

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



T E S I S

**Mejoras técnicas económicas de los disparos en frentes y en
taladros largos en Compañía Minera el Brocal – Colquijirca**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. Jean Enzo CONDOR BAZAN

Asesor:

Mg. Teodoro Rodrigo SANTIAGO ALMERCÓ

Cerro de Pasco – Perú – 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



T E S I S

Mejoras técnicas económicas de los disparos en frentes y en taladros largos en Compañía Minera el Brocal – Colquijirca

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Edwin Elías SANCHEZ ESPINOZA

PRESIDENTE

Mg. Silvestre Fabian BENAVIDES CHAGUA

MIEMBRO

Ing. Julio César SANTIAGO RIVERA

MIEMBRO

DEDICATORIA

EL presente trabajo lo dedico a Dios, por permitirme haber llegado a esta etapa de mi vida profesional, dándome sabiduría, inspiración, fortaleza y sobre todo mucha paciencia para obtener el anhelo más deseado de mi vida personal al convertirme en ingeniero.

A mis madres Lucila CORDOVA y Dionne BAZAN, las personas que estuvieron en todo momento de mi vida siendo mi bastón de apoyo en mis más críticos momentos de mi vida por ser ejemplo de lucha y coraje gracias a ellas soy una persona con valores y como no decir que fueron fuente de mi inspiración.

AGRADECIMIENTO

A mi asesor por la guía que me brindo para poder culminar este trabajo.

A mis hermanos Yunitza, Diana, Dayana, Franco y Jayson por su aporte para llegar a culminar el trabajo presente.

RESUMEN

La investigación llevada a cabo y cuyo título es : “MEJORAS TECNICAS ECONOMICAS DE LOS DISPAROS EN FRENTES Y EN TALADROS LARGOS EN COMPAÑÍA MINERA EL BROCAL - COLQUIJIRCA”, plantea como objetivo principal el de Evaluar la voladura en los frentes y en tajeos de taladros largos para ver las condiciones técnicas y económicas que se encuentran, en la Empresa Especializada JRC – Empresa Minera El Brocal – Colquijirca y como hipótesis principal de trabajo señalamos que: Al evaluar la voladura en los frentes y tajeos con taladros largos, se tendrá mejoras técnicas y económicas en la Empresa Especializada JRC – Empresa Minera El Brocal – Colquijirca.

Respecto a la metodología, la investigación realizada es aplicada, con un diseño no experimental, descriptivo y correlacional, apoyándonos en el método científico, y teniendo como muestra los frentes de zona Marcapunta Norte, Marcapunta Este, y para tajeos de taladros largos se escogió el tajo 1333 – block 9382. Después del análisis se llegó a las conclusiones y recomendaciones respectivas.

Palabras claves: Mejoras técnicas, económicas, voladura, perforación, tajeos, taladros largos.

ABSTRACT

The investigation carried out and whose title is: "ECONOMIC TECHNICAL IMPROVEMENTS OF THE SHOTS IN FACES AND IN LONG HOLES IN COMPAÑÍA MINERA EL BROCAL - COLQUIJIRCA", raises as main objective the Evaluate the blasting in the faces and in long drill holes to see the technical and economic conditions found in the JRC Specialized Company - El Brocal Mining Company - Colquijirca and as the main working hypothesis we point out that: When evaluating the blasting in the fronts and stopes with long drills, there will be technical improvements and at the JRC Specialized Company – El Brocal Mining Company – Colquijirca.

Regarding the methodology, the research carried out is applied, with a non-experimental, descriptive and correlational design, relying on the scientific method, and taking as a sample the fronts of the Marcapunta Norte, Marcapunta Este zone, and for long-hole stopes, the pit 1333 – block 9382. After the analysis, the respective conclusions and recommendations were reached.

Keywords: Technical and economic improvements, blasting, drilling, stopes, long holes.

INTRODUCCIÓN

En Compañía Minera El Brocal, donde se nota ciertos problemas de la voladura de frentes y en taladros largos se plantea evaluar y mejorar esta actividad; probablemente está ocurriendo por el tipo de explosivo usado, accesorio empleado, el diseño realizado, el trazo, distribución de los taladros, así como también podría ser la geología del yacimiento, etc.

Estos aspectos hacen que planteemos la presente investigación, buscando mejoras en este proceso y a la vez reducir costos en los disparos de frentes, y en taladros largos.

Para lo cual vamos a plantear un cambio en el trazo de perforación, usando un nuevo explosivo y detonadores, para posteriormente ser evaluados y ver los resultados técnicamente y económicamente.

En lo referente al desarrollo de la investigación, se realizará por capítulos de la siguiente manera:

El capítulo I trata sobre problemática de la investigación, referente a la perforación y voladura de los tajeos con taladros largos y en frentes, su tipo de arranque, explosivo usado, abarcando el planteamiento del problema, Problema General y específicos, Objetivo general y específicos, justificación e importancia, hipótesis y descripción de las variables. Delimitación de la investigación y limitaciones.

El Capítulo II, analizamos toda la información referente al tema, revisando libros, tesis, revistas sobre perforación y voladura en diferentes minas y poder formular el Marco Teórico, las bases teóricas propuestas por autores y la terminología usada.

Seguidamente, el Capítulo III, trata sobre la Metodología empleada, que contiene el método de investigación utilizado, el nivel y tipo de investigación, el diseño de la investigación, la población y muestra, las Técnicas e instrumentos de recolección de datos y el procesamiento de Datos.

En el Capítulo IV trata sobre el trabajo de campo, análisis de los resultados, sobre el arranque propuesto, resultados de la perforación y voladura de acuerdo al tipo de roca, así como también sobre los costos que resulta de las pruebas realizadas.

Por último, presentamos las conclusiones y recomendaciones.

También se indica las referencias bibliográficas de todos los autores utilizados para esta investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Planteamiento del problema.....	1
1.2.	Delimitación de la investigación.....	2
	1.2.1. Delimitación espacial	2
	1.2.2. delimitación temporal.....	2
1.3.	Formulación del problema	2
	1.3.1. Problema General.....	2
	1.3.2. Problema Específicos	2
1.4.	Formulación de Objetivos.....	2
	1.4.1. Objetivo General.....	2
	1.4.2. Objetivos Específicos.....	3
1.5.	Justificación de la investigación.....	3
1.6.	Limitaciones de la investigación	3

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio	4
2.2.	Bases teóricas – científicas	8
2.2.1.	Voladura	8
2.2.2.	EXPLOSIVOS.....	8
2.2.3.	Perforación	9
2.2.4.	Arranques o trazos de perforación	12
2.2.5.	Diseño de una voladura para túneles.....	16
2.3.	Definición de términos conceptuales	23
2.4.	Enfoque filosófico - epistémico	24

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación.....	28
3.2.	Nivel de investigación.....	28
3.3.	Característica de la investigación	28
3.4.	Métodos de investigación	29
3.5.	Diseño de investigación.....	29
3.6.	Procedimiento del muestreo	29
3.7.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	29
3.7.1.	Técnicas	30
3.7.2.	Instrumentos.....	30
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	30
3.9.	Orientación ética	31

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1.	Presentación, análisis e interpretación de resultados	32
4.1.1.	Ubicación.....	32

4.1.2. accesibilidad	32
4.1.3. Recursos	34
4.2. Discusión de resultados	70
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cálculos simplificados para cortes quemados	20
Tabla 2 Operacionalización de variables e indicadores.....	26
Tabla 3 Ubicación	32
Tabla 4 Accesibilidad	33
Tabla 5 Tipo de roca.....	36
Tabla 6 Parámetros de disparos en frentes de la zona sur – marcapunta norte.....	39
Tabla 7 Resultados de disparos en frentes de la zona sur – marcapunta norte.	40
Tabla 8 Parámetros de disparos en frentes de la zona centro – marcapunta norte.	42
Tabla 9 Resultados de disparos en frentes de la zona centro – marcapunta norte.....	43
Tabla 10 Evaluación de disparos en frentes de la zona norte – marcapunta norte.....	45
Tabla 11 Resultados de disparos en frentes de la zona norte – marcapunta norte.	46
Tabla 12 Parámetros de disparos en frentes de la zona sur y norte – marcapunta este.....	49
Tabla 13 Resultados de disparos en frentes de la zona sur y norte – marcapunta este.....	50
Tabla 14 Carguío de una fila disparada en el tajeo 1333	52
Tabla 15 Carguío por taladro	53
Tabla 16 Parámetros de la perforación en frentes – roca tipo II	55
Tabla 17 Parámetros voladura y accesorios en frentes – roca tipo II	56
Tabla 18 Rendimientos de perforación y voladura – roca tipo II.....	56
Tabla 19 Costos perforación y voladura en frentes – roca tipo II.....	57
Tabla 20 Distribución de taladros.....	59
Tabla 21 Parámetros de la perforación en frentes – roca tipo III	60

Tabla 22	Parámetros voladura y accesorios en frentes – roca tipo III	60
Tabla 23	Rendimientos de perforación y voladura – roca tipo III	61
Tabla 24	Costos perforación y voladura en frentes – roca tipo III	61
Tabla 25	Distribución de taladros	63
Tabla 26	Costos de la perforación y voladura en frentes para roca tipo IV	64
Tabla 27	Distribución de taladros – roca tipo IV	66
Tabla 28	Parámetros de la perforación en frentes – roca tipo IV	67
Tabla 29	Parámetros voladura y accesorios en frentes – roca tipo IV	67
Tabla 30	Rendimientos de perforación y voladura – roca tipo IV	68
Tabla 31	Parámetros de perforación y voladura taladros largos	68
Tabla 32	Costos de perforación y voladura taladros largos	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tipo de explosivos	9
Figura 2 Errores de perforación	10
Figura 3 Nomenclatura de un frente o túnel	12
Figura 4 “Corte en Cuña y en Abanico”	13
Figura 5 “Corte en paralelo”	14
Figura 6 Ejemplos de corte quemado.....	14
Figura 7 “Trazos de arranque para túneles”	15
Figura 8 Vista de un corte quemado	15
Figura 9 Distribución de los taladros y su orden de salida.....	16
Figura 10 “Distribución de taladros”	17
Figura 11 Ubicación de los taladros	17
Figura 12 Calculo del Burden 1	18
Figura 13 Radio desde el centro del corte llamado R.....	19
Figura 14 Distancia entre taladros dentro del cuadro	19
Figura 15 Ubicación de la Mina.....	33
Figura 16 Ubicación de las instalaciones de la mina.....	33
Figura 17 Diseño de arranque Exsagonal	35
Figura 18 Arranque ejecutado en el campo.....	35
Figura 19 Diseño y pintado del arranque Hexagonal.....	37
Figura 20 Termino de perforación del arranque Hexagonal	37
Figura 21 Distribución de retardos en el arranque hexagonal	38
Figura 22 Malla de perforación y voladura	47

Figura 23 Resultados de la voladura.....	47
Figura 24 Granulometría obtenida	48
Figura 25 Control del techo y cajas.....	48
Figura 26 Diseño de la preparación y de la voladura	51
Figura 27 Diseño de preparación, carguío y voladura	53
Figura 28 Malla de perforación y carguío – roca tipo II.....	58
Figura 29 Carguío de taladros – roca tipo II	59
Figura 30 Malla de perforación – roca tipo III	62
Figura 31 Carguío de taladros.....	63
Figura 32 Malla de perforación y carguío – roca tipo IV	65
Figura 33 Carguío de taladros – roca tipo IV.....	66

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

El proceso de la voladura en minera es una de las actividades más importantes y delicadas a la vez, por eso toda empresa minera dedica su atención a esta actividad evaluando la perforación que se realiza, material y accesorios de voladura usada, estado de los equipos de perforación, calidad de personal empleado, los costos que conlleva realizar un disparo.

En Compañía Minera El Brocal, donde se nota ciertos problemas de la voladura de frentes y en taladros largos se plantea evaluar y mejorar esta actividad; probablemente está ocurriendo por el tipo de explosivo usado, accesorio empleado, el diseño realizado, el trazo, distribución de los taladros, así como también podría ser la geología del yacimiento, etc.

Estos aspectos hacen que planteemos la presente investigación, buscando mejoras en este proceso y a la vez reducir costos en los disparos de frentes, y en taladros largos.

Para lo cual vamos a plantear un cambio en el trazo de perforación, usando un nuevo explosivo y detonadores, para posteriormente ser evaluados y ver los resultados técnicamente y económicamente.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

La presente investigación se realizará en la Empresa Minera El Brocal – Colquijirca a través de una Empresa Especializada, ubicada en el distrito Tinyahuarco, de provincia de Pasco, región Pasco.

1.2.2. delimitación temporal

La duración estimada para la realización de la investigación será de 6 meses de julio a diciembre 2021.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema General

¿Al evaluar la voladura en los frentes y en tajeos de taladros largos en qué condiciones técnicas y económicas se encontraron, en la Empresa Especializada JRC – Empresa Minera El Brocal – Colquijirca?

1.3.2. Problema Específicos

- a. ¿Al evaluar la voladura en los frentes y en tajeos de taladros largos en qué condiciones técnicas se encontraron, en la Empresa Especializada JRC – Empresa Minera El Brocal – Colquijirca?
- b. ¿Al evaluar la voladura en los frentes y en tajeos de taladros largos en qué condiciones económicas se encontraron, en la Empresa Especializada JRC – Empresa Minera El Brocal – Colquijirca?

1.4. Formulación de Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Evaluar la voladura en los frentes y en tajeos de taladros largos para ver las condiciones técnicas y económicas que se encuentran, en la Empresa Especializada JRC – Empresa Minera El Brocal – Colquijirca.

1.4.2. Objetivos Específicos

- a. Evaluar la voladura en los frentes y en tajeos de taladros largos para ver las condiciones técnicas que se encuentran, en la Empresa Especializada JRC – Empresa Minera El Brocal – Colquijirca.
- b. Evaluar la voladura en los frentes y en tajeos de taladros largos para ver las condiciones económicas que se encuentran, en la Empresa Especializada JRC – Empresa Minera El Brocal – Colquijirca.

1.5. Justificación de la investigación

La realización de la tesis justifica su realización desde varios aspectos:

Aspecto teórico:

Al realizar la investigación vamos a tener necesidad de aplicar conocimientos referentes a perforación y voladura en minería subterránea, así también generaremos nuevos conocimientos referentes a voladura en tajeos y taladros largos.

Aspecto técnico:

En cuanto a la parte técnica nuestra investigación conllevara a una mejora de la voladura en frentes y taladros largos al usar nuevos explosivos y accesorios, usando nuevos explosivos y accesorios.

Aspecto económico

La investigación conllevara a demostrar que se puede reducir los costos al usar nuevo explosivo y accesorios en la voladura de frentes y taladros largos, lo que significara un ahorro para la empresa.

1.6. Limitaciones de la investigación

Se espera que su realización no encuentre obstáculos o limitaciones tanto en tiempo, acceso a la mina, económicamente y si los hubiere se tratara de superar.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Durante la revisión de información que realizamos obtuvimos los siguientes antecedentes.

Primer antecedente:

La presente tesis titulado “Diseño de malla de perforación y voladura de taladros largos en Sub Level Stopping para incrementar la productividad en mina Marcapunta Sur de Sociedad Minera El Brocal S.A.A.” de (MALLQUI, 2019), plantea como objetivo el de contar con una malla de perforación que permita reducir los costos en el método de extracción por taladros largos en la mina Marca Punta Sur.

Como conclusiones indica:

- La propuesta de diseño de la malla de perforación contara con los siguientes parámetros, burden 1.6 m. espaciamiento 1.50 m. factor de potencia 3.84 kg/tn para el VCR más Slot y de 0.10 kg/tn para las filas 4 y 5.
- La perforación de los taladros largos se realizó sin contratiempos llegando a tener eficiencias en la primera semana de un 90% de lo sugerido y a la segunda semana un 239%.

- Se logro reducir el grado de fragmentación obteniendo mínima cantidad de bancos esto debido a que se realizó en la perforación 5 filas por guardia y no 4 como se hacía anteriormente y así se obtuvo buena productividad y costos bajos.

Segundo antecedente:

La tesis titulada “Diseño de Malla de Perforación y Voladura en Frentes de Avance para Reducción de Costos y Optimización de Tiempos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A.-Unidad San Vicente, Vitoc Junín, 2018” cuyo autor es (GAGO , 2018), su objetivo es ver cómo influye el nuevo diseño de la malla de perforación y voladura en los costos y en la mejora de los tiempos de operación en la mina San Vicente, de Morococha.

Como conclusiones se tiene:

- Se logro reducir el número de taladros en la perforación, lo que trajo consigo una disminución de los costos.
- Cuando se trabajó con mallas de 4m x 4m se redujo la cantidad de taladros a 38 taladros, el factor de carga a 2.00 kg/m³, el costo de avance por metro se redujo a 218.88 \$/m.
- En las mallas de perforación de 3m x 3m se perforaron 27 taladros, consiguiendo un factor de carga de 2.54 kg/m³ y un costo de avance de 170.0\$/m.
- Perforar un frente de 4m x 4m tardo 2.90 hr/frente, y en frentes de 33 x 3m el tiempo de la perforación fue de 2.23 hr/frente.
- El ahorro que se obtiene al usar las nuevas mallas de perforación fue de 140,875 \$/año.

Tercer antecedente:

Por otra parte, la tesis “DISEÑO DE MALLAS EN FRENTES PARA MEJORA DE AVANCES EN LABORES DE DESARROLLO EN MINA ANDAYCHAGUA 2021” sustentado por (OYOLA, 2022), su objetivo plantea

mejorar el avance en las labores de desarrollo cuando empleamos un diseño nuevo.

Como conclusiones llega a:

- Un factor de carga de 31.95 kg/ml, con un rendimiento del 91 %de avance longitudinal de taladro.
- Se logro perforar 4643 metros lineales, con un consumo de 170,035 kg de explosivo que viene a ser mayor a lo programado.
- El factor de carga sobrepasa lo programado llegando a 36. 62 kg/m³, el corte hexagonal hace que se tenga un avance de 3.61 m/disparo, representando un 92.21 % de eficiencia.
- Para el tipo de roca tipo III la malla propuesta es el adecuado.

Cuarto antecedente:

La tesis que lleva por título “Diseño de malla de perforación y voladura para optimizar el avance en la rampa negativa 940 de Sociedad Minera Austria Duvaz S. A. C.” presentado por (MORALES, 2020), manifiesta que su objetivo es ver la influencia de la malla de perforación y voladura en las mejoras de avance en la rampa – 940 en la mina Austria Duvaz.

Como conclusión se tiene:

- Con la nueva malla de perforación se obtuvo buena eficiencia en el avance realizándose una voladura controlada lo que trajo consigo una disminución de la cantidad de explosivos.
- El avance represento en promedio 2.74 m/disparo con una eficiencia de 97.5% en una sección de 3m x 3m.
- La nueva malla de perforación trajo consigo una reducción de taladros de 36 a 32 taladros, con un factor de carga de 16.09 kg/m³ y 44.09 kg de explosivos.
- Los costos de perforación también se redujeron de 14.72 \$/m a 13.12 \$/m y el costo de voladura se redujo de 102.13 \$/disparo a 91.01 \$/disparo.

Quinto antecedente

La tesis titulada "DISEÑO DE MALLA DE PERFORACION Y VOLADURA DE TALADROS LARGOS PARA EL MINADO DE VETA ESPERANZA EN ALPAYANA S.A- 2020" cuyo autor es (LAVADO, 2020), tiene como objetivo el de ver como un diseño de malla de perforación influye en la productividad en taladros largos.

