

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**



TESIS

**MODIFICACIÓN DEL CORTE DE MALLAS DE
PERFORACIÓN PARA INCREMENTAR
INDICADORES DE VOLADURA EN LABORES DEL
NV. 850 MINA ANDAYCHAGUA**

PRESENTADO POR:

Bach. ROBINS JUAN CEFERINO CARHUAS MARCOS

PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

HUANCAYO – PERÚ

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS



Av. Mariscal Castilla N° 3909 – 4089 . Pab. E. Oficina 109C – Ciudad Universitaria – El Tambo – Huancayo

INFORME N°005-2024-CBQG-FAIM/UNCP

A	Dr. VÍCTOR ALEJANDRO AMES LARA Decano de la Facultad de Ingeniería de Minas
DE	ING. CIRO BENIGNO QUISPE GALVÁN
ASUNTO	INFORME DE ORIGINALIDAD DE TESIS
FECHA	02 DE ABRIL DE 2024

Es muy grato dirigirme a usted y expresarle mis cordiales saludos; al mismo tiempo elevo a su Despacho la verificación mediante el **TURNITIN** del Borrador de Tesis titulado: **MODIFICACIÓN DEL CORTE DE MALLAS DE PERFORACIÓN PARA INCREMENTAR INDICADORES DE VOLADURA EN LABORES DEL NV. 850 MINA ANDAYCHAGUA**, presentado por el Bachiller **ROBINS JUAN CEFERINO CARHUAS MARCOS**, informo que después del análisis, tiene como resultado 16% de similitud, quedando dentro del límite permisible de originalidad en mérito a la **Directiva N° 001-2018-SG-UNCP**.

Es todo cuanto informo para su conocimiento y fines.

Atentamente,

Ing. Ciró Benigno Quispe Galván
ASESOR

Adjunto: COPIA DE LA FICHA DIGITAL DE TURNITIN

MODIFICACIÓN DEL CORTE DE MALLAS DE PERFORACIÓN PARA INCREMENTAR INDICADORES DE VOLADURA EN LABORES DEL NV. 850 MINA ANDAYCHAGUA

por *Ciro Benigno Quispe Galvan*

Fecha de entrega: 01-abr-2024 10:34a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2212896825

Nombre del archivo: TESIS_-_ROBINS_JUAN_CEFERINO_CARHUAS_MARCOS.pdf (2.87M)

Total de palabras: 11973

Total de caracteres: 51440

MODIFICACIÓN DEL CORTE DE MALLAS DE PERFORACIÓN PARA INCREMENTAR INDICADORES DE VOLADURA EN LABORES DEL NV. 850 MINA ANDAYCHAGUA

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%	16%	1%	%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	11%
2	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	kupdf.net Fuente de Internet	<1%
5	pdfcookie.com Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.unamba.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	biblioteca.ulasamericas.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1%

9

repositorio.upla.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

10

vsip.info

Fuente de Internet

<1 %

11

1library.co

Fuente de Internet

<1 %

12

www.coursehero.com

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo

ASESOR:

DR. CIRO BENIGNO QUISPE GALVAN

DEDICATORIA

Lleno de regocijo, amor y esperanza, dedico todo mi trabajo puesto para la realización de esta tesis al regalo más grande que Dios me brindó, mi madrecita, quien fue el corazón para seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

Primero doy gracias a Dios por permitirme seguir cada una de las etapas de la vida, guiándome y brindándome fortalezas para seguir adelante.

A mi familia por los ánimos a continuar en el proceso, a mis hermanos que fueron mi gran motivo.

A mi asesor por haberme brindado la dirección y sugerencias correctas para el término de la investigación.

ÍNDICE

	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRAC	ix
Introducción	10

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Fundamentación del problema	12
1.2 Formulación del problema	13
1.2.1. Problema general	13
1.2.2. Problemas específicos	13
1.3 Objetivos de la investigación	13
1.3.1. Objetivo general	13
1.3.2. Objetivos específicos	14
1.4 Justificación del proyecto	14
1.5 Alcances y limitaciones de la investigación	14
1.5.1 Alcances	14
1.5.2 Limitaciones	15

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del estudio	16
2.1.1 Internacional	16
2.1.2 Nacional	17
2.2 Bases teóricas	19
2.2.1. Corte mallas de mallas de perforación	19
2.2.1.1. Malla de perforación	19
2.2.1.2 Distribución de taladros en un frente	20
2.2.1.3 Cortes o arranques	21
2.2.1.4. Corte con taladros paralelos	22

2.2.2 Indicadores de la voladura	23
2.2.3. Mina Andaychagua	25
2.2.3.1. Ubicación	25
2.2.3.2. Geología Económica	25
2.2.3.3. Métodos de minado subterráneo	26
2.2.3.3.1. Corte y Relleno Descendente	26
2.2.3.3.2. Sub Level Stoping (Bench and Fill)	27
2.3 Definiciones	29
2.4 Planteamiento de la hipótesis de investigación	30
2.4.1 Hipótesis general	30
2.4.2 Hipótesis específicas	30
2.5 Identificación y Clasificación de las Variables	30
2.6 Operacionalización de las variables	31

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Método de investigación	32
3.2 Tipo de investigación	32
3.3 Nivel de Investigación	32
3.4 Diseño de investigación	32
3.5 Población y muestra	33
3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	34
3.7 Técnicas de procedimiento y análisis de datos	34

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Presentación de resultados	35
4.1.1 Objetivos del trabajo de investigación	35
4.1.2 Avance por disparo mes 1 y mes 2	36
4.1.3 Resultados mes 3	36
4.1.3.1 Diseño del corte	36
4.1.3.2 Implementación del diseño	37
4.1.3.3 Resultados de los disparos	42
4.1.4 Resultados mes 4	43
4.2 Análisis de resultados	45
4.2.1 Mes 3	45

4.2.2 Mes 4	47
4.3 Prueba de hipótesis	49
4.3.1 Hipótesis general	49
4.3.2 Hipótesis específicas	51
4.4 Discusión de resultados	55
CONCLUSIONES	56
RECOMENDACIONES	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1. <i>Operacionalización de las variables.</i>	31
Tabla 2. <i>Labores como población para la investigación.</i>	33
Tabla 3. <i>Avances obtenidos en los meses 1 y 2.</i>	36
Tabla 4. <i>Avances en labores horizontales, mes 3.</i>	42
Tabla 5. <i>Avances en labores horizontales, mes 4.</i>	43
Tabla 6. <i>Sobre rotura en labores horizontales, mes 4.</i>	44
Tabla 7. <i>Eficiencia de la voladura, mes 3.</i>	45
Tabla 8. <i>Factor de avance, mes 3.</i>	45
Tabla 9. <i>Eficiencia de la voladura, mes 4.</i>	47
Tabla 10. <i>Factor de avance, mes 4.</i>	48
Tabla 11. <i>Indicadores de perforación y voladura meses 1 y 2.</i>	49
Tabla 12. <i>Promedio de los indicadores de los meses 3 y 4.</i>	59
Tabla 13. <i>Resumen general de los indicadores.</i>	50
Tabla 14. <i>Mejora de los avances lineales en meses de la investigación.</i>	51
Tabla 15. <i>Resumen de las mediciones de la sobre rotura.</i>	53
Tabla 16. <i>Comparación de las sobre roturas.</i>	54

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. <i>Malla de perforación en un frente.</i>	20
Figura 2. <i>Nomenclatura de los taladros de una malla en un frente.</i>	21
Figura 3. <i>Diferentes tipos de cortes con taladros paralelos.</i>	22
Figura 4. <i>La relación entre la profundidad y el avance del taladro para diferentes diámetros de taladros vacíos.</i>	24
Figura 5. <i>Ubicación Mina Andaychagua.</i>	25
Figura 6. <i>Geología económica de Andaychagua.</i>	26
Figura 7. <i>Explotación con corte y relleno descendente.</i>	27
Figura 8. <i>Equipo Simba S7D.</i>	28
Figura 9. <i>Método de explotación Bench and Fill.</i>	28
Figura 10. <i>Arranque con 5 taladros de alivio.</i>	37
Figura 11. <i>Capacitación de trabajadores.</i>	37
Figura 12. <i>Pintado de malla en el frente de perforación.</i>	38
Figura 13. <i>Perforación del corte con uso de guidores.</i>	38
Figura 14. <i>Perforación final del corte con 5 taladros rimados.</i>	39
Figura 15. <i>Distribución de los tubos no eléctricos.</i>	40
Figura 16. <i>Carguío del arranque.</i>	40
Figura 17. <i>Amarre tubos no eléctricos con cordón detonante.</i>	41
Figura 18. <i>Amarre de cordón detonante con carmex.</i>	41
Figura 19. <i>Eficiencia del avance por disparo.</i>	45
Figura 20. <i>Comparación de la perforación efectiva y el avance lineal por disparo.</i>	50
Figura 21. <i>Comparación eficiencia de voladura.</i>	50
Figura 22. <i>Mejora en los avances lineales.</i>	52
Figura 23. <i>Comparación de las sobre roturas.</i>	54

RESUMEN

Los valores que se establecen para los indicadores de las voladuras de roca en los frentes de las labores subterráneas son valiosos para tener medidas de control y cumplir con las metas planeadas en las labores lineales subterráneas, por ejemplo. Por tal motivo se ha realizado la investigación considerando como problema ¿De qué manera la modificación del corte de mallas de perforación influye en el incremento de los indicadores de la voladura en labores del Nv. 850 de la mina Andaychagua? El objetivo, por lo tanto, fue determinar de qué manera la modificación del corte en las mallas de perforación podían influir en dichos indicadores de la voladura considerando las labores del nivel 850 de aquella mina. Para el desarrollo de la investigación se consideró los criterios del método científico, siendo el estudio del tipo aplicada y del nivel descriptivo-explicativo. El diseño de la investigación fue de acuerdo con los criterios del diseño cuasi - experimental. El estudio realizado tuvo como línea base los resultados de los indicadores de voladura de los meses de mayo y junio cuando se usaban 4 taladros rimados en el arranque, siendo tales resultados muy deficientes. El nuevo diseño constó del uso de un arranque con 5 taladros rimados, se realizó en total 44 disparos de prueba entre los meses de julio y agosto. De ellos se obtuvo que los indicadores fueron incrementados como la perforación efectiva en 1%, el avance lineal por disparo 7,6% y la eficiencia de la voladura en 6%.

Palabras clave: Indicadores, corte, avances, eficiencia.

ABSTRACT

The values that are established for the indicators of rock blasting in the fronts of underground workings are valuable to have control measures and meet the planned goals in underground linear workings, for example. For this reason, the investigation has been carried out considering as a problem how the modification of the cutting of drilling meshes influences the increase of the indicators of blasting in works of Nv. 850 of the Andaychagua mine? The objective, therefore, was to determine how the modification of the cut in the drilling meshes could influence these indicators of the blasting considering the work of level 850 of that mine. For the development of the research, the criteria of the scientific method were considered, being the study of the applied type and the descriptive-explanatory level. The research design was according to the criteria of the quasi-experimental design. The study carried out had as a baseline the results of the blasting indicators of the months of May and June when 4 rhymed drills were used in the start, such results being very deficient. The new design consisted of the use of a starter with 5 rhyming drills, a total of 44 test shots were made between the months of July and August. From these, it was obtained that the indicators were increased such as effective drilling by 1%, linear advance per shot by 7.6% and blasting efficiency by 6%.

Keywords: Indicators, cut, advance, efficiency.

INTRODUCCIÓN

En la minería subterránea es esencial la ejecución de las labores horizontales tales como las galerías, accesos, cruceros, etc., porque ellas sirven para acceder al yacimiento mineral y delimitar las zonas de explotación. Pero el cumplimiento de los programas de avances es limitado por deficiencia en el diseño de las mallas de perforación y la ejecución de los taladros debido a las excesivas desviaciones.

Por tal motivo en Andaychagua se realizó el seguimiento de los avances en los que se ha determinado que la eficiencia de los mismos era limitada. Considerando criterios de los investigadores tal como Roger Holmberg que señala que los avances dependen del corte o arranque en los frentes, se dio mayor importancia a la cantidad de taladros rimados, que hacen el papel de taladros de alivio.

Al medir los avances con el uso de arranques con 4 taladros rimados se determinó que en los meses 1 y 2 el promedio fue de 3,03 metros usando una perforación efectiva de 13 pies (3,90m). En ese sentido se decidió realizar una investigación de cómo sería el avance con 5 taladros rimados.

Para la implementación del nuevo diseño, en primer lugar, se realizó la capacitación de los trabajadores tanto en la teoría como en el campo. Se diseñó la malla del nuevo corte, para su uso se pintó la malla y la perforación fue supervisada estrictamente para su real cumplimiento. En la investigación se

realizó la implementación del diseño ejecutando 13 pruebas en el mes 3 y 37 pruebas en el mes 4. De los resultados obtenidos se puede decir que los objetivos planteados han sido cumplidos cabalmente.

El informe final consta de cuatro capítulos.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Fundamentación del problema

La tasa de operaciones del ciclo minero es tan importante como el avance por disparo de las labores mineras. Estas variables son las más importantes en la evaluación del rendimiento de las operaciones en una mina subterránea. Los buenos avances por voladura minimizan los costos de excavación ya que el número de ciclos para lograr la misma longitud es menor. Con menos voladuras, el tiempo de ejecución de las labores mineras también se acorta, lo que permite que el acceso al mineral sea a menor tiempo y sea roto de una manera más rápida y económica.

Según Hustrulid (1988), “la parte inicial y más crítica de un frente de voladura es el arranque o corte. La función esencial de este corte es proveer caras libres adicionales al cual la roca puede ser arrancada.” Lo cual es complementada por Roger Holmberg (1989), quien dice que “La operación más importante en el procedimiento de la voladura es crear una abertura en el frente de la roca que servirá como otra cara libre. Si esta etapa falla el disparo definitivamente no será exitoso.”

En ese sentido en las labores del nivel Nv. 850 de la Mina Andaychagua se encontró, en el seguimiento realizado de las operaciones de perforación y voladura, que existen tacos desde 0,20m hasta 1,20m lo

cual impide el avance de las labores y la eficiencia por disparo era muy limitado.

De acuerdo con las observaciones con resultados negativos se determinó realizar un estudio para mejorar los arranques o cortes de las mallas para mejorar los indicadores de la voladura, para el cumplimiento de los avances programados.

1.2 Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿De qué manera la modificación del corte de mallas de perforación influye en el incremento de los indicadores de la voladura en labores del Nv. 850 de la mina Andaychagua?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cómo la modificación del corte de mallas de perforación influye en el incremento de los avances por disparo en las labores del Nv. 850 de la mina Andaychagua?
- b) ¿De qué manera la modificación del corte de mallas de perforación influye en la disminución de la sobre rotura en las labores del Nv. 850 de la mina Andaychagua?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar de qué manera la modificación del corte de mallas de perforación influye en el incremento de los indicadores de la voladura en labores del Nv. 850 de la mina Andaychagua.

