

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



TESIS

**Mejoramiento de la malla de perforación para reducir costos de voladura, en la zona intermedia del cuerpo Mery de la
Compañía Minera Alpayana S.A.**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor: Bach. Christian Israel ESPINOZA EGOAVIL

Asesor: Mg. Edwin Elías SÁNCHEZ ESPINOZA

Cerro de Pasco - Perú - 2021

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



TESIS

**Mejoramiento de la malla de perforación para reducir costos de
Voladura, en la zona intermedia del Cuerpo Mery de la
Compañía Minera Alpayana S.A.**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Teodoro Rodrigo SANTIAGO ALMERCÓ
MIEMBRO

Mg. Silvestre Fabián BENAVIDES CHAGUA
MIEMBRO

Ing. Julio César Santiago Rivera
MIEMBRO

DEDICATORIA

A DIOS.

Por tener a mi familia unida, haberme ayudado a llegar hasta este punto dentro de lo planeado, darme fe, la fortaleza, la salud y la sabiduría que fueron totalmente indispensables para lograr mi objetivo, además por su infinita bondad y amor.

A MIS PADRES.

Lina y Manuel, gracias por la vida y por todo lo que me han dado, por su apoyo incondicional que en todo momento me impartió para lograr mis objetivos simplemente los amo, para ustedes es cada triunfo, este es uno más importante hasta hoy porque estoy convencido que llegaran más, ahora les puedo decir misión cumplida.

A MIS HERMANOS.

Elvis, Erika, Nathalie, quienes me apoyaron incondicionalmente para poder llegar a ser un profesional de bien y seguir creciendo para ser un profesional de éxito.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión quien me albergó todos estos años e hizo posible nuestra formación académica.

A los catedráticos de la facultad de ingeniería de minas quienes compartieron sus enseñanzas y nos dieron las herramientas para poder triunfar.

A los ingenieros y trabajadores de la minera Alpayana S.A.C. por haber compartido la información y su valioso tiempo

RESUMEN

La compañía minera Alpayana S.A., se encuentra en el distrito de Chicla, provincia de Huarochirí de la región de Lima, se dedica a la explotación de plata, plomo, cobre y zinc con una producción de 5000 toneladas métricas por día y la mayor parte de sus operaciones son por el sistema mecanizado. Actualmente en la zona Intermedia de Cuerpos Mery se vienen ejecutando labores de preparación y exploración específicamente galerías, cruceros, rampas y bypass de sección 4.0 m x 4.0 m y 3.5 m x 3.5 m, en donde se ha realizado presente investigación de los procesos de perforación y voladura mediante un proceso de etapas, la primera etapa para el trabajo de investigación es el programa de Monitoreos, donde se ha detectado varios problemas.

Por ello en la zona Intermedia de cuerpos Mery, se ha propuesto la ejecución o preparación de labores mediante el mejoramiento de la malla de perforación y voladura como una opción para reducir los costos que permitirá diseñar las nuevas mallas de perforación y voladura, mejorando la productividad y optimizando los costos de manera sostenible.

En la investigación se tuvo como objetivo Mejorar la malla de perforación para obtener mejores parámetros de perforación y voladura en la zona de cuerpos Mery de la mina Alpayana.

En cuanto al tipo de investigación fue una investigación aplicada a la perforación y voladura en galerías, cruceros, rampas y bay pass, con un nivel experimental, bajo un método inductivo deductivo y de análisis y síntesis.

PALABRAS CLAVES: Mejoramiento, Malla de perforación, Costos, Voladura, Perforación

ABSTRACT

The mining company Alpayana SA, located in the Chicla district, Huarochiri province of the Lima region, is dedicated to the exploitation of silver, lead, copper and zinc with a production of 5000 metric tons per day and most of its operations are by the mechanized system. Currently in the Intermediate zone of Cuerpos Mery, preparation and exploration tasks are being carried out specifically galleries, crossings, ramps and bypass of section 4.0 mx 4.0 m and 3.5 mx 3.5 m, where this investigation of the drilling and blasting processes has been carried out by means of a process of stages, the first stage for the research work is the Monitoring program, where several problems have been detected.

For this reason, in the Intermediate zone of Mery bodies, the execution or preparation of work has been proposed by improving the drilling and blasting mesh as an option to reduce costs that will allow the design of new drilling and blasting meshes, improving productivity and optimizing costs in a sustainable way.

The objective of the research was to improve the drilling mesh to obtain better drilling and blasting parameters in the Mery body area of the Alpayana mine.

Regarding the type of research, it was a research applied to drilling and blasting in galleries, crossroads, ramps and bay passes, with an experimental level, under an inductive deductive method and analysis and synthesis.

KEY WORDS: Improvement, Mesh perforation, Costs, Blasting, Drilling

INTRODUCCIÓN

En nuestro trabajo de investigación intitulado “MEJORAMIENTO DE LA MALLA DE PERFORACIÓN PARA REDUCIR COSTOS DE VOLADURA, EN LA ZONA INTERMEDIA DEL CUERPO MERY DE LA COMPAÑÍA MINERA ALPAYANA S.A.” nos planteamos realizar la tesis en la Compañía Minera Alpayana, debido a que uno de los problemas más álgidos en el proceso de explotación fue la perforación y voladura.

Nuestra tesis comprende cuatro capítulos.

El capítulo I se orienta a la problemática de nuestra investigación, identificando el problema sobre el mejoramiento de la malla de perforación y su incidencia en la reducción de costos, además planteamos el problema, los objetivos, así como también su justificación y limitación.

El capítulo II, analizamos los antecedentes relacionados a nuestro problema, para poder orientar nuestra investigación, también se menciona sustento teórico sobre perforación, voladura; además se plantea la hipótesis, concluyendo con la terminología en perforación y voladura.

El capítulo III sobre metodología y técnicas, planteamos el tipo y nivel de investigación, el método, el diseño, la población y la muestra, las técnicas e instrumentos a emplear, concluyendo con el procesamiento de datos.

El capítulo IV resultados, hacemos un análisis de los datos obtenidos y presentamos los datos en base al trabajo de campo, al diagnóstico y las evaluaciones realizadas y mostrar finalmente las conclusiones y recomendaciones.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ABSTRACT

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

INDICE

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1	Identificación y determinación del problema.....	1
1.2	Delimitación de la investigación.....	3
1.2.1	Delimitación espacial	3
1.2.2	Delimitación temporal	3
1.3	Formulación del problema	3
1.3.1	Problema general.....	3
1.3.2	Problemas específicos	3
1.4	Formulación de objetivos.....	3
1.4.1	Objetivo general.....	3
1.4.2	Objetivos específicos	4
1.5	Justificación de la investigación	4
1.6	Limitación de la investigación	4

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes de estudio.....	5
2.2	Bases teóricas – científicas	6
2.3	Definición de términos	14
2.4	Formulación de la hipótesis.....	18
	2.4.1 Hipótesis General	18
	2.4.2 Hipótesis específicas	18
2.5	Identificación de variables	18
	Variables para la hipótesis general	18
	Variables para las hipótesis específicas.....	18
2.6	Definición operacional de variables e indicadores	20

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1	Tipo y nivel de investigación	21
3.2	Métodos de investigación	21
3.3	Diseño de investigación.....	21
3.4	Población y muestra.....	22
	3.4.1 Población	22
	3.4.2 Muestra.....	22
3.5	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	22
	3.5.1 Técnicas	22
	3.5.2 Instrumentos.....	22
3.6	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	23
3.7	Tratamiento Estadístico	23

3.8 Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	23
3.8.1 Selección.....	23
3.8.2 Validación.....	23
3.8.3 Confiabilidad.....	23
3.9 Orientación ética.....	24

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción del trabajo de campo.....	25
4.1.1 Diagnóstico de la perforación y voladura antes de las pruebas.....	27
4.1.2 Pruebas en roca dura sección: 3.50 mts. X 3.50 mts.	28
4.1.3 Pruebas en roca intermedia sección: 3.50 mts. X 3.50 mts.	30
4.1.4 Pruebas En Roca Suave Sección: 3.50 Mts. X 3.50 Mts.	32
4.1.5 Pruebas En Roca Dura Sección: 4.00 Mts. X 4.00 Mts.	34
4.1.6 Pruebas En Roca Intermedia Sección: 4.00 Mts. X 4.00 Mts.....	36
4.2 Presentación, análisis y discusión de resultados.....	38
Precios unitarios de acuerdo al tipo de malla y tipo de roca.....	42
4.3 Prueba de Hipótesis.....	52
4.4 Discusión de resultados.....	53

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Composición de los explosivos.....	9
Tabla N° 2. Operacionalización de las variables.....	20
Tabla N° 3. Diagnóstico de la perforación y voladura antes de las pruebas	28
Tabla N° 4. Datos técnicos de voladura prueba N° 1	29
Tabla N° 5. Resumen de parámetros de voladura prueba N° 1	29
Tabla N° 6. Datos técnicos de voladura prueba N°21	31
Tabla N° 7. Datos técnicos de voladura prueba N° 3.....	33
Tabla N° 8. Resumen de parámetros de voladura prueba N° 3.....	33
Tabla N° 9. Datos técnicos de voladura prueba N° 4.....	35
Tabla N° 10. Resumen de parámetros de voladura prueba N° 4.....	35
Tabla N° 11. Datos técnicos de voladura prueba N° 5.....	37
Tabla N° 12. Resumen de parámetros de voladura prueba N° 5.....	38
Tabla N° 13. Resultados de voladuras.....	38
Tabla N° 14. Resultados promedios de las pruebas efectuadas	38
Tabla N° 15. Burden en el arranque.....	39
Tabla N° 16. Burden de la primera ayuda	40
Tabla N° 17. Burden de la segunda ayuda	40
Tabla N°19. Burden del contorno.....	41
Tabla N° 20. Burden de arrastre.....	41
Tabla N° 21 Costos de voladura prueba N° 1	42
Tabla N° 22. Costos d voladura prueba N° 2.....	45
Tabla N° 23. Costos de voladura prueba N° 3.....	46

Tabla N° 24. Costos de voladura prueba N° 4	48
Tabla N° 25. Costos de voladura prueba N° 5	49
Tabla N° 26. Resumen de Costos de voladura.....	51
Tabla N° 27 Resultados de las pruebas de voladura	52
Tabla N° 28. Resultados promedios de las pruebas ejecutadas	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Componentes en el diseño de un tajo	7
Figura N° 2. Errores en la perforación.....	10
Figura N° 3. Influencia del paralelismo de los taladros.....	10
Figura N° 4. Arranque con buen paralelismo.....	10
Figura N° 5. Resultados de un buen paralelismo	11
Figura N° 6. Buen paralelismo y longitud de perforación.....	12
Figura N° 7. Buena voladura	12
Figura N° 8. Arranque con deficiente paralelismo.....	12
Figura N° 9. Taladros no alineados e inclinados	13
Figura N° 10. Resultado con deficiente paralelismo	13
Figura N° 11. Sobre excavación.....	14
Figura N°12. Desarrollo de una detonación	15
Figura N° 13. Proceso de detonación.....	16
Figura N° 14 Ubicación de la mina.....	26
Figura N° 15 Vista panorámica de la mina	26
Figura N° 16. Distribución d la carga de voladura prueba N° 1	29
Figura N° 17. Malla de perforación prueba N° 1	30
Figura N° 18. Distribución de la carga de voladura prueba N° 2	31
Figura N° 19. Malla de perforación prueba N° 2.....	32
Figura N° 20. Distribución d la carga de voladura prueba N° 3	33
Figura N° 21. Distribución d la carga de voladura prueba N° 3.	34
Figura N ° 22. Distribución d la carga de voladura prueba N° 4	35

Figura N ° 23. Malla de perforación de la prueba N° 4	36
Figura N ° 24. Distribución de carga prueba N° 5	37
Figura N ° 25. Malla de perforación de la prueba N° 5	38
Figura N ° 26. Malla de perforación con perforadora Jumbo	42
Figura N° 27. Pintado de la malla de perforación sección 3.5 x 3.5 m.	43
Figura N° 28. Pintado de la malla de perforación	5
Figura N° 29. Vista del corte rompe boca.....	6
Figura N° 30. Medición del avance del disparo.....	6
Figura N° 31. Evaluación la sobrerotura en la corona.....	7
Figura N° 32. Avance del disparo en el By Pass 456 Nv 10	7
Figura N° 33. Corona controlada en el Bay Pas 456 Nv 10	7

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Identificación y determinación del problema

Las compañías a nivel mundial afrontan retos y desafíos, ya que a través de la historia las industrias mineras se han encontrado en épocas de crisis y bonanzas debido a la baja y alza de precios de metales, por este motivo las empresas constantemente buscan maneras de reducir sus costos y optimizar sus recursos para alcanzar metas y proyecciones y una de las formas de mejorar su productividad es enfocándose en la perforación y voladura.

En La compañía minera Alpayana S.A., se encuentra en el distrito de Chicla, provincia de Huarochirí de la región de Lima, se dedica a la explotación de plata, plomo, cobre y zinc con una producción de 5000 toneladas métricas por día y la mayor parte de sus operaciones son por el sistema mecanizado. Actualmente en la zona Intermedia de Cuerpos Mery se vienen ejecutando labores de preparación y exploración específicamente galerías, cruceros, rampas y bypass de sección 4.0 m x 4.0 m y 3.5 m x 3.5 m, en donde se ha realizado la evaluación de los procesos de perforación y voladura mediante un proceso de etapas, la primera etapa para el trabajo de investigación es el programa de Monitoreos, donde se ha detectado varios problemas como:

- Problemas sobre la mano de obra: Personal no calificado, falta de capacitación, conocimiento empírico de los procesos, actitud negativa, etc.

- Problema de Monitoreo de trabajo: Falta de estándares y procedimientos, supervisión deficiente, falta de zonificación geomecánica, falta asistencia técnica en los procesos de perforación y voladura.

- Problema sobre suministro de materiales y herramientas: Juego incompleto de barrenos, falta de guidores, barrenos desgastados, falta de soporte digital e instrumentación, etc.

- Problema de máquinas y servicios: Presión baja de aire/agua, máquinas en mal estado, fugas de aire/agua, mantenimiento deficiente de equipos, exceso de empates en las instalaciones de agua/aire, etc.

- Problemas del medio ambiente y seguridad: Mal desatado de labor, terreno fracturado causado por la sobrecarga de explosivo, falta de orden y limpieza, presencia de agua, etc.

- Sumado a todo esto el problema principal de trabajar con una sola malla de perforación y voladura para la zona Intermedia de Cuerpos Mery, trajo como consecuencia disparos fallados, tales como tiros soplados, tiros cortados por este motivo se tenían que recargar los taladros y se generaban pérdidas.

Esto trajo como consecuencia como por ejemplo el cumplimiento del programa de avance, castigo a penalidades económicas para la contrata por causa de pasar los límites permitidos de sección de los túneles programados, inestabilidad al macizo rocoso por la alta vibración generada por las malas voladuras realizadas, esto trajo como consecuencia alta probabilidad de accidente por caída de roca, pésima granulometría en la fragmentación de la roca conllevando estos problemas en el transporte y chancado del material para planta.

Por ello en la zona Intermedia de cuerpos Mery, se ha propuesto la ejecución o preparación de labores mediante el mejoramiento de la malla de perforación y voladura como una opción para reducir los costos que permitirá diseñar las nuevas

mallas de perforación y voladura, mejorando la productividad y optimizando los costos de manera sostenible.

1.2 Delimitación de la investigación

1.2.1 Delimitación espacial

El presente trabajo se ha realizado en la Compañía Minera Alpayana S.A.

Que se encuentra ubicado en:

Distrito: Chicla

Provincia: Huarochirí

Departamento: Lima

1.2.2 Delimitación temporal

La presente investigación tendrá una duración de 6 meses; diciembre del 2018 – mayo del 2019

1.3 Formulación del problema

1.3.1 Problema general

¿Al mejorar la malla de perforación en qué grado podemos mejorar los parámetros de perforación y voladura en la zona de cuerpos Mery de la mina Alpayana?

1.3.2 Problemas específicos

- a. ¿Al mejorar la malla de perforación en qué grado podemos mejorar los parámetros de perforación y voladura en labores de 4.0 m x 4.0 m en la zona de cuerpos Mery de la mina Alpayana?
- b. ¿Al mejorar la malla de perforación en qué grado podemos mejorar los parámetros de perforación y voladura en labores de 3.5 m x 3.5 m en la zona de cuerpos Mery de la mina Alpayana?

1.4 Formulación de objetivos

1.4.1 Objetivo general

Mejorar la malla de perforación para obtener mejores parámetros de perforación y voladura en la zona de cuerpos Mery de la mina Alpayana.

1.4.2 Objetivos específicos

- a. Mejorar la malla de perforación para obtener mejores parámetros de perforación y voladura en labores de 4.0 m x 4.0 m en la zona de cuerpos Mery de la mina Alpayana.
- b. Mejorar la malla de perforación para obtener mejores parámetros de perforación y voladura en labores de 3.5 m x 3.5 m en la zona de cuerpos Mery de la mina Alpayana.

1.5 Justificación de la investigación

La presente investigación justifica su realización toda vez que ayudara a optimizar los recursos y obtener una reducción de sus costos operativos de la empresa minera, aprovechando sus ventajas en su aplicación de una manera correcta para conseguir un trabajo con mayor calidad y eficiente

Toda vez que La compañía minera Alpayana S.A. en la zona Intermedia de cuerpos Mery será la beneficiaria, ya que realizaremos pruebas para la estandarización de los diseños de mallas de perforación y voladura de acuerdo a las características geomecánicas según su intervalo de clasificación de RMR, estas pruebas vienen hacer los primeros trabajos para el proyecto de investigación, motivo por la cual estamos trabajando ya que la mina depende de muchas actividades relacionados a estos trabajos, para tener un resultado eficaz y favorable en sus procesos.

1.6 Limitación de la investigación

En el desarrollo de la investigación no hubo limitaciones para cumplir el objetivo trazado, ya que la empresa minera nos proporcionó todas las facilidades del caso para la elaboración del presente trabajo de investigación con relación a las pruebas efectuadas en campo, sin embargo, tuvimos limitaciones en cuanto a la capacitación del personal que intervendrá en la investigación

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de estudio

Se inició el estudio cuando el proyecto de investigación contaba con los antecedentes y fuentes de consulta siguientes:

-La tesis: **(LARA, 2013)** plantea como objetivo el de contar con una malla de perforación y voladura subterránea competente, en relación a la carga, explosivo, roca y la fragmentación. Llegando a establecer las principales conclusiones: el arranque hexagonal genera caras libres a los demás cuadrantes, no produce daños en la roca, al aplicar la teoría de Holmborg para el diseño se logró mejorar el avance de las labores por la mejora del disparo en un 88% después de aplicar el nuevo diseño de mala.

- **(PACAHUALA, 2015)** En su tesis nos menciona de como los estándares de perforación y voladura actualizados influye positivamente en los costos planteando como objetivo la disminución del costo de la perforación y voladura en las labores, conocer los rendimientos del ciclo de minado al actualizar los estándares.

Arribando a las conclusiones siguientes, al trabajar con estándares de 8 pies en la perforación se logró disminuir a 311 \$/ ml. En los frentes; los costos disminuyeron en un 10% y la productividad fue positivo en un 41%.

(RAMOS, 2016) en su tesis sobre ejecución de galerías y cruceros en la mina Ana María indica que hay un bajo rendimiento y altos costos en la perforación y voladura, por lo cual plantea optimizar dichas actividades mediante el método de los siete pasos de calidad, al final de su investigación llegó a mejorar el avance en perforación de 1.11 m. a 1.32 m/disparo con un costo de 174.40 \$/m.

Cabe también mencionar que se mejoró los parámetros de voladura como el número de taladros empleados para la voladura, cantidad de explosivos y el factor de carga.

