

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Evaluación del proceso de perforación y voladura
para la optimización de costo en labores de
avance, Unidad Minera Santa María**

Omar Ivan Castro Cangalaya
Luis Enrique Rosado Quispe

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

“EVALUACIÓN DEL PROCESO DE PERFORACIÓN Y VOLADURA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE COSTO EN LABORES DE AVANCE, UNIDAD MINERA SANTA MARÍA”

INFORME DE ORIGINALIDAD

28%

INDICE DE SIMILITUD

28%

FUENTES DE INTERNET

%

PUBLICACIONES

%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.revistaseguridadadminera.com Fuente de Internet	7%
2	documents.mx Fuente de Internet	4%
3	vsip.info Fuente de Internet	3%
4	eprints.ucm.es Fuente de Internet	3%
5	pt.scribd.com Fuente de Internet	2%
6	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	2%
7	repository.unimilitar.edu.co Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.utp.edu.pe Fuente de Internet	<1%

9	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	<1 %
10	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
11	id.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	revistas.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
16	pdfcoffee.com Fuente de Internet	<1 %
17	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
18	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
19	prezi.com Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

21	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
23	edoc.pub Fuente de Internet	<1 %
24	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
25	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
26	ciencia.lasalle.edu.co Fuente de Internet	<1 %
27	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
28	www.juntadeandalucia.es Fuente de Internet	<1 %
29	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
30	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
31	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
32	energia.gob.es Fuente de Internet	<1 %

33	pdfcookie.com Fuente de Internet	<1 %
34	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
35	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
36	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
37	www.clubensayos.com Fuente de Internet	<1 %
38	repositorio.uoosevelt.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
39	repositorio.utfpr.edu.br Fuente de Internet	<1 %
40	alejandria.poligran.edu.co Fuente de Internet	<1 %
41	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
42	repositorio.unapiquitos.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
43	fdocumentos.tips Fuente de Internet	<1 %
44	fmmadrid.es Fuente de Internet	<1 %

45	search.bvsalud.org Fuente de Internet	<1 %
46	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
47	upcommons.upc.edu Fuente de Internet	<1 %
48	biblioteca.uajms.edu.bo Fuente de Internet	<1 %
49	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
50	fr.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
51	repositorio.ulasamericas.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
52	dspace.utpl.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
53	repositorio.espe.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
54	repositorio.pucp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
55	repositorio.upeu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
56	repositoriodemo.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

AGRADECIMIENTO

A Dios, por guiarme día a día a lo largo de mi carrera.

A los docentes y a la prestigiosa universidad Continental, facultad de Ingeniería de Minas por otorgarme el conocimiento necesario e indispensable que consolidaron mi instrucción laboral y lograr adquirir el título profesional de Ingeniero de Minas.

De manera especial quiero agradecer a mi asesor: Ing. Julio Fredy Porras Mayta, por su perseverante soporte en la realización y culminación del actual trabajo de investigación.

A los ingenieros y trabajadores de la unidad minera Santa María S. A. C. por permitirme realizar la presente investigación y facilitarme el acceso de información necesaria para concluir mi tesis.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, a mis padres y hermanos que siempre me apoyaron en mi vida profesional, y también a los docentes de la universidad Continental, que con sus enseñanzas he logrado madurar y aprender de sus conocimientos, que ahora aplico en el campo laboral, para todos ellos con mucho esfuerzo gracias.

Dedico este trabajo de investigación; en primer lugar, a Dios por acompañarme en el camino de mi carrera profesional. En segundo lugar, a mi madre: Angelica Cangalaya Navarro, a mi padre: Filomeno Castro Condor, por su apoyo y sacrificio constante para poder lograr mis metas. A ustedes, les dedico con mucho amor.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	II
DEDICATORIA	III
ÍNDICE GENERAL.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
RESUMEN	VIII
ABSTRACT.....	IX
INTRODUCCIÓN	X
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	12
1.1 Planteamiento y formulación del problema	12
1.1.1 Problema general	13
1.1.2 Problemas específicos.....	13
1.2 Objetivos.....	13
1.2.1 Objetivo general	13
1.2.2 Objetivos específicos	13
1.3 Justificación.....	13
1.3.1 Justificación práctica.....	13
1.3.2 Justificación metodológica	13
1.4 Delimitación del proyecto.....	14
1.4.1 Delimitación espacial	14
1.4.2 Delimitación temporal	14
1.4.3 Delimitación económica	14
1.5 Hipótesis y variables	14
1.5.1 Hipótesis general	14
1.5.2 Hipótesis específica	14
1.5.3 Variables	15
1.5.4 Definición conceptual de variables.....	15
1.5.5 Definición operacional de variables	16
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	17
2.1 Antecedentes del problema	17
2.2 Bases teóricas.....	22
2.3 Definición de términos básicos	45

CAPÍTULO III	51
METODOLOGÍA	51
3.1 Métodos y alcances de la investigación	51
3.1.1 Método general.....	51
3.1.2 Tipo de investigación	51
3.1.3 Nivel de investigación	51
3.2 Diseño de investigación	51
3.3 Población y muestra	52
3.3.1 Población.....	52
3.3.2 Muestra.....	52
CAPÍTULO V RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	53
4.1 Presentación de resultados	53
4.1.1 Generalidades	53
4.1.2 Evaluación de los parámetros de perforación	62
4.1.3 Evaluación de los parámetros de voladura	80
4.1.5 Estándares de perforación y voladura - roca buena / RMR (61-80)	87
4.1.6 Análisis de costos	99
4.2 Discusión de resultados.....	101
CONCLUSIONES	103
RECOMENDACIONES	104
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
ANEXOS.....	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Perforación efectiva.....	62
Tabla 2. Resultados obtenidos RA ELI 2 (-)	64
Tabla 3. Resultados obtenidos RA FABI 5(+)	65
Tabla 4. Resultados obtenidos RA FABI 6 (-).....	66
Tabla 5. Control de los tiempos de perforación	67
Tabla 6. Distribución de carga empleado en RA ELI 2 (-).....	82
Tabla 7. Distribución de carga empleado en RA FABI 5 (+)	83
Tabla 8. Distribución de carga empleado en RA FABI 6 (-)	84
Tabla 9. Parámetros en la voladura RA ELI 2 (-).....	85
Tabla 10. Parámetros en la voladura RA RABI 5 (+)	85
Tabla 11. Parámetros en la voladura RA RABI 6 (-).....	86
Tabla 12. Datos geo mecánicos	86
Tabla 13. Distribución de taladros perforados y consumo de explosivos.....	87
Tabla 14. Accesorios de voladura	89
Tabla 15. Distribución de taladros y carga explosiva.....	90
Tabla 16. Distribución de taladros perforados y consumo de explosivos.....	91
Tabla 17. Accesorios de voladura	93
Tabla 18. Distribución de taladros y carga explosiva.....	94
Tabla 19. Distribución de taladros perforados y consumo de explosivos.....	95
Tabla 20. Accesorios de voladura	97
Tabla 21. Distribución de taladros y carga explosiva.....	98
Tabla 22. Data explosivos	99
Tabla 23. Costo de explosivos y accesorios guardia	99
Tabla 24. Costo de explosivos y accesorios.....	100
Tabla 25. Costo de explosivos y accesorios.....	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principios de perforación mecánica de las rocas (5)	23
Figura 2. Fallas de disparos por distintas causas	28
Figura 3. Fallas de disparos por distintas causas	28
Figura 4. Fallas de disparos por distintas causas	29
Figura 5. Denominación de los taladros	30
Figura 6. Métodos usuales para la preparación de cebos	32
Figura 7. Paralelo entre voladura de túneles y voladura de bancos	45
Figura 8. Plano de ubicación unidad minera Santa María	54
Figura 9. Plano de geología regional unidad minera Santa María	56
Figura 10. Plano geológico local de las unidades de producción	58
Figura 11. Plano de geología local veta Samy	59
Figura 12. Control de medida de la longitud efectiva de perforación	63
Figura 13. Brocas de perforación (36 mm)	63
Figura 14. Diseño de mallas de perforación RA ELI 2 (-)	74
Figura 15. Diseño de mallas de perforación RA FABI 5 (+)	75
Figura 16. Diseño de mallas de perforación RA FABI 6 (-)	76
Figura 17. Diseño de arranque de perforación para la RA ELI 2 (-)	77
Figura 18. Diseño de arranque de perforación para la RA FABI 5 (+)	77
Figura 19. Diseño de arranque de perforación para la RA FABI 6 (-)	78
Figura 20. Supervisión de los trabajos de perforación y voladura en RA ELI 2 (-)	78
Figura 21. Supervisión de los trabajos de perforación y voladura en RA FABI 5 (+)	79
Figura 22. Supervisión de los trabajos de perforación y voladura en RA FABI 6 (-)	79
Figura 23. Taladros cargados listos para el disparo	80
Figura 24. Tipos de emulsiones	81
Figura 25. Fulminante empleado en la voladura	81
Figura 26. Diseño de malla de perforación y voladura estandarizada	88
Figura 27. Diseño de malla de perforación y voladura estandarizada	92
Figura 28. Diseño de malla de perforación y voladura estandarizada	96

RESUMEN

La investigación planteó como objetivo general: efectuar la evaluación del proceso de perforación y voladura que permite la optimización del costo en labores de avance unidad minera Santa María 2022. La hipótesis general fue: la evaluación del proceso de perforación y voladura influyen directamente para la optimización del costo en labores de avance unidad minera Santa María 2022.

El método general de investigación fue el científico, tipo aplicada, de nivel correlacional, diseño no experimental; la población y muestra estuvo conformada por las labores mineras de avance, cortada NE y cortada SE ubicadas en el nivel 2120 de la unidad minera Santa María - Compañía Minera Poderosa S. A.

En la investigación se concluyó que: se verificó que mediante la evaluación del proceso de perforación y voladura realizadas en las labores RA ELI 2 (-), RA RABI 5 (+) y RA RABI 6 (-) se requiere mejorar el tiempo de perforación y la cantidad y distribución de explosivos por taladro, lo que permitirá optimizar los tiempos muertos, costos elevados por consumo de explosivos y aceros de perforación.

Palabras claves: proceso de perforación, voladura optimización de costos, labores de avance.

ABSTRACT

The research was raised as a general objective: To carry out the evaluation of the drilling and blasting process that allows the optimization of the cost in advance work of the mining unit Santa María 2022, and the general hypothesis consisted of: The evaluation of the drilling and blasting process directly influence for the optimization of the cost in advance work of the mining unit Santa María 2022.

The general research method was scientific, applied type, correlational level, non-experimental design; The population and sample consisted of: the advance mining works, cut NE and cut SE located at the level. 2120 of the Santa María Mining Unit - Powerful Mining Company S.A

From the development of the investigation, it was concluded that: It was verified that by evaluating the drilling and blasting process carried out in the RA ELI 2 (-), RA RABI 5 (+) and RA RABI 6 (-) tasks, it is necessary to improve the time drilling and the quantity and distribution of explosives per hole, which will allow optimization of downtime, high costs due to the consumption of explosives and drilling steel.

Keywords: Drilling process, blasting, cost optimization, advance work.

INTRODUCCIÓN

La investigación titulada: «Evaluación del proceso de perforación y voladura para la optimización de costo en labores de avance, unidad minera Santa María» se inicia en base a la siguiente problemática:

Las empresas que conforman el sector minero están catalogadas como las más competitivas del país, debido a que siempre están buscando la manera de mejorar los procesos inmersos en la producción por lo que periódicamente tiene que ser evaluada con la finalidad de identificar los errores o deficiencias en dichos procesos a fin de proponer medidas correctivas inmediatas

En la unidad Santa María, perteneciente a la Compañía Minera Poderosa S. A. tiene a cargo la continuación en la ejecución de las labores de avance asignadas como cortadas NE y SE ambas ubicadas en el nivel 2120 con la finalidad de cubicar nuevas reservas.

En los reportes diarios de la evaluación del proceso de perforación y voladura se evidencia desfases en tiempos, desvíos, sobre excavaciones y mala fragmentación de rocas, lo que influye directamente en los costos de producción, en tal sentido.

El desarrollo de la investigación está estructurado de la siguiente manera:

El capítulo I, titulado Planteamiento del estudio, detalla el planteamiento y formulación del problema citando el problema general y específico, del mismo modo se da a conocer el objetivo general y específico, posteriormente se expone la justificación práctica y metodológica; para finalizar este capítulo se exponen la hipótesis general, específica y las variables de esta investigación.

El capítulo II, titulado Marco teórico en el que dan a conocer los antecedentes nacionales e internacionales, de igual manera las bases teóricas y para finalizar se redacta la definición de términos básicos de la investigación.

