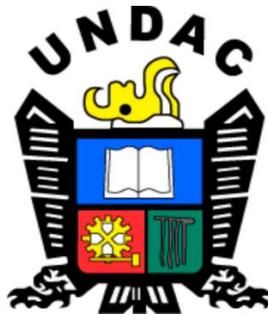


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



T E S I S

**Reducción de los costos operativos y mejora de avance mediante
la optimización del sistema de perforación y voladura en la
Unidad Minera Gedeón y Copacabana**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. Teofilo Abraham LEON BAUTISTA

Asesor:

Mg. Nelson MONTALVO CARHUARICRA

Cerro de Pasco - Perú - 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



T E S I S

**Reducción de los costos operativos y mejora de avance mediante
la optimización del sistema de perforación y voladura en la
Unidad Minera Gedeón y Copacabana**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Teodoro Rodrigo SANTIAGO ALMERCÓ

PRESIDENTE

Ing. Julio César SANTIAGO RIVERA

MIEMBRO

Mg. Luis Alfonso UGARTE GUILLERMO

MIEMBRO



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

INFORME DE ORIGINALIDAD N°117-JUIFIM-2023

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el Software Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por:

Bachiller: Teófilo Abraham León Bautista

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería de Minas

Tipo de trabajo:

Tesis

Reducción de los Costos Operativos y Mejora de Avance Mediante la Optimización del Sistema de Perforación y Voladura en la Unidad Minera Gedeón y Copacabana

Asesor:

Mg. Nelson Montalvo Carhuariera

Índice de Similitud: 08%

Calificativo

APROBADO

Se adjunta al presente el informe y el reporte de evaluación del software similitud.

Cerro de Pasco, 01 de setiembre de 2023

Dr. Agustin Arturo AGUIRRE ADAUTO
JEFE DE LA UNIDAD DE INVESTIGACION DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS

C.c.
Archivo

DEDICATORIA

A mi madre Enma Bautista que ha entregado su vida, por verme profesional y su persistencia porque sea aún mejor persona.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a dios por darme la vida y tener un propósito conmigo en la vida terrenal.

A mi madre y hermana por darme el apoyo moral y económicamente en desarrollar el presente proyecto.

RESUMEN

La presente investigación tiene el propósito de reducir los costos operativos y mejorar el avance mediante la optimización del sistema de perforación y voladura en la unidad Minera en Gedeón y Copacabana, basándome en el estudio de diseño de malla de perforación y voladura en la provincia de Arequipa distrito de Ocoña del año 2023, cuyo sustento teórico es enmarcada en la teoría de Robert Holmberg, Richard Ash y Pearse Monsanto. Con una optimización heurística por parte de mi persona, presentando un muestreo estratificado conformada por 46 datos recolectados en 46 días calendario correspondientes a cada Guardia estás están seccionadas en un pre test con 3 datos corresponden correspondiente a la primera campaña y 43 a la segunda, Tercera y cuarta campaña al post test, como resultado se obtuvo una diferencia significativa en la Vans real, llegando a concluir qué la optimización del sistema de perforación y voladura en cuanto al diseño de malla reduce significativamente los costos de operación hasta en 137 soles por metro lineal.

Palabras Claves: Costos operativos, perforación, voladura, malla de perforación

ABSTRACT

The present investigation has the purpose of reducing operating costs and improving progress by optimizing the drilling and blasting system in the Mining unit in Gedeon and Copacabana, based on the study of the design of the drilling and blasting mesh in the province of Arequipa. Ocoña district of the year 2023, whose theoretical support is framed in the theory of Robert Holmberg, Richard Ash and Pearse Monsanto. With a heuristic optimization by my person, presenting a stratified sampling made up of 46 data collected in 46 calendar days corresponding to each Guard, you are sectioned in a pre-test with 3 data corresponding to the first campaign and 43 to the second, Third and fourth campaign to the post test, as a result, a significant difference was obtained in the real Vans, concluding that the optimization of the drilling and blasting system in terms of mesh design significantly reduces operating costs by up to 137 soles per linear meter.

Keywords: Operating costs, drilling, blasting, drilling mesh

INTRODUCCIÓN

La minería en la actualidad requiere de diversos análisis en muchos casos la optimización de las diversas actividades, a fin de extraer el recurso Mineral de interés, una de ellas es la malla de perforación y voladura en la que se tiene en cuenta los métodos de arranque, enfatizando que está permite la mayor cantidad en un tiempo corto también este procedimiento es empleado en diferentes rocas de diversas propiedades físicas y mecánicas que tras una evaluación y análisis es posible una adecuada fragmentación cuya esencia es de gran interés a nivel de costos en la actividad de remoción y Transporte así lo menciona (Carlos Díaz-martínez & ALBERTO JIMÉNEZ-BUILES Ph, 2012). (Consulta UNDAC) En la investigación de (Mamani Vargas, 2022) de la misma manera Ricse Jeremías (2020) plantea como problema la fragmentación pésima del Mineral en la mina Paola, cuya solución es el rediseño de la malla de perforación ya que fue tomada los mismos diseños de otras Minas y a propia experiencia de los supervisores cómo también teorías contemporáneas que no son eficientes, en este estudio toma la teoría de Robert Holmberg, Richard Ash Y Pearce Monsanto permitiendo realizar los cálculos del burden y espaciamiento en proporción con la profundidad de los taladros, recomendando el tipo de explosivo a utilizar

El estudio de la reducción de costos operativos mediante la optimización de los sistemas de perforación y voladura, enmarcando en los costos de Aceros y explosivos cómo la importancia de la calidad de perforación y el diseño de la malla de perforación y voladura, conllevando a seguir en esquema de la universidad en mención dividido en cuatro capítulos iniciando desde el planteamiento del problema y terminando con los resultados y las conclusiones

La investigación se ordena por capítulos, el primero trata del problema de investigación de la pequeña minería subterránea Gedeón y Copacabana, en donde se identifican deficiencias en perforación y voladura, lo que afecta el avance lineal y aumenta los costos. La

implementación de una malla teórica y mejora heurística de perforación busca optimizar resultados considerando diversas características del macizo rocoso y la distribución de la malla, taladros y explosivos para lograr el desarrollo exitoso del crucero Fortuna en el proyecto minero.

En el capítulo II, se trata el marco teórico en donde se explora información respecto a la reducción de costos mediante el rediseño de la malla de perforación y voladura, mejorar la calidad de perforación en cuanto a una capacitación, comparativas y mejoras operativas en perforación.

En el capítulo III se menciona la metodología y técnicas de investigación del muestreo estratificado pre y post-test en crucero fortuna con 3 y 43 guardias, 87.5% perforación, 95% avance real.

En el capítulo IV referido a los resultados y discusión en donde el estudio se enfocó en mejorar la calidad de perforación mediante una capacitación. También se buscó optimizar el paralelismo en los taladros, utilizando guías de madera. Además, se rediseñó la malla de perforación aplicando métodos heurísticos para la optimización del sistema de perforación y voladura en cuanto a los costos, avance lineal y factor de carga en minería subterránea, considerando aspectos técnicos de la roca y explosivo.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1.	Identificación y determinación del problema.....	1
1.2.	Delimitación de la investigación	1
1.3.	Formulación del problema.....	19
1.3.1.	Problema general.....	19
1.3.2.	Problemas específicos	19
1.4.	Formulación de objetivos	20
1.4.1.	Objetivo General.....	20
1.4.2.	Objetivo Especifico	20
1.5.	Justificación de la investigación	20
1.6.	Limitaciones de la investigación	22

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1.	Antecedentes del estudio	23
2.2.	Bases teóricas y científicas.....	27
2.3.	Definición de términos básicos.....	44
2.4.	Formulación de hipótesis.....	49
2.4.1.	Hipótesis General.....	49
2.4.2.	Hipótesis Especifica.....	50
2.5.	Identificación de variables	50
2.6.	Definición Operacional de variables	51

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación	52
3.2.	Nivel de investigación	52
3.3.	Métodos de investigación.....	53
3.4.	Diseño de investigación	53
3.5.	Población y muestra	53
3.6.	Técnica e instrumentos de recolección de datos	55
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación	57
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	57
3.9.	Tratamiento estadístico	58

3.10.	Orientación ética filosófica y epistémica.....	59
-------	--	----

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA INVESTIGACION

4.1.	Descripción del trabajo de campo	60
4.2.	Análisis e interpretación de datos	97
4.3.	Prueba de Hipótesis	105
4.4.	Discusión de resultados	111

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Accesos a la Unidad Minera Gedeón y Copacabana</i>	4
Tabla 2 <i>Matriz de operacionalización de variables</i>	51
Tabla 3 <i>Confiabilidad del instrumento</i>	57
Tabla 4 <i>Numero de taladros PRE-TEST</i>	64
Tabla 5 <i>Datos Técnicos</i>	64
Tabla 6 <i>Tabla de costos operativos por voladura - Muestra 01 PRE-TEST</i>	67
Tabla 7 <i>Tabla de costos operativos por voladura - Muestra 02 PRE-TEST</i>	67
Tabla 8 <i>Tabla de costos operativos por voladura - Muestra 03 PRE-TEST</i>	68
Tabla 9 <i>Datos pertenecientes al PRE-TEST: Campaña 1</i>	68
Tabla 10 <i>Factor de carga PRE – TEST crucero fortuna UM GYC (Campaña 01)</i>	72
Tabla 11 <i>Numero de taladros POST-TEST</i>	75
Tabla 12 <i>Datos técnicos</i>	75
Tabla 13 <i>Personal que realizo la capacitación</i>	79
Tabla 14 <i>Fuerza laboral por guardia en el crucero fortuna UM GyC</i>	79
Tabla 15 <i>Numero de Guías por muestra (Campaña 01)</i>	80
Tabla 16 <i>Numero de Guías por muestra (Campaña 02)</i>	81
Tabla 17 <i>Numero de Guías por muestra (Campaña 03)</i>	82
Tabla 18 <i>Numero de Guías por muestra (Campaña 04)</i>	82
Tabla 19 <i>Cantidad de guías de madera por campaña vs avance efectivo</i>	83

Tabla 20 <i>Costos operativos por voladura pertenecientes al POST-TEST Campaña 2</i>	84
Tabla 21 <i>Resultados pertenecientes al POST-TEST campaña 2</i>	84
Tabla 22 <i>Costos operativos por voladura correspondiente al POST-TEST Campaña 3</i>	86
Tabla 23 <i>Resultados pertenecientes al POST-TEST campaña 3</i>	87
Tabla 24 <i>Costos operativos por voladura correspondiente al POST-TEST Campaña 4</i>	87
Tabla 25 <i>Resultados pertenecientes al POST-TEST campaña 4</i>	88
Tabla 26 <i>Factor de Carga POST - TEST (Campaña 02)</i>	91
Tabla 27 <i>Factor de carga POST - TEST (Campaña 03)</i>	93
Tabla 28 <i>Factor de carga POST - TEST (Campaña 04)</i>	95
Tabla 29 <i>Parámetros de comparación de costos, PRE / POST rediseño de malla de perforación.</i>	97
Tabla 30 <i>Parámetros de comparación de las mallas de perforación.</i>	99
Tabla 31 <i>Parámetros de comparación de malla de perforación en cuanto al Factor de carga.</i>	103
Tabla 32 <i>Tabla de costos Pre / Post Test</i>	106
Tabla 33 <i>Avance efectivo Pre / Post Test</i>	108
Tabla 34 <i>Factor de carga Pre / Post test</i>	110
Tabla 35 <i>Diferencia Pre / Post Optimización del sistema de perforación y voladura.</i>	114

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Ubicación de la U.M GYC</i>	2
Figura 2 <i>Ubicación de la UM GyC</i>	3
Figura 3 <i>Plano de la geología regional de la UM GyC</i>	12
Figura 4 <i>Plano Geológico Distrital de la UM GYC</i>	16
Figura 5 <i>Plano de Mineralización de la UM GYC</i>	17
Figura 6 <i>Plano Geomecánico de la UM GYC</i>	18
Figura 7 <i>Influencia del paralelismo de los taladros</i>	30
Figura 8 <i>Arranque con buen paralelismo</i>	30
Figura 9 <i>Resultados de un buen paralelismo</i>	31
Figura 10 <i>Buen paralelismo y longitud de perforación</i>	31
Figura 11 <i>Buena voladura</i>	32
Figura 12 <i>Arranque con deficiente paralelismo</i>	32
Figura 13 <i>Taladros no alineados e inclinados</i>	33
Figura 14 <i>Resultado con deficiente paralelismo</i>	33
Figura 15 <i>Sobre excavación</i>	34
Figura 16 <i>Secciones diferentes de Holmberg</i>	35
Figura 17 <i>Diagrama de disparo</i>	36
Figura 18 <i>Área de una labor subterránea</i>	36
Figura 19 <i>Rainura de tiros paralelos (Criterio de Ash)</i>	38

Figura 20 INDEX	43
Figura 21 Curva del olvido según Hermann	49
Figura 22 Plano de ingeniería de la UM GYC	54
Figura 23 Ficha de observación en el Crucero Fortuna nivel 0 de la UM GYC	56
Figura 24 Análisis estadístico SPSS del Crucero Fortuna nivel 0 de la UM GYC	58
Figura 25 Gestión de Tiempo tomada en el Crucero Fortuna de la UM GyC	62
Figura 26 Boca mina de unidad Minera Gedeón & Copacabana Nivel 495 MSNM.....	63
Figura 27 Boca mina de la Unidad Minera Gedeón y Copacabana	63
Figura 28 Distribución de taladros PRE-TEST.....	65
Figura 29 Taco de 46 CM en el primer disparo PRE-TEST	65
Figura 30 Registro de apunte de disparos en Unidad Minera PRE-TEST	66
Figura 31 Costo de avance por metro lineal, PRE-TEST.	70
Figura 32 Avance efectivo por Voladura PRE-TEST Campaña 1	72
Figura 33 Factor de Carga Kg/m ³ VS Avance Efectivo por voladura	74
Figura 34 Malla POST-TEST, distribución de taladros.....	76
Figura 35 Distribución de taladros y cantidad de explosivos	77
Figura 36 Malla dibujada en el Crucero Fortuna / Perforadora Sandvik DD210	77
Figura 37 Registro de apunte de disparos en Unidad Minera POST-TEST	78
Figura 38 Capacitación de control de paralelismo en jumbo de perforación frontal	80
Figura 39 Costo de avance por metro lineal POST-TEST.....	89

Figura 40 <i>Avance efectivo por Voladura</i>	91
Figura 41 <i>Avance Efectivo VS Factor de carga</i>	96
Figura 42 <i>Resultado del costo total/metro lineal</i>	97
Figura 43 <i>Resultado del costo de explosivo/metro lineal</i>	98
Figura 44 <i>Resultado del costo de maquina más mano de obra/metro lineal</i>	99
Figura 45 <i>Longitud de Perforación por Campañas</i>	100
Figura 46 <i>Avance efectivo por campañas</i>	101
Figura 47 <i>Cantidad de tubos guías de madera vs avance efectivo lineal promedio por campaña</i>	102
Figura 48 <i>Volumen roto por campañas</i>	103
Figura 49 <i>Kilogramos de explosivo por Metro lineal</i>	104
Figura 50 <i>Factor de carga por campañas</i>	105
Figura 51 <i>Prueba de Normalidad (Primera Hipótesis)</i>	107
Figura 52 <i>Prueba de Normalidad (Segunda Hipótesis)</i>	108
Figura 53 <i>Prueba de Normalidad (Tercera Hipótesis)</i>	110
Figura 54 <i>Examen de capacitación Pre / Post Capacitación (Pag.1)</i>	118
Figura 55 <i>Examen de capacitación Pre / Post Capacitación (Pag.2)</i>	119
Figura 56 <i>Juicio de experto</i>	120
Figura 57 <i>Ficha técnica de dinamita (Pag.1)</i>	121
Figura 58 <i>Ficha técnica de dinamita (Pag.2)</i>	122

Figura 59 <i>Ficha técnica de fulminante (Pag.1)</i>	123
Figura 60 <i>Ficha técnica de fulminante (Pag.2)</i>	124
Figura 61 <i>Ficha técnica de mecha de seguridad (Pag.1)</i>	125
Figura 62 <i>Ficha técnica de mecha de seguridad (Pag.2)</i>	126

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema

Es por ello que con el diseño de malla teórica y mejora de la calidad de perforación se busca revertir todo esto, así obtener resultados óptimos y favorables para la mina, por lo cual es necesario considerar: Las características físicas, mecánicas, estructurales, geomecánicas del macizo rocoso, la distribución de la malla de perforación, la cantidad de taladros, la cantidad y el tipo de explosivo a emplear, entre otros aspectos claves, ya que todos juegan un papel muy importante, dado que nos permitirán conocer la energía necesaria para fragmentar la roca en el crucero Fortuna el cual es crucial en los proyectos de avance y desarrollo.

1.2. Delimitación de la investigación

La presente se delimita bajo los siguientes aspectos:

1.2.1. Ubicación Geográfica:

La Unidad Minera Gedeón y Copacabana se encuentra ubicada en las estribaciones occidentales de la Cordillera Occidental de los Andes del Sur del Perú, a 170

km. al Noroeste de la ciudad de Arequipa en línea recta, en el valle de Ocoña, a la altura de paraje alto molino. Tiene una altitud promedio de 600 m.s.n.m. Políticamente se ubica en el distrito de Rio grande provincia Condesuyos Región Arequipa.

Figura 1

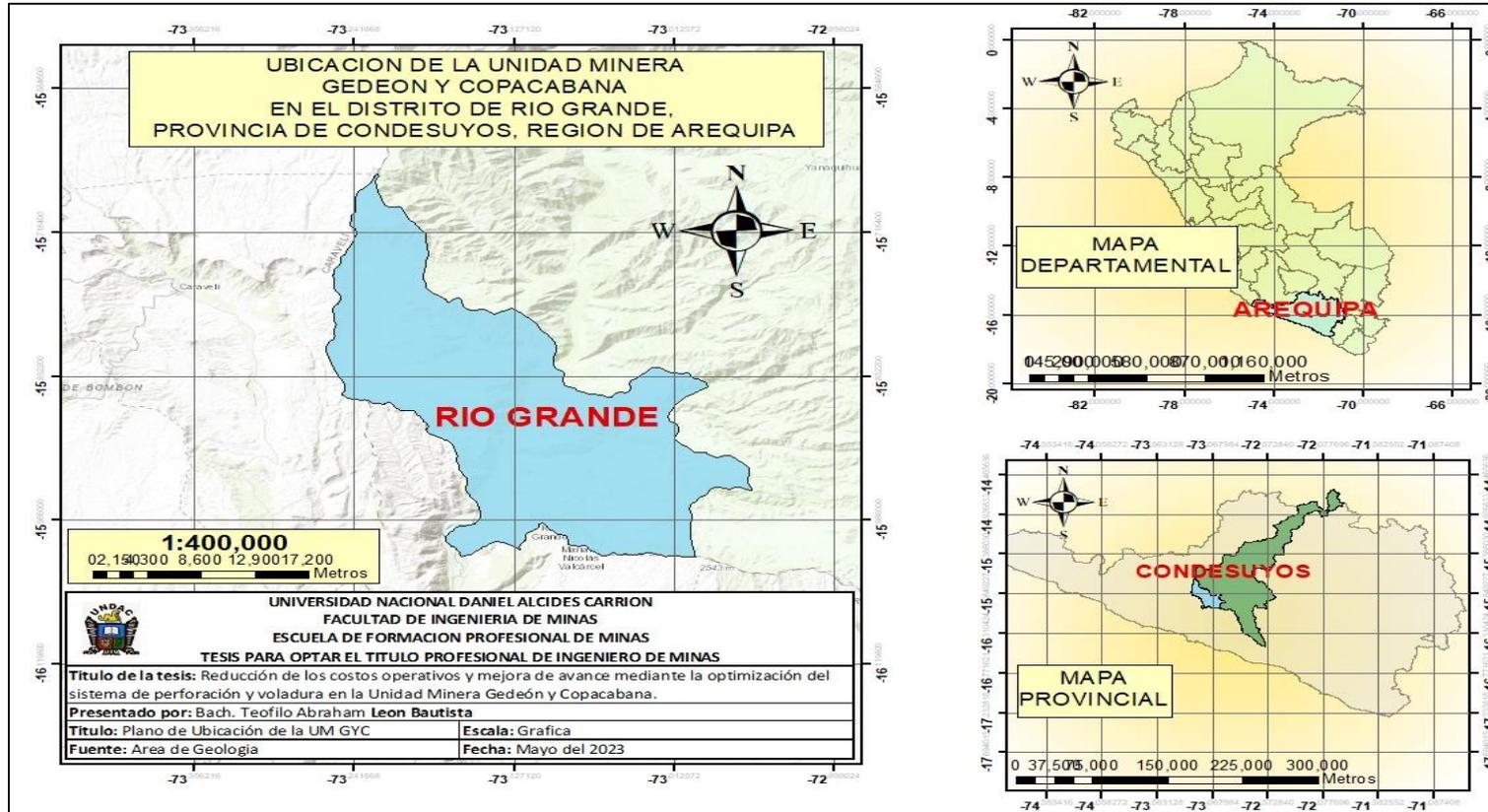
Ubicación de la U.M GYC



Fuente. Área de geología Unidad Minera Gedeón y Copacabana.

Figura 2

Ubicación de la UM GyC



Fuente. Área de geología Unidad Minera Gedeón y Copacabana.

1.2.2. Accesibilidad:

La zona es accesible desde la ciudad de Arequipa mediante la carretera Panamericana Sur hasta el poblado de Ocoña, pasando previamente por la ciudad de Camaná; a partir de este lugar se sigue por una carretera afirmada con dirección NW hasta llegar al proyecto zona de Alto molino, el recorrido es de 303 km. Aprox. El itinerario es la siguiente tabla 1:

Tabla 1

Accesos a la Unidad Minera Gedeón y Copacabana

Localidad	Km	Tipo de Vía
Arequipa – Ocoña	242	Carretera asfaltada
Ocoña – Alto molino	61	Carretera afirmada
TOTAL APROX.	303	

Fuente. Elaboración Propia.

1.2.3. Geología Regional:

1. Estratigrafía.

a. complejo basal.

Está compuesto por rocas metamórficas que conforman el basamento de la Cadena Costanera en el Sur del Perú, constituidas por gnéis y diques de composición básica.

Regionalmente afloramientos de esta secuencia se encuentran en los flancos del río Ocaña, constituyendo los cerros El Venado y Ancha. Los gneis tienen una composición granítica, de coloración gris oscuro. En el cerro Ancha, las rocas metamórficas ocurren como techos colgantes sobre rocas intrusivas del Batolito de la Costa.

Edad y Correlación: Se infiere su edad considerando su semejanza con afloramientos expuestos en el Sur del País, en los que se ha realizado dataciones radiométricas bajo el método Rb/Sr., dando edades de hasta 2,000 M.A., por lo que pertenecen al Pre cambriano.

b. grupo yura.

Regionalmente solo ocurren afloramiento de las formaciones Cachios y Labra (V. Pecho G.), las mismas que se encuentran plegadas y falladas.

✓ **Formación Cachíos – Labra.**

Litológicamente esta unidad está conformada predominantemente de areniscas y lutitas.

Al Sur del cerro Iquipí se encuentran pequeños afloramientos de areniscas cuarcíticas de coloración gris oscuro con intercalaciones de capas delgadas de pizarras negras. Estos afloramientos se encuentran instruidos y metamorfizados por apófisis hipabisales del Complejo Bella Unión, así como por diques de microdiorita, y yacen discordantemente sobre el complejo basal.

Edad y correlación: Las formaciones Cachíos–Labra de la región Arequipa ha sido datada entre el Titoniano y el Oxfordiano, (Jurásico Superior) (Benavides V.,1962).

c. Rocas intrusivas.

Las rocas intrusivas han sido diferenciadas teniendo en cuenta su cronología y el nivel de emplazamiento; entre ellas tenemos:

✓ **Rocas hipabisales**

El magmatismo andino en la región se inicia con la intrusión de grandes cuerpos de rocas hipabisales ocurrido en el Cretáceo superior, rompiendo y metamorfoseando a rocas sedimentarias del Jurásico, Cretáceo inferior y medio, siendo a su vez estos cuerpos intruidos por rocas del Batolito Costanero.

✓ **Complejo Bella Unión.**

Estas rocas intruyen a formaciones del Jurásico y Cretáceo inferior a medio, está constituido por una serie de cuerpos de composición andesítica a dacítica con afloramientos discontinuos.

Regionalmente, afloramientos de este complejo subvolcánico se encuentran en ambas márgenes del río Ocoña a manera de pequeños cuerpos que rompen y metamorfizan a rocas del Complejo Basal y del grupo Yura.

Litológicamente su composición varía de una andesita afanítica a una dacita porfirítica, predominando la primera.

Edad de Emplazamiento: El complejo Bella Unión, regionalmente intruye a rocas del grupo Yura, del Jurásico superior-Cretáceo inferior, asimismo se observa que este cuerpo hipabisal es cortado por rocas intrusivas del Batolito Costanero correspondiente al Cretáceo superior - Terciario inferior; se le asigna una edad entre el Cretáceo medio y Cretáceo superior.

✓ **Rocas plutónicas**

Batolito de la costa: El Batolito de la costa se emplazó en forma alargada, paralela y cerca del litoral aprovechando grandes zonas de fallamiento y fracturamiento, ubicados en las márgenes entre las placas continentales y marina del continente Sudamericano.

El segmento Arequipa está subdividido en 5 grandes Super-unidades, Patap, Pampahuasi, Linga, Incahuasi y Tiabaya.

A nivel regional solo afloran las tres últimas super unidades, las mismas que intruyen rocas metamórficas del Complejo Basal y al subvolcánico Bella Unión, y son cubiertas por rocas terciarias.

Litológicamente el Batolito de la Costa, está constituido por dioritas, granodioritas, monzonitas y tonalitas, cuerpos que también fueron intruidos por rocas hipabisales más jóvenes de naturaleza subvolcánica, en forma de diques y pequeñas apófisis.

✓ **Super-unidad Linga:**

Las rocas de esta Super-unidad, están constituidas por granodioritas y monzonitas, predominando las últimas, cuyos afloramientos se encuentran al Norte de la zona de estudio, en la margen izquierda del río Churunga.

La monzonita tiene un color gris a gris claro, por alteración de las epidotas tienen un color verdoso.

Edad de Emplazamiento: Según estudios realizados por J. Cobbing y W. Pitcher, determinaron que la Super-unidad Linga se ha emplazado hace 87 MA., correspondiéndole una edad del Cretáceo superior.

✓ **Super-unidad Incahuasi.**

Aflora ampliamente en la región y se expone en forma de pequeños cuerpos dispersos y alargados, siguiendo zonas de gran fracturamiento.

La litología de esta Super-unidad está dada principalmente por tonalitas, granodioritas y dioritas. En ambas márgenes del río Ocoña, así como en la margen derecha del río Churunga se encuentran afloramientos de granodiorita de color gris claro en roca fresca.

Edad de Emplazamiento: W. Pitcher, en sus estudios le asignó a esta unidad una edad de 95 MA que corresponde al Cretáceo superior.

✓ **Súper-unidad Tiabaya.**

Compuesta de rocas intrusivas litológicamente son de naturaleza mayormente granodiorita, afloran en la margen izquierda del río Ocoña, tiene un color gris a gris claro.

Edad de emplazamiento: Los Drs. W. Pitcher y J. Cobbing indican que esta Súper-unidad se emplazó hace 80 millones de años y la ubican en el Cretáceo superior-Terciario inferior.

✓ **Intrusivos menores**

Diques y pequeñas apófisis

Son de naturaleza sub volcánica son intrusiones recientes, Los diques tienen diferentes dimensiones van de unos pocos metros a kilómetros de longitud y desde algunos decímetros a varios metros de ancho, se presentan en forma individual o a manera de enjambres,

generalmente son andesitas y dacitas; estos diques se encuentran cortando indistintamente a las rocas plutónicas.

La edad de intrusión de estas rocas corresponde al Terciario medio a superior.

d. Formaciones

✓ Formación San José

Secuencia de areniscas, lutitas y arcillas finamente e intercaladas con conglomerados y capas de evaporitas que aflora en el cerro San José, cerro fortuna cruz blanca y mellizos tienen una coloración rojiza.

