

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Incremento de la longitud de avance de la galería
10146-NE mediante la mejora de los parámetros de
perforación y voladura, Minera Aurífera Retamas S. A.**

Victor Jhogylson Livia Gomez
Anderson Perez Ruiz

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Rafael Carrasco Soto
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 11 de Noviembre del 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

Incremento de la longitud de avance de la Galería 10146-NE, mediante la mejora de los parámetros de perforación y voladura, Minera Aurífera Retamas S.A.

Autores:

1. Victor Jhogylson Livia Gomez – EAP. Ingeniería de Minas
2. Anderson Perez Ruiz – EAP. Ingeniería de Minas

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 18 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de 20 palabras excluidas SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

Rafael Carrasco Soto
Asesor de trabajo de investigación

ASESOR

Ing. Rafael Carrasco Soto

AGRADECIMIENTO

A mi *alma mater*: Universidad Continental.

A los catedráticos de la EAP de Ingeniería de Minas, por sus valiosas enseñanzas.

DEDICATORIA

Yo, Víctor, dedico esta tesis a Dios, por guiarme en cada paso de este largo viaje de aprendizaje y brindarme la fuerza para perseverar. Gracias por ser mi fuente de fortaleza, conocimiento y entendimiento en este logro académico.

Yo Anderson, dedico esta tesis al ser más importante de mi vida: Dios, por darme la vida y siempre acompañándome en los momentos difíciles, compartiendo los momentos felices, por su paciencia y su infinito amor. A mis padres: Godofredo Pérez Sapallanay y Bertudes Ruiz Contreras que cada día se esfuerzan en sacar adelante a la familia con sus

enseñanzas y valores me inculcaron
ser un buen profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ASESOR	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	xvii
CAPÍTULO I.....	19
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	19
1.1 Planteamiento y formulación del problema.....	19
1.1.1 Planteamiento del problema	19
1.1.2 Formulación del problema.....	20
1.2 Objetivos	20
1.2.1 Objetivo general.....	20
1.2.2 Objetivos específicos.....	20
1.3 Justificación e importancia	21
1.4 Hipótesis.....	21
1.4.1 Hipótesis general.....	21
1.4.2 Hipótesis específicas	21
1.5 Identificación de las variables	21
1.5.1 Variable independiente	21
1.5.2 Variable dependiente	22
1.5.3 Matriz de operacionalización de variables	22
CAPÍTULO II.....	24
MARCO TEÓRICO	24
2.1 Antecedentes del problema.....	24
2.1.1 Antecedentes internacionales	24
2.2 Generalidades de la Minera Aurífera Retamas S.A	28
2.2.1 Ubicación y accesibilidad	28
2.2.2 Geología regional.....	28
2.2.3 Geología local	30
2.2.4 Geología estructural.....	31
2.2.5 Mineralogía.....	31
2.3 Bases teóricas	32

2.3.1	Método de minado corte y relleno.....	32
2.4	Desarrollo de la galería.....	34
2.4.1	Incremento de la longitud de avance	34
2.4.2	Mejora de la perforación y voladura.....	36
CAPÍTULO III.....		41
METODOLOGÍA.....		41
3.1	Método y alcances de la investigación.....	41
3.1.1	Método general o teórico de la investigación	41
3.1.2	Alcance de la investigación.....	41
3.2	Diseño de la investigación.....	42
3.3	Población y muestra	42
3.3.1	Población.....	42
3.3.2	Muestra	42
3.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	42
3.4.1	Técnicas utilizadas en la recolección de datos.....	42
3.4.2	Instrumentos utilizados en la recolección de datos.....	42
CAPÍTULO IV		44
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		44
4.1	Incremento de la longitud de avance de la Galería 10146 mediante la mejora de los parámetros de perforación y voladura, Minera Aurífera Retamas S. A.....	44
4.1.1	Evaluación inicial	45
4.1.2	Optimización de parámetros de perforación en la Galería 10146.....	46
4.1.3	Optimización de parámetros de Voladura en la Galería 10146	48
4.1.4	Implementación y monitoreo	49
4.2	Desarrollo de la caracterización del macizo rocoso de la Galería 10146 para mejorar los parámetros de perforación y voladura en la Minera Aurífera Retamas S.A.....	50
4.3	Reducir el costo operativo por metro lineal de la Galería 10146 mediante la mejora de los parámetros de perforación y voladura, Minera Aurífera Retamas S.A.	68
4.4	Prueba de hipótesis.....	72
CONCLUSIONES		78
RECOMENDACIONES		80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		81
ANEXOS		83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables	23
Tabla 2. Ubicación y accesibilidad de la Minera Aurífera Retamas S.A	28
Tabla 3. Clasificación geomecánica (RMR), zonificación geomecánica de la Galería 10146-NE del Nivel 2950 en promedio	50
Tabla 4. Escenario actual de los disparos realizados y los parámetros de perforación y voladura de la Galería 10146-N del Nivel 2950	53
Tabla 5. Escenario óptimo de los disparos realizados y los parámetros de perforación y voladura de la Galería 10146-E del Nivel 2950.....	62
Tabla 6. Escenario actual - parámetros de perforación y voladura del disparo de la Galería 10146-N del Nivel 2950.....	68
Tabla 7. Escenario óptimo - parámetros de perforación y voladura del disparo de la Galería 10146-E del Nivel 2950.....	70
Tabla 8. Comparación de los diez disparos realizados en el escenario actual y en el escenario de mejora en la Galería 10146-NE, Minera Aurífera Retamas S.A.....	74
Tabla 9. Estadísticas de muestras relacionadas	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Columna estratigráfica regional.....	29
Figura 2. Metodología de trabajo de la estandarización del rendimiento de las brocas cónicas de perforación	45
Figura 3. Áreas de muestreo geomecánico de la galería 10146	46
Figura 4. Caracterización geomecánica de la Galería 10146-NE del Nivel 2950	50
Figura 5. Diseño de malla y parámetros de Perforación y voladura de la Galería 10146-N del Nivel 2950 del escenario actual	52
Figura 6. Resumen de los disparos realizados y los parámetros de perforación y voladura de la Galería 10146-N del Nivel 2950 del escenario actual ...	56
Figura 7. Escenario actual - análisis de la fragmentación de los disparos de la Galería 10146-N del Nivel 2950	59
Figura 8. Diseño de malla y parámetros de perforación y voladura de la Galería 10146-E del Nivel 2950 del escenario optimo	61
Figura 9. Resumen de los disparos realizados y los parámetros de perforación y voladura de la Galería 10146-E del Nivel 2950 del escenario optima ...	65
Figura 10. Escenario actual - análisis de la fragmentación de los disparos de la Galería 10146-E del Nivel 2950	67
Figura 11. Escenario actual - costo por metro lineal de avance (\$/ml) de la perforación y voladura del disparo de la Galería 10146-N del Nivel 2950.....	69
Figura 12. Escenario óptimo - costo por metro lineal de avance (\$/ml) de la perforación y voladura del disparo de la Galería 10146-E del Nivel 2950.....	71
Figura 13. Comparación del costo por metro lineal de avance de la situación actual vs situación óptima	72

RESUMEN

Este trabajo de investigación se desarrolló con el objetivo de incrementar la longitud de avance de la Galería 10146 mediante la mejora de los parámetros de perforación y voladura, Minera Aurífera Retamas S. A.

El método general es el científico; el método específico a emplear es el método experimental inductivo – deductivo; el tipo de investigación es aplicada; el nivel, descriptivo; el diseño, experimental; la población, todas las galerías del nivel 2950 de la Minera Aurífera Retamas S.A. y la muestra es la Galería 10146-NE, Nivel 2950 de la Minera Aurífera Retamas S.A. La recopilación de datos en campo se dio mediante la técnica observacional y para luego realizar el procesamiento de datos actuales de la perforación y voladura de la Galería 10146-NE Nivel 2950 de la Minera Aurífera Retamas S. A.

En el escenario actual en la Galería 10146-N del Nivel 2950, el avance efectivo por disparo es de 1.15 metros, lo cual es deficiente para una barra cónica de 6 pies. El consumo de explosivos por disparo es de 20.17 kg. La velocidad de rotación del equipo *Jackleg* es de 186.08 rpm, la presión de empuje es de 76.08 psi, la frecuencia de impacto es de 2181.78 gpm y el barrido con agua es de 6.70 bar, todos estos valores están por debajo del rango permisible. En la fragmentación, la curva granulométrica revela que el 20 % del material pasa por una malla de 5.19", el 50 % por una malla de 7.56" y el P80 por una malla de 9.37", lo que indica una fragmentación deficiente.

En el escenario óptimo, el avance efectivo por disparo es de 2.06 metros con barra cónica de 8 pies, el consumo de explosivos por disparo es de 26.20 kg. La velocidad de rotación del equipo *Jackleg* es de 243.22 rpm, la presión de empuje es de 115.05 psi, la frecuencia de impacto es de 2740.48 gpm y el barrido con agua es de 13.23 bar, todos dentro del rango permisible. En la fragmentación, la curva granulométrica muestra que el 20 % del material pasa por una malla de 3.81", el 50 % por una malla de 4.20" y el P80 por una malla de 5.67", sugiriendo que el disparo es eficiente en condiciones óptimas.

Palabras clave: incremento de la longitud de avance lineal

ABSTRACT

This research work was developed with the objective of increasing the advance length of Gallery 10146 by improving the drilling and blasting parameters, Minera Aurífera Retamas S.A.

The general method is the scientific one; The specific method to be used is the inductive-deductive experimental method; the type of research is applicative; the level, descriptive; the design, experimental, the population All the Galleries on Level 2950 of the Minera Aurífera Retamas S.A. and the sample is Gallery 10146-NE, Level 2950 of Minera Aurifera Retamas S.A. The collection of data in the field, through the observational technique and processing of current data from drilling and blasting, from Gallery 10146-NE, Level 2950 of Minera Aurifera Retamas S.A.

In the current scenario at Gallery 10146-N on Level 2950, the effective advance per shot is 1.15 meters, which is poor for a 6-foot tapered rod. The consumption of explosives per shot is 20.17 kg. The rotation speed of the Jackleg equipment is 186.08 rpm, the thrust pressure is 76.08 psi, the impact frequency is 2181.78 gpm and the water flush is 6.70 bar, all of these values are below the allowable range. In fragmentation, the granulometric curve reveals that 20% of the material passes through a 5.19" mesh, 50% through a 7.56" mesh and P80 through a 9.37" mesh, which indicates poor fragmentation.

In the optimal scenario, the effective advance per shot is 2.06 meters with an 8-foot conical bar, the consumption of explosives per shot is 26.20 kg. The rotation speed of the Jackleg equipment is 243.22 rpm, the thrust pressure is 115.05 psi, the impact frequency is 2740.48 gpm, and the water flush is 13.23 bar, all within the allowable range. In fragmentation, the granulometric curve shows that 20% of the material passes through a 3.81" mesh, 50% through a 4.20" mesh and P80 through a 5.67" mesh, suggesting that the shot is efficient under optimal conditions.

Keywords: Increase in linear feed length

INTRODUCCIÓN

En la Minera Aurífera Retamas S.A., específicamente en la Galería 10146, se ha identificado la oportunidad de aumentar la longitud de avance optimizando los parámetros de perforación y voladura. La evaluación de los parámetros actuales y la implementación de ajustes como la distribución de taladros, la profundidad y diámetro de estos, además de la carga explosiva utilizada son estrategias fundamentales. Capacitar al personal y controlar los parámetros de perforación y voladura mejorará la eficiencia y la seguridad operativa. Se espera una reducción en el tiempo de ciclo, menor consumo de explosivos y una mejora en la seguridad, logrando así una notable optimización de los costos operativos y un aumento en la longitud de avance de la galería.

En la caracterización geomecánica, el RMR promedio es de 55, clasificado como "calidad media" según Bieniawski. Esto indica que el macizo rocoso tiene una competencia moderada, posiblemente requiriendo soporte adicional según las condiciones de la excavación.

En el escenario actual en la Galería 10146-N del Nivel 2950, el avance efectivo por disparo es de 1.15 metros, lo cual es deficiente para una barra cónica de 6 pies. El consumo de explosivos por disparo es de 20.17 kg. La velocidad de rotación del equipo Jackleg es de 186.08 rpm, la presión de empuje es de 76.08 psi, la frecuencia de impacto es de 2181.78 gpm y el barrido con agua es de 6.70 bar, todos por debajo del rango permisible. La curva granulométrica muestra que el 20 % del material pasa por una malla de 5.19", el 50 % por una malla de 7.56" y el P80 por una malla de 9.37", indicando una fragmentación deficiente.

En el escenario óptimo en la Galería 10146-N del Nivel 2950 el avance efectivo por disparo es de 2.06 metros con barra cónica de 8 pies. El consumo de explosivos por disparo es de 26.20 kg. La velocidad de rotación del equipo *Jackleg* es de 243.22 rpm, la presión de empuje es de 115.05 psi, la frecuencia de impacto es de 2740.48 gpm y el barrido con agua es de 13.23 bar, todos dentro del rango permisible. La curva granulométrica revela que el 20 % del

material pasa por una malla de 3.81", el 50 % por una malla de 4.20" y el P80 por una malla de 5.67", sugiriendo una fragmentación eficiente.

En la situación actual, el avance efectivo es de 1.15 metros con un costo por metro lineal de avance de 312.05 \$/m. En la situación de mejora, el avance efectivo es de 2.06 metros con un costo total por metro lineal de avance de 182.86 \$/m, optimizando el costo por metro lineal de avance en 129.20 \$/m en la Galería 10146-E del Nivel 2950.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

1.1.1 Planteamiento del problema

A nivel mundial, el incremento de la longitud de avance mediante la mejora de los parámetros de perforación y voladura implica la optimización de diversas variables clave como la distribución de taladros, la profundidad y el diámetro de estos, así como la cantidad y tipo de explosivos utilizados. Al ajustar estos parámetros, se logra una fragmentación más eficiente del material, lo que reduce la necesidad de voladuras secundarias y mejora la estabilidad de la galería. Esto no solo incrementa la velocidad de avance, sino que también disminuye los costos operativos y mejora la seguridad en el trabajo.

A nivel nacional, la optimización de los procesos de perforación y voladura, mediante la selección adecuada de equipos juega un papel importante. Además, ajustar los parámetros de perforación como la profundidad y el diámetro de los taladros y la carga explosiva utilizada puede mejorar la fragmentación del material rocoso y reducir la necesidad de voladuras adicionales.

Implementar un monitoreo continuo del avance y realizar ajustes operativos en tiempo real, también son cruciales para optimizar la productividad y minimizar los tiempos de inactividad. Finalmente, se debe invertir en capacitación constante del personal en nuevas prácticas innovadoras que

aprovechen al máximo las oportunidades de mejora y se mantenga un entorno de trabajo seguro y eficiente. Mediante estas medidas integradas y adaptadas a las condiciones específicas del sitio, es posible lograr incrementos significativos en la longitud de avance de las galerías mineras.

1.1.2 Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿Cómo se realizará el incremento de la longitud de avance de la Galería 10146-NE mediante la mejora de los parámetros de perforación y voladura, Minera Aurífera Retamas S. A.?

1.1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo se realizará la caracterización del macizo rocoso de la Galería 10146-NE para mejorar los parámetros de perforación y voladura, Minera Aurífera Retamas S.A.?
- ¿Cómo se realizará la reducción del costo operativo por metro lineal de la Galería 10146-NE mediante la mejora de los parámetros de perforación y voladura, Minera Aurífera Retamas S.A.?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Incrementar la longitud de avance de la Galería 10146-NE mediante la mejora de los parámetros de perforación y voladura, Minera Aurífera Retamas S. A.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar la caracterización del macizo rocoso de la Galería 10146-NE para mejorar los parámetros de perforación y voladura, Minera Aurífera Retamas S. A.
- Realizar la reducción del costo operativo por metro lineal de la Galería 10146-NE, mediante la mejora de los parámetros de perforación y voladura, Minera Aurífera Retamas S. A.

1.3 Justificación e importancia

En la Minera Aurífera Retamas S. A., específicamente en la galería 10146-NE, se ha identificado una oportunidad para incrementar la longitud de avance mediante la optimización de los parámetros de perforación y voladura.

La evaluación de los parámetros actuales, la implementación de ajustes, la distribución de taladros, la profundidad y diámetro de estos, la carga explosiva utilizada son estrategias esenciales.

La capacitación del personal y el control de parámetros de perforación y voladura contribuirán a mejorar la eficiencia y seguridad operativa. Se espera una reducción en el tiempo de ciclo, el menor consumo de explosivos y una mejora en la seguridad, logrando así una notable optimización de los costos operativos y un incremento en la longitud de avance de la galería.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

El incremento de la longitud de avance de la Galería 10146-NE será factible y viable mediante la mejora de los parámetros de perforación y voladura, Minera Aurífera Retamas S. A.

1.4.2 Hipótesis específicas

- La caracterización del macizo rocoso de la Galería 10146-NE será factible para mejorar los parámetros de perforación y voladura, Minera Aurífera Retamas S. A.
- La reducción del costo operativo por metro lineal de la Galería 10146-NE será factible y viable mediante la mejora de los parámetros de perforación y voladura, Minera Aurífera Retamas S. A.

1.5 Identificación de las variables

1.5.1 Variable independiente

Incremento de la longitud de avance.

1.5.2 Variable dependiente

Mejora de los parámetros de perforación y voladura.