Como conclusión se tiene:

- Con la aplicación de la nueva malla de perforación se tuvo de productividad de 42.14 tn/taladro.
- Se consiguió disminuir el ancho del tajeo de 0.80 m. a 0.38 m. lográndose disminuir la dilución del tajeo.
- Los costos disminuyeron significativamente de 5.70\$/tn a 3.8 \$/tn.
- Se logro disminuir la velocidad pico de la partícula PPV a una distancia de 1000 m. dio 0.08 mm/seg. La carga operante disminuyo en 10.157 kg/m.

Sexto antecedente:

La tesis que lleva por título "DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN FRENTES DE AVANCE EN LA UNIDAD MINERA UCHUCHACUA DE LA CIA. MINERA BUENAVENTURA" de (IBÁÑEZ, 2020) plantea como objetivo el de contar con una mejora de la voladura al usar un nuevo diseño de malla de perforación en frentes, en la mina Uchuchacua.

Como conclusión manifiesta:

- Para frentes de avance de 3.50m x 3.0 m, el diseño de malla conto con 36 taladros operativos y 3 de alivio.
- En cuanto a los parámetros sus rendimientos son: el avance aumento a 3.06 m. la eficiencia de la voladura llego a 96 %, el costo pre disparo disminuyo a 370.74 \$/disparo, el factor de carga llego a 2.2 Kg/m3.

2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. Voladura

Entendemos este proceso que se lleva a cabo en las labores mineras como lo expresa el manual práctico de voladura de cómo se expresa “es un proceso tridimensional, en el cual las presiones generadas por explosivos confinados dentro de taladros perforados en la roca, originan una zona de alta concentración de energía que produce dos efectos dinámicos: fragmentación y desplazamiento” (EXSA, s.f.).

Criterios básicos en perforación y voladura

Dentro de los elementos fundamentales en el proceso de voladura de rocas podemos citar a:

“Condición y estructura de la roca.

Perforación - Diseño de malla y arranque.

- Habilidad del perforista.

Selección del explosivo adecuado.

Secuencia de salidas”. (EXSA, s.f.)

Hablaremos de cada uno de ellos en forma resumida.

2.2.2. Explosivos

“Productos químicos que encierran un enorme potencial de energía.

Reaccionan instantáneamente con gran violencia, bajo la acción de fulminante u otro estímulo externo” (LOPEZ JIMENO, 1987).

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.” (LOPEZ JIMENO, 1987).

Tipos de explosivos y su Composición

En siguiente cuadro nos muestra la variedad de explosivos que hay en el mercado y sus principales características.

Figura 1

Tipo de 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

Tenemos “explosivos sensibles al detonador y no sensibles al detonador:

Sensibles al detonador:

- Dinamitas
- Emulsiones
- No sensibles al detonador
- Emulsiones
- Agentes de voladura granulados” (ENAEX, s.f.)

2.2.3. Perforación

Es el proceso que se realiza para contar con los taladros donde se colocara los explosivos para realizar la voladura de la roca produciendo su fragmentación y desplazamiento, realizándose con equipos manuales y mecanizadas.

Condiciones fundamentales en perforación

Dentro de las principales tenemos:

“A. Diámetro.

B. Longitud

C. Rectitud – Paralelismo

D. Estabilidad.” (Bernaola, Castilla, & Herrera, 2013)

Errores en perforación

Podemos citar a los siguientes errores más comunes:

“Hueco de alivio (diámetro muy pequeño)

Irregular longitud de los taladros desviaciones en el paralelismo

Espaciamientos irregulares

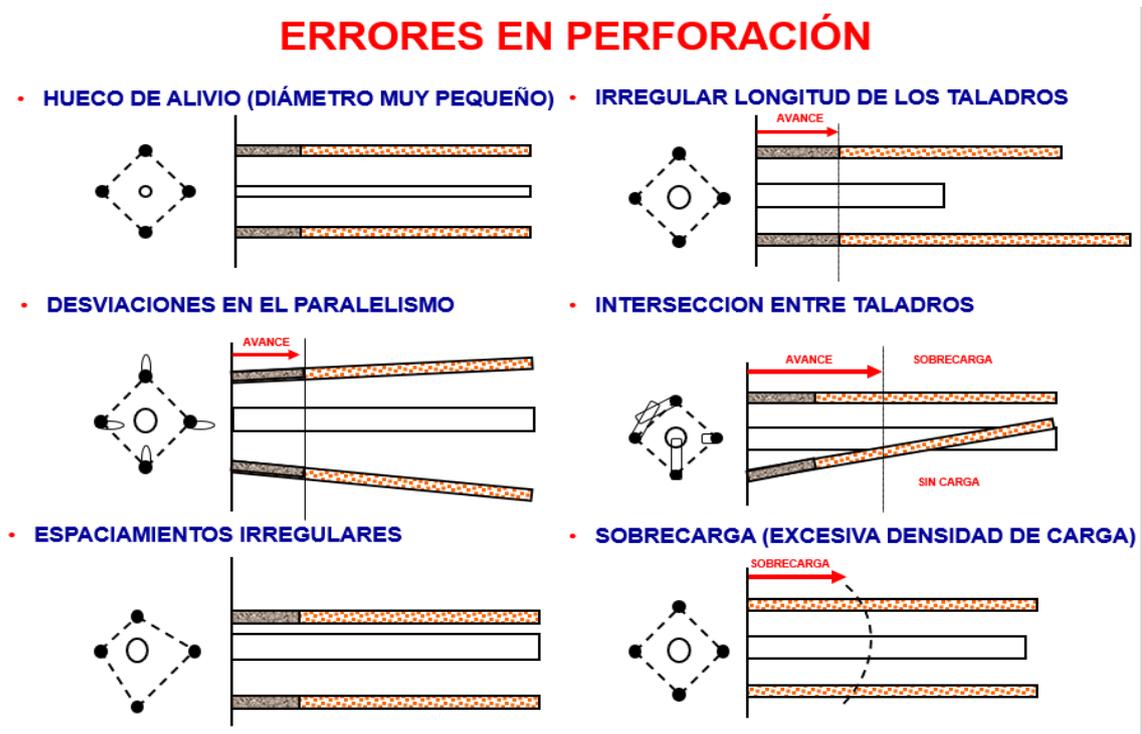
Sobrecarga (excesiva densidad de carga)

Desviaciones en el paralelismo

Intersección entre taladros” (EXSA, s.f.)

Figura 2

Errores de perforación



Perforación en frentes subterráneos

Los motivos de realizar las perforaciones son dos:

- a. Para utilizar el espacio excavado (accesos de transporte, almacenaje de materiales diversos, obras de construcción, defensa militar, etc.).
- b. Para utilizar el material excavado (explotación minera).” (LOPEZ JIMENO, 1987)

El proceso de la realización de la perforación y voladura comprende:

- Perforación de los taladros.
- Carga de explosivo y tendido del sistema de iniciación.
- Disparo de la voladura.
- Evacuación de los humos y ventilación del área del trabajo.
- Desprendimiento de rocas aflojadas, resaltos y lomos, que hayan quedado remanentes después del disparo (desquinche).
- Eventual eliminación de tacos quedados resultantes de tiros fallados.
- Carguío y transporte del material arrancado.
- Eventual disparo adicional para rotura secundaria de pedrones sobredimensionados.
- Medición del avance logrado, control de alineamiento y nivelación, replanteo de taladros para el siguiente disparo.
- La forma como realizamos la perforación depende de muchos factores como:
 - Equipo de perforación empleado (parámetro básico es el diámetro de taladro).
 - Tiempo disponible para la ejecución.
 - Tipo de roca y condiciones del frontón.
 - Tipo de sostenimiento necesario.
 - Sistema de ventilación.” (LOPEZ JIMENO, 1987)

Al realizar la voladura del frente del túnel pequeño o mediano se tiene tres espacios o áreas:

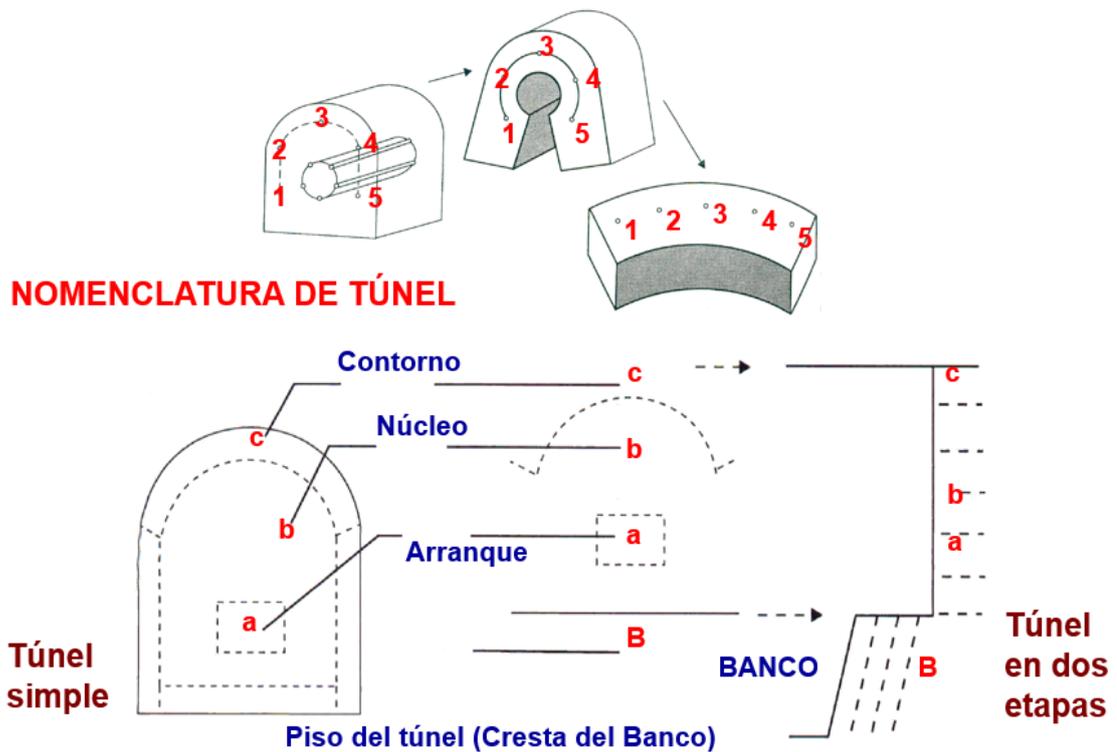
La de corte o arranque, la de núcleo o destroza y la de corona o contorno.

Estas se disparan en tres etapas: corte, núcleo, contorno, con tiros individuales espaciados en tiempo de modo tal que actúan en conjunto, aparentemente en forma instantánea, pero con salidas ordenadas secuencialmente para permitir el desplazamiento del material fragmentado. Como se ve en el cuadro siguiente. (EXSA, s.f.)

Figura 3

Nomenclatura de un frente o túnel

DESARROLLO DEL BANCO ANULAR



2.2.4. Arranques o trazos de perforación

“Es la forma como se realiza los taladros que saldrán en primer lugar en una voladura creando una cara libre, pudiendo clasificar en dos grupos:

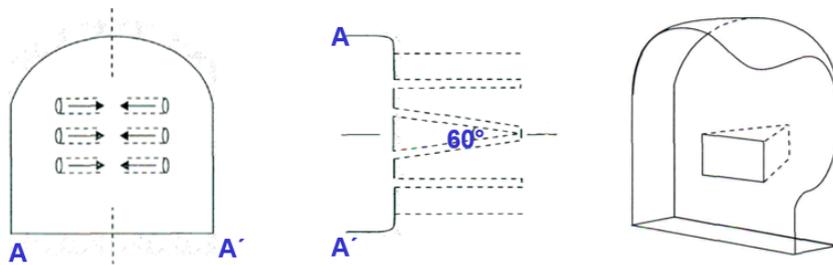
1. Cortes con taladros en ángulo o cortes en diagonal.
2. Cortes con taladros en paralelo.” (Bernaola, Castilla, & Herrera, 2013)

Vemos en las siguientes imágenes:

Figura 4

“Corte en Cuña y en Abanico”

CORTE EN CUÑA HORIZONTAL O VERTICAL



CORTE EN ABANICO AL PISO O LATERAL

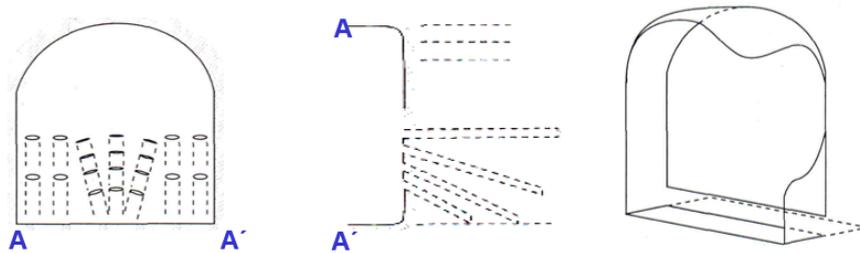
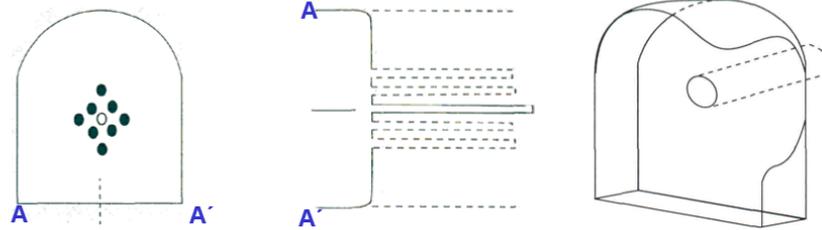


Figura 5

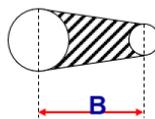
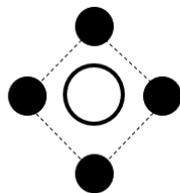
“Corte en paralelo”

CORTE EN PARALELO



CONDICIONES FUNDAMENTALES:

1. Distancia estimada del alivio al primer taladro de arranque.
2. Secuencia de salida.



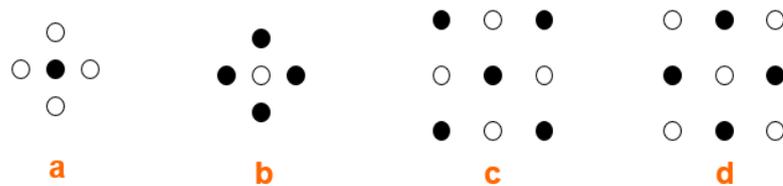
$B = 1,5 \text{ a } 1,7 \phi$
de 15 a 30 cm

Donde ϕ es el diámetro mayor

Figura 6

Ejemplos de corte quemado

EJEMPLOS DE CORTE QUEMADO



EJEMPLOS PARA LIMITAR EL EFECTO DE SIMPATIA ENTRE LOS TALADROS

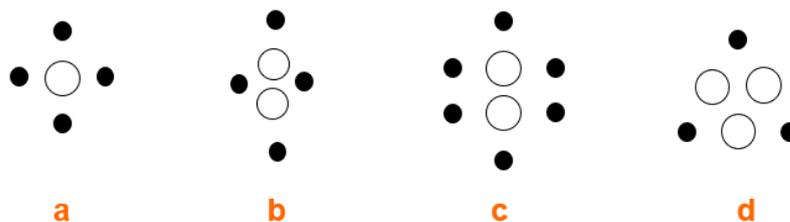
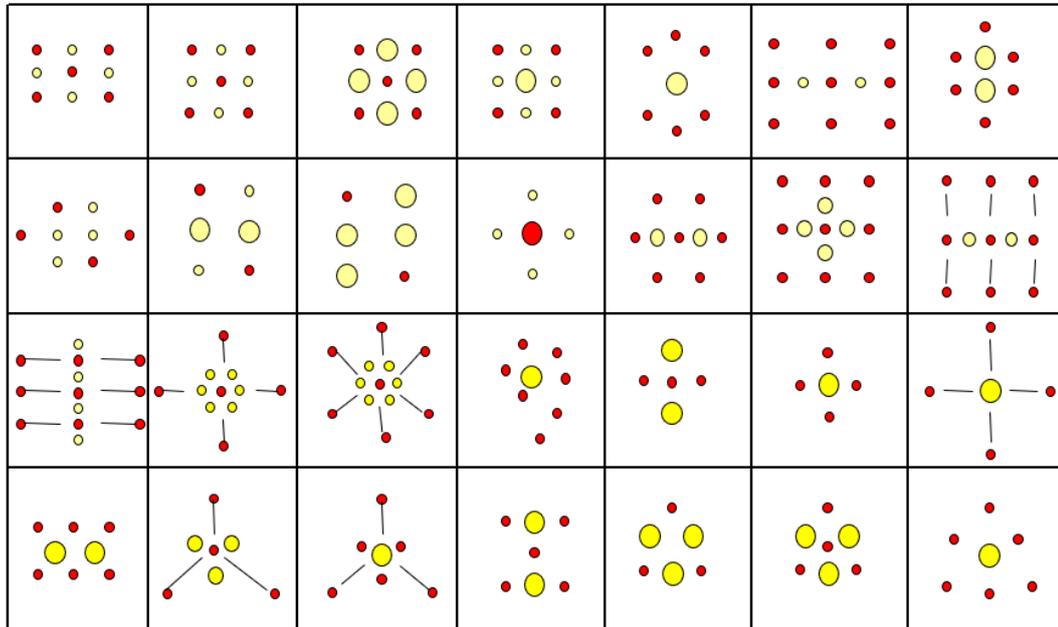


Figura 7

“Trazos de arranque para túneles”

TRAZOS DE ARRANQUE PARA TÚNELES



LEYENDA ● Taladro cargado ● Taladro de alivio

Figura 8

Vista de un corte quemado



2.2.5. Diseño de una voladura para túneles

La cantidad de taladros en voladura de túneles es diferente para cada túnel.

Aquí mencionamos la disposición de los taladros.

“Los taladros pueden ser divididos en las siguientes categorías:

Taladros de Piso (arrastres).

Taladros Cuadradores (flancos).

Taladros de Contorno (alzas al techo).

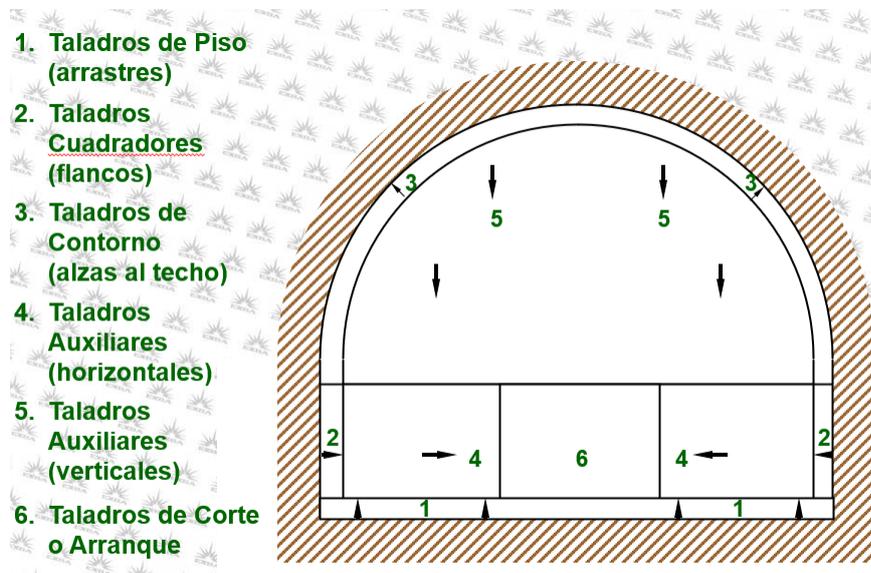
Taladros Auxiliares (horizontales).

