

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Implementación de la malla de perforación para
minimizar costos en la rampa 874-2 (+) en la unidad
minera San Cristóbal Volcán S. A. C.**

Anderly Jesus Garibay Carhuas
Jhensell Jhin Martel Moya

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 TESIS

A : Ing. Felipe Gutarra Meza
Decano de la Facultad de Ingeniería

DE : Ing. Benjamín Manuel Ramos Aranda
Asesor de tesis

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

FECHA : 3 de marzo de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "IMPLEMENTACIÓN DE LA MALLA DE PERFORACIÓN PARA MINIMIZAR COSTOS EN LA RAMPA 874-2 (+) EN LA UNIDAD MINERA SAN CRISTÓBAL VOLCAN S.A.C.", perteneciente a los estudiantes Garibay Carhuas, Anderly Jesus y; Martel Moya, Jhensell Jhin, de la E.A.P. de 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 15 % de similitud (informe adjunto) 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 palabras excluidas: 15) SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

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

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



Asesor de tesis

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, JHENSELL JHIN MARTEL MOYA, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 78372474, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "IMPLEMENTACIÓN DE LA MALLA DE PERFORACIÓN PARA MINIMIZAR COSTOS EN LA RAMPA 874-2 (+) EN LA UNIDAD MINERA SAN CRISTÓBAL VOLCAN S.A.C.", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

04 de Marzo de 2024.



Jhensell Jhin Martel Moya

DNI. No. 78372474

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, ANDERLY JESUS GARIBAY CARHUAS, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 72252627, de la E.A.P. de Ingeniería de Minas de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

5. La tesis titulada: "IMPLEMENTACIÓN DE LA MALLA DE PERFORACIÓN PARA MINIMIZAR COSTOS EN LA RAMPA 874-2 (+) EN LA UNIDAD MINERA SAN CRISTÓBAL VOLCAN S.A.C.", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas.
6. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
7. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
8. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

04 de Marzo de 2024.



Anderly Jesus Garibay Carhuas

DNI. No. 72252627

Minimizar costos en rampa 874-2 (+) San Cristóbal

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	6%
2	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	2%
4	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	vdocuments.es Fuente de Internet	<1%
9	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1%

10 Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru <1 %
Trabajo del estudiante

11 archive.org <1 %
Fuente de Internet

12 repositorio.uncp.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

13 vsip.info <1 %
Fuente de Internet

14 Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga <1 %
Trabajo del estudiante

15 cienciadigital.org <1 %
Fuente de Internet

16 Submitted to Universidad Católica de Santa María <1 %
Trabajo del estudiante

17 dspace.esoch.edu.ec <1 %
Fuente de Internet

18 repositorio.unica.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo

AGRADECIMIENTOS

Antes que todo agradecemos a Dios por darnos siempre fuerzas para continuar en todo este proceso, por darnos sabiduría y entendimiento en nuestro día a día y en nuestro crecimiento profesional.

Al mismo tiempo, también, queremos agradecer a nuestros asesores de tesis por su apoyo, comprensión y dedicación.

DEDICATORIA

En primer lugar, damos gracias a Dios por ayudarnos en este proceso. En segundo lugar, dedicamos este trabajo a nuestras madres por habernos forjado con buenos sentimientos hábitos y valores lo que nos ayudó a seguir adelante en momentos difíciles. Muchos de nuestros logros se lo debemos a ellas y este proyecto es uno de ellos. Nos formaron con reglas y con algunas libertades, pero siempre estuvieron apoyándonos, dándonos ánimos y fuerzas para seguir adelante y todo lo que hoy somos es gracias a ellas.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUCCIÓN	x
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	12
1.1. Planteamiento y formulación del problema	12
1.1.1. Problema general	13
1.1.2. Problemas específicos.....	13
1.2. Objetivos.....	14
1.2.1. Objetivo general	14
1.2.2. Objetivos Específicos	14
1.3. Justificación e Importancia de la Investigación	14
1.3.1. Justificación práctica.....	14
1.3.2. Justificación económica.....	15
1.3.3. Importancia.....	15
1.4. Delimitación del proyecto	15
1.4.1. Delimitación espacial	15
1.4.2. Delimitación temporal	15
1.5. Hipótesis y Variables	16
1.5.1. Hipótesis.....	16
1.5.2. Variables	16
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. Antecedentes de la investigación.....	18
2.1.1. Antecedentes internacionales	18
2.1.2. Antecedentes nacionales	18
2.1.3. Antecedentes locales.....	19
2.2. Bases teóricas	19
2.2.1. Malla de perforación	19

2.2.2. Operación de voladura	20
2.3. Definición de términos básicos	22
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	24
3.1. Método, tipo o alcance de la investigación.....	24
3.1.1. Método general.....	24
3.1.2. Tipo de investigación	24
3.1.3. Nivel de investigación	24
3.1.4. Diseño de la investigación	24
3.2. Población y muestra	24
3.2.1. Población.....	24
3.2.2. Muestra	25
3.3. Materiales y métodos.....	25
CAPÍTULO IV.....	26
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
4.1. Presentación de resultados	26
4.1.1. Análisis de la geomecánica	26
4.1.2. Situación inicial en la operación de la rampa 874-2 (+).....	27
4.1.3. Situación final en la operación de la rampa 874-2 (+)	32
4.1.4. Diferencia entre la situación inicial y final en la operación de la Rampa 874-2 (+)	47
4.1.5. Costo con la nueva malla de perforación en la operación de la Rampa 874-2 (+)	51
4.2. Discusión de resultados.....	54
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	57
5.1. Conclusiones	57
5.2. Recomendaciones	58
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
ANEXOS.....	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	17
Tabla 3. Parámetros de perforación	27
Tabla 4. Control de trabajo de operación	28
Tabla 5. Diseño del arranque	35
Tabla 6. Diseño del primer cuadrante	36
Tabla 7. Diseño del segundo cuadrante	37
Tabla 8. Diseño del tercer cuadrante	38
Tabla 9. Diseño del arrastre	39
Tabla 10. Diseño de la corona	40
Tabla 11. Diseño de hastiales	42
Tabla 12. Diseño de ayuda de corona.....	43
Tabla 13. Resumen de perforación de voladura Holmberg	44
Tabla 14. Distribución de carga explosiva por taladro	44
Tabla 15. Resultados	45
Tabla 16. Diferencias en el arranque	47
Tabla 17. Diferencias en el primer cuadrante	47
Tabla 18. Diferencias en el segundo cuadrante	47
Tabla 19. Diferencias en el tercer cuadrante	48
Tabla 20. Diferencias en el cuarto cuadrante	48
Tabla 21. Diferencias en el arrastre	48
Tabla 22. Diferencias en la ayuda de arrastre	48
Tabla 23. Diferencias en la corona.....	49
Tabla 24. Diferencias en hastiales	49
Tabla 25. Diferencias en ayuda de hastiales.....	49
Tabla 26. Diferencias en ayuda de corona	50
Tabla 27. Resumen de las diferencias en los costos actuales y propuestos ...	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Malla de perforación actual	32
Figura 2. Malla de perforación propuesta	45
Figura 4. Diferencias de perforación y voladura	50
Figura 5. Variación en los costos de mano de obra.....	51
Figura 6. Variación en el costo de perforación	52
Figura 7. Variación en el costo de implementos de seguridad.....	52
Figura 8. Variación en el costo de materiales.....	53
Figura 9. Variación en el costo de voladura	53
Figura 10. Variación en el costo de voladura	54

RESUMEN

El propósito de la investigación estuvo enfocado en implementar una malla de perforación que permitirá mejorar los costos de operación la rampa 874-2 (+) en la unidad minera San Cristóbal Volcan S. A. C. La empresa buscaba mejorar la realización de sus actividades operativas debido a que la perforación en procesos mineros es una de las actividades más importantes en minería subterránea, para ello la formulación de las metodologías de trabajo como el diseño de rejillas de perforación son fundamentales, más aún, cuando se tiene que supervisar y predecir la variabilidad de las condiciones geomecánicas del macizo rocoso.

La investigación se formuló como un estudio de tipo aplicada encaminada a determinar soluciones que permitan minimizar los costos de operación, así mismo se determina como un estudio descriptivo y diseño experimental con enfoque cuantitativo-cuasi experimental, población conformada por todas las rampas de operación de la unidad minera y la muestra la rampa 874-2 (+).

Se definió la nueva malla de perforación por medio del método Homlberg, logrando mejorar los costos de operación en un 22 % desde un costo por metro inicial de 936.41 dólares y 730.47 dólares por metro final, así mismo se mejoró la eficiencia de trabajo y se mejoró el avance por disparo de 3.50 metro a 3.75 metros finales.

Palabras clave: minería, malla de perforación, costos, Homlberg

ABSTRACT

The purpose of the research was focused on implementing a drilling mesh that will improve the operating costs of the ramp 874-2 (+) in the mining unit San Cristobal Volcan S.A.C., The company sought to improve the performance of its operational activities because drilling in mining processes in one of the most important activities in subway mining, for this the formulation of work methodologies such as the design of drilling grids were fundamental, even more, when you have to monitor and predict the variability of the geomechanical conditions of the rock massif.

The research was formulated as an applied study aimed at determining solutions to minimize operating costs, it is also determined as a descriptive study and experimental design with a quantitative-quasi-experimental approach, the population consisted of all the operating ramps of the mining unit and the sample was ramp 874-2 (+).

The new drilling mesh was defined by means of the Homlberg method, improving the operating costs by 22 % from an initial cost per meter of 936.41 dollars and 730.47 dollars per final meter, as well as improving the work efficiency and improving the advance per shot from 3.50 meters to 3.75 meters.

Key words: mining, drilling mesh, costs, Homlberg.

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este proyecto de investigación es utilizar las herramientas y el equipo adecuados para implantar una malla de perforación y voladura en base a explosivos utilizados de forma apropiada para la situación dada, en función del macizo rocoso que se tiene en el frente, y que, una vez completados todos los análisis correspondientes, brindará beneficios como la disminución de incidentes, lo que beneficiará a la empresa en lo económico, como también ofreciendo a los colaboradores un ambiente de trabajo más seguro. El propósito final es minimizar los costos de operación en el desarrollo de voladura.

Para demostrar la posibilidad de una reducción de costos en la malla de perforación, se realizará una comparación entre los costos asociados actualmente al proceso de voladura utilizando la malla de perforación actual utilizada en la Rampa 874-2 (+) de la unidad minera San Cristóbal Volcan S. A. C. y la malla de perforación a ser instalada.

El desarrollo de la investigación se plasmó en cinco capítulos principales, los cuales se describen a continuación.

Capítulo I, enfocado en el planteamiento de la investigación sobre los aspectos que llevaron a formulación el estudio, su justificación, principales variables e hipótesis definidas.

Capítulo II, concerniente al marco teórico del estudio en dónde se detalla investigaciones referentes que se ubican dentro de la misma línea de investigación, enfoque o afines, así mismo, en el capítulo se presentan teóricas que respaldan el desarrollo metodológico de la investigación y el ámbito de análisis.

Capítulo III, contempla la operación metodológica de la investigación, definiendo el tipo, nivel, diseño que corresponde al estudio, en ese acápite se determina quien fue la población y muestra del estudio y que herramientas se emplearon para recabar y analizar datos.

Capítulo IV, centrado en la presentación de los resultados a los que se llegó en la investigación planteado de acuerdo al cumplimiento de los objetivos de la investigación. Se formula en este apartado los principales hallazgos y una discusión de los lo determinado con investigaciones precedentes para determinar semejanzas.

Finalmente, el último capítulo (Capítulo V) corresponde a las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

La empresa opera en el distrito de Yauli, provincia de Yauli, departamento de Junín, a 4719 y 4750 metros sobre el nivel del mar. La unidad minera San Cristóbal Volcan S.A.C. es uno de los productores de menor costo en la industria debido a la calidad de su yacimiento (1).

La empresa busca desplegar una minería en el que su proceso de realización sea seguro, con un costo mínimo e innovación en tecnología, basándose en sus valores para realizar las funciones de manera segura enfocadas a la producción de minerales concentrados como zinc-plata y plomo-plata (1).

La perforación es uno de los procesos mineros más importantes utilizados en la minería subterránea. En esta, se utilizan numerosos diseños de rejillas de perforación, que se ponen en práctica empleando una amplia gama de modelos matemáticos o algoritmos. Debido a su variabilidad intrínseca, los modelos matemáticos nunca pueden predecir con exactitud el comportamiento del macizo rocoso, pese a una investigación exhaustiva. Ya se trate de trabajos de preparación, producción, perforación, desarrollo o exploración, los resultados en el ámbito de la perforación no están cumpliendo las expectativas según la unidad de minería (2).

Para realizar voladuras de forma que se consiga el máximo avance en cada disparo, así como para evitar caídas y un uso excesivo de material que puedan

provocar inestabilidad y la necesidad de factores que pueden aumentar los costos de producción, es imprescindible desarrollar mallas de perforación basadas en un diseño y una ejecución adecuados (3).

El desarrollo de las operaciones de voladura en la unidad minera requiere altos niveles de gestión de los recursos debido a la utilización de una malla de perforación que, entre otras cosas, impide un mayor avance en los metros perforados y requiere un mayor consumo de explosivos y taladros. Por lo tanto, para maximizar el beneficio económico de la unidad minera, se plantea la tesis "Implementación de las mallas de perforación para minimizar costos en la operación de la Rampa 874-2 (+) en la unidad minera San Cristóbal Volcan S.A.C."

1.1.1. Problema general

¿Cómo la implementación de una nueva malla de perforación permitirá minimizar los costos incurridos en la operación de la Rampa 874-2 (+) de la unidad minera San Cristóbal Volcan S. A. C.?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la situación inicial en la operación de la Rampa 874-2 (+) en la minera San Cristóbal Volcan S. A. C. previa a la implementación de la nueva malla de perforación?
- ¿Cuál será la situación final en la operación de la Rampa 874-2 (+) en la minera San Cristóbal Volcan S. A. C. después de la implementación de la nueva malla de perforación?
- ¿Cuál será la diferencia entre la situación inicial y final en la operación de la Rampa 874-2 (+) en la minera San Cristóbal Volcan S. A. C.?
- ¿Cuál será la diferencia en los costos de operación con el cambio de la nueva malla de perforación de la Rampa 874-2 (+) en la minera San Cristóbal Volcan S. A. C.?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Implementar la malla de perforación para minimizar costos incurridos en la operación de la Rampa 874-2 (+) en la unidad minera San Cristóbal Volcan S. A. C.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Analizar la situación inicial en la operación de la Rampa 874-2 (+) en la minera San Cristóbal Volcan S. A. C. previa a la implementación de la nueva malla de perforación.
- Determinar la situación final en la operación de la Rampa 874-2 (+) en la minera San Cristóbal Volcan S. A. C. después de la implementación de la nueva malla de perforación.
- Determinar la diferencia entre la situación inicial y final en la operación de la Rampa 874-2 (+) en la minera San Cristóbal Volcan S. A. C.
- Determinar la diferencia en los costos de operación con el cambio de la nueva malla de perforación en la operación de la Rampa 874-2 (+) en la minera San Cristóbal Volcan S. A. C.

1.3. Justificación e Importancia de la Investigación

1.3.1. Justificación práctica

Esta propuesta está adaptada para hacer frente a las difíciles condiciones necesarias para llevar a cabo las operaciones de voladura que implica la construcción de la rampa 874-2 (+), ya que el mayor uso de taladros distribuidos en la malla actual requiere un mayor factor de carga para los explosivos y los accesorios de voladura.

Distribuir con precisión y utilizar explosivos y taladros de forma correcta sería más fácil con una nueva malla de perforación, además de incurrir en menores costos ejecutando una mejora en la malla de perforación, asimismo, se aseguraría la seguridad de los operarios involucrados en la actividad de

voladura, puesto que existe un mayor riesgo en el manejo excesivo de explosivos.

Asimismo, la aplicación de una nueva malla partiendo de los inconvenientes presentados beneficiaría a la unidad minera en términos económicos con el decremento de los costos operacionales de manera significativa.