1.3.2. Objetivos específicos

- a) Determinar cómo la modificación del corte de mallas de perforación influye en el incremento de los avances por disparo en las labores del Nv. 850 de la mina Andaychagua.
- b) Establecer de qué manera la modificación del corte de mallas de perforación influye en la disminución de la sobre rotura en las labores del Nv. 850 de la mina Andaychagua.

1.4 Justificación del proyecto

El porqué de la realización de trabajo de investigación se debió a que a la fecha existen trabajos científicos que no ha sido muy bien empleados para la mejora de los avances por disparos en la unidad minera, por lo que es necesario, considerando la experiencia de fuera del país, implementar y resolver los inconvenientes de los pocos logros después de realizada la voladura.

Los resultados obtenidos serán de gran utilidad porque no solo servirán para ser replicados en los demás niveles de explotación de la mina Andaychagua, sino también pueden servir como línea base para las demás minas de la Compañía Minera Volcan S.A. y otras minas del distrito minero de Yauli, generando beneficios económicos y para una explotación sostenible.

1.5 Alcances y limitaciones de la investigación

1.5.1 Alcances

La investigación se realizará en la mina Andaychagua y tendrá un alcance local.

1.5.2 Limitaciones

Una limitación para el desarrollo de la investigación es que la muestra no se escogió de manera aleatoria debido a la programación de las actividades de la empresa. Debido a que no se contó con apoyo económico el financiamiento de la investigación fue asumido por el investigador.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del estudio

2.1.1 Internacional

Ahmad Aryafar, et al. (2020) en la investigación “Selection of the most proper drilling and blasting pattern by using MADM methods (A case study: Sangam Iron Ore Mine, Iran)” tienen como conclusiones que la perforación y voladura es el método más común aplicado en la minería a cielo abierto, que es una parte muy importante de una operación minera. Las operaciones inadecuadas de perforación y voladura pueden tener consecuencias técnicas y de seguridad adversas, como rocas volantes, sobre rotura y, por lo tanto, aumentos en los costos operativos de las minas. En la investigación se propuso la malla de perforación y voladura más ideal para la mina de hierro Sangam, Irán. La carga específica, la roca volante, la fragmentación de rocas, la sobrerotura y la perforación específica se consideraron como criterios de decisión y se seleccionó el patrón de perforación más adecuado entre 17 mallas, todos realizados previamente. Se utilizó el método AHP en un entorno difuso para definir el peso de los criterios y se aplicaron los métodos TOPSIS y PROMETHEE para seleccionar la malla de

perforación y voladura más ideal. En cuanto a los resultados de este estudio, la fragmentación de rocas, la carga explosiva y la perforación específica tienen el mayor grado de importancia, respectivamente. Se propone como alternativa más adecuada una malla de perforación y voladura con un espaciamiento de 5 m, una carga de 4 m, una profundidad de taladro de 10 m y un diámetro de taladro de 15 cm. (pág. 104).

2.1.2 Nacional

Guillen Guerrero, P. (2018) en la Tesis para título profesional “Reducción del factor de carga y optimización de costos con la aplicación de corte cilíndrico en arranque de labores de avance en roca sedimentaria – Mina Animon - IESA” dice que: “Al optimizar las operaciones unitarias y tener material mejor fragmentado facilita la limpieza, carguío, acarreo, transporte y molienda del material. La mejora en la perforación influye considerablemente en reducir errores en la voladura de las labores mineras de la empresa.” (p. 161).

Salcedo Torres, Jean Carlos (2020) en la Tesis para título profesional “Evaluación técnica de la voladura en la compañía minera Corihuarmi” dice que: “El factor potencia se redujo en un 7.9%. El costo de voladura se redujo en un 23.2%. Las en los proyectos en estudio alcanza valores de 37.47, 43.82 y 43.31 mm/s, que están debajo la norma USBM – RI 8507.” (p. 86).

Beltrán Velásquez, S. (2022) en la Tesis para título

profesional “Diseño de malla de perforación y voladura para optimizar la productividad en una mina subterránea en Pataz La Libertad 2020”, dice que “Los disparos deficientes son 40% por mala simetría, 20% por secuencia inadecuada, 20% técnicas de carguío ineficientes, usos de explosivos inadecuados (10%) y comportamiento errático del macizo rocoso (10%), por lo que es necesario diagnosticar técnicamente los resultados de una voladura.” (p. 45).

Yauri Moreno, K. (2018) en la Tesis para título profesional “Incrementar los índices de perforación y voladura de roca en la excavación de las labores de preparación y desarrollo en La Mina Consuelo de la Compañía Minera Poderosa S.A.”, incluye sus resultados como que: Para incrementar los índices de perforación y voladura en los subniveles y chimeneas se evaluará los datos históricos de campo. Se incrementó el metraje de los SN (1.2x1.8m) de 1.40 m a 1.5 m/disp. En CH (2.4x1.5m) de 1.37m a 1.49 m/disp. En CH (1.5x1.5m) 1.33 a 1.47 m/disp. Durante la perforación los maestros realizan la tarea, sin antes realizar el mesclado de la malla de perforación en el frente de los subniveles y las chimeneas trayendo como consecuencia una mala distribución de los taladros perforados, empleando mayor cantidad de taladros en el frente de estas labores por ende un mayor consumo de los explosivos. La calidad en el acabado de los subniveles y las chimeneas mejoró considerablemente al controlar la sobrerotura, evitando incidentes y multas. La productividad aumento de 0.8 m/h-

gdía a 0.17 m/h-gdia. En la ejecución de los subniveles y las chimeneas de la mina consuelo. Alta rotación de los perforistas y ayudantes con experiencia en las diferentes labores de la mina consuelo. Fugas de agua y aire comprimido por deficiente instalación de los accesorios en las tubería y mangueras de agua y aire comprimido. Falta de stock de repuestos de la máquina perforadora Jackleg para el mantenimiento oportuno. (p. 111).

2.2 Bases teóricas

2.2.1. Corte de mallas de perforación

2.2.1.1. Malla de perforación y voladura

La perforación y voladura es proceso que debe considerar los siguientes:

- a) Diseñar una malla de perforación,
- b) perforar taladros con fines de voladura en la superficie de la roca de acuerdo con la malla diseñada,
- c) cargar los taladros con explosivos y,
- d) detonarlo para lograr diferentes fragmentos de roca.

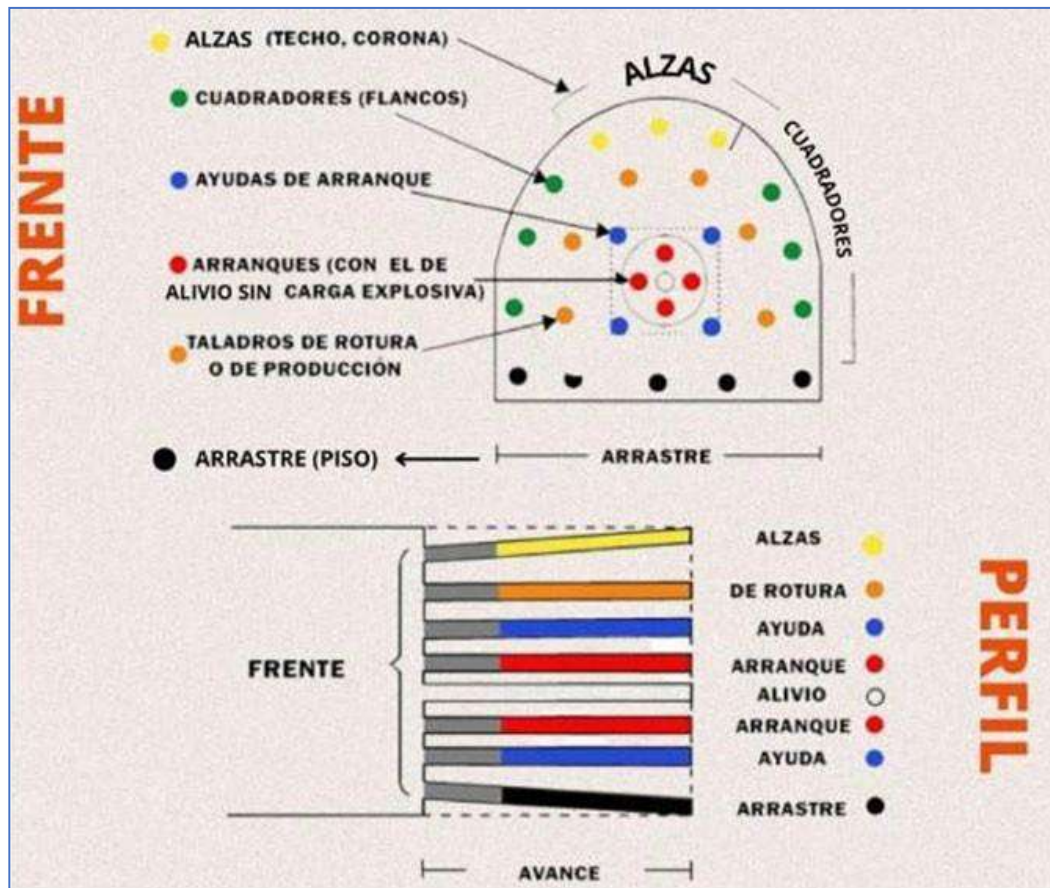
La perforación de taladros influye en el resultado de la fragmentación, la preparación mecánica y la concentración del mineral después de la voladura.

En ese sentido es importante tener en cuenta que la malla de perforación es la base de los buenos resultados de la voladura de rocas.

Una malla de perforación común en frentes es aquellas como la de la Figura siguiente:

Figura 1.

Malla de perforación en un frente.

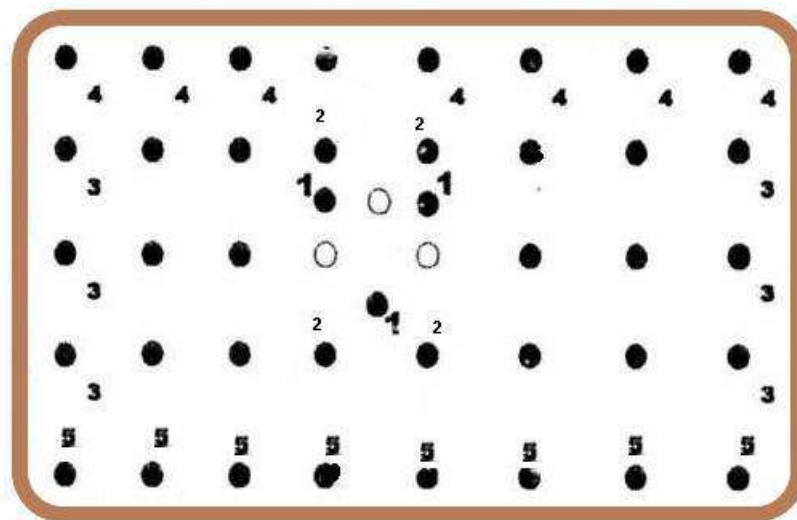


2.2.1.2 Distribución de taladros en un frente

El conjunto de taladros distribuidos en un frente y establecidos por una malla de perforación son el corte, las ayudas, las sobre ayudas, los cuadradores, las alzas y los arrastres generalmente. Estos se pueden observar en la Figura 2.

Figura 2.

Nomenclatura de los taladros de una malla en un frente.



- Taladros vacíos**
- 1 Corte**
- 2 Ayuda**
- 3 Cuadradores**
- 4 Alzas**
- 5 Arrastres**

2.2.1.3 Cortes o arranques

Los denominados taladros de corte o arranque son los que son diseñados y perforados en primer lugar en cualquier labor horizontal en la minería subterránea, porque que la voladura en túnel o galerías se dirige hacia una sola superficie libre. Para que la roca se rompa y sea arrojada lejos de la superficie, se debe formar una segunda cara libre. Un corte en la cara del túnel produce esta segunda cara. El propósito del corte es crear una cavidad primaria en la línea del túnel. Aquí es donde los taladros restantes pueden expandirse fácilmente y hacer estallar la roca restante hacia esta abertura. Como resultado, hay un límite

en la longitud de avance y el volumen de roca que se puede volar simultáneamente; esto es definido por el corte según Hustrulid (1988).

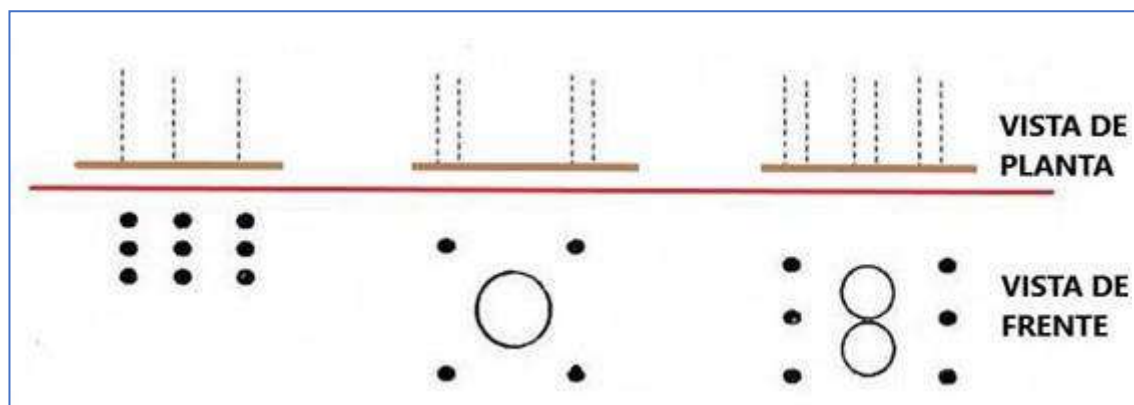
Holmberg (1989) señala que: “Para todos los tipos de cortes es importante que el corte arranque a la profundidad planeada, porque los taladros restantes del disparo no arrancarán más profundamente que el corte.”

2.2.1.4. Corte con taladros paralelos

De los tipos de cortes existentes los más usados en nuestra minería es la denominada corte con taladros paralelos. Algunas denominaciones particulares son los llamados cortes Michigan, cortes Cornish, cortes quemados, cortes Coromant, etc. permitiendo mayores longitudes de avances por disparo.

Figura 3.

Diferentes tipos de cortes con taladros paralelos.