Taladros Auxiliares (verticales).

Taladros de Corte o Arranque.” (EXSA, s.f.)

Figura 9

Distribución de los taladros y su orden de salida



La siguiente figura muestra la disposición de los taladros, el orden de salida en un corte quemado en rombo.

cálculos para las dimensiones del corte quemado

Taladro (S) Vacío (S) (D_h)

“Un diseño típico de un corte quemado se da en la figura mostrada. El diámetro del taladro vacío de alivio se designa como D_h . Si se utiliza más de un taladro vacío, se debe calcular el diámetro equivalente de un solo taladro vacío el cual contenga el volumen de todos los taladros vacíos.” (EXSA, s.f.) Esto se puede hacer utilizando la siguiente ecuación:

$$D_h = d_h \sqrt{N}$$

donde:

D_h = Diámetro equivalente de un solo taladro vacío (mm)

d_h = Diámetro de los taladros vacíos (mm)

N = Número de taladros vacíos

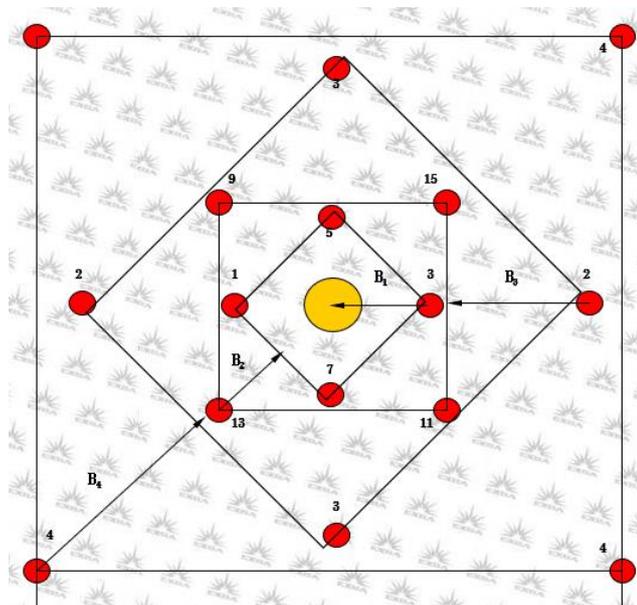
Cálculo De B_1 Para El Cuadro 1

El primer cuadrado de taladros de arranque se localiza a una distancia B_1 del centro.

$$B_1 = 1.5D_h$$

Figura 12

Calculo del Burden 1

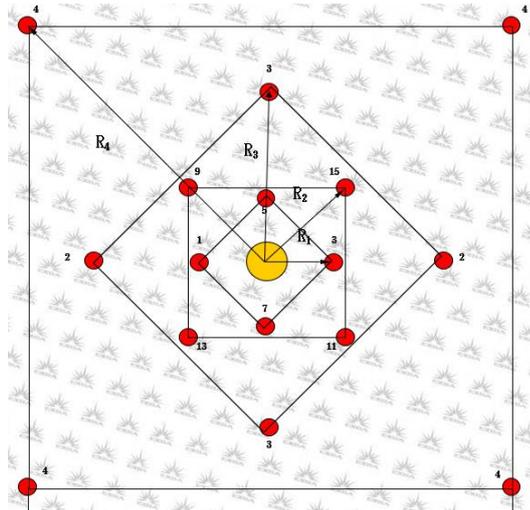


La distancia o radio desde el centro exacto del corte se llamará R.

$$R1 = B1$$

Figura 13

Radio desde el centro del corte llamado R

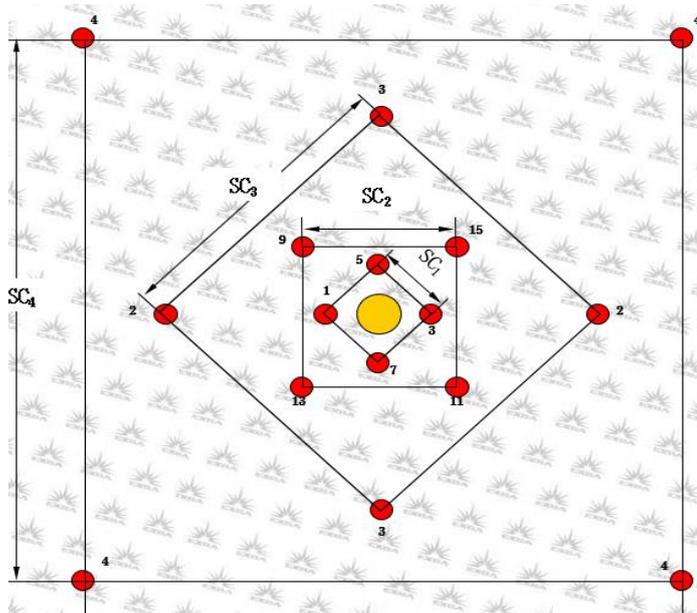


El valor de Sc denota el tamaño del corte o la distancia entre taladros dentro del cuadro.

$$Sc1 = B1\sqrt{2}$$

Figura 14

Distancia entre taladros dentro del cuadro



Cálculos Simplificados Para Cortes Quemados

Tabla 1

Cálculos simplificados para cortes quemados

CUADRO No.	1	2	3	4
B=	1.50 D _H	2.12 D _H	4.50 D _H	9.54 D _H
R=	1.50 D _H	3.18 D _H	6.75 D _H	14.31 D _H
S _c =	2.12 D _H	4.50 D _H	9.54 D _H	20.23 D _H
T=	1.50 D _H	1.06 D _H	2.25 D _H	4.77 D _H
REVISAR	$S_c = \sqrt{L}$	$S_c = \sqrt{L}$	$S_c = \sqrt{L}$	$S_c = \sqrt{L}$

1. Determinación del Burden

El burden para la voladura de un pique se determina de la misma manera que en una voladura de superficie

$$"B = 0.012(2 SG_e / SG_r + 1.5) D_e$$

donde:

- B = Burden (m)
- SG_e = Gravedad Especifica o Densidad del Explosivo (g/cm³)
- SG_r = Gravedad Especifica o Densidad de la Roca(g/cm³)
- D_e = Diámetro del Explosivo (mm)"

(KONYA, 1995)

Profundidad del Taladro (H)

"La profundidad de los taladros, los cuales romperán hasta un 95% o más de su profundidad total, puede ser determinada con la siguiente ecuación:"

$$"H = (DH + 16.51) / 41.67$$

donde:

- H = Profundidad (m)
- DH = Diámetro del taladro (mm)" (KONYA, 1995)

Profundidad de Avance (L) (Esperada)

$$L = 0.95 H$$

Taladros Auxiliares o de Producción

$$B = 0.012(2 SGe / SGr + 1.5) De$$

$$S = 1.1B$$

$$T = 0.5B$$

donde:

S = Espaciamiento

B = Burden (m)

T = Taco (m) (KONYA, 1995)

Taladros de Arrastre al Piso

$$B = 0.012(2 SGe / SGr + 1.5) De$$

$$S = 1.1B$$

$$T = 0.2B$$
 (KONYA, 1995)

Taladros de Contorno (Cuadradores Y Alzas)

“Comúnmente detonados con voladura de recorte con taladros de 0.45 m a 0.6 m entre centros, de otra manera.”

$$B = 0.012(2 SGe / SGr + 1.5) De$$

$$S = 1.1B$$

$$T = B$$
 (KONYA, 1995)

Tiempo de Retardo de los Taladros

Los taladros de corte se disparan con por lo menos 50 ms entre periodos. Los taladros auxiliares se retardan con por lo menos 100 ms o con retardos LD. Los taladros del contorno (con voladura de recorte) se disparan con el mismo retardo. Los taladros de piso detonan al último. (LOPEZ JIMENO, 1987)

Número de taladros para el frontón:

Fórmula empírica:

$$10\sqrt{S}$$

donde:

S = área de la sección del frontón

Fórmula práctica:

$$N_t = P/E + KxS$$

donde:

N_t = número de taladros

P = perímetro de la sección en m = $\sqrt{(Sx4)}$

E = distancia entre los taladros de la sección por m²

0.40-0.55 para roca dura, tenaz

0.60-0.65 para roca intermedia, semi dura

0.70-0.75 para roca blanda, frágil

K = dimensión de la sección en m² – coeficientes:

2.0-2.5 para roca dura

1.5-1.7 para roca intermedia, semi dura

1.0-1.2 para roca blanda

S = área de la sección = $A \times H(\pi + 8) / 12$

Fórmulas prácticas para carga explosiva:

$$\text{en Kg/m} = \varnothing^2 \times P_{e(\text{exp})} \times 0.0007854 \quad (\varnothing \text{ en mm})$$

$$\text{Kg/m} = \varnothing^2 \times P_{e(\text{exp})} \times 0.577 \quad (\varnothing \text{ en pulgadas})$$

También:

Cálculo de carga para pequeño diámetro

$$C_t = 0.34 \times \varnothing^2 \times P_{e(\text{exp})} \text{ en lb/pie}$$

Nota:

para el ANFO - densidad de carga a granel 0.80-0.85.

Y EXAMON - densidad de carga con aire comprimido 0.90-1.0.

2.3. Definición de términos conceptuales

Arranque:

“Son taladros perforados y cargados; primero en ser iniciados para generar una cara libre.” (REPUBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA , 2003)

Burden:

“Es la distancia entre un taladro cargado con explosivos a la cara libre de una malla de perforación. El burden depende básicamente del diámetro de perforación; de las propiedades de la roca y las características del explosivo a emplear. Cara libre o taladro de alivio” (ENAEX, s.f.).

Costos operativos o de producción mina:

“Los costos de operación se definen como aquellos generados en forma continua durante el funcionamiento de una operación minera y están directamente ligados a la producción, pudiéndose categorizarse en costos directos e indirectos” (LOPEZ JIMENO, 1987)

Costos directos:

“Conocidos como costos variables, son los costos primarios en una operación minera en los procesos productivos de perforación, voladura, carguío y acarreo y actividades auxiliares mina” (LOPEZ JIMENO, 1987)

Diseño de malla:

“Es una parte fundamental para poder hacer una buena fragmentación de roca dependiendo de parámetros tales como la calidad de la roca, la cantidad de explosivos, el tipo de corte. El diseño de las mallas cambia según el tipo de terreno y también según las dimensiones de la labor que se trabaja.” (Bernaola, Castilla, & Herrera, 2013)

Espaciamiento:

“Es la distancia entre taladros cargados con explosivos de una misma fila o de una misma área de influencia en una malla de perforación” (ENAEX, s.f.).

Factor de carga:

“Es la cantidad de explosivo usada por m³ de roca volada por Tn.” (ENAEX, s.f.)

Frente:

“Es el lugar en donde se emplaza personal y máquina de perforar para realizar el avance de una galería o crucero, mediante perforación y voladura” (ENAEX, s.f.).

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.” (Instituto Geológico y Minero de España, 1987)

Taladros largos:

“La longitud de los taladros puede variar entre 10 m a 40 m, mientras que el diámetro de los mismos varía de 51 mm a 127 mm. Los taladros largos se perforan con varillas de extensión” (REPUBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA , 2003)

2.4. Enfoque filosófico - epistémico

Al evaluar la voladura en los frentes y tajeos con taladros largos, se encontraron mejoras técnicas y económicas en la Empresa Especializada JRC – Empresa Minera El Brocal – Colquijirca

Al evaluar la voladura en los frentes y tajeos con taladros largos, se encontraron mejoras técnicas, en la Empresa Especializada JRC – Empresa Minera El Brocal – Colquijirca

Al evaluar la voladura en los frentes y tajeos con taladros largos, se encontraron mejoras económicas en la Empresa Especializada JRC – Empresa Minera El Brocal – Colquijirca.

- Evaluar la voladura en los frentes y tajeos con taladros largos
- Mejoras técnicas y económicas
- Evaluar la voladura en los frentes y tajeos con taladros largos
- Mejoras técnicas
- Evaluar la voladura en los frentes y tajeos con taladros largos
- Mejoras económicas

Operacionalización de variables e indicadores

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES E INDICADORES				
VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENCION	INDICADORES
<p>3.5.1 Variables para la hipótesis general Evaluar la voladura en los frentes y tajeos con taladros largos Mejoras técnicas y económicas</p> <p>3.5.2 Variables para la hipótesis específicas Variables para hipótesis específicas a: Evaluar la voladura en los frentes y tajeos con taladros largos Mejoras técnicas</p> <p>Variables para hipótesis específicas b: Evaluar la voladura en los frentes y tajeos con taladros largos Mejoras económicas</p>	<p>Evaluación de la voladura: Teóricamente podemos definir como ver o determinar las condiciones en las que se da dicho proceso desde el aspecto técnico, económico, de seguridad, ambiental y plantear alternativas de mejora.</p>	<p>En la investigación se planteará la evaluación de la voladura de frentes, tajeos con taladros largos, para ver las condiciones técnicas, económicas en la Empresa Especializada JRC – Empresa Minera El Brocal – Colquijirca.</p>	<p>-Evaluación de voladura en frentes -Evaluación- de voladura en tajeos de taladros largos.</p>	<p>-Técnicos Trazo de voladura Factor de carga Factor de potencia Eficiencia Volumen roto Tonelaje roto Vibraciones</p> <p>-Económicos Costo directo Costos generales Costo total</p>

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación que se usará en la investigación será de tipo aplicativo porque nos basaremos en informaciones teóricas referentes a voladura en minería como manifiesta (BAENA , 2017) “Concentra su atención en las posibilidades concretas de llevar a la práctica las teorías generales y destinan sus esfuerzos a resolver las necesidades que se plantean la sociedad y los hombres”.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de nuestra investigación será de descriptivo, porque describiremos y analizaremos las condiciones en la que se da la voladura tanto técnicamente como económicamente, entendido como “describe situaciones que han sido investigados previamente, en este tipo de estudios ya existe una selección de variables, las cuales se miden de manera aislada e independiente y de esta misma manera se presentan sus resultados” (SUPO, CAVERO, 2014)

3.3. Característica de la investigación

La investigación implicó recopilar y analizar datos no numéricos para comprender conceptos, opiniones o experiencias, así como datos sobre

experiencias vividas en Mejoras técnicas económicas de los disparos en frentes y en taladros largos en Compañía Minera el Brocal – Colquijirca

3.4. Métodos de investigación

El método a emplear será el método científico porque haremos uso del procedimiento que sigue el método científico en la evaluación de la voladura, apoyado en los métodos específicos analítico, deductivo; “El método científico es un procedimiento para descubrir las condiciones en que se presentan sucesos específicos, caracterizado generalmente por ser tentativo, verificable, de razonamiento riguroso y observación empírica” (TAMAYO Y TAMAYO, 2003)

3.5. Diseño de investigación

El diseño a aplicar es el diseño no experimental porque simplemente realizaremos una evaluación o diagnóstico de la voladura tanto en frentes y tajeos de taladros largos y no haremos modificaciones de las variables, como dice “Estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos” (HERNANDEZ, FERNANDES, BAPTISTA, 2014)

3.6. Procedimiento del muestreo

Las Mejoras técnicas económicas se determinan según el procedimiento a seguir para lograr los objetivos que es el siguiente.

Reconocimiento del área de estudio.

Realización del vuelo DRONE (generación de la Ortofoto)

Modulado del plano de las tablas de evaluación de las Mejoras técnicas económicas de los disparos en frentes y en taladros largos en Compañía Minera el Brocal – Colquijirca

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos que se empleó en nuestra investigación fueron:

3.7.1. Técnicas

Para nuestra investigación vamos a apoyarnos en las siguientes técnicas, como lo define (SANCHEZ, REYES, 2006) “se expresa como un conjunto de reglas y operaciones para el manejo de los instrumentos que auxilian al investigador en la aplicación de los métodos”.

Recopilación documental

Dentro de esto contamos con una recopilación bibliográfica tanto de libros, revistas, tesis sobre perforación y voladura.

También se recopiló los datos que cuenta en su data la empresa en sus diferentes áreas como el de minería, voladura, perforación, geología.

La observación

Los datos obtenidos fueron de las operaciones realizadas en la mina en los tajeos y frentes seleccionados.

3.7.2. Instrumentos

Dentro de los diferentes instrumentos usados tenemos:

Las labores de trabajo: frentes, tajeos

Archivos de reporte de voladura, perforación, de consumo de explosivos

Hoja de calculo

Libros, tesis

Computadora

Libreta de notas

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Todos los datos obtenidos en campo como en gabinete fueron procesados mediante la hoja de cálculo Excel, generando las tablas, cuadros; para su interpretación análisis y resultados.

3.9. Orientación ética

Cumplimos con los principios éticos que demanda nuestra profesión de Ingeniero de Minas, respetando los valores, practicando la verdad, la honestidad, respeto a la dignidad humana.

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.1.1. Ubicación

“Sociedad Minera El Brocal S.A.A. se encuentra ubicado en el distrito de Tinyahuarco, provincia y departamento de Pasco, y coordenadas (UTM)” (Unidad Minera El BROCAL, 2017)

Tabla 3

Ubicación

Norte	8811 271
Este	361 760
Altitud	4300 msnm

4.1.2. accesibilidad

“El acceso de Lima hacia el distrito de Tinyahuarco (Pasco) es mediante las siguientes vías” (Unidad Minera El BROCAL, 2017)

Tabla 4

Accesibilidad

Carretera central	Lima – Colquijirca – 289 Km.
Vía férrea	Lima – Colquijirca – 290 Km
Vía Aérea	Lima – Vicco – 30 minutos

Fig. 1 Ubicación Sociedad Minera El Brocal S.A.A.