2.2 Bases teóricas – científicas

En este proceso tendremos en cuenta algunos parámetros como se menciona en el libro perforación y voladura de rocas en minería, (BERNAOLA, CASTILLA, HERRERA, 2013) que a continuación detallamos:

a. Diseño de malla de Perforación

Es el esquema que indica la distribución de los taladros con detalle de distancias, cargas de explosivo y secuencia de encendido a aplicarse.

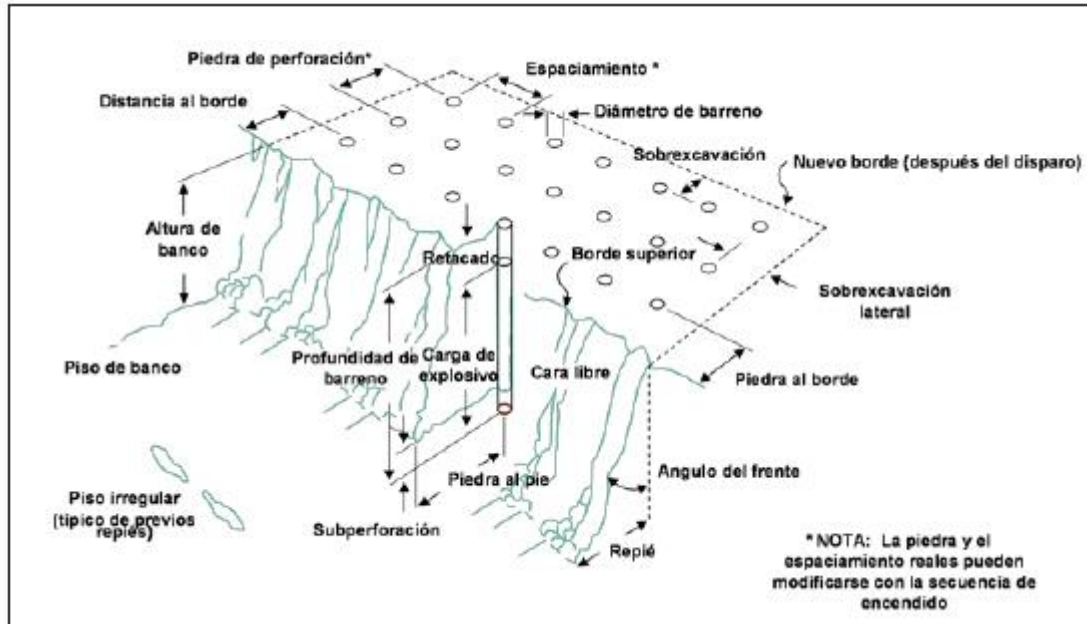
b. Voladura Subterránea

En nuestra profesión de Ingeniería de minas entendemos como un proceso mediante el cual un conjunto de taladros perforados y que contengan un determinado tipo de explosivo producen el desprendimiento, desplazamiento y fragmentación de la masa rocosa en una labor determinada.

c. Elementos de una voladura de un tajo

Los elementos más importantes que se debe tener en cuenta en una voladura de un tajo abierto son: el tajeo mismo, su altura, el burden, el espaciamiento, el ángulo de salida del material volado como se aprecia en la figura.

Figura N° 1. Componentes en el diseño de un tajo



d. Factores del diseño de la voladura

Para realizar el diseño de una voladura se tendrá en cuenta aspectos o factores que podemos manipular o modificar y de los factores no modificables propios de las características de la roca.

Tenemos:

d.1 Factores sobre el rendimiento de la voladura o sobre el diseño.

Se tiene en cuenta tres aspectos que influyen en el correcto diseño y en su control, estos son:

La cantidad correcta de explosivo

Su adecuada distribución en el taladro

Un correcto confinamiento del explosivo en el taladro

d.2 Factores geométricos.

Aplicados de acuerdo al método de explotación que se lleva a cabo estos son:

Diámetro del taladro

Altura del banco

Longitud del taladro

Inclinación del taladro

Numero de taladros

Distribución de los taladros

d.3 Factores propios de la roca.

Son factores que tienen las rocas y que no se puede controlar, pero si es importante tener en cuenta, estos son:

Densidad de la roca

Dureza de la roca

Velocidad sísmica de la roca

d.4 Factores sobre los explosivos

Son factores que se pueden controlar, estos son:

Densidad del explosivo

- Velocidad de detonación
- Presión de detonación
- Potencia del explosivo
- Carga de explosivo
- Secuenciación de la voladura

e. Elementos fundamentales de la voladura

En el libro manual práctico de voladura (**EXSA, s.f.**) Vemos que los elementos fundamentales en toda voladura son: Condición y estructura de la roca, Perforación (Diseño de malla y arranque - Habilidad del perforista, Selección del explosivo adecuado, Secuencia de salidas.

En cuanto a los explosivos dice, que son Productos químicos que encierran un enorme potencial de energía, Reaccionan instantáneamente con gran violencia, bajo la acción de fulminante u otro estímulo externo, Generan

Fuerte efecto de impacto que tritura la roca, Gran volumen de gases que se expanden con gran energía desplazando los fragmentos, Se fabrican con diferentes características como potencia, resistencia al agua y simpatía; asimismo de diferentes dimensiones según requerimiento de la mina

f. Composición General De Los Explosivos En El Mercado

La composición de los explosivos que se usan en el mercado nacional lo observamos en el siguiente cuadro.

Tabla N° 1. Composición de los explosivos

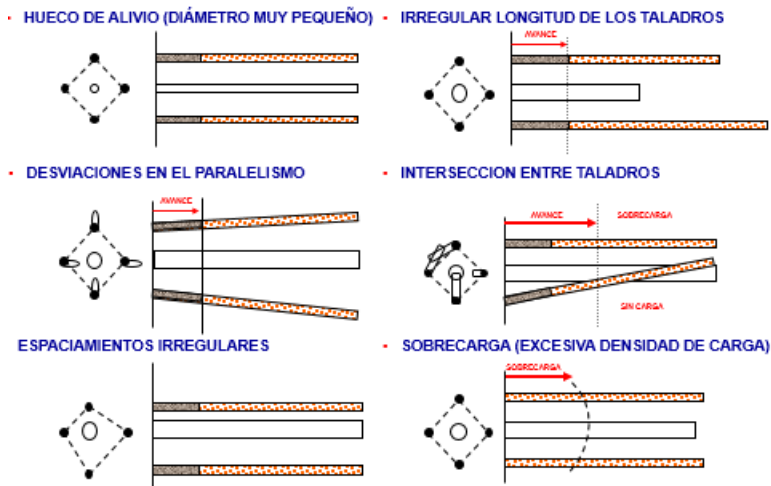
GRUPO	OXIDANTE	COMBUSTIBLE	SENSIBILIZADOR
Dinamitas	Nitrato de amonio (molido)	Harina de madera (celulosa)	Nitroglicerina Nitrocelulosa
Emulsiones	Nitrato de amonio (en solución)	Petróleo, aceites, emulsificantes	Aire, gas (contenido en microesferas)
ANFO	Nitrato de amonio (prills)	Petróleo	Aire (contenido en los poros del prill)
ANFO pesado	Nitrato de amonio (prills y en solución)	Petróleo, aceites y otros	Aire (de los prills del ANFO)

GASES NITROSOS
MONOXIDO Y OTROS

g. Condiciones fundamentales de perforación

En el libro manual práctico de voladura (**EXSA, s.f.**) Menciona que las condiciones fundamentales de la perforación son: diámetro, longitud del taladro, Rectitud – Paralelismo, Estabilidad, los errores que se cometen en la perforación podemos observar en la siguiente figura:

Figura N° 2. Errores en la perforación



h. Influencia Del Paralelismo De Los Taladros En La Voladura

Realizar una perforación donde los taladros estén lo más paralelo posible es muy importante para una buena voladura como vemos en la siguiente gráfica.

Figura N° 3. Influencia del paralelismo de los taladros



Figura N° 4. Arranque con buen paralelismo

Arranque con buen paralelismo

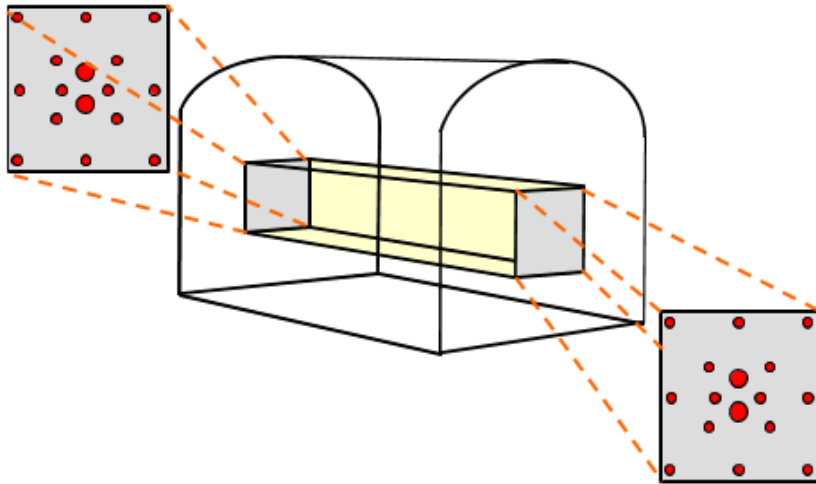
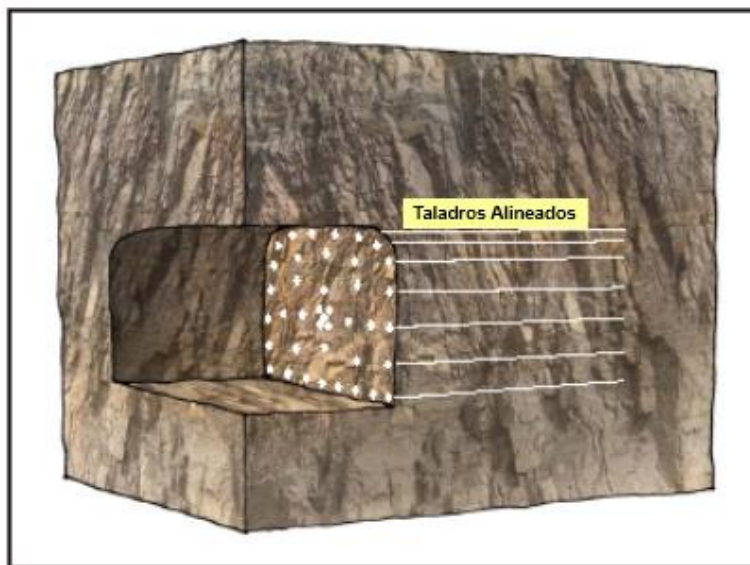


Figura N° 5. Resultados de un buen paralelismo



i. Resultados con buen paralelismo y longitud en la perforación

Figura N° 6. Buen paralelismo y longitud de perforación

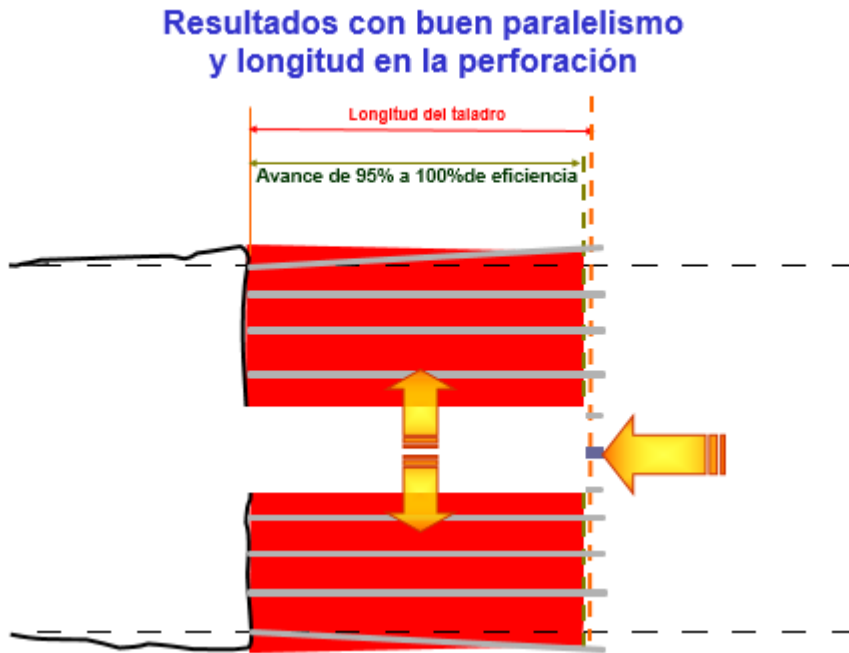


Figura N° 7. Buena voladura

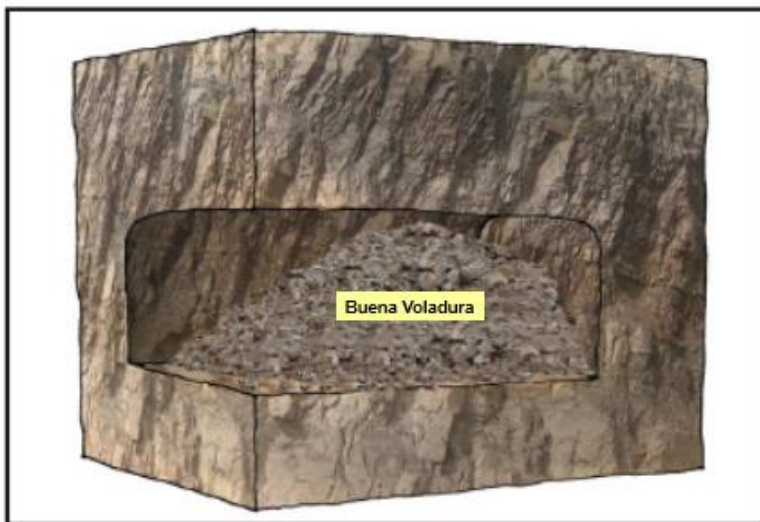


Figura N° 8. Arranque con deficiente paralelismo

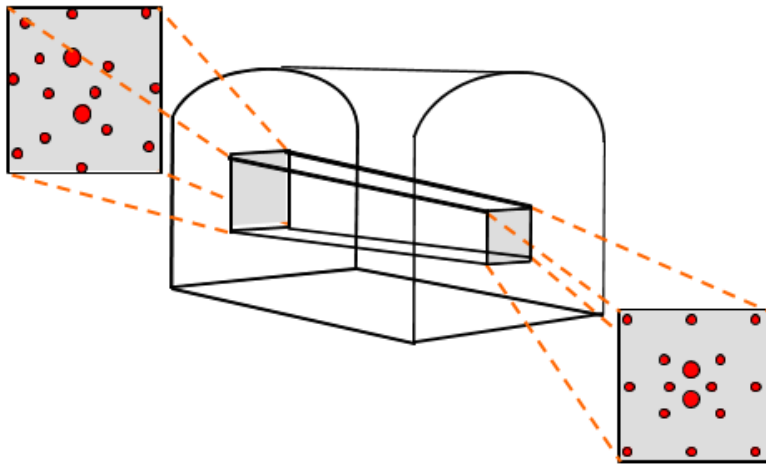


Figura N° 9. Taladros no alineados e inclinados

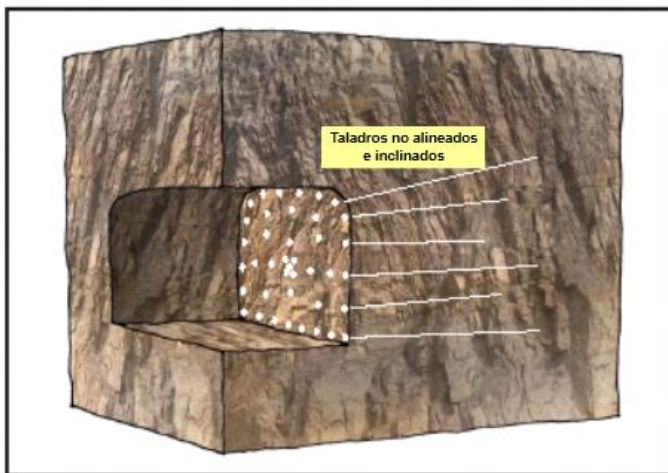


Figura N° 10. Resultado con deficiente paralelismo

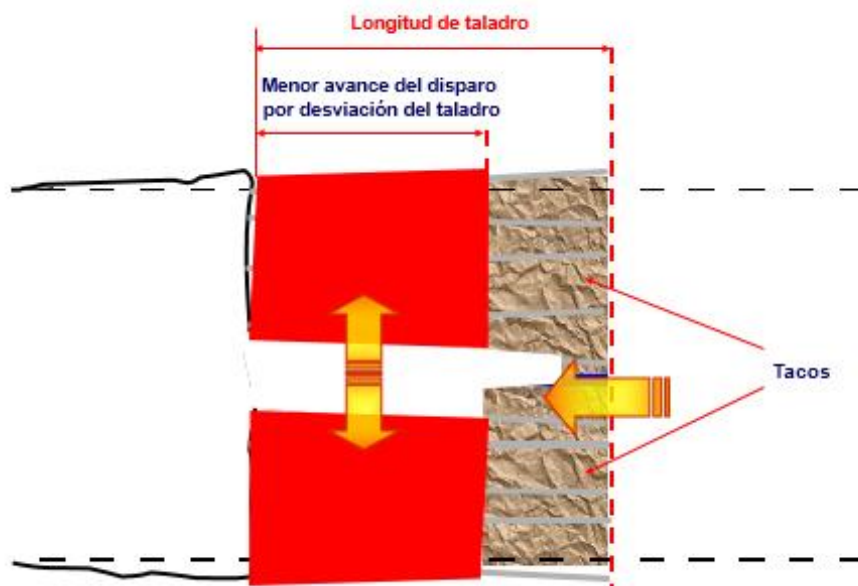
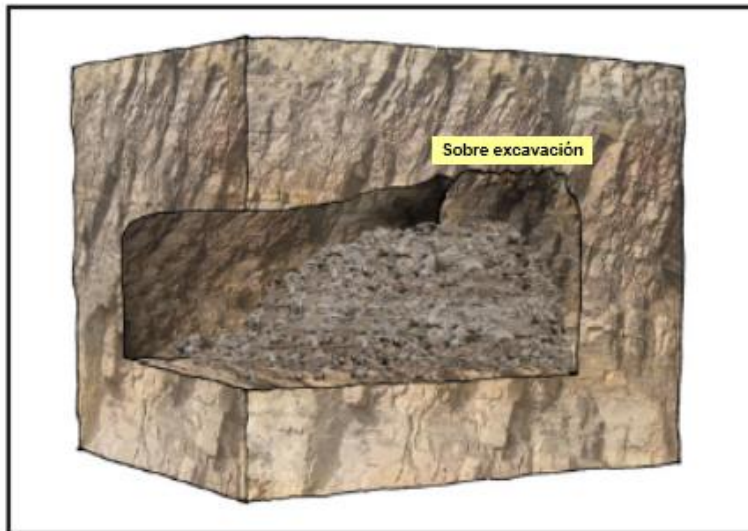


Figura N° 11. Sobre excavación



2.3 Definición de términos

Los términos más usados en nuestra investigación que tendremos presentes son:

a. Explosivo

Son sustancias químicas que son colocados en los taladros en caso de trabajos en minería, cuando entran en acción ejercen una reacción química pasando del estado sólido a un estado gaseoso a altas temperaturas en un tiempo muy corto llegando a desprender al material circundante, produciéndose así la voladura, **(Instituto Geologico y Minero de España, 1987)**

b. Detonación

Es el acto donde la reacción química del explosivo debido a la gran velocidad que adquiere la masa gasificante del explosivo ejerce una presión sobre la roca produciéndose el desprendimiento. **(Instituto Geologico y Minero de España, 1987)**

c. Fracturamiento de la roca

Es un proceso mediante el cual el explosivo en estado gaseoso y la presión que ejerce sobre la roca en un cortísimo tiempo (fracción de segundos, la

energía acumulada generando ondas de presión sobre la roca se produce el fracturamiento de la roca.