El capítulo III, titulado Metodología está referida para la metodología de la investigación, resaltando el método general, tipo, nivel, diseño, población y muestra, así como las técnicas e instrumentos de recolección de datos.

En el capítulo IV corresponde a Resultados y discusión en donde se dan a conocer los datos que se obtuvieron de la investigación.

Y en la parte final se formulan las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

Las empresas que conforman el sector minero están catalogadas como las más competitivas del país, debido que siempre están en el buscando la manera de mejorar los procesos inmerso en la producción por lo que periódicamente tiene que ser evaluada con la finalidad de identificar los errores o deficiencias en dichos procesos a fin de proponer medidas correctivas inmediatas

En la Unidad Santa Maria, perteneciente a la compañía minera poderosa S.A. tiene a cargo la continuación en la ejecución de las labores de avance asignadas como cortadas NE y SE ambas ubicadas en el nivel 2120 con la finalidad de cubicar nuevas reservas.

En los reportes diarios de la evaluación del proceso de perforación y voladura se evidencia desfases en tiempos, desvíos, sobre excavaciones y mala fragmentación de rocas lo que influye directamente en los costos de producción.

Por lo expuesto, con el desarrollo de la presente investigación se pretende efectuar el análisis de los diferentes factores influyentes y proponer medidas correctivas para optimo rendimiento.

1.1.1 Problema general

¿En qué medida la evaluación del proceso de perforación y voladura permite la optimización del costo en labores de avance unidad minera Santa María 2022?

1.1.2 Problemas específicos

a) ¿En qué medida la evaluación de los parámetros de perforación permite la optimización del costo en labores de avance?

b) ¿En qué medida la evaluación de los parámetros de voladura permite la optimización del costo en labores de avance?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Efectuar la evaluación del proceso de perforación y voladura que permite la optimización del costo en labores de avance unidad minera Santa María 2022.

1.2.2 Objetivos específicos

a) Determinar en qué medida la evaluación de los parámetros de perforación permite la optimización del costo en labores de avance.

b) Determinar en qué medida la evaluación de los parámetros de voladura permite la optimización del costo en labores de avance.

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación práctica

La investigación tiene una justificación práctica y social ya que con la evaluación de los procesos de perforación y voladura de las labores de avance en interior mina se pretende proponer medidas correctivas con la finalidad de la optimización del costo de minado.

1.3.2 Justificación metodológica

El desarrollo de la presente tesis tiene una justificación metodológica, debido a que para recabar la información de los procesos de perforación y voladura de

las labores de avance en interior mina, el investigador establecerá instrumentos y metodologías propias para la toma de datos insitu

1.4 Delimitación del proyecto

1.4.1 Delimitación espacial

La investigación se delimita en la parte espacial de la siguiente manera: la unidad minera de Santa María se ubica en:

- ✓ Caserío: Pueblo Nuevo
- ✓ Distrito: Pataz
- ✓ Provincia: Pataz.
- ✓ Región: La libertad

1.4.2 Delimitación temporal

La investigación esta propuesta para ser desarrollada entre los meses de setiembre del 2022 a enero del 2023.

1.4.3 Delimitación económica

Los gastos que se incurra para el desarrollo de la investigación fueron cubiertas en su integridad por los bachilleres autores de esta tesis.

1.5 Hipótesis y variables

1.5.1 Hipótesis general

La evaluación del proceso de perforación y voladura influyen directamente para la optimización del costo en labores de avance unidad minera Santa María 2022

1.5.2 Hipótesis específica

- a) La evaluación de los parámetros tales como la longitud, diámetro tiempo y diseño de perforación permite la optimización del costo en labores de avance.

- c) La evaluación de los parámetros de voladura tales como el tipo de explosivo y la distribución de carga, permite la optimización del costo en labores de avance.

1.5.3 Variables

a) Variable independiente

- ✓ Perforación y voladura (X)

Indicadores:

- Parámetros de perforación
 - ✓ Longitud de perforación
 - ✓ Diámetro de perforación
 - ✓ Tiempo de perforación
 - ✓ Diseño de perforación
- Parámetros de voladura
 - ✓ Tipo de explosivo
 - ✓ Distribución de carga

b) Variable dependiente

- Optimización de costos (Y)
- **Indicadores:**
 - ✓ Costos directos
 - ✓ Costos indirectos

1.5.4 Definición conceptual de variables

a) Variable independiente

- Perforación y voladura (X)

Es una técnica aplicable a la extracción de roca en terrenos competentes, donde los medios mecánicos no son aplicables de una manera rentable. Así, partiendo de esta definición, este método es aplicable a cualquier método de explotación, bien en minería, bien en obra civil, donde sea necesario un movimiento de tierras (1).

b) Variable Independiente

- Optimización de costos (Y)

La optimización es un proceso de gestión en el que se van generando análisis de costos y estrategia de optimización de costos. En este punto existen dos cuestiones a tener en cuenta: Los costos deben estar sujetos a un análisis exacto. Los costos están influenciados por factores externos.

1.5.5 Definición operacional de variables

a) Variable independiente

➤ Perforación y voladura (X)

La técnica de perforación y voladura se basa en la ejecución de perforaciones en la roca, donde posteriormente se colocarán explosivos que, mediante su detonación, transmiten la energía necesaria para la fragmentación del macizo rocoso a explotar (1).

De esta forma, se tienen dos tecnologías claramente diferenciadas: la tecnología de la perforación y la tecnología de diseño y ejecución de voladuras (1).

b) Variable independiente

Optimización de costos (Y)

La optimización es un proceso de gestión en el que se van generando análisis de costos y estrategia de optimización de costos. En este punto existen dos cuestiones a tener en cuenta: Los costos deben estar sujetos a un análisis exacto. Los costos están influenciados por factores externos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

a) Tesis titulada: «*Reducción de costos en las operaciones unitarias de perforación y voladura optimizando el mantenimiento de brocas de 45 mm, rimadoras de 102mm y el consumo de explosivo en las labores de desarrollo que realiza la empresa CONMICIV S.A.C en CMH S.A*» (1).

Su objetivo general fue reducir el costo de las operaciones unitarias de perforación y voladura (1).

Los objetivos específicos son:

- ✓ Reducir el costo de perforación optimizando el mantenimiento de brocas de 45mm y rimadoras de 102mm (1).

- ✓ Reducir el costo de voladura optimizando el uso de explosivos y mejorando la distribución de explosivos en los frentes de carguío (1).

Sus conclusiones fueron:

- ✓ Se consiguió aumentar el rendimiento de broca de 45mm Sandvick en la perforación con jumbos en 42.5 %, es decir de 181 m/broca que se tenía inicialmente, se alcanzó un rendimiento de 258 m/broca, alcanzando un 29% más de su vida útil (de 200m/broca) (1).

- ✓ Se consiguió aumentar el rendimiento de rimadora de 102mm Sandvick en la perforación con jumbos en 53%, es decir de 172 m/rimadora que se tenía inicialmente, se alcanzó un rendimiento de 263 m/broca, alcanzando un 31.5% más de su vida útil (de 200m/broca) (1).
 - ✓ Se redujo el costo de perforación en 4% equivalente a 6.4\$/m, de 162.5\$/m a 156\$/m promedio logrando un ahorro en tres meses de 6770.2\$ meses; que fue el ahorro esperado (1).
 - ✓ Se redujo el costo de voladura en 9.6%, de 106.7\$/m a 96.54\$/m promedio logrando un ahorro en tres meses de 11137.7 \$/tres meses; que fue un ahorro muy positivo (1).
 - ✓ Se estableció como herramienta de control, un formato de reporte para el consumo de brocas de 45mm, para poder hacer un seguimiento más detallado (1).
- b) Tesis titulada: «*Optimización del uso de aceros de perforación en la UEA San Cristóbal de Minera Bateas SAC*» (2).

Su objetivo general fue:

- ✓ Optimizar el uso de los aceros de perforación en la UEA San Cristóbal de Minera Bateas SAC (2).

Sus objetivos específicos fueron:

- ✓ Controlar el ciclo de perforación, manteniendo procedimientos de operación adecuados para la perforación con jumbo.
- ✓ Controlar el desgaste de los aceros de perforación tanto de brocas y barras de perforación (2).
- ✓ Capacitar al personal de línea In-Situ para la mejora de los índices en el uso de los aceros de perforación, para una mejora de la productividad (2).

Sus conclusiones fueron:

- ✓ Se alcanzó una óptima operatividad en los jumbos y maquinas convencionales (Jack Leg), adecuando a los procedimientos correctos de operatividad, evitando tener unas pérdidas ya sea por desgaste prematuro o por inadecuada operatividad de dichos equipos (2).

 - ✓ Los aceros de perforación no van separados de la operatividad de los equipos, una es complementaria a la otra debido a ello su importancia para obtener una vida útil optima (2).

 - ✓ La utilización de las brocas y aceros de perforación tomando en cuenta las recomendaciones que se da para cada zona de la mina y de acuerdo a los procedimientos escritos para la utilización de estas, así como la dimensión de la broca a utilizar, las presiones de aire y el tiempo a la que debe de realizarse el afilado permitió mejorar la vida útil de los aceros de perforación y se redujo los costos de los mismos (2).
- c) Tesis titulada: «*Optimización de la vida útil de los aceros de perforación para la reducción de costos en mina San Vicente – CIA. San Ignacio de Morococha S.A.A. año 2018*» (3).

Su objetivo general de la tesis fue

- ✓ Determinar la influencia de la optimización de la vida útil los aceros de perforación en la reducción de costos de mina San Vicente – compañía minera San Ignacio de Morococha S.A.A.

Sus objetivos específicos fueron los siguientes:

- ✓ Determinar la influencia del control de la vida útil de la broca de perforación en la reducción de costos de mina San Vicente – compañía minera San Ignacio de Morococha S.A.A. (3).

- ✓ Determinar la influencia del control de la vida útil de la barra de perforación en la reducción de costos de mina San Vicente – compañía minera San Ignacio de Morococha S.A.A. (3).

- ✓ Determinar la influencia del afilado de brocas y vida útil de los aceros de perforación en la reducción de costos de mina San Vicente – compañía minera San Ignacio de Morococha S.A.A. (3).
- ✓ Determinar la relación del torqueado de barras y vida útil de los aceros de perforación en la reducción de costos de mina San Vicente – compañía minera San Ignacio de Morococha S.A.A. (3).

Sus conclusiones fueron:

- ✓ Con el cuidado, uso adecuado y afilado de brocas oportunamente se optimizó la vida útil de las brocas de perforación de 45 mm obteniendo una mejora 35% de su vida útil respecto al hallado, logrando un incremento de 1124.15 pies perforados/broca (3).
- ✓ Con la capacitación en uso adecuado e inicio de torqueado de barras de 12 pies, se optimizó su vida útil en un 31% adicional del encontrado, obteniendo un incremento de 3914.16 pies perforados/barra (3).
- ✓ Se evidenció una estrecha relación de la vida útil con el uso adecuado de los aceros de perforación cuyo equilibrio garantiza una mejora en su vida útil (3).
- ✓ Se optimizó de manera indirecta el rendimiento de la voladura por el control del paralelismo en las perforaciones usando guías de PVC, con ello se evidenció menor sobre rotura y mejor rendimiento en los avances (3).
- ✓ De acuerdo con el balance neto, se logró una reducción de costos por consumo de aceros de perforación de 1435,04 U\$\$/ mes, por lo tanto, se tendría un ahorro de 17,220.48 U\$\$/ año (3).
- ✓ Se logró determinar que una mala evaluación del macizo rocoso influye en un deficiente rendimiento en la perforación y con ello el desgaste prematuro de los aceros de perforación (3).

✓ Por lo que podemos concluir que la aplicación de una mejora en la optimización de la vida útil de los aceros de perforación como son broca de 45 mm y barras de 12 pies nos permite generar una reducción de costos, esto implica que de manera directa la tesis es rentable (3).

d) Tesis titulada: «Control de aceros de perforación de jumbos para su optimización y reducción de costos en la Compañía Minera Casapalca S.A.» (4).

Su objetivo general de la tesis fue:

✓ Implementar un control adecuado en el uso de los aceros, que involucra todo el trabajo de perforación para reducir el consumo elevado de aceros en la Compañía Minera Casapalca S.A. – Huarochirí – Lima (4).

Sus objetivos específicos fueron los siguientes:

✓ Analizar las causas principales que generan el elevado consumo de aceros de perforación y plantear acciones de mejora en la Compañía Minera Casapalca S.A. – Huarochirí – Lima (4).