1.3.2. Justificación económica

Es necesario un diseño adecuado de la malla para garantizar que los taladros se distribuyan uniformemente y que se aplique la cantidad adecuada de carga explosiva, de acuerdo al tipo de roca, para evitar la sobre rotura innecesaria en el frente de trabajo. Esta investigación ayudará a reducir costos al proporcionar una distribución precisa de la carga en cuanto al uso de explosivos y taladros a través de una nueva opción en la operación de voladura para minimizar los altos costos.

1.3.3. Importancia

Con la instalación de una nueva malla de perforación en la Rampa 874-2 (+) de la unidad minera San Cristóbal Volcan S. A. C. y la realización de un estudio para minimizar el número de taladros necesarios, los costos actuales del proceso de voladura pueden reducirse al mínimo.

1.4. Delimitación del proyecto

1.4.1. Delimitación espacial

El estudio se enfocó en la unidad minera San Cristóbal Volcan S. A. C. en la unidad de trabajo de Yauli, se ubica en Junín, se enfocó la investigación en el frente de trabajo de la Rampa 874-2 (+).

1.4.2. Delimitación temporal

El desarrollo de la investigación correspondió al periodo anual 2023 sobre las actividades operativas del frente de trabajo de la Rampa 874-2 (+).

1.5. Hipótesis y Variables

1.5.1. Hipótesis

1.5.1.1. Hipótesis general

Implementar una malla de perforación permite reducir costos incurridos en la operación pertinente a la Rampa 874-2 (+) en la unidad minera San Cristóbal Volcan S. A. C.

1.5.1.2. Hipótesis específica

- La situación inicial en la operación de la Rampa 874-2 (+) es regular en la minera San Cristóbal Volcan S. A. C. previa a la implementación de la nueva malla de perforación.
- La situación final en la operación de la Rampa 874-2 (+) es favorable en la minera San Cristóbal Volcan S. A. C. después de la implementación de la nueva malla de perforación.
- La diferencia entre la situación inicial y final es significativa en esta operación de la Rampa 874-2 (+) en la minera San Cristóbal Volcan S. A. C.
- El costo con la nueva malla de perforación es menor en la operación de la Rampa 874-2 (+) en la minera San Cristóbal Volcan S. A. C.

1.5.2. Variables

1.5.2.1. Variable Independiente

X: Implementación de la malla de perforación en la rampa 874-2 (+)

1.5.2.2. Variable Dependiente

Y: Reducción de costos en la rampa 874-2 (+)

A continuación, se muestra la matriz de operacionalización de variables.

Tabla 1. Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional (Dimensiones)	Indicadores	Escala de medición
VI: Implementación- de la malla de perforación en la rampa 874-2 (+)	Aplicación de una distribución de taladros que ayuden a la perforación subterránea cuidadosamente puestos para el trabajo de este modo dividiendo la energía para el explosivo (2)	Número de recursos empleados	Número de taladros	Nominal
			Carga por taladro	Ordinal
			Número de explosivos	Nominal
		Dimensiones	Largo	Intervalos
			Ancho	Intervalos
Avance lineal	Metros por avance	Ratio		
VD: Reducción de costos en la rampa 874-2 (+)	Estrategia para alcanzar la competitividad generando beneficios en la entidad empresarial aumentando los ingresos y minimizando los gastos (4).	Costos operacionales	Costo total de accesorios	Ratio
			\$/Avance	Ratio

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

La investigación titulada: “*Usando las estrategias de trabajo de Konya y Holmberg se podrá mejorar la malla de perforación y voladura en la Mina Grumintor de la Concesión Pinglio*” tuvo el objetivo de aplicar las estrategias de trabajo de Konya y Holmberg para maximizar la malla de una operación de perforación y voladura. Los datos sobre las condiciones geológicas de la mina, sus aparatos y las características de los explosivos se recogieron mediante fichas de recopilación. Se establecieron datos numéricos partiendo de esta información y se aplicaron a las ecuaciones matemáticas que rigen cada uno de los métodos. Seguidamente, se compararon las ventajas e inconvenientes de cada táctica para determinar cuál sería la más eficaz para la explotación minera en Grumintor. Cuando se compararon las técnicas de perforación y voladura, los resultados mostraron que el método Holmberg producía rocas más pequeñas, lo que facilitaba la limpieza de la zona volada, en cambio, la técnica Konya produjo rocas más grandes que necesitaron una voladura secundaria. Por lo tanto, se puede concluir que la regulación del proceso de voladura con el método Holmberg daría como resultado un material de voladura equilibrado y aceleraría el ciclo de perforación y voladura (6).

2.1.2. Antecedentes nacionales

La investigación titulada: “*Analizar y calcular los costos unitarios de voladuras y perforaciones en el diseño y construcción de NV.4790 Unidad Operativa*”

Huarcaya - PGM Mining Company” tuvo como finalidad principal aumentar la productividad y el rendimiento operativo analizando y optimizando los costes relacionados con las operaciones de perforación y voladura a fin de proponer un nuevo diseño de malla normalizado para la construcción de la deriva designada. El resultado mostró una disminución del uso de barrenos cuando se tuvieron en cuenta parámetros geomecánicos, técnicos y operativos. Además, se observó una pequeña diferencia de costos del 27 %, en relación con el coste por metro lineal que corresponde a 102.71 dólares. También se determinó una granulometría media de 15 cm utilizando la nueva norma de un croquis de malla de perforación (7).

2.1.3. Antecedentes locales

En la tesis titulada: “*Como bajar los costos unitarios en Empresa Minera Vicus S.A.C. desarrollando la malla de perforación y voladura en el inclinado -180 Valeria Norte*” se tuvo la finalidad de minimizar los costos por unidad a través del mejoramiento propuesto en el desarrollo de voladura, involucrando mallas de perforación, comenzando con los estudios de las mismas acorde a un panorama inicial, la que se modificó a través de un rediseño con un prototipo del algoritmo de Holmberg. El resultado obtenido en cuanto a longitud media de la operación de perforación arroja un 1.81 m y el avance medio de 1.46 m por disparo representando un 80 % en la eficiencia operacional, también, se logró obtener un incremento en alrededor de 24 % en el avance lineal por disparo, un decremento de aproximadamente 30 % en el factor de carga por disparo y esencialmente, una disminución en 30 % de esos costos pertinentes a la tarea de perforación y voladura, respecto a 105.82 dólares (8).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Malla de perforación

Serie de barrenos colocados con precisión, dirigidos en ángulo y de profundidad controlada perforados en un frente. Se excavará un macizo rocoso cuando los explosivos de cada uno de ellos detonen tras un tiempo determinado de almacenamiento (9).

El análisis de la malla de perforación es esencial para obtener unos costes de explotación precisos del proceso de voladura. Los dos principales problemas que plantea el desarrollo de la perforación y la voladura son la colocación de los taladros en la malla de perforación y la cantidad de explosivos utilizados en el proceso de voladura (10).

2.2.2. Operación de voladura

Una de las operaciones unitarias más arriesgadas y cruciales en la minería subterránea es la voladura, ya que un resultado satisfactorio de la voladura conducirá a un ciclo de extracción más fructífero. La detonación de una carga considerable de explosivos que se cargan en los agujeros creados durante la perforación se conoce como voladura.

Para extraer el material de acuerdo con los parámetros de diseño de la voladura, se libera un material explosivo que produce una onda de choque al activarse. Durante la reacción se liberan instantáneamente gases a alta temperatura y presión (11).

2.2.2.1. Accesorios

2.2.2.1.1. Fanel

Es una técnica de iniciación eficaz con la ventaja de una sincronización sin riesgos que se utiliza en obras de superficie, subterráneas y de construcción. Con este accesorio de voladura, se mejoran las cualidades de tracción y abrasión de la manguera fanel, lo que aumenta la eficacia y fomenta la seguridad y la productividad (12).

2.2.2.1.2. Carmex

El detonador ensamblado es un dispositivo de iniciación de voladuras fiable y seguro. Consta de las siguientes piezas: un bloque de sujeción, un conector de mecha rápida, una sección de mecha de seguridad y un cebador estándar N°8 (12).

2.2.2.1.3. Mecha rápida

Está compuesto por dos hilos, una masa pirotécnica y una envoltura exterior de plástico y forma parte del sistema de iniciación de la voladura. Cuando la

mecha rápida se enciende, crea una llama ardiente lo suficientemente caliente como para encender la masa pirotécnica del conector de la mecha rápida y garantizar que la mecha de seguridad (CARMEX) se encienda eficazmente.

Cuando se utiliza correctamente, la mecha rápida ensamblada con el conector de mecha rápida está pensada para proteger al operario del humo mientras trabaja, evitar la ignición individual o la formación de chispas durante las "armadas" o "cebos", y permitir al personal evacuar de forma segura en caso de iniciación prematura, proporcionándoles tiempo suficiente para refugiarse en un lugar seguro. La mecha rápida se inserta en la ranura del conector de cada conexión de red de encendido y se presiona la base del conector para garantizar una conexión sólida. Además, se puede utilizar un "bloque de sujeción" (collar de plástico) y un bobinado o "torniquete" para realizar esta conexión (12).

2.2.2.1.4. Explosivos

a) Emulnor

Debido a su sensibilidad al detonante, se considera un explosivo de gran potencia, así como un explosivo secundario (rompedores). Los emulnors son mezclas detonantes con buenas cualidades de gas de voladura que están encerradas en una carcasa de plástico y tienen características de potencia, resistencia al agua y seguridad.

Este material está destinado a utilizarse en todo tipo de explotaciones mineras, urbanizaciones, proyectos de ingeniería civil, canteras y perforaciones secas, húmedas e inundadas. Su método de aplicación es comparable al de las dinamitas ordinarias; puede utilizarse como columna explosiva o como "cebo" para iniciar columnas de nitrocarbonitrato (13).

b) Pentacord

Debido a su sensibilidad al detonador, *pentacord*, un cordón detonante fabricado con 3 gramos de pentrita por metro, se considera un explosivo de alta potencia. Cuando se sujeta con los J-clip, el cordón detonante se utiliza para iniciar detonadores no eléctricos.

Es seguro, fácil de manejar y detona rápidamente. Está compuesto por un núcleo de pentrita revestido de plástico y recubierto de fibras sintéticas. Los cordones reforzados se mejoran con más tracción y resistencia a la abrasión añadiendo hilos adicionales y resinas parafinadas (14).

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Explosivos

Conjunto de materiales o compuestos químicos en estado sólido, líquido o gaseoso que, mediante reacciones químicas de oxidación-reducción, pueden transformarse rápidamente en productos gaseosos de alta energía (15).

2.3.2. Emulsión

Tipo de explosivo compuesto por dos líquidos inmiscibles que forman una fase continua y otra dispersa, tipo como el caso de agua en aceite (15).

2.3.3. Fulminante

La carga base de pentrita, la carga primaria mixta (azida de plomo), el elemento de retardo, el sistema de amortiguación de la onda de detonación y el tapón de goma semiconductor están alojados dentro de una cápsula de aluminio (16).

2.3.4. Cordón detonante

Este material auxiliar para explosiones está compuesto por un cordón con un núcleo de pentrita en cantidad variable rodeado por una serie de hilos y fibras textiles recubiertos por una capa exterior de PVC que le confiere flexibilidad, impermeabilidad y resistencia a la tracción (16).

2.3.5. Mecha rápida

Este accesorio de voladura se compone de una funda exterior de plástico que sirve de cordón de iniciación, conformado también por dos cables y una masa pirotécnica (12).

2.3.6. Cebo

Explosivo preparado para iniciar la columna de carga durante el proceso de detonación, está compuesto por un cartucho de emulsión en el que se introdujo un fulminante ensamblado del tipo DNE-DE (17).

2.3.7. Polvorín

Es el almacén de explosivos y los accesorios que se localiza fuera de la zona industrial, medidas de seguridad e infraestructura normadas (18).

2.3.8. Tubo de choque

Se trata de un tubo de plástico multicapa con un material reactivo en su interior que puede conducir ondas de baja energía a 200 m/s. La iniciación de la columna explosiva dentro de la perforación puede tener lugar en el fondo de la perforación ya que esta onda no la afectará (13).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método, tipo o alcance de la investigación

3.1.1. Método general

Se determina para esta investigación, el método científico.

3.1.2. Tipo de investigación

Es aplicada, puesto que se está orientada a conseguir nuevos conocimientos a través de dar aplicación mediante soluciones al disminuir los costos implicados en la operación de construcción de rampas con esta nueva implementación de una nueva malla de perforación.

3.1.3. Nivel de investigación

Es descriptiva, ya que esta se caracteriza o describe la situación actual de la operación de construcción de la rampa 874-2 (+) con la malla actual de perforación, además de describir la situación final de la operación de construcción de la rampa 874-2 (+) con la malla nueva de perforación en cuanto a cantidad de recursos empleados y costos operacionales.

3.1.4. Diseño de la investigación

Es referente al diseño experimental con enfoque cuantitativo-cuasi experimental.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Todas las rampas de desarrollo de la unidad minera San Cristóbal Volcan S.A.C.

3.2.2. Muestra

La Rampa 874-2 (+) NV 820 unidad minera San Cristóbal Volcan S.A.C.

3.3. Materiales y métodos

En este trabajo se emplearon varias técnicas para recopilar datos de manera efectiva:

- Observación directa: implica la observación directa de la implementación de la malla de perforación en la Rampa 874-2 (+) y la recolección de datos en tiempo real.

- Revisión bibliográfica: se realizó una revisión exhaustiva de la literatura existente relacionada con la implementación de mallas de perforación en minería subterránea, lo que proporcionó información contextual y antecedentes relevantes.

- Técnicas de recogida de datos de la empresa: se recopilaron datos específicos de la empresa, a través de registros internos, informes operativos y otros documentos pertinentes.

Los instrumentos principales que se utilizaron para la recopilación de datos son las fichas de recopilación de datos. Estas fichas contienen categorías predefinidas para registrar la información relevante, como el número de taladros, la carga por taladro, el número de explosivos, dimensiones (largo y ancho), y el avance lineal (metros por avance). Estos datos se midieron utilizando diferentes escalas de medición, desde nominal hasta ratio, según la naturaleza de cada variable.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Análisis de la geomecánica

La geomecánica evalúa determinados atributos de un macizo rocoso como práctica esencial para una adecuada planificación de operaciones minera. Una de las clasificaciones más populares es la de Bieniawski, que calcula el índice entre 0 y 100 analizando una serie de factores diferentes. En este estudio se examinaron las operaciones de perforación y voladura en Rampa-874-2 (+) que se caracterizó con un tipo de roca III A a III B, RMR según Bieniawski (1989) de 60, GSI de 55 según Hoek and Diederichs y RQD de 75.

Características técnicas de la labor:

- Labor: Rampa 874-2 (+), Veta
- Tipo de roca: Filita
- RMR: 60
- GSI: 55
- RQD: 75
- Resistencia a la compresión: 30 Mpa
- Densidad de la roca: 2.7 t/m³
- Ancho de labor: 4 m
- Alto de labor: 4 m

4.1.2. Situación inicial en la operación de la rampa 874-2 (+)

Tabla 2. *Parámetros de perforación*

Descripción	Parámetro	Unidad
Diámetro de la broca	45	mm
Diámetro de la rimadora	102	mm
Longitud del barreno	13	Pies
Eficiencia de la perforación	96	%
Porcentaje de acoplamiento	84	%
Ángulo óptimo de los taladros de contorno	3.47	°
Desviación angular	0.01	m/m
Error de emboquille	0.015	m/m
Peso de explosivo (EMULNOR 3000 11/4" X 12")	0.266	Kg
Peso de explosivo (EMULNOR 1000 11/8" X 12")	0.166	kg

El explosivo determinado es el EMULNOR 3000 11/8"x12" (Ver Anexo 4).