Edad y correlación: La formación San José yace sobre una superficie plana compuesta por rocas de Complejo Basal, Se le asigna una edad comprendida entre fines del Cretáceo y principios del Terciario (Paleoceno).

✓ Formación Caraveli

Consiste de depósitos molásicos de ambiente torrencial, lacustrino, formando acumulaciones de pie de monte, Afloramientos de esta formación se encuentran en los cerros Cruz Blanca, Infiernillo y Cuno Cuno. La litología está constituida mayormente por gruesas secuencias conglomerádicas.

Edad y Correlación: La formación Caravelí yace con discordancia erosional sobre la formación San José. Se le asigna una edad probable Paleoceno superior – Eoceno inferior.

✓ **Formación Paracas**

Afloramientos de la formación Paracas en la zona, se encuentra en los cerros Infiernillo y Cuno Cuno.

Litológicamente está constituida por areniscas de grano grueso hasta conglomerádicas, Presentan coloraciones blanco amarillento a gris blanquecino.

Edad y Correlación: La formación Paracas yace con discordancia erosional sobre la formación Caravelí, y se le asigna una edad comprendida en el Eoceno medio a superior.

✓ **Formación Huaylillas**

Las tobas y derrames lávicos de la formación Huaylillas fue estudiada inicialmente por Wilson y García (1962).

Esta formación tiene amplia distribución regional y su litología consiste generalmente de tobas dacíticas y riolíticas color blanco amarillento ha rozado.

Edad y correlación: A esta formación se le considera una edad correspondiente al Mioceno medio a superior.

e. Volcánico Sencca.

Afloramientos de este volcánico, en la zona se encuentran en la margen izquierda del río Ocoña, litológicamente está constituido por tobas y brechas tobáceas de naturaleza mayormente dacítica a riolítica. En general esta formación ocurre en bancos compactos formando cornisas verticales.

Edad y Correlación: El volcánico Sencca yace discordantemente en forma horizontal cubriendo rocas de diferentes edades, se le asigna una edad correspondiente al Plioceno medio a superior (S. Mendivil, 1965).

f. Depósitos Aluviales.

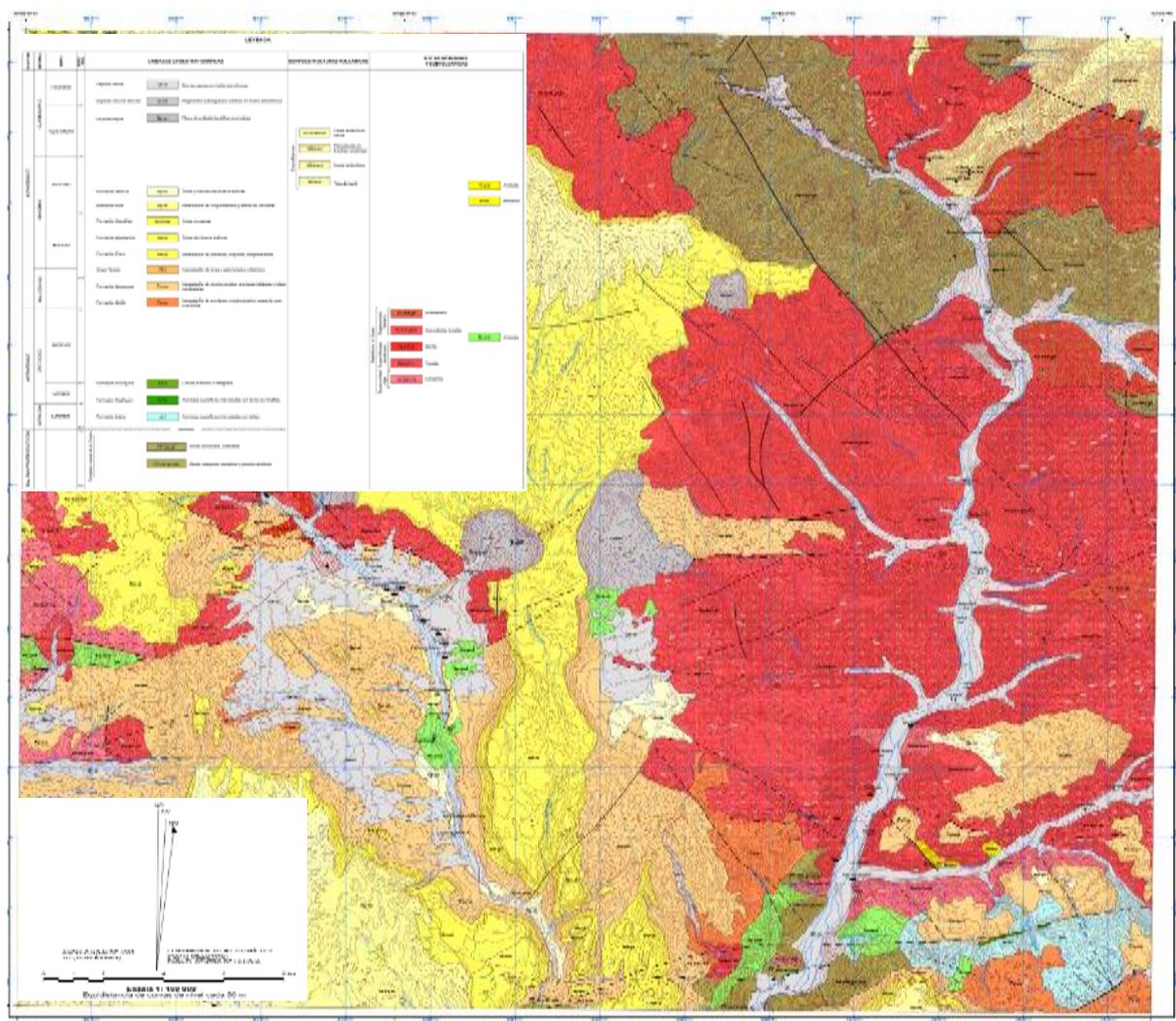
Son depósitos que cubren zonas, rellenando valles, quebradas, conformando terrazas, conos de deyección, etc.; en las laderas están interdigitados con materiales coluviales y eluviales.

Litológicamente están conformados por una mezcla de clastos, gravas, arenas, limos y arcillas, poco consolidados, de naturaleza volcánica e intrusiva, producto de la erosión de las rocas aflorantes en esta zona.

Todos estos depósitos pertenecen al Cuaternario reciente.

Figura 3

Plano de la geología regional de la UM GyC



	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE MINAS TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS	
	Título de la tesis: Reducción de los costos operativos y mejora de avance mediante la optimización del sistema de perforación y voladura en la Unidad Minera Gedeón y Copacabana.	
Presentado por: Bach. Teofilo Abraham Leon Bautista		Escala: Grafica
Título: Plano Geologico regional de la UM GYC		Fecha: Mayo del 2023
Fuente: Area de Geología		

Fuente. Área de geología Unidad Minera Gedeón y Copacabana.

1.2.4. Geología Local

1. Estratigrafía

a. Gneis.

Aflora al Sureste de la zona de estudio; cuya composición es diorítica - tonalítica, en algunos sectores estas rocas gradan a anfibolitas, estando algunas veces asociadas a diques de pegmatitas. Esta secuencia litológica tiene una potencia de 150 m. aproximadamente, se le asigna una edad correspondiente al Precámbrico y forma parte del Complejo Basalm

b. Rocas Intrusivas

✓ Granodiorita.

Ampliamente distribuida en la zona de estudio. En superficie fresca tiene color gris claro a blanquecino y en superficie intemperizada es de color grisáceo. Presenta textura holocristalina granular, el feldespato plagioclasa de color gris claro y tamaño variable es el constituyente principal, en menor proporción se encuentra ortosa, cuarzo en granos de tamaño uniforme y como Minerales característicos hornblenda, biotita y augita. En algunas zonas las granodioritas se encuentran englobando xenolitos de diorita, también presentan diques de andesita, aplitas y cuarzo.

c. Intrusiones Menores

✓ Dique de Andesita.

Diques de composición andesítica se encuentran intruyendo a las rocas granodioríticas con direcciones predominantemente Este-Oeste, con buzamientos variables, mayormente verticales;

presentan longitudes y anchos diferentes y están asociados a las estructuras Mineralizadas, presumiendo que estos diques hayan sido portadores de las soluciones Mineralizantes con contenido aurífero.

Por su textura se puede diferenciar dos tipos de dique: uno pórfido andesítico de color gris oscuro, y otro, andesita de textura afanítica de color gris oscuro a negro.

Estos diques presentan diferentes grados de alteración hidrotermal (Propilitización, piritización, silicificación, etc.). La edad de emplazamiento se asume al Terciario inferior a medio.

✓ **Diques Aplíticos.**

Por intemperismo se ve un color rosáceo y en fractura fresca blanquecinos; presentan textura equigranular media a fina, microcristalina sacaroide y su tendencia es seguir fracturas. Tienen potencias que van de 0.10 a 0.20 m.

✓ **Diques de cuarzo**

Están presentes en las rocas plutónicas; van de cuarzo hialino a blanco lechoso, con potencias variables de 2 cm a 40 cm y longitudes cortas. También se hallan Mineralizadas con bajo rendimiento económico.

d. Depósitos Recientes

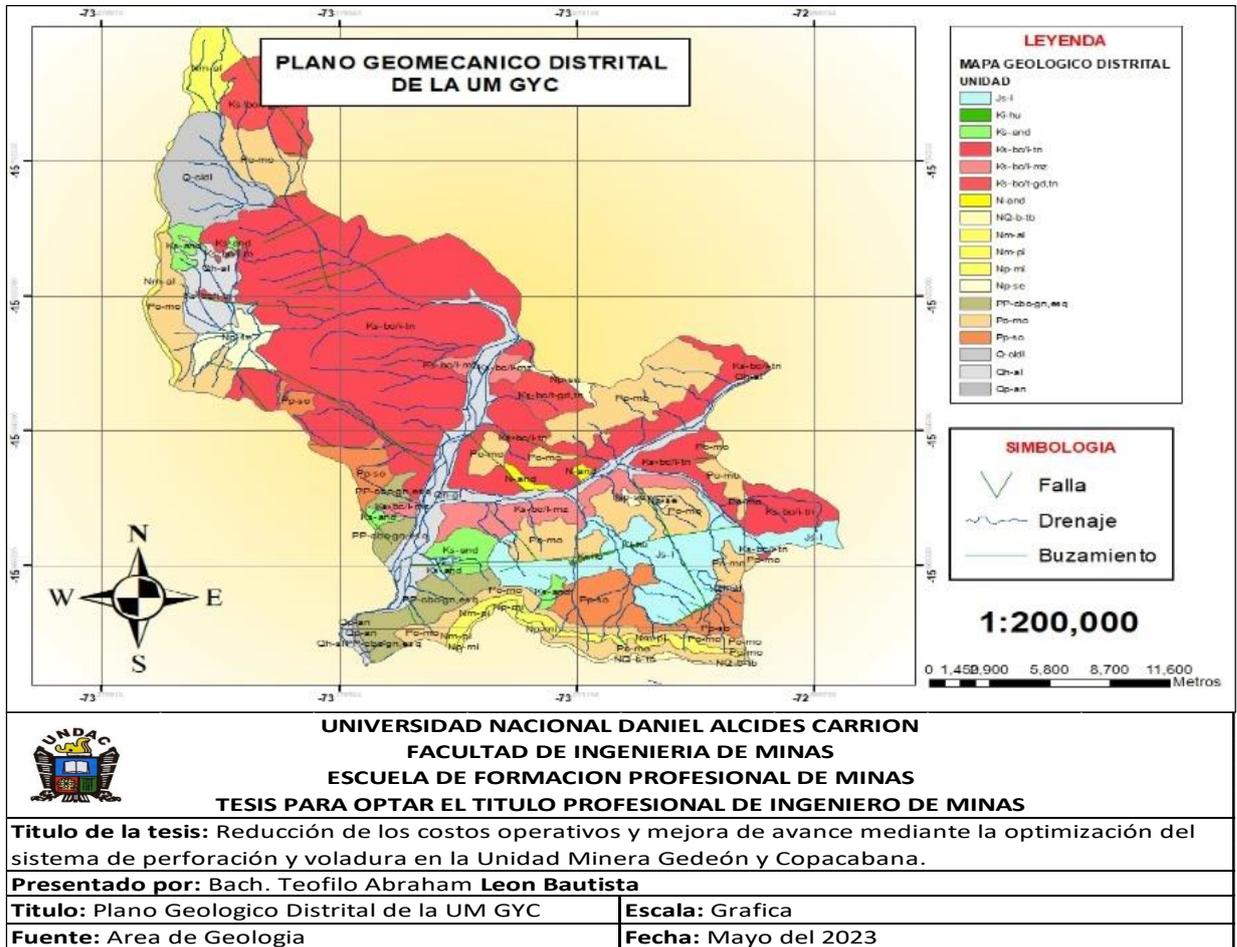
Bajo esta denominación se considera a un grupo heterogéneo de material inconsolidado constituido por gravas, arenas, cantos rodados, arcillas, limos, ceniza, conglomerados de gravas en matriz y detritos de

rocas cuyo grosor varía de unos centímetros a más de una decena de metros y ocurren ampliamente en la zona de estudio.

Los depósitos aluviales forman el suelo de la mayor parte de las llanuras y depresiones, como las laderas y fondo de las quebradas, no muestran estratificación definida, pero si una deficiente selección granulométrica, los diámetros varían del tamaño de la arena a grandes bloques; generalmente son de naturaleza ígnea.

Figura 4

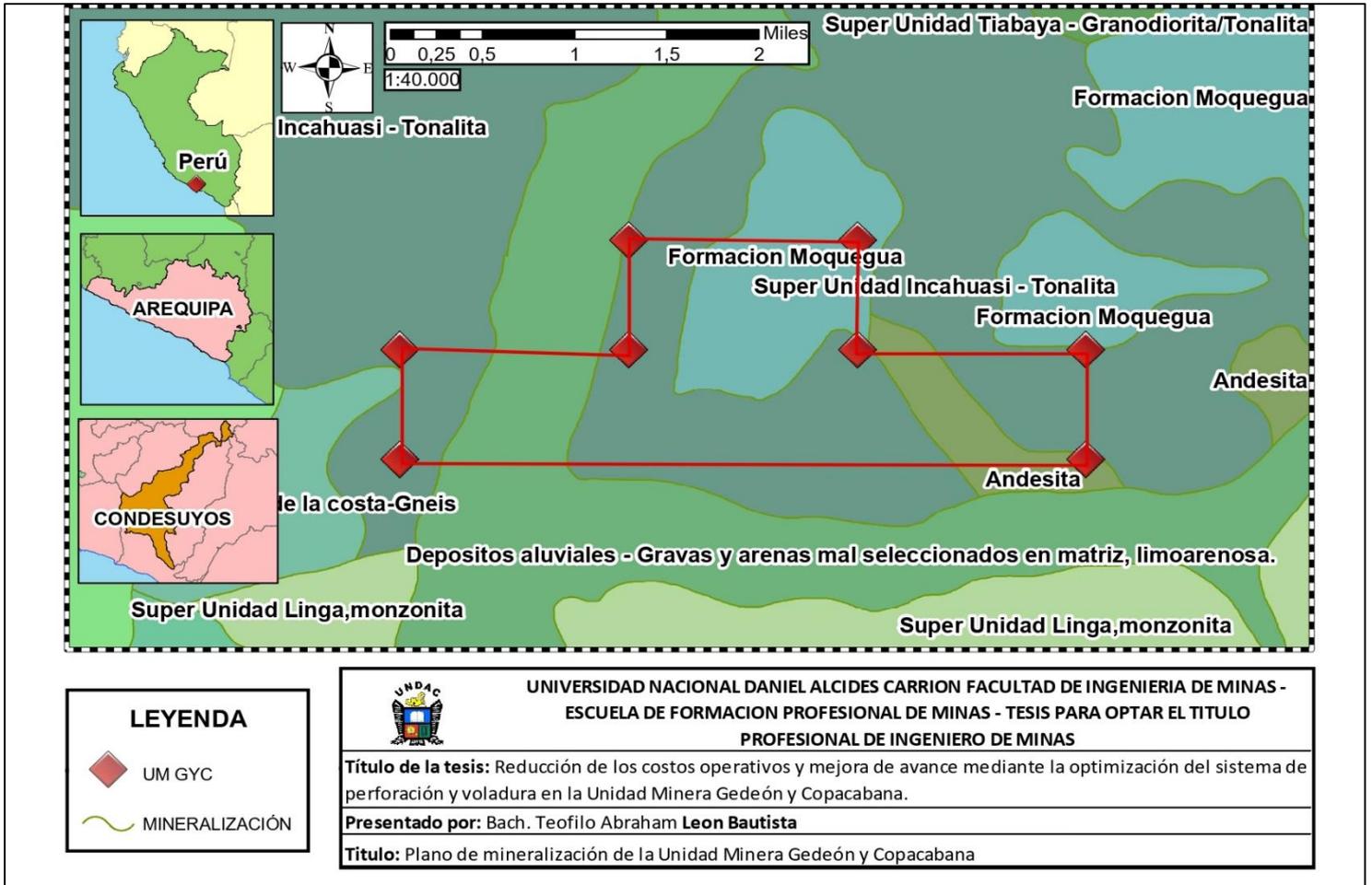
Plano Geológico Distrital de la UM GYC



Fuente. Área de geología Unidad Minera Gedeón y Copacabana.

Figura 5

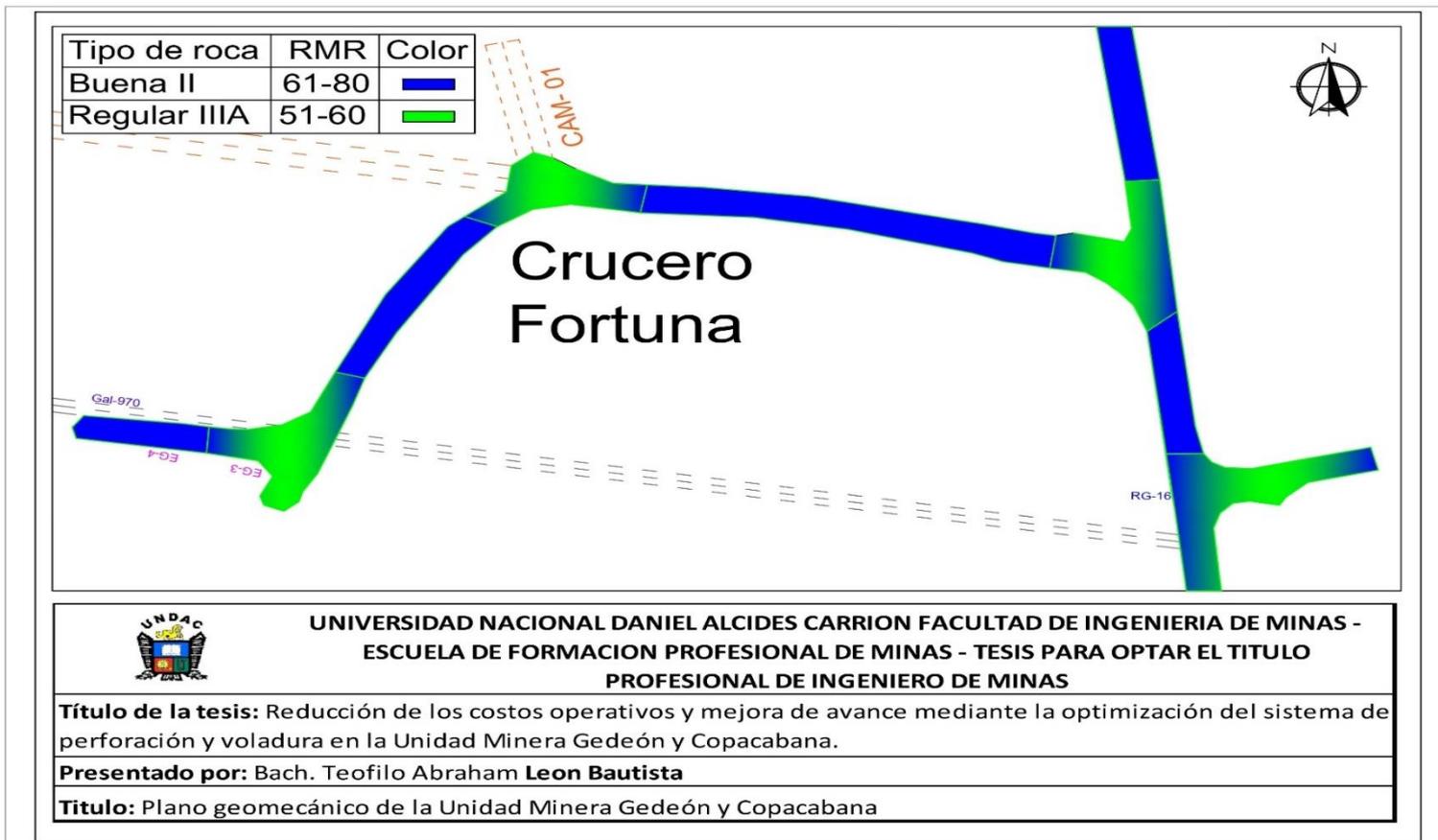
Plano de Mineralización de la UM GYC



Fuente. Área de geología Unidad Minera Gedeón y Copacabana.

Figura 6

Plano Geomecánico de la UM GYC



Fuente. Área de geología Unidad Minera Gedeón y Copacabana.

1.2.5. Tiempo:

El tiempo que permitió desarrollar la presente desde la formulación e identificación de las variables hasta la culminación fue desde agosto del año 2022 hasta marzo del 2023.

Contexto:

La reducción de los costos operativos cuantificando el avance por metro lineal en soles en cada campaña a causa del diseño de malla de perforación y voladura siguiendo modelos matemáticos por: Roger Holmberg, Richard Ash, Pearse Monsanto y la calidad de perforación por parte del operador de Jumbo cómo el paralelismo de los taladros y conocimientos básicos en operaciones.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Es posible reducir los Costos Operativos y Mejorar el Avance Mediante la Optimización del Sistema de Perforación y Voladura en la Unidad Minera Gedeón y Copacabana?

1.3.2. Problemas específicos

- a) *¿Es posible reducir los costos operativos mediante la Optimización del Sistema de Perforación y Voladura en la Unidad Minera Gedeón y Copacabana?*
- b) *¿Es posible mejorar el avance lineal mediante la Optimización del Sistema de Perforación y Voladura en la Unidad Minera Gedeón y Copacabana?*
- c) *¿Es posible reducir el Factor de Carga mediante la Optimización del Sistema de Perforación y voladura en la unidad Minera Gedeón y Copacabana?*

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo General

Reducir los Costos Operativos y Mejorar el Avance Mediante la Optimización del Sistema de Perforación y Voladura en la Unidad Minera Gedeón y Copacabana.

1.4.2. Objetivo Especifico

- a) *Reducir los costos operativos mediante la Optimización del Sistema de Perforación y Voladura en la Unidad Minera Gedeón y Copacabana.*
- b) *Mejorar el avance lineal mediante la Optimización del Sistema de Perforación y Voladura en la Unidad Minera Gedeón y Copacabana.*
- c) *Reducir el Factor de carga, mediante la Optimización del Sistema de Perforación y voladura en la unidad Minera Gedeón y Copacabana.*

1.5. Justificación de la investigación

1.5.1. Importancia

El mal diseño de la malla de perforación incrementa el exceso de taladros perforados causando mucho uso inapropiado de explosivos teniendo como consecuencia los tiros fallados, soplados, cortados entre otros, Asimismo el mal manejo de los equipos por parte de los perforistas en mucho los casos por la falta de capacitación hace que los taladros no sean paralelos y a menudo genera malas prácticas en la perforación, conllevando la irregularidades, uno de las alternativas de solución es el uso del guiador, muy usado en la minería convencional cuyo fin es determinar su dirección en el que va el taladro (Mamani Vargas, 2022).

También radica su importancia del pintado de la malla por parte del trabajador capacitado y autorizado, que busca la regularidad de los tiros en el frente y también quede con una cara plana, ayudando en el marcado de la malla para el nuevo avance, reduciendo en gran medida los trabajos de desate y su tiempo invertido en esta actividad

por parte del recurso humano, es por eso la importancia del presente estudio, con los cálculos a fin de lograr una buena eficiencia reflejada en el proceso de carguío, acarreo y ventilación, de la misma manera las propiedades físicas del macizo rocoso como la dureza juega una importancia en la capacidad que tiene la roca, a resistirse de ser penetrada cuyo cálculo en la presente ayuda a entender el estado de uso de los Aceros y es medida a través de la escala de Mohs, en la investigación de Carlos Díaz-martínez & ALBERTO JIMÉNEZ-BUILES Ph (2012) elabora una aplicación informática, donde las entradas son: la densidad del explosivo, diámetro e inclinación de la perforación, resistencia a la compresión de la roca y dimensiones del banco, para obtener los parámetros de salida de acondicionamiento del diseño de la operación de perforación y voladuras, como: altura del banco, burden, espaciamiento, taco, carga del barreno, número de barrenos, factor de carga, entre otras.

1.5.2. Justificación del problema

En la actualidad las empresas y/o unidades Mineras durante el desarrollo de las actividades se surgen múltiples problemas, siendo uno de ellos la perforación, lo cual repercute en el factor de avance lineal y por ende incremento de costos.

1.5.3. Justificación práctica

Se justifica por la mejora de la disciplina operativa del operador de jumbo influenciando significativamente la instrucción práctica insitu.

Según Cuadros Ruiz, Rolando (2007) afirma que la desviación de taladros se debe al mal posicionamiento e inclinación de la máquina perforadora, a mayor profundidad mayor es la desviación de los taladros.

Según Ríquez Huerta, Ítalo (2008) asevera que un mal emboquillado en el inicio de la perforación produce desviaciones de taladros, razón por la cual se obtienen barras atascadas y amarradas.

1.5.4. Justificación económica:

Se justifica económicamente por la reducción de costos, en un 14.6% por metro lineal.

En la Unidad Minera Gedeón y Copacabana las actividades unitarias de mayor relevancia son la perforación y la voladura. Por ese motivo deben ser sometidas a una evaluación continua y constante en buscar de ajustes y mejoras. La propuesta de este estudio es buscar una alternativa de diseño de la malla de perforación que ayude a la reducción de costos operativos implicado es estas operaciones. De modo que al contar con un diseño de la malla adecuado la empresa podrá reducir sus costos beneficiándose económicamente.

1.5.5. Justificación teórica:

En el presente proyecto se llevará a cabo el rediseño de malla de perforación y voladura en la unidad Minera Gedeón y Copacabana aplicando el método matemático de Roger Holmberg, Richard Ash, Pearse Monsanto y mejora heurística con el fin de tener una mejora en la malla de perforación.

1.6. Limitaciones de la investigación

La Unidad Minera Gedeón y Copacabana, no cuenta flujograma de su logística para la verificación de cambios de aceros, escasa accesibilidad a los datos precisos para realizar la evaluación adecuada de los costos en diferentes áreas operativas de la empresa minera, sin embargo, la Unidad Minera GyC me ha brindado todo el apoyo respectivo para el desarrollo de la investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Según Quiroga Acuña (2013) en su tesis “análisis de la perforación y tronadura en el soldado” tiene como objetivo general analizar y validar las distintas mallas de perforación utilizadas en la mina, empleando un nivel de investigación descriptiva donde unidad de análisis es la zona de borde, obteniendo como resultados un diseño de malla de 6x7 metros ordenados en 3 filas taladro de 16.5m y de diámetro de 5/8” teniendo como tacos de 7m y 9.5 m la carga blendex 930 de 545kg, concluyendo que al utilizar el Blendex-930 en presencia de agua, se generan gases nitrosos producto de una reacción química incompleta, disminuyendo la energía aportada por el explosivo, recomendando utilizar el emultex.

Cisternas Cisternas (2016) en su tesis: “Implementación de Lean al proceso de perforación & tronadura del Rajo Sur - División el Teniente - Codelco Chile” Se trazan como objetivo mejorar la eficiencia operacional, llegando a la excelencia aplicando el método LEAN en el área de perforación y voladura en División El Teniente, con el objetivo

de aminorar pérdidas de eficiencia operacionales, optimizar prácticas de mejora de calidad de material tronado, consecuentemente logrando equipos de alto rendimiento y menor esfuerzo en el proceso de acarreo y transporte. Se piensa que al aplicar el método LEAN se obtendrá mejoras sustanciales tanto en el rendimiento de personal, equipos de perforación y tronadura. Se concluye que, a causa del bajo precio del cobre en los últimos 5 años, es prioritario lograr una excelencia operacional, aplicando la metodología LEAN se logra una mejora en la productividad y eficiencia del proceso de Perforación y Tronadura.