Con la introducción de las perforadoras mecanizadas, se introdujo el corte de taladros paralelos. Todos los taladros se perforan paralelos entre sí en este tipo de corte. Un gran taladro de perforación se utiliza como abertura para la voladura. El método de corte de taladro paralelo más utilizado hoy en día es el corte de taladro grande de cuatro secciones, que también se conoce como el método sueco. Originalmente desarrollado por Langerfors y Kihlstrom, un modelo de diseño completo fue publicado más tarde por Holmberg para este diseño de corte.

2.2.2 Indicadores de la voladura

Uno de los indicadores más críticos en la voladura de frentes es el avance por disparo, es decir m/disparo, esta preocupación ha llevado a usar, como ya se señaló con anterioridad al uso generalizado al corte con taladros paralelos. Pero de acuerdo con las investigaciones realizados por Roger Holmberg de la SVEDEFO, el avance del disparo está limitado por el diámetro del taladro vacío y la desviación de los taladros con carga explosiva. Una buena economía demanda la utilización máxima de la profundidad completa del taladro. Sugiere que el avance lineal tiene que 95% de la profundidad del taladro (H). Es decir que el avance se puede determinar mediante la expresión:

$$I=0.95H$$

Pero, también se tiene que considerar que para hacer uso de

la ecuación anterior, se debe en primer lugar determinar la profundidad del taladro (H) puede ser expresado como:

$$H = 0.15 + 34.1 (\varphi) - 39.4 (\varphi)^2$$

Donde:

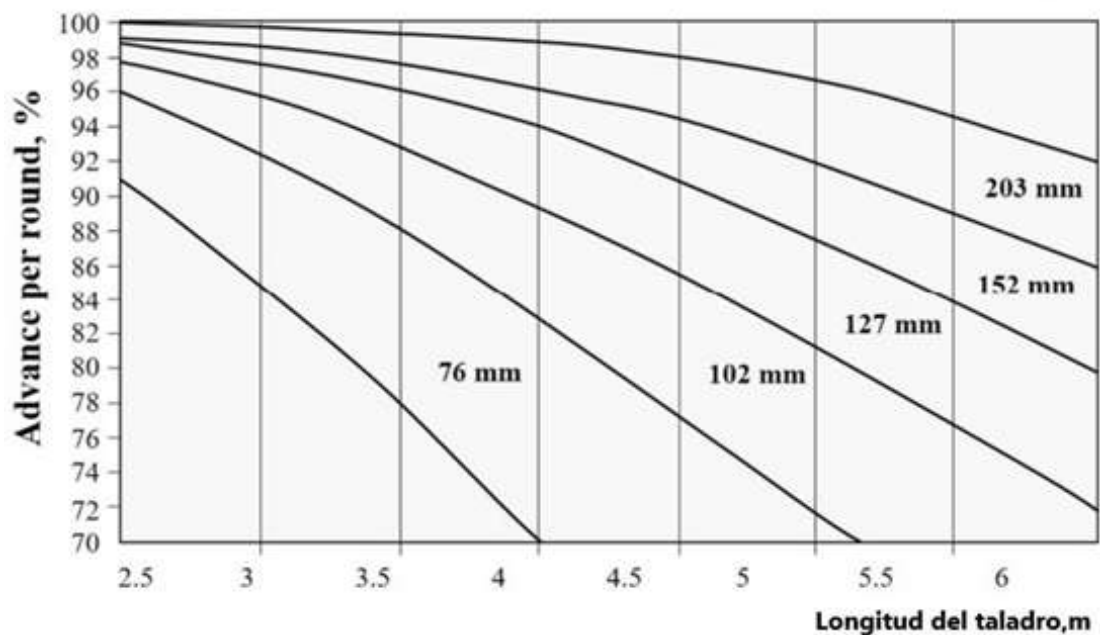
H = Longitud del taladro, m.

φ = Diámetro del taladro vacío, m.

Otro investigador llamado Olofsson también propuso un cuadro que es mostrado en la Figura posterior para determinar la relación que existe entre la profundidad del taladro y el avance entre diferentes tamaños de taladros vacíos.

Figura 4.

La relación entre la profundidad y el avance del taladro para diferentes diámetros de taladros vacíos.



2.2.3. Mina Andaychagua

2.2.3.1. Ubicación

Se ubica en distrito de Huayhuay, provincia Yauli, departamento Junín.

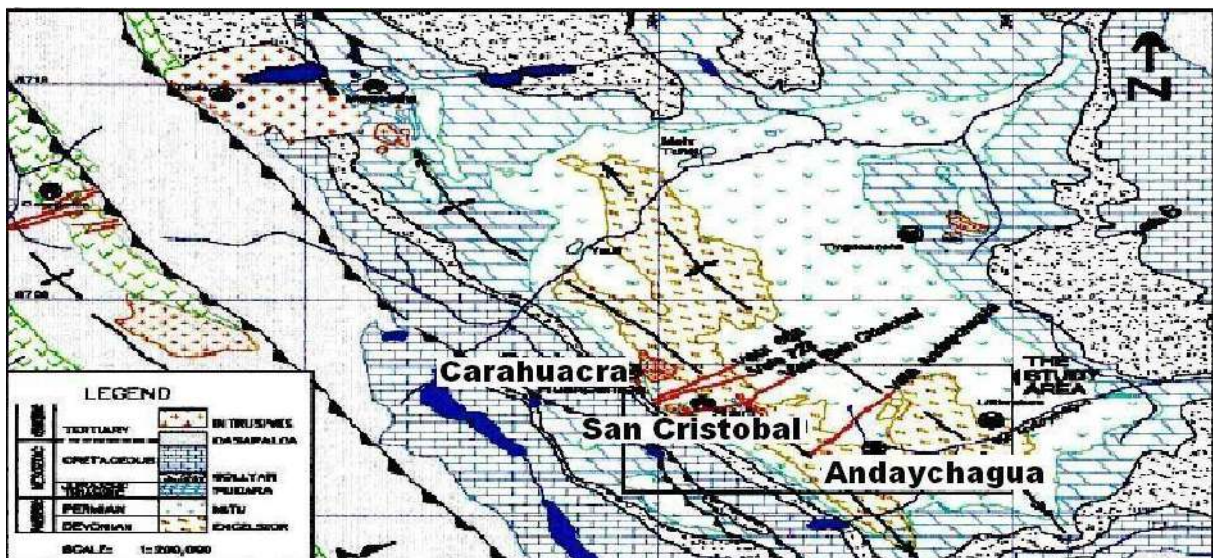
Las coordenadas de la mina son:

76°05' longitud oeste.

11°43' latitud sur.

Figura 5.

Ubicación Mina Andaychagua.



2.2.3.2 Geología Económica

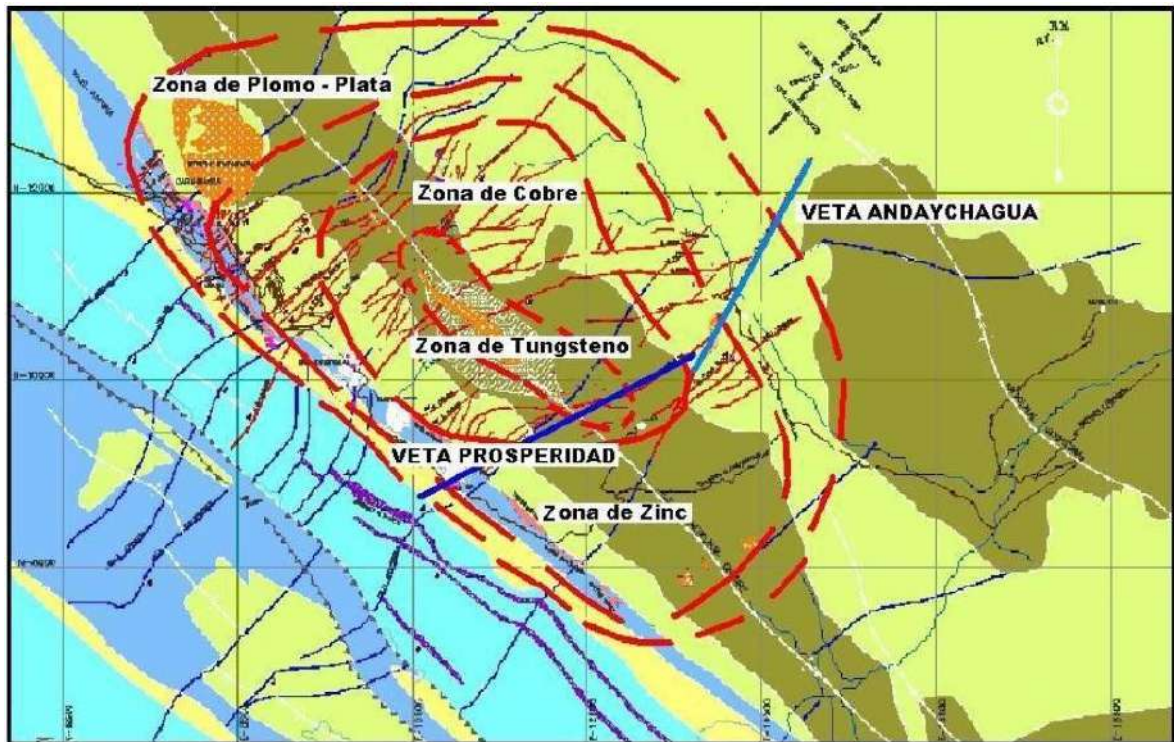
La esfalerita se vuelve más marmatítica en la parte Suroeste de la veta; también, hay incremento de cobre y zinc cerca de los contactos andesitas – filitas y el gabro.

Las concentraciones altas de zinc se encuentran cerca a los contactos andesitas – filitas, andesitas – gabro y en la unión de la veta Prosperidad con la veta Andaychagua. Estas concentraciones altas de zinc van acompañadas de arsenopirita en cantidad significativa.

La Mineralización está asociada con los halos de alteración hidrotermal.

Figura 6.

Plano de geología económica.



2.2.3.3. Métodos de minado subterráneo

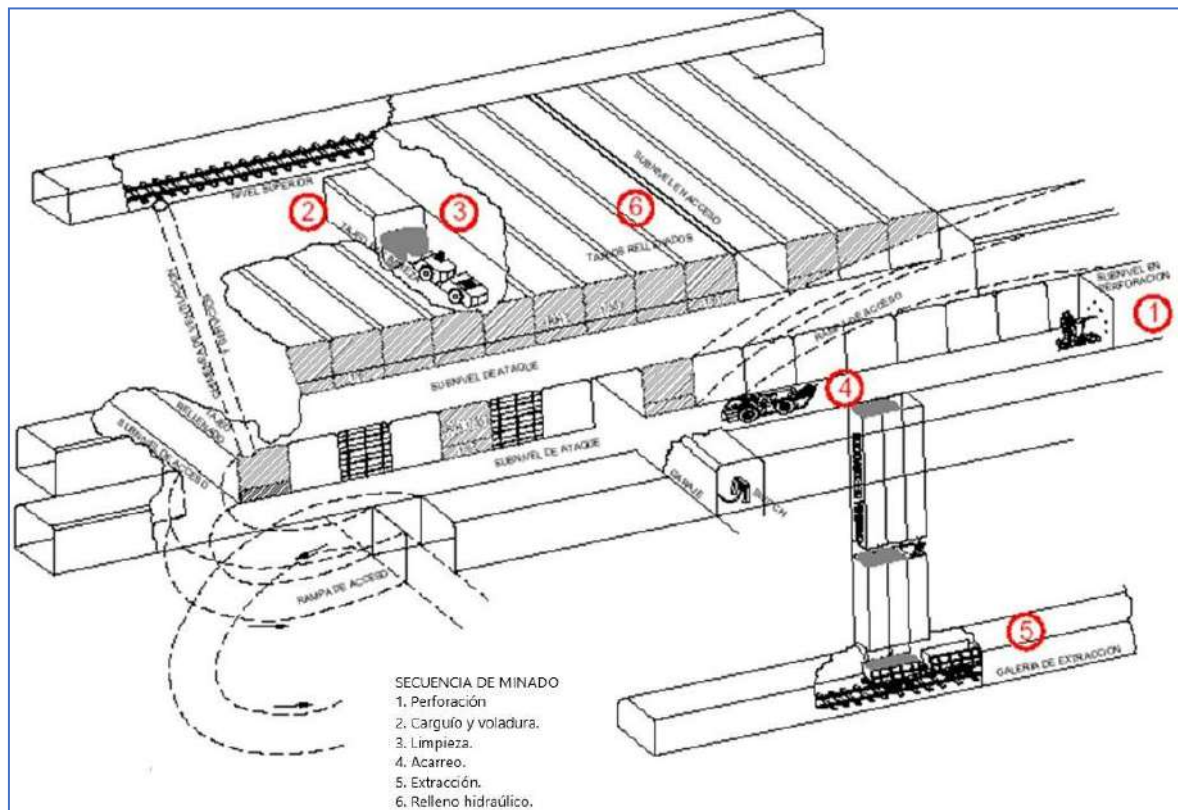
2.2.3.3.1. Corte y Relleno Descendente

En este tipo de minado se corta el mineral en tajadas desde arriba hacia abajo bajando corte por corte.

El esquema se puede apreciar en la Figura siguiente:

Figura 7.

Explotación con corte y relleno descendente.



2.2.3.3.2. Sub Level Stopping (Bench and Fill)

En este método, el minado se ejecuta desde el nivel principal hacia los subniveles superiores para predeterminar los intervalos verticales. Los subniveles son preparados entre los niveles principales; el mineral derribado con taladros largos o desde los subniveles (tajeos), cae del subnivel superior hacia la zona vacía en el subnivel inferior para luego transportarlos hacia los echaderos.

La perforación se realiza con equipo Simba como el mostrado seguidamente:

Figura 8.

Equipo Simba S7D.