✓ Obtener buenos resultados, teniendo ratios de mejora continua con controles diarios a través del rendimiento y vida útil de los aceros, para poder garantizar la mejora en las operaciones a costos menores (4).

✓ Se va a elaborar un formato que se entregará al operador de cada guardia donde se detallan los números de taladros perforados, longitud de perforación, el control de los aceros de perforación según el tipo de perforación (avance y sostenimiento), para poder conocer los metrajes de cada acero y que cumplan su vida útil (4).

Sus conclusiones fueron:

✓ La Compañía Minera Casapalca quien explora, prepara, desarrolla y explota minerales polimetálicos, hoy en día se tiene una mejora en sus procesos específicamente en perforación y voladura y todo aquello que está relacionado a dichos procesos, desde que se ha aplicado los controles de aceros de

perforación se tiene resultados favorables para la Empresa tanto en costos como en los procesos diarios, los rendimientos de los aceros tanto de las brocas, barras shank y coupling (vida útil) es mayor que antes por ende el costo es menor, la aplicación de estos controles son diarios hasta la fecha, ellos nos permite saber con mayor detalle todos los estatus de los aceros de perforación y como también de los equipos si falla alguno de los controles es cuando se tiene mayor problema en lo habitual se procura no tener estos descontroles para eso la supervisión tiene que estar controlando e informando los trabajos de control (4).

- ✓ La empresa anteriormente invertía una fuerte suma de dinero en adquisición de aceros de perforación por el alto consumo de estos (se muestran en las tablas presentadas anteriormente), aplicando estos controles se tuvo una disminución de consumo de aceros y con ello se ha disminuido los costos de perforación que es favorable para la empresa y se ha mejorado los trabajos en las operaciones con menos horas muertas o menos tiempos improductivos (4).
- ✓ El área de mayor deficiencia (problemas con los controles de aceros) y mayor consumo de aceros era de taladros largos (una columna completa llegaba a costar hasta US\$. 6,000.00) todo ello por los problemas que en su momento presentaban, con la aplicación de los controles hoy en día se tiene un menor consumo de aceros de taladros largos (4).

2.2 Bases teóricas

➤ Perforación

Es la primera operación en la preparación de una voladura. Su propósito es el de abrir en la roca huecos cilíndricos destinados a alojar al explosivo y sus accesorios iniciadores, denominados taladros, barrenos, hoyos o *blast holes* (5).

En perforación tienen gran importancia la resistencia al corte o dureza de la roca (que influye en la facilidad y velocidad de penetración) y la abrasividad. Esta última influye en el desgaste de la broca y por ende en el diámetro final de los taladros cuando ésta se adelgaza (brocas chupadas) (5).

La perforación se efectúa por los siguientes medios: (5)

➤ **Percusión**

Con efecto de golpe y corte como el de un cincel y martillo. Ejemplo, el proporcionado por los martillos neumáticos pequeños y rompe pavimentos (5).

➤ **Percusión/rotación**

Efecto de golpe, corte y giro, como el producido por las perforadoras neumáticas comunes, trackdrills, jumbos hidráulicos (5).

➤ **Rotación**

Efecto de corte por fricción y rayado con material muy duro (desgaste de la roca, sin golpe), como el producido por las perforadoras diamantinas para exploración (5).

➤ **Fusión (jet piercing)**

Mediante un dardo de llama que funde roca y mineral extremadamente duro como el taco nita (hierro), método aplicado en algunos yacimientos de hierro de Norteamérica

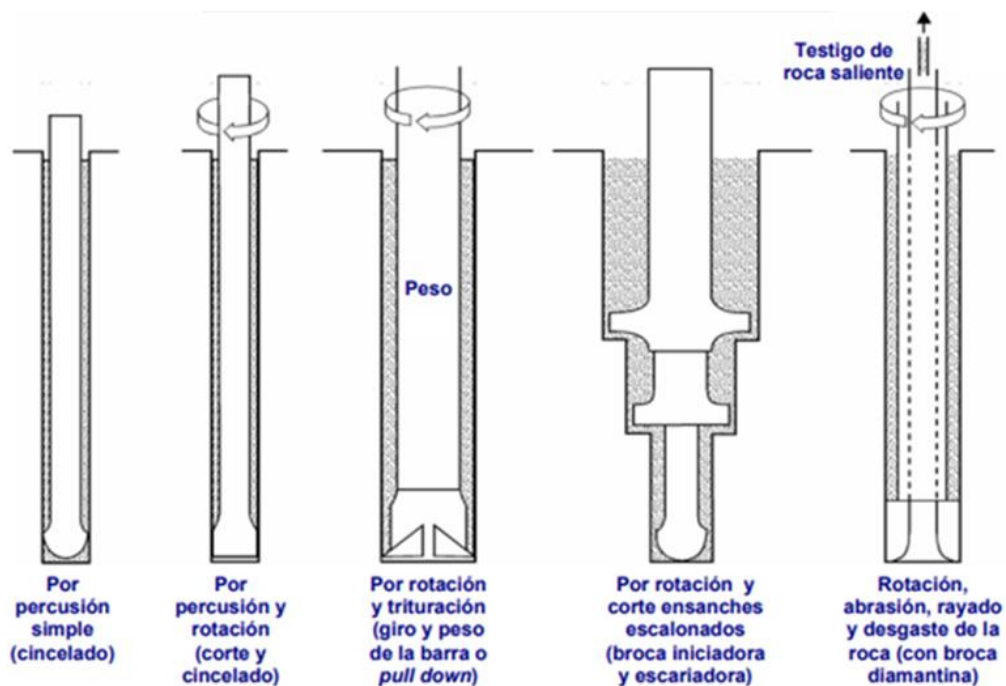


Figura 1. Principios de perforación mecánica de las rocas (5)
Tomada de EXSA Manual práctico de voladura

➤ **Equipos de perforación**

Actualmente se emplean tres tipos de máquinas perforadoras (5).

• **Manuales**

De percusión con aire comprimido, para huecos pequeños (25 a 50 mm de diámetro), para trabajo horizontal o al piso (pick hammer) o para huecos verticales al techo (Stoper). Emplean barrenos de acero integrales terminados en una broca fija tipo bisel, o barrenos con broca acoplable (5).

• **Mecanizadas**

De percusión y de rotopercusión, montadas en chasis sobre ruedas u orugas. Para huecos hasta 150 mm (6" de diámetro) y 20 m de profundidad. Ejemplo los wagondrill, track drill y jumbos neumáticos o hidráulicos, que emplean barrenos acoplables con brocas intercambiables (5).

• **Mecanizadas rotatorias**

Generalmente de grandes dimensiones para uso en tajos abiertos, montadas sobre camión o sobre orugas con traslación propia, con motor rotatorio independiente y perforación por presión (Pull Down o presión de barra) con brocas rotatorias tricónicas de 6" a 15" de diámetro, siendo las más comunes de 6", 9 7/8", 11 1/4" y 12 5/8 (5).

➤ **Brocas y barrenos**

Las brocas son las herramientas cortantes, generalmente de acero altamente resistente al impacto, reforzadas en sus filos con insertos o botones de material muy duro resistente a la abrasión (carburo de tungsteno) (5).

➤ **Barras o barrenos**

Son varillas o tubos de acero acoplables que transmiten el impacto del martillo a la broca, ubicada en uno de sus extremos (5).

Las barras pueden ser tubulares, hexagonales, rígidas, etc. y sus acoplamientos de rosca, rosca corrida, soga, cono roscado, cono de embone liso, etc. (5).

Cuando la rosca forma parte del barreno se denomina “integral”, pero por lo general son independientes o intercambiables ya que su desgaste es mayor que el de la barra. Según la forma de su cara cortante y de la disposición o distribución de los insertos pueden ser del tipo bisel, cruz, equis, botones, expansoras o rimadoras, etc. (5).

En síntesis, las brocas se clasifican en tres grupos:

- **De corte**

Generalmente empleadas en perforación de producción con máquinas chicas, entre 1” y 4” de diámetro, (integrales, cruz, etc.) donde el inserto es el elemento que trabaja y se gasta (5).

- **Rotatorias**

También llamadas “tricónicas” por estar formadas por tres conos dentados acoplados a un cuerpo fijo o carcasa. Estos conos giran libremente alrededor del eje de la broca cuando ésta entra en movimiento triturando a la roca (5).

- **Diamantinas**

Empleadas en prospección geológica y en voladura con taladros largos (Long holes), generalmente huecas para permitir la extracción de una varilla de la roca o mineral que va siendo perforado (testigo), tienen insertos muy finos de diamante embebidos en una masa o matriz fundida, dura, que conforme se gasta deja aparecer nuevos diamantes (5).

➤ **Condiciones de perforación**

Para conseguir una voladura eficiente la perforación es tan importante como la selección del explosivo, por lo que este trabajo debe efectuarse con buen criterio y cuidado (5).

Lamentablemente, la supervisión de la correcta operación de perforación aún no es adecuadamente realizada en muchas minas, lo que permite que ocurran deficiencias en la calidad del trabajo (taladros desviados, más espaciados, de longitud irregular, etc.) que determinan pérdidas de eficiencia de la energía explosiva disponible (5).

Normalmente la calidad de los taladros a ser perforados está determinada por cuatro condiciones: diámetro, longitud, rectitud y estabilidad (5).

- **Diámetro**

Depende del tipo de aplicación en que el taladro será utilizado. Como regla general, el de “menor diámetro factible” será el más adecuado y económico de realizar (5).

- **Longitud**

Influye mucho en la elección de la capacidad del equipo perforador y naturalmente en el avance del disparo (profundidad del taladro) (5).

- **Rectitud**

Varía con el tipo de roca, método de perforación y características del equipo perforador. Deben tener la mayor rectitud y alineamiento para que el explosivo sea apropiadamente distribuido (5).

En la mayoría de los trazos de perforación el paralelismo entre taladros es de vital importancia para la interacción de las cargas explosivas en toda la voladura (5).

- **Estabilidad**

Los taladros deben mantenerse abiertos hasta el momento de su empleo. En terrenos sueltos tienden a desmoronarse por lo que puede ser necesario revestirlos interiormente con tubos especiales para poderlos cargar (casing) o hacer otro taladro adyacente al obturado (5).

- **Casos particulares**

Algunos trabajos de voladura requieren taladros de gran longitud, paralelos o distribuidos en forma radial. Los paralelos se emplean máquinas perforadoras especiales como las simbas, pack-sac, diamondrill y otras (5).

Es fundamental que los operadores perforistas conozcan a fondo el manejo de su máquina, sus posibilidades y limitaciones, su mantenimiento básico y capten claramente los diseños del trazo o plan de perforación, entendiendo claramente el propósito o finalidad de la voladura a realizar (5).

- **Velocidad de la penetración y barrido**

La velocidad de penetración no solamente depende de la aplicación de fuerza; también depende del barrido o limpieza de los detritos del taladro con aire comprimido y/o con agua a presión, a través de la misma barra conforme avanza la perforación (5).

- **Fallas de perforación en taladros de pequeño diámetro en subsuelo**

Los errores son significativos, especialmente si afectan al arranque del disparo. Entre ellos tenemos (5):

- **En arranques**

Insuficiente diámetro o número de taladros de alivio (5).

- **Desviaciones en el paralelismo**

En este caso el burden no se mantiene uniforme, resulta mayor al fondo lo que afecta al fracturamiento y al avance (5).

Este problema es determinante en los arranques y en la periferia (techos) de túneles y galerías (5).

- **Espaciamientos irregulares entre taladros**

Propician fragmentación gruesa o sopleo del explosivo (5).

- **La irregular longitud de taladros**

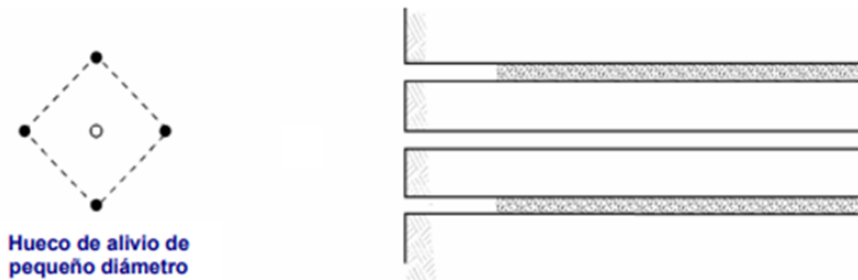
Influye en el avance (especialmente si el de alivio es muy corto) y también determina una nueva cara muy irregular (5).

- **Intercepción de taladros**

Afecta a la distribución de la carga explosiva en el cuerpo de la roca a romper (5).