Ricse Jeremías (2020) en su tesis “Diseño de malla de perforación y voladura para mejorar la fragmentación de roca en Mina Paola de Compañía Minera San Lucas S.A.C.” (2020) Planteo como objetivo el rediseñar una nueva malla para perforación y voladura para la correcta fragmentación de roca, tomando en cuenta factores como: secuencia de salida, factor de carga, y factor de avance. Ricse genera la hipótesis de que al rediseñar una nueva malla y elaborar nuevas secuencias de salida, factores de carga y de avance se podría lograr una fragmentación de roca mucho más eficiente. Una vez finalizada la investigación, Ricse llegó a la conclusión que al aplicar la teoría de Roger Holmberg se puede reformular la malla convencional y pasar a una totalmente nueva, en la cual se ha realizado los cálculos correspondientes y puesto en obra, dando los resultados esperados y posteriormente la mina Paola adopta esta como la nueva malla estándar, incluyendo todos los parámetros correspondientes.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Inga Villazana (2020) en su tesis: “El diseño de malla de perforación y su influencia en la calidad de fragmentación de roca en la Compañía Minera Alpayana S.A. Lima 2020” (2020) Formulo como objetivo el determinar el grado de influencia que llega a tener una malla de perforación en la post voladura, en la calidad de fragmentación de roca tomando

en cuenta los principales factores de la malla, tales como; la correcta distribución de taladros de producción y así mismo la cantidad de estos a emplear. Se cree que, al realizar una correcta distribución de taladros, como el cuantificar de manera correcta los taladros a perforar, afectará directamente a la calidad de roca post voladura que será procesada. Se llegó a la conclusión de que aparte de los parámetros establecidos, se tenía que tomar en cuenta dos factores más, tales como parámetros geomecánicas y uso correcto de explosivos. Además de los taladros de producción se perforó tres taladros de ayuda logrando una mejora notable en la eficiencia de perforación y voladura.

Vega Gonzáles (2021) en su tesis: “Implementación del diseño de perforación y voladura para optimizar los parámetros de avance en galerías del nivel 3990 de la mina Uchucchacua” Se enunció como objetivos lograr optimizar el avance implementando un diseño de perforación y voladura en galerías del Nivel 3990 de la Mina Uchucchacua, si es necesario se reformulará el diseño de malla en caso el diseño convencional no sea optimo. Se cree que aplicando se verá una mejora en el avance después del acarreo, y por consiguiente en la eficiencia de voladura. Se concluyo que el factor de avance y la eficiencia en voladura mejoraron y se logró gracias a la predisposición de los colaboradores y supervisores, gracias a ellos se obtuvo diferentes puntos de vista en base a su experiencia. Se logro una disminución del factor de avance y el explosivo utilizado con una nueva malla de perforación la cual diferenciaba de manera positiva a la convencional en 4 taladros.

Rojas Aparco & Flores Solano (2017) en su tesis: “Diseño de malla de perforación y voladura para la reducción de costos en el nivel 1590 crucero 520 de la U.E.A. capitana - Corporación Laces S.A.C. Minería y Construcción - Caraveli - Arequipa” Propuso como objetivo, diseñar una malla de perforación y voladura con modelos matemáticos para una sustancial reducción de costos en el nivel 1590, crucero 520 de la U.E.A. Capitana, para

posteriormente determinar una óptima carga explosiva por taladro y la variación en porcentaje de costos en perforación y voladura por metro lineal de avance en comparación con el método empírico. Se cree que al aplicar los correspondientes cambios en la carga explosiva y diseñar una nueva malla de perforación y voladura, afectará de manera general reduciendo los costos de voladura. Concluyeron que al aumentar el diámetro de taladro de alivio y ejecutando el nuevo diseño de malla, la cual reduce el número de taladros de 34 a 31, afecta significativamente en los costos de voladura, obteniendo los mismos resultados.

Chambi Chambi (2019) en su tesis: “Análisis y Optimización de las Operaciones de Perforación y Voladura para el Desarrollo de Estándares Técnicos e Incremento de Utilidades en Mina Tambomayo” proyectó como objetivo: analizar y optimizar el método convencional de perforación y voladura para en el plano general, alcanzar el pico de utilidades en la mina Tambomayo, mejorando el diseño de malla, analizando el uso de equipos de perforación y corroborara si un nuevo factor de carga afecta en la fragmentación de roca. Se proyecta que, con una optimización en el proceso de perforación y voladura, la mina podría ahorrar a tal punto que las utilidades lleguen a su punto más alto. Una vez aplicada la optimización, la reducción en costos de voladura es notable, se optimizó la malla convencional reduciendo 3 taladros de producción y esto afectando al volumen de explosivos utilizados, la tabla final de costos unitarios varía por cada disparo en un 11.61%.

2.1.3. Antecedentes Locales

Marin Paucara (2020) en su tesis: “Diseño de malla de perforación y voladura en la cantera sur para producción de roca escollera en la Cía minera el Brocal Cerro de Pasco” (2020) se propuso diseñar una malla de perforación y voladura para la extracción de roca escollera en la cantera Sur de Caliza de Minera El Brocal y estimar la cantidad de roca

escollera producida luego de realizada la tronadura. Está convencido que al diseñar una malla de perforación y voladura optima se extraerá grandes volúmenes de roca escollera para el enrocado de presa de relave en la Cía. El Brocal, la cantidad extraída será la adecuada para el enrocado de la presa de relave. Se concluyo que tomando en cuenta parámetros geomecánicas y requerimientos de mina, se puede diseñar una malla de perforación con una fragmentación optima de tamaño de partícula pasante de 44 cm al 63%, mientras que el restante 37% es mayor a lo requerido por planta. Siendo este un resultado excelente en contraste con los 80 – 1.2 m convencionales de tamaño de roca.

Paz Artica (2018) en su tesis: “Optimización de la perforación y voladura en la veta Maria Rosa en Chungar s.a.c. Pasco” aborda una optimización en la malla de perforación y voladura convencional, y de ser necesario un rediseño tomando en cuenta formaciones geológicas nativas, se postula que con una optimización y/o rediseño de malla de perforación se obtiene un flujo de utilidades positivo y en aumento, una correcta sostenibilidad y una mejora en la calidad de trabajo, se debería estandarizar la propuesta de R. Paz para la sostenibilidad de la empresa. Se confirmo que la etapa más importante en minería recae en el proceso de perforación y voladura, con una malla adecuada se logra un correcto Breasting, logrando una efectividad del 80%, y por último también es esencial una correcta voladura tanto para un correcto material particulado y evitar daños a la roca encajonante.

2.2. Bases teóricas y científicas

2.2.1. Costos operativos

La reducción de costos es relacionada a la experiencia operacional de los operadores a través de los conocimientos básicos adquiridos mediante capacitación continua. También se obtiene a través de comparativas de costos fijos, conllevando a determinar los gastos en acero, los explosivos y en la calidad del material tronado,

desempeñando su reducción en los Aceros de perforación y en el mejoramiento de la granulometría del material del material tronado (Cisternas Cisternas, 2016).

Reducción en Aceros: De acuerdo a la secuencia de las operaciones Mineras en el minado, la actividad de perforación presenta una mayor importancia en el uso del método Bench and Fill Stopping, dado que perforación es sin desviación en dónde la granulometría del material influye de manera significativa en las demás actividades, sin embargo, los diversos accesorios y herramientas que conforman el grupo de aceros que se emplean son: los barrenos, las tuberías, válvulas, barras cónicas, Broca, lampa, pico, juego de barretillas y otros (Chambi Chambi, 2019) .

De acuerdo con Zevallos Rodriguez (2022) el costo de los aceros e insumos están cuantificados por los costos unitarios que están inmersas en la característica de materiales y herramientas, este costo multiplicado con la cantidad origina el subtotal.

Reducción explosivos: De acuerdo con Rojas Aparco & Flores Solano (2017) la reducción de costos de explosivos de voladura asociado al diseño de malla es calculado en la moneda estadounidense US\$ por metro lineal de avance, asimismo a la carga explosiva adecuada y estas se reportan en el tiempo.

Reducción de horas hombre: El costo de horas hombre en marca al sueldo adquirido por los maestros y ayudantes de acuerdo a la ley de trabajo vigente en nuestro país, siendo la tarifa promedio mensual para el maestro perforista de 3200 y para el ayudante de 2500 soles cuantificando para 2.5 horas efectivas de trabajo el costo de mano de obra en 3.59 metros de fragmentación es de 37.30 dólares por metro (Chambi Chambi, 2019).

2.2.2. Avance lineal

Un buen diseño de malla de perforación y voladura incrementa la producción en la que se prioriza la caracterización del macizo rocoso para determinar su diseño conllevando a la optimización del minado (Mamani Vargas, 2022) .

Diámetro de Taladro: El cálculo del diámetro perforación está de acuerdo a la naturaleza de la roca, tamaño del equipo de operación, altura de banco.

Longitud de taladros: *La longitud del barreno se encuentra directamente relacionada con el diseño previsto para la excavación, ya sea a cielo abierto o subterránea. A mayor profundidad de barreno, mayor tamaño del equipo de perforación (perforadora, carro, compresor y barras).* (Piqueras, 2015).

Calidad de perforación: El paralelismo de perforación en el diseño de la malla requiere de un análisis, para el diseño del arranque, así como el avance por disparo cuantificado en cada Guardia, dicho estudio necesariamente requiere de los resultados del RMR del macizo rocoso y el RCU que indique la calidad de la roca, así como el explosivo que se debe emplear, la cantidad de taladros, el avance esperado con una granulometría adecuada o roca fragmentada (Inga Villazana, 2020).

Figura 7

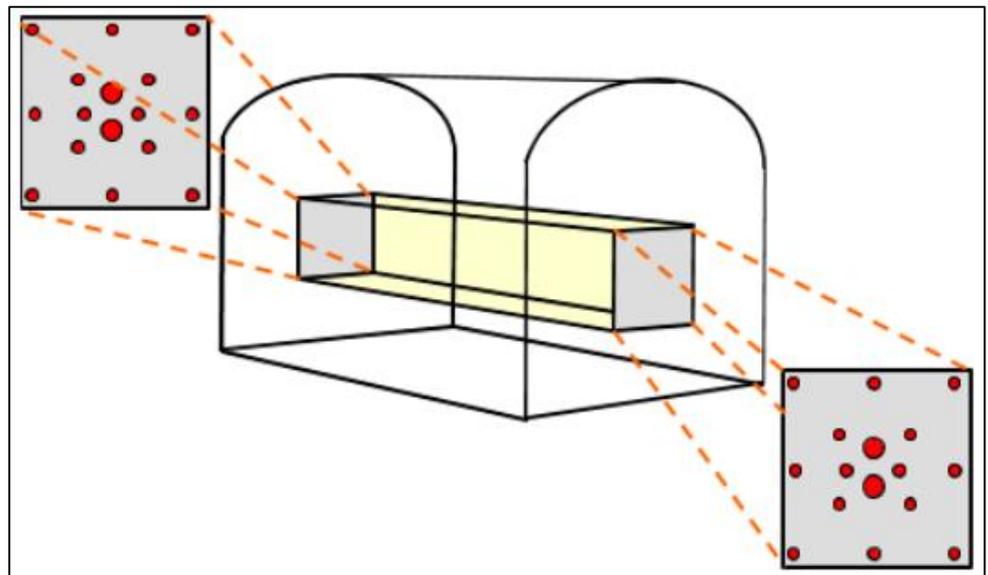
Influencia del paralelismo de los taladros



Fuente. Wilfredo Champi.

Figura 8

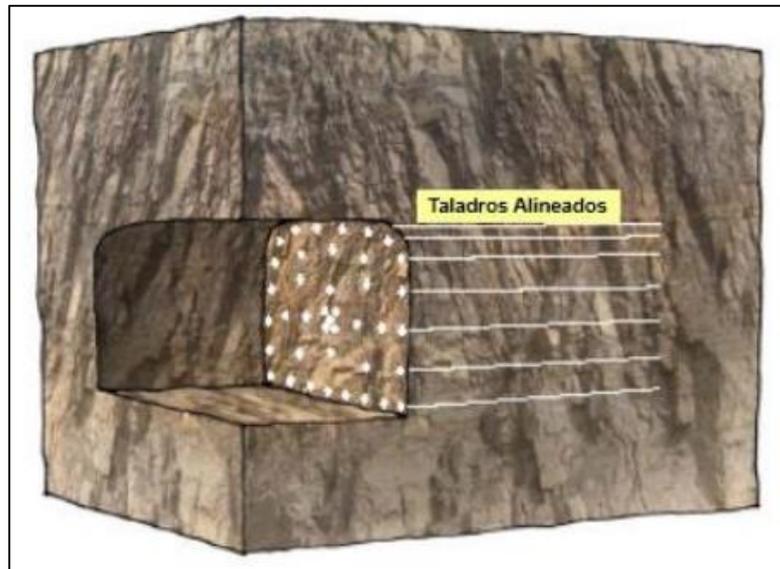
Arranque con buen paralelismo



Fuente. Wilfredo Champi.

Figura 9

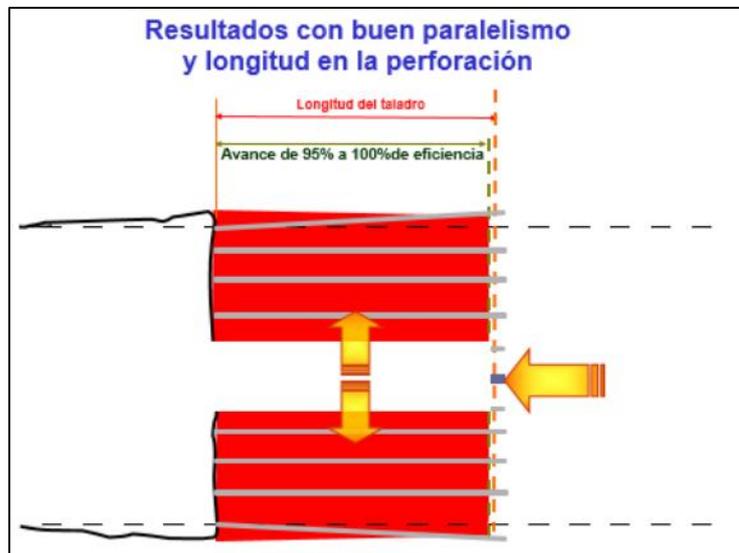
Resultados de un buen paralelismo



Fuente. Wilfredo Champi.

Figura 10

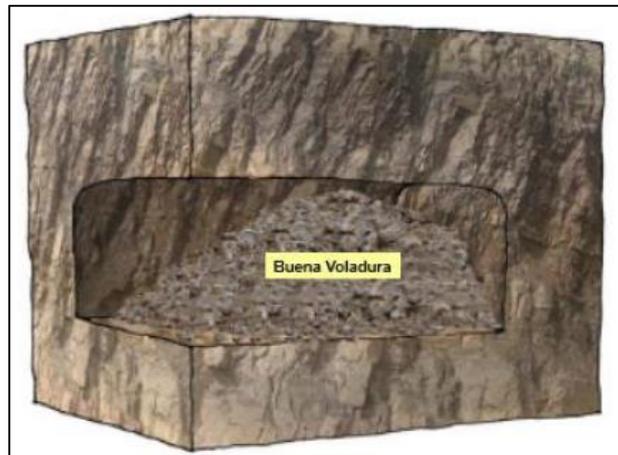
Buen paralelismo y longitud de perforación



Fuente. Wilfredo Champi.

Figura 11

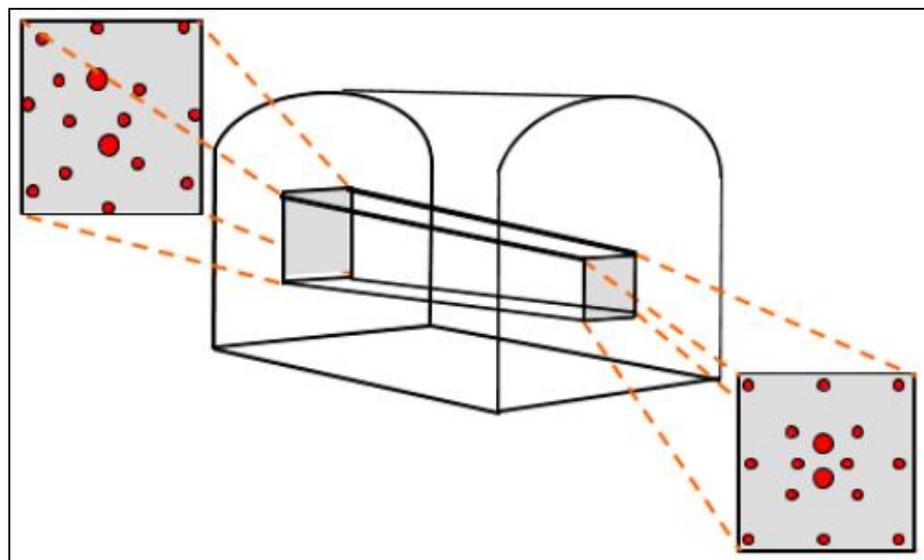
Buena voladura



Fuente. Wilfredo Champi.

Figura 12

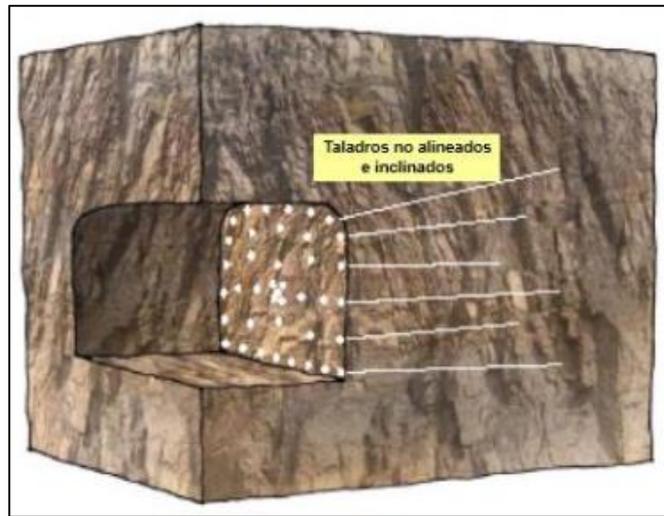
Arranque con deficiente paralelismo



Fuente. Wilfredo Champi.

Figura 13

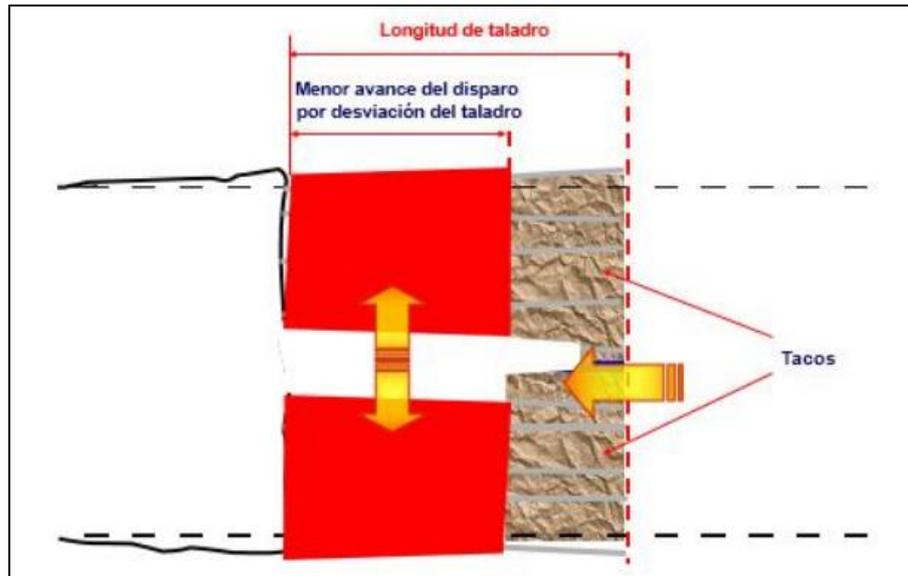
Taladros no alineados e inclinados



Fuente. Wilfredo Champi.

Figura 14

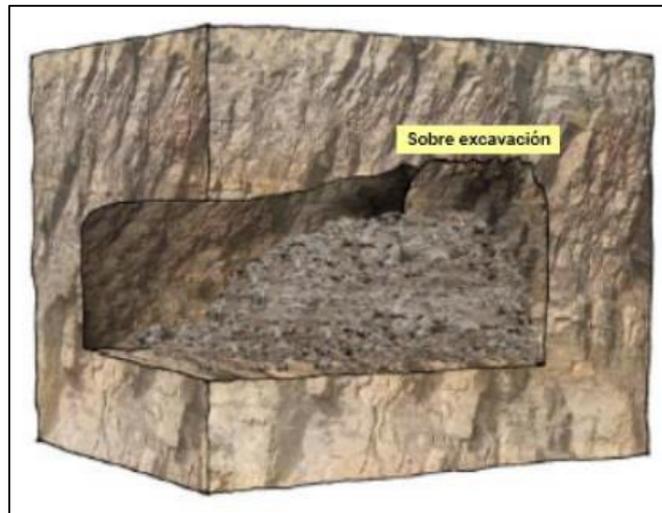
Resultado con deficiente paralelismo



Fuente. Wilfredo Champi.

Figura 15

Sobre excavación



Fuente. Wilfredo Champi.

Diseño de malla de perforación: Para diseñar mallas de perforación para labores subterráneas es necesario comprender y describir las condiciones geológicas y técnicas predominantes; y el daño de los nuevos diseños en la roca circundante, aplicando modelos matemáticos.

Modelo Matemático de Roger Holmberg, Richard ASH y Pearce Monsanto para el diseño de malla de perforación: Este método se basa en la división del frente de operación en cinco secciones diferentes, por lo que estima la malla de perforación para cada una de las secciones del frente en su conjunto, además, el avance lineal por disparo está restringido por el diámetro de taladro de alivio y las desviaciones de los taladros, estipulándose alcanzar, un avance lineal por disparo de 95% de la longitud del taladro perforado, la metodología considera indispensablemente las condiciones geomecánicas del macizo rocoso, propiedades físico química de las mezclas explosivas y dimensiones de los accesorios de perforación. Para continuar con la construcción de galerías, se tiene que

usar taladros de diámetros cada vez mayores y el uso de mezclas explosivas en mayor cantidad.

Las siguientes 5 secciones diferentes en las que Holmberg dividió el frente (A – E), son:

A: Sección de Corte (Cut)

B: Sección de Tajeo (Stopping Section)

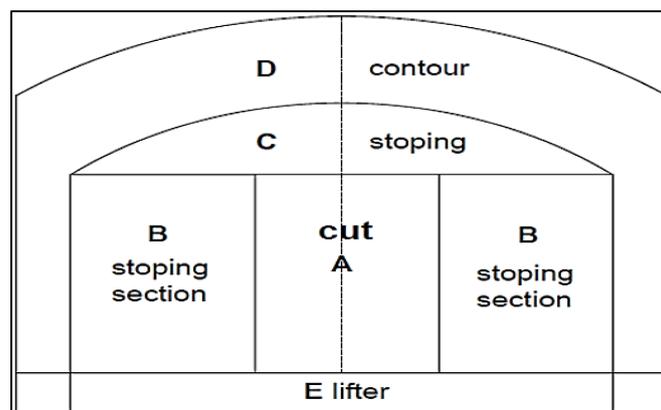
C: Sección de Alza (Stoping)

D: Sección de Contorno (Contour)

E: Sección de Arrastre (Lifters)

Figura 16

Secciones diferentes de Holmberg

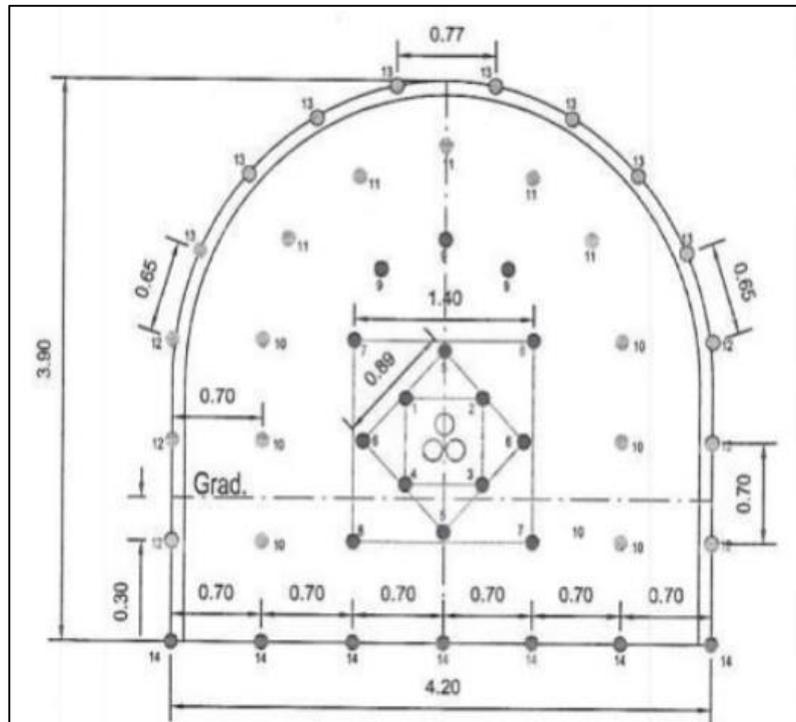


Fuente. Pérez (2015).

La operación más significativa es el desarrollo del arranque. Tener una óptima o mala voladura de rocas en el Crucero Fortuna, está en función directa del desarrollo de arranque (Sección A). El modelo matemático Roger Holmberg, Ash, P. Monsanto admite determinar los parámetros de perforación y voladura para minería subterránea que se detalla en la figura 17 y 18.

Figura 17

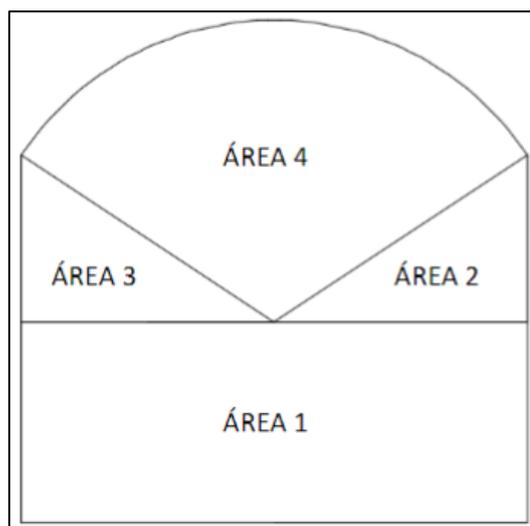
Diagrama de disparo



Fuente. Nube Minera.