Figura 15

Ubicación de la Mina

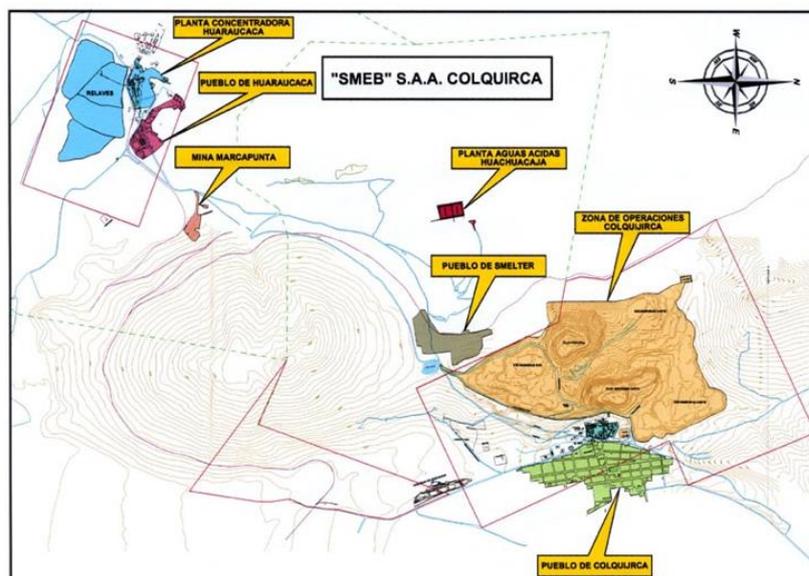
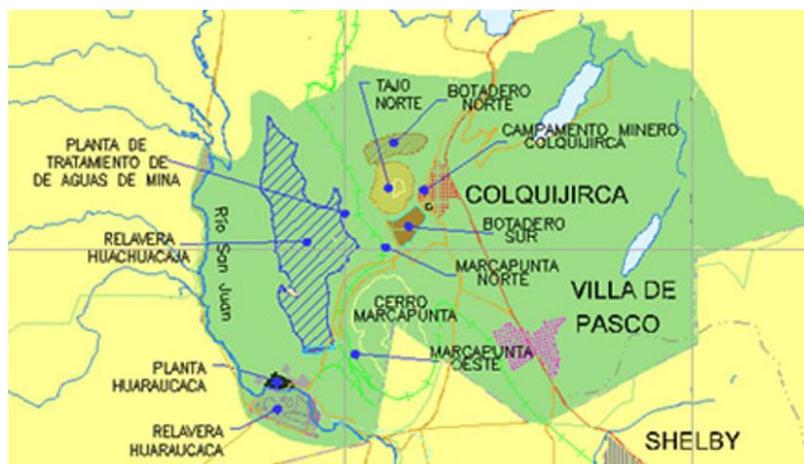


Figura 16

Ubicación de las instalaciones de la mina



4.1.3. Recursos

Recursos Humanos

“La fuerza laboral proviene del lugar y sus alrededores, siendo la mayoría del personal procedente de la zona central” (Unidad Minera El BROCAL, 2017)

Mejoras técnicas de los disparos en frentes y en taladros largos

Diseño del arranque hexagonal

Consiste en un arranque para perforaciones de hasta 14' cuyo objetivo principal es incrementar el rendimiento en los avances para ello se continuó con la estandarización del arranque y secuencia de salida de los taladros. “Para calcular las dimensiones del arranque a los alivios se tomó como base la teoría de KONYA quien después de haber realizado pruebas experimentales, llega a la conclusión que, la ecuación que más se aproxima es la siguiente: Calculando el diámetro equivalente de un solo alivio el cual contenga el volumen de todos los taladros de alivio, bajo la siguiente ecuación” (GAGO , 2018)

$$D_{eq} = D_{aliv} \sqrt{N}$$

D eq: Diámetro equivalente. (mm)

Daliv: Diámetro de alivio. (mm)

N : Números de taladros de alivios.

Entonces para calcular la distancia del primer burden condicionado al tipo de roca será igual a:

$$B = 1.25 \times D_{eq}$$

Remplazando los datos de campo, nuestra primera aproximación al burden entre el alivio y arranque será:

$$B = (1.25) \times (100 \text{ mm}) \times (\sqrt{4})$$

B = 250 mm = 25 cm.

Para el diseño del arranque se utilizó el corte de tipo Hexagonal que hemos propuesto y recomendamos en esta investigación, con el uso del detonador EXSANEL.

Figura 17

Diseño de arranque Exsagonal

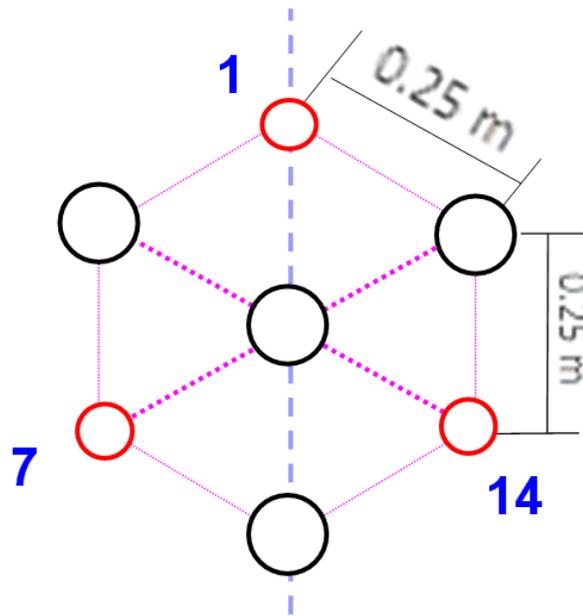


Figura 18

Arranque ejecutado en el campo



Observamos que, en el arranque sugerido, existe una mejor distribución de taladros de alivio y un mayor tiempo de retardos para el arranque en forma secuencial.

Evaluación de la voladura

Voladuras evaluadas en frentes

En los trabajos realizados se visitó Marcapunta Norte (zona sur, norte y centro) y Marcapunta Este para realizar el seguimiento de los trabajos de Perforación y Voladura en:

Marcapunta Norte

Zona Sur con Tipo de Roca 4.

Zona Norte con Tipo de Roca 3 y 4.

Ventana Centro con Tipo de Roca 2y3.

Marcapunta Este

Galería sur y norte con Tipo de Roca 4.

Las particularidades geológicas y geomecánicas que posee la zona están compuesta por rocas sedimentarias, con estratificaciones horizontales, sub horizontales, fracturamientos verticales y alteraciones, con RMR promedio de 21 – 51 que se caracterizan por ser rocas inestables a medianamente estables, tal como se especifican en la siguiente tabla mecánica.

Tabla 5

Tipo de roca

Muestra	Tipo de Roca	Is Kg/cm
M - 1	Caliza fuertemente silicificada con hematita, pirita y galena.	86.00
M - 2	Caliza margosa color verde con venillas de calcita.	3.86
M - 3	Dolomita, venillas de cuarzo.	44.43
M - 4	Marga calcárea grisáceo.	2.99
M - 5	Caliza moderadamente limonitizada con calcita.	17.54
M - 6	Caliza con calcita, fracturada.	4.92
M - 7	Caliza gris con chert.	60.54
M - 8	Marga arcillosa grisáceo.	3.08

Aquí se evaluaron las voladuras con la finalidad de diseñar y recomendar cambios en bien de la mejora continua. Para tal fin se trabajó con el Emulex 65 y 80 de 1 ½" x 12" (para taladros de arranque y producción), Emulex 80 de 1 ¼" x 12" (para taladros entubados en las arrastras) y Emulex 65 de 1 1/8" x 7" (para realizar voladura controlada en los cuadradores y corona). Y finalmente los detonadores no eléctricos Exsanel como iniciador, los detalles de los disparos lo detallamos por zonas de disparo.

Figura 19

Diseño y pintado del arranque Hexagonal

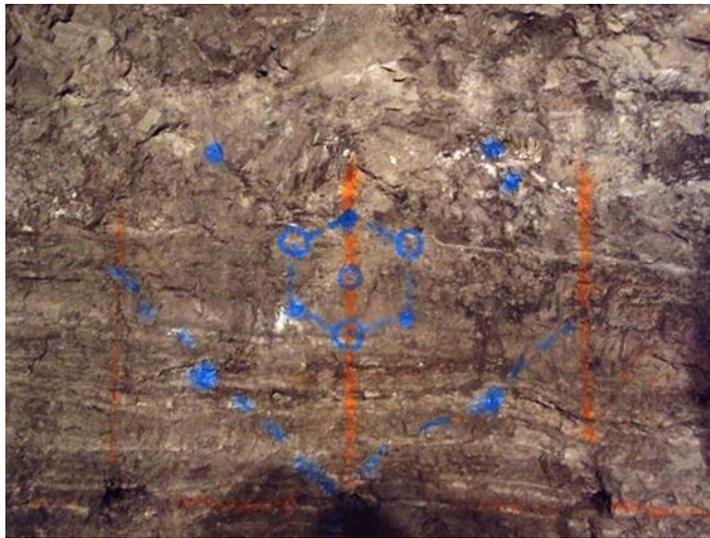


Figura 20

Termino de perforación del arranque Hexagonal



Figura 21

Distribución de retardos en el arranque hexagonal



Prueba 1: Evaluación de disparos en frentes de la zona sur – marcapunta norte

Se designó a un ingeniero, para supervisar las voladuras en forma conjunta antes, durante y después de los disparos en sus principales frentes.

Bajo este contexto se realizaron un total de 17 disparos en esta zona, concesionada a la Empresa Especializada JRC, la perforación se efectúa con jumbo con el diseño del arranque Hexagonal, con longitudes promedios de perforación 2.9 m debido a su característica geomecánica, el diámetro de perforación de 2 pulgadas, que consecutivamente fueron cargados empleando la emulsión plastificada EMULEX 80 y 65, y los accesorios no eléctricos Exsanel.

El resumen de los resultados de las voladuras en los frentes de avances se muestra a continuación:

Tabla 6

Parámetros de disparos en frentes de la zona sur – marcapunta norte.

Numero de Disparo- ZONA SUR	Unidad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	PROMEDIO	
Empresa especializada		JRC	JRC	JRC	JRC	JRC	JRC	JRC	JRC	JRC	JRC									
Fecha		10-sep	10-sep	12-sep	12-sep	15-sep	16-sep	16-sep	15-sep	15-sep	15-sep	16-sep	17-sep	17-sep	17-sep	17-sep	18-sep	18-sep		
Labor		GAL 1418 s	CAM SHOCRETERA	GAL 1418 INF.	GAL 1418 SUP.	GAL 1418 SUP.	GAL 1358 SUP.	GAL 1358 INF.	Gal 1378 Inf	Gal 9303 Sup RB	Rampa 9847 Inf.	GAL 1358 SUP.	Gal 1418 Inf.	GAL 1358 - NINF	GAL 1358 - S INF	Gal. 1418 Sup.	Rampa 1290 Inf.	Rampa 9774 (-)		
Zona de Preparacion		Block 9303 SUR	Block	Block 9303 SUR	Block 9303 SUR	Block 9303 SUR	Block 9303 SUR	Block 9303 SUR	Norte	Norte										
Horario de disparo		06:30 p.m.	06:30 a.m.	06:30 a.m.	06:30 a.m.	06:30 a.m.	06:30 a.m.	06:30 p.m.	06:30 p.m.	06:30 a.m.	06:30 p.m.	06:30 p.m.								
Ancho	m	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.00
Altura		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.00
Seccion	m2	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16.00
Volumen rolo estimado	m3	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.00
N° de taladro perforados	unid	35	34	34	35	35	35	34	38	38	38	38	38	34	34	38	38	38	38	36.12
N° de taladro de alivio	unid	2	4	4	2	2	2	2	3	3	3	3	3	2	2	4	3	3	3	2.76
longitud promedio de taladro	m	2.9	3.0	2.9	3.0	2.9	2.8	2.9	3.0	3.0	3.6	3.0	3.3	3.0	3.0	3.3	3.3	3.3	3.3	3.07
Diametro de Taladro	mm	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51.00
Metros perforados	m	107.3	114.0	110.2	111.0	107.3	103.6	104.4	123.0	123.0	145.6	123.0	135.3	108.0	108.0	138.6	135.3	135.3	135.3	119.58
Densidad de roca	Ton/m3	3.5	2.7	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	2.7	3.5	3.5	2.7	3.5	3.5	2.7	2.7	2.7	3.26
Toneladas rolas	Tons.	168.00	129.60	168.00	168.00	168.00	168.00	168.00	168.00	168.00	129.60	168.00	168.00	129.60	168.00	168.00	129.60	129.60	129.60	156.71
ACCESORIOS DE VOLADURA																				
Detonador no eléctrico Exsanel 4.2 ms	Pza	35	34	34	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	34	35	34	34	34.76
Cordón detonante Primaline 5G.	m	25	25	25	25	25	25	25	20	20	25	30	20	25	25	20	25	30	30	24.41

Tabla 7

Resultados de disparos en frentes de la zona sur – marcapunta norte.

EXPLOSIVOS																			
Emulx 80 de 1.1/2" x 12"	Unids.	68	82	72	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16.82
Peso de cartucho	Kg	0.4032	0.4032	0.4032	0.4032	0.4032	0.4032	0.4032	0.4032	0.4032	0.4032	0.4032	0.4032	0.4032	0.4032	0.4032	0.4032	0.4032	0.40
Emulx 80 de 1.1/4" x 12"	Unids.	72	68	70	58	106	128	128	110	115	142	97	94	106	106	112	304	126	114.24
Peso de cartucho	Kg	0.2659	0.2659	0.2659	0.2659	0.2659	0.2659	0.2659	0.2659	0.2659	0.2659	0.2659	0.2659	0.2659	0.2659	0.2659	0.2659	0.2659	0.27
Emulx 85 de 1.1/2" x 12"	Unids.	111	101	112	104	131	96	112	146	137	121	147	153	123	128	133	0	107	115.41
Peso de cartucho	Kg	0.3846	0.3846	0.3846	0.3846	0.3846	0.3846	0.3846	0.3846	0.3846	0.3846	0.3846	0.3846	0.3846	0.3846	0.3846	0.3846	0.3846	0.38
Emulx 85 de 1.1/8" x 7"	Unids.	0	0	38	40	70	88	88	0	0	0	0	0	88	76	0	0	66	32.59
Peso de cartucho	Kg	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.13
Total de explosivos	Kg	89.25	89.99	95.47	86.23	87.32	81.96	88.11	85.40	83.27	84.29	82.33	83.84	86.49	86.91	80.93	80.83	82.91	85.62
Resultados																			
Avance	m	2.9	2.9	2.85	2.9	2.8	2.8	2.85	2.9	2.85	3.45	3	3.2	2.95	2.95	3.25	3.2	3.1	2.99
Volumen Roto	m ³	46.40	46.40	45.60	46.40	44.80	44.80	45.60	46.40	45.60	55.20	48.00	51.20	47.20	47.20	52.00	51.20	49.60	47.86
Tonelaje roto	ton	162.40	125.28	159.60	162.40	156.80	156.80	159.60	162.40	159.60	149.04	168.00	179.20	127.44	165.20	182.00	138.24	133.92	155.76
Factor de carga	kg/m ³	1.92	1.94	2.09	1.86	1.95	1.83	1.93	1.84	1.83	1.53	1.72	1.64	1.83	1.84	1.56	1.58	1.67	1.80
Factor de Potencia	Kg/Tn.	0.55	0.72	0.60	0.53	0.56	0.52	0.55	0.53	0.52	0.57	0.49	0.47	0.68	0.53	0.44	0.58	0.62	0.56
Factor de Avance	Kg/ml.	30.78	31.03	33.50	29.73	31.19	29.27	30.92	29.45	29.22	24.43	27.44	26.20	29.32	29.46	24.90	25.26	26.74	28.76
Eficiencia	%	100.0	96.7	98.3	96.7	96.6	100.0	98.3	96.7	95.0	97.2	100.0	97.0	98.3	98.3	98.5	97.0	93.9	97.55

Prueba 2 Evaluación de disparos en frentes de la zona centro -marcapunta norte

Aquí se realizaron un total de 7 disparos, esta zona se caracteriza por poseer rocas inestables a medianamente estables, la perforación se efectúa con jumbo, con longitudes promedios de perforación 3.1 m, el diámetro de perforación de 2 pulgadas, aquí también se aplicó el arranque Hexagonal y consecutivamente fueron cargados empleando la emulsión plastificada EMULEX 80 y 65, y los accesorios no eléctricos Exsanel.

El resumen de los resultados de las voladuras en los frentes de avances se muestra a continuación:

Se muestran las mallas de perforación que se aplicaron, así como las evidencias fotográficas obtenidas en cuanto a eficiencias y granulometría.

Tabla 8

Parámetros de disparos en frentes de la zona centro – marcapunta norte.

Numero de Disparo - ZONA CENTR/	Unidad	1	2	3	4	5	6	7	PROMEDIO
Empresa especializada		JRC	JRC	JRC	JRC	JRC	JRC	JRC	
Fecha		09-sep	10-sep	12-sep	13-sep	13-sep	14-sep	14-sep	
Labor		GAL. 1297	GAL. 1297	GAL. 1297	GAL. 1297	RP(-) 9774	RP(-) 9774	CAMARA TF	
Zona de Preparacion		CENTRAL	CENTRAL	CENTRAL	CENTRAL	BLOCK CENTRAL	BLOCK CENTRAL	BLOCK 9700	
Horario de disparo		06:30 p.m	06:30 p.m.	06:30 p.m.	06:30 p.m.	06:30 p.m.	06:30 p.m.	06:30 p.m.	
Ancho	m	4	4	4	4	4	4	3	3.86
Altura		4	4	4	4	4	4	3	3.86
Seccion	m2	16	16	16	16	16	16	9	15.00
Volumen roto estimado	m3	48.0	51.2	48.0	46.4	52.8	51.2	27.0	46.37
N° de taladro perforados	unid	34	34	34	34	34	34	30	33.43
N° de taladro de alivio	unid	4	4	4	4	4	4	4	4.00
longitud promedio de taladro	m	3.0	3.2	3.0	2.9	3.3	3.2	3.0	3.09
Diametro de Taladro	mm	51	51	51	51	51	51	51	51.00
Metros perforados	m	114.0	121.6	114.0	110.2	125.4	121.6	102.0	115.54
Densidad de roca	Ton/m3	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.70
Toneladas rotas	Tons.	129.60	138.24	129.60	125.28	142.56	138.24	72.90	125.20
ACCESORIOS DE VOLADURA									
Detonador no eléctrico Exsanel 4.2 mts.	Pza	34	34	34	34	34	34	30	33.43
Cordón detonante Primaline 5G.	m	25	25	25	25	30	30	25	26.43

Tabla 9

Resultados de disparos en frentes de la zona centro – marcapunta norte.

EXPLOSIVOS									
Emulex 80 de 1.1/2" x 12"	Unids.	90	82	68	0	0	0	0	34.29
Peso de cartucho	Kg	0.4032	0.4032	0.4032	0.4032	0.4032	0.4032	0.4032	0.40
Emulex 80 de 1.1/4" x 12"	Unids.	68	76	67	98	105	96	167	96.71
Peso de cartucho	Kg	0.2659	0.2659	0.2659	0.2659	0.2659	0.2659	0.2659	0.27
Emulex 65 de 1.1/2" x 12"	Unids.	117	109	123	167	161	182	96	136.43
Peso de cartucho	Kg	0.3846	0.3846	0.3846	0.3846	0.3846	0.3846	0.3846	0.38
Emulex 65 de 1.1/8" x 7"	Unids.	0	0	42	40	40	38	37	28.14
Peso de cartucho	Kg	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.13
Total de explosivos	Kg	99.37	95.19	97.79	95.29	94.84	100.27	85.95	95.53
Resultados									
Avance	m	2.95	3	2.95	2.85	3.2	3.1	2.9	2.99
Volumen Roto	m ³	47.20	48.00	47.20	45.60	51.20	49.60	26.10	44.99
Tonelaje roto	ton	127.44	129.60	127.44	123.12	138.24	133.92	70.47	121.46
Factor de carga	kg/m ³	2.11	1.98	2.07	2.09	1.85	2.02	3.29	2.20
Factor de Potencia	Kg/Tn.	0.78	0.73	0.77	0.77	0.69	0.75	1.22	0.82
Factor de Avance	Kg/ml.	33.68	31.73	33.15	33.43	29.64	32.35	29.64	31.95
Eficiencia	%	98.3	93.8	98.3	98.3	97.0	96.9	96.7	97.03

Prueba 3: Evaluación de disparos en frentes de la zona norte – marcapunta norte

Aquí se realizaron un total de 6 disparos, esta zona se caracteriza por poseer rocas medianamente estables, la perforación se efectúa con jumbo, con longitudes promedios de perforación 3.3 m, el diámetro de perforación de 2 pulgadas, aquí también se aplicó el arranque hexagonal y consecutivamente fueron cargados empleando la emulsión plastificada EMULEX 80 y 65, y los accesorios no eléctricos Exsanel.

El resumen de los resultados de las voladuras en los frentes de avances se muestra a continuación:

Tabla 10

Evaluación de disparos en frentes de la zona norte – marcapunta norte.