1.5.3 Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores
V.I.: Incremento de la longitud de avance	Es mejorar la distancia que se puede avanzar en un túnel o galería por cada ciclo de perforación y voladura. Al aumentar el avance por ciclo, se disminuye el número de ciclos necesarios, lo que reduce el consumo de explosivos, energía y tiempo de mano de obra. Además, se logra un uso más eficiente de los equipos y materiales, mejorando la seguridad, al minimizar la exposición del personal a riesgos asociados con la voladura.	RMR (Sistema del macizo rocoso) Parámetros de perforación Parámetros de la voladura	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema del macizo rocoso • Tipo de roca • Burden (m) • Espaciamiento (m) • Metros perforados (m) • Consumo de aceros de perforación (unid.) • Longitud de perforación (m) • kg explosivo / m³ mineral (kg/m³) • kg explosivo / TM mineral (kg/TM)
V.D.: Mejora de los parámetros de perforación y voladura	La mejora de la perforación y voladura en minería subterránea, optimiza procesos para aumentar eficiencia, reducir costos y mejorar la seguridad. Selección de equipos adecuados y ajuste de parámetros incrementan la longitud de avance, reducen consumo de explosivos y tiempo de operación, mejorando productividad y seguridad.	Eficiencia de perforación y voladura Evaluación de costos por metro lineal de una Rampa	<ul style="list-style-type: none"> • % de dilución • % de sobre rotura • Tamaño de detritus en (m) • Avance efectivo (%) • Longitud de carga (m) • Longitud de perforación (m) • Costo total por metro lineal de avance (\$/m)

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

2.1.1 Antecedentes internacionales

a) En la tesis titulada: *«Implementación del diseño de perforación y voladura para optimizar los parámetros de avance en galerías del nivel 3990 de la mina Uchucchacua – 2019»* la finalidad de la presente investigación fue establecer que la implementación del diseño de perforación y voladura optimice los parámetros en las labores de avance en Galerías del Nivel 3990 de la Mina Uchucchacua - 2019. Este estudio fue considerado como investigación aplicada, de enfoque cuantitativo, de diseño experimental y adicionalmente subdiseño preexperimental. La muestra estuvo conformada por los trabajos de perforación y voladura realizados en los frentes de avance en la Galería 6506 SE y Galería 6763 NE de sección 3.5 m x 3.5 m, en el Nivel 3990 de la mina Uchucchacua - 2019. El instrumento para utilizar fue la ficha de recolección de datos, considerando que el levantamiento de la

información fue un mes antes y después de la implementación del diseño de perforación y voladura durante el 2019. El proceso estadístico comprendió de un análisis descriptivo e inferencial, utilizando la prueba t de Student para muestras relacionadas con un nivel de confianza del 95 % donde $p < 0.05$ determinó la aceptación de la hipótesis de estudio. Los resultados de la contrastación de hipótesis demostraron que la implementación del diseño de perforación y voladura reduce significativamente el factor de avance ($p=0.000$), así como incrementa significativamente la longitud de avance ($p=0.000$) y la eficiencia de voladura ($p=0.00$) en galerías del nivel 3990 de la mina Uchucchacua - 2019. Se concluyó que, la implementación del diseño de perforación y voladura optimiza significativamente los parámetros de avance en galerías, tanto en el factor de avance como en la longitud de avance y la eficiencia de voladura en el Nivel 3990 mina Uchucchacua – 2019 (1).

- b) En la tesis titulada: *«Incremento de avance en las labores horizontales con el cambio de accesorios de perforación y voladura, en la unidad minera San Andrés Minera Aurífera Retamas S.A.-2018»* el problema que se observó es la reducción o baja producción al utilizar el barrenos de 6 pies en perforación y al utilizar con el sistema carmax y la mala distribución de la carga explosiva generando un alto costo en perforación y voladura, para ello la investigación le permitió una decisión de cambiar los accesorios de perforación (barrenos de 8 pies) y también mejorar el diseño de la malla de perforación para luego reemplazar los accesorios del sistema carmax al sistema fanel y así como también mejorar la voladura controlada. Se utilizó como tipo y diseño de investigación descriptivo experimental. La muestra estuvo conformada por la labor XC 10654-NW, NV. 2570 Zona Valeria III de sección de la labor 2.44 m por 2.74 m, la cual se recolectó la información por medio de los instrumentos de medición, guía de observación, guía de análisis documental, los cuales fueron procesados estadísticamente a través de gráficas y tablas en Excel, así mismo se utilizó el programa AutoCAD y otros programas. Toda la metodología utilizada (comparativo y analítico) en la investigación le da a este informe el respaldo, sustento y seriedad respectiva. Finalmente, se obtuvo como resultados el incremento del avance lineal en

un 20 % (equivalente a 0.61 m/turno) a un (2.44 m/turno) de avance lineal. Los resultados obtenidos se presentan por medio de tablas y gráficos enumerados, cada una con sus respectivos análisis que contribuyeron a comprobar la hipótesis, si se diseña la perforación y voladura se incrementará el avance lineal en la labor XC 10654-NW, NV. 2570 Zona Valeria III de sección 2.44 m por 2.74 m, todo este trabajo permitió concluir que mediante el cambio de accesorios y diseño de la perforación y voladura que se realizó en el área de estudio, donde se logró incrementar el avance lineal de un 70% (equivalente a 1.83 m/turno) a un 90% (2.44 m/turno) de avance lineal. En los resultados finales, se obtuvo las mejoras de 27.66 Tn/disparo a 34.70 Tn/disparo. En cuanto a los costos totales se incrementó los beneficios en S/. 307,12 de cada tramo de 60 metros lineales (2).

c) La tesis titulada: «*Diseño de perforación y voladura para mejorar el avance lineal en la Galería NW01- Nivel 2670 – Contrata Castillo Jara Teresa*» tuvo como objetivo diseñar la perforación y voladura para mejorar el avance lineal en la galería NW01 de la contrata Castillo Jara Teresa. Esta investigación nace de la necesidad de dar solución al déficit en los metros avanzados producto de la perforación y voladura. Es por lo que se seleccionó como muestra al frente de la labor que se encuentra en la galería NW01, además se utilizó una investigación del tipo aplicada y el diseño fue preexperimental. De la misma manera, se usó a la observación y análisis documental como técnicas para el recojo de información. Por lo tanto, se obtuvo como resultado una optimización en el avance lineal del 45 % y una reducción del 30 % en el factor de carga. Dichos resultados han sido expuestos mediante tablas y gráficos con su respectivo análisis. Finalmente, se concluye que el correcto diseño de perforación y voladura logró optimizar el avance lineal y otros parámetros producto de la perforación y voladura lo cual se vio reflejado en la reducción de costos. (3).

d) En la tesis titulada: «*Estudio técnico económico para mejorar la perforación y voladura en la Veta Brunella - Mina Angelitos – Ayabaca – Piura*» la investigación tuvo como finalidad realizar el estudio técnico económico para mejorar las operaciones unitarias de perforación y voladura en la veta

Brunella - mina Angelitos, teniendo una investigación de tipo aplicada y un diseño experimental de tipo cuasiexperimental. También, para el recojo de información se utilizó el método analítico, técnica de análisis documental y de observación. Se utilizó guías de análisis documental y de observación. Finalmente, se obtuvo como resultado que la mina presenta alta deficiencia en cuanto al plan de la malla de perforación es que se realiza empíricamente, asimismo uso de la maquinaria inadecuada con respecto a la perforadora manual Bosch que no son las adecuadas para la perforación en roca. Por consiguiente, se realizó un análisis condiciones actuales de la perforación y voladura en la veta Brunella, donde se utilizó los diseños de la malla de perforación y voladura, diagramas de secuencias de disparo, cálculos y tablas resúmenes de consumo de explosivos. Concluyendo que teniendo en cuenta el estudio geo mecánico del frente de la veta Brunella y un análisis de los maquinas perforadoras como la Bosch y YT-29, se tendrá un avance lineal óptimo y un ritmo de avanza satisfactorio en la Mina Angelitos-veta Brunella (4).

e) En la tesis titulada: «*Optimización de costos mediante el diseño de malla de perforación y voladura, aplicando el Método Holmberg en la Galería 686 Nivel 2170 en la Empresa Minera Yanaquihua S.A.C.*» el problema en una mala distribución de sus taladros en labores de avance, elevado factor de carga por la mala distribución de carga explosiva por ende como resultado nos da un incremento en los costos operacionales en la unidad minera Yanaquihua S.A.C. Para darle solución al siguiente problema, se planteó los siguientes objetivos: optimizar los costos e identificar el diseño y distribución óptima de la malla de perforación y voladura en labores de avance y/o exploración, en la galería 686. La metodología empleada fue descriptivo, aplicativo y experimental asimismo la población estuvo formada por las labores de la unidad minera Yanaquihua S.A.C. mientras la muestra de investigación a la galería 686, nivel 2170, zona Gertrudis de sección de avance 7 pies por 8 pies. Los resultados indican que el costo total antes del diseño es de \$303 y el costo después del diseño es \$258, dando una diferencia de \$45.36 evidenciando una optimización significativa. Concluyendo que

mediante el nuevo diseño de malla bajo el método Holmberg se ha podido optimizar los costos de perforación y voladura (5).

2.2 Generalidades de la Minera Aurífera Retamas S.A

2.2.1 Ubicación y accesibilidad

La Minera Aurífera Retamas S. A. se encuentra en el anexo de Llacuabamba, distrito de Parcoy, provincia de Pataz, en el departamento de La Libertad. Está ubicada en el lado oeste de la Cordillera Oriental, a 180 km al este de la ciudad de Trujillo, a una altitud de 3900 m s. n. m.

La siguiente tabla muestra la accesibilidad desde el departamento de Lima hasta la Minera Aurífera Retamas S.A.

Tabla 2. Ubicación y accesibilidad de la Minera Aurífera Retamas S.A

Ruta	Distancia (km)	Tipo de vía	Tiempo Aproximado (h)
Lima - Trujillo	562	Asfaltado	7.5 horas.
Trujillo – Chirán	34	Asfaltada	1 horas.
Chirán – Chagual	307	carretera	8 horas
Chagual – Mina	69.2	carretera	3 horas
MARZA			
TOTAL	972.2		19.5 horas

Tomada del Departamento de Administración de la Minera Aurífera Retamas S.A. (6)

2.2.2 Geología regional

La geología incluye rocas volcánicas, sedimentarias, plutónicas y metamórficas con las más antiguas representadas por filitas proterozoicas. Las filitas muestran cuatro eventos tectónicos principales:

- Metamorfismo alrededor de la transición precámbrica.
- En el Paleozoico, rocas volcánicas y pizarras ordovícicas con graptolites, y la formación Contaya.

- Sedimentos del Paleozoico medio superior y Triásico inferior (grupo Ambo), y del Carbonífero y Pérmico superior-Triásico inferior (grupo Mito), seguidos por carbonatos marinos del grupo Pucará.
- Desde el Jurásico medio, el levantamiento de la cordillera oriental y sedimentación escasa, con el grupo Goyllarisquizga, formación Crisnejas y formación Chota, junto con volcanismo ácido atribuido al volcán (7).
- Regionalmente, se encuentran rocas del Precámbrico (complejo Marañón), Mesozoico (grupos Mitú y Pucará), formaciones Goyllarisquizga, Crisnejas y Chota, depósitos recientes y rocas intrusivas del Paleozoico (7).

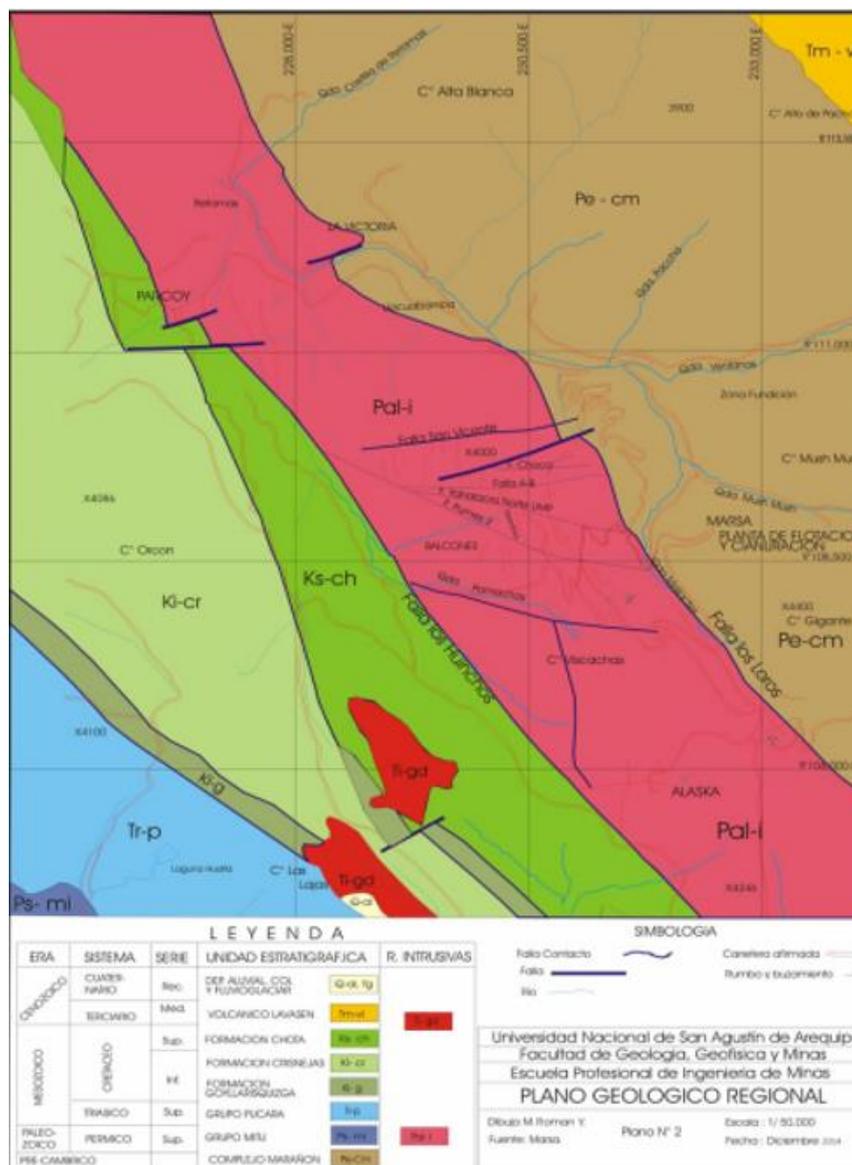


Figura 1. Columna estratigráfica regional

2.2.3 Geología local

La zona está mayormente cubierta por depósitos cuaternarios, ocultando en gran medida las rocas y estructuras mineralizadas. En la mina El Gigante, el Intrusivo de Pataz, que alberga vetas auríferas, se encuentra debajo de estos depósitos. Al noreste, cerca del campamento San Andrés, afloran rocas metamórficas del complejo del Marañón y al suroeste del Tambo hay areniscas limoníticas y volcánicas del grupo Mitú.

- **Rocas intrusivas:** el intrusivo de Pataz presenta dos facies plutónicas: microdiorita-diorita y granodiorita-granito. La primera es más favorable para la mineralización y alberga la mayoría de las estructuras exploradas y explotadas, mientras que la segunda contiene vetas delgadas y discontinuas. Este intrusivo se extiende longitudinalmente con un rumbo N 60°W y un ancho promedio de 2.5 km. El contacto noreste con el complejo del Marañón tiene una franja de enclaves y el contacto suroeste está marcado por la falla Huinchus (8)
- **Rocas metamórficas:** estas rocas, representadas por el complejo del Marañón, incluyen pizarras oscuras y filitas grisáceas con capas de esquistos cloritizados y metavolcánicas. Se encuentran al noreste del Batolito de Pataz en quebradas como Ventanas, Mushmush, Molinetes, Los Loros y San Vicente y presentan plegamientos y fallas debido a eventos de metamorfismo dinámico e ígneo.
- **Rocas sedimentarias:** conformadas por una secuencia del Paleozoico y Mesozoico, afloran al suroeste del Batolito de Pataz, desde Alaska hasta Cachica. Incluyen areniscas, limonitas, micro conglomerados, tobas riolíticas y brechas del grupo Mitú (Pérmico) y calizas del grupo Pucará (Triásico-Jurásico).
- **Depósitos cuaternarios:** formados por suelos residuales, coluviales, fluvio-glaciares y aluviales, estos depósitos cubren gran parte del área con

espesores de 1 a 50 metros, creando un relieve abrupto con vegetación de puna (8).

2.2.4 Geología estructural.

Los depósitos de Pataz se clasifican como típicos de una asociación mesotermal, con temperaturas entre 250 y 350 grados centígrados. Estos depósitos auríferos se formaron a partir de una intrusión calco-alcalina del Batolito de Pataz, con una posterior movilización en las rocas circundantes. Son el resultado de procesos hidrotermales postmagmáticos que ocurrieron después de la recristalización principal. Los yacimientos minerales magmátogenos están relacionados con procesos geoquímicos en las profundidades de la corteza terrestre. El sistema hidrotermal ha permanecido activo durante un largo período, experimentando varias etapas de reactivación tectónica y depositando cuarzo y sulfuros (8).

2.2.5 Mineralogía.

La mineralogía del yacimiento incluye los siguientes minerales:

- **Sulfuros:**

- ✓ Pirita: El sulfuro más abundante en las vetas de cuarzo aurífero.
- ✓ Calcopirita: Frecuente después de la pirita, presente en agregados de grano medio a grueso.
- ✓ Galena: Común en todas las vetas de la región, observada en zonas de oxidación de los filones.
- ✓ Esfalerita: Menos frecuente, presente en la zona de sulfuros, acompañando a la galena y pirita, generalmente en la variedad de marmatita.

- **Óxidos:**

- ✓ Cuarzo
- ✓ Limonita
- ✓ Magnetita

- **Sulfosales:**

- ✓ Arsenopirita: El segundo mineral más abundante después de la pirita.

- **Carbonatos:**

- ✓ Calcita

- ✓ Sericita

2.3 Bases teóricas

2.3.1 Método de minado corte y relleno

En Marsa, el ciclo de corte y relleno convencional se aplica con especial atención a las condiciones geológicas y operacionales específicas de sus yacimientos auríferos. Este método permite una extracción segura y eficiente del mineral, adaptándose a las características particulares del depósito mineralizado. Las prácticas de seguridad y el uso de tecnología avanzada son fundamentales para la operación exitosa de este método en Marsa (8).

El ciclo de minado de corte y relleno convencional es un método de minería subterránea utilizado para la extracción de minerales en vetas angostas y cuerpos mineralizados. Este método es particularmente efectivo en yacimientos que presentan estructuras geológicas complejas o en condiciones donde es necesario un soporte continuo para garantizar la seguridad de la operación. A continuación, se detalla el ciclo típico de minado de corte y relleno convencional:

a) Perforación

La perforación de los taladros en cada corte del tajeo, se utiliza una Jackleg con una columna de perforación de brocas de 38 mm y barras de 6 pies, ambas cónicas.

b) Voladura

Se lleva a cabo mediante el uso de explosivos y accesorios específicos en las perforaciones. Estos incluyen dinamita Semexsa al 45 % o 65 %, Emulnor 3000, Carmex de 1.5 m, Carmex de 2.4 m y mecha rápida.

c) Limpieza

La actividad de carguío y transporte se realiza principalmente con locomotoras, carritos mineros y palas neumáticas. El material resultante de la

voladura varía según su tipo: el mineral se envía a la planta y el desmonte se destina a un botadero o se utiliza para el relleno de tajeos. La limpieza se efectúa utilizando un winche que transporta el material a la tolva, desde donde se lleva al exterior mediante un convoy de carros metaleros.

d) Sostenimiento

El sostenimiento en minería convencional en Marza, se realiza utilizando puntales de madera y relleno detrítico e hidráulico para asegurar la estabilidad de las excavaciones subterráneas

- **Puntales de madera:**

El sostenimiento con puntales de madera es una técnica tradicional en minería convencional que asegura la estabilidad de las excavaciones subterráneas mediante el uso de maderas duras, como eucalipto o pino tratado, cortadas a medida y colocadas verticalmente entre el piso y el techo de los tajeos. Este método es ampliamente utilizado en minas pequeñas y medianas por su flexibilidad, disponibilidad y bajo costo, aunque requiere mantenimiento regular para prevenir el deterioro causado por factores ambientales.