Figura 18

Área de una labor subterránea



Fuente. Elaboración propia.

a. Calculo para hallar el área total:

$$\text{Área 1} = B * H$$

Donde:

B = Base de la labor (m)

H = Altura de la labor (m)

$$\text{Área 2 y 3} = B * H / 2$$

Donde:

B = Base Triangulo

H = Altura Triangulo

$$\text{Área 4: } \pi * r^2 * \beta / 360$$

Área total:

$$\sum A1 + A2 + A3 + A4$$

Donde:

π = 3.1415

R = Radio de la corona

β = Angulo interno de la corona

b. Calculo para hallar el volumen de una voladura según R. Holmberg

$$V = \text{Area } m^2 * \text{Longitud de perforacion } (H)$$

Longitud de perforación optimo (H) Según criterio de R. Holmberg.

$$H = 0.15 + 34.12 * DTH - 39.4 * DTH^2$$

Donde:

DTH = Diámetro taladro alivio

Nota: Caso de existir más de un tiro hueco, el diámetro (DTH) a utilizar en la fórmula de R. Holmberg, queda definido por el DTH FICTICIO:

$$DTH \text{ Ficticio: } DTH * \sqrt{n}$$

Donde:

n = Numero de taladros de alivio

c. Calculo para hallar la efectividad de un disparo

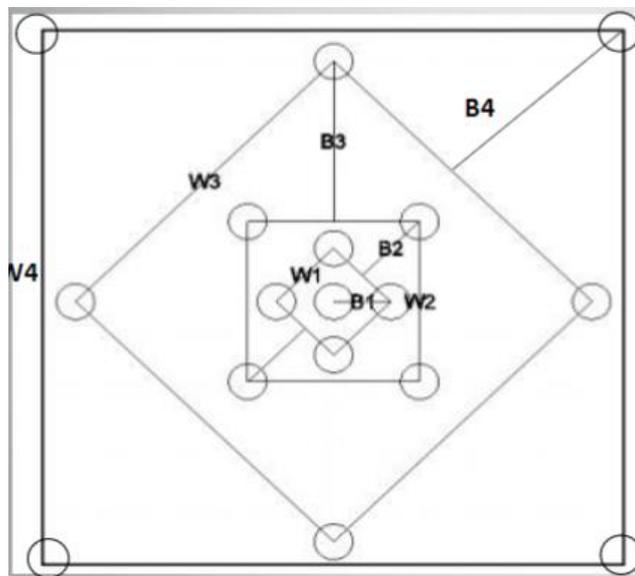
La efectividad de un disparo según Roger Holmberg indica que debe de ser mayor al 95% del barreno.

$$Ed = \text{Longitud de perforacion optima} * 0.95$$

d. Cálculo de números de rainura según el modelo matemático de Ash

Figura 19

Rainura de tiros paralelos (Criterio de Ash)



Fuente. Elaboración propia

$$x = 4.45 * [(DTH^2 + D^2)/(DTH + D)]$$

Donde:

DTH = Diámetro taladro alivio

D = Diámetro de taladro

Fórmula para cálculo del primer cuadrante

$$B_1 = 0.55 * [(X * DTH + D) / 2]$$

Donde:

B_1 = Burden

Fórmula para calculo Cálculo del espaciamiento primer cuadrante

$$W_1 = B_1 * \sqrt{2}$$

W_1 = Espaciamiento del primer cuadrante.

Fórmula para calculo Cálculo de los demás cuadrantes

$$B_{2,3y4} = 0.7 * W_1$$

$$W_{2,3y4} = (B_{1,2,3y4} + 0.5 * W_{1,2,3y4}) * \sqrt{2}$$

Según el criterio de Ash se tiene la formula siguiente para la restricción de N° de cuadrantes.

El ancho del último cuadrante (W) debe ser menor o igual a la raíz de avance.

$$W \leq \sqrt{\text{Avance}}$$

$$\text{Avance} = H * \text{Efectividad de disparo}$$

Donde:

H = Longitud de perforación optimo

Cálculo de espaciamiento máximo según el formulismo la teoría de pearse

Monsanto

$$E_{Max} = \frac{K}{50} * D \sqrt{\frac{DP}{RT}}$$

Donde:

K = Factor de tronabilidad

Rx difícil: 0.7

Rx Normal: 0.8

Rx Facil: 1.0

D = Diámetro de carga (Cms)

PD = Presión de detonación del explosivo (Kg/cm²)

RT = Resistencia tensional mínima de la roca (Kg/cm²)

*Nota: PD = 2.5 * 10⁻⁶ * densidad del explosivo * VOD² (Kbar)*

Donde:

VOD = Velocidad de detonación del explosivo

*PD = Kbar*1019 = (Kg/cm²)*

Razón Espaciamiento / Burden = 0.15 (Existe mejor dispersión de las ondas de choque)

Factor de corrección según Pearse Monsanto

- *Zapatera = 0.7*
- *Caja = 0.9*
- *Corona = 0.9*
- *Aux Caja = 0.8*
- *Aux. Zapatera = 0.8*
- *Aux. Corona = 0.8*

Fórmula para el cálculo de barrenos de zapatera

- $$E_{Max} = \frac{K}{50} * D \sqrt{\frac{DP}{RT}}$$
- $E_{Corregido} = E_{Max} * \text{Factor de correccion de zapatera}$
- $N^{\circ} \text{ de espaciamento} = \text{ancho de la labor} / E_{Corregido}$
- $\text{Espacio de taladros en la zapatera} = \text{ancho de la labor} / N^{\circ} \text{ de espaciamento}$

- *Burden de la zapatera = Espacio de taladros en la zapatera / 1.15*

Fórmula para el cálculo de barrenos en caja

- $E_{Max} = \frac{K}{50} * D \sqrt{\frac{DP}{RT}}$
- $E_{Corregido} = E_{Max} * \text{Factor de correccion de caja}$
- $N^{\circ} \text{ de espaciamento} = \frac{(\text{Altura de la caja} - \text{Burden de la zapatera})}{E_{Corregido}}$
- $\text{Espacio de taladros en la Caja} = \frac{(\text{Altura de la caja} - \text{Burden de la zapatera})}{N^{\circ} \text{ de taladros ó tiros}}$
- $N^{\circ} \text{ de taladros ó tiros} = N^{\circ} \text{ de espaciamento} + 1$
- $\text{Burden de la caja} = \text{Espacio de taladros en la Caja} / 1.15$

Fórmula para el cálculo de barrenos en la corona

- $E_{Max} = \frac{K}{50} * D \sqrt{\frac{DP}{RT}}$
- $E_{Corregido} = E_{Max} * \text{Factor de correccion de corona}$
- $N^{\circ} \text{ de espaciamento} = \text{Longitud de arco} / E_{Corregido}$
- $\text{Espacio de taladros en la corona} = \text{Longitud del arco} / N^{\circ} \text{ de espaciamento}$
- $\text{Burden de la corona} = \text{Espacio de taladros en la corona} / 1.15$

Fórmula para el cálculo de barrenos Auxiliares en la caja

- $E_{Max} = \frac{K}{50} * D \sqrt{\frac{DP}{RT}}$
- $E_{Corregido} = E_{Max} * \text{Factor de correccion de auxiliar de caja}$
- $\text{Espacio disponible} = \text{Ancho de la labor} - (\text{Ancho de cuele} + 2\text{Burden de la caja})$
- $N^{\circ} \text{ de espaciamento} = \frac{\text{Altura de la caja} - \text{Burden de la zapatera}}{E_{Corregido}}$

- *Espacio de taladros en los auxiliares de la caja =*

$$\frac{\text{Altura de la caja} - \text{Burden de la zapatera}}{\text{N}^\circ \text{ de taladros } \acute{o} \text{ tiros}}$$
- *Nº de taladros ó tiros = Nº de espaciamento + 1*
Fórmula para el cálculo de barrenos Auxiliares en la zapatera
- $$E_{Max} = \frac{K}{50} * D \sqrt{\frac{DP}{RT}}$$
- $$E_{Corregido} = E_{Max} *$$

Factor de correccion de Auxiliar de zapatera
- *Nº de espaciamento = ancho de la labor / E_{Corregido}*
- *Espacio de taladros en la zapatera = ancho de la labor /*
Nº de espaciamento
- *Burden auxiliar de la zapatera =*
Espacio de taladros en la zapatera / 1.15
- $$N^\circ \text{ de hileras} = \frac{\text{Gradiente} - 0.5 * \text{Ancho de cuele} - B_{Aux. Zapatera}}{\text{Burden auxiliar de zapateras}}$$

Fórmula para el cálculo de barrenos Auxiliares en la corona
- $$E_{Max} = \frac{K}{50} * D \sqrt{\frac{DP}{RT}}$$
- $$E_{Corregido} = E_{Max} * \text{Factor de correccion de Auxiliar de corona}$$
- *Espacio disponible Horizontal = Alto de la labor - (B_{Zapatera} +*
B_{Corona} + Ancho de cuele + B_{Aux. Zapatera})
- *Espacio disponible Vertical = Alto de la labor - (B_{Zapatera} +*
B_{Corona} + Ancho de cuele + B_{Aux. Zapatera})
- *Nº de hileras = Espacio disponible vertical / E_{Corregido}*
- *Espacio disponible Horizontal = Arco - 2B_{Corona}*
- $$N^\circ \text{ de espaciamento} = \frac{\text{Espacio disponible Horizontal}}{E_{Corregido}}$$

Disciplina Operativa: La disciplina operativa va ligado a la cultura que presentan los operadores, alineados a la política de su organización en este contexto los estándares de trabajo permiten reducir las desviaciones a fin que realicen su trabajo de manera apropiada generando un mejoramiento continuo en esta investigación describe un estándar para el operador de perforación a fin de realizar un control con el propósito de reducir gastos de perforación y demoras en la entrega de la malla de perforación al proceso de tronadura (Cisternas Cisternas, 2016).

Cálculo de INDEX:

INDEX=Evaluación final / Test de entrada

- *El cuestionario de se basa en la misma dimensión.*
- *La evaluación consta de 06 preguntas como mínimo.*

Figura 20

INDEX

INDEX = NOTA FINAL / NOTA INICIAL		
Escala	INDEX	Eficacia
1	0.5 - 0.7	Muy Deficiente
2	0.7 - 0.9	Deficiente
3	0.9 - 1.1	Por Mejorar
4	1.1 - 1.3	Eficiente
5	Más de 1.3	Muy Eficiente

Fuente. Hama Peru Mining. S.R.L.

2.2.3. Reducir Factor de carga

El factor de carga se denomina a la cantidad necesaria. de explosivo que se necesita para volar un metro cubico de material en la mina así yo lo defino al factor de carga.

Cálculo de Factor de carga:

$$FC = \text{Kg} / \text{m}^3$$

Donde:

KG = Kilogramos de explosivo

TN = Toneladas rotas

Kilogramos de explosivo = KG ANFO + KG Dinamita

$$\text{Volumen Roto} = AE * A$$

Donde

AE = Avance Efectivo en metros

A = Área (m²)

Voladura subterránea: la voladura es uno de los medios principales de extracción de Minerales en las operaciones de minería a cielo abierto. El propósito principal de la operación de voladura es la fragmentación de la roca y para esto se requiere de una gran cantidad de explosivos. Los explosivos liberan una gran cantidad de energía durante la explosión, en donde, sólo el 20-30% es utilizada para la ruptura y el desplazamiento de las rocas, mientras que el resto de esta energía es desperdiciada en forma de efectos secundarios ambientales.

2.3. Definición de términos básicos

Crucero: "Labor Minera subterránea horizontal que se desarrolla para interceptar una veta y se ejecuta a través de material estéril". (RSSOM, 2016).

Malla de perforación: “Es un esquema, el cual se realiza mediante cálculos matemáticos, el cual genera como resultado una distribución de taladros, carga explosiva óptima”. (Guillén, 2019).

Paralelismo entre taladros: “Es alinear taladros de perforación de una misma estructura, mientras el paralelismo sea mayor entre los taladros, menor daño en la voladura”.

Taladro de alivio: “Taladro no cargado de explosivo, normalmente es de mayor diámetro a los demás taladros”.

Taladro de Arranque o Rainura: conjunto de perforaciones ubicadas en el centro de la frente de perforación, que tiene como principal objetivo servir de cara libre o vía de evacuación de la energía explosiva.

Zapatera: “Se llama así a la parte inferior de un frente de trabajo”.

Caja: “Se denomina así a los laterales de un frente de trabajo”.

Corona: “Se denomina así a la roca situada en la parte alta de un frente de trabajo formando un radio y uniendo a la caja”.

Velocidad de detonación: “Es la propiedad de mayor importancia de un elemento explosivo, cuanto más alto es su VOD su potencia será más alto. A la detonación se le conoce como una transformación casi inmediata de la materia sólida el cual lo convierte en gases de expansión”. (MINEM, 2003).

Atacado: También conocido como taladro, normalmente se conforma por arena seca, detritos o resultados de ganga. Su propósito para el atacado es el reprimir la salida de energía producida por los gases y presiones en el taladro, reprimiendo de tal manera que no puedan salir por la parte superior del taladro, sino expandirse por las grietas en la roca y por lo tanto una mejor fragmentación de roca. (RSSOM, 2016).

Broca: Es la parte de contacto con la roca para su perforación, se encarga de la perforación propiamente dicha y está fabricada por lo general con acero industrial con insertos de carburo de tungsteno, la forma de los insertos y la broca varía de acuerdo a la dureza de la roca, diámetro y perforadora. (Guillén, 2019).

Cara libre: Se determina como cara libre de una labor Minera a la zona del suelo o roca que se desea detonar, es la superficie de contacto con el aire. En base a la idea de detonar un cubo. (Paucar, 2012).

Carga específica: Cuantificación de explosivo necesario para fragmentar un metro cúbico de roca. (Espinoza, 2020).

Carga de fondo: Es el explosivo que se carga en la parte inferior del taladro, debido a que la dureza del terreno en niveles inferiores es más dura, por lo que se requiere de una mayor densidad de explosivo y una velocidad de detonación aún mayor. (Guillén, 2019).

Cordón Detonante: Es similar a un cable, el cual en su interior contiene explosivo con una alta velocidad de detonación, es resistente a las tensiones debido a que funciona como método de iniciación de taladros. (Espinoza, 2020).

Detonador: Se inicia al interactuar con el cordón detonante, es también conocido como fulminante, y este tiene una altísima velocidad de detonación, lo suficiente como para iniciar la columna de explosivo por simpatía. Se puede clasificar en detonador eléctrico, no eléctrico, instantáneo o con retardos. (RSSOM, 2016).

Diámetro del taladro: Equivalente al doble del radio de la perforación, este se respeta en todo el taladro de tal forma que todo el taladro tenga el mismo diámetro. (Paucar, 2012).

Optimización: “Es un proceso mediante el cual se busca la mejora, ya sea en un proceso, una actividad, un sistema, etc. Con el fin de obtener un mayor rendimiento empleando menos recursos y reduciendo costos”. (Espinoza, 2020).

Rendimiento: “En un ambiente empresarial, la concepción de rendimiento hace alusión a los resultados deseados efectivamente, obtenidos por cada unidad que se realiza en la actividad, donde el término de unidad se podría referir a una persona, un equipo, un área de una organización empresarial”. (Paucar, 2012).

Densidad del explosivo: determina el peso de explosivo que puede cargarse dentro de un diámetro específico de barreno.

Cuele: “El principio de la palabra voladura de túneles reside en la apertura de una cavidad inicial, denominada corte, cuele o arranque, destinada a crear una segunda cara libre de gran superficie para facilitar la subsiguiente rotura del resto de la sección, de modo que los taladros del núcleo y de la periferia puedan trabajar destrozando la roca en dirección hacia dicha cavidad”. (Revista de seguridad Minera).

Espaciamiento: “Es la distancia de separación de taladro a taladro que se encuentran cargados con material explosivo en la misma fila o en la misma área de influencia de la malla de perforación”. (Espinoza, 2020).

Productividad: “La productividad implica una regla de comportamiento esencial para obtener la más alta satisfacción con un bajo costo. Matemáticamente podríamos definir a la productividad como el cociente que se obtiene dividiendo la producción por uno de los factores de la producción es decir la productividad es la relación de la cantidad producida y de los recursos usados. Es así por lo que este término no se conoce como una unidad medida de producción, tampoco de la cantidad que se fabricó, más aún es una medida de lo mejor que se han combinado y utilizado los recursos insumos para efectuar con los resultados específicos”. (Paucar, 2012).

Fragmentación: Es el resultado de la voladura, consiste en la fragmentación de un cuerpo rocoso en pequeños tamaños de partícula. (Guillén, 2019).

Optimización: Efecto o acción de optimizar. Se refiere a buscar de la mejor manera llevar a cabo cierta actividad (Optimización (matemática), 2013) .

Costos: Relacionado a materiales y mano de obra relacionado para un proyecto. (Casa Lima, 2023).

Reducción de costos: Esta relacionado a crear los mejores métodos y procesos que tienden a ser sostenibles y mejorar esporádicamente en el tiempo, como por ejemplo Usar la tecnología para mejorar la eficiencia de voladura en el diseño de malla de perforación y voladura. (GERENS, 2013).

Proceso de voladura: El proceso que consta de un conjunto de actividades tales como, transporte de explosivos, agentes de voladura, accesorios para la iniciación y ejecución de voladura, actividades orientadas a la seguridad en la ejecución del proceso, amarres de taladro con explosivo, protocolo de voladuras e iniciación de la detonación. (Paucar, 2012).

Producción: El resultante de la voladura, se mide en volumen, metros cúbicos (m³) o toneladas métricas (TM), estos deben cumplir con un volumen requerido y establecido por mina en un determinado tiempo de trabajo. (MINEM, 2003).

Índex: La eficacia de la acción formativa. Para evaluar el aprendizaje se deben establecer objetivos específicos. Para ello, se evaluarán los conocimientos de los participantes antes y después de la capacitación. Instrumento de evaluación: Evaluación escrita inicial y final de la capacitación.

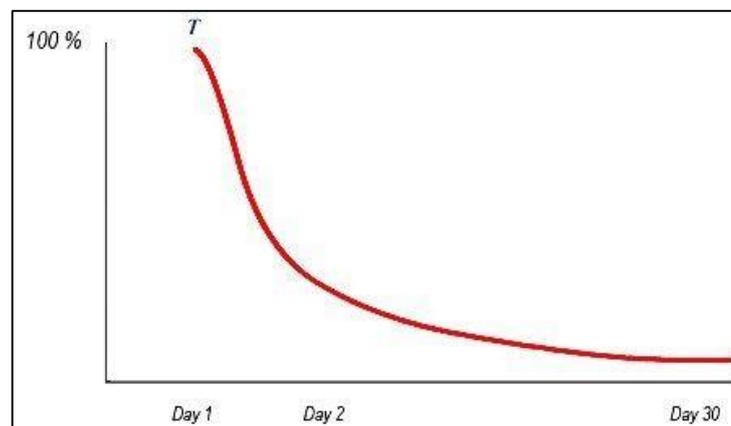
Modelo de curva del olvido: Hermann Ebbinghaus filósofo y psicólogo quien creó la curva del olvido basado en la memoria a través del tiempo. Indica que cuando más intenso es un recuerdo, más tiempo se retiene en la memoria.

Hermann Ebbinghaus indica que debemos de repasar lo aprendido por lo menos tres veces en 15 días para poder retener los conocimientos (Realizar un repaso después de 24 horas en el día, asimismo, a los 07 y 15 días posterior a la enseñanza del día 0, con el fin de poder retener los conocimientos adquiridos).

Existe otras reglas para poder ayudar a mejorar las técnicas de memoria como las 09 reglas mnemotécnicas.

Figura 21

Curva del olvido según Hermann



Fuente. mosalingua.com

Mediante varios estudios se ha confirmado cómo la cantidad de información que retienes en tu mente cae en picado durante las primeras 48 horas.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

Se reduce los costos operativos y se mejora el avance mediante la Optimización del Sistema de Perforación y Voladura en la Unidad Minera Gedeón y Copacabana.

2.4.2. Hipótesis Especifica

- a) *Se reduce los costos operativos, mediante la Optimización del Sistema de Perforación y Voladura en la Unidad Minera Gedeón y Copacabana.*
- b) *Se mejora el avance lineal, mediante la Optimización del Sistema de Perforación y Voladura en la Unidad Minera Gedeón y Copacabana.*
- c) *Se reduce el Factor de carga, mediante la Optimización del Sistema de Perforación y voladura en la unidad Minera Gedeón y Copacabana.*

2.5. Identificación de variables

Variable independiente

X: Sistema de perforación y voladura

Variable dependiente

Y: Reducción de costos operativos y mejora de avance

2.6. Definición Operacional de variables

Tabla 2

Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	MAGNITUD
X: Sistema de perforación y voladura	Es un conjunto de paso o instrucciones en secuencia relacionados a la perforación y voladura	Costos	Valorización de costos	S/ - ML
		Perforación	Malla de perforación	Numero de Taladros
			Longitud de perforación	Pies
			Calidad de perforación	Capacitación
		Voladura	Densidad de explosivos	g / cc
Y: Reducción de costos operativos y mejora de avance	Son los costos fijos por la adquisición de los materiales a precio del mercado nacional en Aceros y explosivos con la finalidad de mejorar el avance linal	Rendimientos	Valorización de costos	S/ - ML
			Avance Lineal	Metros
			Factor de carga	Kg/Tn
			Calidad de perforación	INDEX

Fuente. Elaboración propia.

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Por la naturaleza de la investigación, esta es de enfoque cuantitativo, dado que las muestras son cuantificadas y analizadas empleando los reportes generados en cada guardia de la Minera Gedeón y Copacabana, con el propósito de encontrar diferencias significativas entre el pre test y post test, procedimiento que valida la hipótesis general haciendo uso de la estadística inferencial y Descriptiva, el diseño es de tipo cuasiexperimental.

3.2. Nivel de investigación

Por el comportamiento de la muestra esta pertenece al nivel explicativo, como corrobora el objetivo general de reducir los costos operativos y mejorar el avance optimizando los procesos de perforación y voladura, aplicando el correcto modelo de diseño de malla en la unidad Minera Gedeón y Copacabana. (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018).

3.3. Métodos de investigación

El método de la investigación es el hipotético deductivo, por la razón que se va a inferir la hipótesis general, si se reduce los costos operativos mejorando el avance optimizando los procesos de perforación y voladura aplicando el correcto modelo de diseño en la unidad Minera Gedeón y Copacabana, siguiendo con el esquema empleando la metodología científica cuyo instrumento es una ficha de observación, lo que implica usar la técnica de la observación.

3.4. Diseño de investigación

El diseño propuesto es cuasiexperimental dado que en la presente no se pretende manipular la variable de los costos operativos sino en medir el efecto que genera el diseño de la malla de perforación, el mismo que menciona (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018) en la medida de analizar o medir fenómenos y variables tal como se presentan en su entorno natural y ser analizadas con posterioridad, infiriendo a partir de la muestra el comportamiento de la población.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Labores de Avance de la Unidad Minera Gedeón y Copacabana.

3.5.2. Muestra

Ejecución del Crucero "Fortuna" de un tramo de 134 metros lineales aproximadamente de la Unidad Minera Gedeón y Copacabana.

Figura 22

Plano de ingeniería de la UM GYC



	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS - ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE MINAS - TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS
Título de la tesis: Reducción de los costos operativos y mejora de avance mediante la optimización del sistema de perforación y voladura en la Unidad Minera Gedeón y Copacabana.	
Presentado por: Bach. Teofilo Abraham Leon Bautista	
Título: Plano de ingeniería de la Unidad Minera Gedeón y Copacabana	

Fuente. Área de geología Unidad Minera Gedeón y Copacabana.

3.6. Técnica e instrumentos de recolección de datos

Referido a la técnica empleada en la presente es la observación y como instrumento tenemos a la ficha de observación, en ella se plasma, la eficiencia de la perforación, así como el disparo en marcadas en una hoja de cálculo, en ello se describe de diversas características cómo los accesorios para la voladura las cantidades y los precios, el turno, la longitud de perforación, los tacos, el avance y el costo que demanda cada accesorio tal como se muestra en la figura 23.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Por el instrumento empleado en el presente que es una ficha de observación, se procede a su validación por juicio de expertos ver anexo 1, obteniendo una calificación del 82% catalogado como excelente, en el caso de la confiabilidad se tiene el alfa de Cronbach es de 0.36, evidenciando la variabilidad de los datos, por ser una ficha de observación, esto se realizó para las campañas 2, 3 y 4, seleccionados por la misma cantidad de datos que en promedio son de 14 a 15.

Tabla 3

Confiabilidad del instrumento

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
.359	3

Fuente. Elaboración propia.

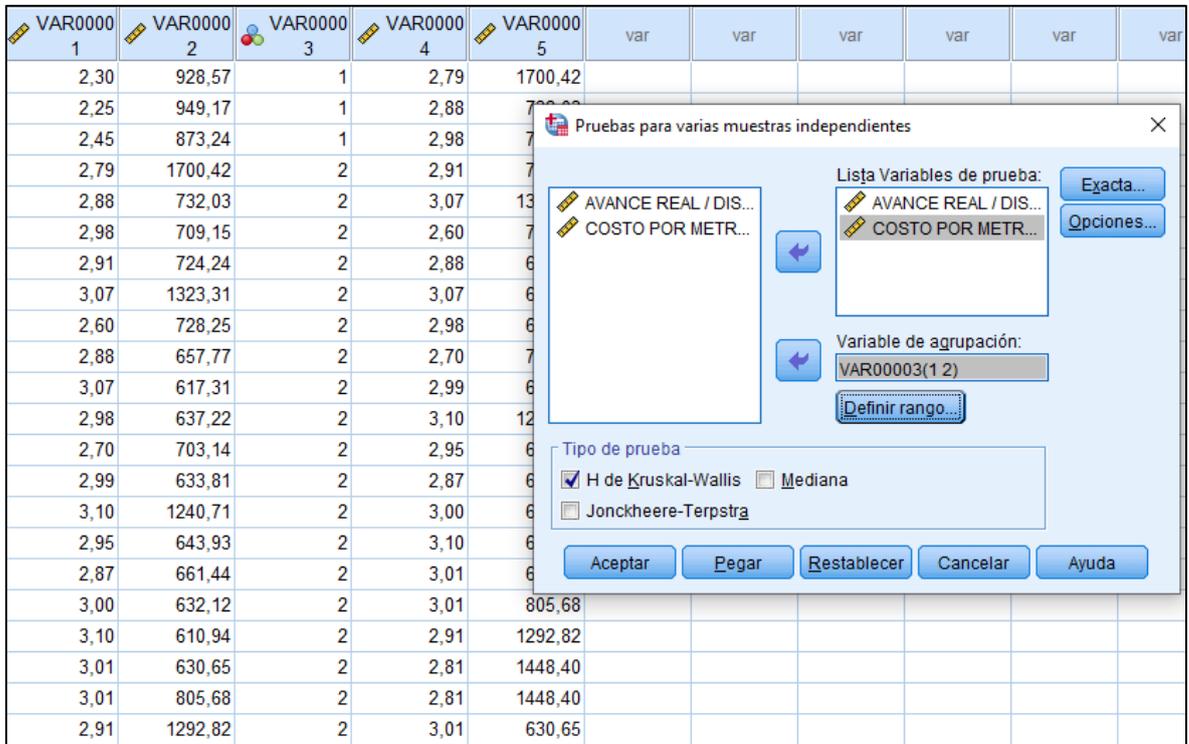
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento de los datos se empleó el software SPSS versión 25, en ella plasmamos cuatro variables, la primera el avance real por disparo en metros, la segunda el costo por metro lineal en soles, la tercera el factor de carga y la tercera es la condición (1 pre test, 2 post test) todas ellas con la cantidad de 46.

Para el caso del análisis de datos se realizó un análisis de pruebas de normalidad y no paramétricas, para muestras independientes, conformadas en un grupo regido por la condición, el primero es el pretest y el segundo grupo el post test, realizando la prueba H de kruskal wallis tal Como se muestra en la figura 24.

Figura 24

Análisis estadístico SPSS del Crucero Fortuna nivel 0 de la UM GYC



Fuente. Elaboración propia.

Ventajas del SPSS

- *Permite trabajar con grandes cantidades de datos.*
- *Los calculo son más exactos que se evitan redondeos y aproximaciones de cálculo manual.*

3.9. Tratamiento estadístico

La prueba elegida de normalidad Shapiro wilk quien indica menor a 50 muestras y la no paramétrica en la kruskal wallis, con la finalidad de analizar la varianza de un factor detectando las diferencias en la ubicación de la distribución de la muestra, por lo que no asume la normalidad en los datos, cómo es propio por el ANOVA ayudándonos a comparar las muestras independientes, identificando si existen diferencias significativas.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica.