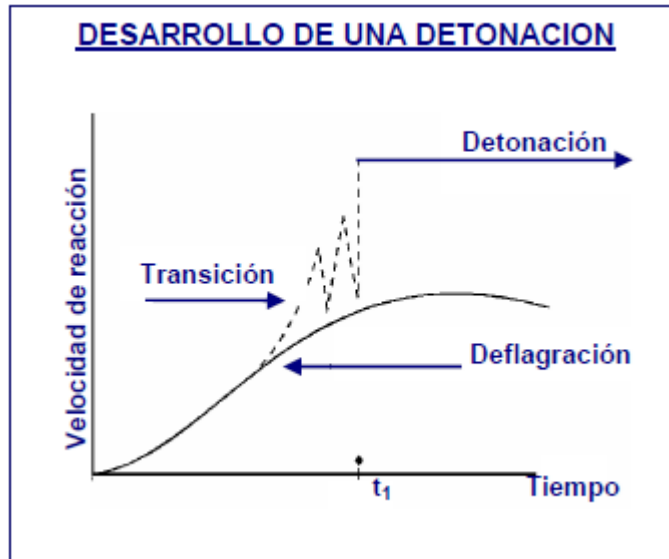
Cabe mencionar según el manual práctico de voladura, de EXSA (s/f) nos dice:

Una explicación sencilla, comúnmente aceptada, que resume varios de los conceptos considerados en estas teorías, estima que el proceso ocurre en varias etapas o fase que se desarrollan casi simultáneamente en un tiempo extremadamente corto, de pocos milisegundos, durante el cual ocurre la completa detonación de una carga confinada, comprendiendo desde el inicio de la fragmentación hasta el total desplazamiento del material volado.

Estas etapas son:

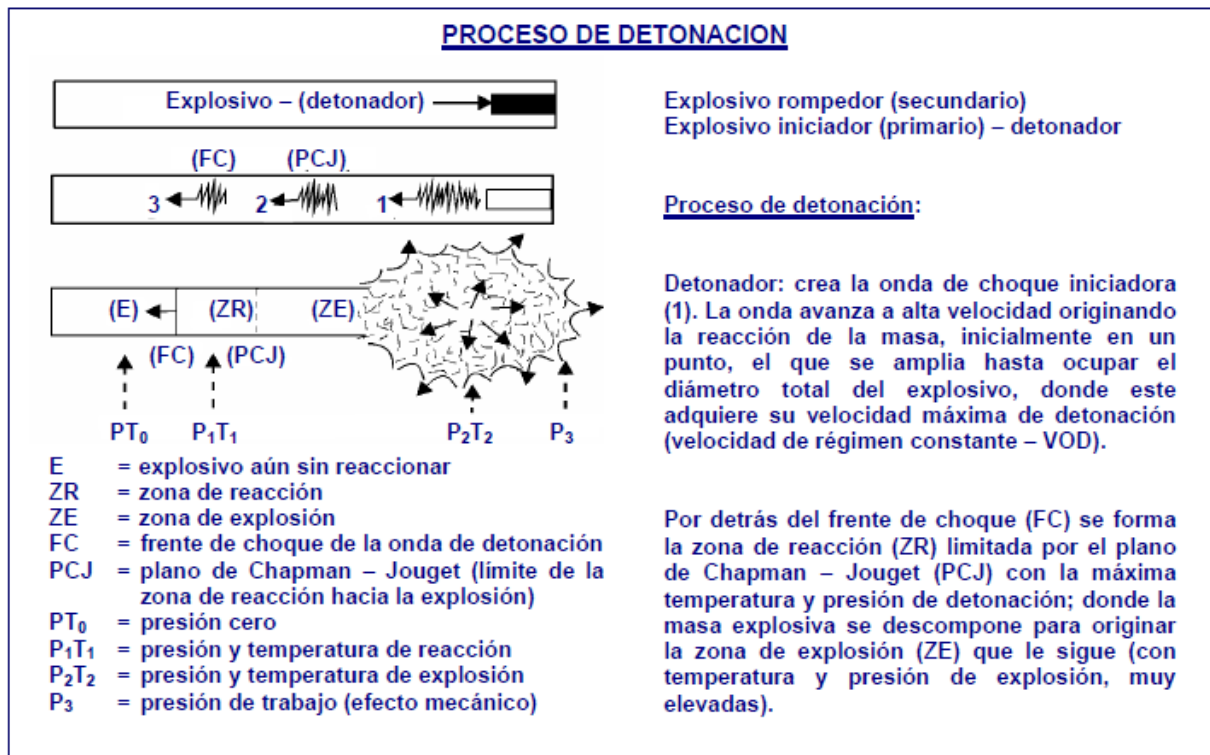
1. Detonación del explosivo y generación de la onda de choque.
2. Transferencia de la onda de choque a la masa de la roca iniciando su agrietamiento.
3. Generación y expansión de gases a alta presión y temperatura que provocan el fracturamiento y movimiento de la roca.
4. Desplazamiento de la masa de roca triturada para formar la pila de escombros o detritos. **(EXSA, s.f., p. 17).**

Figura N°12. Desarrollo de una detonación



En la figura siguiente podemos observar el proceso detonador que ejerce el explosivo sobre la roca, ejercido por el explosivo primario que es el iniciador seguido de los explosivos secundarios que ejercen el efecto rompedor

Figura N° 13. Proceso de detonación.



d. Perforación

Es la primera operación en la preparación de una voladura. Su propósito es abrir en la roca huecos cilíndricos denominados taladros y están destinados a alojar al explosivo y sus accesorios iniciadores. **(EXSA, s.f.)**

e. Diámetro crítico

Es el menor diámetro de un taladro donde una mezcla explosiva una vez iniciada detona eficientemente. **(EXSA, s.f.)**

f. Potencia Explosiva

La potencia es desde el punto de vista de aplicación industrial, una de las propiedades más importantes, ya que define la energía disponible para producir efectos mecánicos. **(EXSA, s.f.)**

g. Poder Rompedor

Es la capacidad rompedora de los explosivos debido a la propagación instantánea de gases producidos durante la detonación, su naturaleza depende de la densidad de carga, presión en la zona de reacción y la velocidad de detonación. **(EXSA, s.f.)**

h. Roca intacta

Es el bloque ubicado entre las discontinuidades y podría ser representada por una muestra de mano o trozo de testigo que se utiliza para ensayos de laboratorio. **(Instituto Geologico y Minero de España, 1987)**

i. Dinamita

Es un explosivo mayormente compuesto por un elemento sensibilizador (nitroglicerina), combinada con aditivos portadores de oxígeno (nitrato) y combustibles no explosivos (harina de madera) más algunos aditivos para corregir la higroscopicidad de los nitratos, todos en las proporciones adecuadas para mantener un correcto balance de oxígeno. **(Instituto Geologico y Minero de España, 1987).**

j. Agentes de Voladura

Los explosivos exentos de materia explosiva propia en su composición no reaccionan con el fulminante y se califican como “agentes de voladura “, requiriendo de un cebo reforzado o primer-booster para arrancar de su régimen de detonación de velocidades transigentes dando bajo rendimiento energético, razón por la que en un principio también se les denominaba explosivos de seguridad. **(BERNAOLA, CASTILLA, HERRERA, 2013)**

2.4 Formulación de la hipótesis

2.4.1 Hipótesis General

Mejorando la malla de perforación podremos obtener mejores parámetros de perforación y voladura en la zona de cuerpos Mery de la mina Alpayana.

2.4.2 Hipótesis específicas

- a. Al Mejorar la malla de perforación obtendremos mejores parámetros de perforación y voladura en labores de 4.0 m x 4.0 m en la zona de cuerpos Mery de la mina Alpayana
- b. Al Mejorar la malla de perforación obtendremos mejores parámetros de perforación y voladura en labores de 3.5 m x 3.5 m en la zona de cuerpos Mery de la mina Alpayana.

2.5 Identificación de variables

Variables para la hipótesis general

• Variable Independiente:

Malla de perforación

• Variable Dependiente:

Parámetros de perforación y voladura

Variables para las hipótesis específicas

•Para la hipótesis a.

Variable independiente

Malla de perforación

Variable dependiente

Parámetros de perforación y voladura en labores de 3.5 m. x 3.5 m

•Para la hipótesis b.

Variable independiente

Malla de perforación

Variable dependiente

Parámetros de perforación y voladura en labores de 4.0 m. x 4.0 m.

2.6 Definición operacional de variables e indicadores

Tabla N° 2. Operacionalización de las variables

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES E INDICADORES				
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES
<p>Variable general</p> <p>Variable independiente</p> <p>Malla de perforación</p> <p>Variable dependiente</p> <p>Parámetros de perforación y voladura</p> <p>Variables específicas</p> <p>Para el objetivo específico a.</p> <p>Variable independiente</p> <p>Malla de perforación</p> <p>Variable dependiente</p> <p>Parámetros de perforación y voladura en labores de 4.0 m. x 4.0 m.</p> <p>Para el objetivo específico b.</p> <p>Variable independiente</p> <p>Malla de perforación</p> <p>Variable dependiente</p> <p>Parámetros de perforación y voladura en labores de 3.5 m. x 3.5 m</p>	<p>Mejorando la malla de perforación podremos obtener mejores parámetros de perforación y voladura en la zona de cuerpos Mery de la mina Alpayana</p>	<p>Malla de perforación en roca dura, intermedia, suave en secciones de 3.5 m x 3.5 m.</p> <p>Malla de perforación en roca dura, intermedia, en secciones de 4.0 m x 4.4 m.</p>	<p>-avance/disparo</p> <p>-Volumen roto</p> <p>-Toneladas rotas</p> <p>-Factor de carga</p> <p>-Factor de avance</p> <p>Factor de potencia</p> <p>Eficiencia de voladura</p>	<p>-m</p> <p>-m3</p> <p>-Ton</p> <p>-Kg/m3</p> <p>-.kg/m</p> <p>-kg/ton</p> <p>-%</p>

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de investigación

El tipo metodológico aplicado en esta investigación es el aplicado porque tendremos causa - efecto donde la causa es el diseño de la malla y su efecto sería los resultados que se tienen después de la voladura en campo, ya que permitirá en forma directa por medio de la observación obtener el diseño óptimo.

En cuanto al nivel de investigación de mi investigación según el desarrollo es descriptivo explicativo.

3.2 Métodos de investigación

El método empleado en el desarrollo de mi investigación es el inductivo deductivo, de análisis y síntesis

3.3 Diseño de investigación

El diseño metodológico empleado para la ejecución de este trabajo, se planificó considerando un diseño experimental, como tema principal la optimización de la perforación y voladura en términos de avance, fragmentación, reducción de costos

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

La población está constituida por todas las labores de avance de la Zona de cuerpos Mery de la Compañía Minera Alpayana S.A.

3.4.2 Muestra

Las muestras están constituidas por las labores de desarrollo y preparación del Proyecto de Investigación en la zona de cuerpos Mery de la Compañía Minera Alpayana S.A.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1 Técnicas

La técnica llevada a cabo en la investigación fue las actividades por procesos constituido por cuatro etapas la de planificar, ejecutar, analizar, evaluar, para poder realizar las pruebas de voladura en las labores programadas.

En la etapa de planificación se realizó la búsqueda de información, selección, clasificación de información; revisión bibliográfica, elaboración de un cronograma detallándose las actividades y tiempo estimado.

En la etapa de ejecución se implementó las pruebas a realizarse, así como una capacitación del personal.

En la etapa de análisis, una vez realizada las pruebas de campo se acopiarán los resultados obtenidos para su análisis respectivo

En la etapa de evaluación; hecho el análisis de los datos obtenidos evaluaremos estos datos en cuanto a la mejora de los parámetros de perforación y voladura.

3.5.2 Instrumentos

Los instrumentos usados en esta investigación fueron:

Equipo de perforación Boomer 281 J-4, Boomer S1D J-9

Explosivos

Detonadores e iniciadores

Material de taco

Frente de perforación

Computadora

3.6 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

El procesamiento y análisis de los datos de nuestra investigación se realizó en base a los datos obtenidos durante el desarrollo de la investigación.

3.7 Tratamiento Estadístico

Se efectuó la agrupación, resume y análisis de datos de los resultados post-perforación y voladura, considerando inicialmente, principios de estadística descriptiva, donde realizamos la agrupación de datos empleando herramientas de soporte estadístico que comprenden gráficos de barras y columnas, que permiten visualizar y cotejar los datos que conforman las muestras que utilizamos en este estudio.

3.8 Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

3.8.1 Selección

La recabación y selección de los datos empleados la presente investigación, se realizaron a partir de los reportes de perforación y voladura presentados por la empresa especializada en las operaciones de perforación y voladura.

3.8.2 Validación

Cabe resaltar que estos reportes de perforación y voladura son sustentados al área de operaciones mina de la compañía minera.

3.8.3 Confiabilidad

Se confirma la veracidad de la data empleada en los estudios, puesto que se obtuvo a partir de la toma de datos en campo.

3.9 Orientación ética

La presente investigación se desarrolló dentro de los principios que rige la ética profesional, considerando los valores, principios, criterios, que una investigación debe tener.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción del trabajo de campo

Ubicación de la compañía minera

La Compañía Minera Alpayana, ex Compañía Minera Casapalca, se encuentra ubicado a la altura del km 115 de la carretera central, en el corazón de la sierra limeña en la provincia de Huarochirí, departamento de Lima, distrito de Chicla, a 4,200 m.s.n.m. vecinos de los distritos de Chicla, 3 de Enero, San Mateo, San Antonio y Pomacocha. Entre las coordenadas 11° 3' Latitud S y 76° 10' Longitud W. (SULLA, 2013)

Acceso

El acceso es por la Carretera Central, asfaltada, hasta llegar al Km. 115, luego se desvía y se recorre 1 Km. Hasta llegar a la mina Alpayana.

Figura N° 14 Ubicación de la mina



Figura N° 15 Vista panorámica de la mina



Geología general

“Según la columna estratigráfica de la región está conformada principalmente por areniscas, lutitas calcáreas, calizas brechas, y rocas volcánicas de textura afanítica y porfírica, tufos y lavas, los cuales alcanzan una potencia aproximada de 5 400 metros” (SULLA, 2013, p.18).

Método de explotación

(SULLA FLORES, 2013) La mina Alpayana viene explotando su yacimiento mediante el método de explotación Sub Level Stopping con taladros largos, con taladros de 15 m. a 30 m. verticales, en su proceso de explotación se realizan subniveles, ventanas, subniveles base de recepción y la extracción de mineral.

Los parámetros que se tiene en cuenta tenemos.

Altura de tajos	50 - 100
Altura de subniveles (bancos, m)	15 - 20
Ancho de tajos en cuerpos (m)	3,0 -20,0
Longitudes de tajos (m)	6 – 120
Mineralización en:	Cuerpos
Buzamiento:	45° - 85°
Producción mensual tajos (Esperanza en TMS)	60 000,00

4.1.1 Diagnóstico de la perforación y voladura antes de las pruebas

Antes de realizar los trabajos de mejoramiento de las mallas de perforación en la sección cuerpos, se ha realizado una evaluación de la perforación y voladura en la ZONA INTERMEDIA, para ello se ha ejecutado pruebas en secciones de 3.50 m x 3.50 m, con tres diseños de mallas de perforación y voladura de acuerdo al tipo de roca que se presenta (suave – intermedia – dura), y en secciones de 4.0 m x 4.0 m con dos diseños de mallas de perforación y voladura de acuerdo al tipo de

roca que se presenta (intermedia – dura). Cuyos resultados mostramos a continuación.

Tabla N° 3. Diagnóstico de la perforación y voladura antes de las pruebas

PARÁMETRO DE UBICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE ROCA						PARAMETRO DE PERFORACION						
N° MONIT.	NIVEL	LABOR	SECCIÓN PROG.	RMR	T. CORTE	TALD. PROD.	TALD. ALIV.	TALD. PRE. CORTE	TOTAL TALD.	LONG. DE BARRA	LONG. PERF.	EF. PERF. (%)
1	Nv. 10	BP. 456 S	3.5 x 3.5	55 - 65	HEX.	30	4	4	38	4.2	3.7	88
2	Nv. 10	BP. 456 S	3.5 x 3.5	55 - 65	RB.	27	4	4	35	4.2	3.7	88
3	Nv. 5A	RP. 803 SW	3.5 x 3.5	65 - 75	HEX.	30	4	4	38	4.2	3.6	85
4	Nv. 5	GL. 678 SE	4 x 4	65 - 75	HEX.	30	4	4	4	4.2	3.6	86

PARAMETRO DE VOLADURA				RESULTADOS						
CART. EMULEX 80	KG. EMULEX 80	KG. EXAMON P	KG. TOTAL DE EXPLOSIVOS	Mts. Av.	EF. DISP.	SEC. MEDIDA (AxH)	F. AV. (kg/m)	F. C. (kg./m ³)	RESULTADO DISPARO	
96	25	75	100	3.6	97%	3.7x 3.5	27.78	1.9	EFICIENTE	
48	12.5	100	112.5	3.5	95%	3.6x 3.6	32.14	2.5	EFICIENTE	
48	12.5	125	137.5	3.1	86%	4x 4	44.35	2.8	DEFICIENTE	
48	12.5	125	137.5	3.5	97%	3.9x 4.1	41.70	2.6	EFICIENTE	

4.1.2 Pruebas en roca dura sección: 3.50 mts. X 3.50 mts.

Cumpliendo con el plan de trabajo se realizó 3 voladuras con el diseño de malla de perforación y voladura para frentes de avance con equipo jumbo en secciones de 3.50m x 3.50m en roca dura con un RMR de < 65 y con un GSI LF/B, que consiste en 3 taladros de alivio en forma triangular y 30 taladros de producción, haciendo un total de 33 taladros, para lo cual se tuvo que controlar todos los parámetros de una buena perforación y voladura. Cuyos resultados fueron:

Tabla N° 4. Datos técnicos de voladura prueba N° 1

DATOS TÉCNICOS		RESULTADOS ESPERADOS	
Densidad de Roca	2.7 ton/m ³	Longitud de Avance/Disparo	3.8 mts.
Sección de labor (AxH)	3.5 x3.5 mts.	Long. Promedio de taco	0.1 mts.
Nº Taladros Cargados	30	Volumen Roto	46.55 m ³
Nº Taladros de Rimados	3	Tonelaje Roto	125 ton.
Diámetro de Taladro	51 mm.	Factor de Carga	2.9 kg/m ³
Long. Prom./Taladro	3.9 mts.	Factor de Avance	35 kg/m
Total de Explosivos	132.8 kg.	Factor de Potencia	1.1 kg/ton.
Tipo de Corte	Triangular	Eficiencia de Disparo	97%