- **Relleno detrítico**

El sostenimiento en minería se realiza utilizando dos tipos de relleno: detrítico e hidráulico.

- ✓ El relleno detrítico consiste en emplear material estéril procedente de los trabajos de desarrollo y preparación, así como material de superficie, para rellenar los tajeos, proporcionando soporte adicional a las excavaciones subterráneas.
- ✓ El relleno hidráulico, por otro lado, implica la mezcla de material estéril con relave procedente de la planta, transportado mediante tuberías hacia los tajeos, lo que también contribuye a la estabilidad y seguridad de las estructuras mineras al prevenir colapsos.

2.4 Desarrollo de la galería

La galería convencional subterránea es una labor horizontal de 3 metros de ancho por 3 metros de alto, utilizado para acceso, transporte y ventilación dentro de una mina. Su construcción comienza con una planificación detallada basada en estudios geológicos y geotécnicos que determinan la ruta y las especificaciones estructurales en minera Marsa (9).

2.4.1 Incremento de la longitud de avance

a) Parámetros de perforación

Los parámetros de perforación en las galerías convencional en minería subterránea son fundamentales para asegurar una operación eficiente y segura. Estos parámetros son:

- **Diámetro del taladro**

Generalmente, se utilizan brocas de 38 mm a 45 mm para la perforación en el desarrollo de las galerías convencional (10).

- **Longitud del taladro**

La longitud de los taladros puede variar, pero comúnmente se perforan entre 1.8 metros (6 pies) y 3.6 metros (12 pies) (10).

- **Angulación del taladro**

Los taladros pueden ser perforados en varias direcciones (vertical, horizontal e inclinado) pero en galerías son de manera horizontal de acuerdo al diseño de la voladura.

- **Distribución de perforación**

Estos taladros se ubican en el centro del frente de la galería y son los primeros en ser detonados. Su propósito es crear un espacio vacío inicial (corte) para que los taladros subsiguientes tengan un lugar hacia donde desplazarse. Generalmente, se perforan en un patrón en V o en forma de estrella.

- **Espaciamiento y *burden***

Espaciamiento: es la distancia entre dos taladros consecutivos en una fila. Este valor se determina según el diámetro del taladro y la naturaleza de la roca, típicamente entre 0.6 y 1.2 metros.

Burden: es la distancia entre el frente de la galería y la fila de taladros más cercana. También se ajusta según el tipo de roca y suele estar en el rango de 0.8 a 1.5 metros.

- **Velocidad de rotación y percusión**

La combinación de la velocidad de rotación y la frecuencia de percusión de la perforadora se ajusta para maximizar la eficiencia de la perforación y minimizar el desgaste de las brocas.

- **Tipo de equipo**

Equipos comunes incluyen jumbos de perforación para grandes operaciones y perforadoras manuales como *Jackleg* para operaciones más pequeñas o en áreas de difícil acceso.

b) Parámetros de la voladura

Los parámetros de voladura en minería convencional pueden variar dependiendo del tipo de roca, las dimensiones del tajeo o la galería, y otros factores específicos del sitio. Aquí tienes algunos parámetros típicos que se consideran en la voladura convencional:

- **Longitud de los taladros**

Longitud típica: para una galería de 2.4 x 2.7 metros, la longitud de los taladros suele ser de 1.5 a 2.4 metros, dependiendo de la geología y el avance deseado.

- **Carga de explosivos**

Tipo de explosivo: explosivos comunes como Anfo (nitrato de amonio/fuel oil), emulsiones y dinamitas.

Carga lineal de explosivo (Q): la cantidad de explosivo por metro de taladro. Esto se ajusta según el diámetro del taladro y el tipo de roca.

- **Secuencia de disparo**

Retardo: uso de detonadores con retardo (eléctricos o no eléctricos) para controlar la secuencia de disparo y reducir la vibración y el ruido.

Orden de disparo: los taladros de corte se disparan primero para crear un vacío inicial. Los taladros de producción y contorno se disparan subsecuentemente en una secuencia controlada.

- **Tasa de avance**

Avance por voladura: la cantidad de roca que se espera fracturar por cada voladura, generalmente entre 1 y 2 metros.

- **Factor de carga**

Factor de carga (F): la cantidad de explosivo utilizada por volumen de roca. Expresado en kg/m^3 , este parámetro depende de la dureza de la roca y otros factores geológicos.

- **Distribución de taladros**

Corte central: taladros diseñados para crear un espacio inicial (corte).

Producción: taladros alrededor del corte para fracturar la mayor parte de la roca.

Contorno: taladros en la periferia con menos carga para minimizar el daño a las paredes.

2.4.2 Mejora de la perforación y voladura

a) Eficiencia de perforación y voladura

La eficiencia en la perforación y voladura es crucial para aumentar el avance lineal en galerías convencionales de minería subterránea. Un avance lineal más rápido significa que se puede acceder a los depósitos minerales de manera más eficiente, reduciendo costos y mejorando la productividad general de la

operación minera (11). A continuación, se describen las estrategias y técnicas clave para lograr una mayor eficiencia en estos procesos:

- **Optimización de la perforación**

- ✓ **Selección de equipos adecuados**

Perforadoras de alta eficiencia: utilizar perforadoras hidráulicas o neumáticas avanzadas que ofrezcan mayor velocidad y precisión en la perforación.

Brocas de calidad: emplear brocas de alta calidad y durabilidad que minimicen el tiempo de cambio y maximicen el tiempo de perforación efectiva.

- ✓ **Diseño de la malla de perforación**

Estudios geotécnicos: realizar estudios geotécnicos detallados para diseñar una malla de perforación óptima que se adapte a las condiciones del terreno y el tipo de roca.

Espaciamiento y burden preciso: ajustar el espaciamiento y el burden de los taladros para asegurar una fracturación eficiente de la roca y minimizar el uso de explosivos.

- **Optimización de la voladura**

- ✓ **Selección y uso de explosivos**

Explosivos eficientes: emplear explosivos modernos, como emulsiones y Anfo, que ofrezcan una mayor eficiencia energética y menor impacto ambiental.

Carga precisa: utilizar sistemas de carga precisa para controlar la cantidad exacta de explosivos necesarios para una voladura efectiva.

- ✓ **Diseño de la voladura**

Secuencia de disparo óptima: diseñar una secuencia de disparo que maximice la fragmentación de la roca y minimice las vibraciones y los daños colaterales.

Simulación y modelado: utilizar software de simulación para prever los resultados de la voladura y ajustar el diseño en consecuencia.

- **Capacitación y seguridad**

- ✓ **Capacitación continua**

Programas de capacitación: desarrollar programas de capacitación continua para el personal, enfocándose en técnicas modernas de perforación y voladura, así como en prácticas de seguridad.

Simulaciones prácticas: realizar simulaciones prácticas y entrenamientos regulares para mejorar las habilidades del personal y prepararlos para situaciones de emergencia.

- ✓ **Normas de seguridad**

Protocolos de seguridad estrictos: implementar y hacer cumplir protocolos de seguridad estrictos durante todas las fases de perforación y voladura.

Equipo de protección personal (EPP): asegurar que todos los trabajadores utilicen el equipo de protección personal adecuado y realizar inspecciones regulares para verificar el cumplimiento.

b) Evaluación de costos por metro lineal de una galería

La evaluación de costos por metro lineal de una galería convencional en minería subterránea implica el análisis detallado de varios componentes y actividades involucradas en su desarrollo (12). A continuación, se desglosan los principales factores que afectan el costo, junto con una metodología para su evaluación.

- **Costos de perforación y voladura**

- ✓ **Perforación**

Equipos de perforación: costo de adquisición o alquiler de equipos (jumbos, perforadoras manuales).

Brocas y barras: consumo y reemplazo de brocas y barras de perforación.

Mano de obra: salarios de los perforistas y personal de apoyo.

Mantenimiento: costos de mantenimiento y reparación de equipos.

- ✓ **Voladura**

Explosivos: costo de dinamita, emulsiones, Anfo, etc.

Accesorios de voladura: detonadores, mechas, cables y otros accesorios.

Mano de obra: salarios del personal especializado en voladura.

Seguridad: equipos y procedimientos de seguridad para la voladura.

✓ **Costos de carguío y transporte**

Equipos de carguío: costo de adquisición o alquiler de cargadores frontales, palas neumáticas.

Transporte: costos asociados al uso de locomotoras y carritos mineros.

Mano de obra: salarios de los operadores de equipos y personal de transporte.

Mantenimiento: costos de mantenimiento y reparación de equipos de carguío y transporte.

✓ **Costos de sostenimiento**

Materiales de sostenimiento:

Puntales de madera: costo de maderas (eucalipto, pino tratado).

Shotcrete: costo de materiales y aplicación.

Pernos de anclaje: costo de pernos y resina.

Mano de obra: salarios del personal encargado de la instalación de sostenimiento.

Equipos: costos de equipos específicos para la instalación de sostenimiento (bombas de shotcrete, taladros para pernos).

✓ **Costos de servicios auxiliares**

Ventilación:

Equipos de ventilación: ventiladores y ductos.

Energía: consumo de energía eléctrica para la ventilación.

Drenaje: sistemas de bombeo y canalización de aguas subterráneas.

Electricidad: instalación y mantenimiento de sistemas eléctricos.

Seguridad: sistemas de comunicación, monitoreo de gases y otros equipos de seguridad.

✓ **Costos de gestión y supervisión**

Personal de gestión: salarios de ingenieros, supervisores y personal administrativo.

Costos indirectos: seguros, permisos, y otros gastos administrativos.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Método y alcances de la investigación

3.1.1 Método general o teórico de la investigación

a) Método general o teórico de la investigación

En forma general se empleará el método científico, porque se incrementará la longitud de avance de la Galería 10146-NE mediante la mejora de los parámetros de perforación y voladura en Minera Aurífera Retamas S. A.

b) Método específico de la investigación

El método específico por emplear es el método experimental inductivo – deductivo. Se deduce que, tras la mejora de los parámetros de perforación y voladura, se podrá incrementar la longitud de avance de la Galería 10146-NE en minera aurífera Retamas S. A.

3.1.2 Alcance de la investigación

a) Tipo de investigación

Es de diseño no experimental, porque el objetivo de la investigación es incrementar la longitud de avance de la Galería 10146-NE mediante la mejora de los parámetros de perforación y voladura en Minera Aurífera Retamas S. A.

b) Nivel de investigación

Es descriptivo, porque trata de explicar de qué manera se incrementará la longitud de avance de la Galería 10146-NE, mediante la mejora de los parámetros de perforación y voladura en Minera Aurífera Retamas S. A.

3.2 Diseño de la investigación

Es experimental.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

Todas las galerías del Nivel 2950 de Minera Aurífera Retamas S.A.

3.3.2 Muestra

La Galería 10146-NE, Nivel 2950 de Minera Aurífera Retamas S.A.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos

Observación: se realizará la recolección de datos en campo mediante la técnica observacional y así realizar el procesamiento de datos actuales de la perforación y voladura de la Galería 10146-NE, Nivel 2950 de Minera Aurífera Retamas S.A.

Para la investigación, se utilizará como instrumento de campo el cuaderno de notas, planos, vernier, flexómetro y herramientas de gestión de Minera Aurífera Retamas S.A.

Recopilación: para la recolección de datos de la perforación, factores y parámetros, control de uso y consumo se revisó tesis, libros y se utilizó una laptop y el programa Excel para el procesamiento.

3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos

- ✓ Informes
- ✓ Publicaciones
- ✓ Tesis
- ✓ Planos
- ✓ Fichas
- ✓ Libros
- ✓ Internet

✓ PC

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Incremento de la longitud de avance de la Galería 10146 mediante la mejora de los parámetros de perforación y voladura, Minera Aurífera Retamas S. A.

La metodología para incrementar la longitud de avance de la galería mediante la mejora de los parámetros de perforación y voladura implica delinear los pasos clave y sus interrelaciones. A continuación, se describe un esquema de cómo se estructura esta metodología para incrementar la longitud de avance de la galería

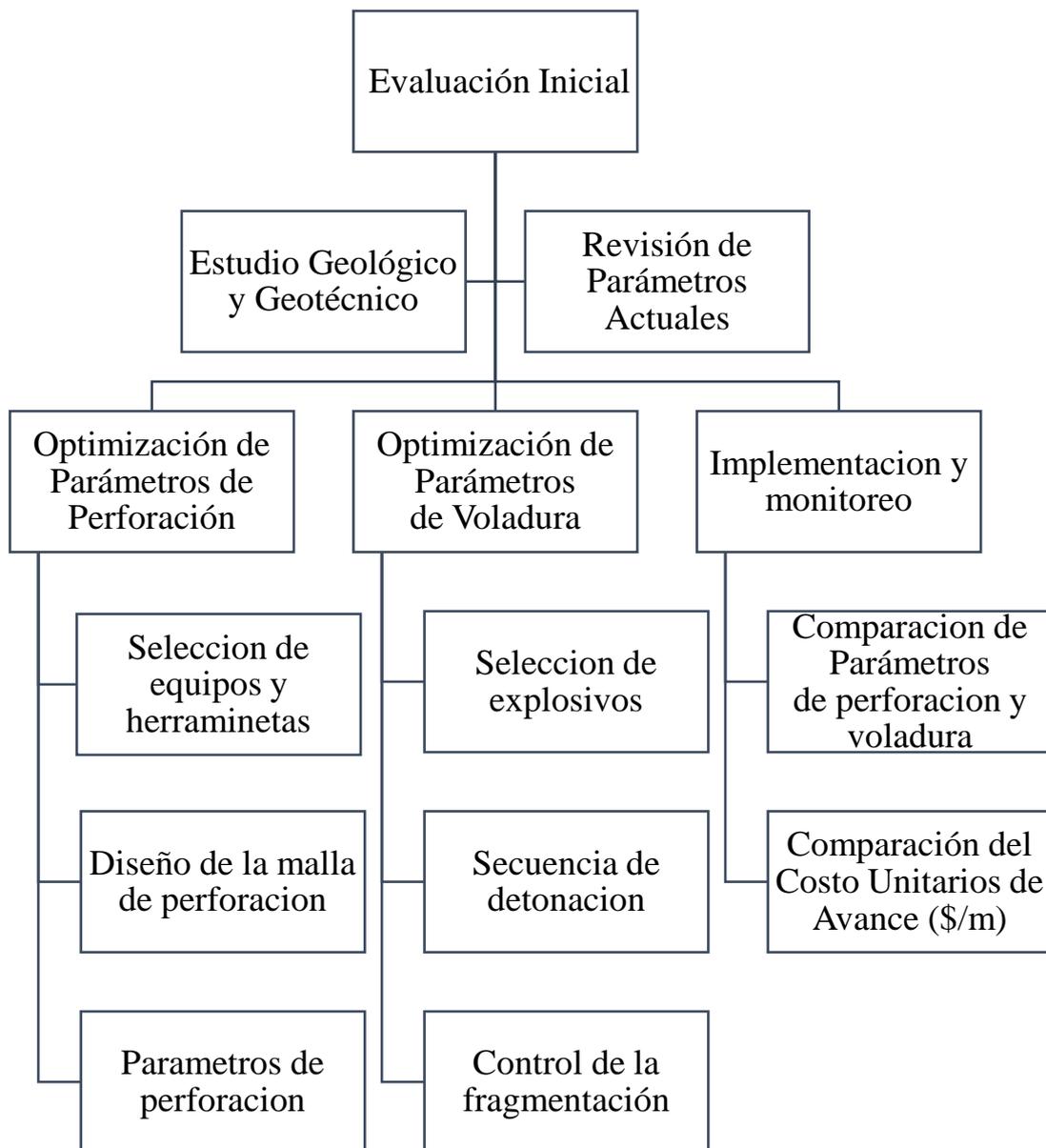


Figura 2. Metodología de trabajo de la estandarización del rendimiento de las brocas cónicas de perforación

La figura muestra la descripción de la metodología de trabajo de la estandarización del rendimiento de las brocas cónicas de perforación.

4.1.1 Evaluación inicial

La evaluación inicial es fundamental para entender las condiciones geológicas y geomecánicas de la Galería 10146-NE, Nivel 2950. Este paso proporciona la información necesaria para tomar decisiones para el incremento del avance lineal para la optimización de los parámetros de perforación y

voladura, con el objetivo de incrementar la longitud de avance de manera segura y eficiente.