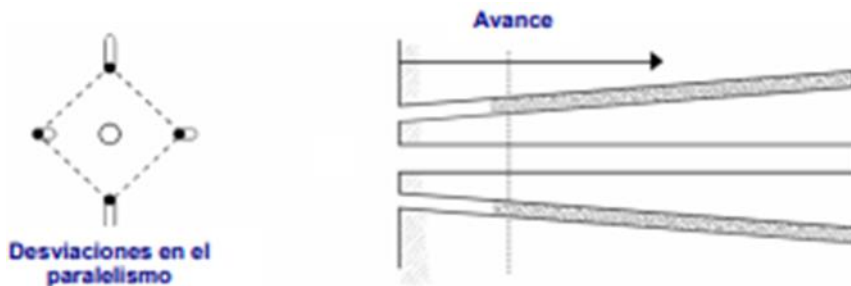
- **Mayor número de taladros que los necesarios o**

Diámetros muy grandes; pueden determinar sobrecarga, que golpeará a la roca circundante (5).



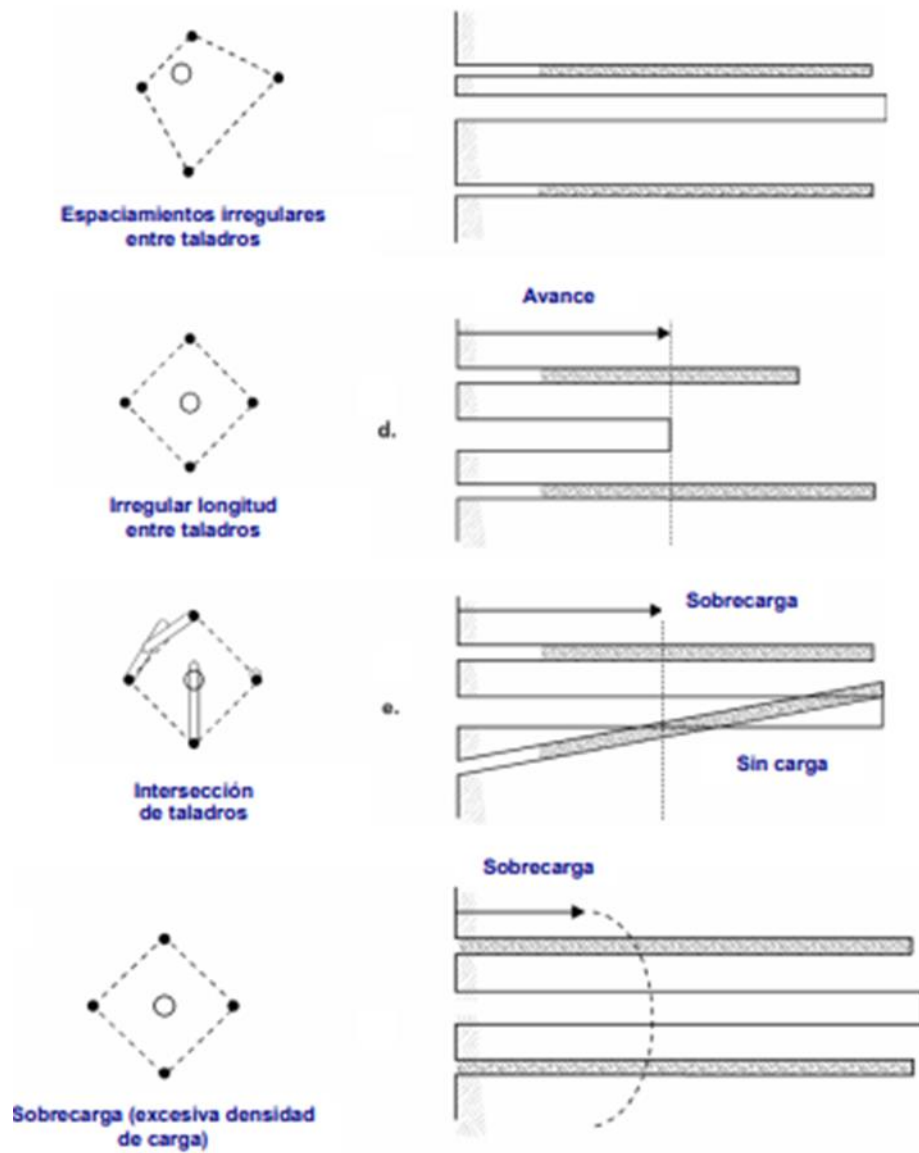
Hueco de alivio de pequeño diámetro

*Figura 2. Fallas de disparos por distintas causas
Tomada de EXSA Manual práctico de voladura*



Desviaciones en el paralelismo

*Figura 3. Fallas de disparos por distintas causas
Tomada de EXSA Manual práctico de voladura*



**Figura 4. Fallas de disparos por distintas causas
Tomada de EXSA Manual práctico de voladura**

➤ Perforación convencional

Se realiza con taladros paralelos o taladros en ángulo, atacando directamente al frontón o cara libre frontal con el principio de túnel (banco circular), con un grupo de taladros de arranque que formarán una cavidad inicial, seguida del resto de taladros de rotura distribuidos alrededor del arranque, delimitándose la sección o área del frontón con los taladros periféricos. Sección o área del frontón con los taladros periféricos. La profundidad del avance (longitud de los taladros) está limitada por el ancho de la sección. La denominación de estos taladros en el Perú es la siguiente (5).

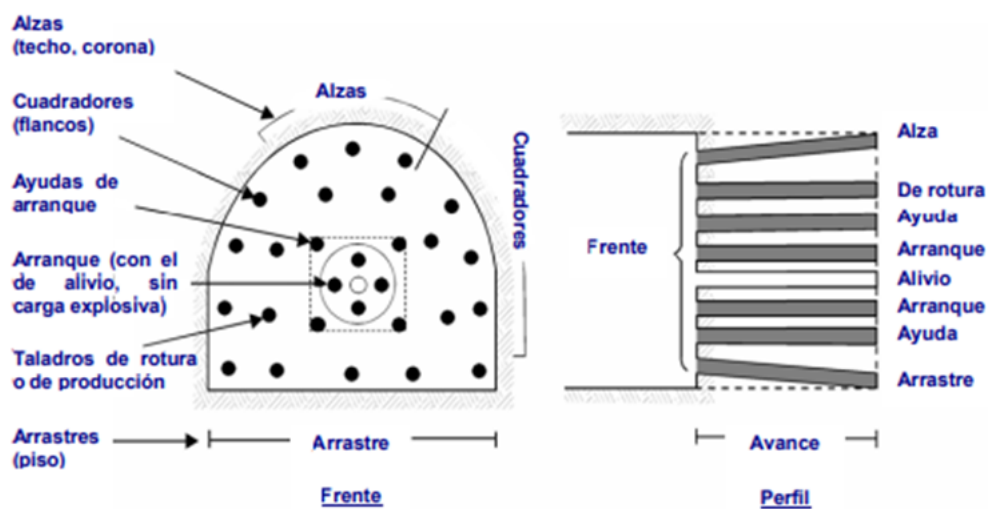


Figura 5. Denominación de los taladros
Tomada de EXSA Manual práctico de voladura

Los taladros periféricos comprenden a los cuadradores, alzas y arrastres, y los del núcleo a los de arranque (cueles), ayudas y taladros de producción (5).

La sección puede ser semielíptica, circular o cuadrática, manteniendo el mismo esquema de distribución (5).

Este esquema de perforación se aplica en túneles, galerías, chimeneas, piques, rampas y otros desarrollos (5).

La perforación radial aplicable en explotación de vetas amplias y cuerpos de mineral. Se realiza con taladros largos que parten del eje de una galería, dispuestos en forma radial o de abanico, en un plano perpendicular al eje (5).

Varios planos paralelos de taladros radiales se distribuyen en el eje. Normalmente, a igual distancia entre sí, planos que pueden dispararse uno por uno o varios por vez, pero con retardos espaciados (5).

➤ **Cebos**

Se denominan cebos o primas a los conjuntos formados por un cartucho de dinamita, de emulsión o de hidrogel sensible al fulminante, al que se le ha insertado un fulminante, un detonador eléctrico, o un extremo de cordón detonante y que se utilizan para activar e iniciar la detonación de la carga explosiva principal en un taladro de voladura (5).

Los cebos normales son de la misma dinamita empleada en el resto de la columna explosiva y se utiliza un cebo para cada taladro a disparar, igual cuando la carga principal sea de un agente de voladura como Examon o ANFO (5).

Para aprovechar al máximo el efecto de impacto puntual que proporciona el detonador, éste debe colocarse dentro de la masa del cartucho, con su carga iniciadora orientada hacia la mayor longitud de la columna explosiva, es decir, mirando hacia la boca del taladro (5).

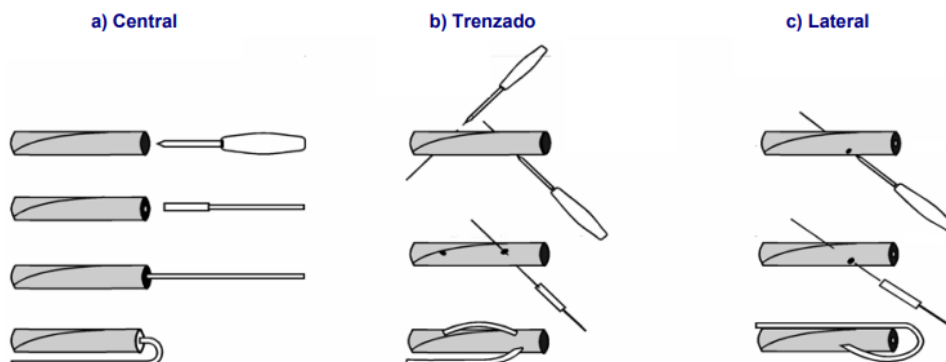
Los cebos son activados con un detonador o con cordón detonante convencional cuando se requiere arranque instantáneo del disparo y con detonador de retardo o con detonador de superficie en la línea de cordón detonante cuando son para arranque temporizado (5).

El detonador puede ser introducido en un explosivo blando o plástico empujándolo suavemente. Para el caso de explosivos más consistentes debe emplearse un punzón de madera, plástico o bronce, para hacer un hueco en el cartucho donde se introducirá el detonador. El cebo preparado debe ser manejado con precaución. No debe ser taconeado o atacado al ser cargado en el taladro (5).

Dinamitas, hidrogeles y emulsiones sensibles

A. Para diámetros menores de taladro:

1. Con detonadores comunes y no eléctricos de shock o similares:



b) y c) son métodos no adecuados para el cebado de hidrogeles o emulsiones sensibles.

Figura 6. Métodos usuales para la preparación de cebos
Tomada de EXSA Manual práctico de voladura

➤ Voladura de rocas

De acuerdo con los criterios de la mecánica de rotura, la voladura 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 (5).

El primero se refiere al tamaño de los fragmentos producidos, a su distribución y porcentajes por tamaños, mientras que el segundo se refiere al movimiento de la masa de roca triturada (5).

Una adecuada fragmentación es importante para facilitar la remoción y transporte del material volado y está en relación directa con el uso al que se destinará este material, lo que calificará a la “mejor” fragmentación (5).

Así, en la explotación de minerales se busca preferentemente fragmentación menuda, que facilita los procesos posteriores de conminución en las plantas metalúrgicas (5).

El desplazamiento y la forma de acumulación del material volado se proyecta de la manera más conveniente para el paleo o acarreo, de acuerdo al tipo y dimensiones de las palas y vehículos disponibles.

Teniendo en cuenta los diversos criterios que involucra un trabajo de voladura, como el propósito o uso final del lugar a excavar o el del material a obtener el volumen a ser excavado, el grado de fragmentación promedio requerido, si la roca excavada se quedará in situ o será transportada a otro lugar, el tipo y la dimensión del equipo de remoción y acarreo disponible, la proximidad a instalaciones importantes que puedan ser afectadas por vibraciones o proyecciones, además de otros, es pues necesaria una planificación cuidadosa de la voladura considerando todos los detalles que puedan influir en sus resultados (5).

Existe una serie de factores o variables que intervienen directa o indirectamente en la voladura, que son mutuamente dependientes o que están relacionados uno u otro; unos son controlables y otros no (5).

Son controlables, por ejemplo, las variables de diseño, de perforación o del explosivo a emplear, mientras que no podemos modificar la geología o las características de la roca (5).

Para facilidad de interpretación se resume a estos factores afines en grupos, que suelen denominarse variables, factores, parámetros o condiciones fundamentales que comprenden (5):

➤ **Parámetros de la roca**

Son determinantes, debiendo los explosivos y sus métodos de aplicación adecuarse a las condiciones de la roca (5).

