ufl.edu <1%

74 Internet
www.asamblea.gob.sv <1%

75 Internet
www.igatel.net <1%

76 Internet
www.mcx.es <1%

77 Trabajos entregados
Universidad Cesar Vallejo on 2022-01-27 <1%

78 Trabajos entregados
Universidad Cesar Vallejo on 2023-06-19 <1%

79 Trabajos entregados
Universidad Continental on 2022-05-19 <1%

80 Trabajos entregados
Universidad Nacional de Trujillo on 2021-10-15 <1%

81 Internet
careers.mmg.com <1%

82 Internet

repositorio.udh.edu.pe <1%

83 Internet

repositorio.unc.edu.pe <1%

84 Internet

repositorio.upt.edu.pe <1%

85 Internet

repositorio.urp.edu.pe <1%

86 Internet

tesis.unap.edu.pe <1%

RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO
N° 006-2026-CU

Moquegua, 08 de enero de 2026

VISTOS:

El Proveído N° 002-2026-R de fecha 06 de enero de 2026 emitido por el Rectorado, Informe N° D0001-2026-UNAM-R-SG de fecha 05 de enero de 2026 emitido por el Secretario General, Informe Técnico N° D0187-2025-SEGE-GT emitido por la Especialista Administrativo I–Grados y Títulos, el Acuerdo del Pleno del Consejo Universitario de Sesión Ordinaria N° 01-2026-SO-CU-UNAM, de fecha 07 de enero de 2026, y;

CONSIDERANDO:

Que, conforme al 4to párrafo del artículo 18, de la Constitución Política del Perú, dispone que cada Universidad es autónoma en su régimen normativo, de gobierno, académico, administrativo y económico. Y el artículo 8º de la Ley Nº 30220-Ley Universitaria, establece que la referida autonomía inherente a las Universidades, se ejerce de conformidad con la Constitución y demás normativa aplicable. Concordante con el artículo 1, de la Ley Nº 31520, Ley que restablece la autonomía y la institucionalidad de las universidades peruanas, así como la Ley N° 32141, Ley que modifica la Ley N° 30220-Ley Universitaria, a fin de fortalecer la institucionalidad de las Universidades Públicas licenciadas;

Que, el Artículo 58, de la Ley N° 30220-Ley Universitaria, establece que el Consejo Universitario es el máximo órgano de gestión, dirección y ejecución académica y administrativa de la Universidad. Concordante con el artículo 18° del Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua, aprobado bajo Resolución de Asamblea Universitaria N° 015-2025-AU-UNAM;

Que, el artículo 59 de la Ley Universitaria-Ley N° 30220, establece las atribuciones del Consejo Universitario, y específicamente el numeral 59.9, establece; Conferir los grados académicos y los títulos profesionales aprobados por las Facultades y Escuela de Posgrado, así como otorgar distinciones honoríficas y reconocer y revalidar los estudios, grados y títulos de universidades extranjeras, cuando la universidad está autorizada por la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria. Concordante con el numeral 14, del artículo 20° del Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua;

Que, el Sr. Rector es el personero y representante legal de la Universidad Nacional de Moquegua, conforme a lo dispuesto por la Ley Nº 30220-Ley Universitaria, tiene a su cargo la Dirección, Conducción y Gestión del Gobierno Universitario en todos sus ámbitos, concordante con el artículo 24° y numeral 2 del artículo 26° del Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua;

Que, mediante Informe Técnico N° D0187-2025-SEGE-GT de fecha 31 de diciembre de 2025, e Informe N° D0001-2026-UNAM-R-SG de fecha 05 de enero de 2026, el Secretario General de la UNAM, remite al Rectorado el expediente para el trámite de Título Profesional de Ingeniero de Minas del Bachiller: CHURACUTIPA MANZANO JUAN CARLOS de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, quien se encuentra apto para la expedición del Título Profesional de Ingeniero de Minas, 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 Ordinaria de Consejo Universitario de fecha 07 de enero de 2026;

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 (...). Asimismo, la Ley N° 31803, modifica el artículo en mención adicionando; La Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (SUNEDU) determina los criterios, así como establece y supervisa el procedimiento administrativo para el reconocimiento de grados y títulos otorgados en el extranjero, en el marco de la normativa vigente;

Que, el numeral 45.2 del artículo 45° de la Ley Nº 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;

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

RESOLUCIÓN DE CONSEJO UNIVERSITARIO
N° 006-2026-CU

Moquegua, 08 de enero de 2026

Que, bajo el amparo de los considerandos precedentes, el Pleno del Consejo Universitario en Sesión Ordinaria N° 01-2026-SO-CU-UNAM, de fecha 07 de enero de 2026, emitió, el siguiente, Acuerdo, POR UNANIMIDAD: CONFERIR, a nombre de la Nación el Título Profesional de Ingeniero de Minas por la modalidad de sustentación de tesis al Bachiller: CHURACUTIPA MANZANO JUAN CARLOS, de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Nacional de Moquegua;

En uso de las facultades y atribuciones conferidas por el Art. 18, de la Constitución Política del Perú, la Ley N° 30220 Ley Universitaria, el Estatuto de la Universidad Nacional de Moquegua, y a lo acordado por el pleno del Consejo Universitario:

SE RESUELVE:

ARTÍCULO 1°: CONFERIR, A NOMBRE DE LA NACIÓN al Bachiller

- **CHURACUTIPA MANZANO JUAN CARLOS**

TESIS : "OPTIMIZACIÓN DE COSTOS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN CÁMARAS DE EXPLORACIÓN 01, 02 Y 03 MEDIANTE APLICACIÓN GEOMECÁNICA, EN U.E.A. ARASQUI, AREQUIPA", cuyo Asesor Principal fue el Dr. Victor Adrian Ponce Estrada.

El **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS.**

Por la modalidad de SUSTENTACIÓN DE TESIS, de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Nacional de Moquegua.

ARTÍCULO 2°: ENCARGAR, al Secretario General a través de quien corresponda, para que realice las acciones pertinentes relacionadas con la inscripción correspondiente en el Registro de Grados y Títulos de la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria - SUNEDU.

ARTÍCULO 3°: DISPONER, el cumplimiento de la presente Resolución a todas las dependencias de la Universidad Nacional de Moquegua.

ARTÍCULO 4°: DISPONER la publicación de la presente resolución en el Portal Institucional de la Universidad Nacional de Moquegua www.unam.edu.pe

REGÍSTRESE, PUBLÍQUESE Y CÚMPLASE;

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA SECRETARIA GENERAL

ABOG. EDGAR PINTO HUANCAVILCA
SECRETARIO GENERAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA CONSEJO UNIVERSITARIO

DR. HUGO RUBEN MARCA MAQUERA
RECTOR
PRESIDENTE DEL CONSEJO UNIVERSITARIO

DISTRIBUCION:
VRA
VRI
FAIN
EPIM
GyT
DASA
OTI
Interesado
c.c. Arch.

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