VETA CABANA

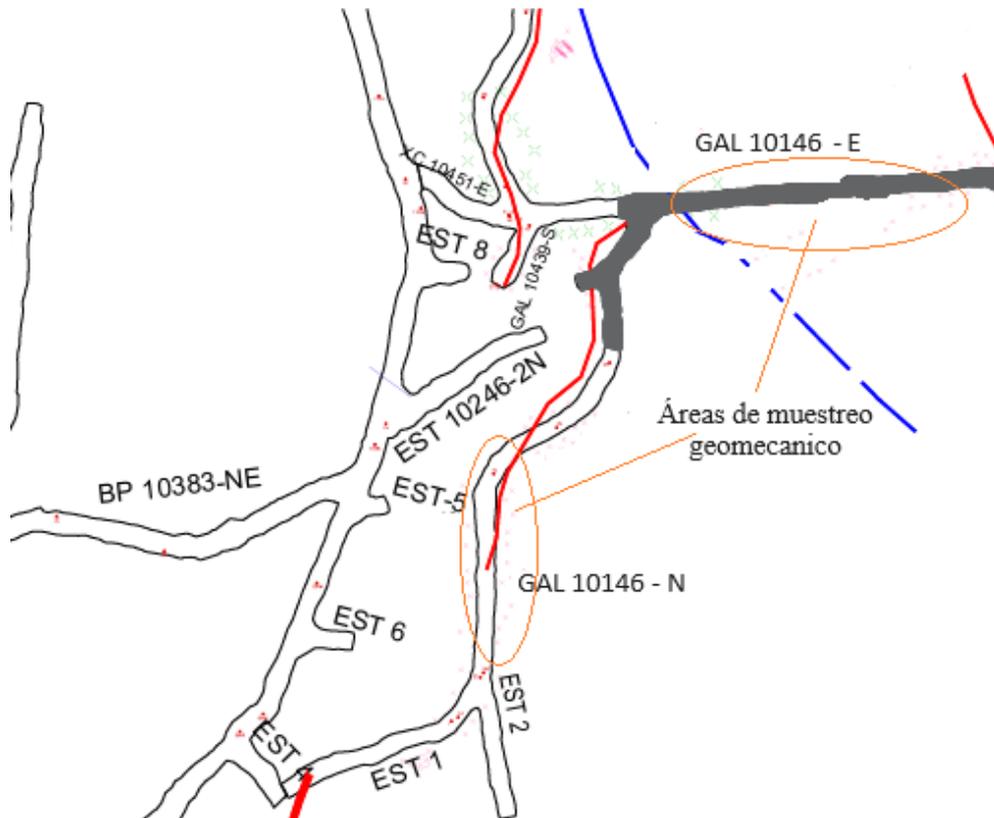


Figura 3. Áreas de muestreo geomecánico de la galería 10146
Tomada del Departamento de Operaciones de la Minera Aurífera Retamas S. A. (13)

Las áreas de muestreo geomecánico de la Galería 10146-NE del Nivel 2950 incluyen zonas de avance, intersecciones y cruces, cambios litológicos, áreas con fallas y fracturas y zonas de alta tensión geológica. El muestreo se realiza mediante mapeo geológico, ensayos de campo, extracción de testigos, fotografía y escaneo 3D, e instrumentación geotécnica. Se establece una frecuencia regular de muestreo en el frente de avance y adicionalmente cuando se identifican cambios significativos. Los datos obtenidos se analizan en laboratorio y mediante software geotécnico, ajustando las estrategias de perforación, voladura y sostenimiento según sea necesario, asegurando la estabilidad y seguridad de la galería.

4.1.2 Optimización de parámetros de perforación en la Galería 10146

1. Selección de equipos y herramientas

- Perforadoras: en la Galería 10146-NE del Nivel 2950, se utiliza el equipo manual Jackleg ya que es ideal para los trabajos en horizontal.
- Brocas: las brocas son cónicas utilizadas es de 38 mm de diámetro
- Barras: los barrenos son cónicos de 6 y 8 pies.

2. Diseño de la malla de perforación

- Distribución de taladros: Se diseña un patrón de taladros específico para la sección de 8x9 pies, optimizando la fragmentación de la roca. La distancia entre los taladros y su disposición en el frente de avance se calcula para maximizar la eficacia y minimizar la sobre perforación.
- Radios de curvatura: el radio de curvatura es de 1.5 metros en lo general en la Galería 10146-NE del Nivel 2950.
- Profundidad de taladros: la longitud de perforación por lo general es igual a los barrenos cónicos utilizados de 6 y 8 pies.

3. Parámetros de perforación

- Velocidad de rotación:
 - ✓ Recomendación: 200-250 RPM.
 - ✓ Propósito: optimizar la tasa de penetración y minimizar el desgaste de la broca.
- Presión de empuje:
 - ✓ Recomendación: 80-120 PSI.
 - ✓ Propósito: mantener un contacto constante y efectivo de la broca con la roca.
- Frecuencia de impacto:
 - ✓ Recomendación: 2,400-2,800 golpes por minuto (GPM).
 - ✓ Propósito: maximizar la fragmentación de la roca.
- Barrido:
 - ✓ Recomendación: utilizar sistemas adecuados de lubricación y enfriamiento lo más común es el uso de agua en el equipo Jackleg .

- ✓ Propósito: reducir el desgaste de las herramientas y evitar el sobrecalentamiento.
- ✓ Perforación con martillo en cabeza, la presión típica: 100-200 psi (7-14 bar)

4.1.3 Optimización de parámetros de Voladura en la Galería 10146

1. Selección de explosivos:

- Explosivos primarios:
- ✓ Tipo: dinamita Semexsa 45% o 65%, Emulnor 3000. Propósito es proporcionar una alta energía explosiva para una fragmentación eficaz de la roca.
- ✓ Accesorios de explosión: el tipo de cordón detonante (carmex de 1.5 m y 2.4 m) y mecha rápida. Propósito es asegurar la iniciación y propagación efectiva de la explosión.

2. Secuencia de detonación:

- Diseño de la Secuencia:
- ✓ Etapas: dividir la carga explosiva en varias etapas (arranque, ayudas, cuadradores, corona - pre-corte y arrastres). Propósito es optimizar la liberación de energía y reducir la vibración y el daño a las estructuras circundantes.
- ✓ Planificar la detonación en fases para maximizar la eficiencia y seguridad. Objetivo es asegurar que las cargas exploten en un orden que favorezca la liberación controlada de presión y maximice la fragmentación.

3. Control de la fragmentación:

- Tamaño de fragmentos:
- ✓ Objetivo: lograr una fragmentación uniforme con tamaños de roca manejables para el transporte y procesamiento.
- ✓ Métodos: utilizar técnicas de monitoreo visual y tecnología como cámaras y análisis de imágenes para evaluar la fragmentación. Propósito es asegurar que la fragmentación cumpla con los objetivos y realizar ajustes necesarios.
- ✓ La optimización de estos parámetros garantiza que la voladura sea eficiente y segura, mejorando la productividad y reduciendo los costos operativos en la Galería 10146-NE del Nivel 2950, Minera Aurífera Retamas S.A.

4.1.4 Implementación y monitoreo

1. Comparación de parámetros de perforación y voladura en la Galería 10146-NE del Nivel 2950:

- Análisis situacional de los parámetros iniciales de los parámetros iniciales utilizados en la perforación y voladura de la Galería 10146-NE del Nivel 2950, como el diámetro de los taladros, la longitud de perforación, el tipo y cantidad de explosivos, y la secuencia de detonación.
- Análisis de los parámetros optimizados de los nuevos parámetros optimizados implementados, destacando las modificaciones realizadas en base a estudios geotécnicos y geomecánicos.
- Análisis comparativo: evaluación de las diferencias en los resultados obtenidos con los parámetros iniciales y los optimizados. Se analizarán métricas como la fragmentación del material, la estabilidad de la galería y la eficiencia del avance lineal.

2. Comparación del costo unitarios de avance (\$/m)

El monitoreo del rendimiento de la perforación con brocas y barras cónicas implica un análisis detallado de varios parámetros clave para evaluar y comparar su eficiencia y durabilidad de la Galería 10146-NE del Nivel 2950, tal como se describe a continuación:

- La cantidad de unidades de brocas y barras cónicas utilizadas.
- El rendimiento en campo, medido en metros perforados por broca y barra cónica.
- El rendimiento según contrato, medido en metros perforados por broca y barra cónica.
- El cumplimiento porcentual comparando el rendimiento en campo con el rendimiento contractual, en metros perforados.
- El costo unitario en dólares de las brocas y barras cónicas.
- El costo total por consumo en dólares de las brocas y barras cónicas.
- El costo por metro perforado de las brocas y barras cónicas.

4.2 Desarrollo de la caracterización del macizo rocoso de la Galería 10146 para mejorar los parámetros de perforación y voladura en la Minera Aurífera Retamas S.A.

La figura a continuación presenta la caracterización geomecánica de la Galería 10146-NE del Nivel 2950, realizada tras el mapeo geomecánico

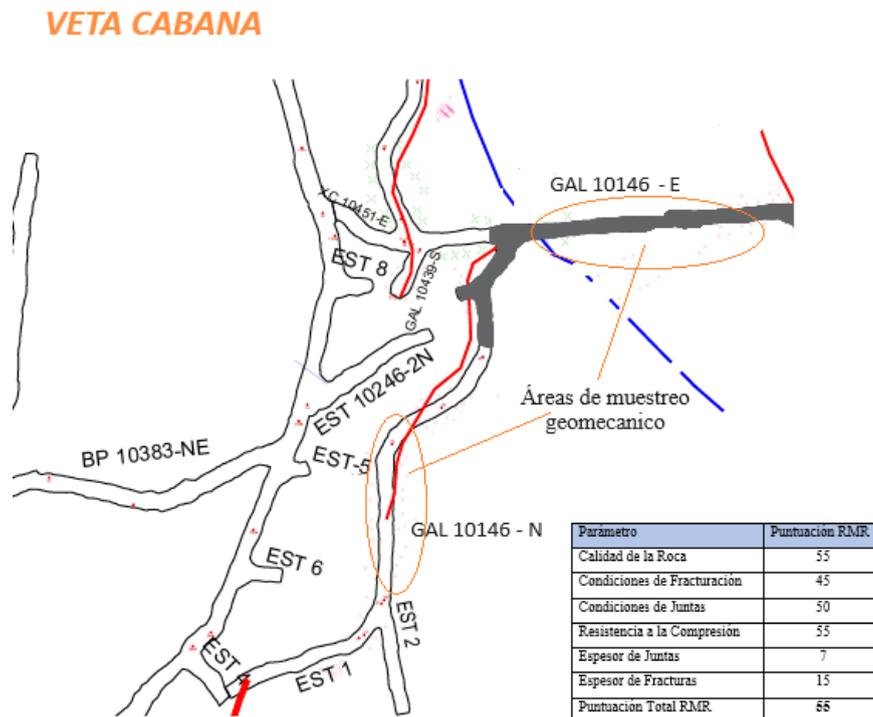


Figura 4. Caracterización geomecánica de la Galería 10146-NE del Nivel 2950 Tomada del Departamento de Operaciones de la Minera Aurífera Retamas S.A. (13)

4.2.1 Zonificación geomecánica de la Galería 10146-NE del Nivel 2950

A continuación, se presenta la tabla de clasificación Rock Mass Rating (RMR) de Bieniawski de la Galería 10146-NE del Nivel 2950

Tabla 3. Clasificación geomecánica (RMR), zonificación geomecánica de la Galería 10146-NE del Nivel 2950 en promedio

Parámetro	Valor Medido	Rango RMR	Puntuación RMR
Calidad de la Roca	Roca media	50-60	55

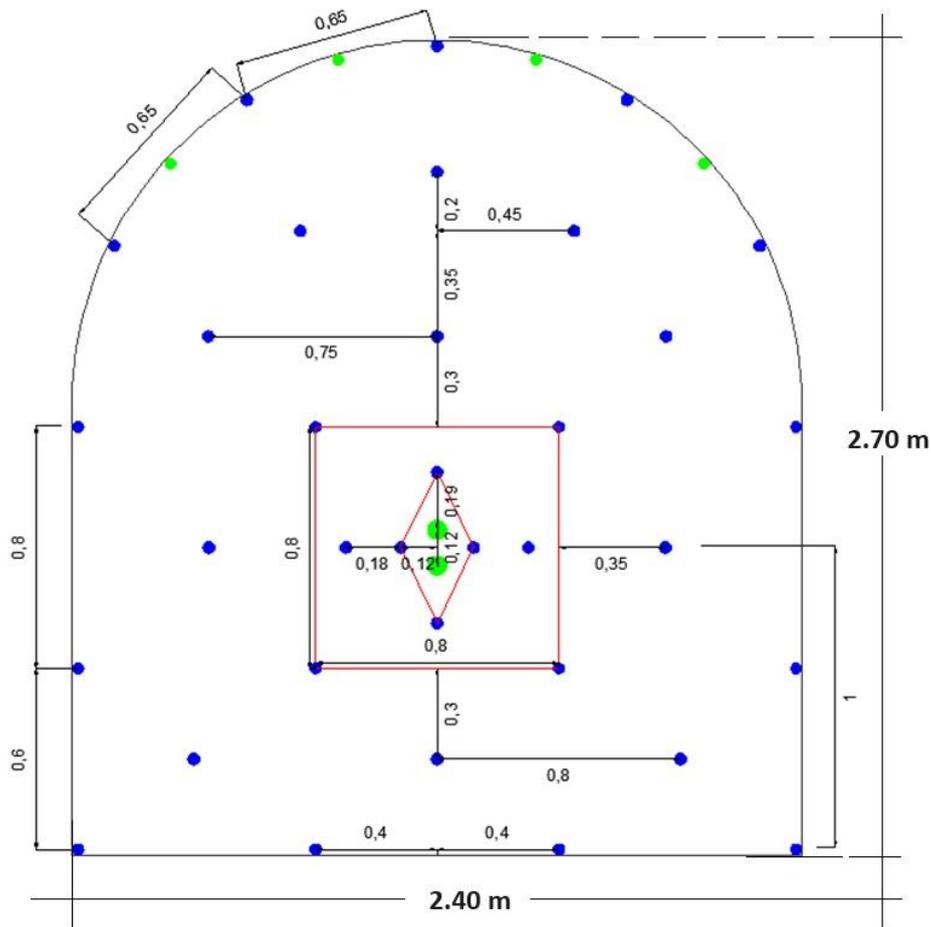
Condiciones de Fracturación	Moderada	30-60	45
Condiciones de juntas	Moderadamente desarrolladas	40-60	50
Resistencia a la Compresión	70 MPa	50-60 MPa	55
Espesor de Juntas	5 mm	5-10 mm	7
Espesor de Fracturas	10 mm	10-20 mm	15
Cálculo del RMR Total			55

El promedio del RMR es 55, lo que se considera de "calidad media" según la clasificación de Bieniawski. Este valor señala que el macizo rocoso tiene una competencia moderada, lo que podría implicar la necesidad de soporte adicional según la escala y las condiciones de la excavación.

4.2.2 Optimización de Parámetros de Perforación y voladura en la Galería 10146-NE del Nivel 2950

4.2.2.1. Análisis del estado actual de los parámetros de perforación y voladura de la Galería 10146-NE del Nivel 2950

En la siguiente figura se muestra los parámetros de perforación y voladura de la Galería 10146-N del Nivel 2950 del escenario actual



Parametros de perforacion		
SECCIÓN :	8 x 9	pies
TIPO DE ROCA:	Media	
LONGITUD PERF :	6	pies
FACTOR DE POTENCIA:	1.98	
N° TALADROS :	36	unid.
TAL. CARGADOS :	34	unid.
Parametros de voladura		
IGNITER CORD	14 m.	
CARMEX	34 uni.	
GELATINA 7/8 X 7	104 cart.	
SEMEXSA 7/8 X 7	114 cart.	
EXADIT 7/8 X 7	20 cart.	
N° CARTUCHOS:	238 cart.	

DISTRIBUCIÓN DE CARGA	N° TALADRO	CEBO		COLUMNA	
		N°	TIPO	N°	TIPO
ARRANQUE	4	1	G	10	G
AYUD.ARRANQUE	2	1	G	8	G
SUB-AYUDAS	4	1	G	7	S
AYUD. CORONAS	4	1	S	5	S
CORONAS	5	1	S	4	E
CUADRADORES	4	1	S	5	S
DE ROTURA	3	1	G	5	S
AYUD ARRASTRES	3	1	G	6	S
ARRASTRES	4	1	G	7	G

Nota:

G	GELATINA 7/8 X 7
S	SEMEXSA 7/8 X 7
E	EXADIT 7/8 X 7

Figura 5. Diseño de malla y parámetros de Perforación y voladura de la Galería 10146-N del Nivel 2950 del escenario actual Tomada del Departamento de Operaciones de la Minera Aurífera Retamas S.A. (13)

En la siguiente tabla, se muestra los disparos realizados y los parámetros de perforación y voladura de la Galería 10146-N del Nivel 2950 del escenario actual

Tabla 4. Escenario actual de los disparos realizados y los parámetros de perforación y voladura de la Galería 10146-N del Nivel 2950

Nivel	Labor	Fecha	Guardia	Sección (m)	Perforadora	Barra (pies)	Cantidad de taladros	Avance efectivo (m)	Metros perforados (mp)	Consumo de explosivos (kg)	Velocidad de rotación (rpm)	Presión de Empuje (psi.)	Frecuencia de impacto (gpm)	Barrido con agua (bar)
2950	Galería 10146-N	1/02/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.1	40.68	20.156	189.1	79.1	2199.1	6.9
2950	Galería 10146-N	1/02/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.13	41.76	20.136	189.3	79.3	2199.3	6.9
2950	Galería 10146-N	2/02/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.28	47.16	20.116	189.5	79.5	2205.0	6.8
2950	Galería 10146-N	2/02/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.17	43.2	20.096	189.7	79.7	2203.0	6.8
2950	Galería 10146-N	3/02/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.28	47.16	20.076	189.9	79.9	2201.0	6.8
2950	Galería 10146-N	3/02/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.19	43.92	20.056	189	79	2199.0	6.8
2950	Galería 10146-N	4/02/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.09	40.32	20.086	187	77	2197.0	6.8
2950	Galería 10146-N	4/02/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.14	42.12	20.116	185	75	2195.0	6.7
2950	Galería 10146-N	5/02/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.14	42.12	20.146	183	73	2193.0	6.7
2950	Galería 10146-N	5/02/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.17	43.2	20.176	181	71	2191.0	6.7
2950	Galería 10146-N	6/02/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.16	42.84	20.206	189.9	79.9	2199.9	6.7
2950	Galería 10146-N	6/02/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.11	41.04	20.236	189.7	79.7	2197.0	6.7
2950	Galería 10146-N	7/02/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.08	39.96	20.266	189.5	79.5	2195.0	6.6
2950	Galería 10146-N	7/02/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.18	43.56	20.296	189.3	79.3	2193.0	6.6
2950	Galería 10146-N	8/02/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.15	42.48	20.326	189.1	79.1	2191.0	6.6
2950	Galería 10146-N	8/02/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.15	42.48	20.356	188.9	78.9	2189.0	6.6
2950	Galería 10146-N	9/02/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.14	42.12	20.346	188.7	78.7	2187.0	6.6