Entre ellos tenemos: (5)

➤ **Propiedades físicas**

• **Dureza**

Indica aproximadamente la dificultad de perforarla (5).

• **Tenacidad**

Indica la facilidad o dificultad de romperse bajo el efecto de fuerzas de compresión, tensión e impacto, variando entre los rangos de friable (fácil), intermedia a tenaz (difícil) (5).

- **Densidad**

Indica aproximadamente entre la dificultad para volarla y varía entre 1,0 a 4,5 g/cm³ en promedio. Rocas densas requieren también explosivos densos y rápidos para romperse (5).

- **Textura**

Trama o forma de amarre de los cristales o granos y su grado de cementación o cohesión, también relacionada con su facilidad de rotura (5).

- **Porosidad**

Proporción de poros u oquedades y su capacidad de captar agua (5).

- **Variabilidad**

Las rocas no son homogéneas en su composición y textura (5). Tienen un alto índice de anisotropía o heterogeneidad (5).

- **Grado de alteración**

Deterioro producido por efecto del intemperismo y aguas freáticas, además de fenómenos geológicos que las modifican o transforman (5).

➤ **Propiedades elásticas o de resistencia dinámica de las rocas**

- **Frecuencia sísmica o velocidad de propagación de las ondas sísmicas y de sonido**

Velocidad con la que estas ondas atraviesan las rocas (5).

- **Resistencia mecánica**

Resistencia a las fuerzas de compresión y tensión (5).

- **Fricción interna**

Habilidad de las superficies internas para deslizarse bajo esfuerzos (rocas estratificadas) (5).

- **Módulo de Young**

Resistencia elástica a la deformación.

- **Radio de Poisson**

Radio de contracción transversal o extensión longitudinal del material bajo tensión (5).

- **Impedancia**

Relación de la velocidad sísmica y densidad de la roca versus la velocidad de detonación y la densidad del explosivo (5).

Usualmente las rocas con alta frecuencia sísmica requieren explosivos de alta velocidad de detonación (5).

- **Condiciones geológicas**

- **Estructura**

Es la forma de presentación de las rocas y está en relación con su origen o formación (macizos, estratos, etc.).

- **Grado de fisuramiento**

Indica la intensidad y amplitud del fracturamiento natural de las rocas (5). Son importantes la orientación (rumbo y buzamiento) de los sistemas de fisuras y el espaciamiento entre ellos, así como la apertura y los tipos de relleno en las discontinuidades (5).

- **Presencia de agua**

Define incluso el tipo de explosivo a usar (5).

- **Parámetros controlables**

- **Parámetros del explosivo propiedades fisicoquímicas**

- **Densidad**

Peso específico en g/cm³ (a mayor densidad, mayor potencia), varía entre 0,7 a 1,6 g/cm³ (5).

Todo explosivo tiene una densidad crítica encima de la cual ya no detona (5).

- **Velocidad de detonación (VOD)**

Velocidad de la onda de choque, en m/s, califica a los explosivos como detonantes y deflagrantes; a mayor velocidad mayor poder rompedor o brisance (5).

- **Transmisión o simpatía**

Transmisión de la onda de detonación en la columna de carga. Una buena simpatía asegura la explosión total de la columna de carga (5).

- **Resistencia al agua**

Varía desde nula hasta excelente (varias horas) (5).

- **Energía del explosivo**

Se puede dar en cal/g o J/g. Calculada sobre la base de su formulación, aplicable para estimar su capacidad de trabajo (5).

- **Sensibilidad a la iniciación**

Cada explosivo requiere un iniciador o cebo mínimo para iniciarse (usualmente se tiene como referencia al detonador N° 8 para calificarlos como altos explosivos (sensibles) y agentes de voladura (insensibles), por lo que requieren un cebo más potente) (5).

- **Volumen normal de gases**

Cantidad de gases en conjunto generados por la detonación de 1 kg de explosivo a 0°C y 1 atm de presión, expresado en litros/kg (5).

Indica aproximadamente la “cantidad de energía disponible” para el trabajo a efectuar y generalmente varía entre 600 y 1.000 litros/kg. h. Presión de taladro Fuerza de empuje que ejercen los gases sobre las paredes del taladro. Se expresa en kg/cm², en kilobares (kbar) o en Mega pascales (MPa) en el sistema SI (5).

Para evaluarla se aplican las mismas ecuaciones de estado como las que valen en el estado de detonación y explosión, tomando en cuenta la variación del volumen. Esta presión varía con el confinamiento. Así, un explosivo con densidad 1,25 y g/cm^3 una presión de explosión de 3.500 MPa en taladro lleno al 100%, cuando se llena sólo al 90 % llega aproximadamente a 2.600 MPa y cuando sólo se llena al 80 % bajará hasta cerca de 1.900 MPa (5).

- **Categoría de humos**

Factor de seguridad que califica su toxicidad (todos los explosivos generan gases de CO y NO en diferentes proporciones) (5).

- **Condiciones de la carga**

- **Diámetro de la carga (diámetro del taladro)**

Influye directamente sobre el rendimiento del explosivo y la amplitud de la malla de perforación. Todo explosivo tiene un diámetro crítico; por debajo de ese diámetro no detonan (5).

- **Geometría de la carga**

Relación entre el largo de la carga con su diámetro y el punto donde es iniciada. Se refleja en el proceso de rompimiento y en la formación de “zonas de fracturación” en las cargas cilíndricas de los taladros de voladura (5).

- **Grado de acoplamiento**

Radio del diámetro de carga al diámetro del taladro. El acoplamiento físico entre la carga explosiva y la roca permite la transferencia de la onda de choque entre ellas, teniendo un carácter muy significativo sobre el rompimiento (5).

El efecto de trituración depende mucho del contacto directo del explosivo con la roca. El desacoplamiento tiene enorme efecto sobre el grado de confinamiento y sobre el trabajo del explosivo, ya que la presión de taladro decrecerá con el aumento del desacoplamiento. Esta condición puede incluso ocasionar que los gases liberados por la explosión se aceleren más rápidamente que la onda de detonación en la columna de carga, acumulándola al descomponer al explosivo

por el fenómeno denominado “efecto canal” o presión de muerte (Dead pressing) (5).

El desacoplamiento es recomendable sólo para la voladura controlada o amortiguada, donde forma un colchón de aire que amortigua el impacto, con lo que disminuye la fragmentación (5).

Para voladura convencional se recomienda que la relación entre diámetro de taladro y diámetro de cartucho no sea mayor que 1,2:1. Como, por ejemplo: cartuchos de 32 mm de diámetro para taladros de 40 mm de diámetro, o cartuchos de 42 mm de diámetro para taladro de 50 mm de diámetro (5).

- **Grado de confinamiento**

Depende del acoplamiento, del taqueo o acabado, del uso de taco inerte para sellar el taladro y de la geometría de la carga (burden y distancia entre los taladros) (5).

Un confinamiento demasiado flojo determinará un pobre resultado de voladura. Por otro lado, un alto grado de confinamiento (por excesivo atacado del explosivo) puede incrementar tanto su densidad que lo puede hacer insensible a la transmisión de la onda de detonación y fallar (5). Los explosivos a granel (ANFO, emulsión) en bancos se confinan por sí solos (5).

- **Densidad de carguío (Dc)**

Da la medida de llenado de un taladro. En el caso de un llenado perfecto sin dejar el menor espacio desocupado tendremos por definición una densidad de carguío = 1 (5).

En general, cuando un taladro se llena al X% de su espacio ocupado por explosivo tendremos $D_c = 0,92 \cdot X$. f. Distribución de carga en el taladro” (5)
“La carga explosiva puede ser de un solo tipo en todo el taladro (carga única) o tener primero explosivo más denso y potente (carga de fondo) y luego explosivo menos denso (carga de columna) (5).

También pueden ser varias cargas de igual o distinto tipo separadas entre sí por material inerte (cargas espaciadas o decks) (5).

- **Tipo y ubicación del cebo**

Puede emplearse el cebo único, el cebado múltiple (dos o más en rosario en la misma columna de carga, o una en cada decken cargas espaciadas) y el cebado longitudinal (axial), éste generalmente con cordón detonante (5).

- **Distribución de energía, en cal/t de roca**

La energía aplicada sobre la roca dependerá de la distribución de la carga en el taladro, de la densidad del carguío, del punto de iniciación y del tipo de explosivo utilizado, mientras que el consumo útil de energía está vinculado al confinamiento y tiempo de duración del proceso de rotura antes que los gases se disipen en el ambiente (5).

Alrededor de la columna explosiva la fracturamiento presenta cierta zonificación; el área de cráter o de cavidad de la explosión donde procesos hidrodinámicos asociados a la detonación producen la volatilización y pulverización de la roca, la zona de transición donde la presión y tensión se reducen rápidamente originando un flujo plástico o viscoso de la roca acompañado por trituración y desintegración, finalmente la zona sísmica donde la tensión se encuentra ya por debajo del límite elástico de la roca y donde ya no se presenta fragmentación si no hay caras libres (5).

- **Intervalos de iniciación de las cargas (Timing)**

Los taladros deben ser disparados manteniendo una secuencia ordenada y correcta, para crear las caras libres necesarias para la salida de cada taladro, lo que se logra con los detonadores de retardo o con métodos de encendido convencional escalonados (5).

- **Variables de perforación**

Tienen importante influencia en los resultados de la voladura: (5)

- ✓ La profundidad del taladro respecto a la altura de banco en superficie y al avance estimado en túneles (5).

- ✓ La malla de perforación, relación de burden y espaciamiento entre taladros, importante para la interacción entre ellos (5).
 - ✓ Diámetro del taladro, base para determinar el burden y el consumo de explosivo. Las brocas de perforación tienen desgaste variable según el tipo de roca, tendiendo a reducir paulatinamente su diámetro (Bit wear factor), especialmente en perforaciones de pequeño diámetro (5).
 - ✓ Inclinação del taladro, controlada, como en la perforación radial o en abanico y desviación del taladro (fuera de control, perjudica el performance del explosivo y por tanto la fragmentación y avance) (5).
 - ✓ Otros factores que se deben considerar en el planeamiento de un disparo son el costo de perforación y el costo del explosivo, con base en el consumo total de explosivo por metro cúbico o tonelada de roca movida (factor de carga en kg/m³). También para ciertos tipos de explosivo su vida útil (Shelf life) (5).
- **Condiciones generales para el trabajo eficiente de los explosivos**
- ✓ Deben contar con cara libre para facilitar la salida del material fragmentado (5).
 - ✓ Deben estar confinadas, para aumentar su densidad de carga (atacado con vara de madera en subsuelo, compactación con aire comprimido en carguío a granel en subterráneo y por gravedad en superficie). Sellado del taladro con taco inerte (5).
 - ✓ Deben ser cuidadosamente cebados (5).
 - ✓ Deben ser disparados manteniendo una secuencia ordenada de salidas (temporización) (5).

- ✓ El espaciamiento entre taladros debe ser el adecuado para permitir la interacción de las grietas radiales entre ellos; de lo contrario habrá mala fragmentación, incluso hasta pueden soplarse sin efecto rompedor (5).

➤ **Evaluación de la voladura**

Una voladura se evalúa por los resultados obtenidos. Para calificarla se consideran los siguientes aspectos: volumen de material movido, avance del disparo, pisos, fragmentación, forma de acumulación de los detritos, costo total del disparo (5).

- ✓ El volumen o tonelaje del material movido deberá ser igual o cercano al volumen teórico calculado previamente considerando el esponjamiento del material roto (5).
- ✓ El avance del frente disparado en voladura de bancos en superficie deberá sobrepasar la última fila de taladros.

En túneles y galerías el avance máximo es equivalente a la amplitud del túnel, por tanto, el avance deberá ser al menos igual a la profundidad de los taladros. La periferia en los túneles deberá ser igual a la proyectada; si resulta menor, requerirá ensanche adicional (desquinche). Por otro lado, si sobrepasa el límite especificado resultarán problemas de costo, y en ciertos casos problemas de estabilidad y gastos de sostenimiento (5).

- ✓ El nivel del piso en bancos o el piso del nuevo banco disparado debe resultar al mismo nivel del existente. Si se presentan irregularidades como lomos (toes), debe presumirse muy poca sobreperforación o falta de carga de fondo (5).
- ✓ Estos lomos dificultan el trabajo de las palas cargadoras y requieren trabajo adicional, usualmente de voladura secundaria para eliminarlos. En galerías y túneles es indispensable mantener el nivel del piso para el drenaje de agua y para el tendido de líneas de riel donde se utilice transporte con locomotora (5).