Por la naturaleza de la investigación al estudiar la mejora de la actividad de perforación y voladura perteneciente a la unidad Minera Gedeón y Copacabana, plasmó los conocimientos teóricos prácticos adquirido en la universidad y por la experiencia adquirida en esta actividad, lo que me permite embaucar la presente con los fines de aportar conocimientos en el área de Minas, particularmente en el cálculo y análisis de costos operativos, ya que la minería es una actividad primordial en el Perú, por lo que doy fe de que los datos son originarios y que en gran parte estuvieron a mi cargo cómo responsable de esta operación de la Unidad en mención.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

En la presente tesis se realizó la recolección de datos del Crucero fortuna en Unidad Minera Gedeón y Copacabana. A partir del estudio y la toma de resultados se propone la optimización del sistema de perforación y voladura debido a que:

- *La longitud de perforación efectiva es del 80 % con respecto al barreno de perforación de 12 pies, representado una eficiencia relativamente baja.*
- *El avance efectivo lineal es del 90% con respecto al avance lineal como estándar, representando una eficiencia relativamente baja.*
- *El factor de carga es 3.31 Kg/m³, relativamente alta, lo cual repercute en el costo operativo.*
- *Se evidencia en el Crucero Fortuna de la Unidad Minera Gedeón y Copacabana, no se cuenta con guías de madera para llevar el control del paralelismo de los taladros perforados, siendo influyente en el daño de la voladura incrementado los costos operativos.*

Por lo tanto, es necesario:

- *Realizar un rediseño de malla de perforación y voladura para optimizar los recursos y disminuir costos operativos que afectan a la utilidad de la Unidad minera Gedeón y Copacabana.*
- *Realizar una mejora de calidad de perforación mediante una capacitación Teórica-Práctica e implementar Guías de madera para mantener el paralelismo de los taladros perforados.*
- *Realizar un rediseño de malla de perforación y voladura para minimizar el factor de carga disminuyendo el consumo de explosivos*

Figura 25

Gestión de Tiempo tomada en el Crucero Fortuna de la UM Gyc

CRUCERO FORTUNA					
LABOR	CRUCERO	Longitud de barra	3.6576	mt:pie	12.0
SECCION	3.8 * 3.8	Longitud de perforacion	3.2004	mt:pie	10.5
UNIDAD DE MEDIDA	Metro Lineal	Avance por disparo	3.0	mt:pie	9.7
TIPO DE ROCA	Semidura	Numero de taladros perforados	49		
FACTOR DE ROCA	1.5	Numero de taladros disparados	48		
LIMPIEZA Y TRANSPORTE	SI	Volumen roto insitu	43.77	m3/disparo	
UNIDAD DE PRODUCCION	G Y C	Tonelaje roto	108.11	ton/disp	
FECHA DE ELABORACION	17/06/2021	Metros perforados por guardia	156.8196	mt/gd	
ELABORADO POR	G Y C	Densidad del material	2.6	ton/m3	
PERSONAL		CANTIDAD	EQUIPO		
OPERADOR DE JUMBO	1	RENDIMIENTO DEL SCOOP	72.07333333		TN/hora
AYUDANTE PERFORISTA	1	RENDIMIENTO DEL JUMBO	96.012		MTRS/hora
OPERADOR DE SCOOP	1	RENDIMIENTO DEL DUMPER	1.2 VIAJES DUMPER /HORA		1786 METROS
OPERADOR DE DUMPER	2				
GESTION DE TIEMPO - CRUCERO					
ITEMS	INICIO	DESCRIPCION	FIN	Tiempo en ejecutarse	
1.0	07:00:00	TRASLADO DEL PERSONAL DE SUPERFICIE AL COMEDOR - MINA (DUMPER)	07:19:00	00:19:00	
2.1	07:19:00	VENTILACION	07:49:00	00:30:00	
2.2		CAPACITACION DE SSO			
2.2		REPARTO DE GUARDIA			
3.0	07:49:00	REGADO + DESATE DE ROCAS	08:52:00	01:03:00	
4.1	08:52:00	LIMPIEZA DEL CRUCERO A LA CAMARA Y CARGUIODE DESMONTE AL DUMPER	10:33:00	01:41:00	
4.2		VERIFICACION DEL JUMBO			
4.3		PREPA. DE EXPLOSIVOS			
5.0	10:33:00	MARCADO DE MALLA DE PERFORACION + TRASLADO DE JUMBO AL FRENTE DE TRABAJO + INICIO DE PERFORACION PERFORACION + RETIRO DE JUMBO	12:51:00	02:18:00	
6.0	12:51:00	ALMUERZO EN MINA	13:51:00	01:00:00	
7.0	13:51:00	RE DESATADO DE ROCA SUELTAS + CARGUIO DEL FRENTE PERFORADO	14:47:00	00:56:00	
8.0	14:47:00	COLOCADO DE MANGA + CANTONEO DE LABOR + PROLONGACION DE TUBERIA DE AGUA Y AIRE + ESTANDARIZACION DEL AREA DE TRABAJO + DEMORAS OPERATIVAS DE LOS EQUIPOS POR MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS	17:30:00	02:43:00	
9.0	17:30:00	CHISPEO + SALIDA DE PERSONA DE LA LABOR A SUPERFICIE (LINEA 11)	18:15:00	00:45:00	

Fuente. Elaboración Propia.

Figura 26

Boca mina de unidad Minera Gedeón & Copacabana Nivel 495 MSNM



Fuente. Elaboración Propia.

Figura 27

Boca mina de la Unidad Minera Gedeón y Copacabana



Fuente. Elaboración Propia.

4.1.1. Presentación de datos PRE-TEST

Malla de perforación

La malla de perforación del PRE-TEST cuenta con 49 taladros de 12 pies considerando 01 taladro de alivio de 102 mm de diámetro.

Tabla 4

Numero de taladros PRE-TEST

Secuencia de salida	Distribución	N° Taladros
1	Alivios	1
2	Arranque (IC)	4
3	1° Ayuda (II C)	4
4	2° Ayuda (III C)	4
5	Ayuda de arrastre	2
6	Ayuda de Hastiales	6
7	Ayuda de Corona	3
8	Hastiales	10
9	Corona	5
10	Arrastres	5
11	Relleno	5
		49

Fuente. UM GyC.

Tabla 5

Datos Técnicos

Efec. Perforación %	88%
Long. Barras (pies)	12
Φ1 broca (mm.)	45
Φ2 rimadora (mm.)	102

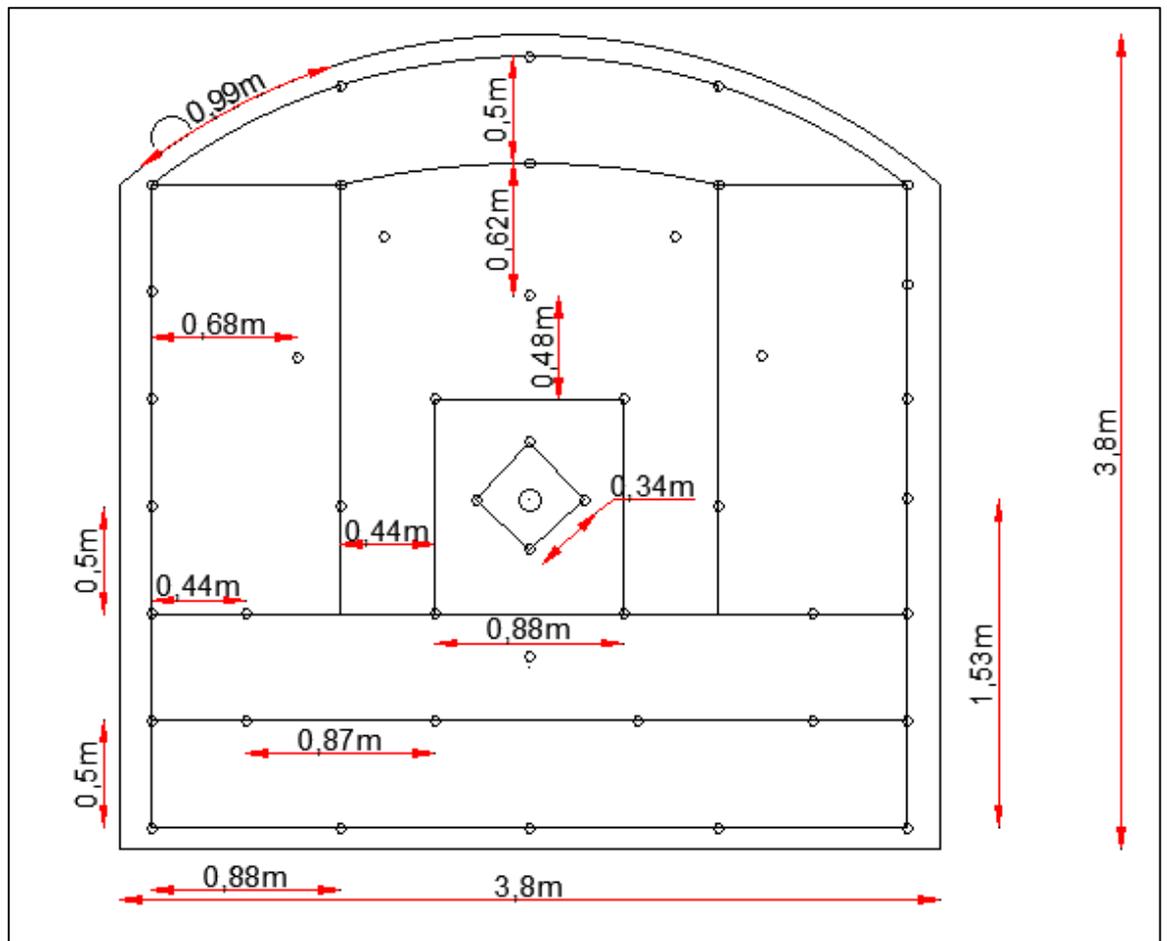
<i>proca (gr./cm3)</i>	2.6
Area de Seccion m2	13.6
Volumen (m3)	43.77
Tonelaje (Ton)	108.11

Tipo de Sección	TUNEL
A Ancho (m.)	3.80
H Altura (m.)	3.80
r - Radio de arco (m)	0.70

Fuente. UM GYC.

Figura 28

Distribución de taladros PRE-TEST



Fuente. UM GyC.

Figura 29

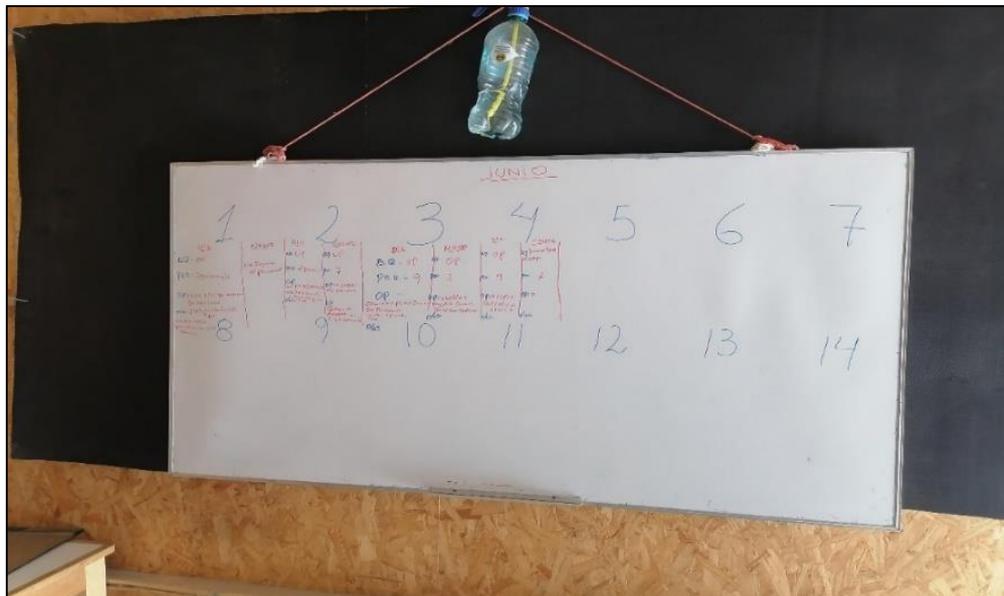
Taco de 46 CM en el primer disparo PRE-TEST



Fuente. Elaboración Propia.

Figura 30

Registro de apunte de disparos en Unidad Minera PRE-TEST



Fuente. Elaboración Propia.

Costos Operativos

Tabla 6

Tabla de costos operativos por voladura - Muestra 01 PRE-TEST

Ítem	Descripción	Precio por Voladura
1	Costo de Explosivos	S/ 842.78
2	Costo de Aceros	S/ 214.07
3	Costo de Mano de Obra	S/ 260.00
4	Costo de Maquina Seca	S/ 864.06
	Total	S/ 2,180.91

Fuente. Elaboración Propia.

En la tabla 6 se puede apreciar el costo total por voladura s/ 2,180.91 en la primera muestra con un avance efectivo de 2.30 metros lineales. Siendo el costo por metro lineal s/946.58.

Tabla 7

Tabla de costos operativos por voladura - Muestra 02 PRE-TEST

Ítem	Descripción	Precio por Voladura
1	Costo de Explosivos	S/ 842.78
2	Costo de Aceros	S/ 214.07
3	Costo de Mano de Obra	S/ 260.00
4	Costo de Maquina Seca	S/ 864.06
	Total	S/ 2,180.91

Fuente. Elaboración Propia.

En la tabla 7 se puede apreciar el costo total por voladura s/ 2,180.91 de la segunda muestra con un avance efectivo de 2.25 metros lineales. Siendo el costo por metro lineal s/967.57.

Tabla 8

Tabla de costos operativos por voladura - Muestra 03 PRE-TEST

Ítem	Descripción	Precio por Voladura
1	Costo de Explosivos	S/ 842.78
2	Costo de Aceros	S/ 214.07
3	Costo de Mano de Obra	S/ 260.00
4	Costo de Maquina Seca	S/ 864.06
Total		S/ 2,180.91

Fuente. Elaboración Propia.

En la tabla 8 se puede apreciar el costo total por voladura s/ 2,180.91 de la tercera muestra con un avance efectivo de 2.45 metros lineales. Siendo el costo por metro lineal s/890.17.

Tabla 9

Datos pertenecientes al PRE-TEST: Campaña 1

GUARDIA	COSTO TOTAL	AVANCE REAL / DISPARO	COSTO POR METRO LINEAL
1	S/ 2,180.91	2.30	S/ 946.58
2	S/ 2,180.91	2.25	S/ 967.57
3	S/ 2,180.91	2.45	S/ 890.17
Campaña 1	S/ 2,180.91	2.34	S/ 934.77

Fuente. Elaboración Propia.

El costo total (CT): Es el resultado de las unidades de análisis de investigación =

CTE + CTA + CMO + CM

Donde:

CTE: Costo total de explosivos por avance

CTA: Costo total de aceros por avance

CMO: Costo de mano de obra por guardia

CM: Costo de maquina utilizada por guardia

El costo por metro lineal (CML) es:

$CML = CT / AE$

Donde:

CT: Costo total

CE: Avance efectivo

Demostración de Pre-Test Muestra 01:

Avance Efectivo: 2.30 Metros

$CT = s/ 842.78 + s/ 214.07 + s/ 260 + s/ 864.06$

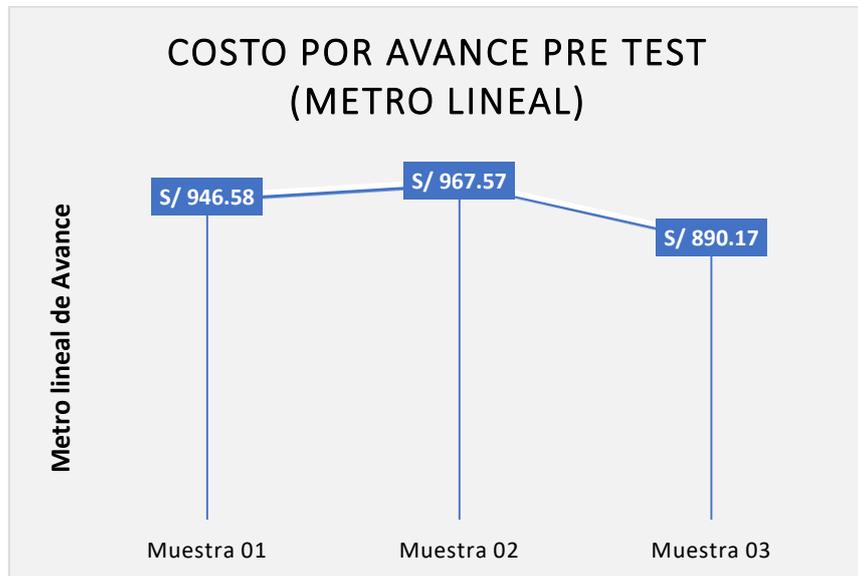
$CT = s/ 2,180.91$

$CML = s/ 2180.91 / 2.304 \text{ Metros}$

$CML = s/ 946.58 \text{ Por Metro}$

Figura 31

Costo de avance por metro lineal, PRE-TEST.



Fuente. Elaboración Propia.

En la figura 31 se puede apreciar el costo de avance por metro lineal de las tres primeras muestras que corresponden al PRE-TEST. Siendo el costo promedio s/934.77 por metro lineal.

Avance lineal

Muestra 01:

- *Longitud de perforación efectiva; 2.8 metros*
- *Longitud de Avance; 2.30 metros*
- *Volumen roto; 31.33 m³*
- *Explosivo utilizado; 104.99 Kg*
- *Factor de carga; 3.35 Kg/m³*
- *Perfil de crucero irregular; Sobre excavación techo cajas*

Muestra 02:

- *Longitud de perforación efectiva; 2.5 metros*
- *Longitud de Avance; 2.25 metros*
- *Volumen roto; 30.65 m³*
- *Explosivo utilizado; 104.99 Kg*
- *Factor de Carga; 3.43 Kg/m³*
- *Perfil de crucero irregular; Sobre excavación techo cajas*

Muestra 03:

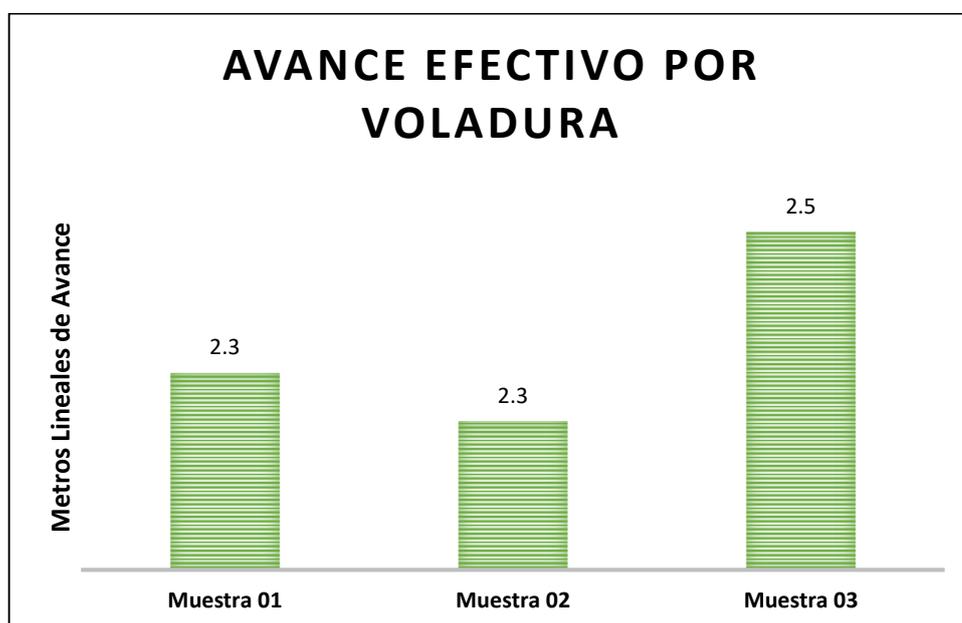
- *Longitud de perforación efectiva; 2.5 metros*
- *Longitud de Avance; 2.45 metros*
- *Volumen roto; 33.32 m³*
- *Explosivo utilizado; 104.99 Kg*
- *Factor de Carga; 3.15 Kg/TN*
- *Perfil de crucero irregular; Sobre excavación techo cajas*

Promedio de muestras:

- *Longitud de perforación efectiva; 2.57 metros (80%)*
- *Longitud de Avance; 2.31 metros (90%)*
- *Volumen roto; 31.77 m³*
- *Explosivo utilizado; 104.99 Kg*
- *Factor de Carga; 3.31 Kg/TN*
- *Perfil de crucero irregular; Sobre excavación techo cajas*

Figura 32

Avance efectivo por Voladura PRE-TEST Campaña 1



Fuente. Elaboración Propia.

En la figura 32, se muestra el avance efectivo por voladura de las tres primeras muestras que corresponden al PRE-TEST. Siendo el Promedio de 2.34 Metros lineales por Voladura.

Factor de Carga

Tabla 10

Factor de carga PRE – TEST cruceo fortuna UM GYC (Campaña 01)

Muestra	Avance Efectivo (m)	Factor de Carga Kg. / m3.	Volumen roto m3
Muestra 1	2.30	3.35	31.33
Muestra 2	2.25	3.43	30.65
Muestra 3	2.45	3.15	33.32
Promedio	2.34	3.31	31.77

Fuente: Elaboración Propia.

Cálculo de Factor de Carga Pre-Test:

$$FC = \text{Kg} / \text{m}^3$$

Donde:

KG = Kilogramos de explosivo

M3 = Metros cúbicos

Kilogramos de explosivo = KG ANFO + KG Dinamita

Volumen Roto = AE * A

Donde

AE = Avance Efectivo en metros

A = Área (m²)

Demostración:

Cálculo de Factor de carga Pre-Test Muestra 01:

Numero de taladros cargados = 48

Frente de Labor = 3.8 metros * 3.8 metros

Volumen Roto = 2.30 m * 13.6 m² = 31.33 m³

Kilogramos de Explosivo = 100 Kg Anfo + 5.0 Kg De Dinamita

Semigelatina 65%

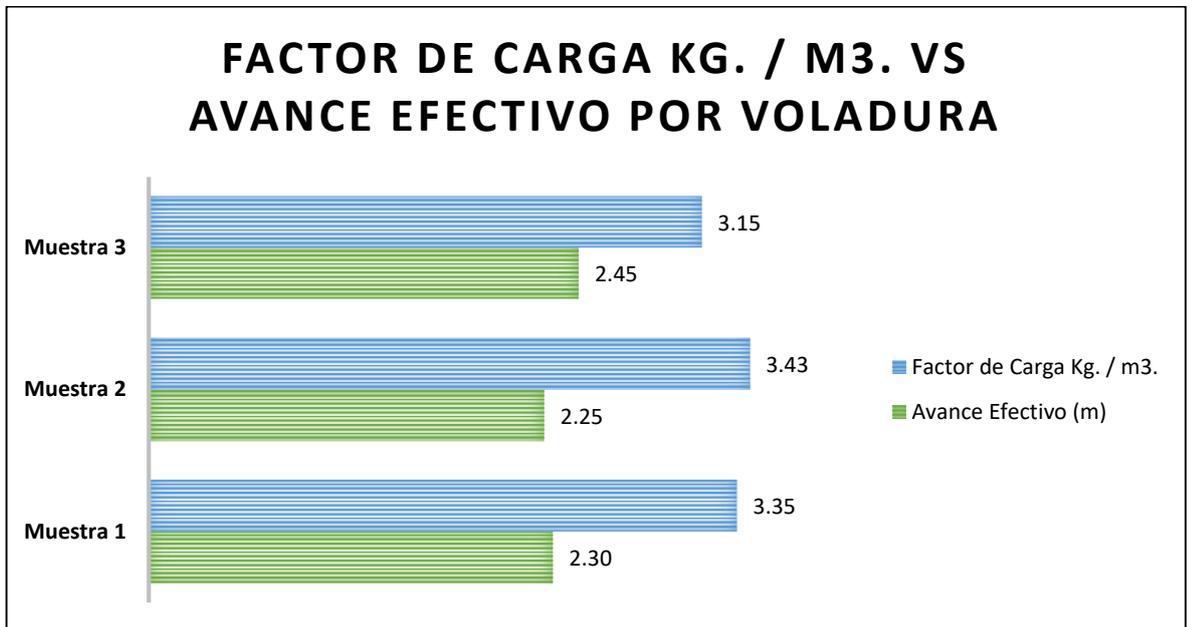
Kilogramos de Explosivo = 105 Kg

FC = 105 Kg / 31.33 Tn

FC = 3.35 Kg/Tn

Figura 33

Factor de Carga Kg/m³ VS Avance Efectivo por voladura



Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 33, se muestra el factor de carga VS el avance efectivo de las tres primeras muestras correspondientes al PRE-TEST. Siendo el promedio del factor de carga por voladura 3.31 Kg/Tn con un Avance lineal 2.34 metros promedio.

4.1.2. Presentación de datos POST-TEST

A. Rediseño de Malla de perforación

Para el rediseño de la malla de perforación y voladura, se utiliza el modelo matemático de: Robert Holmberg, Richard Ash y Pearce Monsanto, obteniendo la malla de perforación que a continuación se detalla.

Tabla 11

Numero de taladros POST-TEST

Secuencia de salida	Distribución	N° Taladros
1	Alivios	1
2	Arranque (IC)	4
3	1° Ayuda (IIC)	4
4	2° Ayuda (IIIC)	4
5	3° Ayuda (IVC)	4
6	Ayuda de Hastiales	6
7	Ayuda de arrastre	1
8	Ayuda de corona	4
9	Hastiales	6
10	Corona	5
11	Arrastre	5
	Total	44

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 12

Datos técnicos

Efec. Perforación %	95%
Long. Barras (pies)	11
φ1 broca (mm.)	45
φ2 rimadora (mm.)	102

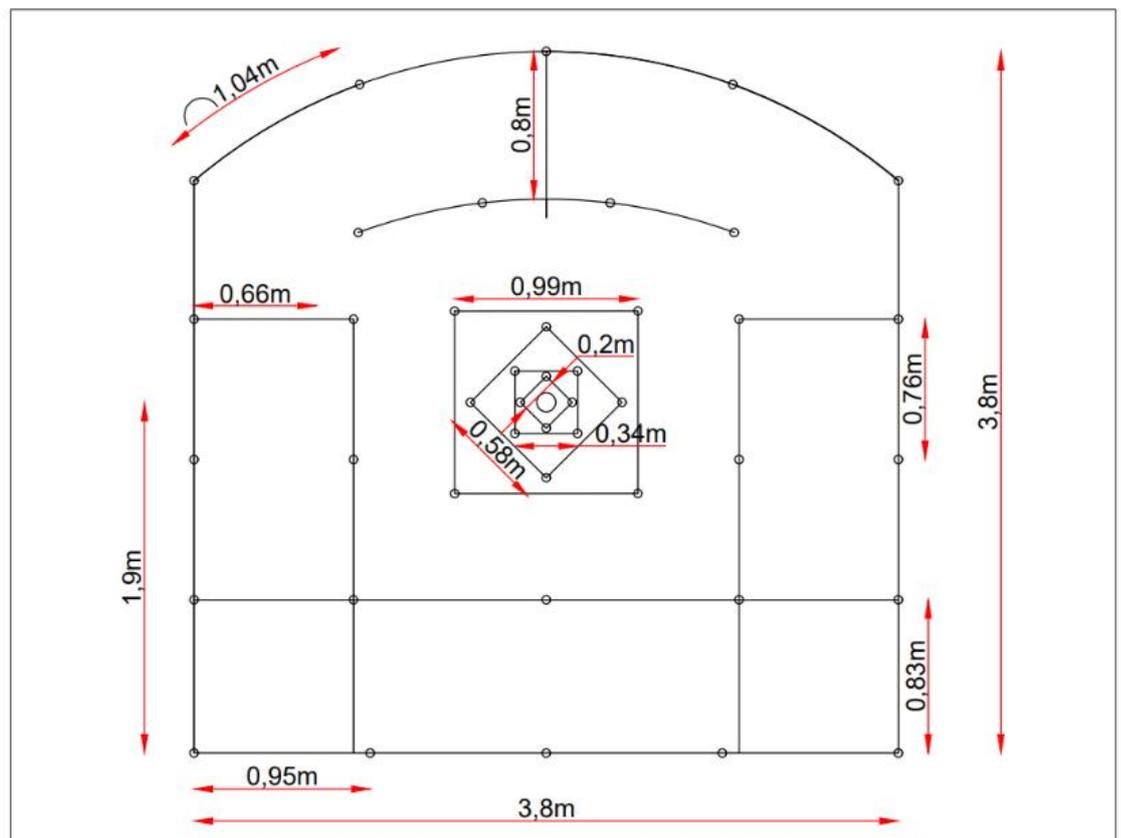
Tipo de Sección	TUNEL
A Ancho (m.)	3.80
H Altura (m.)	3.80
r - Radio de arco (m)	2.93
gradiente	1.9

ρ_{roca} (gr./cm ³)	2.6
Area de Seccion m ²	13.6
Volumen (m ³)	43.77
Tonelaje (Ton)	108.11

Fuente. Elaboración Propia.

Figura 34

Malla POST-TEST, distribución de taladros



Fuente. Elaboración Propia.