Tabla 3. Control de trabajo de operación

Control de disparos - Unidad AESA					
	Unidad	1	2	3	4
Labor		RP 874-2 +	RP 874-2 +	RP 874-2 +	RP 874-2 +
Guardia		Día	Noche	Día	Noche
Fecha		2-Feb	2-Feb	3-Feb	3-Feb
Nivel		1020	1020	1020	1020
Máquina perforadora		Jumbo	Jumbo	Jumbo	Jumbo
Ancho de la labor	m	4	4	4	4
Altura de la labor	m	4	4	4	4
N° taladros cargados		48	48	48	48
N° taladros alivio en arranque		4	4	4	4
Longitud de barreno	m	3.96	3.96	3.96	3.96
Longitud promedio de taladro	m	3.84	3.84	3.84	3.84
Diámetro de taladro	mm	45	45	45	45
Metros perforados	m	3.84	3.84	3.84	3.84
Densidad de roca	t/m ³	2.7	2.7	2.7	2.7
Accesorio de voladura					
Fanel	pza	48	48	48	48
Carmex	unidad	2	2	2	2
Mecha rápida	m	2	2	2	2
Explosivo					
Emulnor de 1000 y 3000		210.0	210.0	210.0	210.0
Pertacord 30	m	45.0	45.0	45.0	45.0
Peso de cartucho	kg	0.3	0.3	0.3	0.3
Peso total	kg	55.9	55.9	55.9	55.9
Resultados					
Avance	m	3.50	3.50	3.50	3.50
Volumen roto	m ³	56.0	56.0	56.0	56.0
Tonelaje roto	t	151.2	151.2	151.2	151.2
Factor de carga	kg/ m ³	2.2	2.2	2.2	2.2
Factor de avance	kg/m	43.9	43.9	43.9	43.9
Eficiencia perforación	%	94%	94%	94%	94%
Eficiencia voladura	%	91%	91%	91%	91%

Control de disparos - Unidad AESA					
	Unidad	5	6	7	8
Labor		RP 874-2 +RP 874-2 +RP 874-2 +RP 874-2 +			
Guardia		Día	Noche	Día	Noche
Fecha		4-Feb	5-Feb	5-Feb	6-Feb
Nivel		1020	1020	1020	1020
Máquina perforadora		Jumbo	Jumbo	Jumbo	Jumbo
Ancho de la labor	m	4	4	4	4
Altura de la labor	m	4	4	4	4
N° taladros cargados		48	48	48	48
N° taladros alivio en arranque		4	4	4	4
Longitud de barreno	m	3.96	3.96	3.96	3.96
Longitud promedio de taladro	m	3.84	3.84	3.84	3.84
Diámetro de taladro	mm	45	45	45	45
Metros perforados	m	3.84	3.84	3.84	3.84
Densidad de roca	t/m ³	2.7	2.7	2.7	2.7
Accesorio de voladura					
Fanel	pza	48	48	48	48
Carmex	unidad	2	2	2	2
Mecha rápida	m	2	2	2	2
Explosivo					
Emulnor de 1000 y 3000		210.0	210.0	210.0	210.0
Pertacord 30	m	45.0	45.0	45.0	45.0
Peso de cartucho	kg	0.3	0.3	0.3	0.3
Peso total	kg	55.9	55.9	55.9	55.9
Resultados					
Avance	m	3.40	3.10	3.25	3.20
Volumen roto	m ³	54.40	49.6	52.0	51.2
Tonelaje roto	t	146.9	133.9	140.4	138.2
Factor de carga	kg/ m ³	2.2	2.2	2.2	2.2
Factor de avance	kg/m	43.9	43.9	43.9	43.9
Eficiencia perforación	%	94%	94%	94%	94%
Eficiencia voladura	%	91%	91%	91%	91%

Control de disparos - Unidad AESA					
	Unidad	9	10	11	12
Labor		RP 874-2 + RP 874-2 + RP 874-2 + RP 874-2 +			
Guardia		Día	Noche	Día	Noche
Fecha		6-Feb	7-Feb	7-Feb	8-Feb
Nivel		1020	1020	1020	1020
Máquina perforadora		Jumbo	Jumbo	Jumbo	Jumbo
Ancho de la labor	m	4	4	4	4
Altura de la labor	m	4	4	4	4
N° taladros cargados		48	48	48	48
N° taladros alivio en arranque		4	4	4	4
Longitud de barreno	m	3.96	3.96	3.96	3.96
Longitud promedio de taladro	m	3.84	3.84	3.84	3.84
Diámetro de taladro	mm	45	45	45	45
Metros perforados	m	3.84	3.84	3.84	3.84
Densidad de roca	t/m ³	2.7	2.7	2.7	2.7
Accesorio de voladura					
Fanel	pza	48	48	48	48
Carmex	unidad	2	2	2	2
Mecha rápida	m	2	2	2	2
Explosivo					
Emulnor de 1000 y 3000		210.0	210.0	210.0	210.0
Pertacord 30	m	45.0	45.0	45.0	45.0
Peso de cartucho	kg	0.3	0.3	0.3	0.3
Peso total	kg	55.9	55.9	55.9	55.9
Resultados					
Avance	m	3.40	3.10	2.80	3.30
Volumen roto	m ³	54.4	49.6	44.8	52.8
Tonelaje roto	t	146.9	133.9	121.0	142.6
Factor de carga	kg/ m ³	2.2	2.2	2.2	2.2
Factor de avance	kg/m	43.9	43.9	43.9	43.9
Eficiencia perforación	%	94%	94%	94%	94%
Eficiencia voladura	%	91%	91%	91%	91%

Control de disparos - Unidad AESA						
	Unidad	13	14	15	16	17
Labor		RP 874-2 +				
Guardia		Día	Noche	Día	Noche	Día
Fecha		8-Feb	9-Feb	9-Feb	10-Feb	9-Feb
Nivel		1020	1020	1020	1020	1020
Máquina perforadora		Jumbo	Jumbo	Jumbo	Jumbo	Jumbo
Ancho de la labor	m	4	4	4	4	4
Altura de la labor	m	4	4	4	4	4
N° taladros cargados		48	48	48	48	48
N° taladros alivio en arranque		4	4	4	4	4
Longitud de barreno	m	3.96	3.96	3.96	3.96	3.96
Longitud promedio de taladro	m	3.84	3.84	3.84	3.84	3.84
Diámetro de taladro	mm	45	45	45	45	45
Metros perforados	m	3.84	3.84	3.84	3.84	3.84
Densidad de roca	t/m ³	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
Accesorio de voladura						
Fanel	pza	48	48	48	48	48
Carmex	unid	2	2	2	2	2
Mecha rápida	m	2	2	2	2	2
Explosivo						
Emulnor de 1000 y 3000		210.0	210.0	210.0	210.0	210.0
Pertacord 30	m	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0
Peso de cartucho	kg	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Peso total	kg	55.9	55.9	55.9	55.9	55.9
Resultados						
Avance	m	3.20	3.00	3.50	3.10	3.30
Volumen roto	m ³	51.2	48.0	56.0	49.6	52.8
Tonelaje roto	t	138.2	129.6	151.2	133.9	142.6
Factor de carga	kg/ m ³	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
Factor de avance	kg/m	43.9	43.9	43.9	43.9	43.9
Eficiencia perforación	%	94%	94%	94%	94%	94%
Eficiencia voladura	%	91%	91%	91%	91%	91%

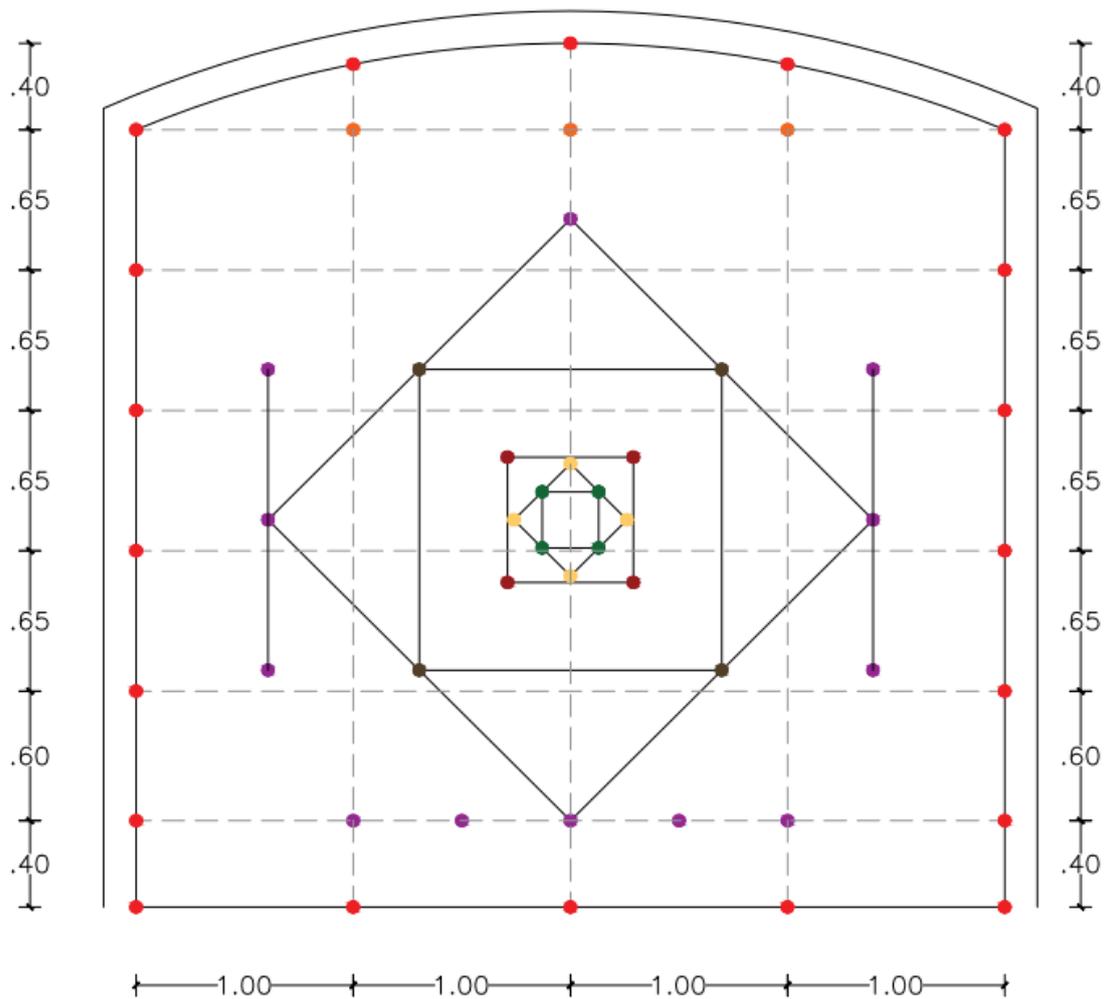


Figura 1. Malla de perforación actual

4.1.3. Situación final en la operación de la rampa 874-2 (+)

Datos para el desarrollo de la malla de perforación propuesta

- Datos de campo:
 - ✓ Ancho de la labor AL: 4.0 m
 - ✓ Altura de hastial de labor HL: 2.7 m
 - ✓ Flecha de arco de coronación FA: 1.30 m
 - ✓ Altura total de Labor HHL: 4.0 m
 - ✓ Densidad de la roca: 2.7 t/m³

- Datos del taladro:
 - ✓ Diámetro de taladro vacío Dv: 0.102 m
 - ✓ Diámetro de taladro cargado Dp: 0.045 m
 - ✓ Número de taladros vacíos n: 5
 - ✓ Longitud de perforación HT: 3.84 m

- Datos de voladura:
 - ✓ Ángulo de barrenos de contorno γ : 3°
 - ✓ Desviación angular de la perforación α : 10 mm/m
 - ✓ Desviación de emboquille β : 20 mm

- Datos del explosivo
 - ✓ Dim 1: diámetro 28.60 mm 304.8 mm Emulnor 1 1/8x12
 - ✓ Dim 2: diámetro 31.80 mm 304.8 mm Emulnor 1 1/4x12
 - ✓ Dim 3: diámetro 38.10 mm 304.8 mm Emulnor 1 1/2x12

1. Cálculo de diámetro del taladro vacío ficticio

$$Df = \sqrt{5} \times 0.102 \text{ m (Ec. 1)}$$

$$Df = 0.2280 \text{ m}$$

2. Cálculo de profundidad de taladro teórico que se puede perforar

$$H = 0.15 + 34.1(0.2280) - 39.4(0.2280)^2 \text{ (Ec. 2)}$$

$$H = 5.87 \text{ m}$$

3. Cálculo de profundidad de taladro real

$$H = 3.96 \times 97\% \text{ (Ec. 3)}$$

$$H = 3.84 \text{ m}$$

4. Cálculo de avance esperado

$$I = 0.97 \times 3.84 \text{ (Ec. 4)}$$

$$I = 3.72$$

5. Cálculo de taco

$$T = 10(0.045) \text{ (Ec. 5)}$$

$$T = 0.45 \text{ m}$$

6. Cálculo del error de perforación

$$EP = 0.02 \times 3.84 + 0.01 \text{ (Ec. 6)}$$

$$EP = 0.0868$$

El nuevo diseño de la malla alcanza un avance total de disparo después de la voladura de 3.72 m que logra mejorar el avance por disparo anterior que era de 3.30 m.

A continuación, se determinó los componentes de cada una de las secciones para la voladura de la rampa de estudio.

4.1.3.1. Arranque

1. Cálculo del burden máximo

$$B_{i \max} = 1.5 \times 0.2280 \quad (\text{Ec. 7})$$
$$= 0.34 \text{ m}$$

2. Cálculo del burden práctico

$$B_{1prac} = 0.342 - 0.0868 \quad (\text{Ec. 8})$$
$$B_{1prac} = 0.25$$

3. Cálculo de concentración de carga

$$C_c = (55 \times 0.045) \times \left(\frac{0.342}{0.2280} \right) 1.5 \left(0.342 - \frac{0.2280}{2} \times \frac{0.3}{0.4} \times \left(\frac{1}{1.00} \right) \right) \quad (\text{Ec. 9})$$
$$C_c = 0.94 \text{ kg/m}$$

4. Cálculo del espaciamiento

$$w_1 = 0.25 \times \sqrt{2} \quad (\text{Ec. 10})$$
$$w_1 = 0.35 \text{ m}$$

5. Cantidad de cartuchos

- ✓ Cantidad de cartuchos/taladro = $(dq \times 3/4 \text{ HT}) / W_c$
- ✓ Cantidad de cartuchos/taladro = 13 cartuchos
- ✓ Cantidad de explosivo/taladro = 4.23 kg

Tabla 4. Diseño del arranque

Descripción	Valor	Unidad
Burden máximo (B1 máximo)	0.34	m
Burden práctico (B1 práctico)	0.25	m
Espaciamiento (W1)	0.35	m
Concentración de la carga con respecto al Emulnor	0.94	kg/m
Cantidad de cartuchos por taladro	13	unidades
Cantidad de explosivo por taladro	4.23	kg

4.1.3.2. Primer cuadrante

- Datos requeridos:
- ✓ W1: 0.35 m
- ✓ dq: 0.94 kg/m
- ✓ EML: 1.19
- ✓ Dp: 0.045 m
- ✓ C: 0.30

1. Cálculo de ancho de los taladros de desviación

$$ah = 0.25 + 0.0868 \times \sqrt{5} \quad (\text{Ec. 11})$$

$$ah = 0.753$$

2. Cálculo del burden máximo

$$B2 \text{ max} = (8.8 \times 10^{-2}) \sqrt{\frac{0.75 \times 0.94 \times 1.00}{0.045 \times 0.3}} \quad (\text{Ec. 12})$$

$$B2 \text{ max} = 0.63$$

3. Cálculo del burden práctico

$$Bp = (0.63 - 0.0868) \quad (\text{Ec. 13})$$

$$Bp = 0.53$$

4. Cálculo del espaciamiento

$$w2 = (0.53 + 0.35 - 2) \times (\sqrt{2}) \quad (\text{Ec. 14 Ec. 13})$$

$$w2 = 1.00$$

5. Cantidad de cartuchos

- ✓ Cantidad de cartuchos/taladro = $(dq \times 1/4 H_T) / W_c$
- ✓ Cantidad de cartuchos/taladro = 12 cartuchos
- ✓ Cantidad de explosivo/taladro = 3.9 kg

Tabla 5. Diseño del primer cuadrante

Descripción	Valor	Unidad
Ancho de taladros con desviación (Ah)	0.75	m
Burden máximo (B2 máximo)	0.63	m
Burden práctico (B2 práctico)	0.53	m
Espaciamiento (W2)	1.00	m
Cantidad de cartucho por taladro	12	unidades
Cantidad de explosivo por taladro	3.90	kg