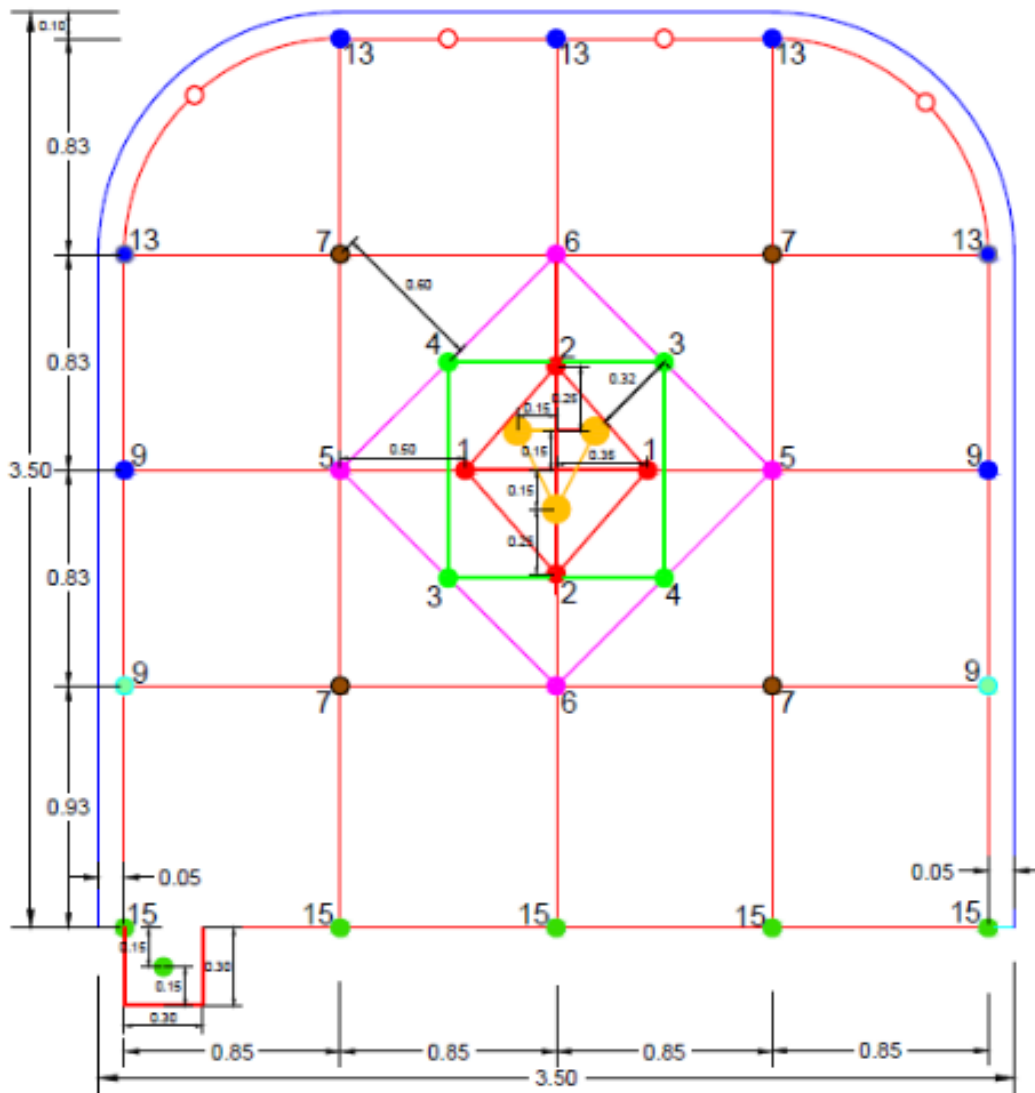
Figura N° 16. Distribución d la carga de voladura prueba N° 1



Tabla N° 5. Resumen de parámetros de voladura prueba N° 1

NIVEL-LABOR	LONG. PERF.	AVANCE (mts.)	FACTOR DE AVANCE (kg/m)	EFICIENCIA DE
Nv. 8 - Rp. 496 E	3.8	3.6	37.9	95%
Nv. 6A - Xc. 724 NE	3.8	3.6	37.9	95%
Nv. 6A - Xc. 724 NE	3.8	3.7	35.0	97%
PROMEDIO	3.8	3.6	36.9	96%

Figura N° 17. Malla de perforación prueba N° 1



4.1.3 Pruebas en roca intermedia sección: 3.50 mts. X 3.50 mts.

Cumpliendo con el plan de trabajo se realizó 5 voladuras con el diseño de malla de perforación y voladura para frentes de avance con equipo jumbo en secciones de 3.50 m x 3.50 m en roca intermedia con un RMR de 45 - 65 y con GSI LF/R, que consiste en 4 taladros de alivio en forma de Rompe Boca y 27 taladros de producción, haciendo un total de 31 taladros, para lo cual se tuvo que controlar todos los parámetros de una buena perforación y voladura.

Tabla N° 6. Datos técnicos de voladura prueba N°21

DATOS TÉCNICOS		RESULTADOS ESPERADOS	
Densidad de Roca	2.7 ton/m ³	Longitud de Avance/Disparo	3.8 mts.
Sección de labor (AxH)	3.5 x3.5 mts.	Long. Promedio de taco	0.1 mts.
Nº Taladros Cargados	27	Volumen Roto	46.55 m ³
Nº Taladros de Rimados	4	Tonelaje Roto	125 ton.
Diámetro de Taladro	51 mm.	Factor de Carga	2.6 kg/m ³
Long. Prom./Taladro	3.9 mts.	Factor de Avance	31.5 kg/m
Total de Explosivos	119.7 kg.	Factor de Potencia	1 kg/ton.
Tipo de Corte	Rompe Boca	Eficiencia de Disparo	97%

Figura N° 18. Distribución de la carga de voladura prueba N° 2

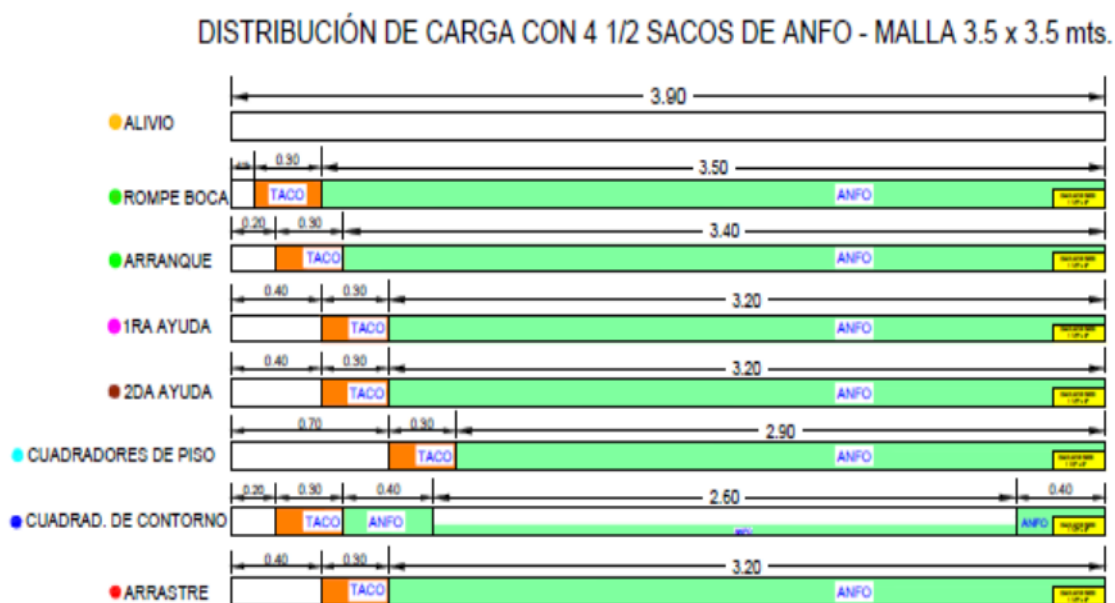
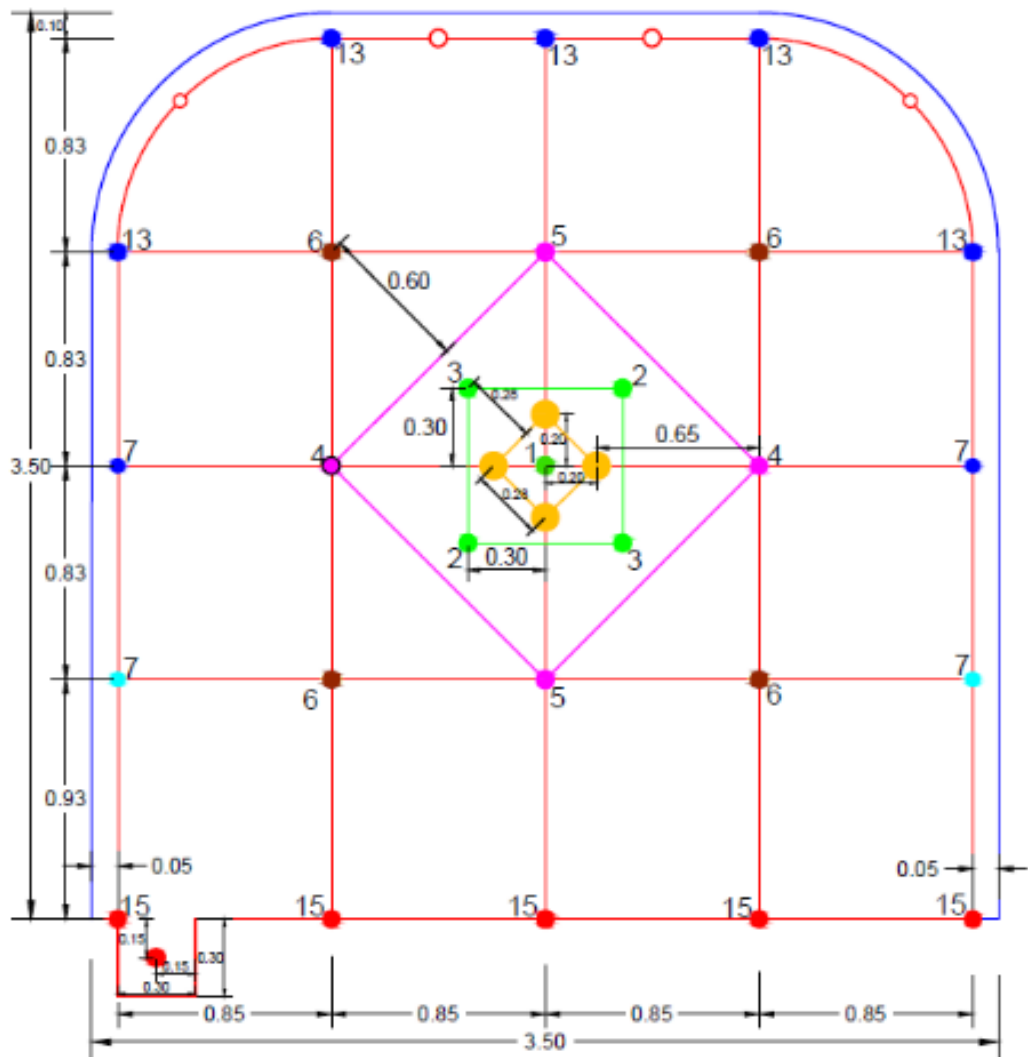


Figura N° 19. Malla de perforación prueba N° 2



4.1.4 Pruebas En Roca Suave Sección: 3.50 Mts. X 3.50 Mts.

Cumpliendo con el plan de trabajo se realizó 3 voladuras con el diseño de malla de perforación y voladura para frentes de avance con equipo jumbo en secciones de 3.50m x 3.50m en roca muy suave con un RMR de > 45 y con un GSI MF/P, que consiste en 3 taladros de alivio en forma Triangular y 26 taladros de producción, haciendo un total de 29 taladros, para lo cual se tuvo que controlar todos los parámetros de una buena perforación y voladura.

Tabla N° 7. Datos técnicos de voladura prueba N° 3

DATOS TÉCNICOS		RESULTADOS ESPERADOS	
Densidad de Roca	2.7 ton/m ³	Longitud de Avance/Disparo	3.8 mts.
Sección de labor (AxH)	3.5 x3.5 mts.	Long. Promedio de taco	0.1 mts.
Nº Taladros Cargados	26	Volumen Roto	46.55 m ³
Nº Taladros de Rimados	3	Tonelaje Roto	125 ton.
Diámetro de Taladro	51 mm.	Factor de Carga	2.3 kg/m ³
Long. Prom./Taladro	3.9 mts.	Factor de Avance	28 kg/m
Total de Explosivos	107.5 kg.	Factor de Potencia	0.9 kg/ton.
Tipo de Corte	Cabeza de Toro	Eficiencia de Disparo	97%

Figura N° 20. Distribución d la carga de voladura prueba N° 3

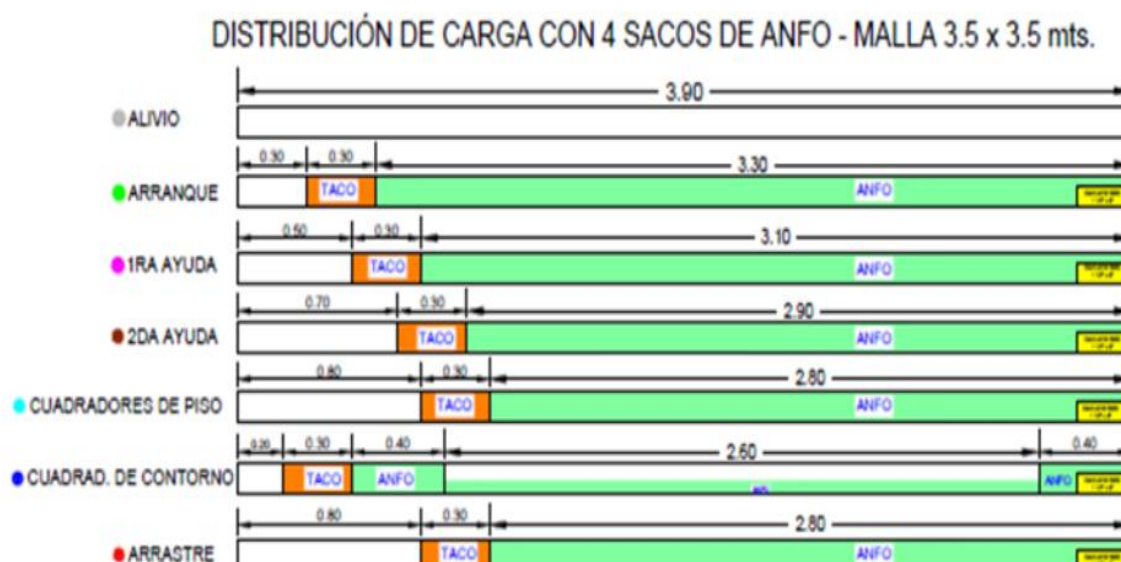
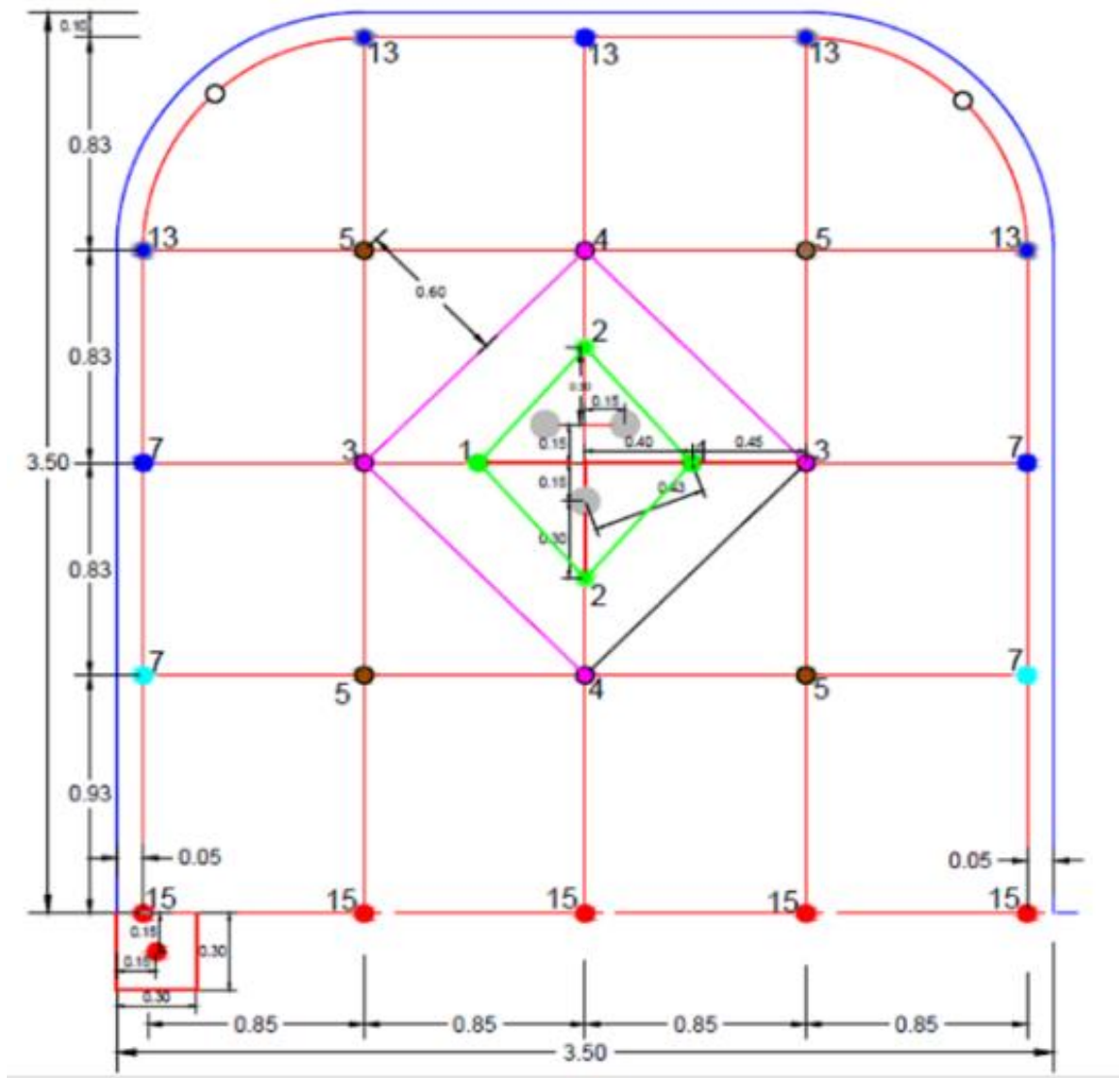


Tabla N° 8. Resumen de parámetros de voladura prueba N° 3

NIVEL - LABOR	LONG. PERF.	AVANCE (mts.)	FACTOR DE AVANCE (kg/m)	EFICIENCIA DISPARO
Nv. 6A - Bp. 728 NW	3.2	3.0	35.6	94%
Nv. 6A - Bp. 728 NW	3.3	3.2	33.4	97%
Nv. 6A - Bp. 728 NW	3.4	3.3	32.4	97%
PROMEDIO	3.3	3.2	33.8	96%

Figura N° 21. Distribución d la carga de voladura prueba N° 3.



4.1.5 Pruebas En Roca Dura Sección: 4.00 Mts. X 4.00 Mts.

Cumpliendo con el plan de trabajo se realizó 3 voladuras con el diseño de malla de perforación y voladura para frentes de avance con equipo jumbo en secciones de 3.50mx3.50m en roca dura con un RMR de 75-85 y con un GSI LF/B, que consiste en 4 taladros de alivio en forma Hexagonal y 30 taladros de producción, haciendo un total de 34 taladros, para lo cual se tuvo que controlar todos los parámetros de una buena perforación y voladura.