La malla de perforación del POST-TEST cuenta con 44 taladros de 12 pies, considerando 01 taladro de alivio de 102 mm de diámetro. Con tipo de arranque barrenos paralelos.

Figura 35

Distribución de taladros y cantidad de explosivos

Secuencia de salida	Distribución	Explosivos							
		Exadit 7/8 65%			ANFO				
		N° Cart/Tal.	# cartuchos	Kg	L taco (m)	L carga (m)	Volumen (cc)	Kg ANFO/tal	Total ANFO
1	Alivios								
2	Arranque (IC)	1	4	0.3205	0.30	2.918	4641.33	4.08	16.337
3	1° Ayuda (IIC)	1	4	0.3205	0.50	2.718	4580.44	4.03	16.123
4	2° Ayuda (IIIC)	1	4	0.3205	0.80	2.418	4580.44	4.03	16.123
5	3° Ayuda (IVC)	1	4	0.3205	0.80	2.418	4580.44	4.03	16.123
6	Ayuda de Hastiales	1	6	0.4808	0.80	2.418	4580.44	4.03	24.185
7	Ayuda de arrastre	1	1	0.0801	1.00	2.218	4580.44	4.03	4.031
8	Ayuda de corona	1	4	0.3205	0.80	2.418	4580.44	4.03	16.123
9	Hastiales	1	6	0.4808	1.00	2.218	4580.44	2.02	12.092
10	Corona	1	5	0.4006	0.60	2.618	4580.44	4.03	20.154
11	Arrastre	1	5	0.4006	0.60	2.618	4580.44	4.03	20.154
	Total	10	43	3.446					141

Fuente. Elaboración propia.

Figura 36

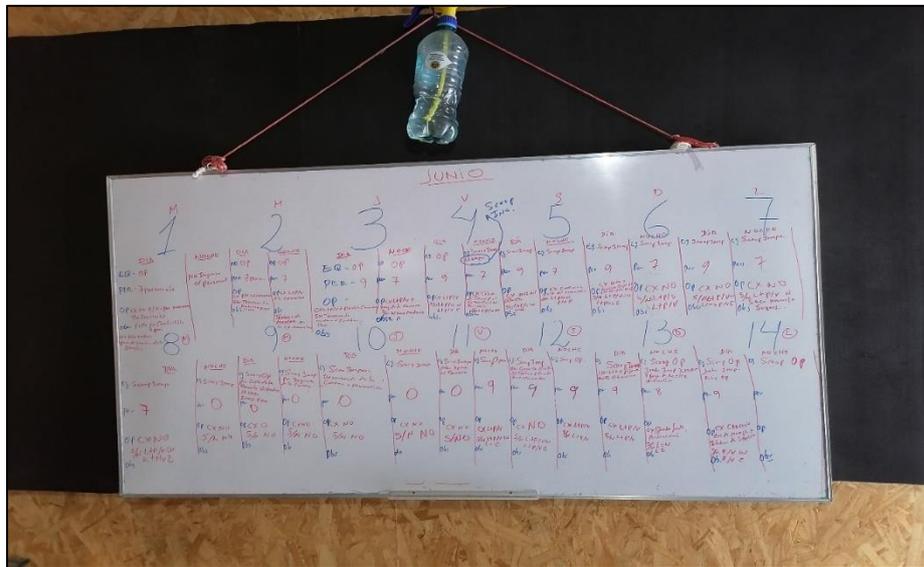
Malla dibujada en el Crucero Fortuna / Perforadora Sandvik DD210



Fuente. Elaboración Propia.

Figura 37

Registro de apunte de disparos en Unidad Minera POST-TEST



Fuente. Elaboración Propia.

B. Calidad De Perforación

Capacitación

Dentro de la calidad de perforación se capacita a los Trabajadores involucrados en “Control de paralelismo en jumbo de perforación frontal”. Como proceso de capacitación se toma una evaluación de Entrada donde se evidencia los conocimientos PRE-CAPACITACIÓN Nota Promedio 10.75. Asimismo, se realiza la evaluación POST CAPACITACIÓN donde la Nota promedio es de 18.00 Dando un INDEX de 1.69 evidenciando los conocimientos adquiridos POST capacitación como se observa en la tabla 13.

Tabla 13*Personal que realizo la capacitación*

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	CARGO	UM	NOTA DE PRUEBA	NOTA FINAL	INDEX
1	Elmer Fernando Urdanivia Medina	AYUD. JUMBERO	G & C	10.00	19.00	1.90
2	Miguel Escobar Ancieta	AYUD. JUMBERO	G & C	9.50	18.00	1.89
3	Hernán Rolando Raymundo Cárdenas	JUMBERO	G & C	12.00	17.00	1.42
4	Ronal Bueno Janampa	JUMBERO	G & C	11.50	18.00	1.57
PROMEDIO				10.75	18.00	1.69

Fuente. Elaboración propia.

La capacitación se realizó a un total 08 trabajadores de los cuales 02 son operadores de jumbo, 02 ayudantes jumberos y 04 perforistas con Jackleg

Para el cálculo del INDEX no se considera a los operadores de Jackleg, por no pertenecer al frente de trabajo como muestra.

Tabla 14*Fuerza laboral por guardia en el crucero fortuna UM GyC*

Número de Trabajadores	Cargo
1	Operador de Jumbo
1	Ayudante de Jumbo
1	Operador de Scoop
3	Operador de Dumper

Fuente. Elaboración propia.

Total: 06 trabajadores por guardia en el crucero fortuna.

Figura 38

Capacitación de control de paralelismo en jumbo de perforación frontal



Fuente. Elaboración propia.

C. Implementación de Guías de madera

El uso de guías de madera mejora la calidad de perforación reduciendo la desviación de taladros como menciona Mallqui balbin 2019, en su tesis intitulada Diseño de malla de perforación y voladura de taladros largos. Asimismo, menciona Huaman huanhuayo 2013 que los taladros rectos se dan con la utilización de tubos guías, por ende, un mejor resultado en la voladura.

Tabla 15

Numero de Guías por muestra (Campaña 01)

N°	DESCRIPCION	NUMERO DE GUIAS
-----------	--------------------	------------------------

1	CX - FORTUNA	0
2	CX - FORTUNA	0
3	CX - FORTUNA	0

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 16

Numero de Guías por muestra (Campaña 02)

N°	DESCRIPCION	NUMERO DE GUIAS
1	CX - FORTUNA	3
2	CX - FORTUNA	3
3	CX - FORTUNA	3
4	CX - FORTUNA	3
5	CX - FORTUNA	3
6	CX - FORTUNA	3
7	CX - FORTUNA	3
8	CX - FORTUNA	3
9	CX - FORTUNA	3
10	CX - FORTUNA	3
11	CX - FORTUNA	3
12	CX - FORTUNA	3
13	CX - FORTUNA	3
14	CX - FORTUNA	3

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 17*Numero de Guías por muestra (Campaña 03)*

N°	DESCRIPCION	NUMERO DE GUIAS
1	CX - FORTUNA	5
2	CX - FORTUNA	5
3	CX - FORTUNA	5
4	CX - FORTUNA	5
5	CX - FORTUNA	5
6	CX - FORTUNA	5
7	CX - FORTUNA	5
8	CX - FORTUNA	5
9	CX - FORTUNA	5
10	CX - FORTUNA	5
11	CX - FORTUNA	5
12	CX - FORTUNA	5
13	CX - FORTUNA	5
14	CX - FORTUNA	5

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 18*Numero de Guías por muestra (Campaña 04)*

N°	DESCRIPCION	NUMERO DE GUIAS
1	CX - FORTUNA	6
2	CX - FORTUNA	6
3	CX - FORTUNA	6
4	CX - FORTUNA	6
5	CX - FORTUNA	6

6	CX - FORTUNA	6
7	CX - FORTUNA	6
8	CX - FORTUNA	6
9	CX - FORTUNA	6
10	CX - FORTUNA	6
11	CX - FORTUNA	6
12	CX - FORTUNA	6
13	CX - FORTUNA	6
14	CX - FORTUNA	6
15	CX - FORTUNA	6

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 19

Cantidad de guías de madera por campaña vs avance efectivo

N°	CANTIDAD DE GUIAS DE GUIAS	TALADROS DE PRODUCCION	AVANCE EFECTIVO	CAMPAÑA	PRE-POST / TEST
1	0	48	2.34	1ra Campaña	PRE-TEST
2	3	43	2.9	2da Campaña	POST-TETS
3	5	43	3.0	3ra Campaña	POST-TETS
4	6	43	3.0	4ta Campaña	POST-TETS

Fuente. Elaboración Propia.

En la tabla 19 se observa la cantidad de Guías implementadas por campaña, considerando que en la primera campaña no se tenía implementado el uso de guías de madera. En la segunda, tercera y cuarta campaña se implementa las guías de madera siendo influyente en el resultado del avance efectivo.

D. Costos Operativos

Tabla 20

Costos operativos por voladura pertenecientes al POST-TEST Campaña

2

Ítem	Descripción	Precio por Voladura
1	Costo de Explosivos	S/ 750.23
2	Costo de Aceros	S/ 543.83
3	Costo de Mano de Obra	S/ 260.00
4	Costo de Maquina Seca	S/ 864.06
Total		S/ 2,418.12

Fuente. Elaboración Propia.

En la tabla 20 se puede apreciar el costo total por voladura s/ 2,418.12 en la segunda campaña correspondiente al POST-TEST con un avance efectivo de 2.91 metros lineales. Siendo el costo promedio por metro lineal s/829.03.

Tabla 21

Resultados pertenecientes al POST-TEST campaña 2

MUESTRA	COSTO TOTAL	AVANCE REAL / DISPARO	COSTO POR METRO LINEAL
4	S/ 4,722.09	2.79	S/ 1,692.51
5	S/ 2,088.36	2.88	S/ 724.37
6	S/ 2,088.36	2.98	S/ 701.73
7	S/ 2,088.36	2.91	S/ 716.67
8	S/ 4,043.15	3.07	S/ 1,316.13
9	S/ 1,874.29	2.60	S/ 719.77

10	S/ 1,874.29	2.88	S/ 650.12
11	S/ 1,874.29	3.07	S/ 610.12
12	S/ 1,874.29	2.98	S/ 629.80
13	S/ 1,874.29	2.70	S/ 694.95
14	S/ 1,874.29	2.99	S/ 626.43
15	S/ 3,829.08	3.10	S/ 1,233.60
16	S/ 1,874.29	2.95	S/ 636.43
17	S/ 1,874.29	2.87	S/ 653.75
Campaña 2	S/ 2,418.13	2.91	S/ 829.03

Fuente. Elaboración Propia.

El costo total (CT): Es el resultado de las unidades de análisis de investigación = CTE

+ CTA + CMO + CM

Donde:

CTE: Costo total de explosivos por avance

CTA: Costo total de aceros por avance

CMO: Costo de mano de obra por guardia

CM: Costo de maquina utilizada por guardia

El costo por metro lineal (CML) es:

$CML = CT / AE$

Donde:

CT: Costo total

CE: Avance efectivo

Demostración de Post-Test Muestra 04:

Avance Efectivo: 2.30 Metros

CT = s/ 750.23 + s/ 2,847.80 + s/ 260 + s/ 864.06

CT = s/ 4,472.09

CML= s/ 4,472.09 / 2.79 Metros

CML= s/ 1,692.51 Por Metro

Tabla 22

Costos operativos por voladura correspondiente al POST-TEST

Campaña 3

Ítem	Descripción	Precio por Voladura
1	Costo de Explosivos	S/ 750.23
2	Costo de Aceros	S/ 707.72
3	Costo de Mano de Obra	S/ 260.00
4	Costo de Maquina Seca	S/ 864.06
	Total	S/ 2,582.01

Fuente. Elaboración Propia.

En la tabla 22 se puede apreciar el costo total por voladura s/ 2,582.01 en la Tercera campaña correspondiente al POST-TEST con un avance efectivo de 2.96 metros lineales. Siendo el costo promedio por metro lineal s/882.56.

Tabla 23*Resultados pertenecientes al POST-TEST campaña 3*

MUESTRA	COSTO TOTAL	AVANCE REAL / DISPARO	COSTO POR METRO LINEAL
18	S/ 1,874.29	3.00	S/ 624.76
19	S/ 1,874.29	3.10	S/ 603.83
20	S/ 1,874.29	3.01	S/ 623.31
21	S/ 2,400.62	3.01	S/ 798.34
22	S/ 3,740.02	2.91	S/ 1,285.23
23	S/ 4,052.28	2.81	S/ 1,440.56
24	S/ 4,052.28	2.81	S/ 1,440.56
25	S/ 1,874.29	3.01	S/ 623.31
26	S/ 3,749.15	3.01	S/ 1,246.81
27	S/ 1,874.29	3.01	S/ 623.31
28	S/ 1,874.29	3.01	S/ 623.31
29	S/ 1,874.29	3.04	S/ 616.95
30	S/ 1,874.29	2.95	S/ 635.35
31	S/ 3,159.49	2.70	S/ 1,170.18
Campaña 3	S/ 2,582.01	2.96	S/ 882.56

*Fuente. Elaboración Propia.***Tabla 24***Costos operativos por voladura correspondiente al POST-TEST**Campaña 4*

Ítem	Descripción	Precio por Voladura
1	Costo de Explosivos	S/ 750.23
2	Costo de Aceros	S/ 173.13
3	Costo de Mano de Obra	S/ 260.00

4	Costo de Maquina Seca	S/ 864.06
	Total	S/ 2,047.42

Fuente. Elaboración Propia.

En la tabla 24 se puede apreciar el costo total por voladura s/ 2,047.42 en la Cuarta campaña correspondiente al POST-TEST con un avance efectivo de 3.00 metros lineales. Siendo el costo promedio por metro lineal s/681.70.

Tabla 25

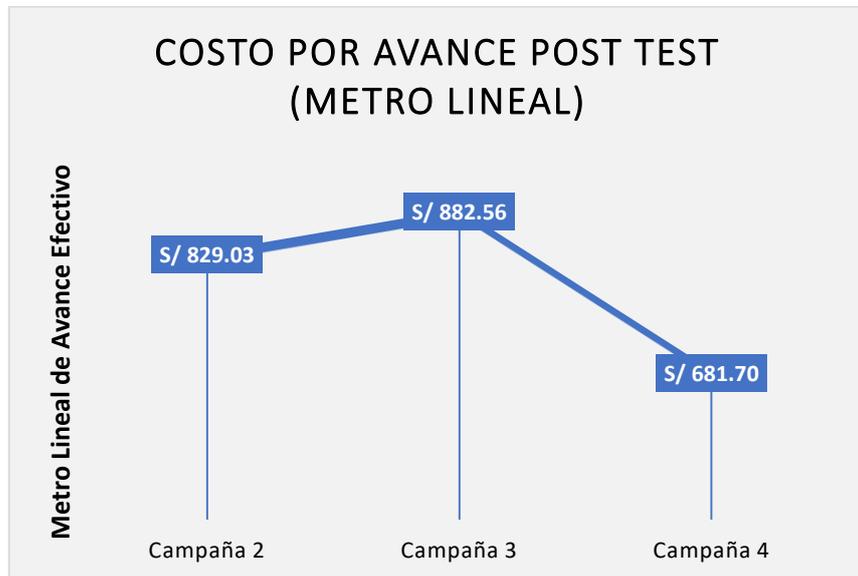
Resultados pertenecientes al POST-TEST campaña 4

MUESTRA	COSTO TOTAL	AVANCE REAL / DISPARO	COSTO POR METRO LINEAL
32.00	S/ 2,088.36	3.00	S/ 696.12
33.00	S/ 1,874.29	3.10	S/ 604.61
34.00	S/ 4,043.15	3.10	S/ 1,304.24
35.00	S/ 1,874.29	3.10	S/ 604.61
36.00	S/ 1,874.29	3.00	S/ 624.76
37.00	S/ 2,088.36	3.00	S/ 696.12
38.00	S/ 1,874.29	3.00	S/ 624.76
39.00	S/ 1,874.29	2.90	S/ 646.31
40.00	S/ 1,874.29	2.90	S/ 646.31
41.00	S/ 1,874.29	3.00	S/ 624.76
42.00	S/ 1,874.29	3.10	S/ 604.61
43.00	S/ 1,874.29	3.00	S/ 624.76
44.00	S/ 1,874.29	2.70	S/ 694.18
45.00	S/ 1,874.29	3.00	S/ 624.76
46.00	S/ 1,874.29	3.10	S/ 604.61
Campaña 4	S/ 2,047.43	3.00	S/ 681.70

Fuente. Elaboración Propia.

Figura 39

Costo de avance por metro lineal POST-TEST.



Fuente. Elaboración Propia.

En la figura 39 se puede apreciar el balance de costo de avance por metro lineal de la segunda, tercera y cuarta campaña correspondiente al POST-TEST. Siendo s/797.76 por metro lineal promedio.

E. Avance lineal POST-TEST

Promedio de muestra de la Segunda campaña (Muestra 4 al 17):

- *Longitud de perforación efectiva; 3.1 metros*
- *Longitud de Avance; 2.91 metros*
- *Volumen roto; 39.61 m³*
- *Explosivo utilizado; 91.98 Kg*
- *Factor de Carga; 2.33 Kg/m³*
- *Perfil de crucero*

Promedio de muestra de la Tercera campaña (Muestra 18 al 31):

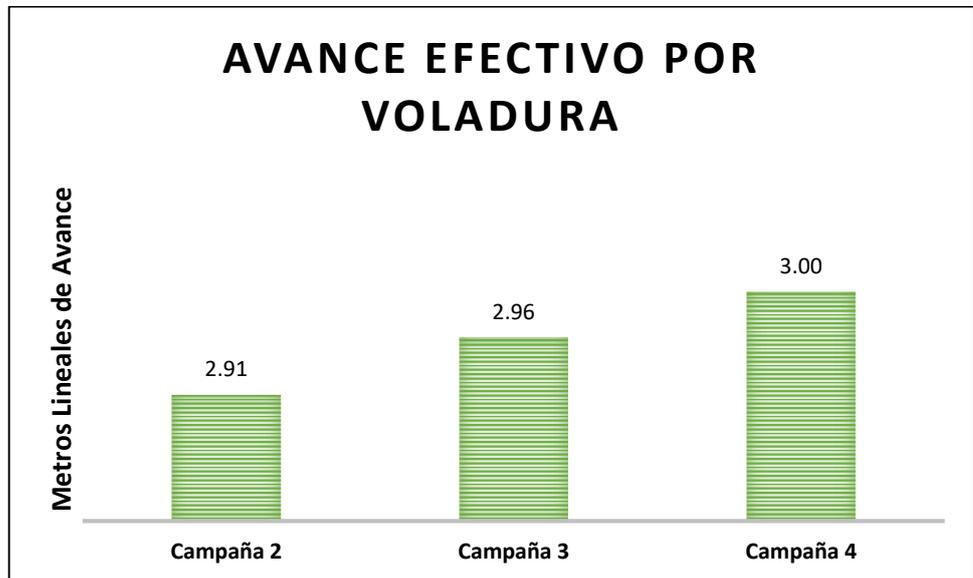
- *Longitud de perforación efectiva; 3.1 metros*
- *Longitud de Avance; 2.96 metros*
- *Volumen roto; 40.19 m³*
- *Explosivo utilizado; 91.98 Kg*
- *Factor de Carga; 2.29 Kg/m³*
- *Perfil de crucero*

Promedio de muestra de la Cuarta campaña (Muestra 32 al 46):

- *Longitud de perforación efectiva; 3.13 metros*
- *Longitud de Avance; 3.00 metros*
- *Volumen roto; 40.80 m³*
- *Explosivo utilizado; 91.98 Kg*
- *Factor de Carga; 2.26 Kg/TN*
- *Perfil de crucero*

Figura 40

Avance efectivo por Voladura



Fuente. Elaboración Propia.

En la figura 40 se puede apreciar el avance por metro lineal de la segunda tercera y cuarta campaña correspondiente al POST-TEST. Siendo el avance promedio 2.96 metros por voladura.

F. Factor de Carga POST-TEST

Tabla 26

Factor de Carga POST - TEST (Campaña 02)

Muestra	Avance Efectivo (m)	Factor de Carga Kg. / m3.	Volumen roto m3
4.00	2.79	2.42	37.94
5.00	2.88	2.35	39.21
6.00	2.98	2.27	40.47
7.00	2.91	2.32	39.63
8.00	3.07	2.20	41.78
9.00	2.60	2.60	35.41

10.00	2.88	2.35	39.21
11.00	3.07	2.20	41.78
12.00	2.98	2.27	40.47
13.00	2.70	2.51	36.68
14.00	2.99	2.26	40.69
15.00	3.10	2.18	42.21
16.00	2.95	2.30	40.05
17.00	2.87	2.36	38.99
Promedio	2.91	2.33	39.61

Fuente. Elaboración propia.

Cálculo de Factor de Carga Post-Test:

FC = Kg / m³

Donde:

KG = Kilogramos de explosivo

M³ = Metros cúbicos

Kilogramos de explosivo = KG ANFO + KG Dinamita

*Volumen Roto = AE * A*

Donde

AE = Avance Efectivo en metros

A = Área (m²)

Demostración:

Cálculo de Factor de carga Post-Test Muestra 04:

Numero de taladros cargados = 43

Frente de Labor = 3.8 metros * 3.8 metros

Volumen Roto = 2.79 m * 13.6 m² = 37.94 m³

Kilogramos de Explosivo = 87.5 Kg Anfo + 4.5 Kg De Dinamita

Semigelatina 65%

Kilogramos de Explosivo = 92 Kg

FC = 92 Kg / 37.94 m³

FC = 2.42 Kg/m³

Tabla 27

Factor de carga POST - TEST (Campaña 03)

Muestra	Avance Efectivo (m)	Factor de Carga Kg. / m³.	Volumen roto m³
18.00	3.00	2.25	40.80
19.00	3.10	2.18	42.21
20.00	3.01	2.25	40.90
21.00	3.01	2.25	40.90
22.00	2.91	2.32	39.58
23.00	2.81	2.40	38.26
24.00	2.81	2.40	38.26
25.00	3.01	2.25	40.90
26.00	3.01	2.25	40.90
27.00	3.01	2.25	40.90
28.00	3.01	2.25	40.90
29.00	3.04	2.23	41.32
30.00	2.95	2.29	40.12
31.00	2.70	2.50	36.72
Promedio	2.96	2.29	40.19

Fuente. Elaboración propia.

Cálculo de Factor de Carga Post-Test:

FC= Kg / m³

Donde:

KG = Kilogramos de explosivo

M3 = Metros cúbicos

Kilogramos de explosivo = KG ANFO + KG Dinamita

*Volumen Roto = AE * A*

Donde

AE = Avance Efectivo en metros

A = Área (m²)

Demostración:

Cálculo de Factor de carga Post-Test Muestra 18:

Numero de taladros cargados = 43

Frente de Labor = 3.8 metros * 3.8 metros

Volumen Roto = 3.00 m * 13.6 m² = 40.80 m³

Kilogramos de Explosivo = 87.5 Kg Anfo + 4.5 Kg De Dinamita

Semigelatina 65%

Kilogramos de Explosivo = 92 Kg

FC = 92 Kg / 40.80 m³

FC = 2.25 Kg/m³

Tabla 28*Factor de carga POST - TEST (Campaña 04)*

Muestra	Avance Efectivo (m)	Factor de Carga Kg. / m3.	Volumen roto m3
32.00	3.00	2.25	40.80
33.00	3.10	2.18	42.16
34.00	3.10	2.18	42.16
35.00	3.10	2.18	42.16
36.00	3.00	2.25	40.80
37.00	3.00	2.25	40.80
38.00	3.00	2.25	40.80
39.00	2.90	2.33	39.44
40.00	2.90	2.33	39.44
41.00	3.00	2.25	40.80
42.00	3.10	2.18	42.16
43.00	3.00	2.25	40.80
44.00	2.70	2.50	36.72
45.00	3.00	2.25	40.80
46.00	3.10	2.18	42.16
Promedio	3.00	2.26	40.80

*Fuente. Elaboración propia.**Cálculo de Factor de Carga Post-Test:***FC** = Kg / m3*Donde:***KG** = Kilogramos de explosivo**M3** = Metros cúbicos*Kilogramos de explosivo = KG ANFO + KG Dinamita**Volumen Roto = AE * A**Donde*

AE = Avance Efectivo en metros

A = Área (m²)

Demostración:

Cálculo de Factor de carga Post-Test Muestra 32:

Numero de taladros cargados = 43

Frente de Labor = 3.8 metros * 3.8 metros

Volumen Roto = 3.00 m * 13.6 m² = 40.80 m³

Kilogramos de Explosivo = 87.5 Kg Anfo + 4.5 Kg De Dinamita

Semigelatina 65%

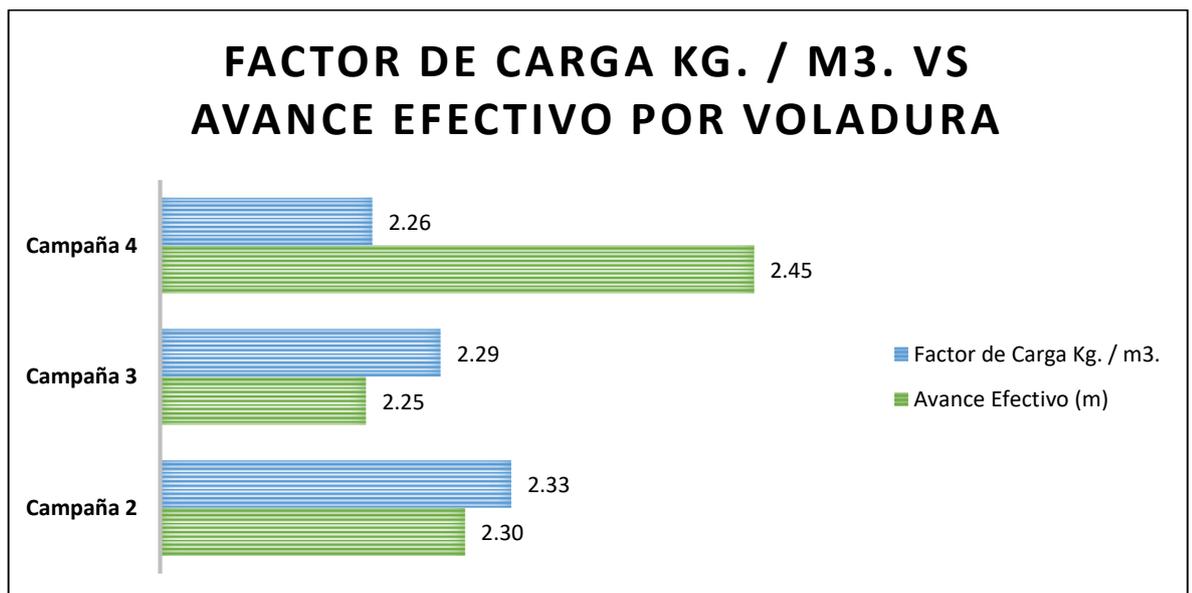
Kilogramos de Explosivo = 92 Kg

FC = 92 Kg / 40.80 m³

FC = 2.25 Kg/m³

Figura 41

Avance Efectivo VS Factor de carga



Fuente. Elaboración Propia.

En la figura 41, se muestra el factor de carga VS el avance efectivo de la segunda, tercera y cuarta campaña correspondientes al POST-TEST. Siendo el factor de carga promedio por voladura 2.29 Kg/m³ con un Avance promedio de 2.96 metros lineales.

4.2. Análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Costos Operativos

Tabla 29

Parámetros de comparación de costos, PRE / POST rediseño de malla de perforación.