4.1.3.3. Segundo cuadrante

- Datos requeridos:
 - ✓ W2: 1.0 m
 - ✓ dq: 0.87 kg/m
 - ✓ EML: 1.19
 - ✓ Dp: 0.045 m
 - ✓ C: 0.30

1. Cálculo del ancho de los taladros de desviación

$$Ah2 = 0.54 + \frac{0.35}{2} - 0.0868 \times \sqrt{2} \quad (\text{Ec. 15Ec. 13})$$
$$Ah2 = 0.88$$

2. Cálculo del burden máximo

$$B3 \text{ max} = 8.8 \times (10^{-2}) \times \sqrt{\frac{0.88 \times 0.94 \times 1.00}{0.045 \times 0.3}} \quad (\text{Ec. 16Ec. 13})$$
$$B3 \text{ max} = 0.688$$

3. Cálculo del burden práctico

$$Bprac = 0.688 + 0.0868 \quad (\text{Ec. 17Ec. 13})$$
$$Bprac = 0.60$$

4. Cálculo del espaciamiento del tercer cuadrante

$$w3 = \left(0.60 + \frac{1.00}{2}\right) \times \sqrt{2} \quad (\text{Ec. 18Ec. 13})$$
$$w3 = 1.55$$

5. Cantidad de cartuchos

- ✓ Cantidad de cartuchos/taladro = $(dq \times 1/4 H_T) / W_c$
- ✓ Cantidad de cartuchos/taladro = 12 cartuchos
- ✓ Cantidad de explosivo/taladro = 3.9 kg

Tabla 6. Diseño del segundo cuadrante

Descripción	Valor	Unidad
Ancho de taladros con desviación (Ah)	0.88	m
Burden máximo (B3 máximo)	0.68	m
Burden práctico (B3 práctico)	0.60	m
Espaciamiento (W3)	1.55	m
Cantidad de cartucho por taladro	12	unidades
Cantidad de explosivo por taladro	3.90	kg

4.1.3.4. Tercer cuadrante

- Datos requeridos:
 - ✓ W3: 1.55 m
 - ✓ dq: 0.86 kg/m
 - ✓ EML: 1.19
 - ✓ Dp: 0.045 m
 - ✓ C: 0.30

1. Cálculo del ancho con taladros de desviación

$$ah3 = \left(1.55 + \frac{1.00}{2} - 0.0868\right) \times \sqrt{2} \quad (\text{Ec. 19Ec. 13})$$

$$ah3 = 2.77$$

2. Cálculo del burden máximo

$$B4 \text{ max} = 8.8(10^{-2})\sqrt{\frac{2.77 \times 0.94 \times 1.00}{0.045 \times 0.3}} \quad (\text{Ec. 20Ec. 13})$$

$$B4 \text{ max} = 1.22$$

3. Cálculo burden práctico

$$B_{\text{prac}} = 1.22 - 0.0868 \quad (\text{Ec. 21Ec. 13})$$

$$B_{\text{prac}} = 1.13$$

4. Cálculo espaciamiento

$$w4 = \left(1.13 + \frac{1.55}{2}\right) \times \sqrt{2} \quad (\text{Ec. 22Ec. 13})$$

$$w4 = 2.196$$

$$w4 = 2.20$$

5. Cantidad de cartuchos

- ✓ Cantidad de cartuchos/Taladro = $(dq \times 1/4 H_T) / W_c$
- ✓ Cantidad de cartuchos/Taladro = 11 cartuchos
- ✓ Cantidad de explosivo/Taladro = 3.58 kg

Tabla 7. Diseño del tercer cuadrante

Descripción	Valor	Unidad
Ancho de taladros con desviación (Ah)	2.77	m
Burden máximo (B4 máximo)	1.22	m
Burden práctico (B4 práctico)	1.13	m
Espaciamiento (W4)	2.20	m
Cantidad de cartucho por taladro	11	unidades
Cantidad de explosivo por taladro	3.58	kg

4.1.3.5. Arrastres

- Datos requeridos:
 - ✓ Factor de fijación f: 0.85 m (Para taladros inclinados en relación de 2:1)
 - ✓ dq: 0.86 kg/m
 - ✓ EML: 1.19
 - ✓ E/B: 1
 - ✓ Dp: 0.045 m
 - ✓ Constante de roca C: 0.30
 - ✓ Constante de roca corregida: 0.35

1. Cálculo del burden máximo de arrastre

$$B = 0.9 \sqrt{\frac{0.94 \times 1.00}{0.3 \times 1 \times 1.45}} \quad (\text{Ec. 23Ec. 13})$$

$$B = 1.32$$

2. Cálculo constante corregida

$$c = 0.3 + \left(\frac{0.07}{1.32}\right) \quad (\text{Ec. 24Ec. 13})$$

$$c = 0.35$$

3. Cálculo del burden máximo de arrastre

$$B_{max \text{ corregido}} = 0.9 \sqrt{\frac{0.94 \times 1.00}{0.35 \times 1 \times 1.45}} \quad (\text{Ec. 25Ec. 13})$$

$$B_{max \text{ corregido}} = 1.22$$

4. Cálculo burden práctico

$$B_{prac} = 1.22 - 3.48 \times \text{Sen}(3) \quad (\text{Ec. 26Ec. 13})$$

$$B_{prac} = 1.00$$

5. Cálculo del número de taladros NT

$$N^{\circ}T = (3 + (2 \times 3.84 \times \text{sen}(3) \div 1.00) + 2) \quad (\text{Ec. 27Ec. 13})$$

$$N^{\circ}T = 5$$

6. Cálculo del espaciamiento de arrastre

$$S_a = (3.70 \left(\frac{2 \times 3.84 \times \text{sen}(3)^{\circ}}{5-1} \right) \times 3) \quad (\text{Ec. 28Ec. 13})$$

$$S_a = 0.95 \text{ m}$$

7. Cálculo del espaciamiento para taladros de la esquina

$$S_{ae} = 0.95 - 3.84 \times \text{Sen}(3) \quad (\text{Ec. 29Ec. 13})$$

$$S_{ae} = 0.749$$

$$S_{ae} = 0.75$$

8. Cantidad de cartuchos

- ✓ Cantidad de cartuchos/taladro = $(dq \times 3/4 \text{ Hr}) / W_c$
- ✓ Cantidad de cartuchos/taladro = 12 cartuchos
- ✓ Cantidad de explosivo/taladro = 3.90 kg

Tabla 8. Diseño del arrastre

Descripción	Valor	Unidad
Burden máximo (Bm corr)	1.22	m
Burden práctico (B práctico)	1.00	m
Número de taladros	5	Unidades
Espaciamiento arrastre (Sa)	0.95	m
Espaciamiento para taladros de las esquinas (Sae)	0.75	m
Concentración de la carga con respecto al Emulnor	0.94	kg/m

4.1.3.6. Corona

- Datos requeridos:
- ✓ Factor de fijación f: 1.2
- ✓ Relación de espaciamiento/ Burden: 0.8
- ✓ Constante K: 14

El factor de fijación (f) para los taladros que rompen hacia abajo y horizontalmente será 1,2 ya que la gravedad trabaja a favor y la proporción S/B será 0.8

1. Cálculo del espaciamiento

$$Ec = 14 \times 0.045 \quad (\text{Ec. 30Ec. 13})$$

$$Ec = 0.62$$

2. Cálculo del burden máximo

$$Bmax = \frac{0.62}{0.8} \quad (\text{Ec. 31Ec. 13})$$

$$Bmax = 0.77m$$

3. Cálculo del burden práctico

$$B \text{ prac} = 0.77 - 3.84 \times \text{sen}(3) \quad (\text{Ec. 32Ec. 13})$$

$$B \text{ prac} = 0.50 m$$

4. cálculo del número de taladros NT

$$N^{\circ}T \left(\frac{4+2 \times \text{sen}(3)}{0.83} \right) + 2 \quad (\text{Ec. 33Ec. 13})$$

$$N^{\circ}T = 6$$

5. Cantidad de cartuchos

- ✓ Cantidad de cartuchos/taladro = $(dq \times 3/4 H_T) / W_c$
- ✓ Cantidad de cartuchos/taladro = 8 cartuchos
- ✓ Cantidad de explosivo/taladro = 2.60 Kg

Tabla 9. Diseño de la corona

Descripción	Valor	Unidad
Espaciamiento (Sc)	0.62	m
Burden máximo (B máximo)	0.77	m
Burden práctico (B práctico)	0.50	m
Numero de taladros	6	unidades
Concentración de carga del Emulnor	0.94	kg/m
Cantidad de cartucho por taladro	8	unidades
Cantidad de carga por taladro	2.60	m

4.1.3.7. Hastiales

- Datos requeridos:
- ✓ Factor de fijación f: 1.2
- ✓ Relación de espaciamiento: 0.7
- ✓ Constante K: 15 y 16
- ✓ dq: 0.58 kg/m
- ✓ $S_{AN/FO}$: 1.19
- ✓ Dp: 0.045 m
- ✓ Constante de roca c: 0.30

1. Cálculo del espacio libre

$$EL = 3.84 - 1.00 - 0.50 \quad (\text{Ec. 34 Ec. 13})$$

$$EL = 2.34$$

2. Espaciamiento

$$Scajas = 15 \times 0.0045 \quad (\text{Ec. 35 Ec. 13})$$

$$Scajas = 0.70$$

3. Burden máximo

$$B \text{ max} = \frac{0.70}{0.7} \quad (\text{Ec. 36 Ec. 13})$$

$$B_{max} = 1.00$$

4. Burden práctico

$$B_{prac} \text{ cajas} = 1.00 - (3.84 \times \text{sen}(3)) \quad (\text{Ec. 37 Ec. 13})$$

$$B_{prac} = 0.75$$

5. Número de taladros

$$N^{\circ}T = \left(\frac{2.22}{0.70}\right) + 1 \quad (\text{Ec. 38 Ec. 13})$$

$$N^{\circ}T = 4$$

6. Cantidad de cartuchos

- ✓ Cantidad de cartuchos/taladro = (dq x 3/4 Hr) / W_c
- ✓ Cantidad de cartuchos/taladro = 8 cartuchos
- ✓ Cantidad de explosivo/taladro = 2.60 kg

Tabla 10. Diseño de hastiales

Descripción	Valor	Unidad
Espaciamiento libre (EL)	2.34	m
Espaciamiento (S CAJAS)	0.70	m
Burden máximo (B máx)	1.00	m
Burden práctico	0.75	m
Numero de taladros	6	unidades
Cantidad de cartucho por taladro	8	unidades
Cantidad de carga por taladro	2.60	kg

4.1.3.8. Ayuda de corona

- Datos requeridos:
 - ✓ Ancho de labor AL: 3.30 m
 - ✓ Burden práctico de los hastiales Bh: 0.75 m
 - ✓ Longitud horizontal disponible para perforar AL: 1.80 m
 - ✓ Factor de fijación f: 1.2
 - ✓ R/B: 1.25
 - ✓ dq: 0.94 kg/m
 - ✓ EML: 1.19
 - ✓ Diámetro Dp: 0.045 m

1. Cálculo del espacio libre

$$EL = 3 - (2 \times 0.60) \quad (\text{Ec. 39 Ec. 13})$$

$$EL = 1.5 \text{ m}$$

2. Cálculo burden máximo corregido

$$B \text{ max} = 0.9 \times \sqrt{\frac{0.94 \times 1.00}{0.70 \times 1.25 \times 1.2}} \quad (\text{Ec. 40 Ec. 13})$$

$$B_{\text{max}} = 0.85$$

3. Burden práctico

$$B_{\text{prac}} = 0.85 - 0.0868 \quad (\text{Ec. 41 Ec. 13})$$

$$B_{\text{prac}} = 0.70 \text{ m}$$

4. Número de taladros

$$NT = \left(\frac{1.05}{1.00 \times 1.25} \right) + 2 \quad (\text{Ec. 42Ec. 13})$$

$$NT = 3$$

5. Espaciamiento

$$S = \left(\frac{1.8}{3-1} \right) \quad (\text{Ec. 43Ec. 13})$$

$$S = 0.9$$

6. Cantidad de cartuchos

- ✓ Cantidad de cartuchos/taladro = $(dq \times 3/4 \text{ Hr}) / W_c$
- ✓ Cantidad de cartuchos/taladro = 12 cartuchos
- ✓ Cantidad de explosivo/taladro = 3.90 Kg

Tabla 11. Diseño de ayuda de corona

Descripción	Valor	Unidad
Espaciamiento (Sc)	0.90	m
Burden máximo (Bmáx)	0.85	m
Burden práctico (Bprác)	0.70	m
Numero de taladros	3	unidades
Concentración de carga del Emulnor	0.94	kg/m
Cantidad de cartucho por taladro	12	unidades
Cantidad de carga por taladro	3.90	Kg

4.1.3.9. Diseño de la malla

La malla propuesta formula una eficiencia de perforación del 97 %, el avance alcanzado en este margen fue de 3.72 metros conforme el planteamiento de área de arranque, tres cuadrantes, área de arrastre, corona, hastiales y ayuda en corona; en comparación al diseño anterior se suprimió el cuatro cuadrante, la ayuda de arrastre y ayuda en hastiales.

En la tabla 12 se presenta el resumen del nuevo diseño de la malla de perforación planteando el requerimiento de 129.8 kg de explosivo.

Tabla 12. Resumen de perforación de voladura Holmberg

Ubicación de taladros	N.º taladros	Concentradora de carga	Distancias			Cartuchos		Cargas		
			L	E	B	Peso	Diam.	Por Taladro	Total	
	c/u	kg/m	m	m	m	kg	m			
Tal. vacíos (Arranque)	5									
Arranque	4	0.94	0.35	0.25	0.325	0.038	13.0	Cart.	4.23	Kg
1 cuadrante	4	0.87	1.00	0.53	0.325	0.038	12.0	Cart.	3.89	Kg
2 cuadrante	4	0.86	1.55	0.60	0.325	0.038	12.0	Cart.	3.89	Kg
3 cuadrante	4	0.80	2.20	1.13	0.325	0.038	11.0	Cart.	3.57	Kg
Arrastres	5	0.86	1.10	1.00	0.325	0.032	12.0	Cart.	3.89	Kg
Hastiales	8	0.58	0.70	0.75	0.325	0.029	8.0	Cart.	2.60	Kg
Ay. de corona	3	0.86	0.90	0.70	0.325	0.032	12.0	Cart.	3.89	Kg
Corona	6	0.58	0.62	0.50	0.325	0.029	8.0	Cart.	2.60	Kg
Talad. Perim. De Alivio	0									
Total	43						400.0	Cart.	129.8	Kg

Tabla 13. Distribución de carga explosiva por taladro

Tipo	Cant	EE-3000 1 1/2x12	EE- 3000 1 1/4x12	EE- 1000 1 1/8X12
Arranque	4	13		
1º Ayuda	4	12		
2º Ayuda	4	12		
3º Ayuda	4	11		
ayuda corona	3		12	
Hastiales	8		2	6
Corona	6		2	6
Arrastre	5		12	
Total	38	192	124	84

Tabla 14. Resultados

Resultados	Unidad	13ft
Avance	m.	3.72
Eficiencia de avance	%	97%
Densidad	t/m ³	2.7
Volumen roto	m ³	55.9
Tonelaje roto	tn	151
Factor de avance	kg/m	34.2
Factor de carga	kg/m ³	2.32
Factor de potencia	kg/t	0.86
Factor de energía	MJ/m ³	8.7

A continuación, se presenta el diseño de la malla de perforación cuales dimensiones fueron determinadas desde la Tabla 4 hasta la Tabla 14. Así mismo, en la Figura 1 se exponen las características de trabajo de la labor RP_874_2(+).