2950	Galería 10146-N	9/02/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.16	42.84	20.336	188.5	78.5	2185.0	6.5
2950	Galería 10146-N	10/02/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.1	40.68	20.326	188.3	78.3	2183.0	6.5
2950	Galería 10146-N	10/02/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.28	47.16	20.316	188.1	78.1	2198.1	6.5
2950	Galería 10146-N	11/02/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.08	39.96	20.306	187.9	77.9	2197.9	6.5
2950	Galería 10146-N	11/02/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.08	39.96	20.296	187.7	77.7	2197.7	6.5
2950	Galería 10146-N	12/02/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.18	43.56	20.286	187.5	77.5	2197.5	6.4
2950	Galería 10146-N	12/02/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.09	40.32	20.276	187.3	77.3	2143.0	6.4
2950	Galería 10146-N	13/02/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.18	43.56	20.266	187.1	77.1	2145.0	6.4
2950	Galería 10146-N	13/02/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.12	41.4	20.256	186.9	76.9	2147.0	6.4
2950	Galería 10146-N	14/02/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.32	48.6	20.246	186.7	76.7	2149.0	6.4
2950	Galería 10146-N	14/02/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.27	46.8	20.236	186.5	76.5	2151.0	6.3
2950	Galería 10146-N	15/02/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.12	41.4	20.226	186.3	76.3	2153.0	6.3
2950	Galería 10146-N	15/02/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.12	41.4	20.216	186.1	76.1	2155.0	6.3
2950	Galería 10146-N	16/02/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.12	41.4	20.206	185.9	75.9	2157.0	6.3
2950	Galería 10146-N	16/02/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.13	41.76	20.196	185.7	75.7	2159.0	6.3
2950	Galería 10146-N	17/02/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.19	43.92	20.186	185.5	75.5	2161.0	6.2
2950	Galería 10146-N	17/02/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.38	50.76	20.176	185.3	75.3	2163.0	6.2
2950	Galería 10146-N	18/02/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.15	42.48	20.166	185.1	75.1	2165.0	7.9
2950	Galería 10146-N	18/02/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.12	41.4	20.156	184.9	74.9	2167.0	7.7
2950	Galería 10146-N	19/02/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.18	43.56	20.146	184.7	74.7	2169.0	7.5
2950	Galería 10146-N	19/02/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.28	47.16	20.136	184.5	74.5	2171.0	7.3

2950	Galería 10146-N	20/02/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.18	43.56	20.126	184.3	74.3	2173.0	7.1	
2950	Galería 10146-N	20/02/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.08	39.96	20.116	184.1	74.1	2175.0	6.9	
2950	Galería 10146-N	21/02/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.17	43.2	20.106	183.9	73.9	2177.0	6.7	
2950	Galería 10146-N	21/02/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.13	41.76	20.096	183.7	73.7	2179.0	6.5	
2950	Galería 10146-N	22/02/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.08	39.96	20.086	183.5	73.5	2181.0	6.3	
2950	Galería 10146-N	22/02/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.14	42.12	20.076	183.3	73.3	2183.0	7.7	
2950	Galería 10146-N	23/02/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.09	40.32	20.066	183.1	73.1	2185.0	7.5	
2950	Galería 10146-N	23/02/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.08	39.96	20.056	182.9	72.9	2187.0	7.3	
2950	Galería 10146-N	24/02/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.09	40.32	20.046	182.7	72.7	2189.0	7.1	
2950	Galería 10146-N	24/02/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.18	43.56	20.036	182.5	72.5	2191.0	6.9	
2950	Galería 10146-N	25/02/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.08	39.96	20.026	182.3	72.3	2193.0	6.7	
2950	Galería 10146-N	25/02/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.09	40.32	20.016	182.1	72.1	2195.0	6.5	
2950	Galería 10146-N	26/02/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.08	39.96	20.006	181.9	71.9	2197.0	6.3	
2950	Galería 10146-N	26/02/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	6	36	1.08	39.96	19.996	181.7	71.7	2199.0	6.1	
								Total	59.86	2211.12	1049.00				
								Promedio total	1.15	42.52	20.17	186.08	76.08	2181.78	6.70

En la siguiente figura se muestra el resumen de los disparos realizados y los parámetros de perforación y voladura de la Galería 10146-N del Nivel 2950 del escenario actual

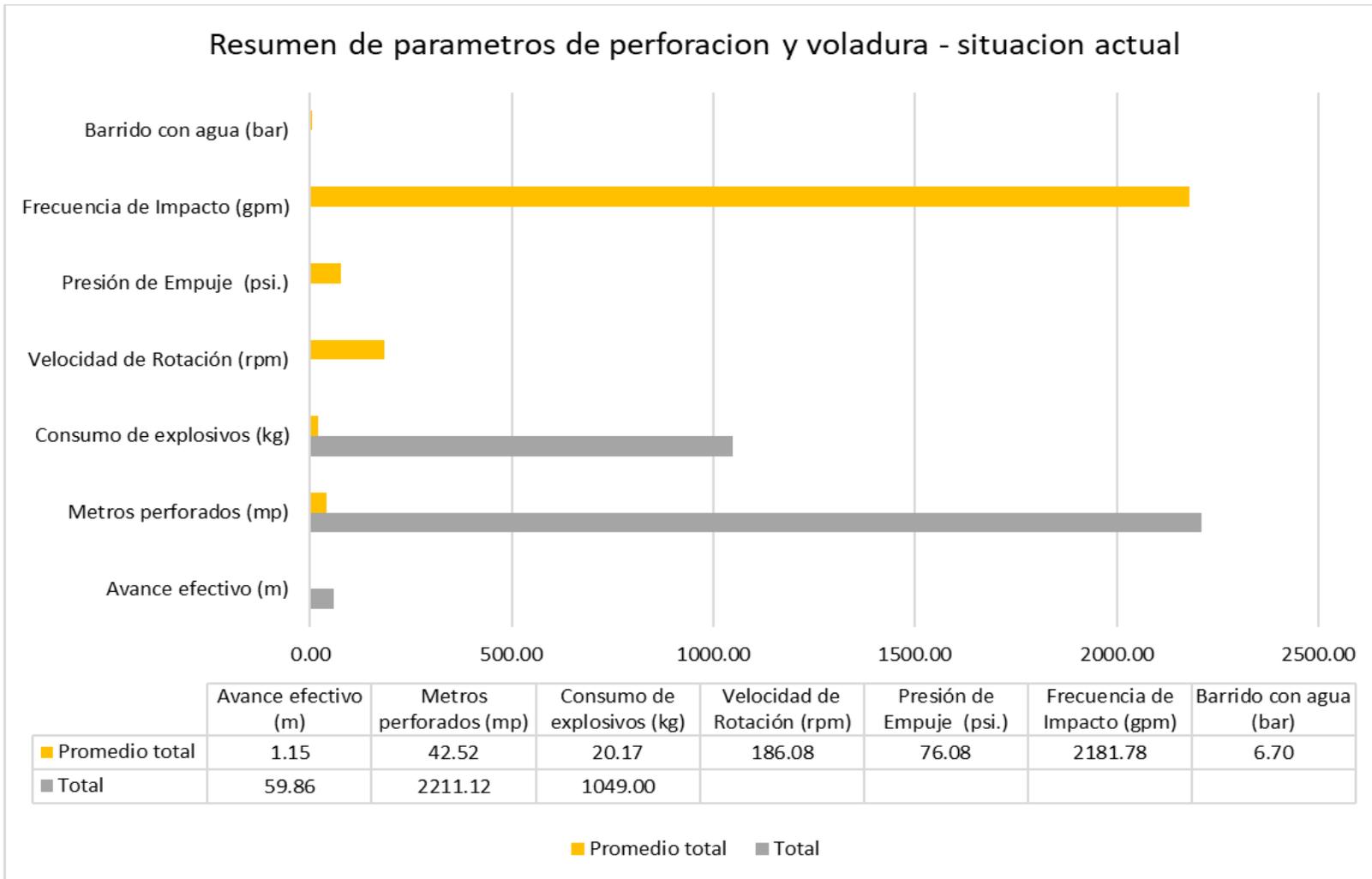


Figura 6. Resumen de los disparos realizados y los parámetros de perforación y voladura de la Galería 10146-N del Nivel 2950 del escenario actual

Interpretación

Los disparos realizados de la Galería 10146-N del Nivel 2950, juntamente con los parámetros de perforación y voladura medidos en el escenario actual en promedio son los siguientes:

- El avance efectivo por disparo en promedio es de 1.15 metros, el cual es muy deficiente para una barra de 6 pies, siendo su avance efectivo de 1.50 m.
- Los metros perforados por disparo en promedio son de 42.52., esto evidencia que se encuentra por debajo de los 54 metros perforados por frente con barra de 6 pies, siendo deficiente en el avance efectivo.
- El consumo de explosivos por disparo es de 20.17 kg
- La velocidad de rotación del equipo *Jackleg* es de 186.08 rpm, el cual se encuentra por debajo del rango permisible de 200 a 250 rpm.
- La velocidad de presión de empuje es de 76.08 psi, lo que evidencia se encuentra por debajo del rango permisible de 80 a 120 psi
- La Frecuencia de Impacto es de 2181.78 gpm, lo que evidencia se encuentra por debajo del rango permisible de 2400 a 2800 gpm.
- El barrido con agua es de 6.70 bar, lo que evidencia se encuentra por debajo del rango permisible de 7 a 14 bar.

En la siguiente figura se muestra se muestra el análisis de la fragmentación de los disparos de la Galería 10146-N del Nivel 2950 del escenario actual

MINERA AURÍFERA RETAMAS S.A.
La Galería 10146-N del Nivel 2950

febrero 03, 2024 14:05:45

3.3.14.0 - User - Company (LAVTeam 31337)

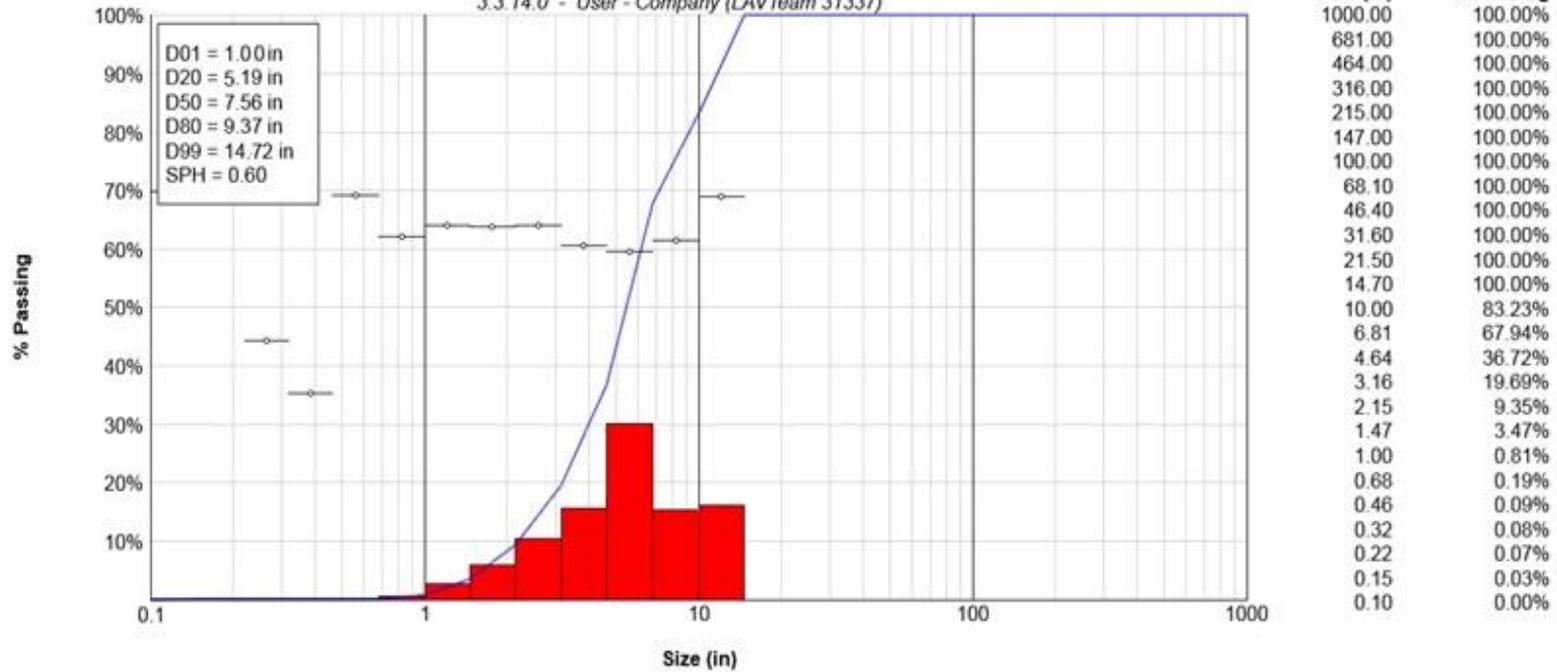


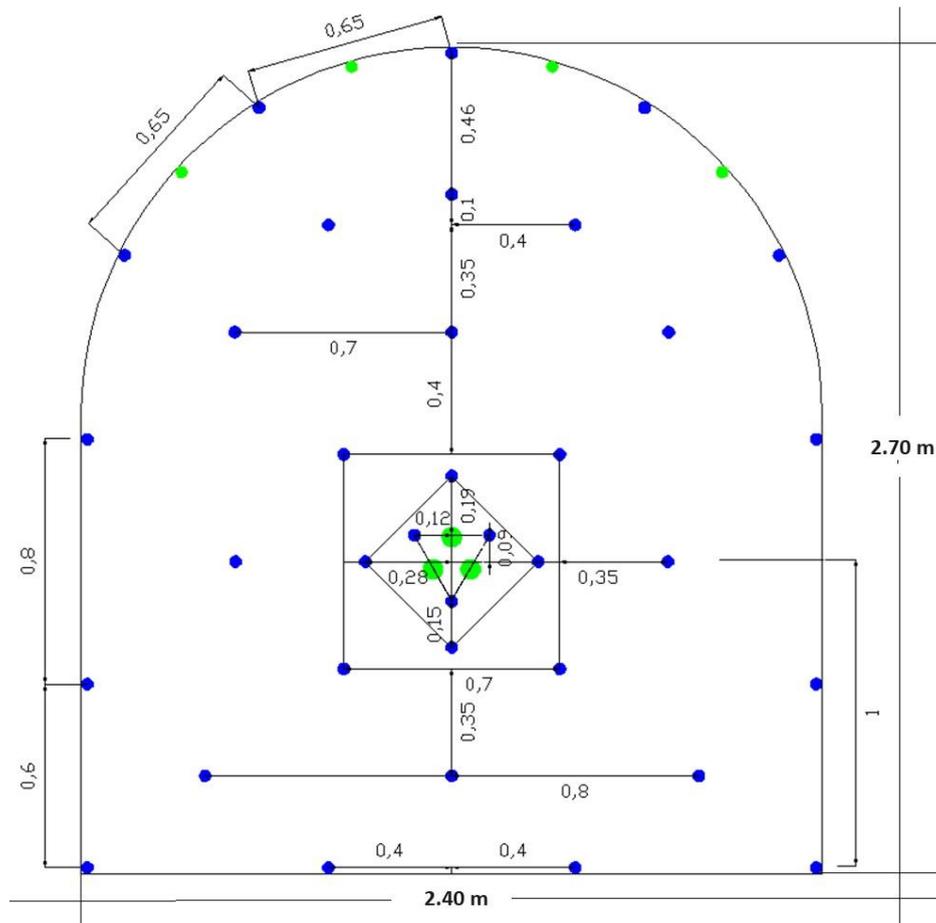
Figura 7. Escenario actual - análisis de la fragmentación de los disparos de la Galería 10146-N del Nivel 2950

Interpretación:

La curva granulométrica revela que el 20 % del material pasa por una malla de 5.19", el 50 % por una malla de 7.56" y el P80 por una malla de 9.37". Esto significa que la mayoría del material fragmentado tiene un tamaño considerablemente grande. En términos prácticos, el resultado del disparo actual ha sido deficiente, ya que se esperaba una fragmentación más uniforme para optimizar los procesos de carga, transporte y trituración posteriores. La presencia de fragmentos de tamaño superior a 9.37" indica que la energía de los explosivos no se ha distribuido de manera eficiente en la masa rocosa, resultando en una rotura incompleta y en la generación de bloques grandes que dificultan las operaciones subsecuentes. Para mejorar la calidad de la fragmentación, se podrían ajustar los parámetros de perforación y voladura de la Galería 10146-N del Nivel 2950

4.2.2.2. Análisis del estado de mejora de los parámetros de perforación y voladura de la Galería 10146-E del Nivel 2950

Tras las deficiencias en los parámetros de perforación y voladura, se procedió a realizar las mejoras de los parámetros de perforación y voladura en la Galería 10146-E del Nivel 2950. En el que se tuvo como objetivo incrementar el avance lineal con el cambio de barra cónica de 8 pies juntamente con un replanteo del diseño de malla de perforación y voladura, el cual ha demostrado avances significativos en la eficiencia y efectividad del proceso, lo que ha permitido una perforación más precisa y uniforme. Asimismo, se han ajustado los parámetros de voladura, mejorando la fragmentación del material y reduciendo los tiempos de ciclo y los costos operativos. Estos cambios han llevado a un incremento en la productividad y a una mayor seguridad en las operaciones mineras.



Parámetros de perforación		
SECCIÓN :	8 x 9	pies
TIPO DE ROCA:	Regular	
LONGITUD PERF :	8	pies
FACTOR DE POTENCIA:	1.83	
N° TALADROS :	38	unid.
TAL. CARGADOS :	35	unid.
Parámetros de voladura		
IGNITER CORD	14 m.	
CARMEX	35 uni.	
GELATINA 7/8 X 7	135 cart.	
SEMEXSA 7/8 X 7	146 cart.	
EXADIT 7/8 X 7	30 cart.	
N° CART:	311 cart.	