Tabla N° 9. Datos técnicos de voladura prueba N° 4

DATOS TÉCNICOS		RESULTADOS ESPERADOS	
Densidad de Roca	2.7 ton/m ³	Longitud de Avance/Disparo	3.8 mts.
Sección de labor (AxH)	4 x 4 mts.	Long. Promedio de taco	0.1 mts.
Ne Taladros Cargados	30	Volumen Roto	60.8 m ³
Ne Taladros de Rimados	4	Tonelaje Roto	164.16 ton.
Diámetro de Taladro	51 mm.	Factor de Carga	2.2 kg/m ³
Long. Prom./Taladro	3.9 mts.	Factor de Avance	35 kg/m
Total de Explosivos	132.8 kg.	Factor de Potencia	0.8 kg/ton.
Tipo de Corte	Triangular	Eficiencia de Disparo	97%

Figura N° 22. Distribución d la carga de voladura prueba N° 4

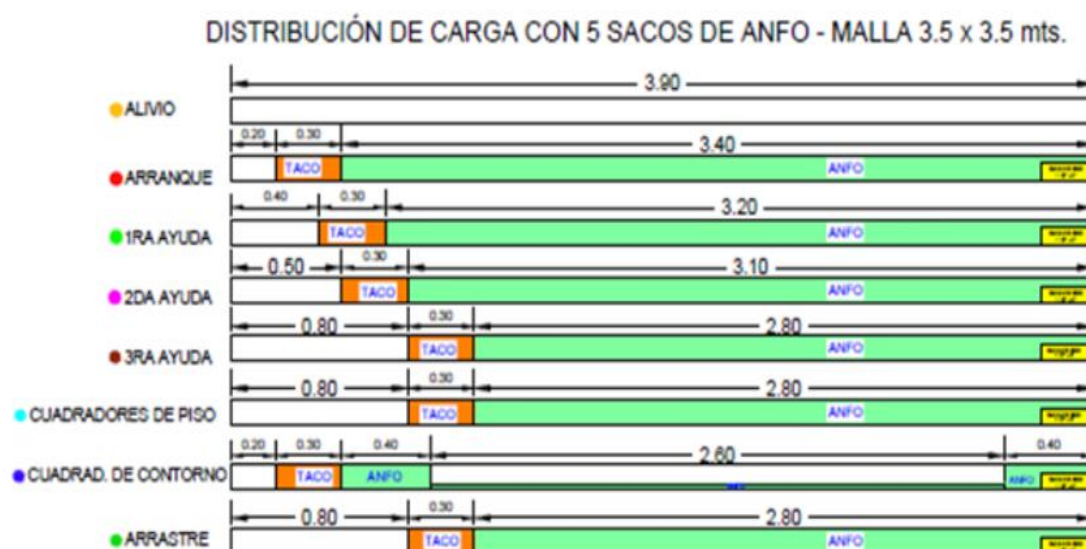
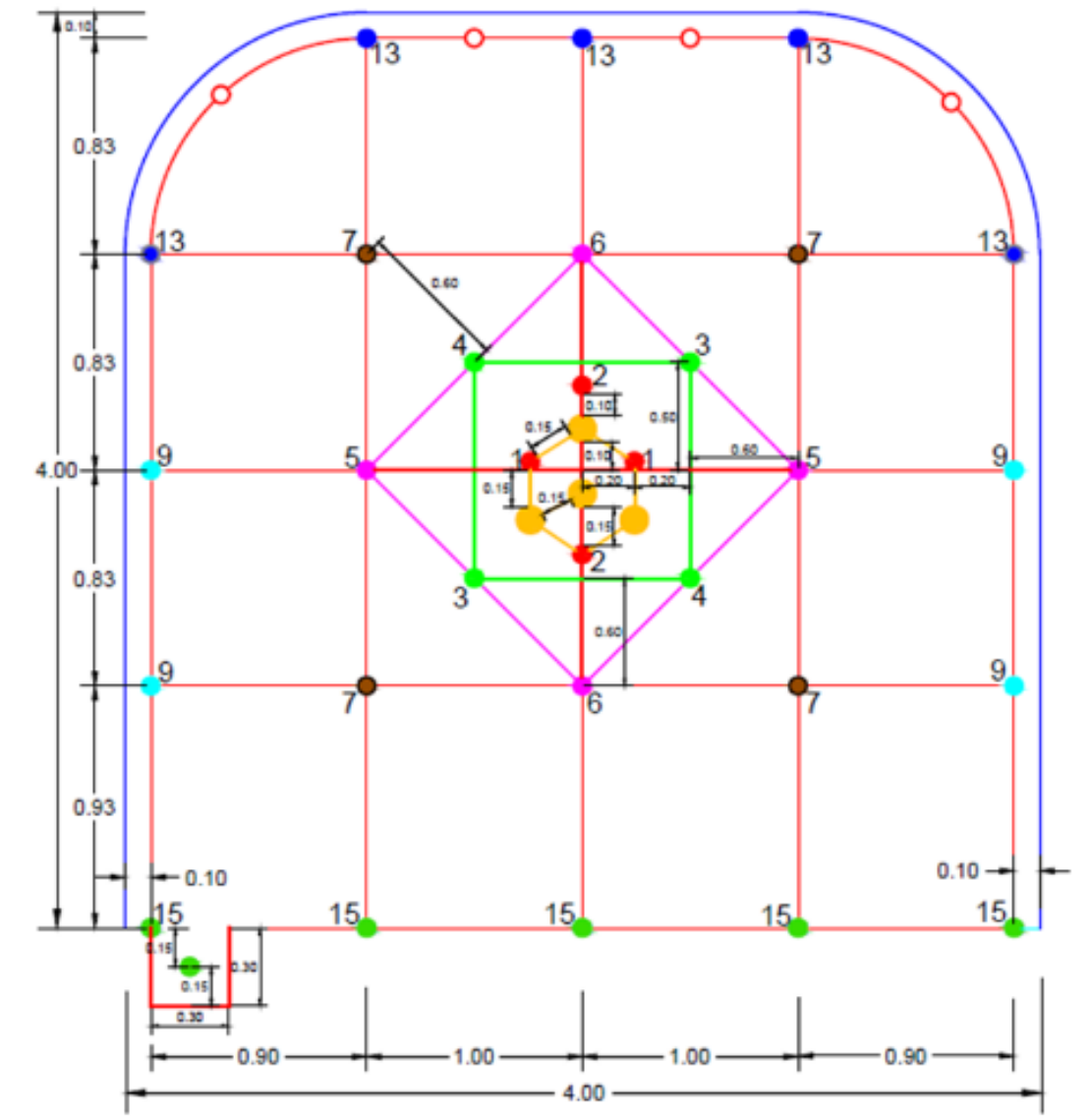


Tabla N° 10. Resumen de parámetros de voladura prueba N° 4

NIVEL - LABOR	LONG. PERF.	AVANCE (mts.)	FACTOR DE AVANCE (kg/m)	EFICIENCIA DISPARO
Nv.5 - Gl. 768 SE	3.7	3.5	39.3	94%
Nv.8 - Gl. 550 S	3.7	3.5	39.3	94%
Nv. 5 - Xc. 773 NW	3.7	3.5	39.3	94%
PROMEDIO	3.7	3.5	39.3	94%

Figura N ° 23. Malla de perforación de la prueba N° 4



4.1.6 Pruebas En Roca Intermedia Sección: 4.00 Mts. X 4.00 Mts.

Cumpliendo con el plan de trabajo se realizó 2 voladuras con el diseño de malla de perforación y voladura para frentes de avance con equipo jumbo en secciones de 3.50mx3.50m en roca intermedia con un RMR de 55-75 y con un GSI LF/R, que consiste en 4 taladros de alivio en forma Triangular y 27 taladros de producción, haciendo un total de 31 taladros, para lo cual se tuvo que controlar todos los parámetros de una buena perforación y voladura.

Tabla N° 11. Datos técnicos de voladura prueba N° 5

DATOS TÉCNICOS		RESULTADOS ESPERADOS	
Densidad de Roca	2.7 ton/m ³	Longitud de Avance/Disparo	3.8 mts.
Sección de labor (AxH)	4 x 4 mts.	Long. Promedio de taco	0.1 mts.
Nº Taladros Cargados	27	Volumen Roto	60.8 m ³
Nº Taladros de Rimados	4	Tonelaje Roto	164.2 ton.
Diámetro de Taladro	51 mm.	Factor de Carga	2 kg/m ³
Long. Prom./Taladro	3.9 mts.	Factor de Avance	31.5 kg/m
Total de Explosivos	119.8 kg.	Factor de Potencia	0.8 kg/ton.
Tipo de Corte	Rompe Boca	Eficiencia de Disparo	97%

Figura N ° 24. Distribución de carga prueba N° 5

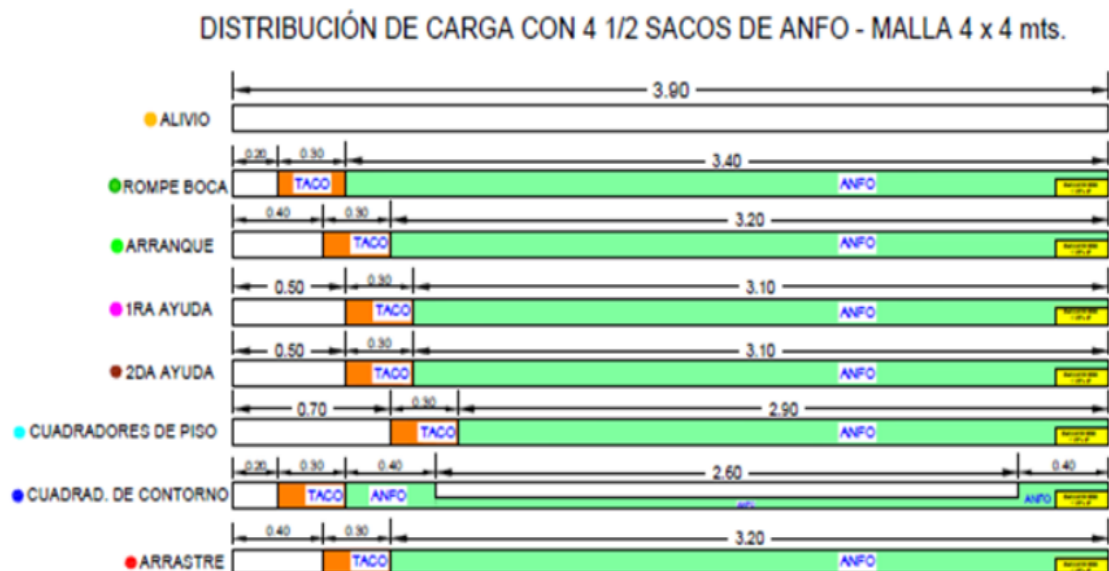
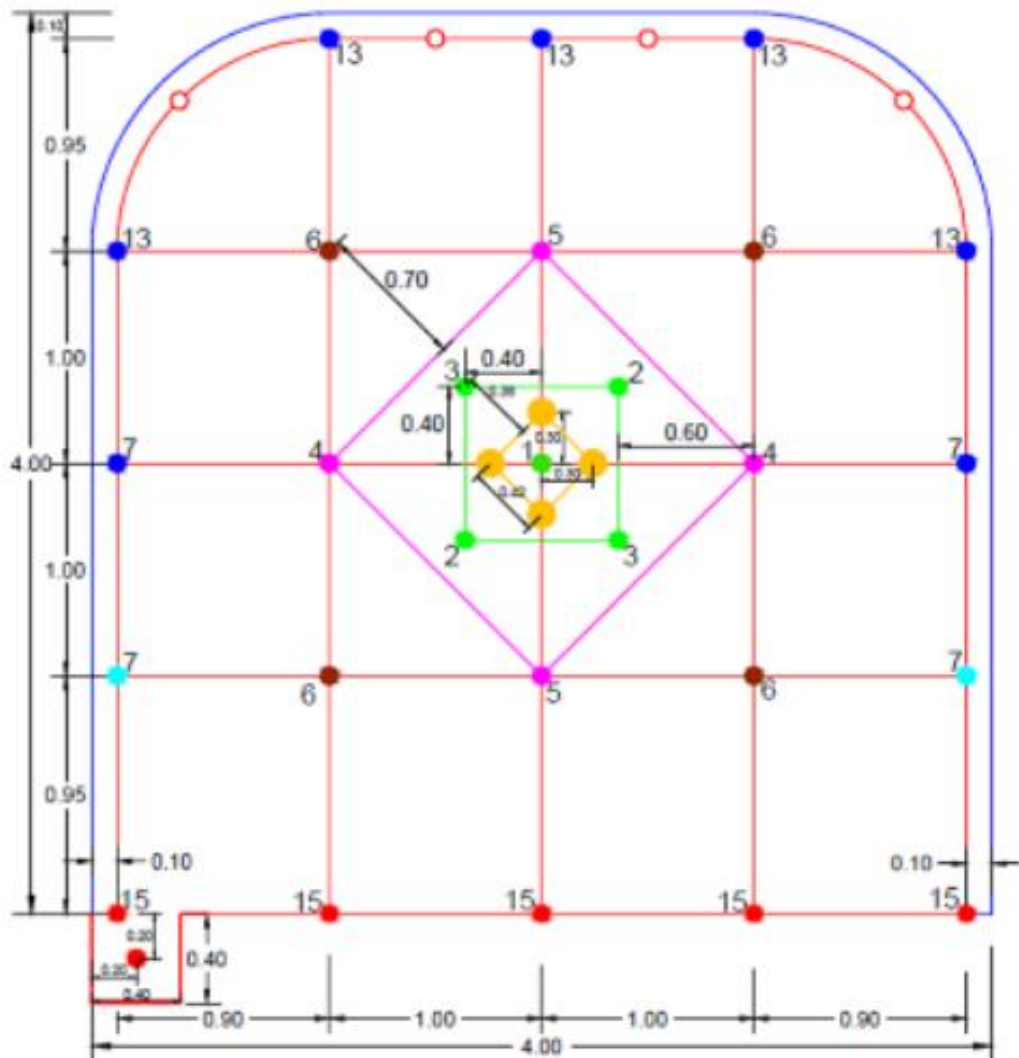


Tabla N° 12. Resumen de parámetros de voladura prueba N° 5

NIVEL - LABOR	LONG. PERF.	AVANCE (mts.)	FACTOR DE AVANCE (kg/m)	EFICIENCIA DISPARO
Nv.6A - Xc. 724 NE	3.7	3.5	34.1	95%
Nv.6A - Xc. 724 NE	3.8	3.6	33.2	95%
PROMEDIO	3.7	3.5	34.1	95%

Figura N° 25. Malla de perforación de la prueba N° 5



4.2 Presentación, análisis y discusión de resultados

Tabla N° 13. Resultados de voladuras

RESULTADOS DE VOLADURAS – ABRIL 2017 EN FRENTE DE AVANCE PERFORADOS CON EQUIPO JUMBO

PARÁMETRO DE UBICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE ROCA						PARÁMETRO DE PERFORACIÓN							PARÁMETRO DE VOLADURA				RESULTADOS OBTENIDOS						
N° DE PRUEBA	NIVEL	LABOR	SECCIÓN PROG.	RMR	T. CORTE	TALD. PROD.	TALD. ALIV.	TALD. PRE. CORTE	TOTAL TALD.	LONG. DE BARRA	LONG. PERF.	EF. PERF. (%)	CART. EMULEX 80	KG. EMULEX 80	KG. EXAMON P	KG. TOTAL DE EXPLOSIVOS	Mts. Av.	EF. DISP.	SEC. MEDIDA (AxH)	LONG. TACO (Mts.)	F. AV. (kg/m)	F. C. (kg./m3)	RESULTADO DEL DISPARO
1	Nv. 5A	RP. 805 SW	4x4	55-65	HEX.	29	3	0	32	4.2	3.7	88%	48	12.5	125	137.5	3.4	92%	4.1 x 4.2	0.3	40.4	2.5	DEFICIENTE
2	Nv. 8	RP. 496 E	3.5 x 3.5	65 - 75	RB.	30	4	4	38	4.2	3.7	88%	48	12.5	125	137.5	3.6	97%	3.6 x 3.6	0.1	38.2	2.9	EFICIENTE
3	Nv. 5	XC 773 NW	4 x 4	55 - 75	HEX.	30	4	4	38	4.2	3.7	88%	48	12.5	125	137.5	3.5	95%	4.1 x 4.1	0.2	39.3	2.3	EFICIENTE
4	Nv. 5	GL 768 SE	4 x 4	65 - 75	HEX.	30	4	4	38	4.2	3.5	83%	48	12.5	125	137.5	3.5	100%	4 x 4	0	39.3	2.5	EFICIENTE
5	Nv. 8	GL 550 S	4 x 4	65 - 75	HEX.	30	4	0	34	4.2	3.7	88%	48	12.5	125	137.5	3.5	95%	4.1 x 4.1	0.2	39.3	2.3	EFICIENTE
6	Nv. 6A	BP 728 NW	3.5 x 3.5	35 - 45	RM.	26	3	0	29	4.2	3.2	79%	26	6.8	100	106.8	3.0	94%	3.6 x 3.7	0.2	35.6	2.7	EFICIENTE
7	Nv. 6A	XC 724 NE	3.5 x 3.5	65 - 75	TR.	30	4	4	37	4.2	3.6	86%	30	7.8	125	132.8	3.5	97%	3.6 x 3.5	0.1	37.9	3.1	EFICIENTE
8	Nv. 6A	BP 728 NW	3.5 x 3.5	35 - 45	RM.	26	3	0	29	4.2	3.3	79%	26	6.8	100	106.8	3.2	97%	3.6 x 3.9	0.1	33.4	2.7	EFICIENTE
9	Nv. 6A	XC 724 NE	3.5 x 3.5	65 - 75	TR.	30	4	4	37	4.2	3.7	88%	30	7.8	125	132.8	3.6	97%	3.5 x 3.4	0.1	36.9	3.1	EFICIENTE
10	Nv. 6A	BP 728 NW	3.5 x 3.5	35 - 45	RM.	26	3	0	29	4.2	3.5	83%	26	6.8	100	106.8	3.3	94%	3.5 x 3.8	0.2	32.4	2.6	EFICIENTE
11	Nv. 6A	XC 724 NE	4 x 4	65 - 75	RB.	27	4	4	35	4.2	3.7	88%	27	7.0	112.5	119.52	3.5	95%	4 x 4	0.2	34.1	2.1	EFICIENTE
12	Nv. 10	BP. 456 S	3.5 x 3.5	55 - 65	RB.	27	4	4	35	4.2	3.8	90%	27	7.0	112.5	119.52	3.7	97%	3.5 x 3.6	0.1	32.3	2.0	EFICIENTE
13	Nv. 6A	XC 724 NE	4 x 4	65 - 75	RB.	27	4	4	35	4.2	3.8	90%	27	7.0	112.5	119.52	3.5	92%	3.9 x 4.1	0.3	34.1	2.1	DEFICIENTE
14	Nv. 10	BP. 456 S	3.5 x 3.5	55 - 65	RB.	27	4	4	35	4.2	3.8	90%	27	7.0	112.5	119.52	3.6	95%	3.7 x 3.5	0.2	33.2	2.7	EFICIENTE
15	Nv. 10	BP. 456 S	3.5 x 3.5	55 - 65	RB.	26	3	0	29	4.2	3.8	90%	26	6.8	100	106.8	3.7	97%	3.6 x 3.5	0.1	28.9	2.4	EFICIENTE
16	Nv. 10	BP. 456 S	3.5 x 3.5	55 - 65	TR.	30	3	0	33	4.2	3.9	93%	30	7.8	100	107.8	3.8	97%	3.7 x 3.5	0.1	28.4	2.3	EFICIENTE

Tabla N° 14. Resultados promedios de las pruebas efectuadas

CUADRO DE RESULTADOS PROMEDIOS DE LAS PRUEBAS EJECUTADAS					
ZONA	LONG. PERF.	AVANCE(mts.)	LONG. DE TACO	FACTOR DE AVANCE (kg/m)	EFICIENCIA DE DISPARO
INTERMEDIA	3.7	3.5	0.2	36.0	95%

Como se observa el cuadro anterior se tiene un promedio de avance por disparo de 3.5 m, con un factor de avance promedio de 34.2 kg/m y con un rendimiento de 91%, se obtiene este resultado con una perforación promedio de 3.90 m.

Diseño de la malla de perforación

De acuerdo al análisis de los resultados desfavorables obtenido en el seguimiento a las voladuras en zona Alta, se rediseño la malla de perforación para una sección de 3.5 m x 3.5 m en roca intermedia con un RMR 45-65 y roca dura con un RMR mayor a 65, con la finalidad de realizar ajustes necesarios de acuerdo a la evaluación de los resultados de la voladura.

A continuación, detallamos el diseño de malla de perforación por medio del Modelo Matemático Áreas de Influencia.