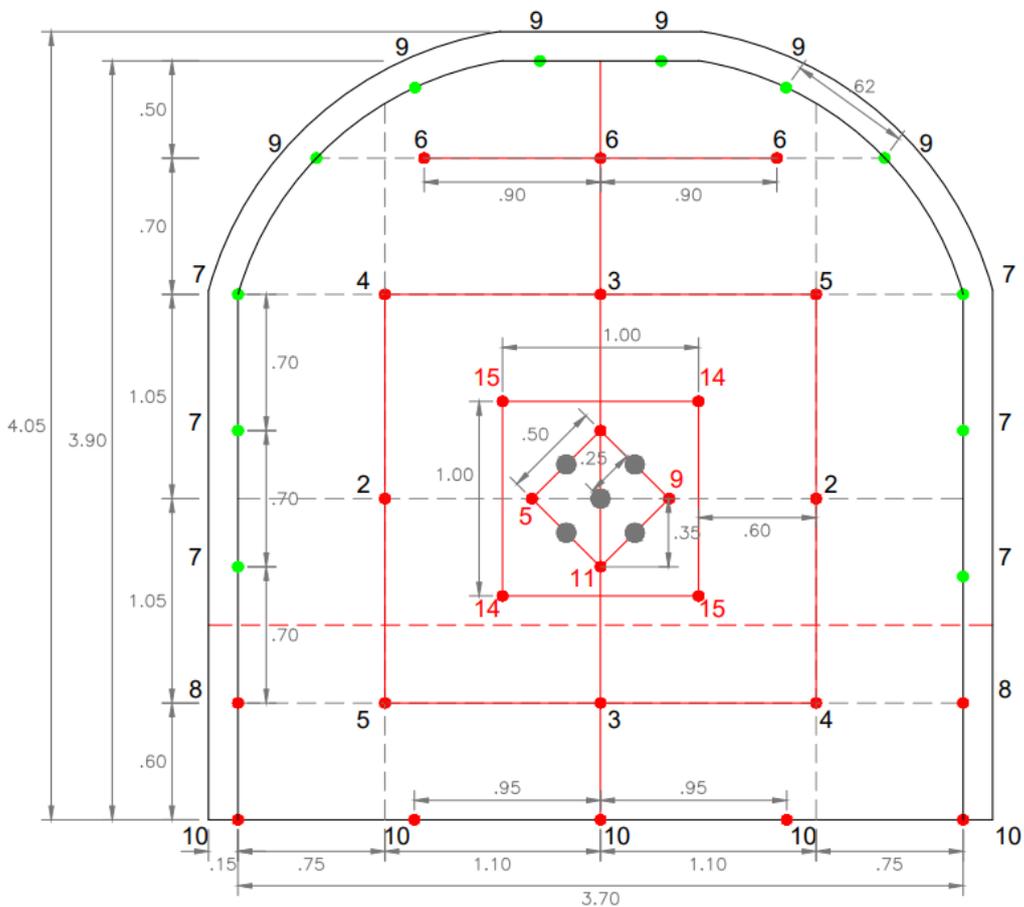


Figura 2. Malla de perforación propuesta



Figura 3. Pintado de la malla de perforación

La Figura 3 presenta datos de los controles de avance de las diferentes labores que se realiza, la labor RP_874_2(+) lleva un avance de 3.70 metros inspeccionada en dos periodos del mes de julio del 2023.

22/07/2023 (Todas)

ZONA	Turno	Labor	Referencia	Ancho Medido	Alto Medido	Pies.Perf	Avance	Prom. de Rotura
ZONA II	D	SN_86_1W	AC_86_1E	3.8	3.8	11	2.00	-5.0%
		RP_874_2(+)	RP_874_3(+)	3.9	4.1	13	3.70	-0.1%
		SN_SP6_1W	AC_SP6_1E	4.0	4.0	10	3.00	5.3%
		SN_64_2E	AC_658_2W	4.0	3.9	12	2.40	2.6%
		SN_SP6_1A	SN_SP6_1E	4.0	4.1	10	2.60	7.9%
	N	RP_658_2(-)	RP_616_4W	4.9	4.7	12	2.50	13.7%
		SN_SP10_4W	AC_SP10_4E	3.8	5.5	6	2.30	37.5%
		SN_68_2E	AC_68_2W	3.9	3.8	10	3.30	-2.5%
		SN_81_0W	AC_81_0E	3.8	4.2	13	3.30	5.0%
		CA_04_1420	RP_1420_1W	4.7	4.7	12	3.70	9.1%
		SN_SP6_1A	SN_SP6_1E	4.4	4.0	10	2.70	15.8%
Total ZONA II							31.50	0.0%
Total general							31.50	8.1%

20/07/2023 (Todas)

ZONA	Turno	Labor	Referencia	Ancho Medido	Alto Medido	Pies.Perf	Avance	Prom. de Rotura
ZONA II	D	RP_SP5_1(-)	XC_1420_3W	4.6	4.7	12	2.90	6.8%
		SN_86_1W	AC_86_1E	3.7	3.9	12	2.50	-5.1%
		RP_874_2(+)	RP_874_3(+)	4.1	4.1	13	3.70	5.1%
		SN_81_0W	AC_81_0E	3.9	4.2	13	3.30	7.8%
		SN_SP6_1W	AC_SP6_1E	3.8	4.1	10	3.60	2.5%
		SN_SP6_1A	SN_SP6_1E	3.8	4.1	10	2.20	2.5%
	N	SN_68_2E	AC_68_2W	3.8	3.9	9	2.50	-2.5%
		SN_SP10_4E	AC_SP10_4E	5.0	4.4	7	2.40	44.7%
		SN_81_0W	AC_81_0E	4.2	4.3	12	3.30	18.8%
		AC_SP5_0E	RP_1420_1W	4.9	4.1	10	1.20	32.2%
		SN_64_2E	AC_658_2W	4.2	4.2	12	3.20	16.1%
		CA_03_RP_SP10	RP_SP10_0E	(en blanco)	(en blanco)	13	0.00	0.0%
		SN_SP6_1A	SN_SP6_1E	4.1	4.1	10	2.80	10.6%
Total ZONA II							33.60	0.11%
Total general							33.60	10.7%

Figura 4. Control de avances

Nota: Reportes de avances de operación de Zona II.J Julio

4.1.4. Diferencia entre la situación inicial y final en la operación de la Rampa 874-2 (+)

El diseño inicial que manejaba la unidad de operación tenía un resultado de eficiencia de perforación de 94 % y una eficiencia en voladura de 91 % que desarrollaba un avance de 3.50 metros por labor; el diseño propuesto logra una eficiencia de avance del 97 % que calcula un avance real de 3.72 metros.

Los diseños de malla actual y propuesto difieren en lo siguiente: los resultados indican un avance de 3,70 a 3,75 metros.

Tabla 15. Diferencias en el arranque

Descripción del arranque	Actual	Propuesta
Burden máximo (B1máx)	0.32 m	0.34 m
Burden práctico (B1prác)	0.26 m	0.25 m
Espaciamiento (W1)	0.51 m	0.35 m
Concentración de la carga con respecto al Emulnor	0.86 kg/m	0.94 kg/m
Cantidad de cartuchos por taladro	12 cart	13 cart

Tabla 16. Diferencias en el primer cuadrante

Descripción del primer cuadrante	Actual	Propuesta
Burden máximo (B2máx)	0.52 m	0.63 m
Burden práctico (B2prác)	0.46 m	0.53 m
Espaciamiento (W2)	0.58 m	1.00 m
Cantidad de cartucho por taladro	12 cart	12 cart

Tabla 17. Diferencias en el segundo cuadrante

Descripción del segundo cuadrante	Actual	Propuesto
Burden máximo (B2máx)	0.65 m	0.68 m
Burden práctico (B2prác)	0.59 m	0.60 m
Espaciamiento (W2)	0.98 m	1.55 m
Cantidad de cartucho por taladro	12 cart	12 cart

Tabla 18. Diferencias en el tercer cuadrante

Descripción del tercer cuadrante	Actual	Propuesto
Ancho de taladros con desviación (Ah)	-	2.77 m
Burden máximo (B2máx)	0.78 m	1.22 m
Burden práctico (B2práct)	0.72 m	1.13 m
Espaciamiento (W2)	1.45 m	2.20 m
Cantidad de cartucho por taladro	12 cart	11 cart

Tabla 19. Diferencias en el cuarto cuadrante

Descripción del cuarto cuadrante	Actual	Propuesto
Burden máximo (B2máx)	0.90 m	-
Burden Práctico (B2práct)	0.84 m	-
Espaciamiento (W2)	1.97 m	-
Cantidad de cartucho por taladro	12 cart	-

Tabla 20. Diferencias en el arrastre

Descripción del arrastre	Actual	Propuesto
Burden máximo (Bmcorr)	0.54 m	1.22 m
Burden práctico (Bprác)	0.48 m	1.00 m
Número de taladros	5 tal	5 tal
Espaciamiento arrastre (Sa)	1.00 m	0.95 m
Espaciamiento para taladros de las esquinas (Sae)	1.00 m	0.75 m
Concentración de la carga con respecto al Emulnor	0.86 kg/m	0.94 kg/m

Tabla 21. Diferencias en la ayuda de arrastre

Descripción de ayuda del arrastre	Actual	Propuesto
Burden máximo (Bmcorr)	0.45 m	-
Burden práctico (Bprác)	0.40 m	-
Número de taladros	4 tal	-
Espaciamiento ayuda arrastre (Sa)	1.00 m	-

Tabla 22. Diferencias en la corona

Descripción de corona	Actual	Propuesto
Espaciamiento (Sc)	0.70 m	0.62 m
Burden máximo (Bmax)	0.82 m	0.77 m
Burden práctico (Bprác)	0.80 m	0.50 m
Número de taladros	5 tal	6 tal
Concentración de carga del Emulnor	0.86kg/m	0.94kg/m
Cantidad de cartucho por taladro	10 cart	8 cart

Tabla 23. Diferencias en hastiales

Descripción de hastiales	Actual	Propuesto
Espaciamiento (S CAJAS)	0.65 m	0.70 m
Burden máximo (Bmax)	1.05 m	1.00 m
Burden práctico	0.70 m	0.75 m
Número de taladros	6 tal	6 tal
Cantidad de cartucho por taladro	10 cart	8 cart

Tabla 24. Diferencias en ayuda de hastiales

Descripción de ayuda de hastiales	Actual	Propuesto
Espaciamiento (Sc)	1.05 m	-
Burden máximo (Bmax)	0.58 m	-
Burden práctico (Bprác)	0.53 m	-
Número de taladros	4 tal	-
Concentración de carga del Emulnor	0.86kg/m	-
Cantidad de cartucho por taladro	10 cart	-

Tabla 25. Diferencias en ayuda de corona

Descripción de ayuda de corona	Actual	Propuesto
Espaciamiento (Sc)	1.00 m	0.90 m
Burden máximo (Bmax)	0.75 m	0.85 m
Burden práctico (Bprác)	0.60 m	0.70 m
Número de taladros	3 tal	3 tal
Concentración de carga del Emulnor	0.86 kg/m	0.94 kg/m
Cantidad de cartucho por taladro	10 cart	12 cart



Figura 3. Diferencias de perforación y voladura

Nota: Fotografía en labor de campo

4.1.5. Costo con la nueva malla de perforación en la operación de la Rampa 874-2 (+)

El costo de operación de la Rampa 874-2 (+) inicialmente alcanzaba un valor de 936.41 dólares por metro. Teniendo en cuenta los mismos costos de los equipos de seguridad que no están directamente relacionados con el avance de los trabajos por disparo, el costo final propuesto optimiza los costos de mano de obra, perforación, voladura y materiales, lo que resulta en una reducción de 205,94 dólares en el costo por metro.

En el costo de mano de obra se redujo un 17 % del costo inicial considerando que no existió una variación en las horas de trabajo si no en el tiempo empleado por la operación de la labor.

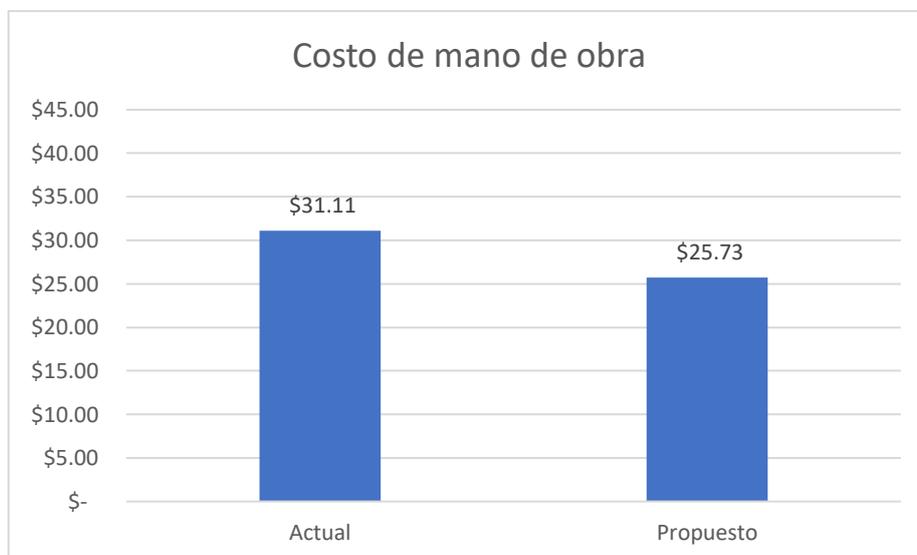


Figura 4. Variación en los costos de mano de obra

Nota: Costos por metro USD.

El costo de perforación se redujo en un 16 % del costo inicial como resultado de la permutación en los metros de avance por operación.

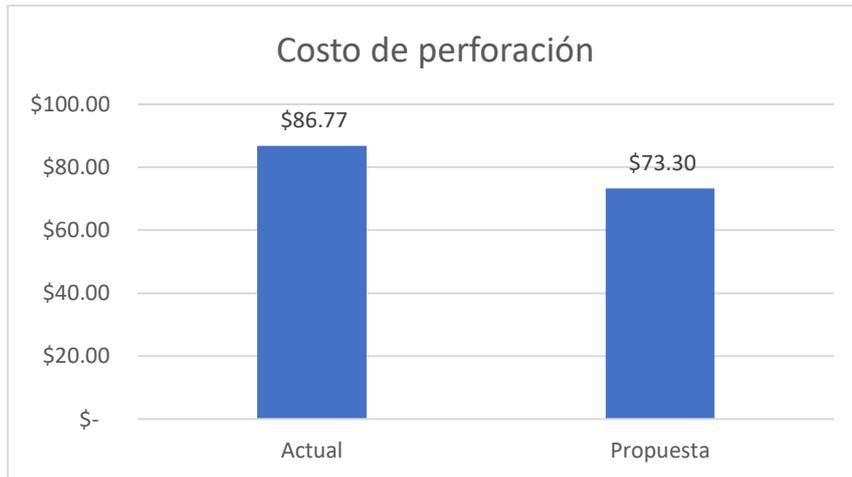


Figura 5. Variación en el costo de perforación

Nota: Costos por metro USD

El costo de los implementos de seguridad no representó una variación en el nuevo diseño de la malla debido a que se siguió considerando como parte fundamental para la labor de campo, este factor no está directamente relacionada con el avance de operación.

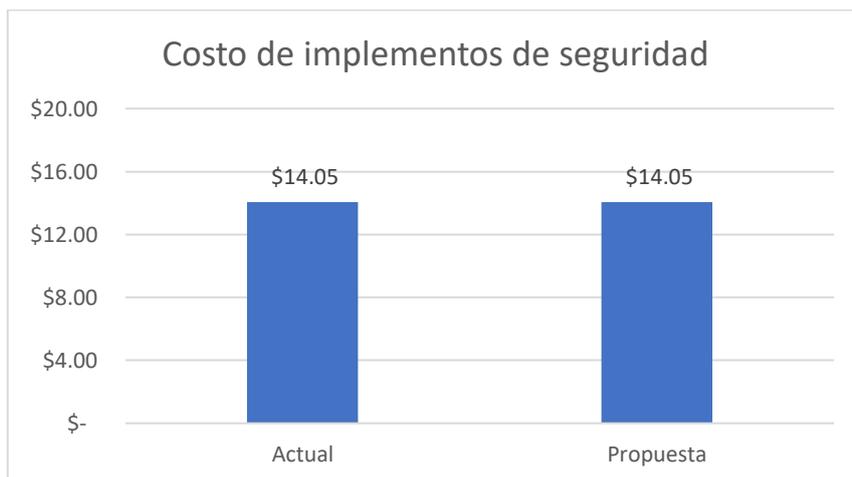


Figura 6. Variación en el costo de implementos de seguridad

Nota: Costos por metro USD

El costo de materiales se incrementó en un 68 % principalmente por la adición de materiales necesarios para el nuevo diseño como el requerimiento de tubos de caña y cinta aislante. El detalle de los costos por cada material se puede apreciar en el Anexo 6 y 7.