DISTRIBUCIÓN DE CARGA	N° TAL.	CEBO		COLUMNA	
		N°	TIPO	N°	TIPO
ARRANQUE	3	1	G	11	G
AYUD.ARRANQUE	4	1	G	10	G
SUB-AYUDAS	4	1	G	9	S
AYUD. CORONAS	4	1	G	7	S
CORONAS	5	1	S	6	E
CUADRADORES	4	1	G	7	S
DE ROTURA	4	1	G	7	S
AYUD ARRASTRES	3	1	G	7	S
ARRASTRES	4	1	G	8	G

Nota:

G	GELATINA 7/8 X 7
S	SEMEXSA 7/8 X 7
S	EXADIT 7/8 X 7

Figura 8. Diseño de malla y parámetros de perforación y voladura de la Galería 10146-E del Nivel 2950 del escenario optimo

En la siguiente tabla, se muestra los disparos realizados y los parámetros de perforación y voladura de la Galería 10146-E del Nivel 2950 del escenario optimo

Tabla 5. Escenario óptimo de los disparos realizados y los parámetros de perforación y voladura de la Galería 10146-E del Nivel 2950

Nivel	Labor	Fecha	Guardia	Sección	Perforadora	Barras (pies)	Cantidad de taladros (unid.)	Avance efectivo (m)	Metros perforados (mp)	Consumo de explosivos (kg)	Velocidad de rotación (rpm)	Presión de Empuje (psi.)	Frecuencia de impacto (gpm)	Barrido con agua (bar)
2950	Galería 10146-E	27/02/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.08	80.18	26.02	249.00	119	2795.0	14.5
2950	Galería 10146-E	27/02/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.00	77.14	26.03	247.00	117	2790.0	14.3
2950	Galería 10146-E	28/02/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.05	79.04	26.04	245.00	115	2785.0	14.1
2950	Galería 10146-E	28/02/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.10	80.94	26.06	243.00	113	2780.0	13.9
2950	Galería 10146-E	29/02/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	1.98	76.46	26.07	241.00	111	2775.0	13.7
2950	Galería 10146-E	29/02/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.00	76.95	26.08	239.00	109	2770.0	13.5
2950	Galería 10146-E	1/03/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.01	77.44	26.99	237.00	107	2765.0	13.3
2950	Galería 10146-E	1/03/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.02	77.94	26.49	235.00	105	2760.0	13.1
2950	Galería 10146-E	2/03/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.03	78.43	25.99	233.00	103	2755.0	12.9
2950	Galería 10146-E	2/03/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.05	78.93	26.13	248.00	118	2750.0	12.7
2950	Galería 10146-E	3/03/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.06	79.42	26.86	248.00	118	2745.0	12.5
2950	Galería 10146-E	3/03/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.07	79.91	26.99	249.00	119	2740.0	12.3
2950	Galería 10146-E	4/03/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.09	80.41	25.99	250.00	120	2735.0	12.1
2950	Galería 10146-E	4/03/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.10	80.90	26.39	249.00	119	2730.0	14.5
2950	Galería 10146-E	5/03/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.11	81.40	26.44	248.00	118	2725.0	14.3
2950	Galería 10146-E	5/03/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.13	81.89	26.49	247.00	117	2720.0	14.1
2950	Galería 10146-E	6/03/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.14	82.38	26.54	246.00	116	2715.0	13.9

2950	Galería 10146-E	6/03/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.15	82.88	25.99	245.00	115	2710.0	13.7
2950	Galería 10146-E	7/03/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.16	83.37	26.25	244.00	114	2705.0	13.5
2950	Galería 10146-E	7/03/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.18	83.87	26.26	243.00	113	2795.0	13.3
2950	Galería 10146-E	8/03/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.19	84.36	26.28	242.00	112	2790.0	13.1
2950	Galería 10146-E	8/03/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	1.95	75.24	26.03	241.00	111	2785.0	12.9
2950	Galería 10146-E	9/03/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.05	79.04	26.04	240.00	119	2780.0	12.7
2950	Galería 10146-E	9/03/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.00	77.14	26.29	239.00	120	2775.0	14.5
2950	Galería 10146-E	10/03/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	1.98	76.46	25.99	238.00	119	2770.0	14.3
2950	Galería 10146-E	10/03/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.00	76.95	26.08	249.91	118	2765.0	14.1
2950	Galería 10146-E	11/03/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.01	77.44	26.09	249.89	117	2760.0	13.9
2950	Galería 10146-E	11/03/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.02	77.94	26.11	239.00	116	2755.0	13.7
2950	Galería 10146-E	12/03/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.03	78.43	26.12	249.87	115	2750.0	13.5
2950	Galería 10146-E	12/03/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.05	78.93	26.13	229.00	114	2745.0	13.3
2950	Galería 10146-E	13/03/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	1.95	75.24	26.02	249.97	119.97	2740.0	13.1
2950	Galería 10146-E	13/03/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	1.94	74.97	26.03	249.96	119.957	2735.0	12.9
2950	Galería 10146-E	14/03/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	1.96	75.47	26.04	249.94	119	2730.0	12.7
2950	Galería 10146-E	14/03/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.00	77.14	26.06	236.00	120	2725.0	12.5
2950	Galería 10146-E	15/03/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	1.98	76.46	26.07	249.92	119	2720.0	14.5
2950	Galería 10146-E	15/03/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.00	76.95	26.08	232.00	118	2715.0	14.3
2950	Galería 10146-E	16/03/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.01	77.44	26.09	249.00	117	2710.0	14.1
2950	Galería 10146-E	16/03/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.02	77.94	26.11	248.10	116	2705.0	13.9

2950	Galería 10146-E	17/03/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.03	78.43	26.12	247.20	115	2700.0	13.7
2950	Galería 10146-E	17/03/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.05	78.93	26.13	246.30	114	2695.0	13.5
2950	Galería 10146-E	18/03/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.06	79.42	26.15	245.40	115.4	2690.0	13.3
2950	Galería 10146-E	18/03/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.07	79.91	26.16	244.50	114.5	2650.0	13.1
2950	Galería 10146-E	19/03/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.09	80.41	26.17	243.60	113.6	2664.0	12.9
2950	Galería 10146-E	19/03/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.10	80.90	26.19	242.70	112.7	2678.0	12.7
2950	Galería 10146-E	20/03/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.11	81.40	26.20	241.80	111.8	2692.0	12.5
2950	Galería 10146-E	20/03/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.13	81.89	25.99	240.90	110.9	2706.0	12.3
2950	Galería 10146-E	21/03/2024	Día	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.14	82.38	26.22	240.00	115.4	2720.0	12.1
2950	Galería 10146-E	21/03/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.15	82.88	26.15	239.10	114.5	2734.0	11.9
2950	Galería 10146-E	22/03/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.16	83.37	26.25	238.20	113.6	2748.0	11.7
2950	Galería 10146-E	22/03/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.18	83.87	26.26	237.30	112.7	2762.0	11.5
2950	Galería 10146-E	23/03/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.19	84.36	26.75	236.40	111.8	2776.0	11.3
2950	Galería 10146-E	23/03/2024	Noche	2.40 x 2.70	RMP – S83FX	8	38	2.00	77.14	25.99	235.50	110.9	2790.0	11.1
Total								107.09	4128.70	1362.41				
Promedio total								2.06	79.40	26.20	243.22	115.05	2740.48	13.23

En la siguiente figura se muestra el resumen de los disparos realizados y los parámetros de perforación y voladura de la Galería 10146-E del Nivel 2950 del escenario optimo

Resumen de parametros de perforacion y voladura - situacion optima

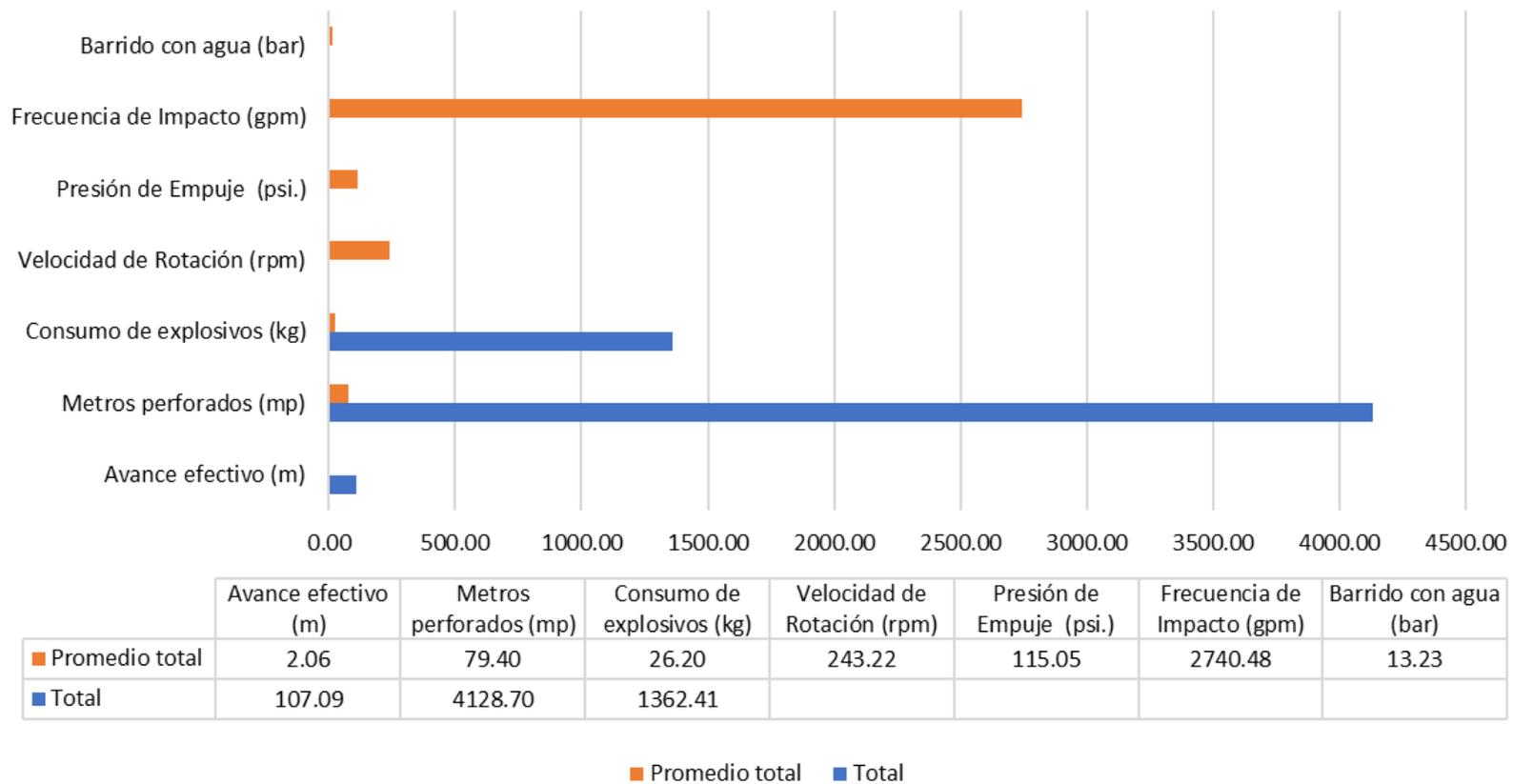


Figura 9. Resumen de los disparos realizados y los parámetros de perforación y voladura de la Galería 10146-E del Nivel 2950 del escenario optima

Interpretación

Los disparos realizados de la Galería 10146-E del Nivel 2950, juntamente con los parámetros de perforación y voladura medidos en el escenario optimo en promedio son los siguientes:

- El avance efectivo por disparo en promedio es de 2.06 metros, esto demuestra que es muy eficiente para una barra de 8 pies.
- Los metros perforados por disparo en promedio es de 79.40, siendo eficiente en el avance efectivo.
- El consumo de explosivos por disparo es de 26.20 kg
- La velocidad de rotación del equipo *Jackleg* es de 243.22 rpm, lo que evidencia que se encuentra dentro del rango permisible de 200 a 250 rpm.
- La velocidad de presión de empuje es de 115.05 psi, lo que evidencia que se encuentra dentro del rango permisible de 80 a 120 psi
- La frecuencia de impacto es de 2740.48 gpm, lo que evidencia que se encuentra dentro del rango permisible de 2400 a 2800 gpm.
- El barrido con agua es de 13.23 bar, lo que evidencia que se encuentra dentro del rango permisible de 7 a 14 bar.

En la siguiente figura se muestra se muestra el análisis de la fragmentación de los disparos de la Galería 10146-E del Nivel 2950 del escenario actual

MINERA AURÍFERA RETAMAS S.A.

La Galería 10146-E del Nivel 2950

mayo 10, 2024 14:21:04

3.3.14.0 - User - Company (LAVTeam 31337)

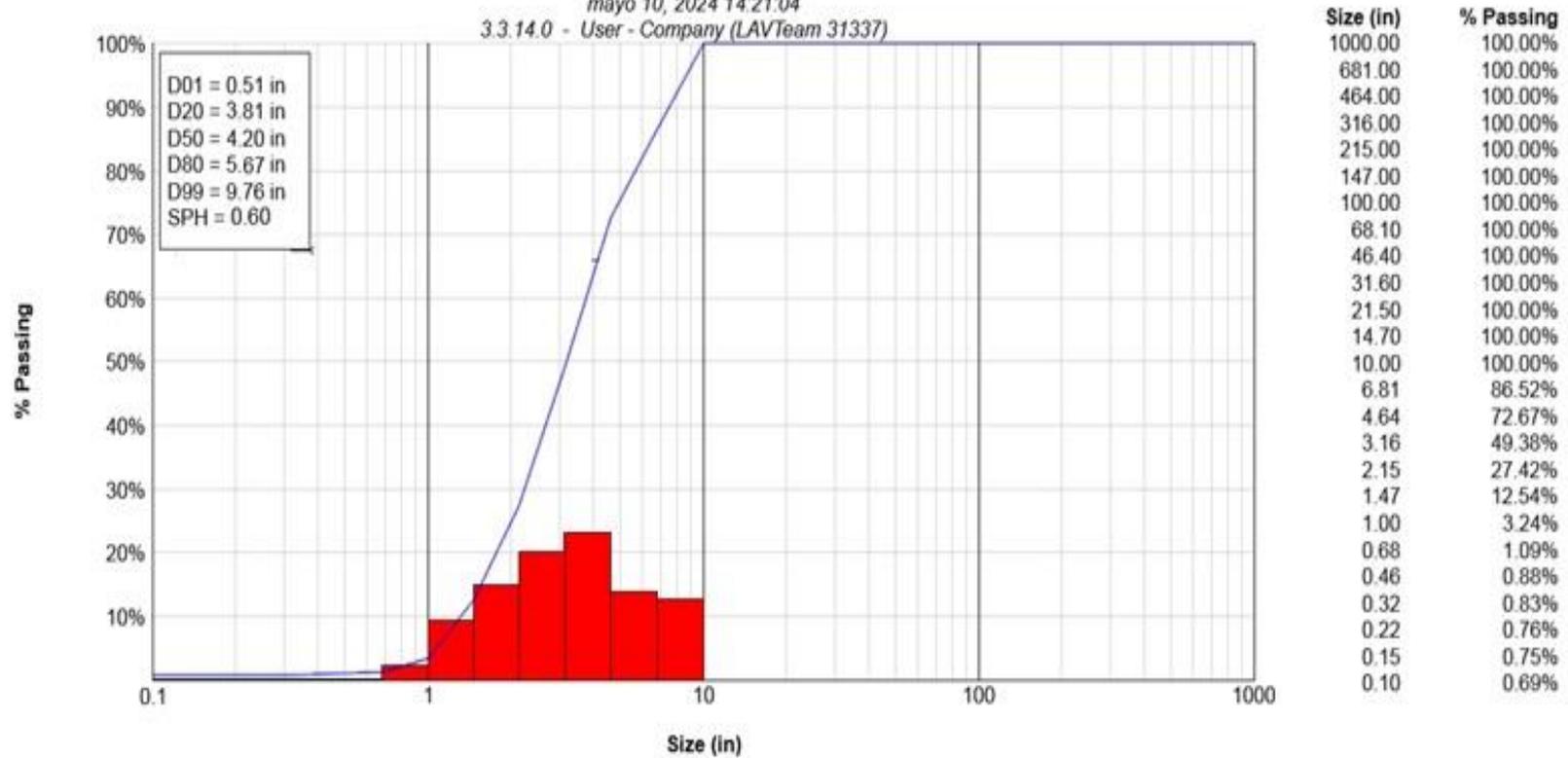


Figura 10. Escenario actual - análisis de la fragmentación de los disparos de la Galería 10146-E del Nivel 2950

Interpretación:

La curva granulométrica revela que el 20 % del material pasa por una malla de 3.81", el 50 % por una malla de 4.20" y el P80 por una malla de 5.67". Esto sugiere que el disparo es eficiente en condiciones óptimas, dado que el 80 % del material fragmentado tiene un tamaño de 5.67". Este tamaño de fragmentación es adecuado para los procesos subsecuentes de manejo y procesamiento del mineral, facilitando el transporte y la trituración. La eficiencia del disparo se refleja en la distribución uniforme de tamaños, lo que minimiza los costos operativos y maximiza la seguridad y productividad de la Galería 10146-N del Nivel 2950

4.3 Reducir el costo operativo por metro lineal de la Galería 10146 mediante la mejora de los parámetros de perforación y voladura, Minera Aurífera Retamas S.A.

Para reducir el costo operativo por metro lineal de la Galería 10146, Minera Aurífera Retamas S.A. se ha mejorado los parámetros de perforación y voladura, optimizando el uso de explosivos y el diseño de mallas de perforación. Esto implica ajustar la secuencia de detonación y controlar la fragmentación del material. Al hacerlo, se puede reducir el tiempo y los recursos necesarios para la excavación de la Galería 10146.