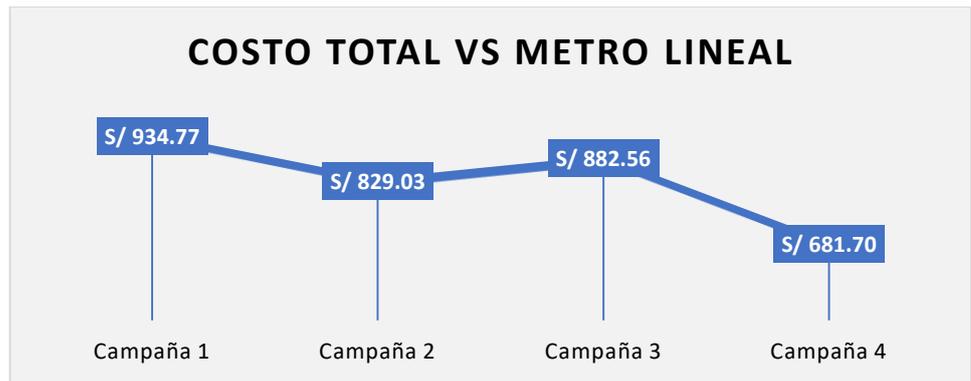
Parámetros	Malla PRE-TEST	Malla POST-TEST	Diferencia	
Costo por metro lineal de avance	S/ 934.77	S/ 797.76	↓ -S/ 137.01	↓ 14.66%
Costo por metro lineal explosivos y accesorios	S/ 343.45	S/ 254.26	↓ -S/ 89.19	↓ 25.97%
Costo por metro lineal maquina y fuerza laboral	S/ 481.79	S/ 380.96	↓ -S/ 100.83	↓ 20.93%

Fuente. Elaboración Propia.

En la tabla 29 se observa la diferencia de costos en cuanto a la malla de perforación PRE-TEST y POST-TEST, Indicando: La reducción del 14.66% en el costo por metro lineal de avance, Reducción del 25.97% en el costo de explosivos y accesorios por metro lineal y la reducción del 20.93% en el costo de mano de obra y máquina.

Figura 42

Resultado del costo total/metro lineal

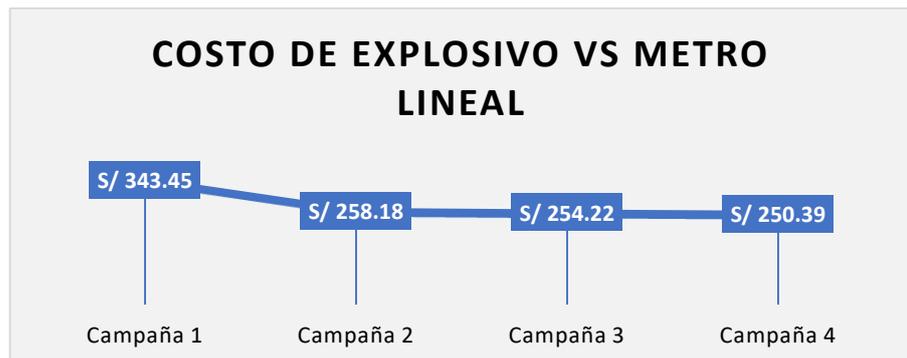


Fuente. Elaboración Propia-

La figura 42 muestra, el costo total por metro lineal en cada campaña, recordando que la primera corresponde al antes (pre test) de la mejora propuesta en la investigación respecto a la campaña 2, 3 y 4 es después (post test), en la que se evidencia una reducción del costo, habiendo una diferencia entre la primera con la segunda de 105.74 soles, si comparamos la primera con la tercera una reducción en 51.81 soles, y la primera con la cuarta en 253.07 soles.

Figura 43

Resultado del costo de explosivo/metro lineal

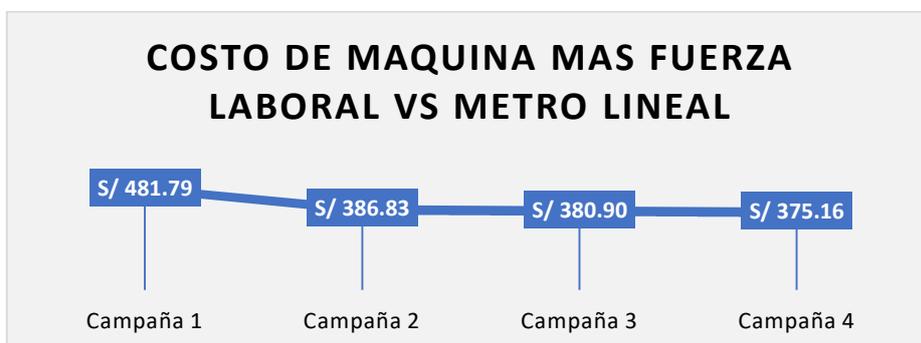


Fuente. Elaboración Propia.

En la figura 43 al comparar el costo de explosivo versus en metro lineal la campaña 1 respecto a la campaña 2 3 y 4 se diferencia por al menos 89.19 soles, evidenciando una reducción de costos tras la mejora propuesta.

Figura 44

Resultado del costo de maquina más mano de obra/metro lineal



Fuente. Elaboración propia.

Similar en la figura 44 referido al costo de máquina más fuerza laboral por metro lineal la campaña uno se diferencia en promedio por 95 soles de las 2,3 y 4, evidenciando una reducción de costo después de la mejora propuesta.

4.2.2. Avance Lineal

Tabla 30

Parámetros de comparación de las mallas de perforación.

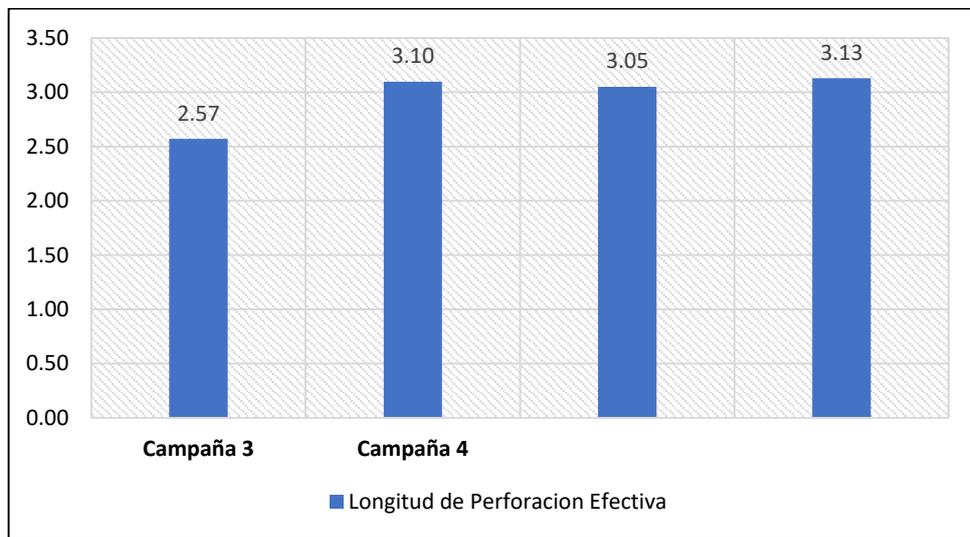
Parámetros	Malla PRE-TEST	Malla POST-TEST	Diferencia
Longitud de Perforacion	2.57 Metros (80%)	3.09 Metros (97%) ↑	20.00%
Longitud de avance en metros	2.34 Metros (90%)	2.96 Metros (96%) ↑	26.60%

Fuente. Elaboración Propia.

En la tabla 30 se observa la diferencia en porcentajes en cuanto a la malla de perforación PRE-TEST y POST-TEST, Indicando: El incremento del 20% en la longitud efectiva de perforación y longitud de avance en un 26.60%.

Figura 45

Longitud de Perforación por Campañas

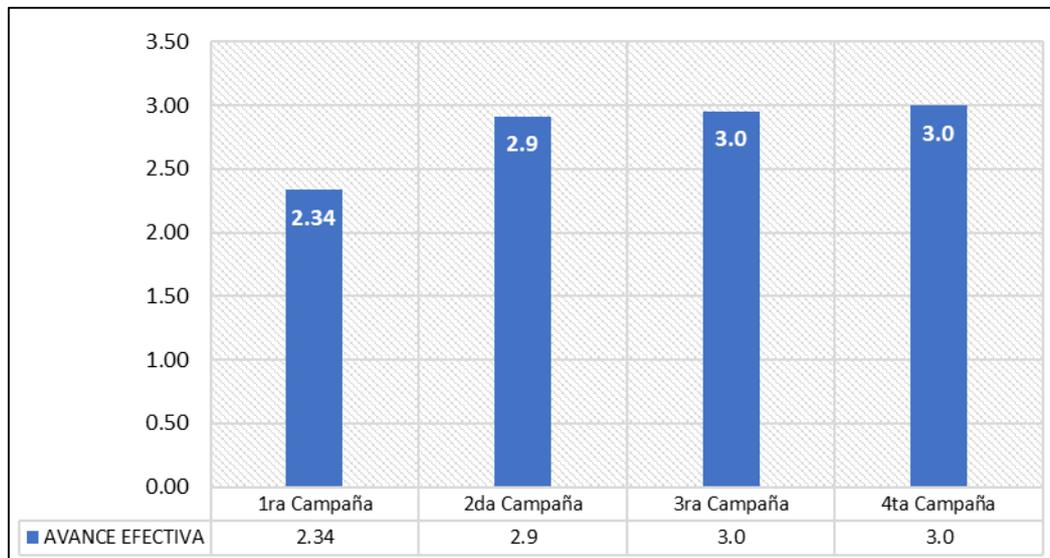


Fuente. Elaboración Propia.

En la figura 45 se observa la diferencia de perforación efectiva en metros por campañas donde la Primera campaña corresponde al PRE-TEST y las campañas 2,3,4 corresponde al POST-TEST, indicando que la longitud de la perforación efectiva en el PRE-TEST es menor al POST-TEST.

Figura 46

Avance efectivo por campañas

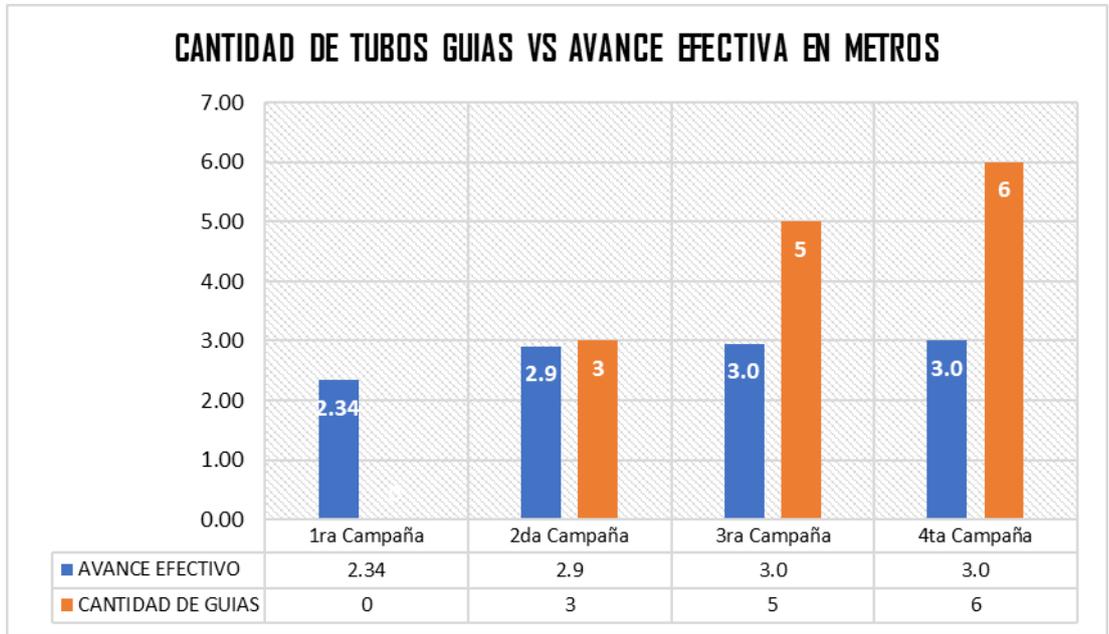


Fuente. Elaboración Propia.

En la figura 46 se observa la diferencia de avance lineal en metros por campañas donde la Primera campaña corresponde al PRE-TEST y las campañas 2,3,4 corresponde al POST-TEST, indicando que la longitud de avance efectivo en el PRE-TEST es menor al POST-TEST.

Figura 47

Cantidad de tubos guías de madera vs avance efectivo lineal promedio por campaña



Fuente. Elaboración Propia.

En el gráfico estadístico (figura 47) se detalla la cantidad de guías de madera usada por campaña. Donde se analiza que para la cantidad de taladros (43) de 45 milímetros de diámetro es necesario utilizar como mínimo 05 guías siendo el 13.33% del total de taladros.

4.2.3. Factor de Carga

Tabla 31

Parámetros de comparación de malla de perforación en cuanto al Factor de carga.

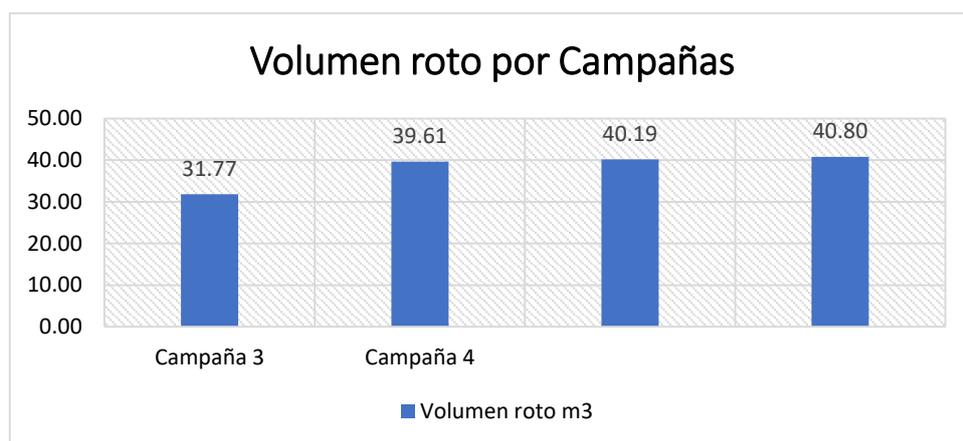
<i>Parámetros</i>	<i>Malla PRE-TEST</i>	<i>Malla POST-TEST</i>	<i>Diferencia</i>
Metros cubicos Rotos	31.77 m ³	40.20 m ³	↑ 26.53%
Explosivo Utilizado	104.99 Kg	91.97 Kg	↓ 12.40%
Factor de Carga	3.31 Kg/m ³	2.29 Kg/m ³	↓ 30.80%

Fuente. Elaboración Propia.

En la tabla 31 se observa la diferencia en porcentajes PRE-TEST y POST-TEST diseño de malla de perforación y voladura, Indicando el Incremento de metros cúbicos rotos en un 26.53%, la disminución de explosivo en un 12.40% y la reducción del factor de carga en un 30.8%.

Figura 48

Volumen roto por campañas

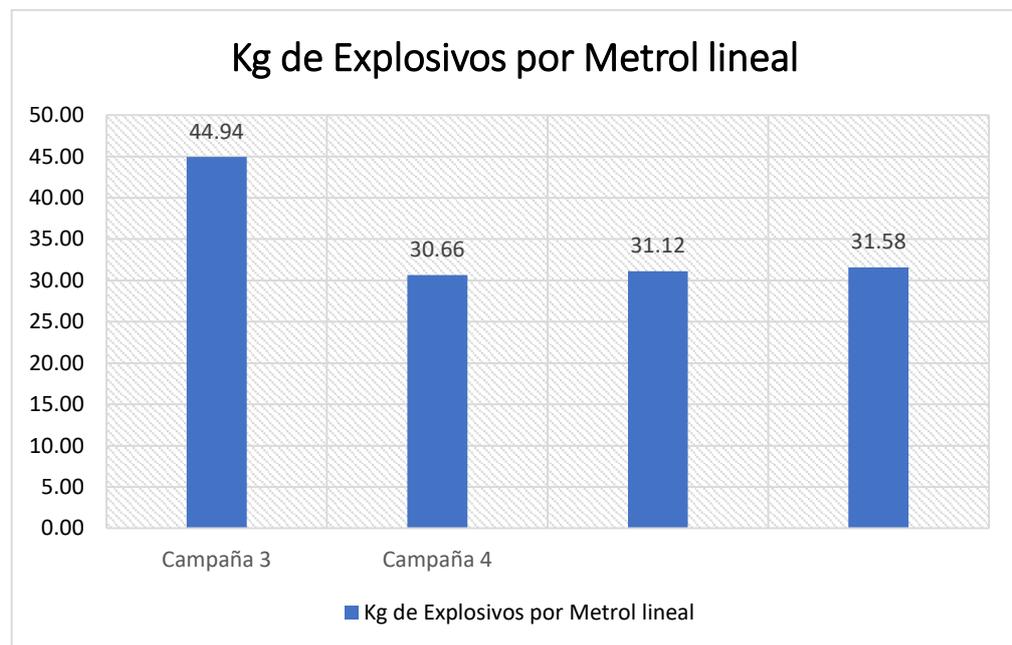


Fuente. Elaboración Propia.

En la figura 48 se observa la diferencia de volumen roto por campañas donde la Primera campaña corresponde al PRE-TEST y las campañas 2,3,4 corresponde al POST-TEST, indicando que el volumen roto en el PRE-TEST es menor al POST-TEST.

Figura 49

Kilogramos de explosivo por Metro lineal

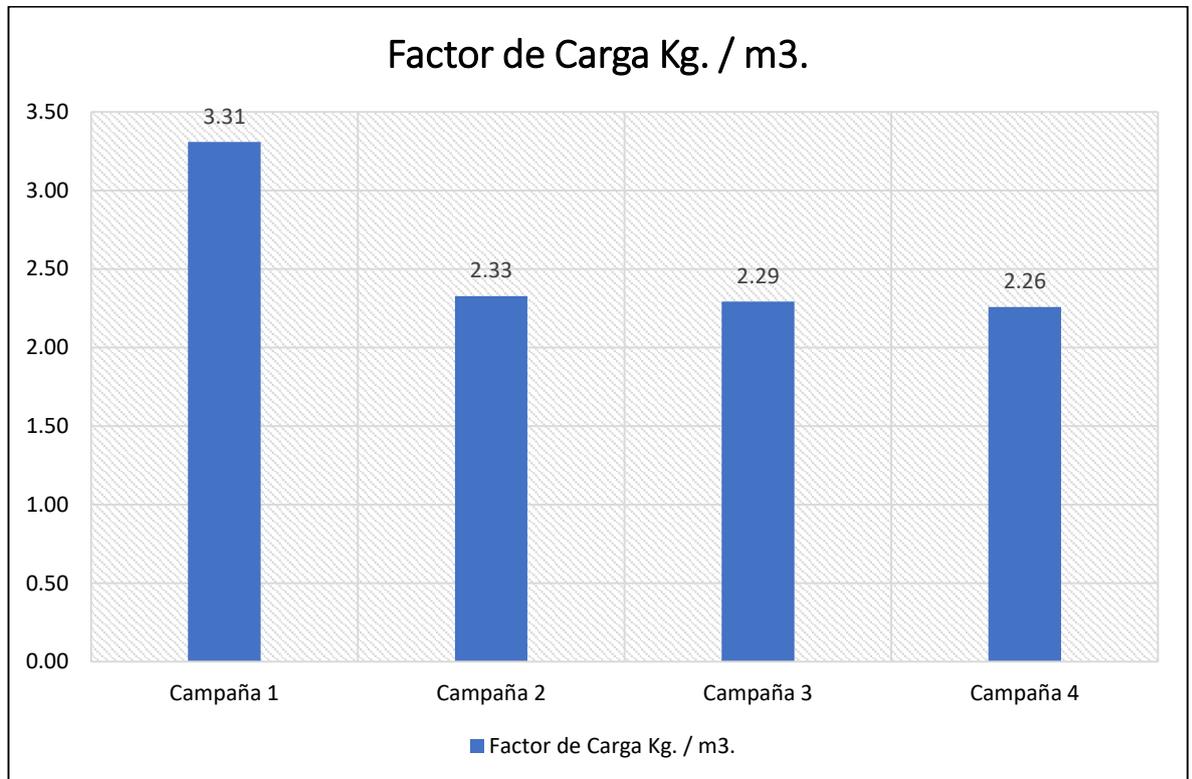


Fuente. Elaboración Propia.

En la figura 49 se observa la diferencia de kilogramos de explosivos utilizados por metro lineal, donde la Primera campaña corresponde al PRE-TEST y las campañas 2,3,4 corresponde al POST-TEST, indicando que el consumo de explosivos en el PRE-TEST es mayor al POST-TEST.

Figura 50

Factor de carga por campañas



Fuente. Elaboración Propia.

En la figura 50 se observa la diferencia de factor de carga por campaña, donde la Primera campaña corresponde al PRE-TEST y las campañas 2,3,4 corresponde al POST-TEST, indicando que el factor de carga en el PRE-TEST es mayor al POST-TEST.

4.3. Prueba de Hipótesis

4.3.1. Hipótesis General

Teniendo en cuenta el planteamiento de la hipótesis general "Se reduce los costos operativos y se mejora el avance mediante la Optimización del Sistema de Perforación y Voladura en la Unidad Minera Gedeón y Copacabana".

Con el rediseño de la malla de perforación y voladura se observa una variación de costos favorables, avance lineal y el factor de carga. Es decir, una optimización

significativa del proceso de perforación y voladura. Quedando demostrada la hipótesis planteada.

4.3.2. Hipótesis específica

Prueba de primera Hipótesis específica

Considerando el planteamiento de la primera hipótesis específica “Se reduce los costos operativos mediante la Optimización del Sistema de Perforación y Voladura en la Unidad Minera Gedeón y Copacabana”.

A partir de los resultados que fueron obtenidos se observa una variación favorable en relación a los costos operativos, en la línea base los costos operativos es de s/934.77 p/v con la optimización del sistema de perforación y voladura se tiene s/797.76 p/v. Es decir, se tiene una reducción significativa, quedando demostrada la primera hipótesis específica.

Sostenibilidad estadística SPSS

Tabla 32

Tabla de costos Pre / Post Test

Campaña		Costo por disparo	Avance Efectivo	Costo por Metro lineal
Campaña 1	Pre-Test	2180.91	2.34	934.77
Campaña 2	Post-Test	2418.13	2.91	829.03
Campaña 3	Post-Test	2582.01	2.96	882.56
Campaña 4	Post-Test	2047.43	3.00	681.70

Fuente. Elaboración Propia.

Figura 51

Prueba de Normalidad (Primera Hipótesis)

Pruebas de normalidad							
TEST	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
COSTO	POST-TEST	.361	43	<.001	.648	43	<.001
	PRE-TEST	.283	3	.	.935	3	.507

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente. Elaboración Propia.

H0: No se reduce los costos operativos mediante la optimización el sistema de perforación y voladura en la unidad Minera Gedeón y Copacabana.

H1: Se reduce los costos operativos mediante la optimización el sistema de perforación y voladura en la unidad Minera Gedeón y Copacabana.

Interpretación: En la imagen 51 se muestra resultados de la prueba de normalidad. Las diferencias de medias entre las muestras se encuentran en un intervalo de confianza del 95%, en donde el sig es .001 lo cual es menor al 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula, validando de esta manera la reducción de los costos operativos mediante la optimización el sistema de perforación y voladura en la unidad Minera Gedeón y Copacabana.

Prueba de Segunda Hipótesis específica

Considerando el planteamiento de la segunda hipótesis específica “Se mejora el avance lineal mediante la Optimización del Sistema de Perforación y Voladura en la Unidad Minera Gedeón y Copacabana”.

A partir de los resultados que fueron obtenidos se observa una variación favorable en relación al avance lineal, en la línea base el avance lineal es de 2.34 metros

por voladura con la optimización del sistema de perforación y voladura se tiene 2.96 metros por voladura. Es decir, se tiene una optimización significativa, quedando demostrada la segunda hipótesis específica.

Sostenibilidad estadística SPSS

Tabla 33

Avance efectivo Pre / Post Test.

Muestra	Descripción	Avance Efectivo (m)
Campaña 1	Pre-Test	2.34
Campaña 2	Post-Test	2.91
Campaña 3	Post-Test	2.96
Campaña 4	Post-Test	3.00

Fuente. Elaboración Propia.

Figura 52

Prueba de Normalidad (Segunda Hipótesis).

Pruebas de normalidad ^a							
TEST	TEST	Kolmogorov-Smirnov ^b			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
AVANCE_EFECTIVO	POST-TEST	.202	43	<.001	.880	43	<.001
	PRE-TEST	.292	3	.	.923	3	.463

a. No hay casos válidos para AVANCE_EFECTIVO cuando TEST = .000. Los estadísticos no se pueden calcular para este nivel.

b. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente. Elaboración Propia.

H0: No se mejora el avance lineal mediante la Optimización del Sistema de Perforación y Voladura en la Unidad Minera Gedeón y Copacabana.

H1: Se mejora el avance lineal mediante la Optimización del Sistema de Perforación y Voladura en la Unidad Minera Gedeón y Copacabana.

Interpretación: En la imagen 52 se muestra resultados de la prueba de normalidad. Las diferencias de medias entre las muestras se encuentran en un intervalo de confianza del 95%, en donde el sig es .001 lo cual es menor al 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula, validando de esta manera el mejoramiento del avance lineal mediante la Optimización del Sistema de Perforación y Voladura en la Unidad Minera Gedeón y Copacabana.

Prueba de Tercera Hipótesis específica

Considerando el planteamiento de la tercera hipótesis específica "Se reduce el Factor de carga mediante la Optimización del Sistema de Perforación y voladura en la unidad Minera Gedeón y Copacabana".

A partir de los resultados que fueron obtenidos se observa una variación favorable en relación al factor de carga, en la línea base el factor de carga es de 3.31 kg/m³ con la optimización del sistema de perforación y voladura se tiene 2.29 kg/m³. Es decir, se tiene una reducción significativa, quedando demostrada la tercera hipótesis específica.

Sostenibilidad estadística SPSS

Tabla 34

Factor de carga Pre / Post test

Muestra	Descripción	Factor de Carga Kg. / m3.
Campaña 1	Pre-Test	3.31
Campaña 2	Post-Test	2.33
Campaña 3	Post-Test	2.29
Campaña 4	Post-Test	2.26

Fuente. Elaboración Propia.

Figura 53

Prueba de Normalidad (Tercera Hipótesis)

Pruebas de normalidad^a							
TEST	Kolmogorov-Smirnov ^b			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
FACTOR_DE_CARGA POST-TEST	.214	43	<.001	.855	43	<.001	
FACTOR_DE_CARGA PRE-TEST	.276	3	.	.942	3	.537	

a. No hay casos válidos para FACTOR_DE_CARGA cuando TEST = .000. Los estadísticos no se pueden calcular para este nivel.

b. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente. Elaboración Propia.

H0: No se reduce el Factor de Carga mediante la Optimización del Sistema de Perforación y voladura en la unidad Minera Gedeón y Copacabana.

H1: Se reduce el Factor de Carga mediante la Optimización del Sistema de Perforación y voladura en la unidad Minera Gedeón y Copacabana.

Interpretación: En la imagen 53 se muestra resultados de la prueba de normalidad. Las diferencias de medias entre las muestras se encuentran en un intervalo de confianza del 95%, en donde el sig es .001 lo cual es menor al 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula, validando de esta manera la reducción del factor de carga mediante la Optimización del Sistema de Perforación y voladura en la unidad Minera Gedeón y Copacabana.

4.4. Discusión de resultados

Costos operativos

De acuerdo al primer objetivo, en la que se mejora los costos de acero, explosivo, mano de obra y equipo con el rediseño de la malla de perforación y voladura haciendo posible la optimización del sistema en la unidad minera Gedeón y Copacabana.

(Canchihuaman, 2012) Indica que los costos operativos influyen por el uso de equipos, la mano de obra, materiales e insumos como aceros y explosivos, excluyendo los costos de servicios auxiliares y energía, teniendo como cantidad mayor de taladros y tiempo. Concluyendo que a través de los estándares operaciones de sistema de perforación y voladura se reduce los costos operativos.

Mejora de avance lineal

Para el segundo objetivo, donde se mejora el avance lineal, esta se logra con una capacitación teórica – Practico a los operadores y ayudantes de jumbo, sosteniendo que el paralelismo en los taladros perforados es influyente para el avance efectivo del 95% al 100 % haciendo uso eficiente de las guías de madera que se necesita para el control de paralelismo. (Arias, 2022) remarca los criterios del operador que debe considerar, como el paralelismo que sea lo más simétrico posible, ayudándose de las marcas de los astrales y de la gradiente como los guiadores existentes en operaciones, a la fecha existen equipos

qué realiza un paralelismo automático fijando mediante sensores, la grabación del ángulo de perforación y bajo esas instrucciones repetir los siguientes taladros.