El grado de fragmentación del material disparado o el tamaño promedio requerido de los fragmentos depende del trabajo en que se van a emplear, pero por lo general la fragmentación demasiado gruesa o menuda son inconvenientes (5).

Debe observarse el porcentaje de pedrones grandes que tendrán que ser reducidos posteriormente. La fragmentación tiene relación directa con la facilidad de paleo y transporte y con sus costos (5).

✓ La sobrerotura (Over break) y la sobre rotura hacia atrás (Back break) en bancos, afectan la estabilidad de la nueva cara libre de voladura y a los taladros que hayan sido perforados a continuación de la última fila disparada. Generalmente indica exceso de carga explosiva en la última fila de taladros (5).

✓ En túneles y labores subterráneas debilita y agrieta a la roca remanente en toda la periferia, afectándola a profundidad, con el riesgo de colapso del techo o paredes. Aparte de condiciones geológicas de incompetencia, debilidad estructural y alto grado de fracturamiento, tienen responsabilidad en este problema el exceso de carga explosiva y/o el encendido instantáneo o con tiempos muy cortos entre taladros, debido al fuerte golpe que producen (5).

✓ El desplazamiento y acumulación del material volado, debe ser adecuado para facilitar las operaciones de carga y acarreo. La forma de acumulación se proyecta de acuerdo con el tipo de equipo que se va a emplear en la limpieza del disparo (5).

La forma aproximada de los montículos de detritos se consigue con el trazo de perforación y con el diagrama del tendido de iniciación, distribución de los retardos y de la disposición de las caras libres. Así, una distribución con amarres en "V" resulta en un montículo central, mientras que un amarre en líneas longitudinales resultará en acumulación a lo largo de toda la cara del frente disparado (5).

- ✓ La falta de desplazamiento: Cuando un disparo rompe material, pero no se mueve de su sitio, se dice que el tiro se ha “congelado”. Esto se traduce en mala fragmentación en la parte inferior e interior del banco, en dificultad para la remoción del material roto y en riesgo de encontrar material explosivo no detonado (5).

Esto ocurre generalmente cuando los retardos no funcionan o no han sido distribuidos adecuadamente, y en subterráneo cuando falla el arranque (5).

- ✓ La dispersión de fragmentos a distancia, además de incrementar el riesgo de proyección de fragmentos volantes, tiene el inconveniente en minas de “diluir” el material de valor económico al mezclarlo con desmonte, cuando se desparrama lejos de la cara de voladura (5). Generalmente indica excesiva carga explosiva hacia el cuello del taladro, o falta de taco inerte (5).
- ✓ Costo de la voladura. Para determinar el costo total de una voladura, además del costo de perforación (aire, barrenos, aceite, depreciación de la máquina, etc.) costo de explosivos, accesorios y planilla del personal (valorados en soles o dólares/TM) se deben tener en cuenta los costos de carguío y acarreo del material triturado, más los adicionales de voladura secundaria de pedrones sobre dimensionados y los de empleo de equipo adicional para eliminar lomos al piso (5).
- ✓ Todos ellos, aparte del avance y del volumen o tonelaje movido, representan el real rendimiento o resultado económico de la voladura (5).
- ✓ Aparte de la evaluación visual del disparo, sujeta a la experiencia del observador, se cuenta actualmente con equipos de control sofisticados, como cámaras de video o película de alta velocidad, sismógrafos, equipos y software para determinar la granulometría del material obtenido, instrumentos topográficos rápidos y precisos para determinar el contorno del área disparada y cubicarla, instrumentos para la detección y control de gases en las fronteras y para la medición de velocidad de detonación (VOD) dentro de taladros, y

otros, que ayudan a interpretar la información de campo en forma rápida y precisa (5).

➤ **Voladura de túneles y galerías**

Existen dos razones para excavar en subterráneo: a. Para utilizar el espacio excavado (accesos de transporte, almacenaje de materiales diversos, obras de construcción, defensa militar, etc.) (5).

Para utilizar el material excavado (explotación minera) (5).

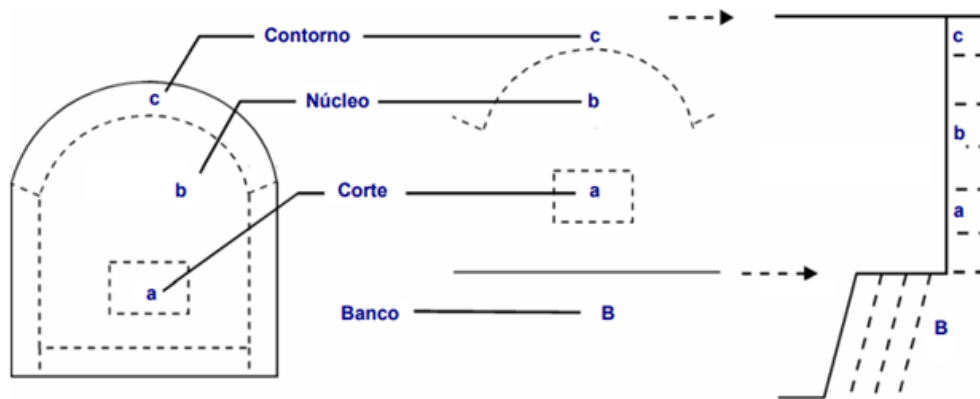
En ambos casos los túneles forman parte importante de la operación entera: en construcción subterránea, como es por ejemplo el caso de obras hidroeléctricas, donde son necesarios para tener acceso a las cámaras; en minería, para llegar a los bloques de mineral e iniciar su explotación, además de las operaciones de desarrollo y comunicación interna, pero también son abiertos para un propósito en sí mismos (túneles carreteros o ferrocarrileros y túneles hidráulicos para transvase de agua) (5).

Con métodos de perforación y voladura, el ciclo básico de excavación comprende las siguientes operaciones:

- ✓ Perforación de los taladros (5)
- ✓ Carga de explosivo y tendido del sistema de iniciación (5)
- ✓ Disparo de la voladura (5)
- ✓ Evacuación de los humos y ventilación del área del trabajo (5)
- ✓ Desprendimiento de rocas aflojadas, resaltos y lomos, que hayan quedado remanentes después del disparo (desquinche) (5)
- ✓ Eventual eliminación de tacos quedados resultantes de tiros fallados (5)
- ✓ Carguío y transporte del material arrancado (5)
- ✓ Eventual disparo adicional para rotura secundaria de pedrones sobredimensionados (5)
- ✓ Medición del avance logrado, control de alineamiento y nivelación, replanteo de taladros para el siguiente disparo (5)

El esquema o forma en que se ataca el frente de los túneles y galerías, es decir el método de avance, depende de diversos factores: (5)

- ✓ Equipo de perforación empleado (parámetro básico es el diámetro de taladro) (5).
- ✓ Tiempo disponible para la ejecución (5).
- ✓ Tipo de roca y condiciones del frontón (5) .
- ✓ Tipo de sostenimiento necesario (5).



**Figura 7. Paralelo entre voladura de túneles y voladura de bancos
Tomada de EXSA Manual práctico de voladura**

➤ Cortes o arranques

El principio de la palabra voladura de túneles reside, por tanto, en la apertura de una cavidad inicial, denominada corte, cuele o arranque, destinada a crear una segunda cara libre de gran superficie para facilitar la subsiguiente rotura del resto de la sección, de modo que los taladros del núcleo y de la periferia pueden trabajar destrozando la roca en dirección hacia dicha cavidad (5).

Al formarse la cavidad el frente cerrado del túnel se transforma en un “banco anular”, donde los factores de cálculo para el destroce serán semejantes a los empleados en un banco de superficie, pero como ya se mencionó, exigiendo cargas considerablemente mayores para desplazar el material triturado (5).

2.3 Definición de términos básicos

➤ Anfo

Compuestos por sustancias combustibles (gasóleo) y oxidantes (nitrato amónico). Su aspecto es granular. Su resistencia al agua es nula. No se deben

utilizar en barrenos con agua. Se emplea en voladuras de rocas blandas. Nagolita, Anfo (7).

➤ **Barreno**

Hueco cilíndrico practicado en la roca para alojar explosivo (7).

➤ **Broca**

Herramienta útil que está en contacto directo con la roca que se está perforando, ejerce energía sobre la roca (7).

➤ **Carga de columna**

Explosivo colocado a lo largo del barreno. Si se usan explosivos a granel se rellena todo el talado. Si se usan explosivos en geles se colocan cartuchos con un espaciamiento adecuado, que debe ser estudiado previamente y probado en campo (7).

➤ **Carga de fondo**

Explosivo colocado en el fondo del barreno, que debe ser más potente que en el resto del barreno (7).

➤ **Cargadora neumática**

Equipo accionado por aire comprimido usado para cargar explosivos encartuchados o a granel (7).

➤ **Cartucho**

Carga de explosivo con una geometría cilíndrica (7).

➤ **Cebo**

Carga de explosivo de alta potencia y sensibilidad, en la que se sitúa el iniciador, y que sirve para aumentar el rendimiento de otros explosivos (7).

➤ **Circuito de voladura**

Circuito eléctrico utilizado para disparar uno o más explosivos (7).

➤ **Concentración de carga**

Cantidad de explosivo utilizada por metro lineal de barreno para un diámetro dado. También se expresa por unidad de superficie en voladuras de contorno (7).

➤ **Conector**

Accesorio de voladuras empleado para unir los cordones detonantes o hilos de los detonadores eléctricos (7).

➤ **Cordón detonante**

Cordón con cubierta de plástico y ánima de un explosivo potente y alta velocidad de detonación usado para iniciar las cargas de explosivo y transmitir la detonación (7).

➤ **Densidad**

Relación entre la masa y el volumen de un cuerpo, roca, explosivo, etc. (7).

➤ **Detonación**

Reacción explosiva a muy alta velocidad, superior a 2.000 m/s en explosivos normales, que consiste en la propagación de una onda de choque a través del explosivo, acompañada por una reacción química en la que se libera una gran cantidad de gases a alta presión y temperatura (7).

➤ **Detonador**

Accesorio de iniciación en forma de cápsula detonante que puede ser en los eléctricos de retardo (0.5 s), de microrretardo (20 o 30 ms) o instantáneos. También se diferencian en función del impulso de encendido (7).

➤ **Diámetro de perforación**

Diámetro de perforación para introducción del barreno (7).

➤ **Elemento de retardo**

Accesorio de iniciación que sirve para desfasar en el tiempo el instante de detonación de una carga con respecto a otra (7).

➤ **Escarificado**

Cuando el material tiene una cohesión demasiado elevada para su disgregación con la retroexcavadora, pero puede ser disgregado con una acción mecánica de rendimiento elevado, se procede al escarificado del terreno. Este proceso es también conocido como ripado en la tradición directa, e incorrecta, o menos correcta, del inglés Ripper. El escarificado se suele hacer con un tractor sobre orugas que tiene un elemento compuesto por entre uno y tres dientes de acero (7).

➤ **Espaciador**

Elemento o material utilizado para separar las cargas dentro de un mismo barreno (7).

➤ **Espaciamiento**

Separación entre barrenos (perforaciones) en dirección paralela al talud. Distancia entre barrenos de una misma fila (7).

➤ **Esquema de perforación**

Plan de colocación geométrica de los barrenos para ser perforados en una voladura (7).

➤ **Explosión**

Proceso termoquímico en el que una mezcla de gases, líquidos o sólidos reacciona con la formación instantánea a alta presión y temperatura (7).

➤ **Explosivo**

Sustancia o mezcla de sustancias que por liberación súbita de su energía produce una sobrepresión en sus alrededores. Susceptibles de transformarse en gases, generando presión y calor en un tiempo muy breve (7).

➤ **Explosivos gelatinosos**

Compuestos por nitroglicerina o nitroglicol, nitrocelulosa, estabilizantes y sustancias combustibles y oxidantes. Su consistencia es plástica. Velocidad de

detonación (más de 5.000 m/s) y elevado poder rompedor. Voladuras de rocas duras y semiduras (carga de fondo). Goma 2 Eco, Amonite Plus (7).

➤ **Explosivos pulverulentos**

Compuestos por nitrato amónico, impermeabilizantes, estabilizantes y sustancias combustibles y oxidantes. Se emplean en voladuras semiduras y blandas y en voladuras de contorno. Amonita, Ligamita (7).

➤ **Hidrogeles**

No llevan sustancias explosivas. Reaccionan de forma explosiva cuando se les inicia con un detonador, cordón detonante o multiplicador. Se emplean en voladuras de rocas duras y semiduras, voladuras de precorte y recorte. Riogel, Riogur (7).