Cálculo del burden en el arranque

Para el cálculo del burden en los taladros de arranque y las primeras ayudas se utilizó fórmulas matemáticas que también nos sirve como una base para su aplicación de acuerdo a las características de la roca, considerando los parámetros de perforación y los parámetros de explosivos a usar

Burden en el arranque

Tabla N° 15. Burden en el arranque

CÁLCULO DEL BURDEN EN EL ARRANQUE SECCIONES 3.5 x 3.5 mts.		
<u>TIPO DE ROCA</u>	<u>TIPO DE CORTE</u>	<u>BURDEN (cm.)</u>
DURA	TRIANGULAR	29
INTERMEDIA	ROMPE BOCA	18
SUAVE	ROMBO	35

CÁLCULO DEL BURDEN EN EL ARRANQUE SECCIONES 4.0 x 4.0 mts.		
<u>TIPO DE ROCA</u>	<u>TIPO DE CORTE</u>	<u>BURDEN (cm.)</u>
DURA	TRIANGULAR	19
INTERMEDIA	ROMPE BOCA	26

Tabla N° 16. Burden de la primera ayuda

CÁLCULO DEL BURDEN DE LA PRIMERA AYUDA SECCIONES 3.5 x 3.5 mts.		
<u>TIPO DE ROCA</u>	<u>TIPO DE CORTE</u>	<u>BURDEN (cm.)</u>
DURA	TRIANGULAR	31
INTERMEDIA	ROMPE BOCA	29
SUAVE	ROMBO	33

CÁLCULO DEL BURDEN DE LA PRIMERA AYUDA SECCIONES 4.0 x 4.0 mts.		
<u>TIPO DE ROCA</u>	<u>TIPO DE CORTE</u>	<u>BURDEN (cm.)</u>
DURA	TRIANGULAR	42
INTERMEDIA	ROMPE BOCA	39

Tabla N° 17. Burden de la segunda ayuda

CÁLCULO DEL SEGUNDO AYUDA SECCIONES 3.5 x 3.5 mts.		
<u>TIPO DE ROCA</u>	<u>TIPO DE CORTE</u>	<u>BURDEN</u>
DURA	TRIANGULAR	48
INTERMEDIA	ROMPE BOCA	60
SUAVE	ROMBO	58

CÁLCULO DEL SEGUNDO AYUDA SECCIONES 4.0 x 4.0 mts.		
<u>TIPO DE ROCA</u>	<u>TIPO DE CORTE</u>	<u>BURDEN</u>
DURA	TRIANGULAR	60
INTERMEDIA	ROMPE BOCA	62

Tabla N° 18. Burden de la tercera ayuda

CÁLCULO DE LA TERCERA AYUDA SECCIONES 3.5 x 3.5 mts.		
<u>TIPO DE ROCA</u>	<u>TIPO DE CORTE</u>	<u>BURDEN</u>
DURA	TRIANGULAR	60
INTERMEDIA	ROMPE BOCA	62

CÁLCULO DE LA TERCERA AYUDA SECCIONES 4.0 x 4.0 mts.		
<u>TIPO DE ROCA</u>	<u>TIPO DE CORTE</u>	<u>BURDEN</u>
DURA	TRIANGULAR	60
INTERMEDIA	ROMPE BOCA	70

Tabla N°19. Burden del contorno

CÁLCULO DEL BURDEN DEL CONTORNO SECCIONES 3.5 x 3.5 mts.		
<u>TIPO DE ROCA</u>	<u>TIPO DE CORTE</u>	<u>BURDEN</u>
DURA	TRIANGULAR	83
INTERMEDIA	ROMPE BOCA	85
SUAVE	ROMBO	89

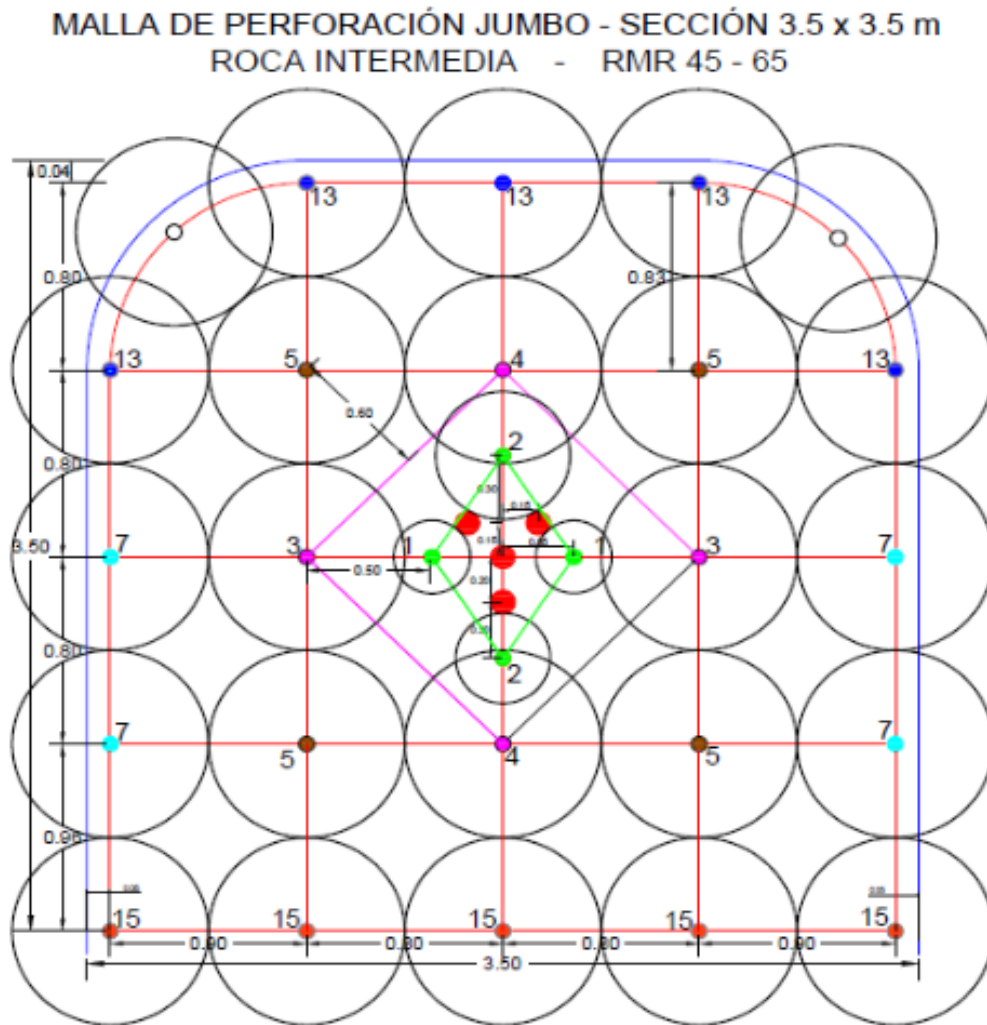
CÁLCULO DEL BURDEN DEL CONTORNO SECCIONES 4.0 x 4.0 mts.		
<u>TIPO DE ROCA</u>	<u>TIPO DE CORTE</u>	<u>BURDEN</u>
DURA	TRIANGULAR	89
INTERMEDIA	ROMPE BOCA	91

Tabla N° 20. Burden de arrastre

CÁLCULO DEL BURDEN DEL ARRASTRE SECCIONES 3.5 x 3.5 mts.		
<u>TIPO DE ROCA</u>	<u>TIPO DE CORTE</u>	<u>BURDEN</u>
DURA	TRIANGULAR	90
INTERMEDIA	ROMPE BOCA	93
SUAVE	ROMBO	95

CÁLCULO DEL BURDEN DEL ARRASTRE SECCIONES 4.0 x 4.0 mts.		
<u>TIPO DE ROCA</u>	<u>TIPO DE CORTE</u>	<u>BURDEN</u>
DURA	TRIANGULAR	95
INTERMEDIA	ROMPE BOCA	100

Figura N ° 26. Malla de perforación con perforadora Jumbo



Precios unitarios de acuerdo al tipo de malla y tipo de roca

Tabla N° 21 Costos de voladura prueba N° 1

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS - ZONA CUERPOS			
SECCIONES HORIZONTALES 3.5 x 3.5 mts.			
PARTIDA:	SECCIÓN: 3.5 x 3.5 mts.	RENDIMIENTO (Mts/Disparo):	3.8 Mts. / 12.5 Pie
DIMENSIONES:	3.5 x 3.5	LONGITUD BARRA:	4.3 / 14.0
UNIDAD DE MEDIDA:	ML(metro lineal)	LONGITUD EFECTIVA:	3.90 / 12.15
ELABORADO POR:	CASAPALCA SAC.	EFICIENCIA VOLADURA:	97%
UNIDAD DE PRODUCCION:	CUERPOS	N° TALADROS PERFORADOS:	37 taladros/frente
TIPO DE MATERIAL:	DESMONTE - MINERAL	N° TALADROS CARGADOS:	30 taladros/frente
TIPO DE ROCA:	DURA	N° TALADROS RIMADOS:	3 taladros/frente
TIPO DE CORTE:	TRIANGULAR	N° TALADROS PRECORTE:	4 taladros/frente
		VOLUMEN CALCULADO:	47.8 m ³ /disparo
		VOLUMEN ROTO:	46.6 m ³ /disparo
		TONELAJE ROTO:	135.0 ton/disparo
		FACTOR DE CARGA:	2.7 kg/m ³
FECHA DE ELABORACIÓN:	Domingo, 30 de Abril del 2017	FACTOR DE AVANCE:	32.9 kg/ml
METROS PROGRAMADOS /MES:	600	VELOCIDAD DE PERFORACIÓN:	96 mts/hr
APROBADO POR:		HORAS POR GUARDIA:	12 hr/guardia

FACTOR DE CONVERSIÓN	
Pie a Mts	0.3048
Densidad promedio de Material	2.9
Kg. Total de Explosivos	125

Figura N° 27. Pintado de la malla de perforación sección 3.5 x 3.5 m.



ITEM	DESCRIPCIÓN	INCIDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.(US\$)	P. PARCIAL (US\$)	P. SUBTOTAL (US\$)	P. TOTAL (US\$)
1	MANO DE OBRA							
	Operador Jumbo Frontonero	2.5	h-h	1.00	2.06 \$/hr	5.16	1.36	
	Ayudante de Jumbro Frontonero	2.5	h-h	1.00	1.44 \$/hr	3.59	0.94	
	Operador Scoop R1600 G	2.0	h-h	1.00	1.84 \$/hr	3.68	0.97	
	Operador Dumper	1.0	h-h	0.00	1.81 \$/hr	0.00	0.00	
	Capataz	2.0	h-h	1.00	1.73 \$/hr	3.45	0.91	
	Maestro Cargador Disparador	3.0	h-h	1.00	1.43 \$/hr	4.30	1.13	
	Ayudante Cargador Disparador	3.0	h-h	1.00	1.32 \$/hr	3.96	1.04	
	Mecánico/Electricista	1.0	h-h	2.00	1.63 \$/hr	3.26	0.86	
	Perforista Jackleg y Servicios	1.0	h-h	0.00	1.48 \$/hr	0.00	0.00	
	Tubero	1.0	h-h	1.00	1.36 \$/hr	1.36	0.36	
	Bodeguero	2.0	h-h	1.00	1.32 \$/hr	2.64	0.69	
	Alimentación					38.52	10.14	
	Leyes Sociales	100.06%				35.08	9.23	27.63
	JEFATURAS							
	Ing. Residente	1.0	h-h	1.00	9.92 \$/hr	9.92	2.61	
	Ing. Jefe de Guardia	1.5	h-h	1.00	5.03 \$/hr	7.55	1.99	
	Ing. Seguridad	1.0	h-h	1.00	6.20 \$/hr	6.20	1.63	
	Ing. Geomecánico	1.0	h-h	1.00	7.19 \$/hr	7.19	1.89	
	Ing. Mantenimiento	1.0	h-h	1.00	4.34 \$/hr	4.34	1.14	
Inspector Seguridad	1.0	h-h	1.00	1.74 \$/hr	1.74	0.46		
Alimentación					10.56	2.78		
Leyes Sociales	61.46%				22.70	5.97	18.48	
2	IMPLEMENTOS							
	Implementos personal auxiliar		h-h	29.16	0.13 \$/hr	3.83	1.01	1.01
3	MATERIALES Y HERRAMIENTAS							
	Herramientas		gdia	1.00	2.82 \$/gdia	2.82	0.74	
	Manga de Ventilación de 36"						0.04	0.78
4	PERFORACIÓN							
	Jumbo		h-m	0.00	95.40 \$/hr	0.00	0.00	
	Barras de perforación 14'		m.	171.60	0.12 \$/m.	20.68	5.44	
	Brocas de 51 mm		m.	171.60	0.17 \$/m.	29.63	7.80	
	Shank adapter		m.	171.60	0.03 \$/m.	5.95	1.57	
	Coupling		m.	171.60	0.01 \$/m.	1.76	0.46	
	Rimadora de 4"		m.	11.70	0.70 \$/m.	8.22	2.16	
	Copas de afilado Broca de 51 mm		m.	171.60	0.07 \$/m.	11.73	3.09	
	Copas de afilado Rimadora de 4"		m.	11.70	0.18 \$/m.	2.08	0.55	
	Afiladora de brocas		m.	171.60	0.01 \$/m.	2.19	0.58	21.64
5	EQUIPOS							
	Scooptrams 4.1 yd.		h-m	0.00	132.61 \$/hr	0.00	0.00	
	Dumper		h-m	0.00	99.93 \$/hr	0.00	0.00	
	Camioneta de Supervisión		h-m	2.00	6.26 \$/hr	12.52	3.29	
	Camión Transporte de Materiales		h	1.00	9.88 \$/hr	9.88	2.60	
	Lámpara Batería		h-h	29.16	0.02 \$/hr	0.58	0.15	
	Bomba Sumergible		h	0.00	0.65 \$/hr	0.00	0.00	
Ventiladora 30.000c.f.m		h	4.00	1.16 \$/hr	4.63	1.22	7.27	
6	EXPLOSIVOS							
	Emulex 80% 1 1/2" x 8"		Unid.	30.00	0.44 \$/unl	13.13	3.45	
	Anfo		kg	125.00	0.55 \$/kl	68.82	18.11	
	Fanel Blanco 4.20 m.		Unid	30.00	1.00 \$/unl	30.00	7.89	
	Carmex 2.70 m.		Unid.	2.00	0.59 \$/unl	1.18	0.31	
	Mecha Rápida		m	0.00	0.33 \$/m	0.00	0.00	
Cordón detonante		m	30.00	0.16 \$/m	4.82	1.27	31.04	
TOTAL COSTOS DIRECTOS								107.85
7	GASTOS INDIRECTOS							
	Imprevistos			2.50%			2.70	2.70
	Utilidad			15.00%			16.18	16.18
TOTAL COSTO METRO LINEAL EN DOLARES (US\$/M-L)								126.72

Tabla N° 22. Costos d voladura prueba N° 2

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS - ZONA CUERPOS
SECCIONES HORIZONTALES 3.5 x 3.5 mts.

PARTIDA:	SECCIÓN: 3.5 x 3.5 mts.	RENDIMIENTO (Mts/Disparo):	Mts.	Ple
DIMENSIONES:	3.5 x 3.5	LONGITUD BARRA:	4.3	11.5
UNIDAD DE MEDIDA:	ML (metro lineal)	LONGITUD EFECTIVA:	3.70	12.15
ELABORADO POR:	CASAPALCA SAC.	EFICIENCIA VOLADURA:	95%	
UNIDAD DE PRODUCCIÓN:	CUERPOS	N° TALADROS PERFORADOS:	29 taladros/frente	
TIPO DE MATERIAL:	DESMONTE - MINERAL	N° TALADROS CARGADOS:	26 taladros/frente	
TIPO DE ROCA:	SUAVE	N° TALADROS RIMADOS:	3 taladros/frente	
TIPO DE CORTE:	ROMBO	VOLUMEN CALCULADO:	45.4 m ³ /disparo	
		VOLUMEN ROTO:	42.9 m ³ /disparo	
		TONELAJE ROTO:	115.8 ton/disparo	
FECHA DE ELABORACIÓN:	Domingo, 30 de Abril del 2017	FACTOR DE CARGA:	2.5	kg/m ³
		FACTOR DE AVANCE:	30.7	kg/ml
METROS PROGRAMADOS /MES:	600	VELOCIDAD DE PERFORACIÓN:	120 mts/hr	
APROBADO POR:		HORAS POR GUARDIA:	12 hr/guardia	

FACTOR DE CONVERSIÓN	
Ple a Mts	0.3048
Densidad promedio de Material	2.7
Kg. Total de Explosivos	107.5

ITEM	DESCRIPCIÓN	INCIDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. (US\$)	P. PARCIAL (US\$)	P. SUBTOTAL (US\$)	P. TOTAL (US\$)
1	MANO DE OBRA							
	Operador Jumbo Frontonero	2.0	h-h	1.00	2.06 \$/hr	4.13	1.18	
	Ayudante de Jumbro Frontonero	2.0	h-h	1.00	1.44 \$/hr	2.87	0.82	
	Operador Scoop R1600 G	2.0	h-h	1.00	1.84 \$/hr	3.68	1.05	
	Operador Dumper	1.0	h-h	0.00	1.81 \$/hr	0.00	0.00	
	Capataz	2.0	h-h	1.00	1.73 \$/hr	3.45	0.99	
	Maestro Cargador Disparador	3.0	h-h	1.00	1.43 \$/hr	4.30	1.23	
	Ayudante Cargador Disparador	3.0	h-h	1.00	1.32 \$/hr	3.96	1.13	
	Mecánico/Electricista	1.0	h-h	2.00	1.63 \$/hr	3.26	0.93	
	Perforista Jackleg y Servicios	1.0	h-h	0.00	1.48 \$/hr	0.00	0.00	
	Tubero	1.0	h-h	1.00	1.36 \$/hr	1.36	0.39	
	Bodeguero	2.0	h-h	1.00	1.32 \$/hr	2.64	0.75	
	Alimentación					38.52	11.01	
	Leyes Sociales	100.06%				35.08	10.02	29.50
	JEFATURAS							
	Ing. Residente	1.0	h-h	1.00	9.92 \$/hr	9.92	2.83	
	Ing. Jefe de Guardia	1.5	h-h	1.00	5.03 \$/hr	7.55	2.16	
	Ing. Seguridad	1.0	h-h	1.00	6.20 \$/hr	6.20	1.77	
	Ing. Geomecánico	1.0	h-h	1.00	7.19 \$/hr	7.19	2.05	
	Ing. Mantenimiento	1.0	h-h	1.00	4.34 \$/hr	4.34	1.24	
	Inspector Seguridad	1.0	h-h	1.00	1.74 \$/hr	1.74	0.50	
	Alimentación					10.56	3.02	
	Leyes Sociales	61.46%				22.70	6.49	20.06
2	IMPLEMENTOS							
	Implementos personal auxiliar		h-h	29.16	0.13 \$/hr	3.83	1.09	1.09
3	MATERIALES Y HERRAMIENTAS							
	Herramientas		gdía	1.00	2.82 \$/gdía	2.82	0.81	
	Manga de Ventilacion de 36"						0.04	0.85