Factor de carga

Para el tercer objetivo en la que se mejora factor de carga, esta se logra con el rediseño de la malla de perforación empleando el método de Roger Holmberg, Richard Ash, Pearce Monsanto y mejora heurística, reduciendo los taladros perforados y por ende menor consumo de explosivo. Como menciona Paz Artica (2018) en el proceso de perforación y voladura en la Veta MARÍA ROSA, de la Empresa Minera Chungar, mina Animón, el principal problema es la sobre disolución, lo que plantea una optimización de la actividad de perforación (malla de perforación) y voladura (alto consumo de explosivo), en el curso de perforación y voladura en minería subterránea dictado por Arias (2022) explica el planeamiento en voladura y perforación describiendo sus tipos propiedades fisicoquímicos de los explosivos también el uso de los equipos de perforación de roca en minería subterránea del tipo neumático eléctrico hidráulico electrohidráulico asimismo en el tema de voladura controlada en operaciones subterráneas como voladura de precorte y voladura de recorte también la reducción de costos de perforación y voladura de rocas en minería subterránea algoritmos matemáticos para el diseño de la malla de perforación de frentes de avance y trazo de producción también la optimización de índices de gestión operativa en perforación y voladura de rocas, Ahondando en las condiciones geomecánicas como el indicador que cuantifica la calidad del macizo rocoso RMR (Rock Mass Rating), como medida de control para un diseño adecuado de voladura de la roca, también la resistencia de la roca intacta, el índice de calidad de la roca la condición de discontinuidades y la condición de agua y humedad.

CONCLUSIONES

- *Se redujo el costo operativo en un 8% por voladura y 14.66% por metro lineal de avance, Rediseñando la malla de perforación tomando como guía los modelos matemáticos de Roger Holmberg, Richard Ash, Pearse Monsanto y mejora heurística teniendo un promedio de tres metros de avance lineal en la cuarta campaña, llegando a la meta requerida por la Unidad Minera Gedeón y Copacabana, donde se considera un total de 43 taladros de producción de 45 mm de diámetro y 01 taladro de alivio de 102 mm de diámetro en el frente del túnel (Crucero fortuna nivel 0) cuya dimensión son 3.8 * 3.8 metros.*
- *Se mejora el avance lineal con: La capacitación teórica-práctica del operador y ayudante de jumbo de "Control de paralelismo en jumbo de perforación frontal", reflejado en el **INDEX** de 1.69 en promedio general, incrementando el conocimiento en 69%, para esta capacitación se consideró test de entrada (Nota promedio: 11) y una evaluación final (Nota promedio: 18). Asimismo, el empleo de guías de madera para llevar el paralelismo de los taladros de perforación en el diseño de malla con un avance efectivo de 95% con respecto a la perforación efectiva.*
- *Se reduce el factor de carga en un 30.80% aproximadamente con la optimización del sistema de perforación y voladura (Reducción de taladros en la malla de perforación), donde se emplea menor consumo de explosivos por volumen tronado.*
- *Con la optimización del sistema de perforación y voladura se obtiene resultados muy significativos en cuanto a costos operativos, avance lineal y factor de carga.*

Tabla 35

Diferencia Pre / Post Optimización del sistema de perforación y voladura.

Descripcion	Costo por metro lineal de avance CX	Avance Efectivo (m)	Factor de Carga Kg. / m3.
Pre-Test	S/ 934.77	2.34	3.31
Post-Test	S/ 797.76	2.96	2.29
Diferencia	 -S/ 137.01	 0.62	 -1.02

Fuente. Elaboración Propia.

RECOMENDACIONES

1. *Se recomienda implementar un software para el diseño y modelamiento de mallas de perforación y voladura en los frentes de trabajo.*
2. *Se recomienda estandarizar el uso de guidores (Pueden ser de madera o PVC) en la perforación para controlar el paralelismo en la perforación, teniendo en cuenta el 12% del total de taladros a realizar en los frentes de trabajo.*
3. *Capacitar a los trabajadores constantemente en los procesos de trabajo e innovación minera a fin de tener un conocimiento más sólido y puedan desarrollar actividades bajo sustentos legales, normativas y técnicos, considerando la metodología de la curva del olvido para retener los saberes en el tiempo.*
4. *Con el fin, de reducción de costos en disciplina operativa, se recomienda tener implementado un sistema de gestión personal:*
 - a. *Proceso de selección (Solicitud de personal, ficha evaluativa, formato de entrevista, ficha del personal evaluado, etc)*
 - b. *Reglamento interno de trabajo*
 - c. *Manual de obligaciones y funciones*
 - d. *Requisitos mínimos para postulantes a diferentes puestos de trabajo asesorado por un especialista en selección de trabajadores.*

Para mejorar el status técnico y profesional en las unidades Mineras a fin de tener una viabilidad económica por ende mejores resultados.

5. *Se recomienda tener un plan de renovación de equipos (Perfil bajo) por la innovación constante en el mercado, a fin de contar con equipos sofisticados y actualizados para tener un buen rendimiento en el avance de operaciones subterráneas.*

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almerco, A. P., Sánchez, J. L. S., & Camposano, G. L. L. (2019). Influencia de la Disciplina Operativa durante el carguío en el rendimiento de la emulsión encartuchada 1 ¼ - acceso 575 Mina Ticlio 2018. *Ciencia y Desarrollo*, 22(4), 23–34. <https://doi.org/10.21503/cyd.v22i4.1834>
- Arias, E. (2022). *Perforación y voladura en minería subterránea - 2022 - YouTube*. https://www.youtube.com/watch?v=5ZGEh-_xD-4&t=228s
- Carlos Díaz-martínez, J., & ALBERTO JIMÉNEZ-BUILES Ph, J. D. (2012). ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA OPERACIÓN DE PERFORACIÓN Y VOLADURAS EN MINERÍA DE SUPERFICIE EMPLEANDO EL ENFOQUE DE LA PROGRAMACIÓN ESTRUCTURADA ANALYSIS AND DESIGN OF DRILLING AND BLASTING OPERATION ON OPEN PIT MINING USING FOCUS ON STRUCTURED PROGRAMMING MELISSA ANDREA GUARÍN-ARAGÓN. 32, 15–22.
- Chambi Chambi, J. R. (2019). Análisis y Optimización de las Operaciones de Perforación y Voladura para el Desarrollo de Estándares Técnicos e Incremento de Utilidades en Mina Tambomayo. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/9075>
- Cisternas Cisternas, V. A. (2016). *Implementación de Lean al proceso de perforación & tronadura del Rajo Sur - División el Teniente - Codelco Chile*. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/142798>
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). Metodología de la investigación: las tres rutas cuantitativa, cualitativa y mixta . In *Mc Graw Hill* (Vol. 1, Issue Mexico).
- Inga Villazana, W. N. (2020). El diseño de malla de perforación y su influencia en la calidad de fragmentación de roca en la Compañía Minera Alpayana S.A. Lima 2020. *Universidad Continental*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/9877>

- Mamani Vargas, F. B. (2022). Rediseño de la malla de perforación y voladura en frentes de avance nivel 0 para reducir los costos de operación SM Esperanza Secocha. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*.
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/14733>
- Paz Artica, R. F. (2018). Optimización de la perforación y voladura en la veta Maria Rosa en Chungar s.a.c. Pasco. *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*.
<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/521>
- Ricse Jeremías, K. O. (2020). *Diseño de malla de perforación y voladura para mejorar la fragmentación de roca en Mina Paola de Compañía Minera San Lucas S.A.C.*
- Rojas Aparco, K., & Flores Solano, Y. P. (2017). "Diseño de malla de perforación y voladura para la reducción de costos en el nivel 1590 crucero 520 de la U.E.A. capitana - Corporación Laces S.A.C. Minería y Construcción - Caraveli - Arequipa." *Universidad Nacional de Huancavelica*. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1080>
- Zevallos Rodriguez, L. A. (2022). Alternativa de mejora de la malla de perforación y voladura, para reducir los costos de producción en La Empresa Minera Volcán – Unidad San Cristóbal. *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*.
<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2753>

ANEXOS

ANEXO 1: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Figura 54

Examen de capacitación Pre / Post Capacitación (Pag.1).

UNIDAD MINERA GEDEON Y COPACABANA

EXAMEN FINAL

CONTROL DE PARALELISMO EN JUMBO DE PERFORACION FRONTAL

Apellidos y Nombres :

Cargo :

DNI :

Fecha :

-
1. Mencione verdadero o falso: Factores que influyen en el paralelismo y alineamiento de los taladros
 - a. El carro portador se inclina por fallas en las gatas (V)
 - b. Tope de jebe en la viga deteriorada (V)
 - c. Excesiva presión de avance (V)
 - d. Falso apoyo de la viga de avance en la roca (V)
 - e. Barras subdimensionadas o defectuosas (V)
 - f. Brocas desgastadas o sin afilado (V)

 2. Cuáles son los errores de perforación
 - a. Hueco de alivio de diámetro muy pequeño
 - b. Desviaciones en el paralelismo
 - c. Intersección entre taladros
 - d. Sobrecarga
 - e. **Todas las anteriores**

 3. Arranque utilizado hoy en día es el corte cilíndrico con taladro de alivio de mayor diámetro. Se refiere a:
 - a. **Corte de taladros paralelos**
 - b. Corte de taladros inparalelos
 - c. Corte de taladros desviados
 - d. Corte de taladros con un grado de inclinación
 - e. Ninguna de las anteriores

 4. Es la distancia medida perpendicularmente desde el centro de gravedad de una mezcla explosiva cargada dentro de un taladro, a la cara libre más cercana y en la dirección en la cual probablemente ocurrirá el desplazamiento de la masa rocosa. Se refiere a:
 - a. **Burden**
 - b. Espaciamiento
 - c. Taladro

Fuente. Centro de capacitación especializado Wabe SAC.

Figura 55

Examen de capacitación Pre / Post Capacitación (Pag.2)

UNIDAD MINERA GEDEON Y COPACABANA

d. Ninguna de las anteriores

5. Como se comprueba el paralelismo de los taladros en un frente

- a. Viendo la línea de gradiente y dirección
- b. Viendo solo la dirección
- c. Viendo el pintado de las mallas
- d. **A y C son correctos**
- e. Ninguna de las anteriores

6. Relaciones el procedimiento para realizar el pintado de la línea de dirección de gradiente y malla de perforación

Tensar la pita o soguilla adherida al eje con dirección al techo (1)

Proyectar la luz frente a la pita y ubicar la línea de la gradiente (2)

Pintar la continuación de la línea de gradiente (3)

7. Como controlas el paralelismo de los taladros en un frente

- a. Usando guías de madera
- b. Viendo solo la dirección
- c. Viendo el pintado de las mallas
- d. **Solo la a**
- e. Ninguna de las anteriores

8. El paralelismo de los taladros es muy importante ya que influye en el avance lineal de un frente de trabajo.

- a. **Verdadero**
- b. Falso, no influye en el paralelismo
- c. Depende de la gradiente
- d. Ninguna de las anteriores

Fuente. Centro de capacitación especializado Wabe SAC.

Figura 56

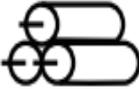
Juicio de experto

 UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN		FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN				
I. DATOS GENERALES						
1.1. Apellidos y Nombres del informante:						
Raúl Fernández Mallqui						
1.2. Grado Académico:						
Maestro en Gestión del Sistema Ambiental						
1.3. Cargo e institución donde labora:						
Docente de la Facultad de Minas de la UNDAC						
1.4. Título de Investigación: "Reducción de los costos operativos y mejora de avance mediante la optimización del sistema de perforación y voladura en la unidad minera Gedeón y Copacabana"						
1.5. Autor del Instrumento: León Bautista Abraham						
1.6. Nombre del Instrumento: Ficha de Observación						
II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN						
INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0 - 20 %	Regular 21 - 40%	Buena 41 - 60%	Muy Buena 61 - 80%	Excelente 81 - 100%
CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje apropiado y formulas exactas					X
OBJETIVIDAD	Cumple su fin de determinar la calidad del Agua					X
ACTUALIDAD	Usa instrumentos y métodos actuales					X
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica					X
SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de cantidad y calidad					
INTENCIONALIDAD	Es adecuado para poder determinar los aspectos del estudio					X
CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos científicos				X	
COHERENCIA	Lleva relación cada aspecto la tabla					X
METODOLOGIA	La estrategia responde al propósito de la investigación					X
OPORTUNIDAD	Genera nuevas pautas en la investigación y construcción de teorías.				X	
III. PROMEDIO DE VALIDACIÓN:						
85% CON UNA CALIFICACIÓN EXCELENTE						
IV. OPINION DE APLICACIÓN:						
NINGUNA						
Cerro de Pasco, agosto del 2023	04021859				963529102	
Lugar y Fecha	N° DNI	Firma de Experto			N° Celular	

Fuente. Elaboración propia.

Figura 57

Ficha técnica de dinamita (Pag.1)



ALTOS EXPLOSIVOS

DINAMITA FAMESA

SEMIGELATINA®

DINAMITA

Descripción y composición

La DINAMITA FAMESA SEMIGELATINA® es un explosivo fabricado a base de Nitroglicerina, es sensible al Fulminante Común N° 6 que presenta un alto poder rompedor y tiene buena resistencia al agua.

Esta dinamita se emplea en todo tipo de trabajos en minería superficial, subterránea y obras civiles utilizándose con éxito en rocas de dureza intermedia a dura, proporcionando buenos resultados en cuanto a la fragmentación.

Puede utilizarse como iniciadores de columnas de nitro-carbonitratos (ANFO), en taladros de diámetros pequeños o intermedios.

Tipos y usos

Para satisfacer los requerimientos del mercado, FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. cuenta con los siguientes tipos:

- DINAMITA FAMESA SEMIGELATINA® 45
- DINAMITA FAMESA SEMIGELATINA® 65
- DINAMITA FAMESA SEMIGELATINA® 80

Transporte Clase : 1
División : 1.1 D
N° ONU : 0081



Fuente. Famesa Explosivos.

Figura 58

Ficha técnica de dinamita (Pag.2)

Características técnicas

	DINAMITA FAMESA SEMIGELATINA® 45	DINAMITA FAMESA SEMIGELATINA® 65	DINAMITA FAMESA SEMIGELATINA® 80
Densidad relativa (g/cm³)	1,12 ± 0,1	1,14 ± 0,1	1,16 ± 0,1
Velocidad de detonación (m/s)	5 200 ± 300	5 400 ± 300	5 600 ± 300
confinado (*)	3 500 ± 300	3 700 ± 300	3 900 ± 300
s/confinar (**)			
Presión de detonación (kbar)	76	83	91
Potencia relativa en peso *** (%)	65	70	75
Fuerza hess (mm)	22	22	23
Volumen normal de gases (l/kg)	880	910	920
Resistencia al agua	Buena	Muy Buena	Muy Buena
Categorías de humos	Primera	Primera	Primera

* Velocidad de detonación en tubo de 1½ pulgadas de diámetro.
 ** Velocidad de detonación como cartucho de ¾ de pulgadas de diámetro.
 *** Potencia relativa referida a la Gelatina Explosiva (Trauzl) con potencia convencional de 100.



MANIPULEO Y ALMACENAMIENTO
 Los explosivos y accesorios de voladura de FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. son productos seguros, pero en manos inexpertas se constituyen en elementos peligrosos. El adquirente o usuario debe cumplir con lo establecido por las normas correspondientes, al momento de su transporte, almacenaje y uso, así como entrenar debidamente a todo el personal encargado de su manipuleo.

FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. no asume responsabilidad alguna por el transporte, almacenaje y/o uso inadecuado que pudiera darse a sus productos. El transporte, almacenaje, manipuleo y uso debe hacerse en concordancia con las regulaciones y aprobaciones por la autoridad competente. Debe ser almacenado en polvorines ubicados en zonas seguras, protegidos de la lluvia y el calor, y en concordancia con la tabla de compatibilidad vigente de la autoridad competente.

ATENCIÓN
 La información y recomendación aquí descrita no cubren necesariamente todas las aplicaciones del producto ni las distintas condiciones bajo las cuales éste sea utilizado. Estas se basan en la experiencia, investigación y pruebas realizadas por Famesa Explosivos S.A.C., quien no garantiza resultados favorables ni asume responsabilidad alguna, expresa o implícita en conexión con el uso de estas sugerencias. Este producto puede ser modificado sin previo aviso.

Presentación

	Material de caja	Capacidad de caja (Pza.)	Peso neto (kg)	Peso bruto (kg)	Dimensiones exteriores (cm)
SEMIGELATINA® 45 ¾" x 7"	Cartón	316	25,0	26,5	30,8 x 42,0 x 31,0
SEMIGELATINA® 45 1" x 7"	Cartón	244	25,0	26,5	30,8 x 42,0 x 31,0
SEMIGELATINA® 45 1" x 8"	Cartón	212	25,0	26,5	30,8 x 42,0 x 31,0
SEMIGELATINA® 65 ¾" x 7"	Cartón	312	25,0	26,5	30,8 x 42,0 x 31,0
SEMIGELATINA® 65 1" x 7"	Cartón	240	25,0	26,5	30,8 x 42,0 x 31,0
SEMIGELATINA® 65 1" x 8"	Cartón	208	25,0	26,5	30,8 x 42,0 x 31,0
SEMIGELATINA® 80 ¾" x 7"	Cartón	296	25,0	26,5	30,8 x 42,0 x 31,0
SEMIGELATINA® 80 1" x 7"	Cartón	228	25,0	26,5	30,8 x 42,0 x 31,0

Otras formas de embalaje de acuerdo a pedido.



Fuente. Famesa Explosivos.

Figura 59

Ficha técnica de fulminante (Pag.1)



SISTEMAS DE INICIACIÓN

FULMINANTE COMÚN FULMESA®

DETONADOR DE MECHA O FULMINANTE COMÚN

Descripción y composición

El FULMINANTE COMÚN está constituido por una cápsula cilíndrica de aluminio cerrada en uno de sus extremos, en cuyo interior lleva un explosivo primario muy sensible a la chispa de la mecha de seguridad y otro secundario de alto poder explosivo.

Dada la calidad de los insumos utilizados en la fabricación del producto, estos le proporcionan máxima seguridad y eficiencia en el uso.

Tipos y usos

Para satisfacer los requerimientos del mercado, FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. cuenta con los siguientes tipos de fulminante:

- Fulminante Común N° 6
- Fulminante Común N° 8

EL FULMINANTE COMÚN está diseñado para ser iniciado por la chispa de una Mecha de Seguridad y es usado como iniciador primario, así tenemos:

- Fulminante Común N° 6.- Se utiliza para iniciar la Dinamita FAMESA.
- Fulminante Común N° 8.- Se utiliza para iniciar al Emulnor (emulsión encartuchada) y Dinamita FAMESA.

Características técnicas

	Fulminante común N° 6	Fulminante común N° 8
Longitud del fulminante (mm)	45	45
Diámetro del fulminante (mm)	6,3	6,3
Prueba de esopo, diámetro de perforación (mm)	Min. 9,0	Min. 9,0
Volumen trauzl (cm ³)	Min. 20	Min. 23
Resistencia a la humedad relativa del 100% por 24 horas.	Detona	Detona
Resistencia al impacto 2 kg/1m	No Detona	No Detona
Sensibilidad a la chispa de la mecha de seguridad.	Buena	Buena

Fuente. Famesa Explosivos.

Figura 60

Ficha técnica de fulminante (Pag.2)

Presentación

En cajas de cartón corrugado, conteniendo cajitas de cartón dúplex de 100 unidades cada una.

Embalaje 1.1B:	Material de caja	Capacidad de caja	Peso neto (kg)	Peso bruto (kg)	Dimensiones exteriores (cm)
Fulminante común N° 6	Cartón	100 cajas x 100 unid	13,5	16,3	34,3 x 32,0 x 26,9
Fulminante común N° 8	Cartón	100 cajas x 100 unid	14,4	17,3	34,3 x 32,0 x 26,9

Embalaje 1.4S:	Material de caja	Capacidad de caja	Peso neto (kg)	Peso bruto (kg)	Dimensiones exteriores (cm)
Fulminante común N° 8	Cartón	90 unid.	0,13	2,36	36,0 x 36,0 x 19,5



MANIPULO Y ALMACENAMIENTO

Los explosivos y accesorios de iniciación de FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. son productos seguros, pero en ciertos aspectos se controlan en elementos peligrosos. El transporte o traslado debe cumplir con lo establecido por las normas correspondientes, al momento de su transporte, almacenamiento y uso, así como arribar debidamente a todo el personal involucrado de su manejo.

FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. no asume responsabilidad alguna por el transporte, almacenamiento, uso, uso indebido que pudiera darse a sus productos, el transporte, almacenamiento, manejo y uso debe hacerse en concordancia con las regulaciones y procedimientos por la autoridad competente. Debe ser almacenado en instalaciones ubicadas en zonas seguras, protegidas de la lluvia y el calor, y en concordancia con el nivel de compatibilidad vigente de la autoridad competente.

ATENCIÓN

La información y recomendación aquí descrita no cubren necesariamente todas las aplicaciones del producto ni las diversas condiciones bajo las cuales debe ser utilizado. Esta es la responsabilidad, investigación y prueba realizadas por Famesa Explosivos S.A.C. quien no garantiza resultados favorables ni asume responsabilidad alguna, expresa o implícita en conexión con el uso de estos explosivos. Este producto puede ser resultado de un proceso artesanal.

Transporte

Clase: 1
División: 1.1 B
N° ONU: 0029



Clase: 1
División: 1.4 S
N° ONU: 0455





Fuente. Famesa Explosivos.

Figura 61

Ficha técnica de mecha de seguridad (Pag.1)



SISTEMAS DE INICIACIÓN

MECHA DE SEGURIDAD

MECHA DE SEGURIDAD

Descripción y composición

FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. fabrica la Mecha de Seguridad desde 1953 hasta la fecha, mejorándola en forma continua a través de todos estos años.

La Mecha de Seguridad es un accesorio de voladura y un componente del sistema tradicional de iniciación. Se caracteriza por ser flexible y posee un núcleo central de pólvora, el cual transmite el fuego hasta el fulminante, a una velocidad uniforme; está recubierta por varias capas de diferentes materiales que garantizan la continuidad de la combustión y compactación. Estos componentes se encuentran protegidos por un recubrimiento de material plástico.

Todo el conjunto asegura que la Mecha de Seguridad tenga una excelente impermeabilidad, resistencia a la humedad, a la abrasión y a los esfuerzos mecánicos, aún en las condiciones más exigentes; así como evita que el fuego se transmita de uno a otro tramo de Mecha de Seguridad cuando están cerca, minimizando la producción de chispas laterales.

Usos

La Mecha de Seguridad se usa para iniciar el Fulminante Común FULMESA® siempre y cuando se cumpla con las siguientes recomendaciones al momento de ser ensamblado:

- La Mecha de Seguridad debe cortarse perpendicularmente a su eje.
- Evitar la caída del núcleo de pólvora de la Mecha de Seguridad por la manipulación brusca de las puntas cortadas o por cualquier otro caso.
- Colocar la Mecha de Seguridad en contacto con la carga explosiva del fulminante, cuidando de no dejar espacios vacíos.

Fuente. Famesa Explosivos.

Figura 62

Ficha técnica de mecha de seguridad (Pag.2)

Características técnicas

	Mecha de seguridad blanca
Color de recubrimiento plástico	Blanco
Núcleo de pólvora (g/m)	6,1 ± 0,7
Tiempo de combustión a.n.m. (s/m)	160 ± 10
Diámetro externo (mm)	5,2 ± 0,2
Impermeabilidad	Muy buena

Nota: También se puede fabricar mecha de seguridad con cubierta de polietileno.

Presentación

	Material de caja	Capacidad de caja	Peso neto (kg)	Peso bruto (kg)	Dimensiones exteriores (cm)
Mecha de seguridad blanca	Cartón	2 rollos x 500 m	24,1	24,8	37,1 x 37,1 x 31,0
Mecha de seguridad negra	Cartón	2 rollos x 500 m	21,0	22,0	37,1 x 37,1 x 31,0

Transporte

Clase: 1
División: 1.4 S
N° ONU: 0105





MANIPULEO Y ALMACENAMIENTO
Los recipientes y envases de FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. son producidos según normas de seguridad de conformidad con los requisitos legales. El etiquetado a bordo debe cumplir con lo establecido por las normas correspondientes, al momento de su transporte, almacenamiento y uso, así como adherir debidamente a todo el personal encargado de su manipulación.

FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. no asume responsabilidad alguna por el transporte, almacenamiento y uso no autorizado que pudiera darse a sus productos. El transporte, almacenamiento, manipulación y uso debe hacerse en concordancia con las regulaciones y especificaciones por la autoridad competente. Debe ser almacenado en lugares ubicados en zonas seguras, protegidos de la lluvia y el calor, y en concordancia con la lista de compatibilidad vigente de la autoridad competente.

ATENCIÓN
La información y recomendación aquí descrita no cubren necesariamente todas las aplicaciones del producto en las distintas condiciones bajo las cuales este sea utilizado. Deben ser basados en la experiencia, investigación y prácticas realizadas por FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. quien no garantiza resultados favorables ni asume responsabilidad alguna, expresa o implícita en conexión con el uso de estas sugerencias. Su uso puede ser riesgoso sin previo aviso.



Fuente. Famesa Explosivos.

ANEXO 2 MATRIZ DE CONSISTENCIA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	MUESTRA	DISEÑO	ESTADISTICA
<p align="center">Problema General</p> <p>¿Es posible reducir los Costos Operativos y Mejorar el Avance Mediante la Optimización del Sistema de Perforación y Voladura en la Unidad Minera Gedeón y Copacabana?</p>	<p align="center">Objetivo General</p> <p>Reducir los Costos Operativos y Mejorar el Avance Mediante la Optimización del Sistema de Perforación y Voladura en la Unidad Minera Gedeón y Copacabana</p>	<p align="center">Hipótesis General</p> <p>Se reduce los costos operativos y se mejora el avance mediante la Optimización del Sistema de Perforación y Voladura en la Unidad Minera Gedeón y Copacabana.</p>	<p align="center">V.D</p> <p>Reducción de costos operativos y mejora de avance</p>	<p align="center">Población</p> <p>Labores de Avance de la Unidad Minera Gedeón y Copacabana.</p>	<p align="center">Método</p> <p>Inductivo - deductivo</p>	<p align="center">Estadística Inferencial</p>
<p align="center">Problemas Específicos</p> <p>¿Es posible reducir los costos operativos mediante la Optimización del Sistema de Perforación y Voladura en la Unidad Minera Gedeón y Copacabana?</p> <p>¿Es posible mejorar el avance lineal mediante la Optimización del Sistema de Perforación y Voladura en la Unidad Minera Gedeón y Copacabana?</p>	<p align="center">Objetivos Específicos</p> <p>Reducir los costos operativos mediante la Optimización del Sistema de Perforación y Voladura en la Unidad Minera Gedeón y Copacabana</p> <p>Mejorar el avance lineal mediante la Optimización del Sistema de Perforación y Voladura en la Unidad Minera Gedeón y Copacabana.</p>	<p align="center">Hipótesis Específicas</p> <p>Se reduce los costos operativos, mediante la Optimización del Sistema de Perforación y Voladura en la Unidad Minera Gedeón y Copacabana</p> <p>Se mejora el avance lineal, mediante la Optimización del Sistema de Perforación y Voladura en la Unidad Minera Gedeón y Copacabana.</p>	<p align="center">V.I</p> <p>Sistema de perforación y voladura</p>	<p align="center">Muestra</p> <p>Ejecución del Crucero "Fortuna" de un tramo de 134 metros lineales aproximadamente de la Unidad Minera Gedeón y Copacabana</p>	<p align="center">Nivel de investigación</p> <p>Causal</p> <p>Diseño</p>	<p align="center">Validación de hipótesis</p> <p>Pruebas de normalidad</p> <p>SPSS</p>

¿Es posible reducir el Factor de Carga mediante la Optimización del Sistema de Perforación y voladura en la unidad Minera Gedeón y Copacabana?	Reducir el Factor de Carga, mediante la Optimización del Sistema de Perforación y voladura en la unidad Minera Gedeón y Copacabana.	Se reduce el Factor de Carga, mediante la Optimización del Sistema de Perforación y voladura en la unidad Minera Gedeón y Copacabana.			No experimental	
--	---	---	--	--	-----------------	--