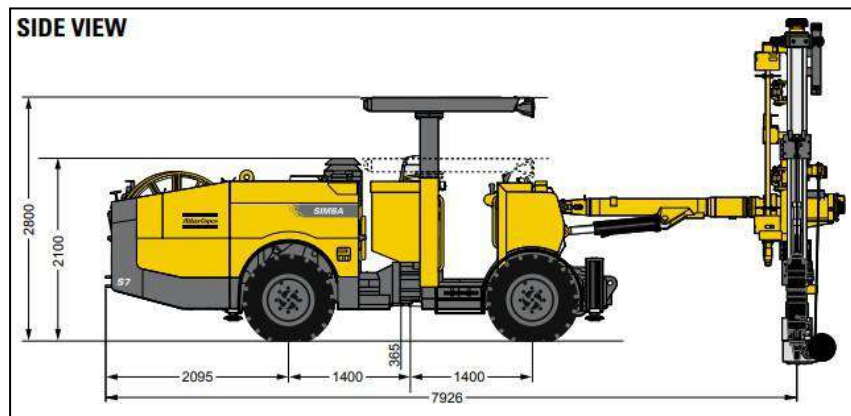
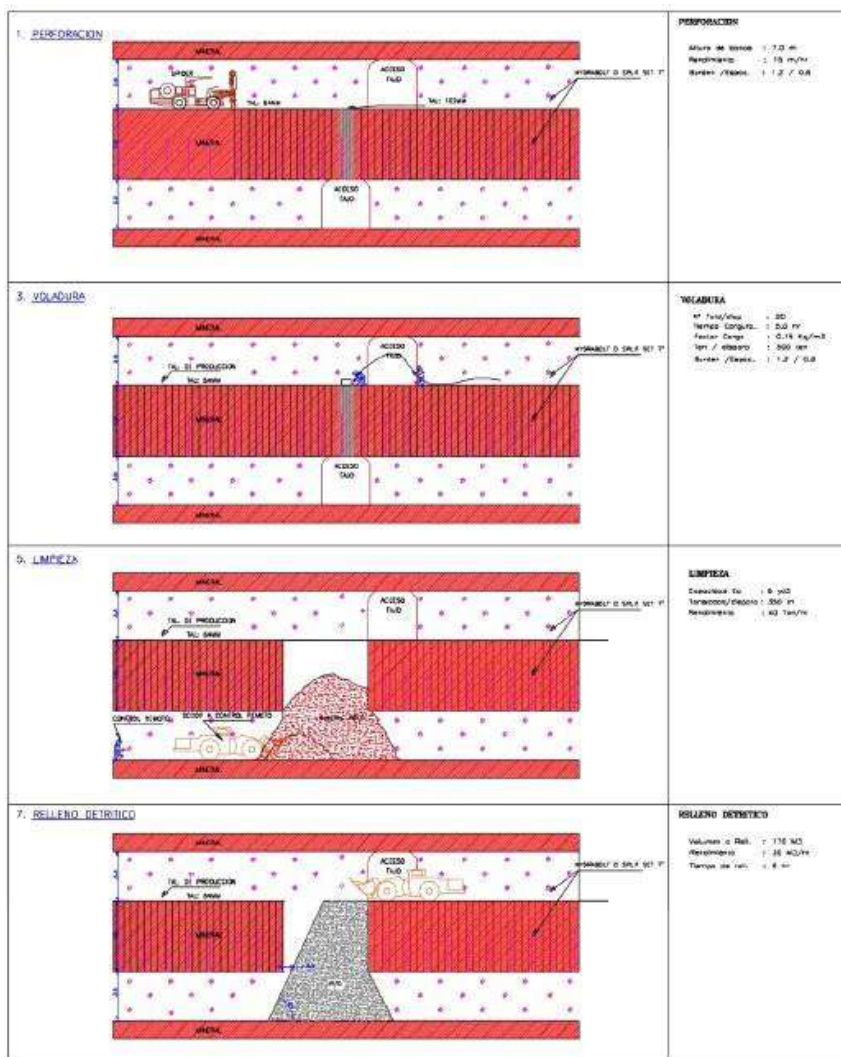


Figura 9.

Método de explotación Bench and Fill.



2.3 Definiciones

Avance: Es la longitud prolongada de una labor subterránea horizontal que pueden ser galerías cruceros, by passes, etc., por cada disparo realizado con explosivos.

Corte o arranque: Son un conjunto de taladros perforados en la superficie de la roca en una labor subterránea que tiene una sola cara libre.

Indicador: “Un indicador es un soporte de información que representa una magnitud o unidad, de manera que, a través del análisis del mismo, se permite la toma de decisiones sobre los parámetros de actuación asociados.” (Santos, J., 2020).

Labores: “Son las galerías horizontales o poco inclinadas que se ejecuta sobre desmonte o veta pueden ser principales o secundarias; éstas son las principales labores de desarrollo.” (López, C., 2000).

Modificación: De verbo modificar. Transformar o cambiar algo mudando de sus características. (RAE).

Mallas de perforación: “Las mallas de perforación y voladura son esquemas que permiten distribuir la energía de los explosivos en taladros distribuidos de manera regular. Las mallas de taladros pueden ser cuadradas, rectangular y triangulares predominantemente.” (López, C., 2000).

Perforación: La perforación de las rocas en el campo de la voladura es la primera operación unitaria que se realiza en la actividad minera; tiene como propósito abrir unos taladros, en una distribución geométrica adecuada en los macizos rocosos para su posterior arranque, aquí se alojará el explosivo y los accesorios de los sistemas de iniciación a usar.

Voladura: Voladura, en minería, es la acción de fragmentar la masa rocosa con el uso de mezclas explosivas químicas generalmente.

2.4 Planteamiento de la hipótesis de investigación

2.4.1 Hipótesis general

La modificación del corte de mallas de perforación influye positivamente en el incremento de los indicadores de la voladura en labores del Nv. 850 de la mina Andaychagua.

2.4.2 Hipótesis específicas

- a) La modificación del corte de mallas de perforación influye positivamente en el incremento de los avances por disparo en las labores del Nv. 850 de la mina Andaychagua.
- b) La modificación del corte de mallas de perforación influye positivamente en la disminución de la sobre rotura en las labores del Nv. 850 de la mina Andaychagua.

2.5 Identificación y Clasificación de las Variables

Variable X:

Corte de mallas de perforación.

Variable Y:

Indicadores de voladura.

2.6 Operacionalización de las variables

Tabla 1.

Operacionalización de las variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN DE LA VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable X: Corte de mallas de perforación	son diferentes disposiciones de un conjunto o cantidad de taladros de una longitud y diámetro determinados que son perforados en la superficie de la roca en una labor subterránea que tiene una sola cara libre.	- Cantidad de taladros. - Longitud de taladro. - Diámetro de taladro.	- Número de taladros. - Metros, pies. - Pulgadas, milímetros
Variable Y: Indicadores de voladura.	Un indicador de voladura es una magnitud o unidad que representa el resultado de un disparo, puede ser la eficiencia de avance, el factor de avance y la sobre rotura.	- Avance - Eficiencia de avance. - Sobre rotura - Factor de avance.	- metros/disparo - % - %. - Kg/ml.

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Método de investigación

El método de investigación empleado fue el método científico.

3.2 Tipo de investigación

El tipo de investigación utilizada fue la aplicada. Sánchez y Reyes (1998, p.13) señalan que la investigación aplicada es también llamada constructiva y utilitaria cuya característica es preocuparse por la aplicación de los conocimientos teóricos a situaciones concretas y las consecuencias que produzcan tales prácticas.

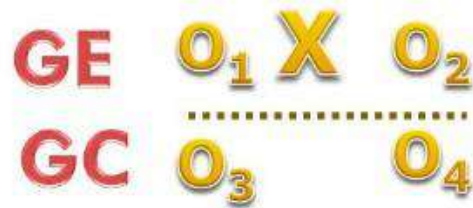
3.3 Nivel de Investigación

El nivel de investigación fue principalmente el explicativo. Sánchez y Reyes (1998, p. 18) dicen que este nivel de investigación está orientado a explicar o identificar las razones causales de la presencia de ciertos acontecimientos.

3.4 Diseño de investigación

El diseño de la investigación fue la de la investigación cuasi

experimental, solo con posprueba, porque la muestra no será elegida de manera aleatoria. El esquema del diseño es el siguiente:



Donde:

X = Variable experimental

O_1 O_3 = Mediciones pre-test de la variable dependiente

O_2 O_4 = Mediciones post-test de la variable dependiente

3.5 Población y muestra

Población

Para la investigación se tuvo en cuenta a las labores del nivel Nv. 850 de la Mina Andaychagua de la Volcan Compañía Minera S.A.A., dichas labores se pueden observar en la Tabla siguiente:

Tabla 2.

Labores como población para la investigación.

Labor	Nivel	Tipo de voladura
RP-08	850	Frente
AC-83	850	Frente
CA-811	850	Frente
AC-831	850	Frente
AC-081	850	Frente

Muestra

La muestra fue elegida de manera no aleatoria considerando aquellas de la Tabla 2 y fueron las labores: RP-08, AC-83, CA-811 y AC-831; solo no se consideró al AC-081, porque no estaba programada su ejecución.

3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Entre las técnicas de la recolección de datos usados fue la observación directa y la indirecta. Como instrumento se hará uso de los PETS para realizar los check lists de los elementos y equipos a ser usados en la perforación y la voladura. También se usaron formatos para anotar los resultados y observaciones de cada disparo.

3.7 Técnicas de procedimiento y análisis de datos

Una vez obtenido los datos de las pruebas fueron tabulados con el uso de la hoja electrónica Excel de acuerdo con el criterio de la estadística básica y en el análisis se hizo uso de las medidas de tendencia central.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Presentación de resultados

4.1.1 Objetivos del trabajo de investigación

El trabajo de investigación, tal como lo indica desde el título de este, es realizar un estudio que nos permita determinar la influencia de los cortes en los avances de la voladura de frentes principalmente. Pero, más aún el objetivo principal es determinar de qué manera influye en los avances la cantidad de taladros de alivio rimados en los cortes.

En esa medida se determinó realizar pruebas en el corte o arranque de las mallas realizando el rimado de 4 taladros inicialmente y 5 taladros posteriormente.

También la investigación se trató de la implementación de las mallas de perforación para rocas con RMR 50 a más.

De igual manera otro objetivo fue mejorar la eficiencia de disparo, seguimiento e inspección del paralelismo al momento de la perforación.

En la investigación se tuvo en cuenta la denominación de los meses como: mayo, mes 1; junio, mes 2; julio, mes 3; y agosto, mes 4; todos ellos de del año 2023.

4.1.2 Avance por disparo mes 1 y mes 2

En el trabajo de investigación que se ha planteado que la investigación se inicie en el mes 1, en ese mes se ha realizado en el frente un corte con 4 taladros rimados, de modo que el avance de dicho mes se consideró como la Línea Base.

Con tal finalidad se hizo el seguimiento a las siguientes labores de avance en el Nv. 850: RP-08, AC-83, CA-811, AC-831 considerando una perforación efectiva de 13 pies.

En el mes 2 se realizó en los frentes, también, cortes con cuatro taladros rimados para cada disparo.

Considerando los mismos criterios para los meses 1 y 2 con cuatro taladros rimados en el corte o arranque se ha obtenido como resultados los avances mostrados en la Tabla siguiente:

Tabla 3.

Avances obtenidos en los meses 1 y 2.

Mes	Perforación efectiva (m)	Avance lineal por disparo (m)	Eficiencia de voladura (%)	Sobre rotura
1	3.60	3.06	85%	22%
2	3.59	2.99	83%	24%
Promedio	3.60	3.03	84%	23%

Como se puede observar en la Tabla anterior los avances obtenidos en los meses de enero y febrero son limitados, si se tiene en cuenta que la perforación efectiva es de 13 pies y la eficiencia es 84%.

4.1.3 Resultados mes 3

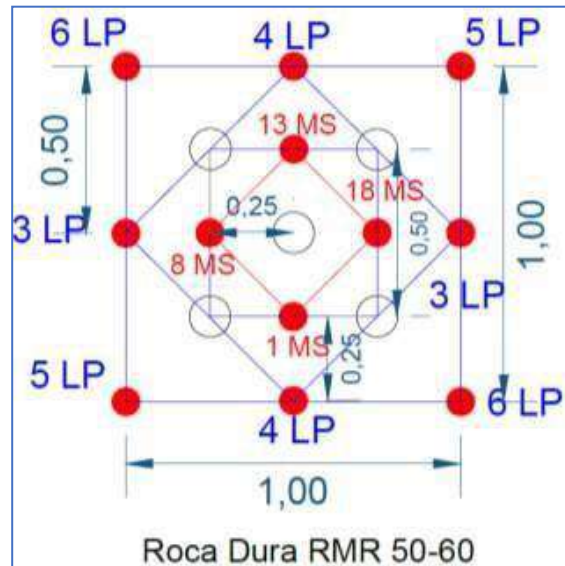
4.1.3.1 Diseño del corte

Para el mes 3 se considera implementar en el arranque o corte de la malla de perforación, ver Anexo 2, un cambio en

el corte realizando la perforación de 5 taladros rimados. Esto se puede observar en la Figura siguiente:

Figura 10.

Arranque con 5 taladros de alivio.



4.1.3.2. Implementación del diseño

En primer lugar, para la implementación del nuevo diseño se realizó la capacitación de los trabajadores, tal como se puede observar en la Figura siguiente:

Figura 11.

Capacitación de trabajadores.



Después se inició el trabajo en el campo para la implementación del nuevo diseño, realizando en primer lugar el pintado de la malla, tal como se observa posteriormente.

Figura 12.

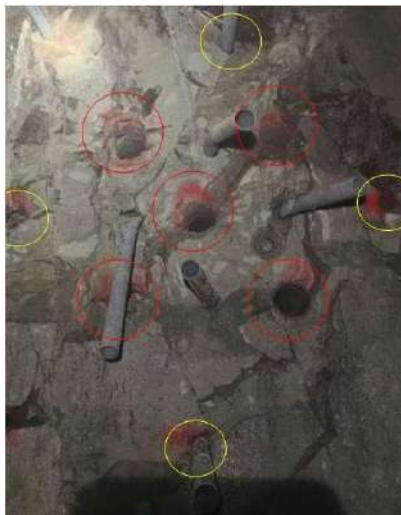
Pintado de malla en el frente de perforación.



Posteriormente se realiza la perforación de la malla, pero se le da singular importancia a la perforación del corte, principalmente el paralelismo de los taladros con guidores:

Figura 13.

Perforación del corte con uso de guidores.



Tal como se puede observar en la Figura anterior, se realizó el seguimiento a la perforación del AC-83, se observa que el operador ya conoce la malla implementada con 5 rimados y los taladros de ayuda para el arranque, se realiza una buena perforación del frente cumpliendo la distribución de los taladros y la perforación correcta de los taladros con el paralelismo adecuado ayudado con los guidores.

Figura 14

Perforación final del corte con 5 taladros rimados.



Seguidamente, se realiza la distribución de los tubos no eléctricos en cada uno de los taladros de la malla y en el corte tal como se puede observar en la Figura siguiente:

Figura 15.

Distribución de los tubos no eléctricos.



Posteriormente se realiza el carguío del arranque y ayuda del arranque (8 taladros) con Emulnor E 3000 1 1/2"x 12". Para tener un mejor confinamiento y aprovechar la mayor energía. Observar la Figura posterior.

Figura 16.

Carguío del arranque.



Posteriormente se realiza el amarrado de los tubos no eléctricos con cordón detonante

Figura 17.

Amarre tubos no eléctricos con cordón detonante.