4.3.1 Situación actual - Análisis del costo por metro lineal de avance de la Galería 10146-N del Nivel 2950

En la siguiente tabla se muestra los parámetros de perforación y voladura del disparo de la Galería 10146-N del Nivel 2950 en el escenario actual

Tabla 6. Escenario actual - parámetros de perforación y voladura del disparo de la Galería 10146-N del Nivel 2950

Parametros de perforacion y voladura					
Tipo de roca:	Media				
Ancho Labor:	2.4	m	Eficiencia de Perforacion	75%	
Alto Labor:	2.7	m	Eficiencia de Disparo	84%	
Longitud de Barra (pie)	6.0	pies	Longitud de carga	0.91	m
Nº Taladros de Frente	36	tal	Avance Efectivo	1.15	m
Nº Taladros cargados	34	tal	m ³ / Disparo	7.47	m ³
Factor de carga:	17.3	Kg/m	Longitud de avance de perforación	1.4	mts
kg explosivo	19.9	Kg	kilogramos/ taladro	0.59	

En la siguiente figura, se muestra el costo por metro lineal de avance (\$/ml) de la perforación y voladura del disparo de la Galería 10146-N del Nivel 2950 en el escenario actual

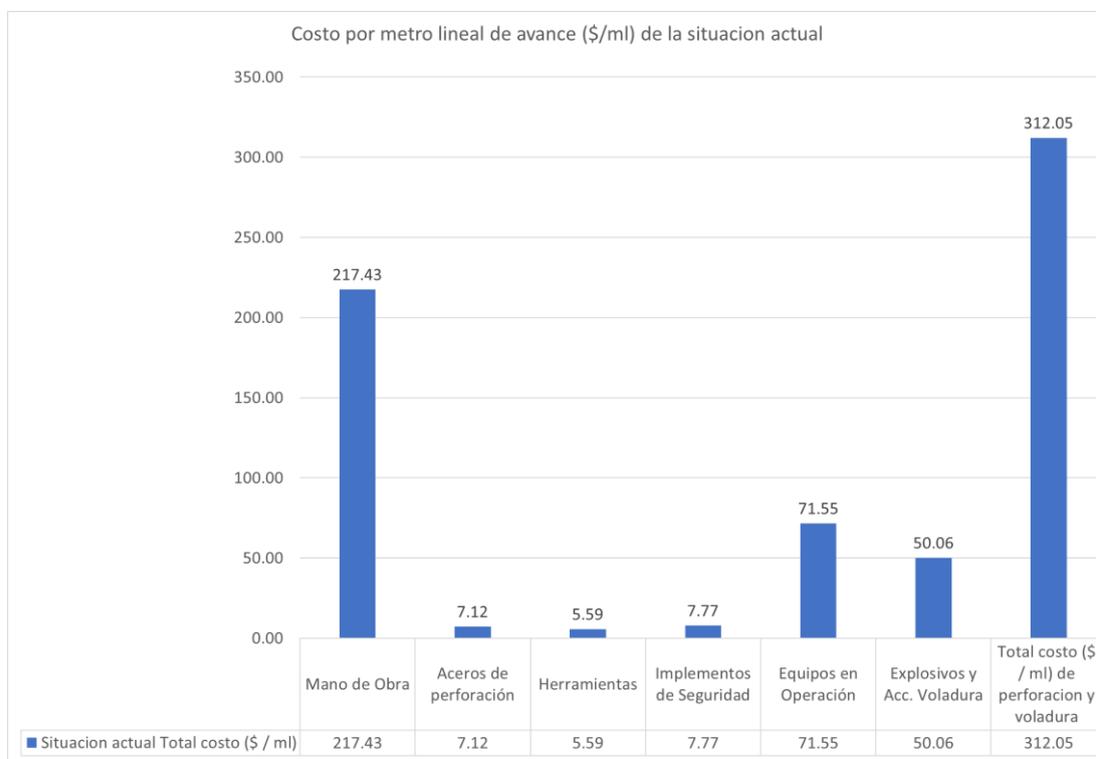


Figura 11. Escenario actual - costo por metro lineal de avance (\$/ml) de la perforación y voladura del disparo de la Galería 10146-N del Nivel 2950

Interpretación:

El avance efectivo es de 1.15 metros. Este resultado deficiente ha incrementado los costos de cada ítem mencionado en la figura, lo que refleja ineficiencias en la operación. Como consecuencia, el costo por metro lineal de avance se ha elevado significativamente, alcanzando los 312.05 \$/m. Este aumento en los costos es preocupante y subraya la necesidad de optimizar los parámetros de perforación y voladura para mejorar la eficiencia y reducir los gastos operativos

En el anexo 2 se muestra la estructura del costo por metro lineal de avance (\$/ml) de la perforación y voladura por disparo de la Galería 10146-N del Nivel 2950 en el escenario actual

4.3.2 Situación óptima - Análisis del costo por metro lineal de avance de la Galería 10146-E del Nivel 2950

En la siguiente tabla, se muestra los parámetros de perforación y voladura del disparo de la Galería 10146-E del Nivel 2950 en el escenario optima

Tabla 7. Escenario óptimo - parámetros de perforación y voladura del disparo de la Galería 10146-E del Nivel 2950

Parametros de perforacion y voladura					
Tipo de roca:	Media				
Ancho Labor:	2.4	m	Eficiencia de Perforacion	90.00%	
Alto Labor:	2.7	m	Eficiencia de Disparo	94.00%	
Longitud de Barra (pie)	8.0	pies	Longitud de carga	1.46	m
N°Taladros de Frente	38	tal	Avance Efectivo	2.06	m
N°Taladros cargados	35	tal	m³ / Disparo	13.33	m3
Factor de carga:	11.84	Kg/m	Longitud de avance de	2.19	mts
kg explosivo	26.0	Kg	kilogramos/ taladro	0.74	

En la siguiente figura se muestra el costo por metro lineal de avance (\$/ml) de la Perforación y voladura del disparo de la Galería 10146-E del Nivel 2950 en el escenario optimo

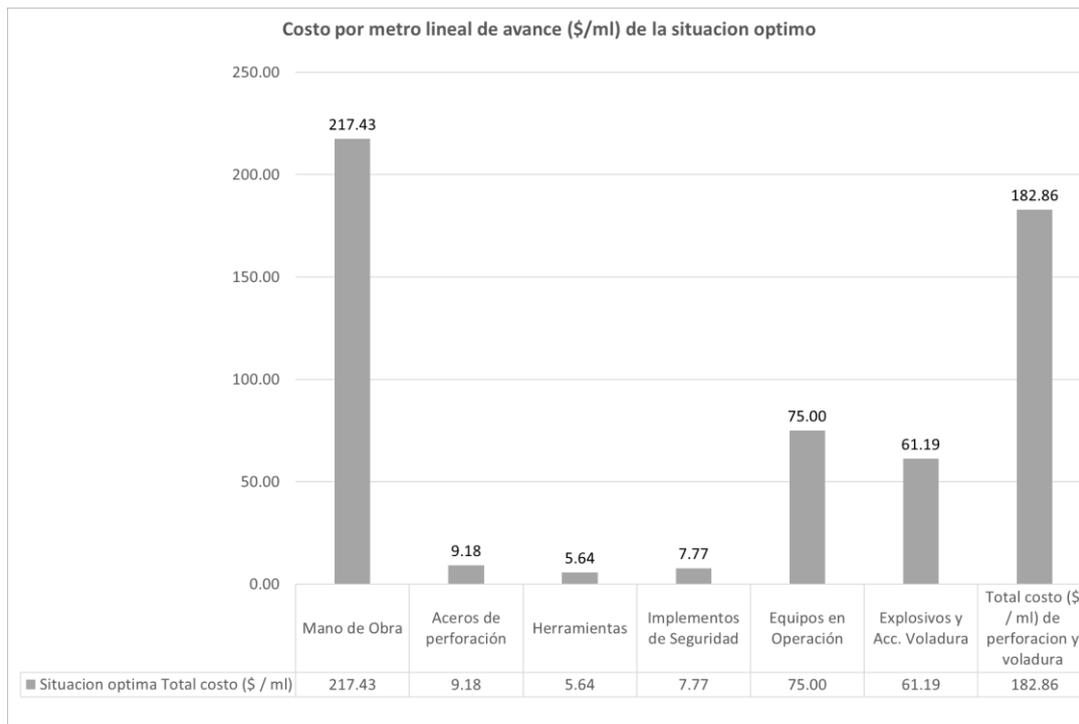


Figura 12. Escenario óptimo - costo por metro lineal de avance (\$/ml) de la perforación y voladura del disparo de la Galería 10146-E del Nivel 2950

Interpretación:

El avance efectivo es de 2.06 metros. Este resultado eficiente ha permitido una reducción significativa en los costos de los ítems primordiales en la figura, evidenciando mejoras en los procesos de perforación y voladura. Gracias a estas optimizaciones, el costo total por metro lineal de avance se ha reducido a 182.86 \$/m. Esta disminución en los costos no solo mejora la rentabilidad de la operación minera, sino que también destaca la importancia de mantener y ajustar constantemente los parámetros operativos para alcanzar mayores niveles de eficiencia y sostenibilidad en la Galería 10146-E del Nivel 2950

En el anexo 3, se muestra la estructura del costo por metro lineal de avance (\$/ml) de la Perforación y voladura por disparo de la Galería 10146-E del Nivel 2950

En la siguiente figura se muestra la comparación del costo por metro lineal de avance de la situación actual vs situación optima

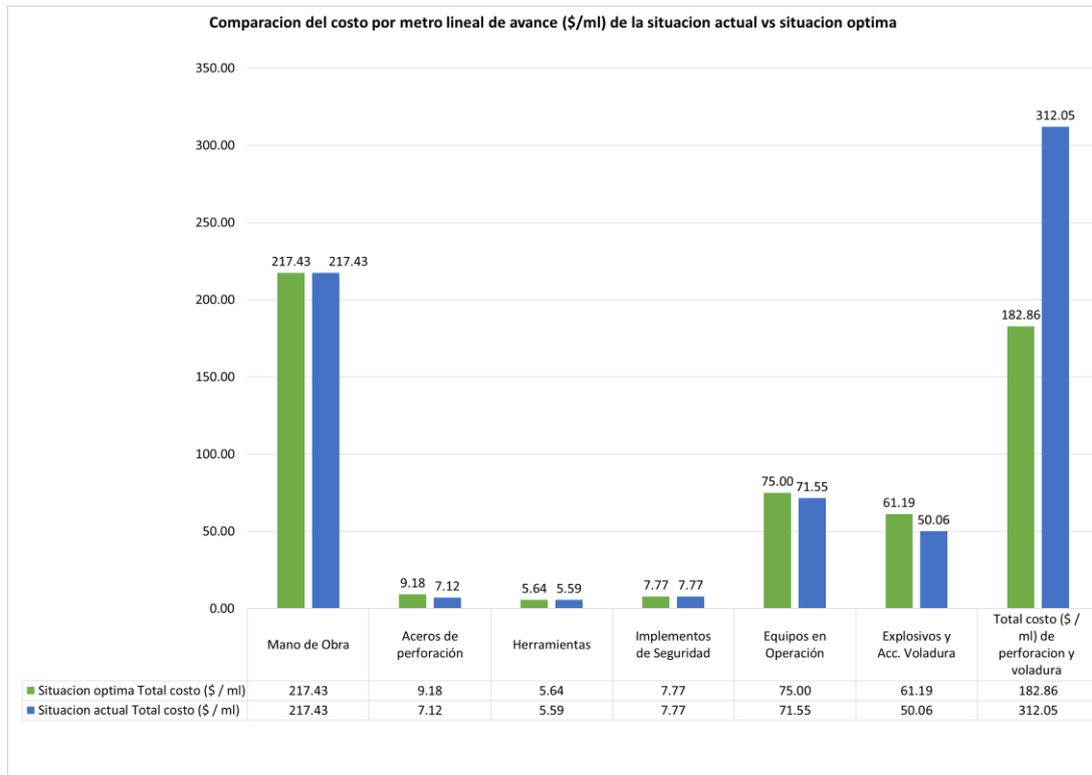


Figura 13. Comparación del costo por metro lineal de avance de la situación actual vs situación óptima

Interpretación:

En la situación actual el avance efectivo es de 1.15 metros, con un costo por metro lineal de avance de 312.05 \$/m. En la situación de mejora el avance efectivo es de 2.06 metros, con un costo total por metro lineal de avance de 182.86 \$/m. la optimización del costo por metro lineal de avance es de 129.20 \$/m en la Galería 10146-E del Nivel 2950.

4.4 Prueba de hipótesis

4.4.1. Prueba de hipótesis general

Este trabajo de investigación está basado en las siguientes hipótesis generales:

a) Hipótesis nula:

- Ho: El incremento de la longitud de avance de la Galería 10146-NE no será factible ni viable mediante la mejora de los parámetros de perforación y voladura, Minera Aurífera Retamas S.A.

b) Hipótesis alternativa:

- Ha: El incremento de la longitud de avance de la Galería 10146-NE será factible y viable mediante la mejora de los parámetros de perforación y voladura, Minera Aurífera Retamas S.A.

4.4.2. Análisis de datos

La hipótesis de la investigación es el incremento de la longitud de avance de la Galería 10146-NE, mediante la mejora de los parámetros de perforación y voladura, Minera Aurífera Retamas S.A, por medio de la comparación de los diez disparos realizados del antes y después de las mejoras realizadas.

- **Criterios de decisión:**

- ✓ Si $P \geq 0.5$, aceptamos la Ha y rechazamos la Ho.

✓ Si $P < 0.5$, aceptamos la H_0 y rechazamos la H_a .

En la siguiente tabla se muestra la comparación de los diez disparos del estado situacional y el estado óptimo del incremento de la longitud de avance de la Galería 10146-NE.

Tabla 8. Comparación de los diez disparos realizados en el escenario actual y en el escenario de mejora en la Galería 10146-NE, Minera Aurífera Retamas S.A.

Nº de disparos	Situación actual	Situación de mejora
1	1.10	2.08
2	1.13	2.00
3	1.28	2.05
4	1.17	2.10
5	1.28	1.98
6	1.19	2.00
7	1.09	2.01
8	1.14	2.02
9	1.14	2.03
10	1.17	2.05
11	1.16	2.06
12	1.11	2.07
13	1.08	2.09
14	1.18	2.10
15	1.15	2.11
16	1.15	2.13
17	1.14	2.14
18	1.16	2.15
19	1.10	2.16
20	1.28	2.18
21	1.08	2.19
22	1.08	1.95
23	1.18	2.05
24	1.09	2.00
25	1.18	1.98
26	1.12	2.00
27	1.32	2.01
28	1.27	2.02
29	1.12	2.03
30	1.12	2.05
31	1.12	1.95
32	1.13	1.94
33	1.19	1.96
34	1.38	2.00

35	1.15	1.98
36	1.12	2.00
37	1.18	2.01
38	1.28	2.02
39	1.18	2.03
40	1.08	2.05
41	1.17	2.06
42	1.13	2.07
43	1.08	2.09
44	1.14	2.10
45	1.09	2.11
46	1.08	2.13
47	1.09	2.14
48	1.18	2.15
49	1.08	2.16
50	1.09	2.18
51	1.08	2.19
52	1.08	2.00

a) Prueba de t para muestras relacionadas

Tabla 9. Estadísticas de muestras relacionadas

		Estadísticos de muestras relacionadas				
		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media	
Par 1	Situación Actual	1,1512	52	,06981	,00968	
	Situación de Mejora	2,0598	52	,06890	,00955	

		Correlaciones de muestras relacionadas		
		N	Correlación	Sig.
Par 1	Situación Actual y Situación de Mejora	52	-,245	,081

		Prueba de muestras relacionadas							
		Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilatera l)
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Situación Actual y Situación de Mejora	-,90865	,10942	,01517	-,93912	-,87819	-59,883	51	,000

Interpretación:

Dado que el valor de P es 0.000, que es menor que 0.05, se acepta la hipótesis alternativa (H_a) y se rechaza la hipótesis nula (H_0). En consecuencia, se concluye que el incremento de la longitud de avance de la Galería 10146-NE será factible y viable mediante la mejora de los parámetros de perforación y voladura, Minera Aurífera Retamas S.A.

CONCLUSIONES

1. En la caracterización geomecánica en promedio del RMR es 55, de "calidad media" según la clasificación de Bieniawski. Este valor señala que el macizo rocoso tiene una competencia moderada, lo que podría implicar la necesidad de soporte adicional según la escala y las condiciones de la excavación.
2. Los resultados en el escenario actual en la Galería 10146-N del Nivel 2950 indican que el avance efectivo por disparo es de 1.15 metros, el cual es deficiente para una barra cónica de 6 pies y el consumo de explosivos por disparo es de 20.17 kg. La velocidad de rotación del equipo *Jackleg* es de 186.08 rpm, la presión de empuje es de 76.08 psi, la frecuencia de impacto es de 2181.78 gpm, y el barrido con agua es de 6.70 bar, los cuales están por debajo del rango permisible. En la fragmentación, la curva granulométrica revela que el 20 % del material pasa por una malla de 5.19", el 50 % por una malla de 7.56" y el P80 por una malla de 9.37". Esto significa que la mayoría del material fragmentado tiene un tamaño considerablemente el cual es deficiente.
3. Los resultados en el escenario óptimo en la Galería 10146-N del Nivel 2950 indican que el avance efectivo por disparo es de 2.06 metros con barra cónica de 8 pies, el consumo de explosivos por disparo es de 26.20 kg. La velocidad de rotación del equipo *Jackleg* es de 243.22 rpm, la presión de empuje es de 115.05 psi, la frecuencia de impacto es de 2740.48 gpm y el barrido con agua es de 13.23 bar, los cuales están por debajo del rango permisible. En la fragmentación, la curva granulométrica revela que el 20 % del material pasa por una malla de 3.81", el 50 % por una malla de 4.20" y el P80 por una malla de 5.67". Esto sugiere que el disparo es eficiente en condiciones óptimas, dado que el 80 % del material fragmentado tiene un tamaño de 5.67".
4. En la situación actual, el avance efectivo es de 1.15 metros con un costo por metro lineal de avance de 312.05 \$/m. En la situación de mejora, el avance efectivo es de 2.06 metros con un costo total por metro lineal de avance de

182.86 \$/m., la optimización del costo por metro lineal de avance es de 129.20 \$/m en la Galería 10146-E del Nivel 2950.

5. La prueba t para muestras emparejadas, que comparó 52 disparos utilizando una barra de 6 pies en la situación actual y 52 disparos en una situación de mejora con una barra de 8 pies, mostró el valor de P igual a 0.000, que es menor que 0.05. Por tanto, se acepta la hipótesis alternativa (H_a) y se rechaza la hipótesis nula (H_0). En consecuencia, se concluye que el incremento de la longitud de avance de la Galería 10146-NE será factible y viable mediante la mejora de los parámetros de perforación y voladura, Minera Aurífera Retamas S.A..

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda llevar a cabo un enfoque integral de mejora geomecánica que incluya una caracterización detallada del macizo rocoso, identificando zonas de debilidad y fracturamiento para adaptar el diseño del sostenimiento. Se debe reforzar el sostenimiento en áreas con bajo RMR utilizando pernos de anclaje, mallas metálicas y concreto proyectado para aumentar la estabilidad.
2. Se recomienda optimizar los parámetros de perforación y voladura mediante la selección de brocas y barras de alta calidad, ajustar la malla de perforación y asegurar que los equipos operen dentro de los rangos óptimos de velocidad de rotación, presión de empuje, frecuencia de impacto y presión de barrido con agua.
3. Se recomienda implementar una serie de mejoras y estrategias. Estas incluyen la optimización continua de los parámetros de perforación y voladura, asegurando que se utilicen las mejores prácticas y técnicas disponibles. Además, es fundamental capacitar regularmente al personal para garantizar un manejo eficiente y seguro de los equipos, así como realizar mantenimiento preventivo de los mismos para minimizar el tiempo de inactividad y las averías. Monitorear constantemente los avances y los costos también es crucial para identificar áreas de mejora y ajustar las estrategias en consecuencia, asegurando la sostenibilidad y eficiencia a largo plazo de la operación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. VEGA, Félix. Implementación del diseño de perforación y voladura para optimizar los parámetros de avance en galerías del nivel 3990 de la mina Uchucchacua – 2019. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Cerro de Pasco : Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2021.
2. PEÑA, Edison y CARDENAS, Robert . Incremento de avance en las labores horizontales con el cambio de accesorios de perforación y voladura, en la unidad minera San Andrés Minera Aurífera Retamas S.A.-2018. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Abancay : Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, 2022.
3. QUISPE, Stefany y SANTAMARIA, Brayan. Diseño de perforación y voladura para mejorar el avance lineal en la Galería NW01- Nivel 2670 – Contrata Castillo Jara Teresa. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Chiclayo : Universidad Cesar Vallejo, 2022.
4. PERALTA, German. Estudio técnico económico para mejorar la perforación y voladura en la Veta Brunella - Mina Angelitos – Ayabaca – Piura. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Chiclayo : Universidad Cesar Vallejo, 2023.
5. CONDORI, Rene. Optimización de costos mediante el diseño de malla de perforación y voladura, aplicando el Método Holmberg en la Galería 686 Nivel 2170 en la Empresa Minera Yanaquihua S.A.C. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Moquegua : Universidad Nacional de Moquegua, 2023.
6. MINERA AURÍFERA RETAMAS S.A. - Departamento de Administración. *Informe de ubicación de la Minera Aurífera Retamas S.A.* Pataz - Peru : Minera Aurífera Retamas S.A, 2022.
7. BERROA, Edward. Optimización de las operaciones mineras mediante la profundización de la rampa negativa entre los niveles 2900-2650 VANKAR EIRL SAC Minera Aurífera Retamas S.A. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa : Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2016.
8. MINERA AURÍFERA RETAMAS S.A. - Área de Geología. *Estudios de los Principales Unidades Litológica y asientos mineros y mapa geología* . Pataz : Minera Aurífera Retamas S.A., 2019.
9. MINERA AURÍFERA RETAMAS S.A. - Departamento de Operaciones. *Desarrollo de galerías principales.* Pataz : Minera Aurífera Retamas S.A., 2020.