Numero de Disparo - ZONA NORTE	Unidad	1	2	3	4	5	6	PROMEDIO
Empresa especializada		JRC	JRC	JRC	JRC	JRC	JRC	
Fecha		10-sep	11-sep	11-sep	12-sep	14-sep	17-sep	
Labor		Bloc k 9847	GAL 1294 S	REFUGIO 1774	RP(-) 9774	RP(-) 9847	RP(-) 9774	
Zona de Preparacion		NORTE	NORTE	NORTE - CENTRO	NORTE	NORTE	NORTE - CENTRO	
Horario de disparo		06:30 p.m	06:30 p.m.	06:30 p.m.	06:30 p.m.	06:30 p.m.	06:30 p.m.	
Ancho	m	4	4	4	4	4	4	4.00
Altura		4	4	4	4	4	4	4.00
Seccion	m2	16	16	16	16	16	16	16.00
Volumen roto estimado	m3	48.0	49.6	46.4	48.0	48.0	48.0	48.00
N° de taladro perforados	unid	34	34	34	35	34	34	34.17
N° de taladro de alivio	unid	4	4	4	3	4	3	3.67
longitud promedio de taladro	m	3.0	3.1	2.9	3.0	3.0	3.0	3.00
Diametro de Taladro	mm	51	51	51	51	51	51	51.00
Metros perforados	m	114.0	117.8	110.2	114.0	114.0	111.0	113.50
Densidad de roca	Ton/m3	3.5	3.5	2.7	2.7	2.7	2.7	2.97
Toneladas rotas	Tons.	168.00	173.60	125.28	129.60	129.60	129.60	142.61
ACCESORIOS DEVOLADURA								
Detonador no eléctrico Exsanel 4.2 mts.	Pza	34	34	34	35	34	35	34.33
Cordón detonante Primaline 5G.	m	25	25	25	25	30	25	25.83

Tabla 11

Resultados de disparos en frentes de la zona norte – marcapunta norte.

EXPLOSIVOS								
Emulex 80 de 1.1/2" x 12"	Unids.	73	82	76	82	0	0	52.17
Peso de cartucho	Kg	0.4032	0.4032	0.4032	0.4032	0.4032	0.4032	0.40
Emulex 80 de 1.1/4" x 12"	Unids.	54	76	48	56	174	172	96.67
Peso de cartucho	Kg	0.2659	0.2659	0.2659	0.2659	0.2659	0.2659	0.27
Emulex 65 de 1.1/2" x 12"	Unids.	134	98	123	104	118	100	112.83
Peso de cartucho	Kg	0.3846	0.3846	0.3846	0.3846	0.3846	0.3846	0.38
Emulex 65 de 1.1/8" x 7"	Unids.	0	43	40	38	40	72	38.83
Peso de cartucho	Kg	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.13
Total de explosivos	Kg	95.33	96.34	95.71	92.70	96.65	93.19	94.99
Resultados								
Avance	m	2.85	3.0	2.8	2.85	2.9	2.95	2.89
Volumen Roto	m3	45.60	48.00	44.80	45.60	46.40	47.20	46.27
Tonelaje roto	ton	159.60	168.00	120.96	123.12	125.28	127.44	137.40
Factor de carga	kg/m3	2.09	2.01	2.14	2.03	2.08	1.97	2.05
Factor de Potencia	Kg/Tn.	0.60	0.57	0.79	0.75	0.77	0.73	0.70
Factor de Avance	Kg/ml.	33.45	32.11	34.18	32.53	33.33	31.59	32.86
Eficiencia	%	95.0	96.8	96.6	95.0	96.7	98.3	96.39

Las mallas de perforación que se aplicaron se muestran a continuación, así como las evidencias fotográficas obtenidas en cuanto a eficiencias y granulometría.

Figura 22

Malla de perforación y voladura

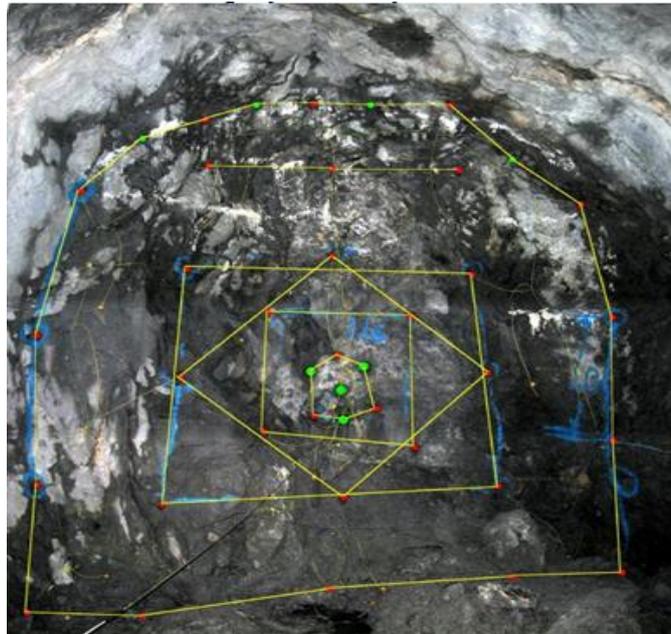


Figura 23

Resultados de la voladura



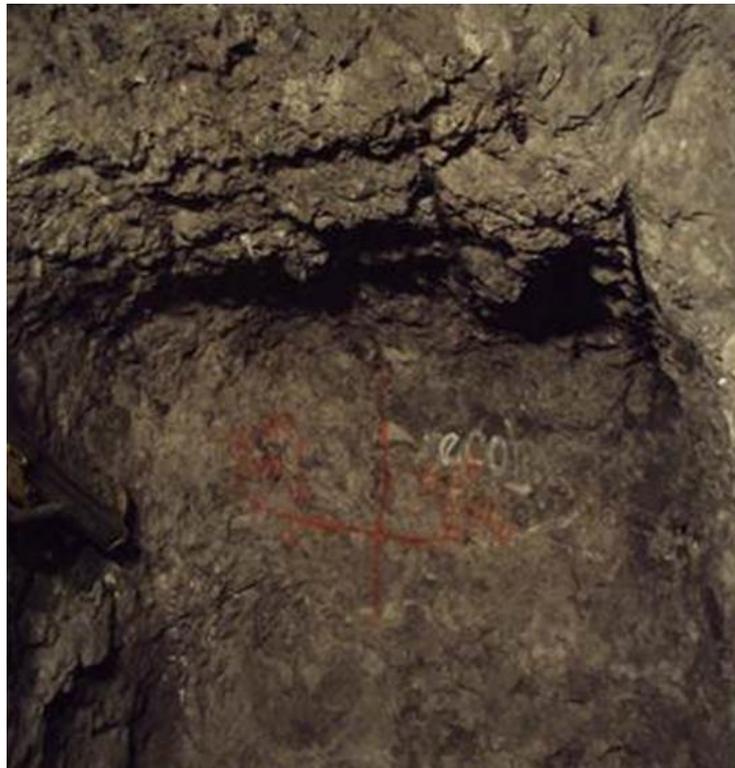
Figura 24

Granulometría obtenida



Figura 25

Control del techo y cajas



Prueba 4 Evaluación de disparos en frentes de la zona sur y norte – marcapunta este

Aquí se realizó un disparo, en esta zona hay gran presencia de agua dinámica y se caracteriza por poseer rocas estables, la perforación se efectúa con jumbo, con longitudes promedios de perforación 3.3 m, el diámetro de perforación de 2 pulgadas, y fueron cargados empleando la emulsión plastificada EMULEX 80 y 65, y los accesorios no eléctricos Exsanel.

El resumen del resultado de la voladura en el frente de avance se muestra a continuación:

Tabla 12

Parámetros de disparos en frentes de la zona sur y norte – marcapunta este

Numero de Disparo - MARCAPUNTA OESTE	Unidad	1
Empresa especializada		JRC
Fecha		13-sep
Labor		R(-) 538
Zona de Preparacion		OESTE
Horario de disparo		06:30 p.m.
Ancho	m	4
Altura		4
Seccion	m ²	16
Volumen roto estimado	m ³	48.0
N° de taladro perforados	unid	35
N° de taladro de alivio	unid	3
longitud promedio de taladro	m	3.0
Diametro de Taladro	mm	51
Metros perforados	m	114.0
Densidad de roca	Ton/m ³	2.7
Toneladas rotas	Tons.	129.60
ACCESORIOS DE VOLADURA		
Detonador no eléctrico Exsanel 4.2 mts.	Pza	35
Cordón detonante Prim aline 5G.	m	25
EXPLOSIVOS		
Emulex 80 de 1.1/2" x 12"	Unids.	0
Peso de cartucho	Kg	0.4032
Emulex 80 de 1.1/4" x 12"	Unids.	90
Peso de cartucho	Kg	0.2659
Emulex 65 de 1.1/2" x 12"	Unids.	164
Peso de cartucho	Kg	0.3846
Emulex 65 de 1.1/8" x 7"	Unids.	43
Peso de cartucho	Kg	0.1250
Total de explosivos	Kg	92.38

Tabla 13

Resultados de disparos en frentes de la zona sur y norte – marcapunta este

Resultados		
Avance	m	2.95
Volumen Roto	m³	47.20
Tonelaje roto	ton	127.44
Factor de carga	kg/m³	1.96
Factor de Potencia	Kg/Tn.	0.72
Factor de Avance	Kg/ml.	31.32
Eficiencia	%	98.3

Prueba 5 Voladuras en tajeos de taladros largos

Para ello se prepara dos niveles inferior y superior cuya distancia entre ambos es de 15 mts. de donde se realizan disparos con blocks abiertos de 8 y 12 mts. con longitudes de taladros de hasta 8 mts. “el gran inconveniente en este tipo de minado es que nos encontramos a una distancia de 150 a 200 mts del encampame con la comunidad campesina de Esmelter, por lo que es vital controlar las vibraciones excesivas del terreno que son causadas ya sea por colocar demasiada carga explosiva dentro del taladro o por el inapropiado diseño de la voladura, especialmente en lo referente a la secuencia de salidas, de manera que si se detona simultáneamente varios taladros ocasiona mayor concentración de la carga operante y por ende mayor daño al macizo rocoso o porque parte de la energía que no es utilizada en fragmentar y desplazar la roca producirá vibraciones y por consiguientes creación de fracturas en las viviendas de la comunidad” (Unidad Minera El BROCAL, 2017)

En el siguiente gráfico mostramos la forma de perforación y el diseño de voladura del tajo 1333 - block 9382, superior e inferior

- Tj.1393-Block 9303, disparo del 20 set. 2021 - 6:30pm. (filas 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11).
- Tj.1156-Block 9856, disparo del 20 set. 2021 - 6:30pm. (filas 11 y 12). día
- Tj.1156-Block 9856, disparo del 20 set. 2021 - 6:30pm. (filas 13,14) noche
- Tj.1156-Block 9856, disparo del 20 set. 2021 - 6:30pm. (filas 15 y 16). día
- Tj.1156-Block 9856, disparo del 21 set. 2021 - 6:30pm. (filas 17) – día

El cuadro muestra el detalle de carguío de una fila disparada en el tajo 1333.

Tabla 14

Carguío de una fila disparada en el tajeo 1333

BLOCK 9382 TAJO 1333 INFERIOR (FILA 15)	Nº DE TALADRO PERF	LONGITUD DE PERFORACION	TACO (mts)	TACO BASE	TACO DE AIRE	LONGITUD A CARGAR (mts)	EMULEX 80 1 1/2X12" (Und.)	EMULEX 65 1 1/2X12" (Und.)	TOTAL KG.	BOOSTER	SECUENCIA DE SALIDA-EXSANEL.
	1	3.25	1.00	1.00	0.00	2.25	1	8	3.480	0	36
	2	3.40	1.00	1.00	0.00	2.40	1	8	3.480	0	28
	3	3.60	1.00	1.00	0.00	2.60	1	9	3.865	0	20
	4	4.00	1.00	1.00	0.00	3.00	1	11	4.634	0	16
	5	5.15	1.00	1.00	0.00	4.15	1	15	6.172	0	12
	6	5.70	1.70	1.00	0.70	4.00	2	14	6.191	0	7
	7	6.20	1.70	1.00	0.70	4.50	2	16	6.960	0	5
	8	6.80	1.70	1.00	0.70	5.10	2	18	7.729	0	5
	9	7.60	1.70	1.00	0.70	5.90	2	21	8.883	0	3
	10	7.20	1.70	1.00	0.70	5.50	2	20	8.498	0	1
	11	7.15	1.70	1.00	0.70	5.45	2	19	8.114	0	2
	12	7.80	1.70	1.00	0.70	6.10	2	22	9.268	0	4
	13	6.50	1.70	1.00	0.70	4.80	2	17	7.345	0	6
	14	6.25	1.70	1.00	0.70	4.55	2	16	6.960	0	8
	15	5.50	1.00	1.00	0.00	4.50	1	17	6.941	0	10
	16	4.20	1.00	1.00	0.00	3.20	1	11	4.634	0	14
	17	3.50	1.00	1.00	0.00	2.50	1	9	3.865	0	18
	18	3.10	1.00	1.00	0.00	2.10	1	7	3.095	0	24
19	2.70	1.00	1.00	0.00	1.70	1	5	2.326	0	32	
SUBTOTAL	19	99.60			74.30		263.00	112.44	0.00	19.00	

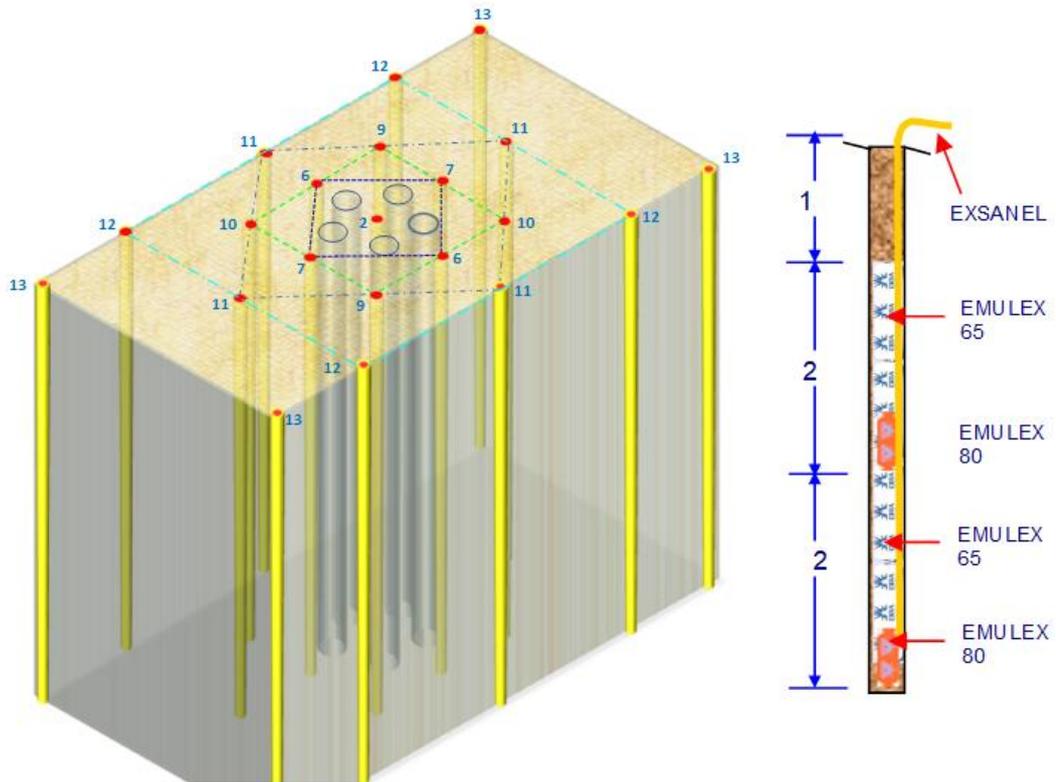
Voladuras en BCR.

“El diseño de perforación y voladura en un BCR a diferencia de una Chimenea o Slot, es muy complicado por lo que es vital controlar el paralelismo evitando lo más posible la desviación y un correcto diseño de distribución de retardos y carguío de taladros para el éxito del proceso. A continuación,

mostramos el detalle y diseño de su ejecución” (Unidad Minera El BROCAL, 2017)

Figura 27

Diseño de preparación, carguío y voladura



A continuación, mostramos el detalle de carguío por taladro:

Tabla 15

Carguío por taladro

Nº de Serie Fanel PC.	Nº. de Talads.	Cart./tald. Emulex 65 1 1/2"x12"	Emulex 65 1 1/2"x12" Total cart.	Cart./tald. Emulex 80 1 1/8"x8"	Emulex 80 1 1/8"x8"	Booster 3/4 340 grs.	Peso Total de explosivos
2	1	12	12	6	6	2	6.3284
6	2	12	24	12	24	4	14.5792
7	2	12	24	12	24	4	14.5792
9	2	15	30	8	16	4	15.6412
10	2	15	30	8	16	4	15.6412
11	4	14	56			4	23.2336
12	4	14	56			4	23.2336
13	4	13	52			4	21.6712

Evaluación económica de los disparos en frentes y en taladros largos

Optimizar las operaciones de voladura de manera efectiva, con el objetivo final de maximizar la utilidad de su operación minera.

La optimización de las operaciones de voladura será posible a través de una relación sostenida en el tiempo, que permita enfocarnos y desarrollar en conjunto mejoras en los aspectos de mayor impacto dentro de la particular estructura de costos de la operación minera.

Este enfoque parte del convencimiento que la calidad de la voladura, es decir, el empleo adecuado del explosivo y de los accesorios, se traduce finalmente en ahorros importantes en toda operación minera.

Se debe tener productos que brinden valor más allá del explosivo:

- Explosivos y accesorios de calidad y alta performance.
- Capacitación a todo nivel
- Asistencia técnica e implementación de un programa de mejora continua.
- Apoyo en temas relacionados

Planteando la implementación de un programa conjunto de mejora continua, que tendrá injerencia directa en reducción de costo, a través de la optimización de las operaciones de perforación y voladura.

Las posibles mejoras dependerán de las características de cada unidad y de la eficiencia con la que estas operaciones se estén desarrollando en la actualidad. Sin embargo, las posibles mejoras de mayor impacto estarán muy probablemente centradas en mejorar la eficiencia de ciertos trabajos claves, como:

- Incremento de avances en los frentes
- Disminución de la dilución
- Disminución del empleo de sostenimiento limitando el daño a la roca
- Mayor volumen de fragmentación en los tajeos

Para lograr estas mejoras será necesario poner más énfasis en diferentes aspectos técnicos como:

- Estandarización de mallas
- Optimización de arranques
- Secuencias de salida
- Distribución de la carga en el taladro
- Voladura controlada y empleo de tacos
- Explosivo óptimo para cada tipo de roca.

Costos de la perforación y voladura en frentes para roca tipo II

Bajo este contexto, especificamos el precio unitario para frentes del proceso de perforación y voladura.