Finalmente, para la iniciación del frente se realiza el amarre del cordón detonante con carmex, observar la Figura siguiente:

Figura 18.

Amarre de cordón detonante con carmex.



Tal como se observa en la Figura anterior se hizo el seguimiento al amarre del cordón detonante con el carmex, se observa que utiliza aproximadamente 6m de cordón detonante.

4.1.3.3 Resultados de los disparos

Una vez realizados los disparos se han determinado los avances en cada uno de los frentes de las diferentes labores horizontales consideradas como muestra de la investigación, tales resultados pueden observarse en las tablas siguientes:

Tabla 4.

Avances en labores horizontales, mes 3.

FECHA	TURNO	LABOR	NIVEL	SECCIÓN PLANEADA (m x m)	PERFORACIÓN EFECTIVA (m)	AVANCE EFECTIVO (m)
1-Mes 3	DÍA	AC-831	850	4.00 X 4.50	3.70	3.60
1-Mes 3	DÍA	CA-811	850	4.50 X 4.50	3.60	3.00
2-Mes 3	DÍA	RP-08	850	4.50 X 4.50	3.70	2.50
2-Mes 3	DÍA	CA-811	850	4.00 X 4.00	3.70	2.70
3-Mes 3	NOCHE	RP-08	850	4.50 X 4.50	3.70	2.30
3-Mes 3	NOCHE	AC-831	850	4.00 X 4.50	3.70	3.70
4-Mes 3	DÍA	CA-811	850	4.00 X 4.00	3.40	3.20
5-Mes 3	NOCHE	RP-08	850	4.50 X 4.50	3.70	3.10
5-Mes 3	NOCHE	CA-811	850	4.00 X 4.00	3.70	2.80
6-Mes 3	NOCHE	RP-08	850	4.50 X 4.50	3.70	3.50
6-Mes 3	NOCHE	AC-831	850	4.00 X 4.50	3.70	3.20
7-Mes 3	NOCHE	RP-08	850	4.50 X 4.50	3.90	3.90
7-Mes 3	NOCHE	CA-811	850	4.00 X 4.00	3.90	4.40
PROMEDIO					3.70	3.22

De la tabla anterior se puede considerar que de las 13 pruebas realizadas se tiene un avance promedio de 3.22 metros.

4.1.4 Resultados mes 4

Tomando en consideración los resultados obtenidos en el mes anterior, para el mes 4 se ha desarrollado las mismas operaciones para la implementación del arranque con cinco taladros rimados. En este mes realizaron 37 pruebas. De los disparos realizados se tienen los resultados mostrados en la Tabla siguiente:

Tabla 5.

Avances en labores horizontales, mes 4.

<i>Fecha</i>	<i>Turno</i>	<i>Labor</i>	<i>Nivel</i>	<i>Sección Planeada (m)</i>	<i>Perforación Efectiva (m)</i>	<i>Avance Efectivo (m)</i>
2-Mes 4	NOCHE	RP-08	850	4.50X4.50	3.50	2.80
3-Mes 4	NOCHE	AC-83	850	4.00X4.00	3.00	2.50
4-Mes 4	DÍA	CA-811	850	4.50X4.50	3.60	2.90
4-Mes 4	NOCHE	AC-83	850	4.00X4.00	3.20	2.80
6-Mes 4	DÍA	CA-811	850	4.50X4.50	3.80	3.80
7-Mes 4	DÍA	AC-83	850	4.00X4.00	3.60	3.50
8-Mes 4	NOCHE	AC-83	850	4.00X4.00	3.50	3.30
9-Mes 4	DÍA	CA-811	850	4.50X4.50	3.60	3.20
10-Mes 4	DÍA	AC-83	850	4.00X4.00	3.60	3.50
11-Mes 4	DÍA	AC-83	850	4.00X4.00	3.30	3.30
11-Mes 4	NOCHE	CA-811	850	4.50X4.50	3.90	3.90
12-Mes 4	DÍA	AC-83	850	4.00X4.00	3.20	3.20
13-Mes 4	DÍA	CA-811	850	4.50X4.50	3.60	3.40
13-Mes 4	NOCHE	AC-83	850	4.00X4.00	3.80	3.80
15-Mes 4	DÍA	RP-08	850	4.50X4.50	3.20	2.80
15-Mes 4	DÍA	AC-83	850	4.00X4.00	3.75	3.10
16-Mes 4	DÍA	AC-83	850	4.00X4.00	3.70	3.70
16-Mes 4	NOCHE	CA-811	850	4.50X4.50	3.80	3.70
17-Mes 4	DÍA	AC-83	850	4.00X4.00	3.75	3.40
17-Mes 4	NOCHE	CA-811	850	4.50X4.50	3.80	3.10
17-Mes 4	NOCHE	CA-831	850	4.50X4.50	3.60	2.20
18-Mes 4	NOCHE	RP-08	850	4.50X4.50	3.70	3.60
19-Mes 4	DÍA	CA-831	850	4.50X4.50	3.50	3.50
19-Mes 4	NOCHE	CA-811	850	4.50X4.50	3.70	3.70
23-Mes 4	DÍA	CA-811	850	4.50X4.50	3.70	3.00
25-Mes 4	NOCHE	CA-811	850	4.50X4.50	2.50	2.20
27-Mes 4	DÍA	CA-831	850	4.50X4.50	3.70	3.00
27-Mes 4	NOCHE	CA-811	850	4.50X4.50	3.60	2.80
28-Mes 4	DÍA	AC-83	850	4.50X4.50	3.80	4.00
28-Mes 4	NOCHE	CA-811	850	4.50X4.50	3.70	3.50
28-Mes 4	NOCHE	CA-831	850	4.50X4.50	3.70	3.50
29-Mes 4	DÍA	AC-83	850	4.00X4.00	3.90	3.90
29-Mes 4	NOCHE	RP-08	850	4.50X4.50	3.70	3.70
29-Mes 4	NOCHE	CA-811	850	4.50X4.50	3.60	3.20
30-Mes 4	DÍA	CA-831	850	4.50X4.50	3.60	3.50
30-Mes 4	NOCHE	CA-811	850	4.50X4.50	3.70	3.50
30-Mes 4	NOCHE	AC-83	850	4.00X4.00	3.70	3.70
PROMEDIO					3.58	3.30

En el mes 4, también se hizo la medición de la sobre rotura después cada disparo, porque se observó que en los meses anteriores estos eran como promedio del 20%, lo cual se considera excesivo por lo que se realizó una voladura controlada. Las mediciones realizadas se muestran a continuación.

Tabla 6.

Sobre rotura en labores horizontales, mes 4.

Fecha	Turno	Labor	Nivel	Sección Planeada (m)	Sección Post-Voladura (m)	Avance Efectivo (m)	Sobre rotura Logrado (%)
02 - Mes 4	NOCHE	RP-08	850	4.50X4.50	4.75X4.70	2.80	10%
03 - Mes 4	NOCHE	AC-83	850	4.00X4.00	4.88X4.75	2.50	45%
04 - Mes 4	DÍA	CA-811	850	4.50X4.50	4.77X4.85	2.90	14%
04 - Mes 4	NOCHE	AC-83	850	4.00X4.00	4.34X4.55	2.80	23%
06 - Mes 4	DÍA	CA-811	850	4.50X4.50	4.70X4.75	3.80	10%
07 - Mes 4	DÍA	AC-83	850	4.00X4.00	4.44X4.67	3.50	30%
08 - Mes 4	NOCHE	AC-83	850	4.00X4.00	4.35X4.55	3.30	24%
09 - Mes 4	DÍA	CA-811	850	4.50X4.50	4.60X4.70	3.20	7%
10 - Mes 4	DÍA	AC-83	850	4.00X4.00	4.35X4.50	3.50	22%
11 - Mes 4	DÍA	AC-83	850	4.00X4.00	4.70X4.55	3.30	34%
11 - Mes 4	NOCHE	CA-811	850	4.50X4.50	4.88X4.70	3.90	13%
12 - Mes 4	DÍA	AC-83	850	4.00X4.00	4.40X4.35	3.20	20%
13 - Mes 4	DÍA	CA-811	850	4.50X4.50	4.60X4.70	3.40	7%
13 - Mes 4	NOCHE	AC-83	850	4.00X4.00	4.65X4.70	3.80	37%
15 - Mes 4	DÍA	RP-08	850	4.50X4.50	4.70X4.56	2.80	6%
15 - Mes 4	DÍA	AC-83	850	4.00X4.00	4.60X4.55	3.10	31%
16 - Mes 4	DÍA	AC-83	850	4.00X4.00	4.25X4.30	3.70	14%
16 - Mes 4	NOCHE	CA-811	850	4.50X4.50	4.65X4.70	3.70	8%
17 - Mes 4	DÍA	AC-83	850	4.00X4.00	4.45X4.55	3.40	27%
17 - Mes 4	NOCHE	CA-811	850	4.50X4.50	4.80X4.65	3.10	10%
17 - Mes 4	NOCHE	CA-831	850	4.50X4.50	4.80X4.70	2.20	11%
18 - Mes 4	NOCHE	RP-08	850	4.50X4.50	4.66X4.55	3.60	5%
19 - Mes 4	DÍA	CA-831	850	4.50X4.50	4.65X4.70	3.50	8%
19 - Mes 4	NOCHE	CA-811	850	4.50X4.50	4.65X4.70	3.70	8%
23 - Mes 4	DÍA	CA-811	850	4.50X4.50	4.70X4.70	3.00	9%
25 - Mes 4	NOCHE	CA-811	850	4.50X4.50	4.76X4.80	2.20	13%
27 - Mes 4	DÍA	CA-831	850	4.50X4.50	4.55X4.60	3.00	3%
27 - Mes 4	NOCHE	CA-811	850	4.50X4.50	4.75X4.60	2.80	8%
28 - Mes 4	DÍA	AC-83	850	4.50X4.50	4.70X4.76	4.00	10%
28 - Mes 4	NOCHE	CA-811	850	4.50X4.50	4.55X4.70	3.50	6%
28 - Mes 4	NOCHE	CA-831	850	4.50X4.50	4.70X4.76	3.50	10%
29 - Mes 4	DÍA	AC-83	850	4.00X4.00	4.35X4.70	3.90	28%
29 - Mes 4	NOCHE	RP-08	850	4.50X4.50	4.55X4.60	3.70	3%
29 - Mes 4	NOCHE	CA-811	850	4.50X4.50	4.70X4.67	3.20	8%
30 - Mes 4	DÍA	CA-831	850	4.50X4.50	4.88X4.90	3.50	18%
30 - Mes 4	NOCHE	CA-811	850	4.50X4.50	4.70X4.64	3.50	8%
30 - Mes 4	NOCHE	AC-83	850	4.00X4.00	4.40X4.55	3.70	25%
PROMEDIO						3.30	15%

4.2 Análisis de resultados

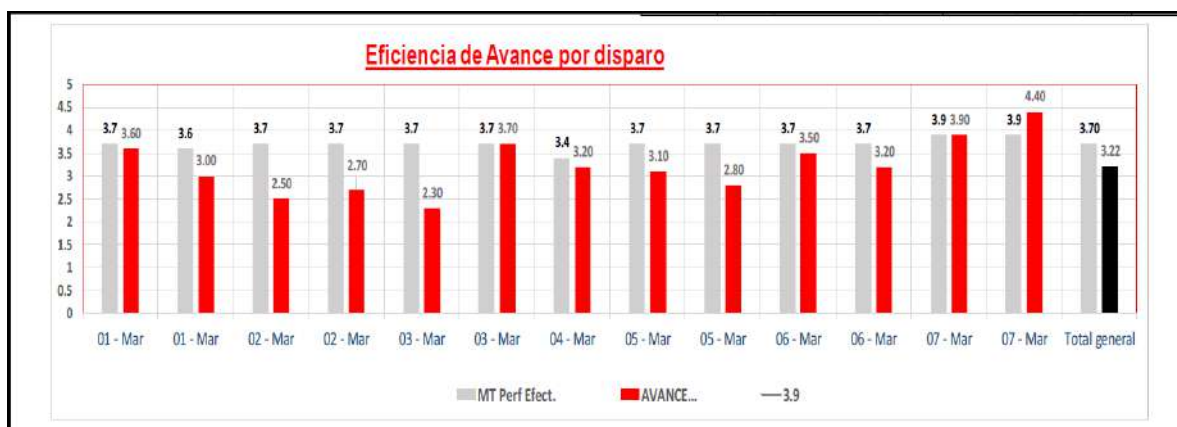
De los resultados obtenidos realizamos el análisis de los mismos para ver el cumplimiento de los objetivos trazados.

4.2.1 Mes 3

Para realizar el análisis de los resultados obtenidos el mes 3, tomamos en consideración la Tabla 4; en base a dicha Tabla se obtiene el gráfico de la eficiencia obtenida en cada disparo.

Figura 19.

Eficiencia del avance por disparo.



Además, considerando la misma Tabla para el análisis del avance por cada disparo en porcentaje se tiene la siguiente Tabla.

Tabla 7.

Eficiencia de la voladura, mes 3.

FECHA	TURNO	LABOR	NIVEL	TIPO DE VOLADURA	SECCIÓN PLANEADA	PERFORACIÓN EFECTIVA	AVANCE EFECTIVO	EFICIENCIA DE VOLADURA %
01 - Mes 3	DIA	AC-831	850	FRENTE	4.00 X 4.50	3.70	3.60	97%
01 - Mes 3	DIA	CA-811	850	FRENTE	4.50 X 4.50	3.60	3.00	83%
02 - Mes 3	DIA	RP-08	850	FRENTE	4.50 X 4.50	3.70	2.50	68%
02 - Mes 3	DIA	CA-811	850	FRENTE	4.00 X 4.00	3.70	2.70	73%
03 - Mes 3	NOCHE	RP-08	850	FRENTE	4.50 X 4.50	3.70	2.30	62%
03 - Mes 3	NOCHE	AC-831	850	FRENTE	4.00 X 4.50	3.70	3.70	100%
04 - Mes 3	DIA	CA-811	850	FRENTE	4.00 X 4.00	3.40	3.20	94%
05 - Mes 3	NOCHE	RP-08	850	FRENTE	4.50 X 4.50	3.70	3.10	84%
05 - Mes 3	NOCHE	CA-811	850	FRENTE	4.00 X 4.00	3.70	2.80	76%
06 - Mes 3	NOCHE	RP-08	850	FRENTE	4.50 X 4.50	3.70	3.50	95%
06 - Mes 3	NOCHE	AC-831	850	FRENTE	4.00 X 4.50	3.70	3.20	86%
07 - Mes 3	NOCHE	RP-08	850	FRENTE	4.50 X 4.50	3.90	3.90	100%
07 - Mes 3	NOCHE	CA-811	850	FRENTE	4.00 X 4.00	3.90	4.40	113%
PROMEDIO						3.70	3.22	87%

De la Tabla anterior se puede determinar los siguientes:

La perforación efectiva en promedio fue de 3,70 metros, y realizado las voladuras en cada frente se ha determinado como promedio se obtuvo un avance de 3,22 metros por disparo. En base a los resultados anteriores al realizar la división $3,22\text{m}/3,70\text{m}$ resulta un cociente de 0,87, que expresado en porcentaje es 87%; esto significa que la eficiencia del avance es 87%.