10. EPIROC PERU S.A. *Herramientas de perforacion manual*. Lima : Rock Drilling Tools, 2015.
11. MARIN, Jhoni. Perforación y voladura controlada para mejorar avance y sobrerotura en profundización de Rampa Patrick V - Minera Aurífera Retamas S.A. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Peru, 2021.
12. PEÑA, Edison y CARDENAS, Robert . Incremento de avance en las labores horizontales con el cambio de accesorios de perforación y voladura, en la unidad minera San Andrés Minera Aurífera Retamas S.A.-2018. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Abancay : Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, 2022.
13. MINERA AURÍFERA RETAMAS S.A. - Departamento de Operaciones. *Informe de perforacion y voladura* . Pataz - Peru : Minera Aurífera Retamas S.A, 2023.
14. EXSA S.A. *Ficha tecnica Semexsa*. Lima : www.exsa.net, 2018.
15. EPIROC S.A. *Factores y parámetros de perforación de rocas* . Tesis para optar el titulo de ingeniero de minas . Lima : Rock Drilling Tools, 2021.

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de consistencia

Incremento de la longitud de avance de la Galería 10146-NE, mediante la mejora de los parámetros de perforación y voladura, Minera Aurífera Retamas S.A.

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general
¿Cómo se realizará el incremento de la longitud de avance de la Galería 10146-NE, mediante la mejora de los parámetros de perforación y voladura, Minera Aurífera Retamas S.A.	Incrementar la longitud de avance de la Galería 10146-NE, mediante la mejora de los parámetros de perforación y voladura, Minera Aurífera Retamas S.A.	El incremento de la longitud de avance de la Galería 10146-NE, será factible y viable mediante la mejora de los parámetros de perforación y voladura, Minera Aurífera Retamas S.A.
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas
¿Cómo se realizará la caracterización del macizo rocoso de la Galería 10146-NE, para mejorar los parámetros de perforación y voladura, Minera Aurífera Retamas S.A.	Realizar la caracterización del macizo rocoso de la Galería 10146-NE, para mejorar los parámetros de perforación y voladura, Minera Aurífera Retamas S.A.	La caracterización del macizo rocoso de la Galería 10146-NE será factible, para mejorar los parámetros de perforación y voladura, Minera Aurífera Retamas S.A.
¿Cómo se realizará la reducción del costo operativo por metro lineal de la Galería 10146-NE, mediante la mejora de los parámetros de perforación y voladura, Minera Aurífera Retamas S.A.	Realizar la reducción del costo operativo por metro lineal de la Galería 10146-NE, mediante la mejora de los parámetros de perforación y voladura, Minera Aurífera Retamas S.A.	La reducción del costo operativo por metro lineal de la Galería 10146-NE será factible y viable, mediante la mejora de los parámetros de perforación y voladura, Minera Aurífera Retamas S.A.

Anexo 2

Escenario actual - estructura del costo por metro lineal de avance (\$/ml) de la perforación y voladura por disparo de la Galería 10146-E del Nivel 2950

1. Costo de la mano de obra

Valorización de costos - GAL, 2.2 x 2.7 (JACKLEG)						
Taladros Perforados /disparo	36.0	Longitud efectiva Perforación mts	1.4			
Taládros cargados	34.0	Eficiencia perforación	75%			
Factor de carga (Kg/taladro) :	0.6	Rendimiento (m/disparo):	1.15			

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Costo Total	Total
				\$/ Unid	\$	\$/ metro de avance
1 Mano de Obra						217.43
Capataz	tarea	1	100%	50.54	65.71	
Bodeguero	tarea	1	20%	35.78	9.30	
Mecánico	tarea	1	20%	56.33	14.65	
electricista Mina	tarea	1	15%	44.76	8.73	
Operador locomotora y carros m.	tarea	1	35%	50.54	23.00	
Maestro Perforista	tarea	1	100%	38.10	49.53	
Ayudante	tarea	1	100%	35.78	46.52	

2 Costo de las herramientas de perforación

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Costo Total	Total
				\$/ Unid	\$	\$/ metro de avance
1 Aceros de perforación						7.12
Aceite de Perforación	Gln	0.35	100%	5.80	2.03	
Barras de Perforación conicas 6 pies	mp	49.38	100%	0.05	2.61	
Brocas de perforación conica 32 mm	mp	49.38	100%	0.05	2.35	
Broca con rimadora piloto 64 mm	mp	2.74	100%	0.05	0.13	

3 Costo de las herramientas y materiales

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Costo Total	Total
				\$/ Unid	\$	\$/ metro de avance
1 Herramientas						5.59
Lampa	pieza	2.00	100%	0.14	0.28	
Pico	pieza	2.00	100%	0.16	0.31	
Combo 6 Lbs	pieza	1.00	100%	0.10	0.10	
Llave Stilson de 8"	pieza	1.00	100%	0.07	0.07	
LLave Francesa 8"	pieza	1.00	100%	0.06	0.06	
Barretilla de 4'	pieza	1.00	100%	0.26	0.26	
Barretilla de 6'	pieza	1.00	100%	0.31	0.31	
Barretilla de 8'	pieza	1.00	100%	0.34	0.34	
Disco de jebe	pieza	1.00	100%	0.05	0.05	
Taco de Arcilla	pieza	34.00	100%	0.05	1.80	
Ocre Polvo Rojo	kg	0.13	100%	2.65	0.34	
Escaleras telescopicas	pieza	1.00	100%	1.48	1.48	
Arco de sierra + hoja	pieza	1.00	100%	0.17	0.17	

4 Costo de implementos de seguridad

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Costo Total	Total
				\$/ Unid	\$	\$/ metro de avance
1 Implementos de Seguridad						7.77
Tareas sin ropa de agua	tareas	0.65	100%	2.27	1.48	
Tareas con ropa de agua	tareas	2.60	100%	2.42	6.29	

5 Costo de los equipos en operación

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Costo Total	Total
				\$/ Unid	\$	\$/ metro de avance
2 Equipos en Operación						71.55
Perforadora	mp	49.38	100%	0.10	5.01	
Manguera de jebe de 1"	m	30.00	100%	0.03	0.77	
Manguera de jebe de 1/2"	m	30.00	100%	0.01	0.33	
Locomotora a batería	H m	1.00	100%		24.58	
Carro minero U 35	H m	6.00	100%	6.81	40.86	

6 Costo de explosivos y accesorios voladura

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Costo Total	Total
				\$/ Unid	\$	\$/ metro de avance
Explosivos y Acc. Voladura						50.06
Igniter cord	m	14.00	100%	0.07	0.93	
Carmex	und	34.00	100%	0.40	13.47	
Gelatina 7/8 x 7	kg	9.15	100%	1.96	17.92	
Semexsa 7/8 x 7	kg	9.234	100%	1.72	15.90	
Exadit 7/8 x 7	kg	1.52	100%	1.22	1.85	
Costo por metro lineal de avance (\$/ml)						312.05

Anexo 3

Escenario optimo - estructura del costo por metro lineal de avance (\$/ml) de la perforación y voladura por disparo de la Galería 10146-E del Nivel 2950

1. Costo de la mano de obra

Valorización de costos - GAL, 2.2 x 2.7 (JACKLEG)						
Taladros Perforados /disparo	38.0	Longitud efectiva Perforación mts	2.19			
Taládras cargados	35.0	Eficiencia perforación	90%			
Factor de carga (Kg/taladro) :	0.7	Rendimiento (m/disparo):	2.06			

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Costo Total	Total
				\$/ Unid	\$	\$ / metro de avance
1.1 Mano de Obra						217.43
Capataz	tarea	1	100%	50.54	65.71	
Bodeguero	tarea	1	20%	35.78	9.30	
Mecánico	tarea	1	20%	56.33	14.65	
electricista Mina	tarea	1	15%	44.76	8.73	
Operador locomotora y carros m.	tarea	1	35%	50.54	23.00	
Maestro Perforista	tarea	1	100%	38.10	49.53	
Ayudante	tarea	1	100%	35.78	46.52	

2. Costo de las herramientas de perforación

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Costo Total	Total
				\$/ Unid	\$	\$ / metro de avance
1.2 Aceros de perforación						9.18
Aceite de Perforación	Gln	0.25	90%	5.80	1.30	
Barras de Perforación conicas 8 pies	mp	83.39	90%	0.05	3.97	
Brocas de perforación 32 mm	mp	83.39	90%	0.05	3.57	
Broca con rimadora piloto 62 mm	mp	6.58	90%	0.06	0.33	

3. Costo de las herramientas y materiales

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Costo Total	Total
				\$/ Unid	\$	\$/ metro de avance
1.3 Herramientas						5.64
Lampa	pieza	2.00	100%	0.14	0.28	
Pico	pieza	2.00	100%	0.16	0.31	
Combo 6 Lbs	pieza	1.00	100%	0.10	0.10	
Llave Stilson de 8"	pieza	1.00	100%	0.07	0.07	
LLave Francesa 8"	pieza	1.00	100%	0.06	0.06	
Barretilla de 4'	pieza	1.00	100%	0.26	0.26	
Barretilla de 6'	pieza	1.00	100%	0.31	0.31	
Barretilla de 8'	pieza	1.00	100%	0.34	0.34	
Disco de jebe	pieza	1.00	100%	0.05	0.05	
Taco de Arcilla	pieza	35.00	100%	0.05	1.85	
Ocre Polvo Rojo	kg	0.13	100%	2.65	0.34	
Escaleras telescópicas	pieza	1.00	100%	1.48	1.48	
Arco de sierra + hoja	pieza	1.00	100%	0.17	0.17	

4. Costo de implementos de seguridad

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Costo Total	Total
				\$/ Unid	\$	\$/ metro de avance
1.4 Implementos de Seguridad						7.77
Tareas sin ropa de agua	tareas	0.65	100%	2.27	1.48	
Tareas con ropa de agua	tareas	2.60	100%	2.42	6.29	

5. Costo de los equipos en operación

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Costo Total	Total
				\$/ Unid	\$	\$/ metro de avance
1.5 Equipos en Operación						75.00
Perforadora	mp	83.39	100%	0.10	8.46	
Manguera de jebe de 1"	m	30.00	100%	0.03	0.77	
Manguera de jebe de 1/2"	m	30.00	100%	0.01	0.33	
Locomotora a batería	H m	1.00	100%		24.58	
Carro minero U 35	H m	6.00	100%	6.81	40.86	

6. Costo de explosivos y accesorios voladura

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Costo Total	Total
				\$/ Unid	\$	\$/ metro de avance
Explosivos y Acc. Voladura						61.19
Igniter cord	m	14.00	100%	0.07	0.93	
Carmex	und	35.00	100%	0.40	13.86	
Gelatina 7/8 x 7	kg	11.88	100%	1.96	23.26	
Semessa 7/8 x 7	kg	11.826	100%	1.72	20.36	
Exadit 7/8 x 7	kg	2.28	100%	1.22	2.78	
Costo por metro lineal de avance (\$/ml)						182.86

Anexo 4

Ficha técnica del explosivo Semexsa de 65 %

SEMEXSA®

Dinamita semigelatinosa muy versátil por sus características de detonación que pueden variar según las circunstancias, desde un alto efecto empujador hasta un alto poder rompedor, lo que permite su empleo en voladura de rocas intermedias a duras.

El nivel de energía de los diversos tipos de Semexsa permite superar la fuerza estructural y masa de las diferentes calidades de roca.

Gracias a su gran rendimiento, adaptabilidad y seguro manejo, son usadas en minería subterránea, canteras, obras civiles (túneles, carreteras) generando también un excelente comportamiento en labores confinadas como rampas, chimeneas, piques y entre otros.

Por último, su adecuada transferencia de energía liberada a la roca, minimiza los daños alrededor del taladro.

Propiedades / Beneficios

- Alta a mediana velocidad de detonación.
- Mediana impedancia.
- Sensible al detonador No. 8 y al cordón de bajo gramaje.
- Larga vida útil.

Características técnicas

Especificaciones técnicas	Unidades	Semexsa 45	Semexsa 65	Semexsa 80
Densidad	g/cm ³	1.08 ± 3%	1.12 ± 3%	1.18 ± 3%
Velocidad de detonación*	m/s	3,800 ± 200	4,200 ± 200	4,500 ± 200
Presión de detonación	kbar	87	94	125
Energía**	KJ/kg	3,338	3,433	3,747
RWS**	%	89	92	99
RBS**	%	120	127	147
Volumen de gases	l/kg	1,016.	1,015	989
Resistencia al agua	Horas	Buena	Muy buena	Excelente
Categoría de humos	Categoría	1 era.	1 era.	1 era.

* Sin confinar en tubo de hojalata de 30 mm de diámetro.

** Calculadas con programa de simulación TERMODET a condiciones ideales de 1 atm.

Presentación y embalaje

Masa explosiva encartuchada en papel kraft, los cartuchos son dispuestos en bolsas plásticas y embaladas en cajas de cartón corrugado.

Peso Neto	25 kg		
Peso Bruto	26.3 kg		
Dimensiones de caja	Ext. 35 x 45 x 28 cm		
Material	Caja de cartón corrugado		
Producto	Pulg.	UN/Caja	Masa g/UN
SEMEXSA 45	1 1/8	12	122
SEMEXSA 65	1 1/2	12	68
SEMEXSA 65	7/8	7	308
SEMEXSA 80	1 1/8	8	164

Para otros formatos de cartuchos preguntar a un especialista EXSA.

En las cantidades mencionadas podrá haber variaciones en el número y peso de los cartuchos para mantener el estándar de 25 kg/caja.

Exclusión de responsabilidad

Estos explosivos han sido inspeccionados y encontrados en buen estado antes de ser embalados y/o entregados. Se deben almacenar en un lugar fresco, seco y bien ventilado, así como manipularse y transportarse de conformidad con las disposiciones legales vigentes. Por consiguiente, desde su entrega a los compradores, el fabricante no será responsable por su seguridad o por la obtención de los resultados que se busquen, ya sean estos expresos o implícitos. La totalidad del riesgo y de la responsabilidad, cualquiera sea su naturaleza, por accidentes, pérdidas, daños a la propiedad o personas (incluyendo la muerte), ya sean estos directos, indirectos, especiales y/o consecuenciales o de cualquier otro tipo derivado del uso de estos explosivos, es de los compradores desde la entrega de los mismos.

Tomada de Exsa S. A. (14)

www.exsa.net

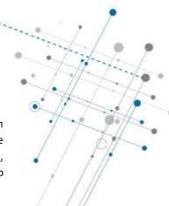


Almacenamiento y garantía

Conservado en su embalaje original y almacenado en condiciones de temperatura y humedad normales, conforme a las normativas vigentes, el producto está garantizado por 18 meses, después de su fecha de fabricación.

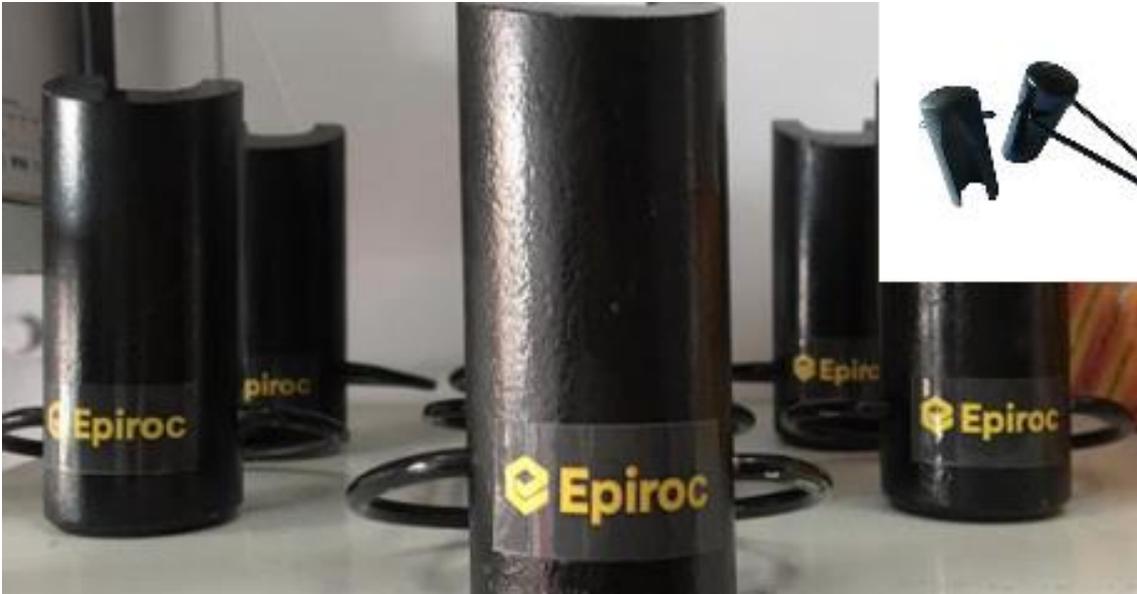
Transporte

CLASE: 1
DIVISIÓN: 1.1 D
N° ONU: 0081



Anexo 5

Control de paralelismo de la perforación en el frente de trabajo



Tomada de Factores y parámetros de perforación de rocas - Epiroc S.A. (15)