Tabla 16

Parámetros de la perforación en frentes – roca tipo II

Parámetros de la perforación y voladura en frentes – parámetros – roca tipo II	
Parámetros	Valor
Tipo de roca	II
Sección	4 m x 4 m
Equipo	Jumbo
Perforación	
Nº total de taladros	44
Nº de tal. Perf. 2* diámetro	40
Nº de tal. Rimados 3 ½* diámetro	4
Nº de tal. Cargados	34
Nº de tal. De alivio	10
Long. De perforación (14 pies)	4.24 m
Perf. Efectiva rimada 3 ½* diámetro	3.82 m
Perf. Efectivo taladro 2* diámetro	3.7 m (88%)
Eficiencia de voladura	3.36 m (90%)
Metros perforados taladros 2* diámetro	164.1 m
Metros rimados taladros 3 ½ * diámetro	14.9 m

Tabla 17*Parámetros voladura y accesorios en frentes – roca tipo II*

Parámetros voladura y accesorios en frentes – roca tipo II	
Voladura	
Emulex 80 1 ½ * x 12*	0.403 kg/cartucho
Emulex 65 1 ½ * x 12*	0.385 kg/cartucho
Emulex 80 1 ¼ * x 12*	0.266 kg/cartucho
Emulex 1 1/8 * x 7*	0.125 kg/cartucho
Accesorios de voladura	
Exsaneles	34 unidades
Pentacortd	35 metros
Mechalenta	10 pies
Mecharapida	1 pie
Tacos de arcilla	34 unidades
Tubos PVC (1/2* x 3 m)	5 unidades
Tubos PVC (1 ½ * x 3.5 m)	10 unidades

Tabla 18*Rendimientos de perforación y voladura – roca tipo II*

Rendimientos de perforación y voladura – roca tipo II	
Avance por disparo	3.36 metros lineales
Kilogramos de explosivos usado	108.29 kg.
Factor de carga	32.25 kg/m
Factor de potencia	0.58 kg/tn
Factor de perforación	1.11 m. perf. /m. avance
Eficiencia de voladura	3.36 m. (90%)
Peso específico de mineral	3.50 tn/m3

Tabla 19

Costos perforación y voladura en frentes – roca tipo II

DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	P. U. (U.S. \$)	PARCIAL	SUB TOTAL	TOTAL (U.S. \$)
MANO DE OBRA						
Operador de jumbo	H.H.	4.00	4.84	19.36	5.766	
Ayudante jumbero	H.H.	4.00	3.5	14.00	4.170	
Maestro cargador.	H.H.	4.00	3.94	15.76	4.694	
Ayudante carga dor.	H.H.	4.00	3.5	14.00	4.170	18.800
MATERIALES						
Barras de perforación 14'	MP	164.1	0.38	62.37	18.578	
Brocas de 51 mm	MP	164.1	0.48	78.79	23.467	
Shank Adapter	MP	164.1	0.14	22.98	6.844	
Rimadora de 4"	MP	14.9	2.10	31.34	9.333	
Aceite de perforación	GL.	0.27	8.64	2.33	0.695	
Copas de Aflado	MP	164.1	0.01	1.64	0.489	59.406
EXPLOSIVOS						
EXPLOSIVOS						
Emulex80 1 ½"x12"	CART.	54	0.7577	40.92	12.187	
Emulex80 1 ¼"x12"	CART.	50	0.4998	24.99	7.443	
Emulex65 1 ½"x12"	CART.	179	0.6842	122.47	36.478	
Emulex65 1 ½"x7"	CART.	35	0.2190	7.67	2.283	
Fulminante corriente No 6	UND.	2	1.44	2.88	0.858	
Exsanel 4.2 ms.	UND.	34	1.305	44.37	13.215	
Conectores	UND.	2	0.15	0.30	0.089	
Guía de seguridad	M	8	0.12	0.96	0.286	
Mecha rápida	M	0.5	0.25	0.13	0.037	
Cordón detonante 5gr.	M	35	0.1764	6.17	1.839	
Tubos PVC de 1 1/2" x3.5m	UND.	10	3.34	33.40	9.948	
Tubos PVC de 1/2" x3m	UND.	5	1.75	8.75	2.606	
Tacos de arcilla de 1ft x1/2 "	UND.	34	0.072	2.45	0.729	87.998
HERRAMIENTAS	10% M.O.					
						1.880
EQUIPO						
Jumbo H - 281	H.M.	4.62	96.40	445.37	132.651	132.651
COSTO DIRECTO						300.735
GASTOS GENERALES (15% DE C.D.)						45.110
COSTO TOTAL						345.845

Precios sin considerar supervisión, mano de obra indirecta y limpieza de material

Figura 28

Malla de perforación y carguío – roca tipo II

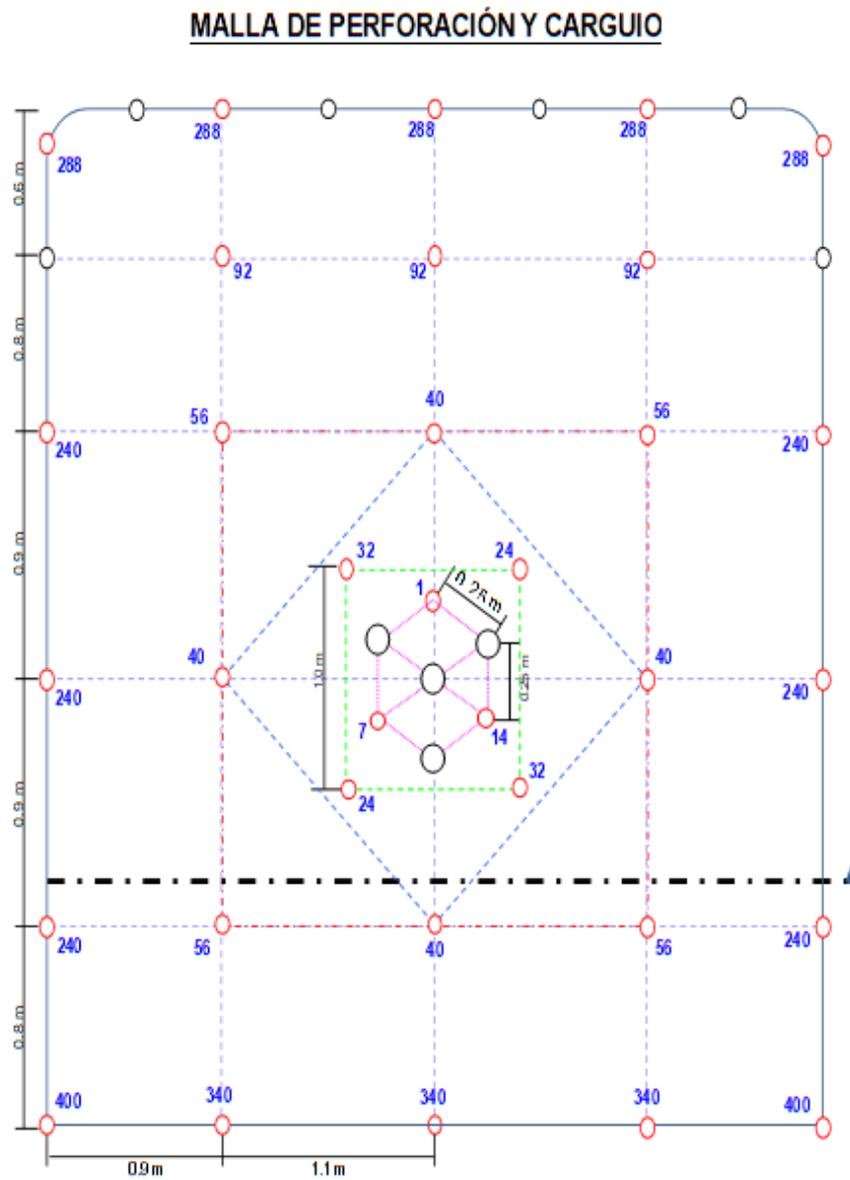


Figura 29

Carguío de taladros – roca tipo II



Tabla 20

Distribución de taladros

Secuencia de Salida	Distribución de Taladros	Taladros		Cartuchos de Emulex / Taladro				Explosivo Total Usado (und.)	Explosivos usado (Kg)
		Cargados	Vacios	Emulex 80 1 1/4" x 12"	Emulex 80 1 1/2" x 12"	Emulex 65 1 1/2" x 12"	Emulex 65 1 1/8" x 7"		
1	Arranque	3	4	39	0	0	0	39	15.725
2	1ra. Ayuda	4	0	4	0	40	0	44	16.997
3	2da. Ayuda	4	0	4	0	28	0	32	12.382
4	3ra. Ayuda	4	0	4	0	28	0	32	12.382
5	Cuadradores	6	0	0	0	56	0	56	21.538
6	Ayuda Corona	3	0	3	0	27	0	30	11.594
7	Corona	5	4	0	0	0	35	40	4.375
8	Ayuda Arrastre	0	0	0	0	0	0	0	0.000
9	Arrastre	5	0	0	50	0	0	50	13.295
	Total	34	8	54	50	179	35	323	108.286

Costos de la perforación y voladura en frentes para roca tipo III

Tabla 21*Parámetros de la perforación en frentes – roca tipo III*

Parámetros de la perforación en frentes – parámetros – roca tipo III	
Parámetros	Valor
Tipo de roca	III
Sección	4 m x 4 m
Equipo	Jumbo
Perforación	
N° total de taladros	44
N° de tal. Perf. 2* diámetro	40
N° de tal. Rimados 3 ½* diámetro	4
N° de tal. Cargados	34
N° de tal. De alivio	10
Long. De perforación (12 pies)	3.63 m
Perf. Efectiva rimada 3 ½* diámetro	3.27 m
Perf. Efectivo taladro 2* diámetro	3.2 m (88%)
Eficiencia de voladura	3.04 m (95%)
Metros perforados taladros 2* diámetro	140.7 m
Metros rimados taladros 3 ½ * diámetro	12.8 m

Tabla 22*Parámetros voladura y accesorios en frentes – roca tipo III*

Parámetros voladura y accesorios en frentes – roca tipo III	
Voladura	Valores
Emulex 80 1 ½ * x 12*	0.403 kg/cartucho
Emulex 65 1 ½ * x 12*	0.385 kg/cartucho
Emulex 80 1 ¼ * x 12*	0.266 kg/cartucho
Emulex 1 1/8 * x 7*	0.125 kg/cartucho
Accesorios de voladura	
Exsaneles	34 unidades
Pentacortd	35 metros
Mechalenta	10 pies
Mecharapida	1 pie
Tacos de arcilla	34 unidades
Tubos PVC (1/2* x 3 m)	5 unidades
Tubos PVC (1 ½ * x 3.5 m)	10 unidades

Tabla 23*Rendimientos de perforación y voladura – roca tipo III*

Rendimientos de perforación y voladura – roca tipo III	
Avance por disparo	3.04 metros lineales
Kilogramos de explosivos usado	92.62 kg.
Factor de carga	30.49 kg/m
Factor de potencia	0.54 kg/tn
Factor de perforación	1.05 m. perf. /m. avance
Eficiencia de voladura	3.04 m. (95%)
Peso específico de mineral	3.50 tn/m3

Tabla 24*Costos perforación y voladura en frentes – roca tipo III*

DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	P. U.	PARCIAL	SUB	TOTAL
MANO DE OBRA						
Operador de jumbo	H.H.	4.00	4.84	19.36	6.373	
Ayudante jumblero	H.H.	4.00	3.5	14.00	4.609	
Maestro cargador.	H.H.	4.00	3.94	15.76	5.188	
Ayudante cargador.	H.H.	4.00	3.5	14.00	4.609	20.779
MATERIALES						
Barras de perforación 14'	MP	140.7	0.38	53.46	17.600	
Brocas de 51 mm	MP	140.7	0.48	67.53	22.232	
Shank Adapter	MP	140.7	0.14	19.70	6.484	
Rimadora de 4"	MP	12.8	2.10	26.86	8.842	
Aceite de perforación	GL.	0.27	8.64	2.33	0.768	
Copas de Afilado	MP	140.7	0.01	1.41	0.463	56.389
EXPLOSIVOS						
Emule x80 1 ½" x12"	CART.	18	0.7577	13.64	4.490	
Emule x80 1 ¼" x12"	CART.	50	0.4998	24.99	8.227	
Emule x65 1 ½" x12"	CART.	176	0.6842	120.42	39.642	
Emule x65 1 ⅝" x7"	CART.	35	0.2190	7.67	2.523	
Fulminante corriente No 6	UND.	2	1.44	2.88	0.948	
Exsanel 4.2 ms.	UND.	34	1.305	44.37	14.606	
Conectores	UND.	2	0.15	0.30	0.099	
Guía de seguridad	M	8	0.12	0.96	0.316	
Mecha rápida	M	0.5	0.25	0.13	0.041	
Cordón detonante 5gr.	M	35	0.1764	6.17	2.032	
Tubos PVC de 1 1/2" x3.5m	UND.	10	3.34	33.40	10.995	
Tubos PVC de 1/2" x3m	UND.	5	1.75	8.75	2.880	
Tacos de arcilla de 1ft x 1/2"	UND.	34	0.072	2.45	0.806	87.606
HERRAMIENTAS	10% M.O.					
						2.078
EQUIPO						
Jumbo H - 281	H.M.	4.62	96.40	445.37	146.614	146.614
COSTO DIRECTO						313.466
GASTOS GENERALES (15% DE C.D.)						47.020
COSTO TOTAL						360.486

Precios sin considerar supervisión, mano de obra indirecta y limpieza de material.

Figura 30

Malla de perforación – roca tipo III

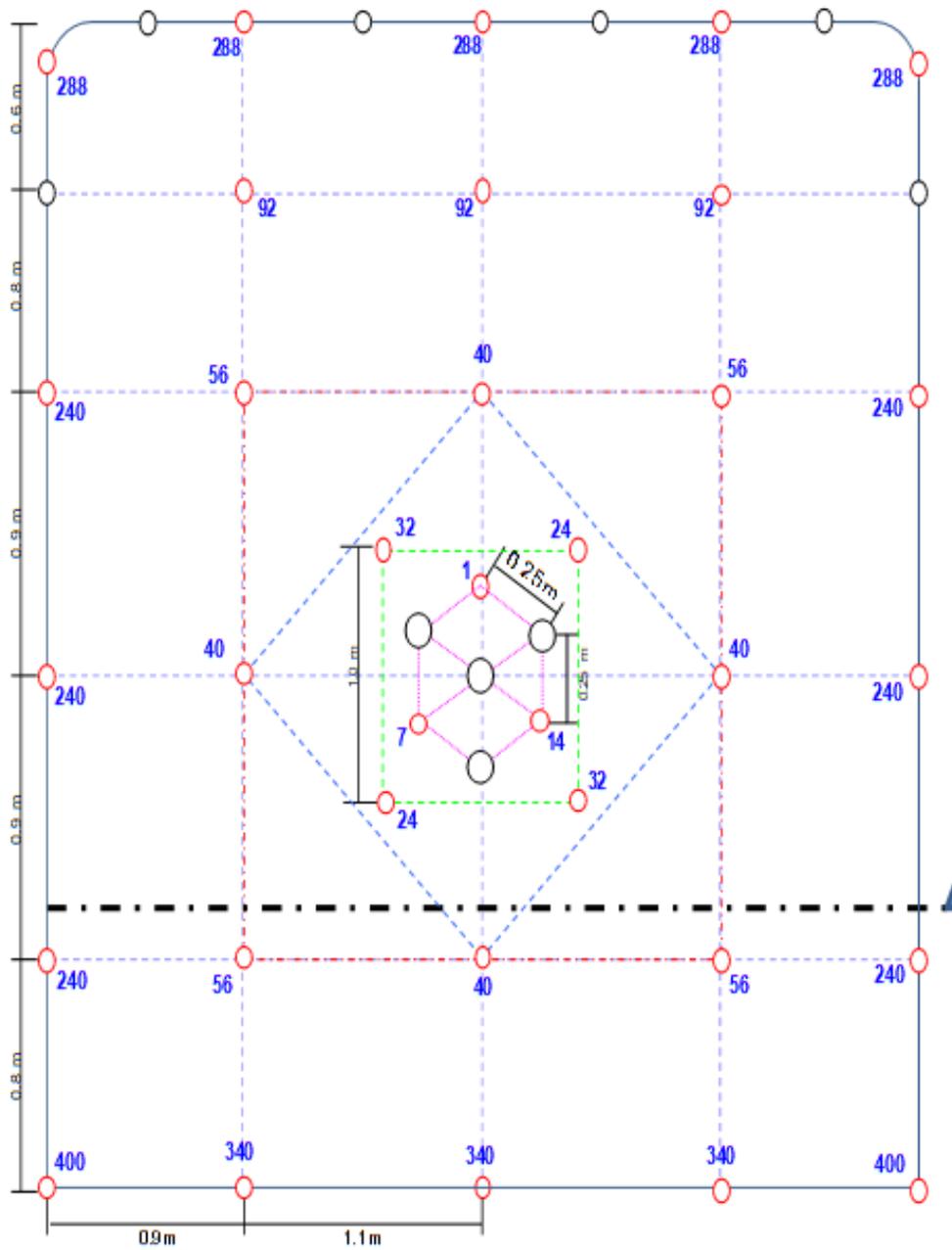


Figura 31

Carguío de taladros

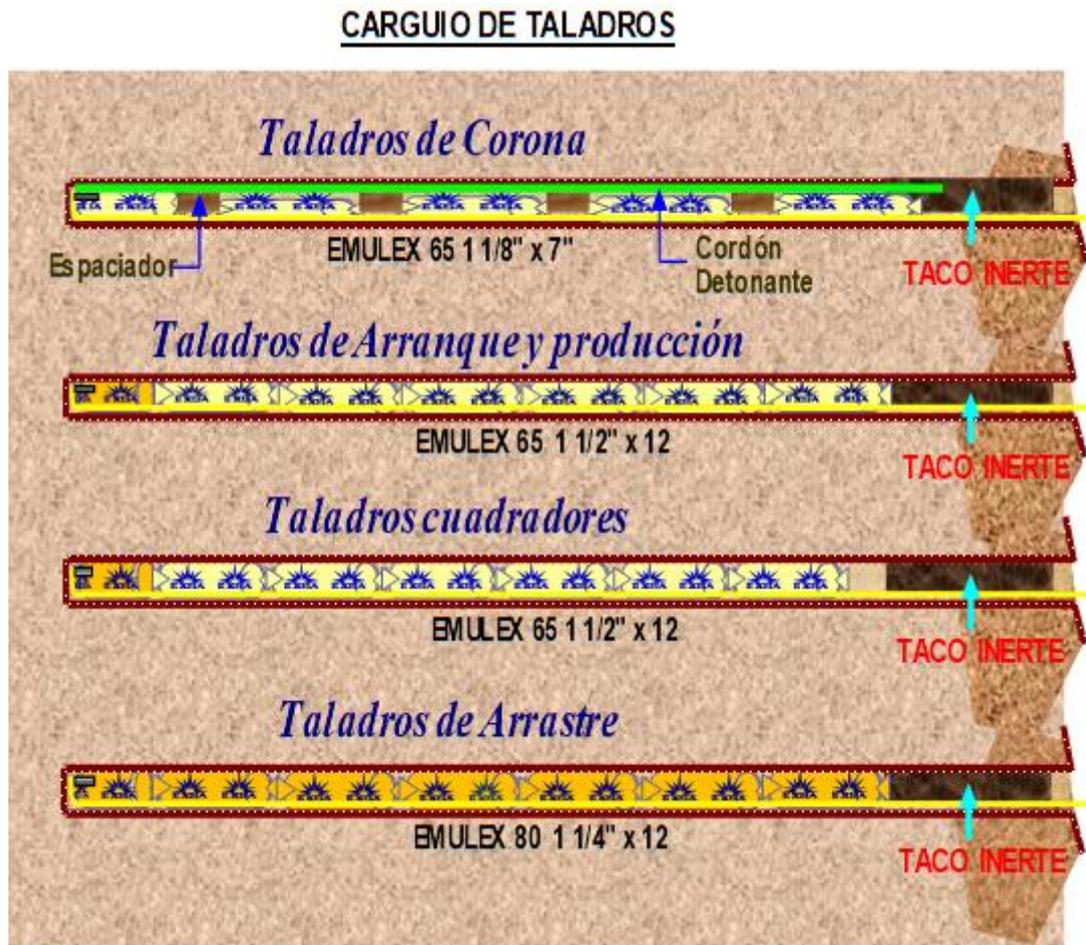


Tabla 25

Distribución de taladros

Secuencia de Salida	Distribución de Taladros	Taladros		Cartuchos de Emulex / Taladro				Explosivo Total Usado (und.)	Explosivos usado (Kg)
		Cargados	Vacios	Emulex 80 1 1/2" x 12"	Emulex 80 1 1/4" x 12"	Emulex 65 1 1/2" x 12"	Emulex 65 1 1/8" x 7"		
1	Arranque	3	4	3	0	30	0	33	12.748
2	1ra. Ayuda	4	0	4	0	32	0	36	13.920
3	2da. Ayuda	4	0	4	0	24	0	28	10.843
4	3ra. Ayuda	4	0	4	0	24	0	28	10.843
5	Cuadradores	6	0	0	0	42	0	42	16.153
6	Ayuda Corona	3	0	3	0	24	0	27	10.440
7	Corona	5	4	0	0	0	35	35	4.375
8	Ayuda Arrastre	0	0	0	0	0	0	0	0.000
9	Arrastre	5	0	0	50	0	0	50	13.295
	Total	34	8	18	50	176	35	279	92.617