4	PERFORACIÓN							
	Jumbo	h-m	0.00	95.40 \$/hr	0.00	0.00		
	Barras de perforación 14"	m.	118.51	0.12 \$/m.	14.28	4.08		
	Brocas de 51 mm	m.	118.51	0.17 \$/m.	20.46	5.85		
	Shank adapter	m.	118.51	0.03 \$/m.	4.11	1.17		
	Coupling	m.	118.51	0.01 \$/m.	1.22	0.35		
	Rimadora de 4"	m.	11.11	0.70 \$/m.	7.80	2.23		
	Copas de afilado Broca de 51 mm	m.	118.51	0.07 \$/m.	8.10	2.31		
	Copas de afilado Rimadora de 4"	m.	11.11	0.18 \$/m.	1.98	0.56		
	Afiladora de brocas	m.	118.51	0.01 \$/m.	1.51	0.43	16.99	
5	EQUIPOS							
	Scooptrams 4.1 yd.	h-m	0.00	132.61 \$/hr	0.00	0.00		
	Dumper	h-m	0.00	99.93 \$/hr	0.00	0.00		
	Camioneta de Supervisión	h-m	2.00	6.26 \$/hr	12.52	3.58		
	Camión Transporte de Materiales	h	1.00	9.88 \$/hr	9.88	2.82		
	Lampara Bateria	h-h	29.16	0.02 \$/hr	0.58	0.17		
	Bomba Sumergible	h	0.00	0.65 \$/hr	0.00	0.00		
	Ventiladora 30.000c.f.m	h	4.00	1.16 \$/hr	4.63	1.32	7.89	
6	EXPLOSIVOS							
	Emúlex 80% 1 1/2" x 8"	Unid.	26.00	0.44 \$/uni	11.38	3.25		
	Anfo	kg	100.00	0.55 \$/kl	55.06	15.73		
	Fañel Blanco 4.20 m.	Unid	26.00	1.00 \$/uni	26.00	7.43		
	Carmex 2.70 m.	Unid.	2.00	0.59 \$/uni	1.18	0.34		
	Mecha Rápida	m	0.00	0.33 \$/m	0.00	0.00		
	Cordón detonante	m	30.00	0.16 \$/m	4.82	1.38	28.12	
TOTAL COSTOS DIRECTOS							104.51	
7	GASTOS INDIRECTOS							
	Imprevistos		2.50%			2.61	2.61	
	Utilidad		15.00%			15.68	15.68	
TOTAL DE COSTO POR METRO LINEAL EN DOLARES (US\$/M-L)							122.79	

Tabla N° 23. Costos de voladura prueba N° 3

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS - ZONA CUERPOS			
SECCIONES HORIZONTALES 4.0 x 4.0 mts.			
PARTIDA:	SECCIÓN: 4.0 x 4.0 mts.	RENDIMIENTO (Mts/Disparo):	3.8
DIMENSIONES:	4.0 x 4	LONGITUD BARRA:	4.3
UNIDAD DE MEDIDA:	ML (metro lineal)	LONGITUD EFECTIVA:	3.90
ELABORADO POR:	CASAPALCA SAC.	EFICIENCIA VOLADURA:	97%
UNIDAD DE PRODUCCIÓN:	CUERPOS	N° TALADROS PERFORADOS:	38 taladros/frente
TIPO DE MATERIAL:	DESMONTE - MINERAL	N° TALADROS CARGADOS:	30 taladros/frente
TIPO DE ROCA:	DURA	N° TALADROS RIMADOS:	4 taladros/frente
TIPO DE CORTE:	HEXAGONAL	N° TALADROS PRECORTE:	4 taladros/frente
		VOLUMEN CALCULADO:	62.4 m ³ /disparo
		VOLUMEN ROTO:	60.8 m ³ /disparo
		TONELAJE ROTO:	176.3 ton/disparo
		FACTOR DE CARGA:	2.1 kg/m ³
FECHA DE ELABORACIÓN:	Domingo, 30 de Abril del 2017	FACTOR DE AVANCE:	32.9 kg/ml
METROS PROGRAMADOS /MES:	600	VELOCIDAD DE PERFORACIÓN:	96 mts/hr
APROBADO POR:	KHA y CEE	HORAS POR GUARDIA:	12 hr/guardia

FACTOR DE CONVERSIÓN	
Ple a Mts	0.3048
Densidad promedio de Material	2.9
Kg. Total de Explosivos	125

ITEM	DESCRIPCIÓN	INCIDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.(US\$)	P. PARCIAL (US\$)	P. SUBTOTAL (US\$)	P. TOTAL (US\$)
1	MANO DE OBRA							
	Operador Jumbo Frontonero	2.5	h-h	1.00	2.06 \$/hr	5.16	1.36	
	Ayudante de Jumbro Frontonero	2.5	h-h	1.00	1.44 \$/hr	3.59	0.94	
	Operador Scoop R1600 G	2.0	h-h	1.00	1.84 \$/hr	3.68	0.97	
	Operador Dumper	1.0	h-h	0.00	1.81 \$/hr	0.00	0.00	
	Capataz	2.0	h-h	1.00	1.73 \$/hr	3.45	0.91	
	Maestro Cargador Disparador	3.0	h-h	1.00	1.43 \$/hr	4.30	1.13	
	Ayudante Cargador Disparador	3.0	h-h	1.00	1.32 \$/hr	3.96	1.04	
	Mecánico/Electricista	1.0	h-h	2.00	1.63 \$/hr	3.26	0.86	
	Perforista Jackleg y Servicios	1.0	h-h	0.00	1.48 \$/hr	0.00	0.00	
	Tubero	1.0	h-h	1.00	1.36 \$/hr	1.36	0.36	
	Bodeguero	2.0	h-h	1.00	1.32 \$/hr	2.64	0.69	
	Alimentación					38.52	10.14	
	Leyes Sociales	100.06%				35.08	9.23	27.63
	JEFATURAS							
	Ing. Residente	1.0	h-h	1.00	9.92 \$/hr	9.92	2.61	
	Ing. Jefe de Guardia	1.5	h-h	1.00	5.03 \$/hr	7.55	1.99	
Ing. Seguridad	1.0	h-h	1.00	6.20 \$/hr	6.20	1.63		
Ing. Geomecánico	1.0	h-h	1.00	7.19 \$/hr	7.19	1.89		
Ing. Mantenimiento	1.0	h-h	1.00	4.34 \$/hr	4.34	1.14		
Inspector Seguridad	1.0	h-h	1.00	1.74 \$/hr	1.74	0.46		
Alimentación					10.56	2.78		
Leyes Sociales	61.46%				22.70	5.97	18.48	
2	IMPLEMENTOS							
	Implementos personal auxiliar		h-h	29.16	0.13 \$/hr	3.83	1.01	1.01
3	MATERIALES Y HERRAMIENTAS							
	Herramientas		gdía	1.00	2.82 \$/gdía	2.82	0.74	
	Manga de Ventilación de 36"						0.04	0.78
4	PERFORACIÓN							
	Jumbo		h-m	0.00	95.40 \$/hr	0.00	0.00	
	Barras de perforación 14'		m.	179.40	0.12 \$/m.	21.62	5.69	
	Brocas de 51 mm		m.	179.40	0.17 \$/m.	30.98	8.15	
	Shank adapter		m.	179.40	0.03 \$/m.	6.22	1.64	
	Coupling		m.	179.40	0.01 \$/m.	1.84	0.49	
	Rimadora de 4"		m.	15.60	0.70 \$/m.	10.96	2.88	
	Copas de afilado Broca de 51 mm		m.	179.40	0.07 \$/m.	12.26	3.23	
	Copas de afilado Rimadora de 4"		m.	15.60	0.18 \$/m.	2.78	0.73	
	Afiladora de brocas		m.	179.40	0.01 \$/m.	2.29	0.60	23.41
5	EQUIPOS							
	Scooptrams 4.1 yd.		h-m	0.00	132.61 \$/hr	0.00	0.00	
	Dumper		h-m	0.00	99.93 \$/hr	0.00	0.00	
	Camioneta de Supervisión		h-m	2.00	6.26 \$/hr	12.52	3.29	
	Camión Transporte de Materiales		h	1.00	9.88 \$/hr	9.88	2.60	
	Lampara Bateria		h-h	29.16	0.02 \$/hr	0.58	0.15	
	Bomba Sumergible		h	0.00	0.65 \$/hr	0.00	0.00	
	Ventiladora 30.000c.f.m		h	4.00	1.16 \$/hr	4.63	1.22	7.27
6	EXPLOSIVOS							
	Emul ex 80% 1 1/2" x 8"		Unid.	30.00	0.44 \$/unl	13.13	3.45	
	Anfo		kg	125.00	0.55 \$/kl	68.82	18.11	
	Fanel Blanco 4.20 m.		Unid.	30.00	1.00 \$/unl	30.00	7.89	
	Carmex 2.70 m.		Unid.	2.00	0.59 \$/unl	1.18	0.31	
	Mecha Rápida		m	0.00	0.33 \$/m	0.00	0.00	
	Cordón detonante		m	35.00	0.16 \$/m	5.63	1.48	31.25
TOTAL COSTOS DIRECTOS								109.82
7	GASTOS INDIRECTOS							
	Imprevistos			2.50%			2.75	2.75
	Utilidad			15.00%			16.47	16.47
TOTAL DE COSTO POR METRO LINEAL EN DOLARES (US\$/M-L)								129.04

Tabla N° 24. Costos de voladura prueba N° 4.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS - ZONA CUERPOS
SECCIONES HORIZONTALES 4.0 x 4.0 mts.

PARTIDA:	SECCIÓN: 4.0 x 4.0 mts.	RENDIMIENTO (Mts/Disparo):	Mts. 3.7	Ple 12.1
DIMENSIONES:	4.0 x 4.0	LONGITUD BARRA:	4.3	14.0
UNIDAD DE MEDIDA:	ML (metro lineal)	LONGITUD EFECTIVA:	3.90	12.15
ELABORADO POR:	CASAPALCA SAC.	EFICIENCIA VOLADURA:	95%	
UNIDAD DE PRODUCCIÓN:	CUERPOS	N° TALADROS PERFORADOS:	35	taladros/frente
TIPO DE MATERIAL:	DESMONTE - MINERAL	N° TALADROS CARGADOS:	27	taladros/frente
TIPO DE ROCA:	INTERMEDIA	N° TALADROS RIMADOS:	4	taladros/frente
TIPO DE CORTE:	ROMPE BOCA	N° TALADROS PRECORTE:	4	taladros/frente
		VOLUMEN CALCULADO:	62.4	m3/disparo
		VOLUMEN ROTO:	59.2	m3/disparo
		TONELAJE ROTO:	171.7	ton/disparo
		FACTOR DE CARGA:	1.9	kg/m3
FECHA DE ELABORACIÓN:	Jomigo, 30 de Abril del 201	FACTOR DE AVANCE:	30.4	kg/ml
METROS PROGRAMADOS /MES:	600	VELOCIDAD DE PERFORACIÓN:	96	mts/hr
APROBADO POR:	KHA y CEE	HORAS POR GUARDIA:	12	hr/guardia

FACTOR DE CONVERSIÓN	
Ple a Mts	0.3048
Densidad promedio de Material	2.9
Kg. Total de Explosivos	112.5

ITEM	DESCRIPCIÓN	INCIDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.(US\$)	P. PARCIAL (US\$)	P. SUBTOTAL (US\$)	P. TOTAL (US\$)
1	MANO DE OBRA							
	Operador Jumbo Frontonero	2.5	h-h	1.00	2.06 S/hr	5.16	1.39	
	Ayudante de Jumbro Frontonero	2.5	h-h	1.00	1.44 S/hr	3.59	0.97	
	Operador Scoop R1600 G	2.0	h-h	1.00	1.84 S/hr	3.68	1.00	
	Operador Dumper	1.0	h-h	0.00	1.81 S/hr	0.00	0.00	
	Capataz	2.0	h-h	1.00	1.73 S/hr	3.45	0.93	
	Maestro Cargador Disparador	3.0	h-h	1.00	1.43 S/hr	4.30	1.16	
	Ayudante Cargador Disparador	3.0	h-h	1.00	1.32 S/hr	3.96	1.07	
	Mecánico/Electricista	1.0	h-h	2.00	1.63 S/hr	3.26	0.88	
	Perforista Jackleg y Servicios	1.0	h-h	0.00	1.48 S/hr	0.00	0.00	
	Tubero	1.0	h-h	1.00	1.36 S/hr	1.36	0.37	
	Bodeguero	2.0	h-h	1.00	1.32 S/hr	2.64	0.71	
	Alimentación					38.52	10.41	
	Leyes Sociales	100.06%				35.08	9.48	28.38
	JEFATURAS							
	Ing. Residente	1.0	h-h	1.00	9.92 S/hr	9.92	2.68	
	Ing. Jefe de Guardia	1.5	h-h	1.00	5.03 S/hr	7.55	2.04	
	Ing. Seguridad	1.0	h-h	1.00	6.20 S/hr	6.20	1.68	
	Ing. Geomecánico	1.0	h-h	1.00	7.19 S/hr	7.19	1.94	
	Ing. Mantenimiento	1.0	h-h	1.00	4.34 S/hr	4.34	1.17	
	Inspector Seguridad	1.0	h-h	1.00	1.74 S/hr	1.74	0.47	
	Alimentación					10.56	2.85	
	Leyes Sociales	61.46%				22.70	6.14	18.97
2	IMPLEMENTOS							
	Implementos personal auxiliar		h-h	29.16	0.13 S/hr	3.83	1.03	1.03
3	MATERIALES Y HERRAMIENTAS							
	Herramientas		gdia	1.00	2.82 S/gdia	2.82	0.76	
	Manga de Ventilación de 36"						0.04	0.80

4	PERFORACIÓN								
	Jumbo	h-m	0.00	95.40	\$/hr	0.00	0.00		
	Barras de perforación 14'	m.	167.70	0.12	\$/m.	20.21	5.46		
	Brocas de 51 mm	m.	167.70	0.17	\$/m.	28.96	7.83		
	Shank adapter	m.	167.70	0.03	\$/m.	5.82	1.57		
	Coupling	m.	167.70	0.01	\$/m.	1.72	0.47		
	Rimadora de 4"	m.	15.60	0.70	\$/m.	10.96	2.96		
	Copas deafilado Broca de 51 mm	m.	167.70	0.07	\$/m.	11.46	3.10		
	Copas deafilado Rimadora de 4"	m.	15.60	0.18	\$/m.	2.78	0.75		
Afiladoras de brocas	m.	167.70	0.01	\$/m.	2.14	0.58	22.72		
5	EQUIPOS								
	Scooptrams 4.1 yd.	h-m	0.00	132.61	\$/hr	0.00	0.00		
	Dumper	h-m	0.00	99.93	\$/hr	0.00	0.00		
	Camioneta de Supervisión	h-m	2.00	6.26	\$/hr	12.52	3.38		
	Camión Transporte de Materiales	h	1.00	9.88	\$/hr	9.88	2.67		
	Lampara Bateria	h-h	29.16	0.02	\$/hr	0.58	0.16		
	Bomba Sumergible	h	0.00	0.65	\$/hr	0.00	0.00		
	Ventiladora 30.000c.f.m	h	4.00	1.16	\$/hr	4.63	1.25	7.46	
6	EXPLOSIVOS								
	Emulex 80% 1 1/2" x 8"	Unid.	27.00	0.44	\$/uni	11.81	3.19		
	Anfo	kg	112.50	0.55	\$/kl	61.94	16.74		
	Fanel Blanco 4.20 m.	Unid	27.00	1.00	\$/uni	27.00	7.30		
	Carmex 2.70 m.	Unid.	2.00	0.59	\$/uni	1.18	0.32		
	Mecha Rápida	m	0.00	0.33	\$/m	0.00	0.00		
	Cordón detonante	m	30.00	0.16	\$/m	4.82	1.30	28.85	
TOTAL COSTOS DIRECTOS								108.22	
7	GASTOS INDIRECTOS								
	Imprevistos		2.50%			2.71	2.71		
	Utilidad		15.00%			16.23	16.23		
TOTAL DE COSTO POR METRO LINEAL EN DOLARES (US\$/M-L)								127.16	

Tabla N° 25. Costos de voladura prueba N° 5.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS - ZONA CUERPOS

SECCIONES HORIZONTALES 3.5 x 3.5 mts.

PARTIDA:	SECCIÓN: 3.5 x 3.5 mts.	Mts.	Pie
DIMENSIONES:	3.5 x 3.5	RENDIMIENTO (Mts/Disparo):	3.7
UNIDAD DE MEDIDA:	ML (metro lineal)	LONGITUD BARRA:	4.3
ELABORADO POR:	CASAPALCA SAC.	LONGITUD EFECTIVA:	3.90
UNIDAD DE PRODUCCIÓN:	CUERPOS	EFICIENCIA VOLADURA:	95%
TIPO DE MATERIAL:	DESMONTE - MINERAL	N° TALADROS PERFORADOS:	35 taladros/frente
TIPO DE ROCA:	INTERMEDIA	N° TALADROS CARGADOS:	27 taladros/frente
TIPO DE CORTE:	ROMPE BOCA	N° TALADROS RIMADOS:	4 taladros/frente
		N° TALADROS PRECORTE:	4 taladros/frente
		VOLUMEN CALCULADO:	47.8 m ³ /disparo
		VOLUMEN ROTO:	45.3 m ³ /disparo
		TONELAJE ROTO:	126.9 ton/disparo
		FACTOR DE CARGA:	2.5 kg/m ³
FECHA DE ELABORACIÓN:	Domingo, 30 de Abril del 2017	FACTOR DE AVANCE:	30.4 kg/ml
METROS PROGRAMADOS /MES:	600	VELOCIDAD DE PERFORACIÓN:	96 mts/hr
APROBADO POR:		HORAS POR GUARDIA:	12 hr/guardia

FACTOR DE CONVERSIÓN	
Pie a Mts	0.3048
Densidad promedio de Material	2.8
Kg. Total de Explosivos	112.5

ITEM	DESCRIPCIÓN	INCIDENCIA	UNIDAD	CANTIDAD	P.U.(US\$)	P. PARCIAL (US\$)	P. SUBTOTAL (US\$)	P. TOTAL (US\$)
1	MANO DE OBRA							
	Operador Jumbo Frontonero	2.5	h-h	1.00	2.06 \$/hr	5.16	1.39	
	Ayudante de Jumbro Frontonero	2.5	h-h	1.00	1.44 \$/hr	3.59	0.97	
	Operador Scoop R1600 G	2.0	h-h	1.00	1.84 \$/hr	3.68	1.00	
	Operador Dumper	1.0	h-h	0.00	1.81 \$/hr	0.00	0.00	
	Capataz	2.0	h-h	1.00	1.73 \$/hr	3.45	0.93	
	Maestro Cargador Disparador	3.0	h-h	1.00	1.43 \$/hr	4.30	1.16	
	Ayudante Cargador Disparador	3.0	h-h	1.00	1.32 \$/hr	3.96	1.07	
	Mecánico/Electricista	1.0	h-h	2.00	1.63 \$/hr	3.26	0.88	
	Perforista Jackleg y Servicios	1.0	h-h	0.00	1.48 \$/hr	0.00	0.00	
	Tubero	1.0	h-h	1.00	1.36 \$/hr	1.36	0.37	
	Bodeguero	2.0	h-h	1.00	1.32 \$/hr	2.64	0.71	
	Alimentación					38.52	10.41	
	Leyes Sociales	100.06%				35.08	9.48	28.38
	JEFATURAS							
	Ing. Residente	1.0	h-h	1.00	9.92 \$/hr	9.92	2.68	
	Ing. Jefe de Guardia	1.5	h-h	1.00	5.03 \$/hr	7.55	2.04	
	Ing. Seguridad	1.0	h-h	1.00	6.20 \$/hr	6.20	1.68	
	Ing. Geomecánico	1.0	h-h	1.00	7.19 \$/hr	7.19	1.94	
	Ing. Mantenimiento	1.0	h-h	1.00	4.34 \$/hr	4.34	1.17	
Inspector Seguridad	1.0	h-h	1.00	1.74 \$/hr	1.74	0.47		
Alimentación					10.56	2.85		
Leyes Sociales	61.46%				22.70	6.14	18.97	
2	IMPLEMENTOS							
	Implementos personal auxiliar		h-h	29.16	0.13 \$/hr	3.83	1.03	1.03
3	MATERIALES Y HERRAMIENTAS							
	Herramientas		gdia	1.00	2.82 \$/gdia	2.82	0.76	
	Manga de Ventilación de 36"						0.04	0.80
4	PERFORACIÓN							
	Jumbo		h-m	0.00	95.40 \$/hr	0.00	0.00	
	Barra de perforación 14'		m.	167.70	0.12 \$/m.	20.21	5.46	
	Brocas de 51 mm		m.	167.70	0.17 \$/m.	28.96	7.83	
	Shank adapter		m.	167.70	0.03 \$/m.	5.82	1.57	
	Coupling		m.	167.70	0.01 \$/m.	1.72	0.47	
	Rimadora de 4"		m.	15.60	0.70 \$/m.	10.96	2.96	
	Copas de afilado Broca de 51 mm		m.	167.70	0.07 \$/m.	11.46	3.10	
	Copas de afilado Rimadora de 4"		m.	15.60	0.18 \$/m.	2.78	0.75	
	Afiladora de brocas		m.	167.70	0.01 \$/m.	2.14	0.58	22.72
5	EQUIPOS							
	Scooptrams 4.1 yd.		h-m	0.00	132.61 \$/hr	0.00	0.00	
	Dumper		h-m	0.00	99.93 \$/hr	0.00	0.00	
	Camioneta de Supervisión		h-m	2.00	6.26 \$/hr	12.52	3.38	
	Camión Transporte de Materiales		h	1.00	9.88 \$/hr	9.88	2.67	
	Lampara Bateria		h-h	29.16	0.02 \$/hr	0.58	0.16	
	Bomba Sumergible		h	0.00	0.65 \$/hr	0.00	0.00	
Ventiladora 30.000c.f.m		h	4.00	1.16 \$/hr	4.63	1.25	7.46	
6	EXPLOSIVOS							
	Emulex 80% 1 1/2" x 8"		Unid.	27.00	0.44 \$/unl	11.81	3.19	
	Anfo		kg	112.50	0.55 \$/kl	61.94	16.74	
	Fanel Blanco 4.20 m.		Unid	27.00	1.00 \$/unl	27.00	7.30	
	Carmex 2.70 m.		Unid.	2.00	0.59 \$/unl	1.18	0.32	
	Mecha Rápida		m	0.00	0.33 \$/m	0.00	0.00	
	Cordón detonante		m	30.00	0.16 \$/m	4.82	1.30	28.85
TOTAL COSTOS DIRECTOS								108.22
7	GASTOS INDIRECTOS							
	Imprevistos			2.50%			2.71	2.71
	Utilidad			15.00%			16.23	16.23
TOTAL DE COSTO POR METRO LINEAL EN DOLARES (US\$/M-L)								127.16

El costo que representa la voladura realizada en cinco pruebas son:

Tabla N° 26. Resumen de Costos de voladura

. Resumen de Costos de voladura						
Prueba	Disparo 1	Disparo 2	Disparo 3	Disparo 4	Disparo 5	Promedio
Costo \$/ml	126.72	122.79	129.04	121.16	127.16	125.37

Concluyendo que el costo promedio de la voladura es de 125.37 \$/metro lineal.