De la misma manera se puede realizar el análisis del Factor de Avance, que consiste en la determinación de la cantidad de carga explosiva requerida por cada metro lineal de avance. En la Tabla siguiente se puede observar los valores obtenidos.

Tabla 8.

Factor de avance, mes 3.

FECHA	TURNO	LABOR	NIVEL	SECCIÓN PLANEADA	PERFORACIÓN EFECTIVA (m)	AVANCE EFECTIVO (m)	EXPLOSIVO (KG)	FACTOR DE AVANCE (Kg/m)
01 - Mes 3	DÍA	AC-831	850	4.00X4.50	3.70	3.60	125.55	34.88
01 - Mes 3	DÍA	CA-811	850	4.50X4.50	3.60	3.00	88.83	29.61
02 - Mes 3	DÍA	RP-08	850	4.50X4.50	3.70	2.50	129.6	51.84
02 - Mes 3	DÍA	CA-811	850	4.00X4.00	3.70	2.70	127.71	47.30
03 - Mes 3	NOCHE	RP-08	850	4.50X4.50	3.70	2.30	140.19	60.95
03 - Mes 3	NOCHE	AC-831	850	4.00X4.50	3.70	3.70	127.71	34.52
04 - Mes 3	DÍA	CA-811	850	4.00X4.00	3.40	3.20	127.29	39.78
05 - Mes 3	NOCHE	RP-08	850	4.50X4.50	3.70	3.10	152.88	49.32
05 - Mes 3	NOCHE	CA-811	850	4.00X4.00	3.70	2.80	127.71	45.61
06 - Mes 3	NOCHE	RP-08	850	4.50X4.50	3.70	3.50	165.57	47.31
06 - Mes 3	NOCHE	AC-831	850	4.00X4.50	3.70	3.20	152.88	47.78
07 - Mes 3	NOCHE	RP-08	850	4.50X4.50	3.90	3.90	152.07	38.99
07 - Mes 3	NOCHE	CA-811	850	4.00X4.00	3.90	4.40	139.59	31.73
PROMEDIO					3,70	3,22	135.20	43,05

De la Tabla anterior se puede observar que la cantidad de explosivo utilizado para cada disparo, resultó ser la cantidad de 43,05 kilogramos por cada metro lineal de avance.

4.2.2 Mes 4

Para realizar el análisis de los resultados obtenidos el mes 4, tomamos en consideración la Tabla 5; en base a dicha Tabla se obtiene la eficiencia de la voladura obtenida en cada disparo.

Tabla 9.

Eficiencia de la voladura, mes 4.

FECHA	TURNO	LABOR	NIVEL	SECCIÓN PLANEADA	PERFORACIÓN NEFFECTIVA	AVANCE EFECTIVO	EFICIENCIA DE VOLADURA %
02 - Mes 4	NOCHE	RP-08	850	4.50X4.50	3.50	2.80	80%
03 - Mes 4	NOCHE	AC-83	850	4.00X4.00	3.00	2.50	83%
04 - Mes 4	DIA	CA-811	850	4.50X4.50	3.60	2.90	81%
04 - Mes 4	NOCHE	AC-83	850	4.00X4.00	3.20	2.80	88%
06 - Mes 4	DIA	CA-811	850	4.50X4.50	3.80	3.80	100%
07 - Mes 4	NOCHE	AC-83	850	4.00X4.00	3.60	3.50	97%
08 - Mes 4	NOCHE	AC-83	850	4.00X4.00	3.50	3.30	94%
09 - Mes 4	DIA	CA-811	850	4.50X4.50	3.60	3.20	89%
10 - Mes 4	DIA	AC-83	850	4.00X4.00	3.60	3.50	97%
11 - Mes 4	DIA	AC-83	850	4.00X4.00	3.30	3.30	100%
11 - Mes 4	NOCHE	CA-811	850	4.50X4.50	3.90	3.90	100%
12 - Mes 4	DIA	AC-83	850	4.00X4.00	3.20	3.20	100%
13 - Mes 4	DIA	CA-811	850	4.50X4.50	3.60	3.40	94%
13 - Mes 4	NOCHE	AC-83	850	4.00X4.00	3.80	3.80	100%
15 - Mes 4	DIA	RP-08	850	4.50X4.50	3.20	2.80	88%
15 - Mes 4	DIA	AC-83	850	4.00X4.00	3.75	3.10	83%
16 - Mes 4	DIA	AC-83	850	4.00X4.00	3.70	3.70	100%
16 - Mes 4	NOCHE	CA-811	850	4.50X4.50	3.80	3.70	97%
17 - Mes 4	DIA	AC-83	850	4.00X4.00	3.75	3.40	91%
17 - Mes 4	NOCHE	CA-811	850	4.50X4.50	3.80	3.10	82%
17 - Mes 4	NOCHE	CA-831	850	4.50X4.50	3.60	2.20	61%
18 - Mes 4	NOCHE	RP-08	850	4.50X4.50	3.70	3.60	97%
19 - Mes 4	DIA	CA-831	850	4.50X4.50	3.50	3.50	100%
19 - Mes 4	NOCHE	CA-811	850	4.50X4.50	3.70	3.70	100%
23 - Mes 4	DIA	CA-811	850	4.50X4.50	3.70	3.00	81%
25 - Mes 4	NOCHE	CA-811	850	4.50X4.50	2.50	2.20	88%
27 - Mes 4	DIA	CA-831	850	4.50X4.50	3.70	3.00	81%
27 - Mes 4	NOCHE	CA-811	850	4.50X4.50	3.60	2.80	78%
28 - Mes 4	DIA	AC-83	850	4.50X4.50	3.80	4.00	105%
28 - Mes 4	NOCHE	CA-811	850	4.50X4.50	3.70	3.50	95%
28 - Mes 4	NOCHE	CA-831	850	4.50X4.50	3.70	3.50	95%
29 - Mes 4	DIA	AC-83	850	4.00X4.00	3.90	3.90	100%
29 - Mes 4	NOCHE	RP-08	850	4.50X4.50	3.70	3.70	100%
29 - Mes 4	NOCHE	CA-811	850	4.50X4.50	3.60	3.20	89%
30 - Mes 4	DIA	CA-831	850	4.50X4.50	3.60	3.50	97%
30 - Mes 4	NOCHE	CA-811	850	4.50X4.50	3.70	3.50	95%
30 - Mes 4	NOCHE	AC-83	850	4.00X4.00	3.70	3.70	100%
PROMEDIO					3.58	3.30	92%

De la Tabla anterior se observa que la perforación efectiva en promedio fue de 3,58 metros, y realizado las voladuras en cada frente se ha determinado como promedio se obtuvo un avance de 3,30 metros por disparo. En base a los resultados anteriores al realizar la división 3,30m/3,58m resulta un cociente de 0,92, que expresado en porcentaje es 87%; esto significa que la eficiencia del avance es 92%.

De la misma manera se puede realizar el análisis del Factor de Avance. En la Tabla siguiente se puede observar los valores obtenidos.

Tabla 10.

Factor de avance, mes 4.

Fecha	Turno	Labor	Nivel	Seccion Planeada (m)	Perforacion Efectiva (m)	Avance Efectivo (m)	Total de Explosivo (Kg)	Factor Avance (kg/m)
02 - Mes 4	NOCHE	RP-08	850	4.50X4.50	3.50	2.80	114.81	41.00
03 - Mes 4	NOCHE	AC-83	850	4.00X4.00	3.00	2.50	102.33	40.93
04 - Mes 4	DIA	CA-811	850	4.50X4.50	3.60	2.90	127.71	44.04
04 - Mes 4	NOCHE	AC-83	850	4.00X4.00	3.20	2.80	127.29	45.46
06 - Mes 4	DIA	CA-811	850	4.50X4.50	3.80	3.80	121.50	31.97
07 - Mes 4	DIA	AC-83	850	4.00X4.00	3.60	3.50	154.95	44.27
08 - Mes 4	NOCHE	AC-83	850	4.00X4.00	3.50	3.30	114.21	34.61
09 - Mes 4	DIA	CA-811	850	4.50X4.50	3.60	3.20	151.44	47.33
10 - Mes 4	DIA	AC-83	850	4.00X4.00	3.60	3.50	157.92	45.12
11 - Mes 4	DIA	AC-83	850	4.00X4.00	3.30	3.30	138.75	42.05
11 - Mes 4	NOCHE	CA-811	850	4.50X4.50	3.90	3.90	139.38	35.74
12 - Mes 4	DIA	AC-83	850	4.00X4.00	3.20	3.20	151.44	47.33
13 - Mes 4	DIA	CA-811	850	4.50X4.50	3.60	3.40	127.29	37.44
13 - Mes 4	NOCHE	AC-83	850	4.00X4.00	3.80	3.80	152.07	40.02
15 - Mes 4	DIA	RP-08	850	4.50X4.50	3.20	2.80	126.21	45.08
15 - Mes 4	DIA	AC-83	850	4.00X4.00	3.75	3.10	142.74	46.05
16 - Mes 4	DIA	AC-83	850	4.00X4.00	3.70	3.70	139.59	37.73
16 - Mes 4	NOCHE	CA-811	850	4.50X4.50	3.80	3.70	116.10	31.38
17 - Mes 4	DIA	AC-83	850	4.00X4.00	3.75	3.40	135.00	39.71
17 - Mes 4	NOCHE	CA-811	850	4.50X4.50	3.80	3.10	115.02	37.10
17 - Mes 4	NOCHE	CA-831	850	4.50X4.50	3.60	2.20	177.66	80.75
18 - Mes 4	NOCHE	RP-08	850	4.50X4.50	3.70	3.60	163.92	45.53
19 - Mes 4	DIA	CA-831	850	4.50X4.50	3.50	3.50	157.68	45.05
19 - Mes 4	NOCHE	CA-811	850	4.50X4.50	3.70	3.70	121.50	32.84
23 - Mes 4	DIA	CA-811	850	4.50X4.50	3.70	3.00	127.71	42.57
25 - Mes 4	NOCHE	CA-811	850	4.50X4.50	2.50	2.20	76.95	34.98
27 - Mes 4	DIA	CA-831	850	4.50X4.50	3.70	3.00	139.40	46.47
27 - Mes 4	NOCHE	CA-811	850	4.50X4.50	3.60	2.80	113.83	40.65
28 - Mes 4	DIA	AC-83	850	4.50X4.50	3.80	4.00	163.92	40.98
28 - Mes 4	NOCHE	CA-811	850	4.50X4.50	3.70	3.50	114.02	32.58
28 - Mes 4	NOCHE	CA-831	850	4.50X4.50	3.70	3.50	139.38	39.82
29 - Mes 4	DIA	AC-83	850	4.00X4.00	3.90	3.90	163.92	42.03
29 - Mes 4	NOCHE	RP-08	850	4.50X4.50	3.70	3.70	125.09	33.81
29 - Mes 4	NOCHE	CA-811	850	4.50X4.50	3.60	3.20	117.80	36.81
30 - Mes 4	DIA	CA-831	850	4.50X4.50	3.60	3.50	163.92	46.83
30 - Mes 4	NOCHE	CA-811	850	4.50X4.50	3.70	3.50	129.95	37.13
30 - Mes 4	NOCHE	AC-83	850	4.00X4.00	3.70	3.70	114.21	30.87
PROMEDIO					3.58	3.30	134.22	41.19

De la Tabla anterior se puede ver que el Factor de Avance lineal, logrado en el mes 4 de la investigación, es de 41,19 kg/m.

4.3 Prueba de hipótesis

4.3.1 Hipótesis general

Como hipótesis general de la investigación se ha propuesto que: La modificación del corte de mallas de perforación influye positivamente en el incremento de los indicadores de la voladura en las labores del Nv. 850 de la mina Andaychagua.

Para la prueba de la hipótesis general se considera que cuando en los meses 1 y 2 cuando se utilizaba un arranque con cuatro taladros rimados se tenían los siguientes indicadores.

Tabla 11.

Indicadores de perforación y voladura meses 1 y 2.

Mes 1 y 2	Perforación efectiva (m)	Avance lineal por disparo (m)	Eficiencia de voladura (%)
PROMEDIO	3.60	3.03	84%

En base a los resultados de los meses 3 y 4 se puede realizar un resumen de los indicadores de tales meses para poder comparar con los valores de los indicadores obtenidos en los meses 1 y 2.

Tabla 12.

Promedio de los indicadores de los meses 3 y 4.

Mes	Perforación Efectiva (m)	Avance lineal por disparo (m)	Eficiencia de voladura (%)
3	3.70	3.22	87%
4	3.58	3.30	92%
PROMEDIO	3.64	3.26	90%

Con estos valores obtenidos, para una mejor visualización tenemos la Tabla resumen general de los indicadores.

Tabla 13.

Resumen general de los indicadores.

INDICADORES	MESES 1 Y 2	MESES 3 Y 4	DIFERENCIA
Perforación efectiva (m)	3.60	3.64	1%
Avance lineal por disparo (m)	3.03	3.26	7,6%
Eficiencia de voladura (m)	84	90	6%

También se tiene los gráficos siguientes:

Figura 20.

Comparación de la perforación efectiva y el avance lineal por disparo.