Tabla 26

Costos de la perforación y voladura en frentes para roca tipo IV

DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	P. U. (U.S.\$)	PARCIAL	SUB TOTAL	TOTAL (U.S.\$)
MANO DE OBRA						
Operador de jumbo	H.H.	4.00	4.84	19.36	6.903	
Ayudante jumbero	H.H.	4.00	3.5	14.00	4.992	
Maestro cargador.	H.H.	4.00	3.94	15.76	5.619	
Ayudante cargador.	H.H.	4.00	3.5	14.00	4.992	22.505
MATERIALES						
Barras de perforación 14'	MP	126.6	0.38	48.10	17.149	
Brocas de 51 mm	MP	126.6	0.48	60.75	21.662	
Shank Adapter	MP	126.6	0.14	17.72	6.318	
Rimadora de 4"	MP	11.5	2.10	24.16	8.615	
Aceite de perforación	GL.	0.27	8.64	2.33	0.832	
Copas de Afilado	MP	126.6	0.01	1.27	0.451	55.027
EXPLOSIVOS						
Emulex80 1 ½" x 12"	CART.	15	0.7577	11.37	4.052	
Emulex80 1 ¼" x 12"	CART.	40	0.4998	19.99	7.128	
Emulex65 1 ½" x 12"	CART.	156	0.6842	106.74	38.056	
Emulex65 1 ¼" x 7"	CART.	35	0.2190	7.67	2.733	
Fulminante corriente No 6	UND.	2	1.44	2.88	1.027	
Exsanel 4.2 ms.	UND.	34	1.305	44.37	15.820	
Conectores	UND.	2	0.15	0.30	0.107	
Guía de seguridad	M	8	0.12	0.96	0.342	
Mecha rápida	M	0.5	0.25	0.13	0.045	
Cordón detonante 5gr.	M	35	0.1764	6.17	2.201	
Tubos PVC de 1 1/2" x 3.5m	UND.	10	3.34	33.40	11.909	
Tubos PVC de 1/2" x 3m	UND.	5	1.75	8.75	3.120	
Tacos de arcilla de 1ft x 1/2 "	UND.	34	0.072	2.45	0.873	87.413
HERRAMIENTAS	10% M.O.					
						2.251
EQUIPO						
Jumbo H - 281	H.M.	4.62	96.40	445.37	158.794	158.794
COSTO DIRECTO						325.989
GASTOS GENERALES (15% DE C.D.)						48.898
COSTO TOTAL						374.888

Precios sin considerar supervisión, mano de obra indirecta y limpieza de material.

Figura 32

Malla de perforación y carguío – roca tipo IV

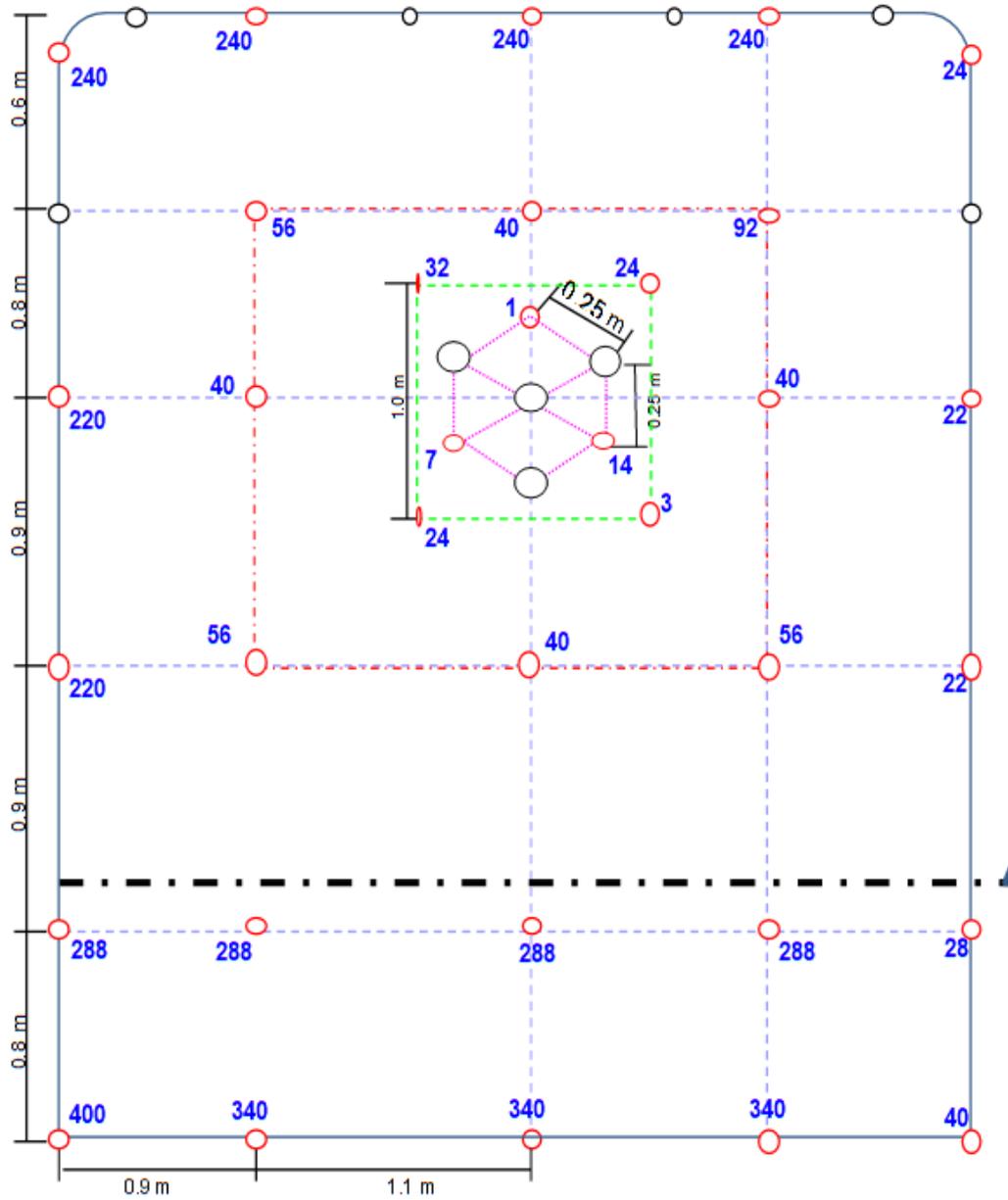


Figura 33

Carguío de taladros – roca tipo IV



Tabla 27

Distribución de taladros – roca tipo IV

Secuencia de Salida	Distribución de Taladros	Taladros		Cartuchos de Emulex / Taladro				Explosivo Total Usado (und.)	Explosivos usado (Kg)
		Cargados	Vacios	Emulex 80 1 1/2" x 12"	Emulex 80 1 1/4" x 12"	Emulex 65 1 1/2" x 12"	Emulex 65 1 1/4" x 7"		
1	Arranque	3	4	3	0	27	0	30	11.594
2	1ra. Ayuda	4	0	4	0	28	0	32	12.382
3	2da. Ayuda	4	0	4	0	24	0	28	10.843
4	3ra. Ayuda	4	0	4	0	20	0	24	9.305
5	Cuadradores	6	0	0	0	30	0	30	11.538
6	Ayuda Corona	0	0	0	0	0	0	0	0.000
7	Corona	5	4	0	0	0	35	30	4.375
8	Ayuda Arrastre	3	0	0	0	27	0	27	10.384
9	Arrastre	5	0	0	40	0	0	40	10.636
	Total	34	8	15	40	156	35	241	81.057

Tabla 28*Parámetros de la perforación en frentes – roca tipo IV*

Parámetros de la perforación en frentes – parámetros – roca tipo IV	
Parámetros	Valor
Tipo de roca	IV
Sección	4 m x 4 m
Equipo	Jumbo
Perforación	
N° total de taladros	44
N° de tal. Perf. 2* diámetro	40
N° de tal. Rimados 3 ½* diámetro	4
N° de tal. Cargados	34
N° de tal. De alivio	10
Long. De perforación (14 pies)	3.03 m
Perf. Efectiva rimada 3 ½* diámetro	2.73 m
Perf. Efectivo taladro 2* diámetro	2.9 m (90%)
Eficiencia de voladura	2.80 m (90%)
Metros perforados taladros 2* diámetro	126.6 m
Metros rimados taladros 3 ½ * diámetro	11.5 m

Tabla 29*Parámetros voladura y accesorios en frentes – roca tipo IV*

Parámetros voladura y accesorios en frentes – roca tipo II	
Voladura	
Emulex 80 1 ½ * x 12*	0.403 kg/cartucho
Emulex 65 1 ½ * x 12*	0.385 kg/cartucho
Emulex 80 1 ¼ * x 12*	0.266 kg/cartucho
Emulex 1 1/8 * x 7*	0.125 kg/cartucho
Accesorios de voladura	
Exsaneles	34 unidades
Pentacortd	35 metros
Mechalenta	10 pies
Mecharapida	1 pie
Tacos de arcilla	34 unidades
Tubos PVC (1/2* x 3 m)	5 unidades
Tubos PVC (1 ½ * x 3.5 m)	10 unidades

Tabla 30*Rendimientos de perforación y voladura – roca tipo IV*

Rendimientos de perforación y voladura – roca tipo II	
Avance por disparo	2.80 metros lineales
Kilogramos de explosivos usado	81.06 kg.
Factor de carga	28.90 kg/m
Factor de potencia	0.52 kg/tn
Factor de perforación	1.03 m. perf. /m. avance
Eficiencia de voladura	2.80 m. (95%)
Peso específico de mineral	3.50 tn/m ³

Costos perforación y voladura en frentes – roca tipo IV

Precios sin considerar supervisión, mano de obra indirecta y limpieza de material.

Costos de perforación y voladura en taladros largos**Tabla 31***Parámetros de perforación y voladura taladros largos*

Parámetros de perforación y voladura taladros largos	
Sección por anillo	19.20 m.
Longitud de banco	11.34 m
Burden	1.60 m
Espaciamiento	Variado cm.
Metros perforados superior	108.33 m.
Numero de taladros	19 taladros
Volumen total	217.73 m ³
Volumen sección superior	27.88 m ³
Volumen real	189.84 m ³
Toneladas rotas	607.52 tn
Tonelaje por metro	5.61 tn/m.
Factor de potencia	0.16 kg/tn
Factor de carga	0.51 kg/m ³

Tabla 32

Costos de perforación y voladura taladros largos

EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS UTILIZADOS PARA UNA FILA			
DESCRIPCIÓN DE ACCESORIOS		Precio Unit. (\$)	Precio Total
EXSANEL de 18 Metros N° 01	3 Unid.	3.0870	9.261
EXSANEL de 18 Metros N° 02	0 Unid.	3.0870	0
EXSANEL de 18 Metros N° 03	2 Unid.	3.0870	6.174
EXSANEL de 18 Metros N° 04	0 Unid.	3.0870	0
EXSANEL de 18 Metros N° 05	2 Unid.	3.0870	6.174
EXSANEL de 18 Metros N° 06	2 Unid.	3.0870	6.174
EXSANEL de 18 Metros N° 07	2 Unid.	3.0870	6.174
EXSANEL de 18 Metros N° 08	0 Unid.	3.0870	0
EXSANEL de 18 Metros N° 10	2 Unid.	3.0870	6.174
EXSANEL de 18 Metros N° 12	2 Unid.	3.0870	6.174
EXSANEL de 18 Metros N° 14	0 Unid.	3.0870	0
EXSANEL de 18 Metros N° 16	2 Unid.	3.0870	6.174
EXSANEL de 18 Metros N° 18	2 Unid.	3.0870	6.174
SUB TOTAL	19 Unid.		58.653
DESCRIPCIÓN DE EXPLOSIVOS		Precio Unit. (\$)	Precio Total
Emulex 80 1 1/4" x 12"	0 Unid.	0.1699	0.0000
Emulex 65 1 1/2"x12"	230 Unid.	0.7007	161.1610
Emulex 80 1 1/2"x12"	19 Unid.	0.4998	9.4962
Booster 1/2 Pulg.	19 Unid.	1.6320	31.0080
Cordon Detonante 5P	30 Mts.	0.1764	5.2920
Carmex	2 Unid.	0.5490	1.0980
Mecha Rapida	0.2 Mts.	0.1689	0.0338
Faneles	19 Unid.		58.6530
TOTAL			266.7420
Costo de Voladura	0.439 \$/Ton		

4.2. Discusión de resultados

Al realizar la evolución de la perforación y voladura en los frentes y tajeos con taladros largos y poder mejoras tanto técnicas como económicas, se realizaron una serie de actividades, lo cual analizaremos brevemente.

- Se propuso un cambio en el trazo de la voladura, proponiendo el arranque hexagonal y secuencia de salida de los taladros; con lo cual se mejoró una mejor distribución de los taladros de alivio y un mayor tiempo de retardos para el arranque.
- Evaluamos las labores de Marcapunta norte y Marcapunta este, en lo referente a la perforación y voladura; aquí se recomendó y diseño cambios en la perforación y voladura; trabajándose con explosivos Emulex 65, 80, detonadores no eléctricos Exsanel, en un tipo de roca cuyo RMR promedio es de 21 – 51, sedimentarias, estratificaciones horizontales y sub horizontales, fracturadas y alteradas.

- Primera evaluación frentes de la zona sur – marcapunta norte.

Se realizaron 17 disparos, perforación con jumbo, arranque hexagonal, longitud promedio de 2.9 m, diámetro de perforación de 2 pulgadas, cargados con emulsiones Emulex 80 y 65, detonadores no eléctricos Exsanel.

Como resultado se tiene:

Avance 2.99 m., Volumen roto 47.86 m³, tonelaje roto 155.76 tn., factor de carga 1.80 kg/m, factor de potencia 0.56 kg/tn, factor de avance 28.76 m perf/m avance, eficiencia 97.55%.

- segunda evaluación frentes de la zona centro – marcapunta norte.

Se realizaron 7 disparos, perforación con jumbo, arranque hexagonal, longitud promedio de 3.1 m, diámetro de perforación de 2 pulgadas, cargados con emulsiones Emulex 80 y 65, detonadores no eléctricos Exsanel.

Como resultado se tiene:

Avance 2.99 m., Volumen roto 44.99 m³, tonelaje roto 121.46 tn., factor de carga 2.20 kg/m, factor de potencia 0.82 kg/tn, factor de avance 31.95 m perf/m avance, eficiencia 97.03%

- tercera evaluación frentes de la zona norte – marcapunta norte.

Se realizaron 6 disparos, perforación con jumbo, arranque hexagonal, longitud promedio de 3.3 m, diámetro de perforación de 2 pulgadas, cargados con emulsiones Emulex 80 y 65, detonadores no eléctricos Exsanel.

Como resultado se tiene:

Avance 2.89 m., Volumen roto 46.27 m³, tonelaje roto 137.40 tn., factor de carga 2.05 kg/m, factor de potencia 0.70 kg/tn, factor de avance 32.86 m perf/m avance, eficiencia 96.39%.

- Cuarta evaluación frentes de la zona sur y norte – marcapunta este.

Se realizaron un disparo, perforación con jumbo, arranque hexagonal, longitud promedio de 3.3 m, diámetro de perforación de 2 pulgadas, cargados con emulsiones Emulex 80 y 65, detonadores no eléctricos Exsanel.

Como resultado se tiene:

Avance 2.95 m., Volumen roto 47.20 m³, tonelaje roto 127.44 tn., factor de carga 1.96 kg/m, factor de potencia 0.72 kg/tn, factor de avance 31.32 m perf/m avance, eficiencia 98.30%.

- Quinta evaluación voladura en tajeos de taladros largos.

Se realizaron perforaciones en abanico y en paralelo, disparos, perforación con jumbo, longitud que van de 4 a 15 m, diámetro de perforación de 2.5 pulgadas, cargados con emulsiones Emulex 80 y 65, detonadores no eléctricos Exsanel, el gran inconveniente en este tipo de minado es que nos encontramos a una distancia de 150 a 200 mts del encampante con la

comunidad campesina de Esmelter, por lo que es vital controlar las vibraciones excesivas del terreno.

Como resultado se tiene:

Se observo el disparo del block 9382, tajo 1333, superior e inferior, fila 15 inferior; se dispararon 19 taladros, longitud total de perforación 99.60 m., longitud total de carga 74.30 m, con 112.44 kg de Emulex 80 y 65.

- El costo de perforación y voladura en frentes, referentes al costo unitario se determinó en función al tipo de roca, en este caso para tres tipos de roca
Costo de perforación y voladura para tipo de roca II, el costo total fue de 345.84 \$/disparo, sin considerar supervisión, mano de obra indirecta, limpieza de material.

Costo de perforación y voladura para tipo de roca III, el costo total fue de 360.48 \$/disparo, sin considerar supervisión, mano de obra indirecta, limpieza de material.

Costo de perforación y voladura para tipo de roca IV, el costo total fue de 374.88 \$/disparo, sin considerar supervisión, mano de obra indirecta, limpieza de material.

Costo de voladura en tajeos de taladros largos, el costo total fue de 266.74 \$/disparo, o de 0.439 \$/tn, sin considerar costo de perforación, supervisión, mano de obra directa e indirecta, equipo, limpieza de material.