4.3 Prueba de Hipótesis

Tabla N° 27 Resultados de las pruebas de voladura

PARÁMETRO DE UBICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE ROCA						PARÁMETRO DE PERFORACIÓN							PARÁMETRO DE VOLADURA				RESULTADOS OBTENIDOS						
N° DE PRUEBA	NIVEL	LABOR	SECCIÓN PROG.	RMR	T. CORTE	TALD. PROD.	TALD. ALIV.	TALD. PRE. CORTE	TOTAL TALD.	LONG. DE BARRA	LONG. PERF.	EF. PERF. (%)	CART. EMULEX 80	KG. EMULEX 80	KG. EXAMON P	KG. TOTAL DE EXPLOSIVOS	Mts. Av.	EF. DISP.	SEC. MEDIDA (AxH)	LONG. TACO (Mts.)	F. AV. (kg/m)	F. C. (kg./m3)	RESULTADO DEL DISPARO
1	Nv. 5A	RP. 803 SW	4x4	55-65	HEX.	29	3	0	32	4.2	3.7	88%	48	12.5	125	137.5	3.4	92%	4.1 x 4.2	0.3	40.4	2.5	DEFICIENTE
2	Nv. 8	RP. 496 E	3.5 x 3.5	65 - 75	RB.	30	4	4	38	4.2	3.7	88%	48	12.5	125	137.5	3.6	97%	3.6 x 3.6	0.1	38.2	2.9	EFICIENTE
3	Nv. 5	XC 773 NW	4 x 4	55 - 75	HEX.	30	4	4	38	4.2	3.7	88%	48	12.5	125	137.5	3.5	95%	4.1 x 4.1	0.2	39.3	2.3	EFICIENTE
4	Nv. 5	GL 768 SE	4 x 4	65 - 75	HEX.	30	4	4	38	4.2	3.5	83%	48	12.5	125	137.5	3.5	100%	4 x 4	0	39.3	2.5	EFICIENTE
5	Nv. 8	GL 550 S	4 x 4	65 - 75	HEX.	30	4	0	34	4.2	3.7	88%	48	12.5	125	137.5	3.5	95%	4.1 x 4.1	0.2	39.3	2.3	EFICIENTE
6	Nv. 6A	BP 728 NW	3.5 x 3.5	35 - 45	RM.	26	3	0	29	4.2	3.2	79%	26	6.8	100	106.8	3.0	94%	3.6 x 3.7	0.2	35.6	2.7	EFICIENTE
7	Nv. 6A	XC 724 NE	3.5 x 3.5	65 - 75	TR.	30	4	4	37	4.2	3.6	86%	30	7.8	125	132.8	3.5	97%	3.6 x 3.5	0.1	37.9	3.1	EFICIENTE
8	Nv. 6A	BP 728 NW	3.5 x 3.5	35 - 45	RM.	26	3	0	29	4.2	3.3	79%	26	6.8	100	106.8	3.2	97%	3.6 x 3.9	0.1	33.4	2.7	EFICIENTE
9	Nv. 6A	XC 724 NE	3.5 x 3.5	65 - 75	TR.	30	4	4	37	4.2	3.7	88%	30	7.8	125	132.8	3.6	97%	3.5 x 3.4	0.1	36.9	3.1	EFICIENTE
10	Nv. 6A	BP 728 NW	3.5 x 3.5	35 - 45	RM.	26	3	0	29	4.2	3.5	83%	26	6.8	100	106.8	3.3	94%	3.5 x 3.8	0.2	32.4	2.6	EFICIENTE
11	Nv. 6A	XC 724 NE	4 x 4	65 - 75	RB.	27	4	4	35	4.2	3.7	88%	27	7.0	112.5	119.52	3.5	95%	4 x 4	0.2	34.1	2.1	EFICIENTE
12	Nv. 10	BP. 456 S	3.5 x 3.5	55 - 65	RB.	27	4	4	35	4.2	3.8	90%	27	7.0	112.5	119.52	3.7	97%	3.5 x 3.6	0.1	32.3	2.0	EFICIENTE
13	Nv. 6A	XC 724 NE	4 x 4	65 - 75	RB.	27	4	4	35	4.2	3.8	90%	27	7.0	112.5	119.52	3.5	92%	3.9 x 4.1	0.3	34.1	2.1	DEFICIENTE
14	Nv. 10	BP. 456 S	3.5 x 3.5	55 - 65	RB.	27	4	4	35	4.2	3.8	90%	27	7.0	112.5	119.52	3.6	95%	3.7 x 3.5	0.2	33.2	2.7	EFICIENTE
15	Nv. 10	BP. 456 S	3.5 x 3.5	55 - 65	RB.	26	3	0	29	4.2	3.8	90%	26	6.8	100	106.8	3.7	97%	3.6 x 3.5	0.1	28.9	2.4	EFICIENTE
16	Nv. 10	BP. 456 S	3.5 x 3.5	55 - 65	TR.	30	3	0	33	4.2	3.9	93%	30	7.8	100	107.8	3.8	97%	3.7 x 3.5	0.1	28.4	2.3	EFICIENTE

Como se observa el cuadro se tiene un promedio de avance por disparo de 3.46 m, con un factor de avance promedio de 36.00 kg/m y con un rendimiento de perforación de 86.42 %, una eficiencia de disparo de 95.42 % se obtiene este resultado con una perforación promedio de 3.90 m, un factor de avance de 36.00 kg/m, y un factor de carga de 2.55 kg/m³

Tabla N° 28. Resultados promedios de las pruebas ejecutadas

Resultados promedios de las pruebas ejecutadas							
Zona	Long. Perfora.	Long. taco	Efic. de perfora.	Metros avance	Efic. de disparo	F. avance (kg/m)	F. carga (kg/m ³)
Intermedia	3.7 m.	0.2 m.	86.42%	3.46 m.	95.42%	36.00	2.55

4.4 Discusión de resultados

Luego de rediseñar la malla de perforación y voladura, se procedió a realizar las pruebas en campo netamente en la zona Alta de Cuerpos, para lo cual se realizó los siguientes controles básicos con el objetivo de obtener buenos resultados: Marcado de malla de perforación de acuerdo al diseño. Control de paralelismo de los taladros con guidores de metal. Buena limpieza de taladros con aire comprimido después de la perforación. Control de carga explosiva (EXAMON P) de acuerdo a la distribución de carga de la malla de perforación diseñada. Marcado de la manguera de carguío con cinta de colores.

Voladura controlada en los taladros de contorno, con el regado de Anfo. Constante inducción al personal durante la perforación y carguío de taladros.

Durante las pruebas de voladura como se había programado llegamos a los siguientes resultados. Las pruebas fueron realizadas en la zona intermedia en secciones de 3.5 m. x 3.5 m. tres tipos de roca suave, intermedia y dura; así como también en secciones de 4.0 m, x 4.0 m. en rocas de tipo intermedia y dura.

En el diagnostico se realizaron cuatro pruebas obteniendo una eficiencia de perforación de 86.75 % con un avance de 3.43 m. con una eficiencia de disparo

de 93.75 % , un factor de avance de 36.50 kg/m. y un factor de carga de 2.45 kg/m³ .

Con este diagnóstico se procedió a realizar un ajuste a la malla de perforación, realizándose 12 voladuras en rampas, cruceros, galerías, bay pas, en la que obtuvimos los siguientes resultados: una eficiencia de perforación de 86.42 % con un avance de 3.46 m. Con una eficiencia de disparo de 95.42 %, un factor de avance de 36.00 kg/m. y un factor de carga de 2.55 kg/m³, con un costo promedio por disparo de 125.37 \$/metro lineal.

CONCLUSIONES

1. Las pruebas fueron realizadas en la zona intermedia en secciones de 3.5 m. x 3.5 m. tres tipos de roca suave, intermedia y dura; así como también en secciones de 4.0 m, x 4.0 m. en rocas de tipo intermedia y dura.
2. En el diagnostico se realizaron cuatro pruebas obteniendo una eficiencia de perforación de 86.75 % con un avance de 3.43 m. con una eficiencia de disparo de 93.75 %, un factor de avance de 36.50 kg/m. y un factor de carga de 2.45 kg/m³.
3. Al mejorar la malla de perforación, se realizaron 12 voladuras en rampas, cruceros, galerías, bay pas, en la que obtuvimos los siguientes resultados: una eficiencia de perforación de 86.42 % con un avance de 3.46 m. con una eficiencia de disparo de 95.42 %, un factor de avance de 36.00 kg/m. y un factor de carga de 2.55 kg/m³, con un costo promedio por disparo de 125.37 \$/metro lineal.
4. En cuanto al costo promedio que se obtuvo al realizar las pruebas de voladura en cinco disparos que se pudieron controlar los gastos fueron de 125.37 \$/metro lineal lo cual representa una disminución con los gastos que se tiene en las voladuras que no se hizo las pruebas.
5. En conclusión podemos decir que se logró mejorar los parámetros de perforación y voladura en las labores que se hizo la investigación, lo cual incide en la disminución de los costos

RECOMENDACIONES

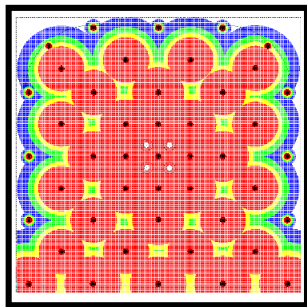
1. Se recomienda mayor compromiso y apoyo de parte de la supervisión para poder estandarizar las mallas de perforación, con la finalidad de poder realizar algunos ajustes necesarios.
2. Se recomienda continuar con la capacitación al personal de perforación y carguío con el objetivo y aplicar las mallas estandarizadas de acuerdo al tipo de roca del macizo y enriquecer sus conocimientos y obtener buenos resultados.
3. Si se tiene una longitud de barra de jumbo de 14 pies, se recomienda realizar la perforación con la longitud completa de 3.90 m en terrenos intermedios a duros.
4. También se recomienda realizar taladros de alivio en la corona, con la finalidad de controlar la sobre excavación de la labor y minimizar en el porcentaje de sobre rotura.
5. Así mismo se recomienda seleccionar operadores y cargadores en zona Intermedia personas comprometidas con el cambio, de hacer las cosas bien y que cumplan con todos los parámetros básicos de una buena perforación y voladura.

BIBLIOGRAFÍA

- BERNAOLA, CASTILLA, HERRERA, J. (2013). *Perforacion y voladura de rocas en mineria*. Universidad Politecnica de Madrid.
- ENAEX. (s.f.). *Manual de tronadura ENAEX S.A.* ENAEX, Gerencia tecnica.
- EXSA. (s.f.). *Manual practico de voladura, 4ta edicion*. exsa.
- Hernandez ; Fernandez; Baptista, R. (2014). *Metodologia de la investigacion, sexta edicion*. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Instituto Geologico y Minero de España. (1987). *Manual de perforacion y voladura de rocas*. Instituto Geologico y Minero de España.
- LARA BALTAZAR, O. (2013). *Diseño de malla de perforación para optimizar la voladura en la Unidad Carahuacra de la Compañía Minera Volcan S.A.A.* [tesis de licenciamiento U.N.del Centro del Peru] repositorio institucional U.N.del Centro del Peru.
- MARTINEZ, R. (2020). *El secreto detras de una tesis*. Rosario Martinez G.
- PACAHUALA AGUIRRE, M. (2015). *REDUCCIÓN DE COSTOS OPERATIVOS EN DESARROLLOS MEDIANTE ACTUALIZACIÓN DE ESTÁNDARES EN PERFORACION Y VOLADURA, CASO DE LA EMPRESA ESPECIALIZADA MINCOTRALL S.R.L.* [tesis de licenciamiento U.N. del Centro del Peru] repositorio institucional U.N. del Centro del Peru.
- RAMOS BORDA, L. (2016). *Optimización de la ejecución de galerías y cruceros en la Mina Ana María mediante estandarización de perforación y voladura*. [Tesis de licenciamiento, U.N.del Altiplano] repositorio institucional U.N. del Altiplano.
- SULLA FLORES, A. (2013). *ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO Y DE SEGURIDAD DEL MÉTODO SUB LEVEL STOPING UTILIZADO EN LA EXPLOTACIÓN DEL TAJO 574 VETA ESPERANZA MINA CASAPALCA*. [tesis de licenciamiento, U.N. de San Agustin de Arequipa]repositorio institucional U.N.San Agustin de Arequipa.

ANEXOS

Anexo 1. Instrumentos de Recolección de datos: Jumbo, PC, software, Cámaras, etc.



Algunas imágenes del diseño de malla de perforación que se está realizando por cada tipo de roca.

Anexo 2. Pintado de la malla de perforación



Pintado de la cuadrilla de perforación con ayuda de la línea de gradiente y el punto de dirección.

Anexo 3. Vista del corte rompe boca



Disparo ejecutado en el cruceo XC 724 con el corte rompe boca

Anexo 4. Medición del avance del disparo



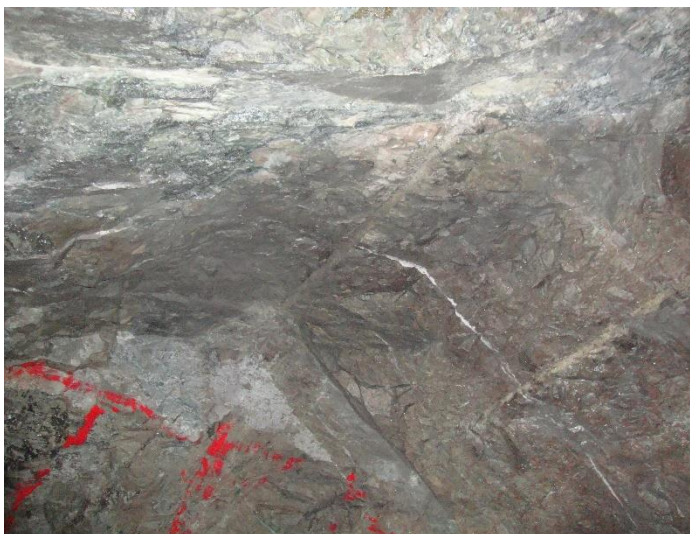
Anexo 5. Evaluación de la sobre rotura en la corona



Anexo 6. Avance del disparo en el By Pass 456 Nv 10



Anexo 7. Corona controlada en el Bay Pas 456 Nv 10



Anexo 8. Matriz de consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Método	Población y muestra
<p>Principal ¿Al mejorar la malla de perforación en qué grado podemos mejorar los parámetros de perforación y voladura en la zona de cuerpos Mery de la mina Alpayana?</p> <p>Problemas específicos a. ¿Al mejorar la malla de perforación en qué grado podemos mejorar los parámetros de perforación y voladura en labores de 4.0 m x 4.0 m en la zona de cuerpos Mery de la mina Alpayana? b. ¿Al mejorar la malla de perforación en qué grado podemos mejorar los parámetros de perforación y voladura en labores de 3.5 m x 3.5 m en la zona de cuerpos Mery de la mina Alpayana?</p>	<p>General Mejorar la malla de perforación para obtener mejores parámetros de perforación y voladura en la zona de cuerpos Mery de la mina Alpayana.</p> <p>Específicos a. Mejorar la malla de perforación para obtener mejores parámetros de perforación y voladura en labores de 4.0 m x 4.0 m en la zona de cuerpos Mery de la mina Alpayana. b. Mejorar la malla de perforación para obtener mejores parámetros de perforación y voladura en labores de 3.5 m x 3.5 m en la zona de la mina Alpayana.</p>	<p>General Mejorando la malla de perforación podremos obtener mejores parámetros de perforación y voladura en la zona de cuerpos Mery de la mina Alpayana.</p> <p>Específicos a. Al Mejorar la malla de perforación obtendremos mejores parámetros de perforación y voladura en labores de 4.0 m x 4.0 m en la zona de cuerpos Mery de la mina Alpayana b. Al Mejorar la malla de perforación obtendremos mejores parámetros de perforación y voladura en labores de 3.5 m x 3.5 m en la zona de cuerpos Mery de la mina Alpayana.</p>	<p>Para la hipótesis general • Variable Independiente: Malla de perforación • Variable Dependiente: Parámetros de perforación y voladura</p> <p>Para las hipótesis específicas •Para la hipótesis a. Variable independiente Malla de perforación Variable dependiente Parámetros de perforación y voladura en labores de 3.5 m. x 3.5 m •Para la hipótesis b. Variable independiente Malla de perforación Variable dependiente Parámetros de perforación y voladura en labores de 4.0 m. x 4.0 m.</p>	<p>Tipo de Investigación El tipo metodológico aplicado en esta investigación es el aplicado.</p> <p>Métodos de investigación El método empleado en el desarrollo de mi investigación es el inductivo deductivo, de análisis y síntesis</p>	<p>Población La población está constituida por todas las labores de avance de la Zona de cuerpos Mery de la Compañía Minera Alpayana S.A.</p> <p>Muestra Las muestras están constituidas por las labores de desarrollo y preparación del Proyecto de Investigación en la zona de cuerpos Mery de la Compañía Minera Alpayana S.A.</p>