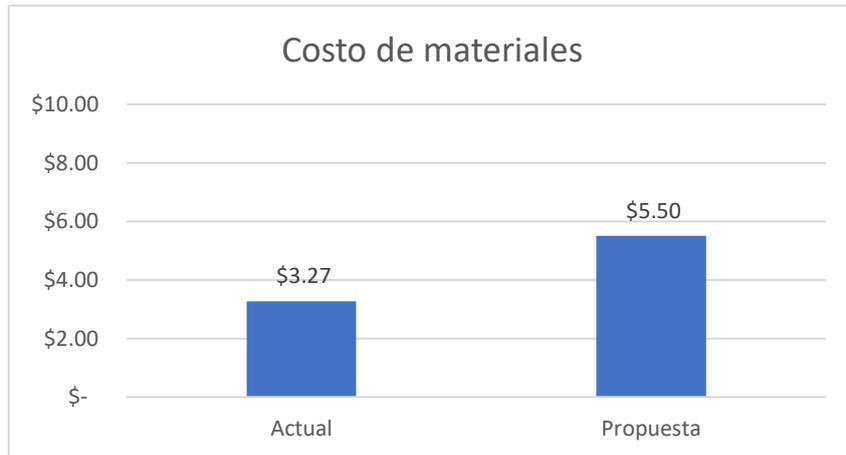


Figura 7. Variación en el costo de materiales

Nota: Costos por metro USD

El costo de voladura se redujo en un 24 % respecto a los costos iniciales, debido a disminución de explosivos, el diseño plantea minimizar las cantidades de Emulnor-1000 1 1/8 x12, Emulnor -3000 1 1/4 x12, las disposiciones elimina la necesidad de Emulnor -3000 1 1/2 x12 que anteriormente requería gran cantidad para la operación de voladura, así mismo, este factor tuvo como efecto la reducción de otros insumos como cordón detonante, carmex, fanel y mecha rápida como se describe en los Anexos 6 y 7.

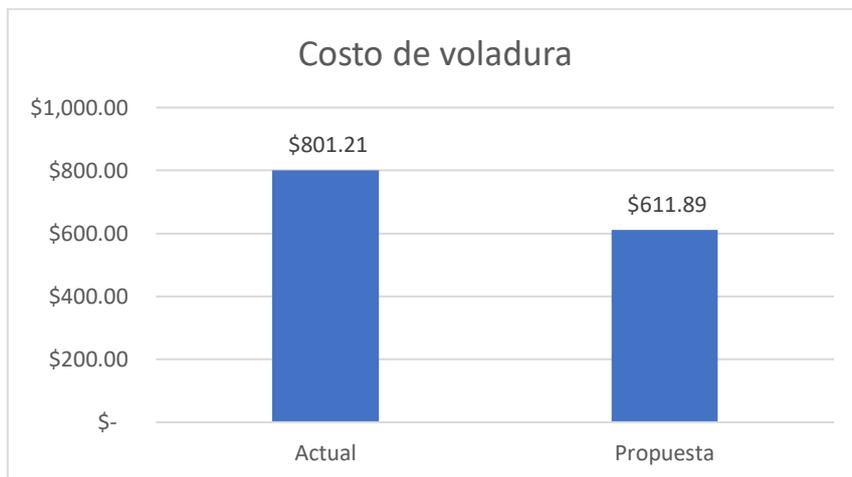


Figura 8. Variación en el costo de voladura

Nota: Costos por metro USD

Debido sobre todo a la disminución de los costes de voladura, como se indica en la tabla 26, los costos globales de perforación y voladura para las obras de la rampa 874-2 (+) se optimizaron en un 22% en comparación con el costo original.

Tabla 26. Resumen de las diferencias en los costos actuales y propuestos

Descripción	Actual	Propuesto	Unidad	Variación
Costo de mano de obra	31.11	25.73	USD \$/metro	-17%
Costos de perforación	86.77	73.3	USD \$/metro	-16%
Costos de implementos de seguridad	14.05	14.05	USD \$/metro	0%
Costo de materiales	3.27	5.50	USD \$/metro	68%
Costo de voladura	801.21	611.89	USD \$/metro	-24%
Costo total	936.41	730.47	USD \$/metro	-22%

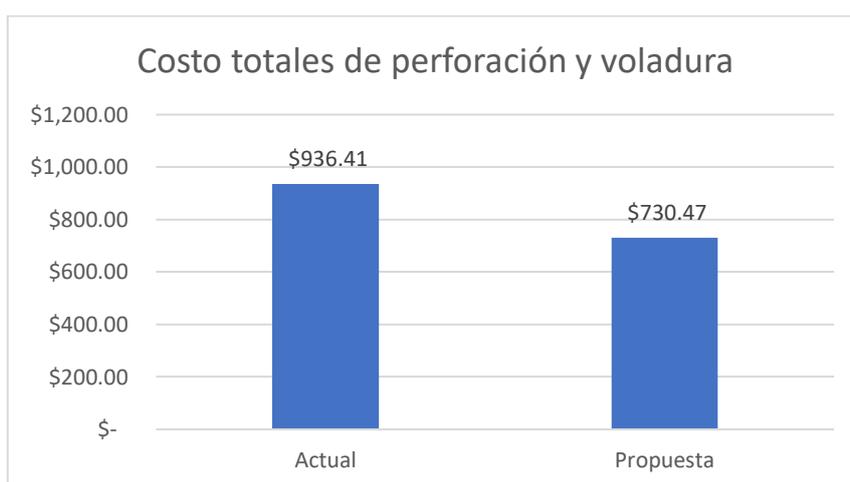


Figura 9. Variación en el costo de voladura

Nota: Costos por metro USD

4.2. Discusión de resultados

El estudio del desarrollo de una malla de perforación para la operación en el frente de trabajo de la Rampa 874-2 (+) ha determinado que el avance inicial de la perforación de la malla actual era de 3.50 m por perforación que posteriormente logró mejorar a un avance final de 3.72 metros, en estos valores determinados se analizó que la eficiencia del avance mejoró a un 97 % final con un valor inicial del 94 % (eficiencia de 94 % inicial para perforación y 91 % en voladura). Se calcularon nuevos parámetros para los componentes del arranque, primer cuadrante, segundo cuadrante, tercer cuadrante, cuarto cuadrante, arrastre, ayuda de arrastre, corona, hastiales, ayuda de hastiales y ayuda de corona.

Las diferencias en los componentes de la malla de perforación se vieron reflejados, principalmente, en la omisión de un cuarto cuadrante para el diseño de la nueva malla de perforación debido al nuevo dimensionamiento de la malla general, así mismo, la ayuda para el área de arrastre y la ayuda en hastiales no fueron requeridas en los cálculos para la nueva malla de perforación. La voladura del frente de trabajo tuvo una mejor presentación en cuanto a las roturas del frente de trabajo donde se visualizaba una mejor uniformidad de la labor en campo.

Los costos de la malla de perforación actual que poseía el frente de perforación de la 874-2 (+) era de 936.41 dólares iniciales logrando mejorar a un costo final de 730.47 dólares por disparo, las variaciones en los costos se vieron mayormente reflejados en la disminución de los costos de voladura con una disminución del 24 % debido a que inicialmente la voladura tenía un costo de 801.21 dólares por disparo y se disminuyó a un costo de 611.89 dólares, otros costos que se mejoraron con el diseño de la nueva malla de perforación fue el costo de la mano de obra y el costo de perforación.

La investigación desarrolló el diseño de la nueva malla de perforación de acuerdo al método de Holmberg, la problemática estaba centrada en que la empresa minera buscara cumplir con las expectativas en la operación de perforación de acuerdo a lo determinado por la unidad minera. En el mismo caso, Cabrera (6), determinó que el método Homlberg tendría mejores resultados en el frente de operación, así mismo, Morales (10) empleo a Homlberg como herramienta para mejorar las actividades de voladura en una empresa minera.

Respecto a la disminución de los costos, el estudio de Duran (8) logró mejorar sus costos en un 27 % lo que equivalía a un valor de 102.71 dólares por actividades de perforación y voladura, este mismo resultado se logró alcanzar en la investigación mejorando en un 22 % los costos de perforación y voladora con la diferencia de 205.94 dólares. El mismo caso se vio reflejado en el estudio desarrollado por Morales (10) disminuyendo el costo de operación en un 30 % con un valor total de 105.82 dólares en actividades de perforación y voladura por medio de algoritmos matemáticos de Homlberg.

En función a la mejora del avance de trabajo, la investigación mejoró un avance de 3.50 metros a 3.70 metros por avance con mejoras porcentuales del 94 % al 97 %, en este sentido, en el estudio formulado por Morales (10) la eficiencia final llegó hasta un 80 % valor semejante y equivalente a una eficiencia del 97 % obtenida en la presente investigación.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La operación de la Rampa 874-2 (+) en la minera San Cristóbal Volcan S. A. C., previa a la implementación de la nueva malla de perforación, tenía características geomecánicas de 2.7 t/m³ en la densidad de la roca, resistencia a la compresión de 30 Mpa en una labor de 4 metros de alto y 4 metros de ancho, además una eficiencia de perforación del 94 % y 91 % de voladura, el costo de operación por metro inicial era de 936.41 dólares contemplando costos en mano de obra, perforación, materiales de seguridad, materiales de operación y costos en voladura.

- La operación de la Rampa 874-2 (+) en la minera San Cristóbal Volcan S.A.C. después de la implementación de la nueva malla de perforación logró mejorar la eficiencia de avance a un 97 %, el avance de operación de la labor RP-784(+) fue de 3.70 metros posterior a la implementación de la nueva malla.

- Las diferencias identificadas entre la situación inicial y final en la operación de la Rampa 874-2 (+) en la minera San Cristóbal Volcan S.A.C. se encontraron en el consumo de carga explosiva por taladro de perforación minimizando las cantidades de Emulnor-1000 1 1/8 x12, Emulnor -3000 1 1/4 x12 y retirando la necesidad de Emulnor -3000 1 1/2 x12, la eficiencia del avance se mejoró a un 97 % de una eficiencia inicial de del 94 % de perforación y 91 % de

voladura, así mismo, el avance por operación mejoró de un 3.50 metros por disparo a 3.75 metros finales por disparo.

- La diferencia en los costos de operación con el cambio de la nueva malla de perforación en la operación de la Rampa 874-2 (+) en la minera San Cristóbal Volcan S.A.C. se reflejó en la disminución de 205.94 dólares por metro lo que representa una disminución del 22 % del costo inicial, los costos de operación que se vieron minimizados con la implementación de la nueva malla de perforación fueron los costos de mano de obra con una reducción del 17 % y costos de perforación con una reducción el 668 %, respecto a los costos de materiales se vio incrementado por la adición de nuevos insumos para la disposición del material explosivo en el frente de operación.

5.2. Recomendaciones

- Realizar seguimiento al avance de la labor RP-874-2(+) en periodos constantes para verificar la uniformidad y constancia de las mejoras desarrolladas en el diseño de la nueva malla de perforación de la unidad minera.
- Realizar un constante seguimiento de las características geomecánicas del área de trabajo que permita determinar las condiciones del macizo rocoso para establecer los lineamientos del marcado, perforación y distribución de explosivos que permitan mantener una óptima eficiencia de trabajo.
- Se recomienda antes de formular cambios en el método de trabajo de operación de una unidad minera aplicar actividades preliminares de concientización (capacitación) que no instauren barreras en los procedimientos de trabajo para que permita mejorar la fluidez y rapidez de las nuevas metodologías de trabajo de acuerdo a las técnicas formuladas, el capital humano es uno de los recursos más importantes en actividades operativas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MINERA SAN CRISTÓBAL. *Nuestra empresa*. 2022.
2. CAHUAYA, Jaime y YUCRA, Freddy. Implementación de una malla de perforación y voladura aplicando el Método de áreas de influencia para la reducción de costos en una Unidad Minera en el distrito de Yarabamba-Arequipa.. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa : Universidad Continental, 2020, 129 pp.
3. ROMANI, Ronal. Diseño de mallas de perforación y voladura para optimizar avances y sobre rotura Nv. 1225-Mina Andaychagua-VCM S.A.A. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2018, 92 pp.
4. ROJAS, Miguel, VALENCIA, María y CUARTAS, Daniel. Optimización racional de costos. *Revista Espacios*, 2017, 38 (39) 8 - 18.
5. CABRERA, Kevin. Optimización de una malla de perforación y voladura usando las metodologías Holmberg y Konya en la Mina Grumintor de la Concesión Pinglio. Proyecto Técnico (Título de Ingeniero en Geología y Minas) Macas - Ecuador : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2021, 135 pp.
6. DURAN, Juan. Análisis y optimización de costos unitarios de perforación y voladura en el diseño y construcción de galería Nv.4790 unidad operativa Huarcaya-compañía minera PGM. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa : Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2021, 190 pp.
7. MORALES, Kiosse. Reducción de costos unitarios mediante la optimización de la malla de perforación y voladura en el inclinado -180 valeria norte de la Empresa Minera Vicus SAC. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2019, 102 pp.

8. GAGO, Gerald. Diseño de malla de perforación y voladura en frentes de avance para la reducción de costos y optimización de tiempos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha-Unidad San Vicente, Vitoc Junín. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo : Universidad Continental, 2019, 146 pp.
9. BARRIENTOS, Ruben y DURAND, Gabriel. Diseño de la malla de perforación para optimizar la fragmentación en el tajeo 6662 nivel 3780 veta Lilia en la Mina Socorro– Unidad Minera Uchucchacua – Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo : Universidad Continental, 2020, 101 pp..
10. CAHUATA, Michael. Optimización de la voladura con el uso de emulsión bombeable. *Revista del Instituto de investigación de la facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas.*2021, 24 (48), págs. 45-54.
11. NUÑEZ, Fernando y BUSTAMANTE, José. Rediseño de Malla de perforación en estéril, para reducir costos de operación en mina 04 Desarrollo - San Martín C. G.S. A. SHOUGANG. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa : Universidad Nacional de San Agustín, 2022, 161 pp.
12. CARHUAPOMA, Elmer y PUMACAHUA, Roosvelt. Cambio de explosivo de dinamita convencional a emulnor para evaluar su rendimiento de voladura en la unidad operativa Horizonte - La Libertad. Tesis (Título de Ingeniero de Minas).Huancavelica : Universidad Nacional de Huancavelica, 2022.
13. GONZALES, Judyt. Reducción de costos operativos en labor Carmen NV.3040 mediante la optimización de estándares de perforación y voladura, CIA. Minera Poderosa S.A. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Abancay : Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, 2019.
14. UGAZ, César. Influencia Económica por la Aplicación de la Emulsión Gasificada SANG APU en los Taladros de Vocadura de Minera Coimolache S.A. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Cajamarca : Universidad Nacional de Cajamarca, 2021.

15. IZQUIERDO, Diego. Diseño de la malla de perforación para la optimización de la voladura en el tajeo 8680 acceso uno sur de la unidad minera Vicente de Morococha 2022. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Moquegua : Universidad Nacional de Moquegua, 2022.
16. MALLCO, Danny. Aplicación del explosivo SANG-APU para optimizar Costos en perforación y voladura en la unidad minera Utunsa - Anabi SAC. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa : Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2021, 183 pp.
17. RENGIFO, Rodrigo y CRISÓSTONO, Daniel. Propuesta de Planteamiento y Diseño de un Pique Inclinado como Sistema de Estracción de una Mina Convencional al Norte del Perú. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2022, 183 pp.
18. CUEVA, Breidy y HERRERA, Irma. Comparación de la productividad , fragmentación y costos del sistema de iniciación electrónica versus pirotécnica en voladura - minera Yanacocha S.R.L. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Cajamarca : Universidad Privada del Norte , 2018.