CONCLUSIONES

1. Se propuso el arranque Hexagonal de cuatro alivios con 34 taladros cargados versus 35 taladros cargados que actualmente se utilizan, con el mismo que se reduce un taladro cargado por frente de 4m x 4m. que concadenando el proceso de perforación – voladura genera ahorro, la condición para que este diseño trabaje eficientemente depende del control del paralelismo sobre todo en el arranque.
2. Los resultados obtenidos en las pruebas realizadas en los frentes confirma la excelente calidad de las emulsiones y accesorios EXSA, el cual se expresa por los rendimientos obtenidos que sobrepasaron 95%. en Marcapunta norte y oeste.
3. Después de las voladuras efectuadas se verifico los resultados obtenidos observando fragmentación adecuada, menor daño a las paredes de la sección debido al uso de la Emulex 80 y 65, y a una correcta distribución de retardos. Realizando los cálculos podemos deducir que los factores de carga promedios trabajados son 28.75 kg/ml. en la zona sur, 31.95 kg/ml. en la zona centro y 32.86 kg/ml. en la zona norte correspondientes a Marcapunta norte, y referente a Marcapunta oeste el factor obtenido fue de 31.32 kg/ml.
4. Los resultados de las voladuras se pueden mejorar aún más mediante el uso óptimo de nuestros explosivos y accesorios y del trabajo conjunto en la optimización de las operaciones de perforación y voladura.

RECOMENDACIONES

1. Si queremos tener un buen rendimiento de la perforación y voladura se debe cumplir estrictamente con todas las actividades que demanda estos procesos.
2. Vemos que una de las actividades importantes es la limpieza de los taladros con soplete de aire, lo cual debe realizarse en forma obligatoria para evitar problemas en el disparo que pueden generar tiros sopladados, fallados, o deficientes disparos.
3. Establecer para el carguío de los taladros un tiempo estándar de una hora y cumplirlo dentro del tiempo programado lo que evitara por la premura del tiempo errores en el disparo o realizar disparos fuera del horario establecido.
4. Se ha realizado un diagnóstico actual de las voladuras encontrándose problemas geológicos y Geomecánicos tales como: presencia de fallas, fisuras, estructuras plegadas con rellenos alterados, filtraciones, etc., por lo que se recomienda usar en estos taladros cordón detonante y evitar la fuga de gases y ondas que pueden comprimir los taladros adyacentes y puedan cristalizar. Evitando condiciones desfavorables como resultado final. Por lo también es imperante el uso de tapones inertes (tacos) para aprovechar al máximo los gases concentrados a altas temperaturas y presiones que romperán la roca.

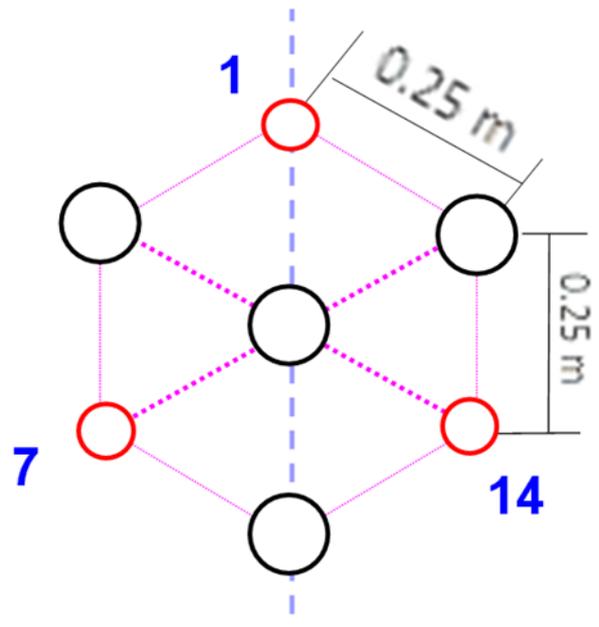
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAENA , G. (2017). Metodología de la investigacion. En G. E. PATRIA (Ed.).
- Bernaola, J., Castilla, J., & Herrera, J. (2013). *Perforacion y voladura de rocas en mineria*. DEPARTAMENTO DE EXPLOTACIÓN DE RECURSOS MINERALES Y OBRAS SUBTERRÁNEAS, Universidad Poitecnica de Madrid.
- ENAEX. (s.f.). *Manual de tronadura ENAEX S.A.* ENAEX, Gerencia tecnica.
- EXSA. (s.f.). *Manual practico de voladura, 4ta edicion.* exsa.
- FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. (2018). Emulsiones/Hidrigel a granel no sensibilizado SAN-G APU.
- GAGO , G. (2018). *Diseño de Malla de Perforación y voladura en frentes de avancece par reduccion de costos y optimizacion de tiempos en la Compañia Minera San Ignacio de Morococha S.A.A. - Unidad San Vicente, Vitoc, Junin, 2018.* [tesis de licenciamiento, Universidad Continental] repositorio institucional Universidad Continental.
- IBAÑEZ, C. (2020). *DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN FRENTES DE AVANCE EN LA UNIDAD MINERA UCHUCHACUA DE LA CIA. MINERA BUENAVENTURA.* [tesis de licenciamiento, Universidad Nacional del Centro del Peru] repositorio institucional de la U.N. del Centro del Peru.
- Instituto Geologico y Minero de España. (1987). *Manual de perforacion y voladura de rocas.* Instituto Geologico y Minero de España.
- KONYA, C. (1995). *Blast Design.* (i. D. Lopment, Ed.)
- LAVADO, P. (2020). *DISEÑO DE MALLA DE PERFORACION Y VOLADURA DE TALADROS LARGOS PARA EL MINADO DE VETA ESPERANZA EN ALPAYANA S.A- 2020.* [tesis de licenciamiento de la U.N. del Centro del Peru] repositorio institucional de la U.N. del Centro del Peru.
- LOPEZ JIMENO, C. (1987). *MANUAL DE PERFORACION Y VOLADURA.* (I. G. España, Ed.)

- MALLQUI, Y. (2019). *Diseño de malla de perforación y voladura de taladros largos en Sub Level Stopping para incrementar la productividad en mina Marcapunta Sur de Sociedad Minera El Brocal S.A.A.* [tesis de licenciamiento, U.N. del Centro del Paru] repositorio institucional U.N. del Centro del Peru.
- MORALES, A. (2020). *Diseño de malla de perforación y voladura para optimizar el avance en la rampa negativa 940 de Sociedad Minera Austria Duvaz S. A. C.* [tesis de licenciamiento, UNIVERSIDAD CONTINENTAL] repositorio institucional de la Universidad Continental.
- OYOLA, C. (2022). *“DISEÑO DE MALLAS EN FRENTES PARA MEJORA DE AVANCES EN LABORES DE DESARROLLO EN MINA ANDAYCHAGUA 2021”.* [tesis de licenciamiento, Universidad Nacional del Centro del Peru] repositorio institucional U.N. del Centro del Peru.
- REPUBLICA DE COLOMBIA, MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA . (2003). *Glosario tecnico minero.* Colombia.
- SANCHEZ, REYES, H. (2006). *Metodología y Diseños en la Investigación Científica.* (E. V. Universitaria, Ed.) Lima.
- SUPO, CAVERO, F. (2014). *FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y PROCEDIMENTALES DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN CIENCIAS SOCIALES.* (E. Universitario, Ed.)
- TAMAYO Y TAMAYO, M. (2003). *El proceso de la investigacion científica* (cuarta edicion ed.). (L. N. Editores, Ed.)
- Unidad Minera El BROCAL. (2017). *Reporte de aplicacion del metodo de minado con taladros largos.* Peru .

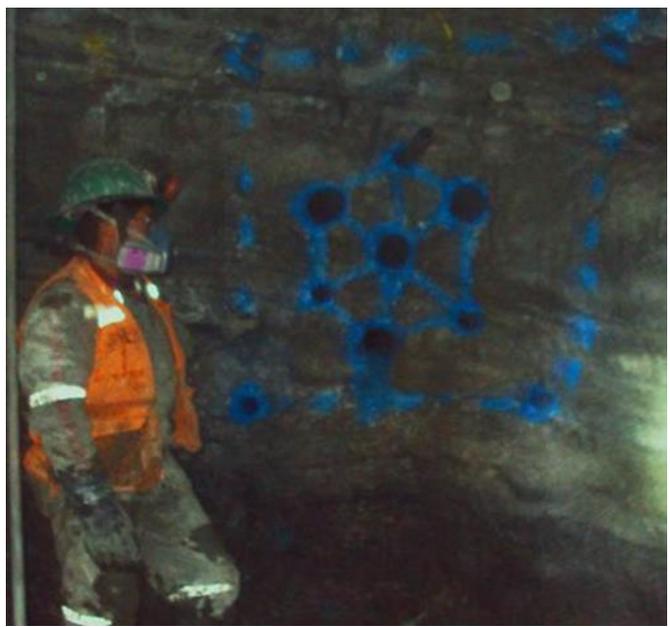
ANEXOS
RECOLECCIÓN DE DATOS

Figura 17



Diseño de arranque Hexagonal

Figura 18



Arranque ejecutado en el campo

Figura 19



Diseño y pintado del arranque Hexagonal

Figura 20



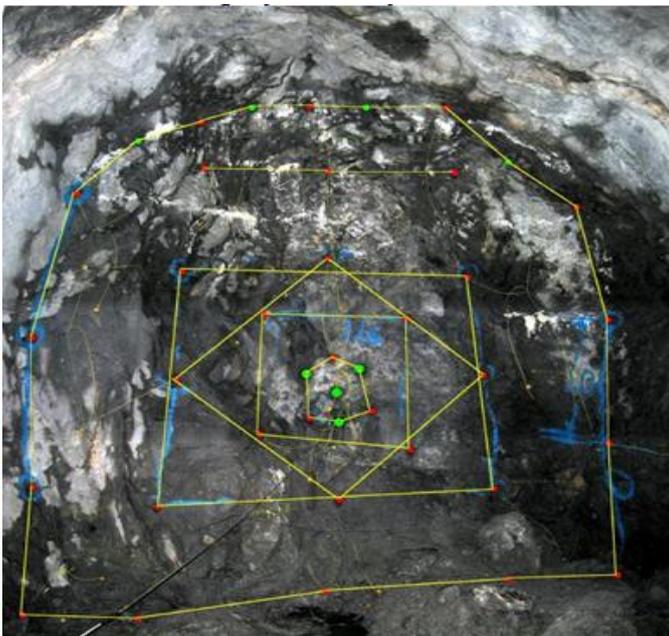
Termino de perforación del arranque Hexagonal

Figura 21



Distribución de retardos en el arranque hexagonal

Figura 22



Malla de perforación y voladura

Figura 23



Resultados de la voladura

Figura 24



Granulometría obtenida

Figura 25



Control del techo y cajas

Tabla 12

Numero de Disparo - MARCAPUNTA OESTE	Unidad	1
Empresa especializada		JRC
Fecha		13-sep
Labor		R(-) 538
Zona de Preparacion		OESTE
Horario de disparo		06:30 p.m.
Ancho	m	4
Altura		4
Seccion	m ²	16
Volumen roto estimado	m ³	48.0
N° de taladro perforados	unid	35
N° de taladro de alivio	unid	3
longitud promedio de taladro	m	3.0
Diametro de Taladro	mm	51
Metros perforados	m	114.0
Densidad de roca	Ton/m ³	2.7
Toneladas rotas	Tons.	129.60
ACCESORIOS DE VOLADURA		
Detonador no eléctrico Exsanel 4.2 mts.	Pza	35
Cordón detonante Prim aline 5G.	m	25
EXPLOSIVOS		
Emulex 80 de 1.1/2" x 12"	Unids.	0
Peso de cartucho	Kg	0.4032
Emulex 80 de 1.1/4" x 12"	Unids.	90
Peso de cartucho	Kg	0.2659
Emulex 65 de 1.1/2" x 12"	Unids.	164
Peso de cartucho	Kg	0.3846
Emulex 65de 1.1/8" x 7"	Unids.	43
Peso de cartucho	Kg	0.1250
Total de explosivos	Kg	92.38

Parámetros de disparos en frentes de la zona sur y norte – marcapunta este

Tabla 13

Resultados		
Avance	m	2.95
Volumen Roto	m ³	47.20
Tonelaje roto	ton	127.44
Factor de carga	kg/m ³	1.96
Factor de Potencia	Kg/Tn.	0.72
Factor de Avance	Kg/ml.	31.32
Eficiencia	%	98.3

Resultados de disparos en frentes de la zona sur y norte – marcapunta este

Tabla 26*Costos de la perforación y voladura en frentes para roca tipo IV*

DESCRIPCIÓN	UND.	CANT.	P. U. (U.S.\$)	PARCIAL	SUB TOTAL	TOTAL (U.S.\$)
MANO DE OBRA						
Operador de jumbo	H.H.	4.00	4.84	19.36	6.903	
Ayudante jumbiero	H.H.	4.00	3.5	14.00	4.992	
Maestro cargador.	H.H.	4.00	3.94	15.76	5.619	
Ayudante cargador.	H.H.	4.00	3.5	14.00	4.992	22.505
MATERIALES						
Barras de perforación 14'	MP	126.6	0.38	48.10	17.149	
Brocas de 51 mm	MP	126.6	0.48	60.75	21.662	
Shank Adapter	MP	126.6	0.14	17.72	6.318	
Rimadora de 4"	MP	11.5	2.10	24.16	8.615	
Aceite de perforación	GL.	0.27	8.64	2.33	0.832	
Copas de Afilado	MP	126.6	0.01	1.27	0.451	55.027
EXPLOSIVOS						
Emulex80 1 ½" x12"	CART.	15	0.7577	11.37	4.052	
Emulex80 1 ¼" x12"	CART.	40	0.4998	19.99	7.128	
Emulex65 1 ½" x12"	CART.	156	0.6842	106.74	38.056	
Emulex65 1 ¼" x7"	CART.	35	0.2190	7.67	2.733	
Fulminante corriente No 6	UND.	2	1.44	2.88	1.027	
Exsanel 4.2 ms.	UND.	34	1.305	44.37	15.820	
Conectores	UND.	2	0.15	0.30	0.107	
Guía de seguridad	M	8	0.12	0.96	0.342	
Mecha rápida	M	0.5	0.25	0.13	0.045	
Cordón detonante 5gr.	M	35	0.1764	6.17	2.201	
Tubos PVC de 1 1/2" x3.5m	UND.	10	3.34	33.40	11.909	
Tubos PVC de 1/2" x3m	UND.	5	1.75	8.75	3.120	
Tacos de arcilla de 1ft x1/2 "	UND.	34	0.072	2.45	0.873	87.413
HERRAMIENTAS	10% M.O.					
						2.251
EQUIPO						
Jumbo H - 281	H.M.	4.62	96.40	445.37	158.794	
						158.794
COSTO DIRECTO						325.989
GASTOS GENERALES (15% DE C.D.)						48.898
COSTO TOTAL						374.888

Precios sin considerar supervisión, mano de obra indirecta y limpieza de material.

Tabla 32

EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS UTILIZADOS PARA UNA FILA				
DESCRIPCIÓN DE ACCESORIOS			Precio Unif. (\$)	Precio Total
EXSANEL de 18 Metros N° 01	3	Unid.	3.0870	9.261
EXSANEL de 18 Metros N° 02	0	Unid.	3.0870	0
EXSANEL de 18 Metros N° 03	2	Unid.	3.0870	6.174
EXSANEL de 18 Metros N° 04	0	Unid.	3.0870	0
EXSANEL de 18 Metros N° 05	2	Unid.	3.0870	6.174
EXSANEL de 18 Metros N° 06	2	Unid.	3.0870	6.174
EXSANEL de 18 Metros N° 07	2	Unid.	3.0870	6.174
EXSANEL de 18 Metros N° 08	0	Unid.	3.0870	0
EXSANEL de 18 Metros N° 10	2	Unid.	3.0870	6.174
EXSANEL de 18 Metros N° 12	2	Unid.	3.0870	6.174
EXSANEL de 18 Metros N° 14	0	Unid.	3.0870	0
EXSANEL de 18 Metros N° 16	2	Unid.	3.0870	6.174
EXSANEL de 18 Metros N° 18	2	Unid.	3.0870	6.174
SUB TOTAL	19	Unid.		58.653
DESCRIPCIÓN DE EXPLOSIVOS			Precio Unif. (\$)	Precio Total
Emulex 80 1 1/4" x 12"	0	Unid.	0.1699	0.0000
Emulex 65 1 1/2"x 12"	230	Unid.	0.7007	161.1610
Emulex 80 1 1/2"x 12"	19	Unid.	0.4998	9.4962
Booster 1/2 Pulg.	19	Unid.	1.6320	31.0080
Cordon Detonante 5P	30	Mts.	0.1764	5.2920
Camex	2	Unid.	0.5490	1.0980
Mecha Rapida	0.2	Mts.	0.1689	0.0338
Faneles	19	Unid.		58.6530
TOTAL				266.7420
Costo de Voladura	0.439	\$/Ton		

Costos de perforación y voladura taladros largos

Matriz de consistencia

Título: “MEJORAS TECNICAS ECONOMICAS DE LOS DISPAROS EN FRENTE Y EN TALADROS LARGOS EN COMPAÑIA MINERA EL BROCAL - COLQUIJIRCA”				
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p>2.3.1 Problema general ¿Al evaluar la voladura en los frentes y en tajeos de taladros largos en qué condiciones técnicas y económicas se encontraron, en la Empresa Especializada JRC – Empresa Minera El Brocal – Colquijirca?</p> <p>2.3.2 Problemas específicos a. ¿Al evaluar la voladura en los frentes y en tajeos de taladros largos en qué condiciones técnicas se encontraron, en la Empresa Especializada JRC – Empresa Minera El Brocal – Colquijirca? b. ¿Al evaluar la voladura en los frentes y en tajeos de taladros largos en qué condiciones económicas se encontraron, en la Empresa Especializada JRC – Empresa Minera El Brocal – Colquijirca?</p>	<p>2.4.1 Objetivo general Evaluar la voladura en los frentes y en tajeos de taladros largos para ver las condiciones técnicas y económicas que se encuentran, en la Empresa Especializada JRC – Empresa Minera El Brocal – Colquijirca</p> <p>2.4.2 Objetivos específicos a. Evaluar la voladura en los frentes y en tajeos de taladros largos para ver las condiciones técnicas que se encuentran, en la Empresa Especializada JRC – Empresa Minera El Brocal – Colquijirca b. Evaluar la voladura en los frentes y en tajeos de taladros largos para ver las condiciones económicas que se encuentran, en la Empresa Especializada JRC – Empresa Minera El Brocal – Colquijirca</p>	<p>3.4.1 Hipótesis General Al evaluar la voladura en los frentes y tajeos con taladros largos, se encontraron mejoras técnicas y económicas en la Empresa Especializada JRC – Empresa Minera El Brocal – Colquijirca</p> <p>3.4.2 Hipótesis específicas Hipótesis específica a: Al evaluar la voladura en los frentes y tajeos con taladros largos, se encontraron mejoras técnicas, en la Empresa Especializada JRC – Empresa Minera El Brocal – Colquijirca Hipótesis específica b: Al evaluar la voladura en los frentes y tajeos con taladros largos, se encontraron mejoras económicas en la Empresa Especializada JRC – Empresa Minera El Brocal – Colquijirca</p>	<p>3.5.1 Variables para la hipótesis general Evaluar la voladura en los frentes y tajeos con taladros largos Mejoras técnicas y económicas</p> <p>3.5.2 Variables para la hipótesis específicas Variables para hipótesis específicas a: Evaluar la voladura en los frentes y tajeos con taladros largos Mejoras técnicas Variables para hipótesis específicas b: Evaluar la voladura en los frentes y tajeos con taladros largos Mejoras económicas</p>	<p>-Tipo Aplicado</p> <p>-Nivel Descriptivo</p> <p>-Método Científico, métodos específicos analítico, deductivo; El método científico</p> <p>-Diseño No experimental</p> <p>-Muestra frentes de zona Marcapunta Norte, Marcapunta Este, y para tajeos de taladros largos se escogió el tajo 1333 – block 9382</p>