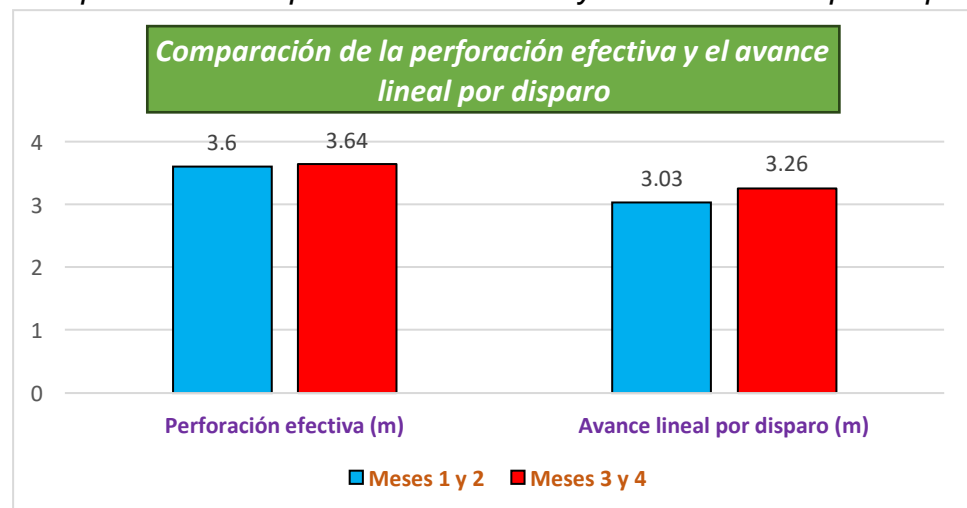
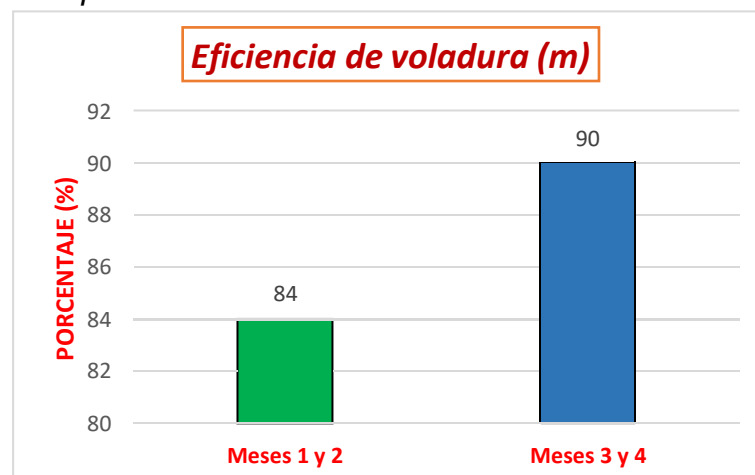


Figura 21.

Comparación eficiencia de voladura.



Entonces como se puede observar en la Tabla 13, y las Figuras 20 y 21, con el nuevo diseño de malla de perforación y voladura para una roca dura, RMR 50-60, en el que se implementó un arranque con 5 taladros rimados en los meses 3 y 4 se han mejorado la perforación efectiva en 1%, el avance lineal por disparo en 7,6% y la eficiencia de voladura en 6%, teniendo como base los resultados de los meses 1 y 2, se puede afirmar entonces que *la hipótesis general de la investigación es verdadera.*

4.3.2 Hipótesis específicas

Hipótesis específica a)

Como hipótesis específica a) se ha considerado que: La modificación del corte de mallas de perforación influye positivamente en el incremento de los avances por disparo en las labores del Nv. 850 de la mina Andaychagua.

Considerando los resultados presentados en las Tablas, puede resumir en la Tabla siguiente:

Tabla 14.

Mejora de los avances lineales en meses de la investigación.

Meses	Avances (m)
Mes 1	3,06
Mes 2	2,99
Mes 3	3,22
Mes 4	3,30

Figura 22.

Mejora en los avances lineales.



Entonces tal como se puede observar en la Figura anterior se puede observar que cuando se implementa arranques con 5 taladros rimados, en el mes 3 el avance fue 3,22 metros y el mes 4 fue 3,30 metros; en ambos casos superan los avances de los meses 1 y 2 cuando se usaban arranques con cuatro taladros rimados. En tal sentido podemos decir que la hipótesis específica a) es verdadera.

Hipótesis específica b)

Como una hipótesis específica b) para la investigación se consideró que: La modificación del corte e de mallas de perforación influye positivamente en la disminución de la sobre rotura en las labores del Nv. 850 de la mina Andaychagua.

Realizada el diseño del nuevo arranque con 5 taladros rimados, en el mes 3, se inició la aplicación de tal diseño y la medición de los indicadores de perforación y voladura, pero, no a la sobre rotura.

En el mes 4 se consideró la medición estricta de la sobre rotura en cada disparo, porque se había determinado que en los meses 1 y

2, tal como se observa en la Tabla 3, la sobre rotura era 23%, lo cual se considera muy alto.

Por lo tanto, como se observa en la Tabla 6, se midió las dimensiones de las labores después de cada disparo para determinar exactamente la sobre rotura producida en las voladuras para cuantificar realmente la sobre rotura producida. De la mencionada Tabla se tiene el siguiente resumen.

Tabla 15.

Resumen de las mediciones de la sobre rotura.

Fecha	Labor	Nivel	Sección Planeada (m)	Sección Post-Voladura (m)	Sobre rotura Logrado (%)
02 - Mes 4	RP-08	850	4.50X4.50	4.75X4.70	10%
03 - Mes 4	AC-83	850	4.00X4.00	4.88X4.75	45%
04 - Mes 4	CA-811	850	4.50X4.50	4.77X4.85	14%
04 - Mes 4	AC-83	850	4.00X4.00	4.34X4.55	23%
06 - Mes 4	CA-811	850	4.50X4.50	4.70X4.75	10%
07 - Mes 4	AC-83	850	4.00X4.00	4.44X4.67	30%
08 - Mes 4	AC-83	850	4.00X4.00	4.35X4.55	24%
09 - Mes 4	CA-811	850	4.50X4.50	4.60X4.70	7%
10 - Mes 4	AC-83	850	4.00X4.00	4.35X4.50	22%
11 - Mes 4	AC-83	850	4.00X4.00	4.70X4.55	34%
11 - Mes 4	CA-811	850	4.50X4.50	4.88X4.70	13%
12 - Mes 4	AC-83	850	4.00X4.00	4.40X4.35	20%
13 - Mes 4	CA-811	850	4.50X4.50	4.60X4.70	7%
13 - Mes 4	AC-83	850	4.00X4.00	4.65X4.70	37%
15 - Mes 4	RP-08	850	4.50X4.50	4.70X4.56	6%
15 - Mes 4	AC-83	850	4.00X4.00	4.60X4.55	31%
16 - Mes 4	AC-83	850	4.00X4.00	4.25X4.30	14%
16 - Mes 4	CA-811	850	4.50X4.50	4.65X4.70	8%
17 - Mes 4	AC-83	850	4.00X4.00	4.45X4.55	27%
17 - Mes 4	CA-811	850	4.50X4.50	4.80X4.65	10%
17 - Mes 4	CA-831	850	4.50X4.50	4.80X4.70	11%
18 - Mes 4	RP-08	850	4.50X4.50	4.66X4.55	5%
19 - Mes 4	CA-831	850	4.50X4.50	4.65X4.70	8%
19 - Mes 4	CA-811	850	4.50X4.50	4.65X4.70	8%
23 - Mes 4	CA-811	850	4.50X4.50	4.70X4.70	9%
25 - Mes 4	CA-811	850	4.50X4.50	4.76X4.80	13%
27 - Mes 4	CA-831	850	4.50X4.50	4.55X4.60	3%
27 - Mes 4	CA-811	850	4.50X4.50	4.75X4.60	8%
28 - Mes 4	AC-83	850	4.50X4.50	4.70X4.76	10%
28 - Mes 4	CA-811	850	4.50X4.50	4.55X4.70	6%
28 - Mes 4	CA-831	850	4.50X4.50	4.70X4.76	10%
29 - Mes 4	AC-83	850	4.00X4.00	4.35X4.70	28%
29 - Mes 4	RP-08	850	4.50X4.50	4.55X4.60	3%
29 - Mes 4	CA-811	850	4.50X4.50	4.70X4.67	8%
30 - Mes 4	CA-831	850	4.50X4.50	4.88X4.90	18%
30 - Mes 4	CA-811	850	4.50X4.50	4.70X4.64	8%
30 - Mes 4	AC-83	850	4.00X4.00	4.40X4.55	25%
PROMEDIO					15%

Para comparar los resultados de la sobre rotura tenemos:

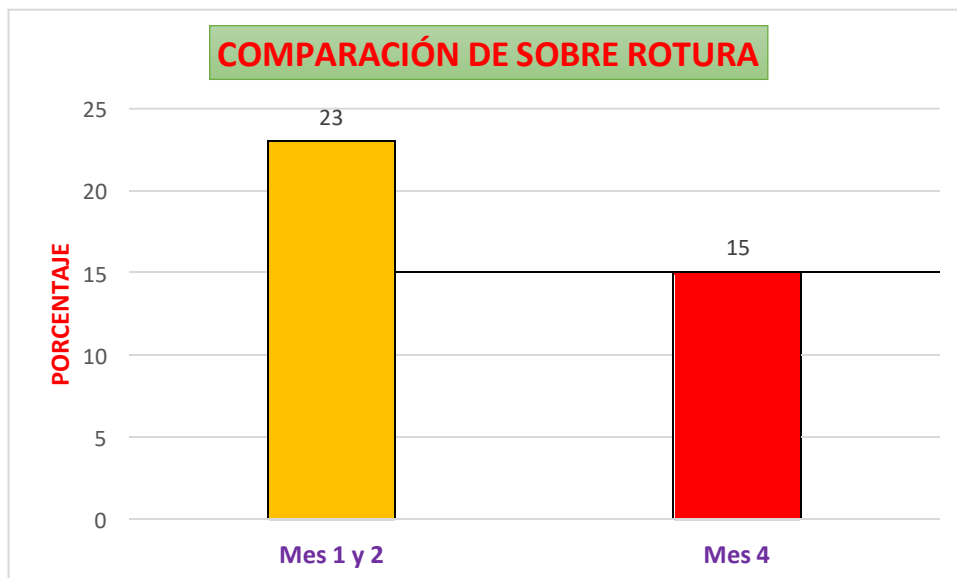
Tabla 16.

Comparación de las sobre roturas.

	Mes 1 y 2	Mes 4	Diferencia
Sobre rotura	23%	15%	-8%

Figura 23.

Comparación de las sobre roturas.



Entonces tal como se muestra en la Tabla 15 y la Figura 22, se observa que la reducción de la sobre rotura es del 8%, siendo un valor positivo, y que puede asegurar un lugar de trabajo adecuado para el personal que trabaja en el interior de esas labores. Consecuentemente se puede afirmar que la hipótesis específica b) es verdadera.

4.4 Discusión de resultados

En la investigación de Ahmad Aryafar (2020) "Selection of the most proper drilling and blasting pattern by using MADM methods (A case study: Sangam Iron Ore Mine, Iran)" concluyen que la perforación y voladura es el método más común aplicado en la minería a cielo abierto, lo cual también podemos decir que en la unidad minera Andaychagua esas operaciones son importantes; además, realizado el estudio proponen como alternativa un nuevo diseño para la malla de perforación y voladura de 5m x 4m, que seguramente como resultado del análisis científico traerá buenos resultados, tal como se ha obtenido en la presente investigación al implementar un corte con 5 taladros rimados en vez de 4 taladros rimados.

En otro estudio de Yauri Moreno, K. (2018) "Incrementar los índices de perforación y voladura de roca en la excavación de las labores de preparación y desarrollo en La Mina Consuelo de la Compañía Minera Poderosa S.A." tiene como conclusión que los índices de perforación y voladura en los subniveles y chimeneas se incrementó; en chimeneas el aumento fue de 1.40 m/disparo a 1.5 m/disparo, por ejemplo. De manera similar en la investigación realizada de los avances de 2,99 metros se pasó a 3,30 metros, siendo un incremento significativo en cada disparo y permitirá cumplir con los metrajes programados.

CONCLUSIONES

1. Al modificar el corte en la malla de perforación de 4 taladros rimados a 5 taladros rimados se incrementó el avance por disparo de 2,99 metros a 3,30 metros en las labores del Nv. 850 de la mina Andaychagua.
2. Con la modificación del número de taladros rimados en el corte se ha incrementado la perforación efectiva en 1%, el avance lineal por disparo 7,6% y la eficiencia de la voladura en 6%.
3. La precisión de la perforación de los taladros en los frentes de las labores del Nv. 850 han permitido la reducción de la sobre rotura de 23% a 15%, es decir una disminución del 8%.
4. El factor de avance en el mes 4 ha mejorado aquel del mes 3, en el mes 3 se tuvo 43,05 kg/m y en el mes 4 se redujo a 41,19 kg/m, siendo la reducción de 1,86 kilogramos por disparo.
5. La capacitación de los trabajadores en el nuevo diseño del corte ha influido positivamente en la mejora de los indicadores de la perforación y la voladura.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda continuar el seguimiento del pintado de la malla de perforación y la perforación misma considerando la modificación en el arranque (5 taladros rimados).
2. Se recomienda realizar el cumplimiento del carguío de los 4 taladros del arranque y las 4 ayudas del arranque con emulsión de 1 1/2" x 12" para garantizar la energía requerida.
3. Se recomienda implementar el uso del iniciador con mecha de seguridad para ahorrar metros de cordón detonante en el amarre.
4. Se recomienda continuar con el uso de los guidores de aluminio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad Aryafar, et al. (2020). Selection of the most proper drilling and blasting pattern by using MADM methods (A case study: Sangan Iron Ore Mine, Iran). Department of Mining Engineering, Faculty of Engineering, University of Birjand, Iran.
- Beltrán Velásquez, S. (2022). *Diseño de malla de perforación y voladura para optimizar la productividad en una mina subterránea en Pataz La Libertad 2020*. Tesis para título profesional de Ingeniero de Minas. Universidad Privada del Norte.
- Costa Nascimento, I. (2020). *Blast advance optimization in underground stopes*. Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- Guillen Guerrero, M. P. (2018). Reducción del factor de carga y optimización de costos con la aplicación de corte cilíndrico en arranque de labores de avance en roca sedimentaria marga – Mina Animon – IESA. Tesis para título profesional de Ingeniero de Minas. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- López Jimeno, C./López Jimeno, E. (2003). *Manual de perforación y voladura de rocas*. Edición Arias Montano. pp.438.
- Salcedo Torres, J. C. (2020). *Evaluación técnica de la voladura en la compañía minera Corihuarmi*. Tesis para título profesional de Ingeniero de Minas. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

Yauri Moreno, K. (2018). *Incrementar los índices de perforación y voladura de roca en la excavación de las labores de preparación y desarrollo en La Mina Consuelo de la Compañía Minera Poderosa S.A.* Tesis para título profesional de Ingeniero de Minas. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