ANEXOS

Anexo 1
Matriz de consistencia

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Metodología
¿Cómo la implementación de una nueva malla de perforación permitirá minimizar los costos incurridos en la operación de la rampa 874-2 (+) de la unidad minera San Cristóbal Volcán SAC?	Implementar la malla de perforación para minimizar costos incurridos en la operación de la rampa 874-2 (+) en la unidad minera San Cristóbal Volcán S.A.C.	Implementar una malla de perforación permite reducir costos incurridos en la operación pertinente a la rampa 874-2 (+) en la unidad minera San Cristóbal Volcán S.A.C.	Tipo: Aplicada Nivel: Descriptivo Diseño: Experimental Cuasi experimental
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Población: Todas las rampas de la unidad minera San Cristóbal Volcán S.A.C. Muestra: La rampa 874-2 (+) NV 820 unidad minera San Cristóbal Volcán SAC.
- ¿Cuál es la situación inicial en la operación de la rampa 874-2 (+) en la minera San Cristóbal Volcán SAC previa a la implementación de la nueva malla de perforación?	-Analizar la situación inicial en la operación de la rampa 874-2 (+) en la minera San Cristóbal Volcán SAC previa a la implementación de la nueva malla de perforación.	-La situación inicial en la operación de la rampa 874-2 (+) es regular en la minera San Cristóbal Volcán SAC previa a la implementación de la nueva malla de perforación.	
- ¿Cuál será la situación final en la operación de la rampa 874-2 (+) en la minera San Cristóbal Volcán SAC después de la implementación de la nueva malla de perforación?	-Determinar la situación final en la operación de la rampa 874-2 (+) en la minera San Cristóbal Volcán SAC después de la implementación de la nueva malla de perforación.	-La situación final en la operación de la rampa 874-2 (+) es favorable en la minera San Cristóbal Volcán SAC después de la implementación de la nueva malla de perforación.	
- ¿Cuál será la diferencia entre la situación inicial y final en la operación de la rampa 874-2 (+) en la minera San Cristóbal Volcán SAC?	-Determinar la diferencia entre la situación inicial y final en la operación de la rampa 874-2 (+) en la minera San Cristóbal Volcán SAC.	-La diferencia entre la situación inicial y final es significativa en esta operación de la rampa 874-2 (+) en la minera San Cristóbal Volcán SAC.	
- ¿Cuál será la diferencia en los costos de operación con el cambio de la nueva malla de perforación de la rampa 874-2 (+) en la minera San Cristóbal Volcán SAC?	-Determinar la diferencia en los costos de operación con el cambio de la nueva malla de perforación en la operación de la rampa 874-2 (+) en la minera San Cristóbal Volcán SAC.	-El costo con la nueva malla de perforación es menor en la operación de la rampa 874-2 (+) en la minera San Cristóbal Volcán SAC.	

Anexo 2

Índice de resistencia geológica

 VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A. UNIDAD DE PRODUCCION YAULI - UNIDAD MINERA SAN CRISTOBAL SOSTENIMIENTO DE LABORES SEGÚN CARTILLA GEOMECÁNICA GSI			
SF SIN FACTORES INFLUYENTES SIN AGUA, SIN AFILIENCIA DE ESFUERZOS, SIN PRESENCIA DE DISCONTINUIDADES DESFAVORABLES EN SECCIONES DE 3.0 X 3.0 CF CON FACTORES INFLUYENTES CON AGUA, CON AFILIENCIA DE ESFUERZOS, CON PRESENCIA DE DISCONTINUIDADES DESFAVORABLES EN SECCIONES DE 3.0 a 5.0 m.			
S TEMPORAL: PSW7 (E=1.2 mx1.2 m) PERMANENTE: MALLA + PSW7 (E = 1.2 m x 1.2 m) D1 TEMPORAL: SH2R+PSW7 (E=1.5mx1.5m) PERMANENTE: SH2R+PSW7 (E=1.3mx1.3m) D2 TEMPORAL: SH2R+PSW7 (E=1.5mx1.5m) PERMANENTE: SH2R+PSW7 (E=1.2mx1.2m) E TEMPORAL: SH3R + PSW7 (E=1.0 mx1.0 m) PERMANENTE: SH2R + ME + PSW7 (E = 1.2 m x 1.2 m) + SH2 F TEMPORAL: SH3R + ME + PSW7 (E=1.2m x 1.2m) + SH2 PERMANENTE: SH2R + CM1.2	CONDICION SUPERFICIAL BUENA (B) BUENA, LIGERAMENTE ALTERNADA, RUGOSA, RELLENO CON OXIDACION, ABERTURA < 0.1 mm (ROQ: 50 a 100 Mpa) (SE ROMPE CON 2 GOLPES DE PICOTA Y/O BARRETLA) REGULAR (R) ROCA MODERADAMENTE COMPETENTE, MODERADAMENTE ALTERNADA, RUGOSA, RELLENO COMPACTO, ABERTURA < 1 mm. (ROQ: 25 a 50 Mpa) (SE ROMPE CON UN GOLPE FIRME DE PICOTA Y/O BARRETLA) POBRE (P) ROCA POCO COMPETENTE, MUY ALTERNADA, RUGOSA, RELLENO SUAVE, ABERTURA DE 1 - 5 mm. (ROQ: 20 a 25 Mpa) (SE RAYA CON FACILIDAD CON LA NAVAJA) MUY POBRE (MP) Roca muy poco competente, DISCONTINUIDAD, ESCASEZ DE FALLA, RUGOSA, RELLENO DE PANZO, ABERTURA MAYOR > 5 mm. (ROQ < 5 Mpa) (SE DESGARRA CON LA FUERZA DEL PUÑO O INCIERTA PROFUNDAMENTE)		
ESTRUCTURA  FRACTURADO (F) BIEN TRABADA, POCO DISTURBADA, ESPACIAMIENTO DE 15 a 20 cm, FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES (ROQ: 50 - 75%) (8 a 12 FRACT. POR METRO CUADRADO) (BLOQUES ORTOGONALES)			
 MUY FRACTURADA (MF) MODERADAMENTE TRABADA Y DISTURBADA, ESPACIAMIENTO DE 6 - 15 cm, FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES + UNA SECUNDARIA (ROQ: 25 - 50%) (13 a 20 FRACT. POR METRO CUADRADO) (BLOQUES PEQUEÑOS ANGULOSOS)			
 INTENSAMENTE FRACTURADA (IF) FLEQUEAMIENTO Y FALLAMIENTO, ESPACIAMIENTO < 6 cm FORMADO POR CUATRO SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES (ROQ < 25%) (MAS DE 20 FRACT. POR METRO CUADRADO) (TROZOS PEQUEÑOS ANGULOSOS E IRREGULAR)			

METODOLOGÍA DE APLICACIÓN SOSTENIMIENTO DE LABORES PERMANENTES ABERTURAS DE 3.5 a 5.5 m. SOSTENIMIENTO DE LABORES TEMPORALES ABERTURAS DE 3.5 a 5.5 m.				
ÍNDICE G.S.J	ÍNDICE R.M,R	TIPO DE LABOR	TIPO DE SOPORTE	TIPO DE AUTO-SOPORTE
Fracturada / Regular (F/R - F/B)	51 - 60	Temporal / Permanente	B - C	> 168 horas
Muy Fracturada /Regular (MF/R)	41 - 50	Temporal / Permanente	C - D2	36 -168 horas
Intensamente Fracturada /Regular (IF/R)	31 - 40	Temporal / Permanente	D1 - E	6 - 36 horas
Muy Fracturada /Pobre (IF/MP)	31 - 40	Temporal / Permanente	D1 - E	6 - 36 horas
Intensamente Fracturada / Pobre (IF/MP)	21 - 30	Temporal / Permanente	E - F	2 - 5 horas
Intensamente Fracturada /Muy Pobre (IF/MP)	< 20	Temporal / Permanente	F	inmediato
1.- Para utilizar esta Cartilla se determina in situ lo siguiente: a. Parámetros ESTRUCTURALES, según la cantidad de fracturas por metro cuadrado con el flexómetro b. Parámetros de CONDICIONES, según la resistencia de la roca definida por la cantidad de golpes de picota y/o barretilla y la facilidad de ser rayada con la navaja e indentación con la punta de la picota y/o barretilla 2.- Los pernos de fricción de alta carga de contacto (Swellex) se empleará en labores temporales y en labores permanentes en calidad de roca IIIA, IIIB, IVA y IVB. Se deberá cumplir el estándar de sostenimiento de labores. 3.- La instalación de malla será de gradiente a gradiente o piso a piso de acuerdo a la evaluación geomecánica. 4.- Durante la instalación de la malla electrosoldada, la distribución de los pernos de fricción sera cuadrada, los tramos de malla colgada y traslapes deberán reforzarse con los mismos pernos. 5.- El esfuerzo con malla se evaluará cuando existan condiciones con alta presencia de agua y altos esfuerzos. Asimismo para aberturas atípicas mayores a 5.5 mts (Infraestructura Permanentes) de acuerdo al Estándar de sostenimiento y evaluación geomecánica. 6.- La clasificación y selección de soporte deberá realizarse conforme avancen las excavaciones, de colocarse a destiempo requerirá de un sostenimiento más pesado. 7.- Es necesario entender que la optimización del sostenimiento es "COLOCAR EL SOSTENIMIENTO ADECUADO EN EL MOMENTO OPORTUNO". 8.- La aplicación de cimbras como refuerzo estará en función a la evaluación geomecánica. 9.- La aplicación de cables bolt'ing de 4 m, 6 m y 9 m como refuerzo estará en función a la evaluación geomecánica y estándares. 10.- El sostenimiento en Intersecciones será de acuerdo al Estándar ESO - VOL - IPL - 02 - 05.				
LEYENDA DEL TIPO DE SOSTENIMIENTO ME: MALLA ELECTROSOLDADA SH2R: SHOTCRETE DE 2" REFORZADO CON FIBRA SINTÉTICA SH3R: SHOTCRETE DE 3" REFORZADO CON FIBRA SINTÉTICA SH2: SHOTCRETE DE 2" SIN REFUERZO. SH3: SHOTCRETE DE 3" SIN REFUERZO. PSW7: PERNO SWELLEX DE 7" DE LONGITUD CM.2: CIMBRA METÁLICA TIPO H, ESPACIADO A 1.2 m.				
				U.P SAN CRISTOBAL GSI 2021 V 03

Anexo 4

Parámetros del diseño de malla de perforación y voladura

Característica	Descripción	Parámetro	Unidad
Diseño del arranque	Profundidad de taladros	3.84	m
	Profundidad de taladros con broca de 45 mm	3.62	m
	Perforar N taladros de alivio (rimado)	4	Tal
	Calculo de diámetro de alivio según Roger Holmberg	0.204	m
	Profundidad de taladros con broca de 102 mm con 4 alivio	5.458	m
Burden en Arranque	Burden	0.32	m
	Error de perforación	0.06	m
	Burden Practico	0.26	m
Consumo de explosivo	Consumo especifico de explosivo CE	0.48	kg/m ³
Constante de roca	Constante de roca Corregida	0.000	kg/m ³
	Factor de roca (A)	10.6	8 <A<12
Factor de energía	FE	13.8	MJ/ton
Concentración de carga lineal de explosivo	Q1	0.86	kg/m
Longitud de carga	Longitud de carga (Lc)	3.27	m
	Longitud de taco (Lt)	0.45	m
N.º de cartuchos	N.º cartuchos/taladros	12.00	und
Diseño de las secciones de arranque	Ah1	0.29	m
	B2	0.46	m
	Bp2	0.40	m
	Ah2	0.58	m
	B3	0.59	m
	Bp3	0.54	m
	Ah3	0.98	m
	B4	0.72	m
Bp4	0.67	m	
Ah4	1.45	m	

Anexo 5
Características de los explosivos a utilizar

Característica	Parámetro	Unidad
Densidad	1.14+-3%	(gr/cm3)
VOD	5700	(m/s)
Energía	920	(KJ/Kg)
Potencia relativa en peso	100	
Presión de detonación	93	(Kbar)
RWS	100	%
RBS	145	%

Anexo 6

Descripción de costos de la malla actual

Costo por metro de la malla actual

Descripción	USD \$/ metro
Costo de mano de obra	\$ 31.11
Costos de perforación	\$ 86.77
Costos de implementos de seguridad	\$ 14.05
Costo de materiales	\$ 3.27
Costo de voladura	\$ 801.21
Total	\$ 936.41

Costo de mano de obra

Recurso humano	Remuneración diaria S/.	Remuneración Mes USD
Operador de jumbo fontanero	S/ 116.00	\$ 940.54
Ayudante de operador de equipo	S/ 71.00	\$ 575.68
Maestro de operaciones mina	S/ 73.00	\$ 608.11
Ayudante de operaciones mina	S/ 65.00	\$ 527.03
Técnico mecánico	S/ 131.00	\$ 1,062.16
Técnico electricista	S/ 131.00	\$ 1,062.16
Chofer de camioneta	S/ 70.00	\$ 567.57
Supervisor de operaciones	S/ 140.00	\$ 1,135.14
Total	S/ 797.00	\$ 6,478.38

Costo de perforación

Recursos de perforación	USD \$/ metro
Barreno de perforación	\$ 23.33
Equipo de perforación	\$ 33.76
Broca de 45 mm	\$ 10.74
Rimadora de 102 mm	\$ 3.61
Coupling	\$ 2.94
Ventilador	\$ 12.39
Total	\$ 86.77

Costos de implementos de seguridad

Implementos	Cantidad	S/.	\$.	Costo total	vida útil	\$/vida útil	Costo por metro
Anteojos genesis luna clara uvex s3200x	8 und	20.28	5.48	43.85	15	2.92	1.46
Barbiquejo elástico c/gancho plástico	8 und	1.15	0.31	2.49	90	0.03	0.01
Bota metatarsal negro/amar f/azul t-40	8 pares	150.44	40.66	325.28	270	1.20	0.60
Correa nylon porta lámpara	8 pares	23.42	6.33	50.64	360	0.14	0.07
Guante nitrilo showa 377 t-7	8 pares	22.77	6.15	49.23	20	2.46	1.23
Guante dieléctrico	2 und	40.25	10.88	21.76	60	0.36	0.18
Filtro 3m 2097	8 pares	33.79	9.13	73.06	7	10.44	5.22
Protector auditivo t/tapon leight smf-30	8 und	2.91	0.79	6.29	30	0.21	0.10
Respirador de media cara 2vias 3m 7502 t-m	8 und	97.95	26.47	211.78	360	0.59	0.29
Cartucho 3m 6003	8 und	44.69	12.08	96.63	14	6.90	3.45
Casco jockey blanco c/porta lámparas msa	8 und	39.14	10.58	84.63	1440	0.06	0.03
Mameluco drill tecnolog. Bicolor t-l	8 und	98.00	26.49	211.89	180	1.18	0.59
Lámpara minera inalámbrica wisdom 4a	8 und	268.30	72.51	580.11	360	1.61	0.81
Total							14.05

Costos de materiales

Implementos	Cant.	S/.	\$.	Costo total	vida útil	\$/vida útil	Costo por metro
Atacadador	2 und	6.32	1.71	3.42	20	0.17	0.09
Barretilla de aluminio de 1.8 m	2 und	59.96	16.21	32.41	75	0.43	0.22
Barretilla de aluminio de 2.4 m	2 und	71.96	19.45	38.90	75	0.52	0.26
Barretilla de aluminio de 3.0 m	2 und	83.96	22.69	45.38	75	0.61	0.30
Barretilla de aluminio de 3.6 m	2 und	95.96	25.94	51.87	75	0.69	0.35
Cucharilla	1 und	15.72	4.25	4.25	75	0.06	0.03
Escalera	1 und	93.16	25.18	25.18	75	0.34	0.17
Grasa para brocas	1 kg	30.00	8.11	8.11	25	0.32	0.16
guiador de aluminio	2 und	15.00	4.05	8.11	30	0.27	0.14
Lampa	1 und	25.16	6.80	6.80	50	0.14	0.07
Llave Francesa 12"	1 und	70.60	19.08	19.08	175	0.11	0.05
Llave Francesa 18"	1 und	98.60	26.65	26.65	175	0.15	0.08
Llave Stilson de 14"	1 und	59.40	16.05	16.05	175	0.09	0.05
Pico	1 und	38.68	10.45	10.45	90	0.12	0.06
Pintura para perforación	1 und	20.30	5.49	5.49	15	0.37	0.18
Punzón para cebo	2 und	30.20	8.16	16.32	80	0.20	0.10
manga de ventilación de 36	1 und	13.46	3.64	3.64	2	1.82	0.91
accesorios por manga de ventilación	1 und	1.07	0.29	0.29	2	0.14	0.07
							3.27