➤ **Hormigón proyectado**

Hormigón cuyo tamaño máximo de árido está entre 8 y 12 mm. De elevado contenido en cemento y que transportado a través de manguera se aplica sobre una superficie impulsado por aire a presión (7).

➤ **Inclinación**

Ángulo formado por la dirección del barreno con la vertical. Los barrenos pueden ser verticales o tener una inclinación en el sentido del desmonte, aproximadamente paralelos al límite libre. Se consigue así que el tamaño de piedra sea constante en todo el barreno en la primera hilera (7).

➤ **Longitud del barreno**

La longitud del barreno debe ser algo mayor que la altura de banco (7).

➤ **Maquinaria minera**

Conjunto de componentes y estructuras, soportes de piezas de arranque y transporte, accionamientos, órganos para la transmisión de la energía mecánica y para el control del arranque (7).

➤ **Martillo perforador**

Equipo accionado neumática o hidráulicamente usado para perforar barrenos transmitiendo la energía en forma de ondas de choque (7).

➤ **Perforación por percusión**

Fragmenta la roca mediante el golpeo de esta con varios botones o placas de gran dureza (carburo de tungsteno), que van montadas sobre la broca (7).

➤ **Perforación por rotación**

Puede hacerse de forma destructiva (Triconos) o preservando el testigo (con corona de widia o diamante) (7).

➤ **Perforadora**

Máquina que perfora u horada (7).

➤ **Precorte**

Se consigue cuando se vuela en primer lugar la fila que delimita el talud final. Su finalidad es crear una discontinuidad en el macizo que mitigue la propagación de las ondas de voladura por el macizo que no va a ser volado (7).

➤ **Sostenimiento**

Tarea que persigue estabilizar un terreno producto de la rotura de la roca o mineral extraído (7).

➤ **Velocidad de perforación**

Ritmo medio de perforación de barrenos incluyendo los tiempos no productivos (7).

➤ **Voladura**

Proceso de fragmentación y desplazamiento de la roca con el uso de explosivos confinados en barrenos o adosados a su superficie (7).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Métodos y alcances de la investigación

3.1.1 Método general

El método general que se empleará en la investigación es el científico, debido a que se orientará bajo procedimientos sistematizados y ordenados con el objetivo de aplicar los conocimientos básicos para dar solución al problema planteado por la investigación.

3.1.2 Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada, debido a que se emplearán conocimientos obtenidos de las investigaciones básicas, estos conocimientos servirán para dar solución al problema planteado.

3.1.3 Nivel de investigación

El nivel de investigación es correlacional, el propósito consiste en relacionar los resultados de la evaluación del proceso de perforación y voladura que nos permite la optimización del costo en labores de avance.

3.2 Diseño de investigación

El trabajo de investigación es no experimental y de corte longitudinal, debido a que la variable independiente no será manipulada para relacionar con la variable dependiente

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

La población está conformada por:

- ✓ Labores mineras de avance
- ✓ Cortada NE y Cortada SE
- ✓ Nv. 2120
- ✓ Unidad minera Santa María - Compañía minera poderosa S. A.

3.3.2 Muestra

La muestra censal está conformada por:

- ✓ Labores mineras de avance
- ✓ Cortada SE
- ✓ Nv. 2120
- ✓ Unidad minera Santa María - Compañía minera poderosa S. A.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Presentación de resultados

4.1.1 Generalidades

➤ Ubicación

La unidad minera de Santa María se ubica en: (8 pág. 23)

- ✓ Caserío: Pueblo Nuevo
- ✓ Distrito: Pataz
- ✓ Provincia: Pataz.
- ✓ Región: La libertad

Las coordenadas de la unidad minera Santa María son: (8 pág. 23)

➤ UTM

- ✓ Este: 214 558
- ✓ Norte: 9 140 160

➤ Geográficas

- ✓ Latitud: -07°46'15"
- ✓ Longitud: -77°35'16"

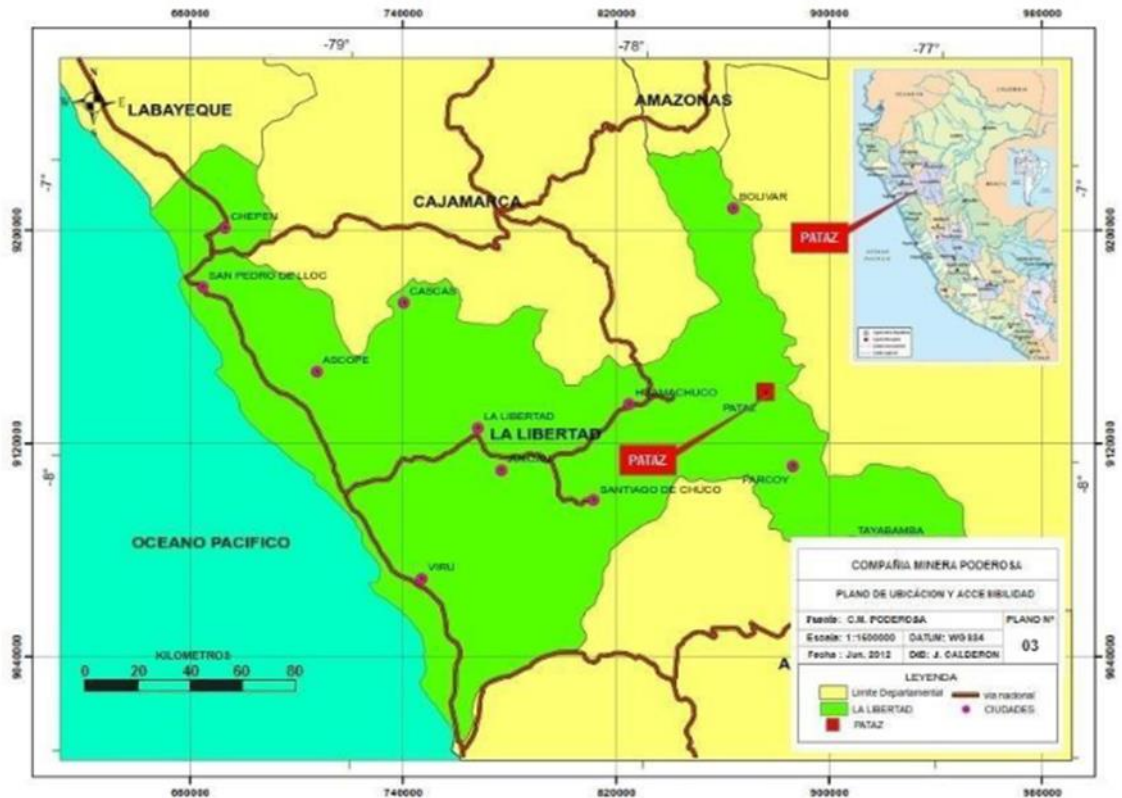


Figura 8. Plano de ubicación unidad minera Santa María Tomada de Lozada (8)

➤ Geología regional

Las características geológicas desarrolladas en la región están ligadas a la evolución estratigráfica y estructural de la cordillera de los andes en su segmento oriental del sector Norte del Perú, conformado por la superposición de 3 ciclos: (8 pág. 25)

El Precámbrico, Hercínico y Andino, áreas glaciadas, altiplano y valles constituyen la morfología (8 pág. 25).

La base estratigráfica denominada como “Complejo de Marañón” se compone principalmente de esquistos, filitas y secuencias variadas de rocas meta volcánicas de tobas e ignimbritas, esta secuencia que supera los 2000 metros de espesor son mejor y mayor apreciados en las márgenes del río Marañón (Wilson y Reyes. 1964, Miranda 1983, Cueva 1987, Schreiber 1989 y Rivera 1992) (8 pág. 25).

En el Paleozoico, sobre el complejo de Marañón, a fines del Pre cambriano, se ubican rocas volcánicas conocidas bajo el nombre de serie meta volcánica y, sobre ella se desarrollan el ciclo Hercínico con unas secuencias turbidíticas de colores oscuros de cientos de metros (Rivera, 1992), la cual es reconocida como la formación Contaya del Ordovícico, espacialmente se encuentran ubicadas en bordura externa del batolito de Pataz (al norte preferentemente en el flanco oeste y al sur en los dos flancos) o como secuencias colgadas (desde enclaves a xenolitos) al interior de ésta. A inicios del Carbonífero empieza una sedimentación continental, conocida como grupo Ambo, la que se compone de lutitas, areniscas y algunos horizontes de conglomerados formando secuencias superiores a los 300 metros, de mayor expresión en el sector occidental del valle de Marañón (8 pág. 26).

A fines del Paleozoico se depositan areniscas y conglomerados de coloración rojiza, a las que se les designa como las molasas del Grupo Mitu, que se forman en una fase epirogénica (Dalmayrac, 1970) entre el Pérmico y Triásico (8 pág. 26).

En el Mesozoico: la sedimentación del ciclo andino comienza con las calizas y dolomitas de grupo Pucará del Triásico-Jurásico, con secuencia mayor a los 500 metros, sobreyacen en discordancia angular al grupo Mitu. La formación Goyllarisquizga del Cretáceo Inferior se caracteriza por areniscas con intercalaciones de material pelítico con una potencia entre 100 y 300 metros (Rivera, 1992). Sobre ella con una potencia de 200 metros, continua la Formación Crisnejas compuesta de margas y calizas de color marrón grisáceo (Benavides, 1956) (8 pág. 26).

En discordancia angular sobre la formación Crisnejas se deposita la formación Chota que consiste de lutitas y siltitas (Rivera, 1992) de coloración rojiza por la que se les denomina "las capas rojas" del Cretáceo Superior. Una acumulación de rocas volcánicas mayor a 1500 metros de potencia de lavas andesíticos a riolíticos ocurridas en el Terciario Medio conforman la denominada volcánicos Lavasen, los mismos que se depositan en discordancia angular sobre el batolito de Pataz y el complejo de Marañón (Schreiber, 1989). En el Cuaternario se

forman depósitos aluviales y fluvio-glaciares. Rivera (1992) reporta depósitos morrénicos sobre los 3500 metros sobre el nivel del mar. El Batolito de Pataz es el cuerpo intrusivo dominante en la región, de forma lenticular alargada con orientación entre N320°y N340° con buzamiento entre 60° SW y 70° SW. Sobreyaciendo sobre rocas meta volcánicas, en el Hercínico, se desarrollan secuencias turbidíticas de colores oscuros, sobre cientos de metros (Rivera 1992) la que es reconocida como la formación Contaya, espacialmente se encuentran ubicadas en bordura externa del batolito de Pataz (al norte preferentemente en el flanco oeste y al sur en los dos flancos) o como secuencias colgadas (desde enclaves a xenolitos) al interior de esta (8 pág. 27).

El contacto occidental con el complejo de Marañón es generalmente fallado (Chávez, 1990) la litología que lo compone. Intrusiones de menor talla y tardías, son reportadas a inicios del Mesozoico y Cenozoico (8 pág. 27).

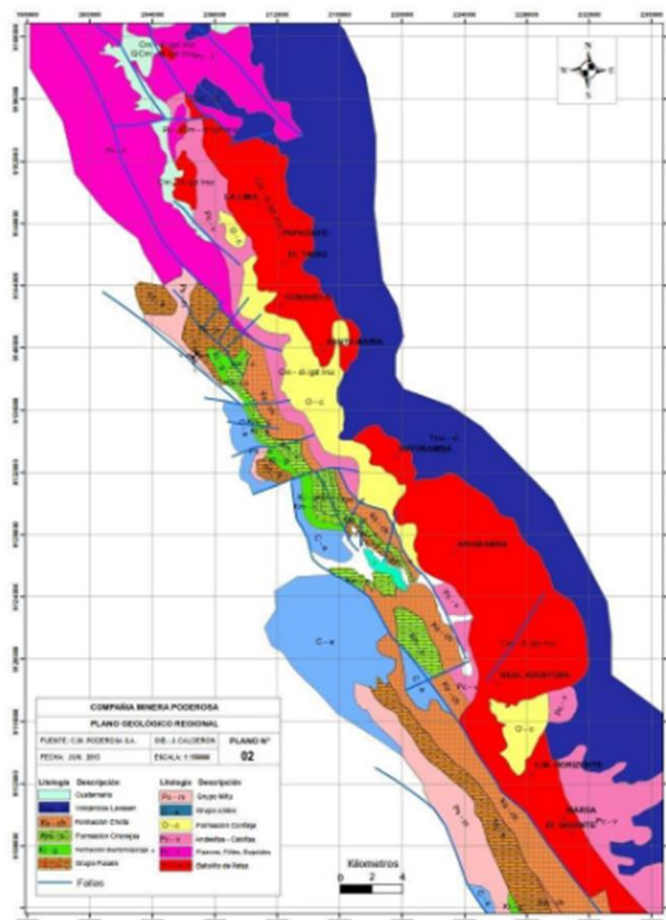


Figura 9. Plano de geología regional unidad minera Santa María Tomada de Lozada (8)

➤ **Geología local**

Las litologías en la mina se constituyen de granodioritas, monzogranito (adame litas), diques aplítico y pegmatítica que corresponden a la serie ácida, mientras que: tonalitas, dioritas (dioritas hornablenditas a hornablenditas), microdioritas, pertenecen a una serie intermedia con expresiones tardías de diques lamprófidos y de diabasa. La secuencia ácida a la que se le agrega el granito son las mayores componentes de la secuencia intrusiva de la región y de todo el batolito de Pataz, entre éstas, las granodioritas de mayor volumen en ocasiones se encuentran en gradación de tonalitas a granitos y Monzogranito; sin embargo, es común observar contactos nítidos entre granodioritas con Monzogranito (8 pág. 29).