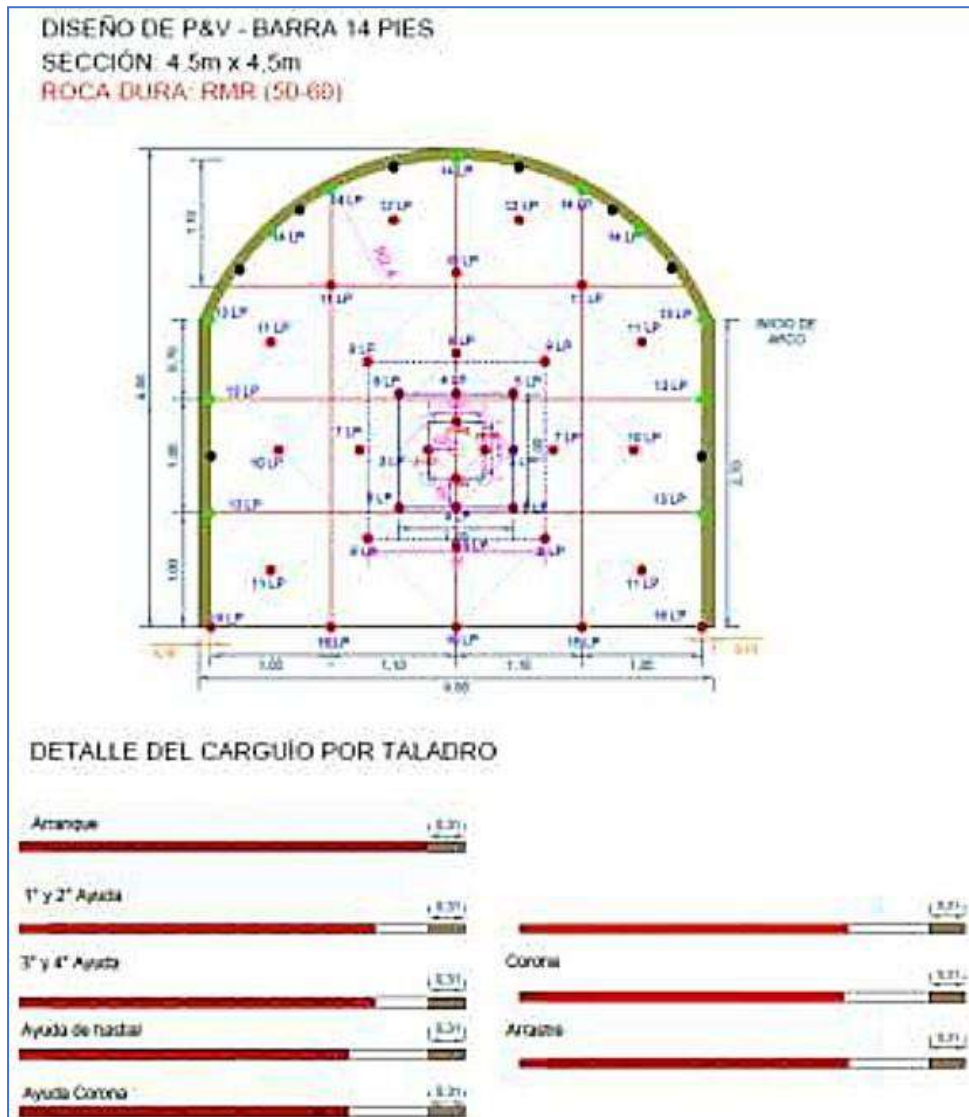
ANEXOS

**ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA
MODIFICACIÓN DEL CORTE DE MALLAS DE PERFORACIÓN PARA INCREMENTAR INDICADORES DE VOLADURA EN LABORES
DEL NV. 850 MINA ANDAYCHAGUA**

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	METODOLOGIA																		
¿De qué manera la modificación del corte de mallas de perforación influye en el incremento de los indicadores de la voladura en labores del Nv. 850 de la mina Andaychagua?	Determinar de qué manera la modificación del corte de mallas de perforación influye en el incremento de las eficiencias de la voladura en labores del Nv. 850 de la mina Andaychagua.	La modificación del corte de mallas de perforación influye positivamente en el incremento de los indicadores de la voladura en labores del Nv. 850 de la mina Andaychagua.	<p>Método de investigación: Científico.</p> <p>Tipo de Investigación: Aplicada.</p> <p>Nivel de investigación: Descriptivo - Explicativo.</p> <p>Diseño de la Investigación: Cuasi experimental.</p> <p>Población: Labores del nivel Nv. 850, mina Andaychagua.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Labor</th> <th>Nivel</th> <th>Tipo de voladura</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RP-08</td> <td>850</td> <td>Frente</td> </tr> <tr> <td>AC-83</td> <td>850</td> <td>Frente</td> </tr> <tr> <td>CA-811</td> <td>850</td> <td>Frente</td> </tr> <tr> <td>AC-831</td> <td>850</td> <td>Frente</td> </tr> <tr> <td>AC-081</td> <td>850</td> <td>Frente</td> </tr> </tbody> </table> <p>Muestra: Fue elegida de manera no aleatoria las labores: RP-08, AC-83, CA-811 y AC-831</p>	Labor	Nivel	Tipo de voladura	RP-08	850	Frente	AC-83	850	Frente	CA-811	850	Frente	AC-831	850	Frente	AC-081	850	Frente
Labor	Nivel	Tipo de voladura																			
RP-08	850	Frente																			
AC-83	850	Frente																			
CA-811	850	Frente																			
AC-831	850	Frente																			
AC-081	850	Frente																			
<p>a) ¿Cómo la modificación del corte de mallas de perforación influye en el incremento de los avances por disparo en las labores del Nv. 850 de la mina Andaychagua?</p> <p>b) ¿De qué manera la modificación del corte de mallas de perforación influye en la disminución de la sobre rotura en las labores del Nv. 850 de la mina Andaychagua?</p>	<p>c) Determinar cómo la modificación del corte de mallas de perforación influye en el incremento de los avances por disparo en las labores del Nv. 850 de la mina Andaychagua.</p> <p>d) Establecer de qué manera la modificación del corte de mallas de perforación influye en la disminución de la sobre rotura en las labores del Nv. 850 de la mina Andaychagua.</p>	<p>a) La modificación del corte de mallas de perforación influye positivamente en el incremento de los avances por disparo en las labores del Nv. 850 de la mina Andaychagua.</p> <p>b) La modificación del corte de mallas de perforación influye positivamente en la disminución de la sobre rotura en las labores del Nv. 850 de la mina Andaychagua.</p>																			

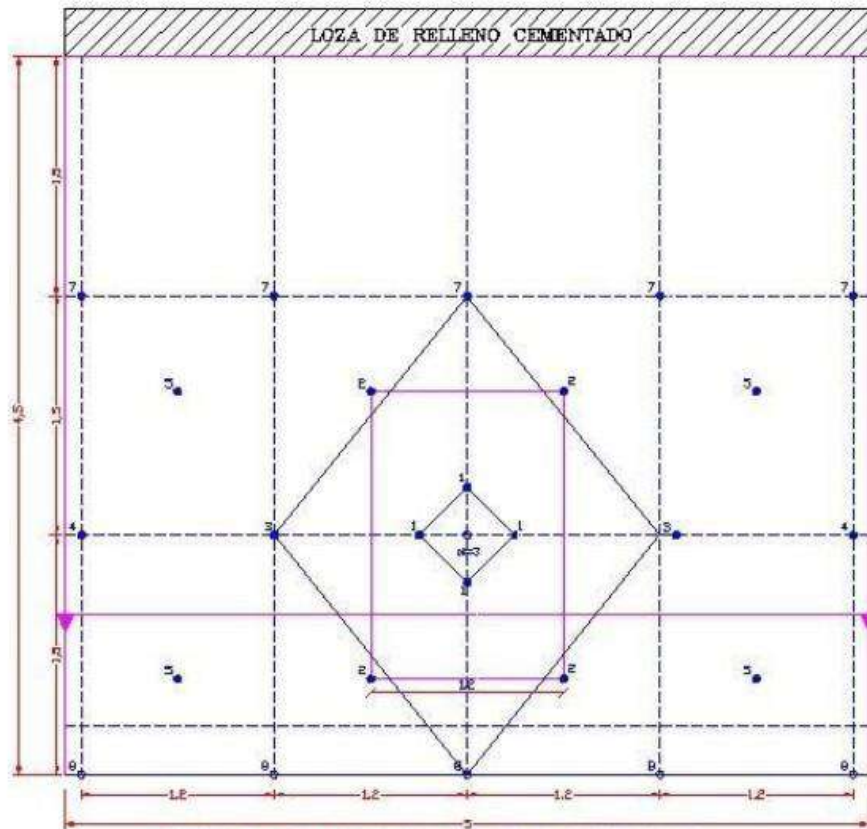
ANEXO 2.

NUEVA MALLA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA



ANEXO 3.

MALLA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA PARA UCF



ESPECIFICACIONES TECNICAS PERFORACION VOLADURA

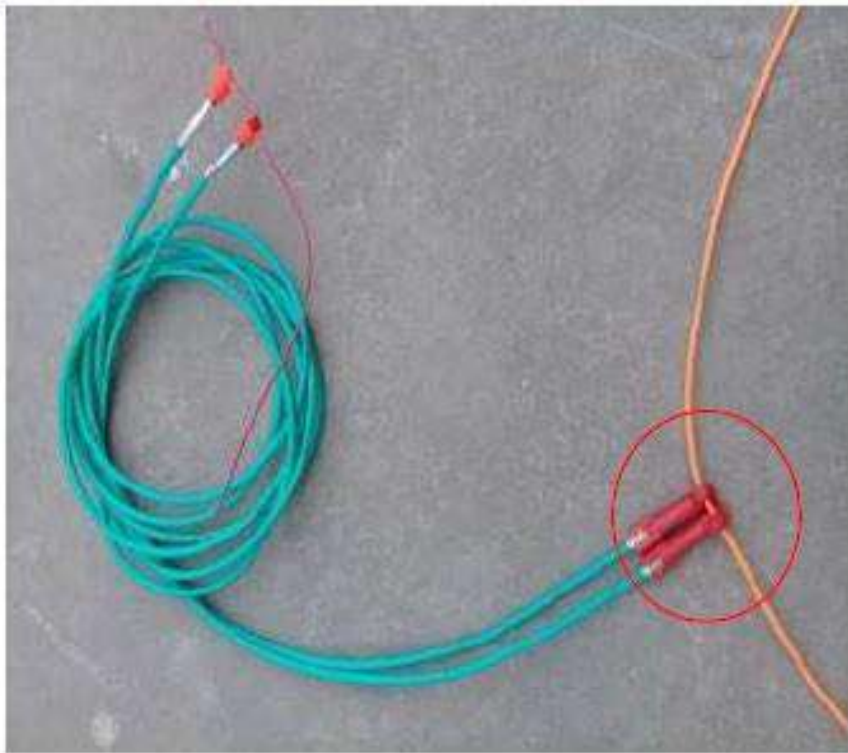
TIPO DE ROCA	II
LONG DE BARRIDO	3,00 m
LONG DE PERF.	2,70 m
DIAMETRO DE BROCA	51 mm
DIAMETRO DE RINADO	4"
Nro TAL. ROTURA	26
AVANCE	25m
FACTOR DE CARGA	0.27 Kg/m ³
EFF DE VOLADURA	99%

	Nro TAL	ULZ'	ULZ"	ULZ'''	AVL	AVL'
ALVIOS	1					
ARENGLES	4	12		2.5	13.2	4
1RA AYUDA	4	11		2.2	11.2	4
2DA AYUDA	2	11		2.3	17.4	2
CUADRADORES	2	11		2.2	9	2
A.V. CUADRADORES	11			2.3	14.3	4
A.V. CORDON	5	10		2.2	14.5	5
ARRASTRE	5	12		2.5	14.5	5

ANEXO 4.

CARMEX 2C PARA REEMPLAZAR CORDÓN DETONANTE

CARMEX 2C




ANEXO 5.

**CAPACITACIÓN DE PERSONAL ENCARGADO DE PERFORACIÓN Y
VOLADURA.**



ANEXO 6.

EVALUACIÓN GEOMECÁNICA DE Nv. 850

EVALUACIÓN GEOMECÁNICA									
NIVEL : ZONA: SN_738 LABOR: VETA: FECHA:									
SISTEMA RMR									
PARAMETROS					RANGO		VALOR		
Resistencia a la compresión uniaxial					50-100		MPa		
RQD					25-50		%		
Espaciamiento de discontinuidades					0.06-0.2		m		
CONDICIÓN DE DISCONTINUIDADES									
Familia		dos familias de juntas		ninguna falla principal		un contacto		Persistencia	
		2		0		1		3-10	
		Rugosidad de las Juntas		Planares		Abertura		1-5	
Rugosas Planares				1.5		Rugosidad		Rugosa	
Rugosas Onduladas				3		Relleno		Duro>5mm	
Lisas Planares				1		Alteración		Mod. Intemperizada	
Lisas Onduladas				2		Agua subterránea		Humedo	
						Orientación		Regular	
RMR89 =					46				
RMR89 (Ajustado)					41				
CALIDAD DE ROCA					Roca Regular IIIB				
INDICE DE CAIDAD TUNELEA (Q)									
$Q = e^{-(RMR_{89} - 44)/9}$					Q = 0.72				
					j _n = 6.00				
					j _r = 1.50				
INDICE DE RESISTENCIA GEOLÓGICA (GSI)									
GSI = RMR ₈₉ - 5					GSI = 36				
					GSI = MF-R				
PARAMETROS DE ROCA INTACTA									
Litología metavolcánica					Ri = 60				
CRITERIO DE HOEK AND BROWN									
$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{cm} \cdot \left(m_B \cdot \frac{\sigma_3}{\sigma_{cm}} + s \right)^n$					Rcm = 5.38				
					Rcm = 64.30				
					s = 0.0000617				
					n = 0.51				
					D = 0.80				
DIMENSIONES DE LA LABOR									
Ancho =					8.0				
Alto =					5.0				
Radio de curvatura (A) =					3.6				
Radio de curvatura (B) =					6.4				
De =					5.0				
MÁXIMA ABERTURA AUTOSTABLE S (m)									
$S = 2 * ESR * (Q)^{0.4}$									
Q =					0.7				
ESR =					1.6				
S (Altura max) =					2.8				
S (Ancho max) =					3.3				
									
DESCRIPCIÓN									
Roca Regular IIIB con RMR 41 y GSI MF-R, Litología metavolcánica, con dos familias de juntas Planares, con ninguna falla principal, un contacto, discontinuidades con orientación Regular y relleno Duro>5mm. El tiempo de autosuporte es 1.5 Días con esfuerzos inducidos máximos alrededor de la excavación (corona y hastiales) 21.35 Mpa. Presencia de una Cuña Estable en la corona. El soporte recomendado consiste en Shotcrete 3"+ perno expansivo 1.2 m x 1.2 m con un factor de seguridad de 1.39153846153846.									
SOSTENIMIENTO									
Shotcrete 3" + Perno Expansivo 1.20 m x 1.20 m									
CAMPO DE ESFUERZOS									
$k = 100/z + 0.3$									
Profundidad z (m) =					768				
TIEMPO DE AUTOSOPORTE									
					1.5 Días				