Costos de voladura

Explosivos y accesorios de voladura	Unidad	Cant.	\$/Und	Costo por metro
Emulnor 1000 1 1/8 x12	kg	110	1.20	132.00
Emulnor 3000 1 1/4 x12	kg	412	1.50	618.00
Cordón detonante 5p	m	45	0.20	8.96
Carmex 7"	pzs	2	0.69	1.38
Fanel LP	pzs	48	0.85	40.80
Mecha rápida	m	0.2	0.36	0.07
Total				801.21

Anexo 7

Descripción de costos de la malla propuesta

Costo por metro de la malla propuesta

Descripción	USD \$/ m
Costo de mano de obra	25.73
Costos de perforación	73.3
Costos de implementos de seguridad	14.05
Costo de materiales	5.5
Costo de voladura	611.89
Total	730.47

Costo de mano de obra

Recurso humano	Remuneración diaria S/.	Remuneración Mes USD
Operador de jumbo fontanero	S/ 116.00	\$ 940.54
Ayudante de operador de equipo	S/ 71.00	\$ 575.68
Maestro de operaciones mina	S/ 73.00	\$ 608.11
Ayudante de operaciones mina	S/ 65.00	\$ 527.03
Técnico mecánico	S/ 131.00	\$ 1,062.16
Técnico electricista	S/ 131.00	\$ 1,062.16
Chofer de camioneta	S/ 70.00	\$ 567.57
Supervisor de operaciones	S/ 140.00	\$ 1,135.14
Total	S/ 797.00	\$ 6,478.38

Costo de perforación

Recursos de perforación	USD \$/ m
Barreno de perforación	\$ 19.30
Equipo de perforación	\$ 27.92
Broca de 45 mm	\$ 8.88
Rimadora de 102 mm	\$ 4.52
Coupling	\$ 2.43
Ventilador	\$ 10.25
Total	\$ 73.30

Costos de implementos de seguridad

Implementos	Cantidad	S/.	\$.	Costo total	vida útil	\$/vida útil	Costo por metro
Anteojos genesis luna clara uvex s3200x	8 und	20.28	5.48	43.85	15	2.92	1.46
Barbiquejo elástico c/gancho plástico	8 und	1.15	0.31	2.49	90	0.03	0.01
Bota metatarsal negro/amar f/azul t-40	8 pares	150.44	40.66	325.28	270	1.20	0.60
Correa nylon porta lámpara	8 pares	23.42	6.33	50.64	360	0.14	0.07
Guante nitrilo showa 377 t-7	8 pares	22.77	6.15	49.23	20	2.46	1.23
Guante dieléctrico	2 und	40.25	10.88	21.76	60	0.36	0.18
Filtro 3m 2097	8 pares	33.79	9.13	73.06	7	10.44	5.22
Protector auditivo t/tapon leight smf-30	8 und	2.91	0.79	6.29	30	0.21	0.10
Respirador de media cara 2vias 3m 7502 t-m	8 und	97.95	26.47	211.78	360	0.59	0.29
Cartucho 3m 6003	8 und	44.69	12.08	96.63	14	6.90	3.45
Casco jockey blanco c/porta lámparas msa	8 und	39.14	10.58	84.63	1440	0.06	0.03
Mameluco drill tecnolog. Bicolor t-l	8 und	98.00	26.49	211.89	180	1.18	0.59
Lámpara minera inalámbrica wisdom 4a	8 und	268.30	72.51	580.11	360	1.61	0.81
Total							14.05

Costo de materiales

Implementos	Cant.	S/.	\$.	Costo Total	vida util	\$/vida util	Costo por metro
Atacador	2 und	6.32	1.71	3.42	20	0.17	0.09
Barretilla De Aluminio De 1.8 M	2 und	59.96	16.21	32.41	75	0.43	0.22
Barretilla De Aluminio De 2.4 M	2 und	71.96	19.45	38.90	75	0.52	0.26
Barretilla De Aluminio De 3.0 M	2 und	83.96	22.69	45.38	75	0.61	0.30
Barretilla De Aluminio De 3.6 M	2 und	95.96	25.94	51.87	75	0.69	0.35
Cucharilla	1 und	15.72	4.25	4.25	75	0.06	0.03
Escalera	1 und	93.16	25.18	25.18	75	0.34	0.17
Tubos Para Caña	12 und	1.00	0.27	3.24	1	3.24	1.62
Guiador De Aluminio	2 und	15.00	4.05	8.11	30	0.27	0.14
Cinta Aislante	3 und	1.50	0.41	1.22	1	1.22	0.61
Grasa Para Brocas	1 kg	30.00	8.11	8.11	25	0.32	0.16
Lampa	1 und	25.16	6.80	6.80	50	0.14	0.07
Llave Francesa 12"	1 und	70.60	19.08	19.08	175	0.11	0.05
Llave Francesa 18"	1 und	98.60	26.65	26.65	175	0.15	0.08
Llave Stilson De 14"	1 und	59.40	16.05	16.05	175	0.09	0.05
Pico	1 und	38.68	10.45	10.45	90	0.12	0.06
Pintura Para Perforación	1 und	20.30	5.49	5.49	15	0.37	0.18
Punzón Para Cebo	2 und	30.20	8.16	16.32	80	0.20	0.10
Manga De Ventilación De 36	1 und	13.46	3.64	3.64	2	1.82	0.91
Accesorios Por Manga De Ventilación	1 und	1.07	0.29	0.29	2	0.14	0.07
Total							5.50

Costo de explosivos y accesorios de voladura

Explosivos y accesorios de voladura	Unidad	Cant.	\$/Und	Costo por metro
Emulnor-1000 1 1/8 x12	kg	84	1.20	100.8
Emulnor -3000 1 1/4 x12	kg	124	1.50	186
Emulnor -3000 1 1/2 x12	kg	192	1.45	278.4
Cordon detonante 5p	m	65	0.20	12.935
Carmex 7'	pzs	2	0.69	1.38
Fanel lp 4.8m	pzs	38	0.85	32.3
Mecha rápida	m	0.2	0.36	0.072
Total				611.89

Anexo 8

Fórmulas de cálculo de la nueva malla de perforación

PARTE INICIAL

1. Fórmula del diámetro del taladro vario ficticio

$$\text{Ec. 1} \quad Df = \sqrt{n} * d2$$

Donde:

Df: Diámetro de taladro vacío equivalente (m)

n: Numero de taladros vacíos en el corte

d2: Diámetro de los taladros vacíos (m)

2. Fórmula de la profundidad de taladro teórico que se puede perforar

$$\text{Ec. 2} \quad H = 0.15 + 34.1(Df) - 39.4(Df)^2$$

Donde:

H: Profundidad de taladro teórico (m)

Df: Diámetro de taladro vacío equivalente (m)

3. Fórmula de la profundidad del taladro real

$$\text{Ec. 3} \quad H' = lb \times \%p$$

Donde:

H': Profundidad de taladro real (m)

Lb: Longitud de barreno (m)

%p: Eficiencia de perforación

4. Fórmula del de avance

$$\text{Ec. 4} \quad I = 0.95 (H')$$

Donde:

I: Avance (m)

H': Longitud de taladro real (m)

5. Fórmula del taco

$$\text{Ec. 5} \quad T = 10 (d1)$$

Donde:

T: Longitud del Taco (m)

d1: Diámetro del taladro cargado (m)

6. Fórmula de error de perforación

$$\text{Ec. 6} \quad Ep = (\alpha * H) + \beta$$

Donde:

Ep: Error de Perforación (m)

α : Desviación Angular (m/m)

H: Longitud del taladro (m)

β : Error de Emboquille (m)

FÓRMULAS DEL ARRANQUE

1. Fórmulas del Burden máximo

$$\text{Ec. 7} \quad B1max = 1.5 (df)$$

Donde:

B: Burden máximo

Df: Diámetro del taladro vacío equivalente

2. Fórmulas del Burden práctico

$$\text{Ec. 8} \quad B1prac = B1max - Ep$$

Donde:

B1max: Burden máximo (m)

Ep: Error de perforación (m)

3. Fórmulas de concentración de carga

$$\text{Ec. 9} \quad Cc = (55 \times di) \times \left(\frac{Bi \max}{d2} \right) 1.5 \times \left(Bimax - \frac{d2}{2} \right) \times \left(\frac{c}{0.4} \right) \times \left(\frac{1}{RWS} \right)$$

Donde:

d1: Diámetro del taladro cargado (m)

d2: Diámetro del taladro vacío (m)

C: Constante de la roca

RWS: Potencia Relativa en Peso del EML

4. Fórmulas de espaciamento

$$\text{Ec. 10} \quad W1 = B1prac * \sqrt{2}$$

FÓRMULAS DEL PRIMER CUADRANTE

1. Fórmulas de ancho de los taladros de desviación

$$\text{Ec. 11} \quad Ah = (B1 \text{ Practico} - Ep) * \sqrt{(5)}$$

Donde:

B1: Burden Practico (B1prac)

EP: Error de Perforación

2. Fórmulas del Burden máximo

$$\text{Ec. 12} \quad B2max = 8.8 * (10^{-2}) * \sqrt{\frac{ah * Cc * RWS}{d1 * X * c}}$$

Donde:

Cc: Concentración de carga del EML (kg/m)

RWS: Potencia relativa por peso del EML

C: Constante de la roca (m)

3. Fórmulas del Burden práctico

$$\text{Ec. 13} \quad B2 \text{ Pract} = B2 \text{ Maximo} - Ep$$

4. Fórmulas de espaciamento

$$\text{Ec. 14} \quad W_2 = \sqrt{2} * \left[B_{2Pract} + \left(\frac{W_1}{2} \right) \right]$$

FÓRMULAS DEL SEGUNDO CUADRANTE

1. Fórmula del ancho de los taladros de desviación

$$\text{Ec. 15} \quad Ah2 = (B2prac + W1/2 - Ep) * \sqrt{2}$$

Donde:

W1 : Espaciamento del primer cuadrante (m)

Ep: Error de Perforación (m)

2. Fórmula del Burden máximo

$$\text{Ec. 16} \quad B3max = 8.8 * (10^{-2}) * \sqrt{Ah2 * Cc * RWS / d1 * X * c}$$

3. Fórmula del Burden practico

$$\text{Ec. 17} \quad B3 \text{ Pract} = B3 \text{ Maximo} - Ep$$

4. Fórmula del espaciamento del tercer cuadrante

$$\text{Ec. 18} \quad W3 = (B3prac + W2) * \sqrt{2}$$

Donde:

W2: Espaciamento del segundo cuadrante (m)

FÓRMULAS DEL TERCER CUADRANTE

1. Fórmulas del ancho con taladros de desviación

$$\text{Ec. 19} \quad Ah_3 = (B_3\text{prac} + W_2^2 - Ep) * \sqrt{2}$$

2. Fórmulas del Burden máximo

$$\text{Ec. 20} \quad B_{4max} = 8.8 \times (10 - 2) \sqrt{Ah_3} \times Cc \times RWS / d_1 \times C$$

3. Fórmulas del Burden practico

$$\text{Ec. 21} \quad B_4 \text{ Practic} = B_4 \text{ Maximo} - Ep$$

4. Fórmulas del espaciamento

$$\text{Ec. 22} \quad W_4 = (B_4\text{prac} + W_3/2) * \sqrt{2}$$

FORMULAS DEL ARRASTRE

1. Fórmula del Burden máximo de arrastre

$$\text{Ec. 23} \quad B_{max} = 0.9 \times \frac{Cc \times RWS}{\sqrt{C \times \frac{S}{B} \times f}}$$

Donde:

Cc: Concentración de la carga con respecto al EML (kg/m)

RWS: Potencia relativa por peso del EML

C: Constante de la roca (m)

S/B: Relación de espaciamento y burden para el arrastre

f: Factor de fijación.

2. Fórmula de la constante corregida

$$\text{Ec. 24} \quad c = 0.3 + \left(\frac{0.07}{1.32} \right)$$

3. Fórmula del Burden máximo de arrastre

$$\text{Ec. 25} \quad B_{mcorr} = 0.9 \times \frac{Cc \times RWS}{\sqrt{C \times \frac{S}{B} \times f}}$$

4. Fórmula del Burden práctico

$$\text{Ec. 26} \quad B_{\text{prac}} = B_{\text{mcorr}} - H' \times \text{sen}(Y)$$

Donde:

B_{prac} : Burden práctico del arrastre

H' : Profundidad de taladro real (m)

Y : Angulo de inclinación de los taladros (rad)

5. Fórmula del número de taladros

$$\text{Ec. 27} \quad N^{\circ}t = A + (2 \times H' \times \text{sen}(Y^{\circ})) / B_{\text{prac}} + 2$$

Donde:

$N^{\circ}t$: Numero de taladros

A : Ancho de la labor (m)

H' : Profundidad de taladro real (m)

6. Fórmula del espaciamiento de arrastre

$$\text{Ec. 28} \quad S_a = A + (2 \times H' \times \text{sen}(Y^{\circ})) / (N^{\circ}t - 1)$$

Donde:

A : Ancho de la labor (m)

7. Fórmula del espaciamiento de taladros de la esquina

$$\text{Ec. 29} \quad S_{ae} = S_a - H' \times \text{sen}(Y^{\circ})$$

Donde:

S_{ae} : Espaciamiento para taladros de la esquina del arrastre (m)

S_a : Espaciamiento en el arrastre (m)

H' : Profundidad de taladro real (m)

FÓRMULAS DE LA CORONA

1. Formula del espaciamiento

$$\text{Ec. 30} \quad S_c = K \times D_1$$

Donde:

S_c : Espaciamiento en la corona (m)

K : Constante

D_1 : Diámetro del taladro cargado (m)

2. Formula del Burden máximo

$$\text{Ec. 31} \quad B_{max} = S_c S / B$$

Donde:

Sc: Espaciamiento en la corona (m)

S/V: Relación espaciamento/burden

3. Formula del Burden práctico

$$\text{Ec. 32} \quad B_{prac} = B_{max} - H' \times \text{sen}(Y^\circ)$$

Donde:

Y: Angulo de inclinación de los taladros (m)

4. Formula del número de taladros

$$\text{Ec. 33} \quad N^{\circ} T = \left(\frac{A + 2 \times \text{sen } 3^\circ}{B_{max}} \right) + 2$$

FÓRMULAS DE LOS HASTIALES

1. Fórmula del espacio libre

$$\text{Ec. 34} \quad EL = H - B_{prac} \text{ Arrastre} - B_{prac} \text{ corona}$$

2. Fórmula del espaciamento

$$\text{Ec. 35} \quad S_{Cajas} = K * d_1$$

Donde:

K: Constante que varía entre 15 y 16.

D1: Diámetro del taladro cargado (m)

3. Fórmula del Burden máximo

$$\text{Ec. 36} \quad B_{maxCajas} = S_{Cajas} / 0.7$$

4. Fórmula del Burden práctico

$$\text{Ec. 37} \quad B_{pracCajas} = B_{maxCajas} - (H * \text{sen}(y))$$

5. Fórmula de taladros en corona

$$\text{Ec. 38} \quad N^{\circ} t = EL_{Scajas} + 1$$

FÓRMULAS DE AYUDA DE CORONA

1. Formula de espacio libre

$$\text{Ec. 39} \quad El = A - (2 * B_{\text{prac Cuad}})$$

2. Formula del Burden máximo corregido

$$\text{Ec. 40} \quad B_{\text{max}} = 0.9 \times \sqrt{\frac{cc \times RWS}{C \times \frac{S}{B} \times F}}$$

3. Formula del Burden práctico

$$\text{Ec. 41} \quad B_{\text{prac}} = B_{\text{Aux}} - Ep$$

4. Formula del número de taladros

$$\text{Ec. 42} \quad N^{\circ} T = El / B_{\text{max}} * (SB) + 2$$

5. Formula del espaciamento

$$\text{Ec. 43} \quad S = \frac{EL}{N^{\circ} T - 1}$$

Anexo 9

Evidencia en el área de trabajo (pintado de malla)