El desarrollo de labores mineras como en el nivel 1937, Papagayo, permite observar la relación entre las rocas ácidas con las de composición intermedia (dioritas) el contacto es neto, en muchos casos no rectos, sino de modo irregular (8 pág. 29).

Los conjuntos de las rocas ácidas contienen enclaves de diferentes dimensiones desde centímetros a métricos de dioritas, microdioritas, metas volcánicos, meta filitas y metagrawacas de las series pre-intrusivas. La serie diorita-microdioritas que fue descrita por Miranda (1987), Schreiber (1998) y Haeberlin (2000) como la cristalización de las primeras fases del intrusivo, predominantes en el área de Consuelo que se presenta superficialmente como una estructura subcircular (8 pág. 29).

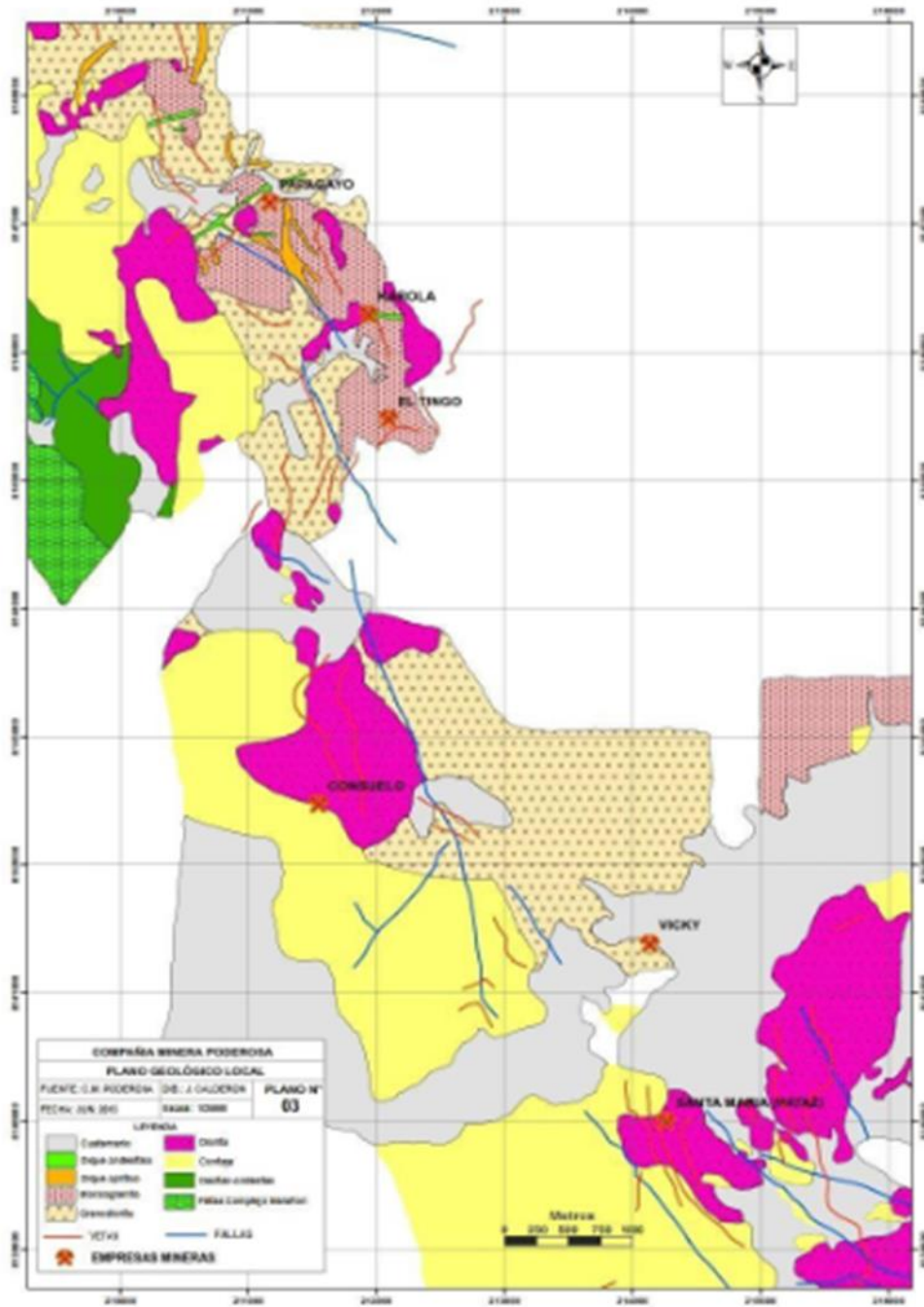
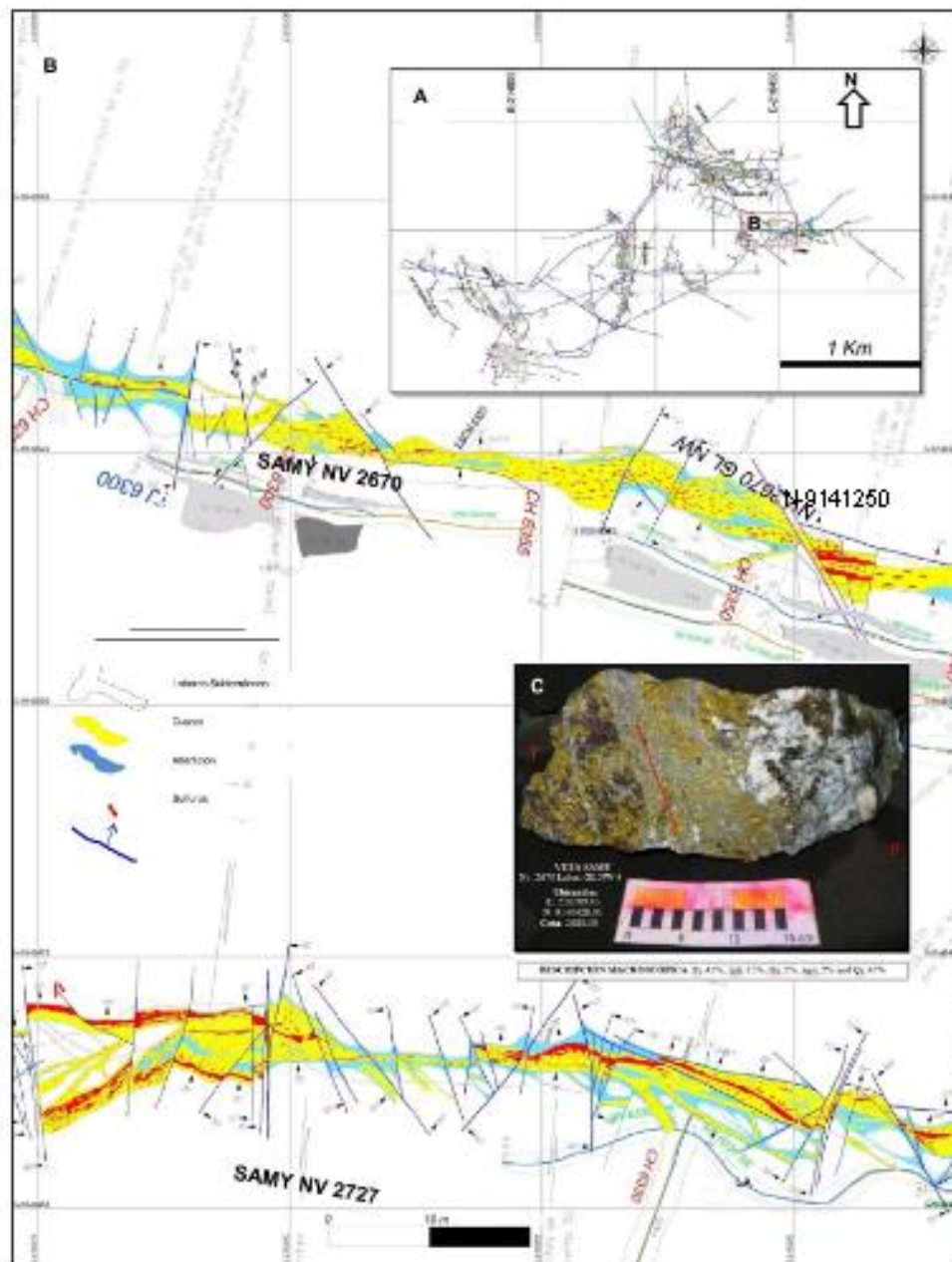


Figura 10. Plano geológico local de las unidades de producción Tomada de Lozada (8)



**Figura 11. Plano de geología local veta Sama
Tomada de Lozada (8)**

Mientras que el área de Papagayo-La Lima son de forma elongada sub tabular y sub-paralelo al contacto con el complejo del Marañón. Dentro de la diorita se encuentran enclaves de rocas pre-carboníferas y microdioritas (8 pág. 32).

Diques de composición ácida y básica se emplazan paralelos y cortantes al conjunto de rocas predecesoras, la ocurrencia de rocas meta sedimentarias y meta volcánico precarboníferos se da en el flanco Oeste del batolito y de las

labores mineras; mientras que una serie de derrames andesíticos a riolíticos terciarios cubren el flanco Este, una serie de diques 15 coetáneos a estos derrames de diferentes tallas se emplazan cortando las series intrusivas (8 pág. 32).

Estructuralmente, la zona presenta fallamientos NNW-SSE y casi E-W; las de orientación NNW-SSE, con buzamiento bajo (45° SE) sufrieron diferentes etapas de reactivación en contextos compresionales y/o extensionales, estas últimas son los planos principales que hospedan la mineralización hasta hoy reconocidas. La segunda familia de fallas con orientación E-W, son de buzamientos subverticales, y se les observa en todas las unidades mineras. Las fallas, en general muestran una reactivación sinistral como episodio final y tardío, los resultados de estos movimientos se expresan como un sistema de fallamientos en bloques que caen hacia el norte. Los clavos mineralizados están desarrollados de manera irregular a inmediaciones de estas fallas (8 pág. 32).

Las vetas hasta hoy reconocidas en mayor número se encuentran hospedadas en rocas intrusivas del batolito de Pataz en su bordura oriental, las que a su vez son las mejor trabajadas en el proceso de exploración, explotación minera e investigación científica. Entre estas vetas se tienen a: La Lima 1, La Lima 2, La Brava, Mercedes, Jimena, Karola Piso, Karola Techo, Pencas, Choloque, Consuelo, Atahualpa, Lola 1, Marleny, Vicky y Maria Rosa, San Francisco, Cristina, Sta. Maria, Virginia, San Vicente, Guadalupe, Julie, Samy, Porfía y Briana; sin embargo, también se reconocen afloramientos de estructuras mineralizadas en el flanco oriental del cuerpo intrusivo, próximas a los Volcánicos Lavasen como las vetas San Lorenzo, Santa Isabel en el área de Pataz (Unidad de producción), las vetas Denisse y Gina en la unidad el Tingo, así mismo, en las rocas metamórficas precarboníferos al oeste del intrusivo, como las vetas: Irma, Cristina y Mayas en Pataz, la veta Carhuacoto (Haeberlin et al. 2004) en el área del Tingo (Unidad de producción), La veta Revolcadero en el área de La Lima (Miranda, 1983) (8 pág. 32).

Las observaciones de Haeberlin (2000); Haeberlin et al. (2002); Haeberlin et al. (2004); Miranda (1983) reconocen la formación de vetas en contexto de

cizallamiento, este mecanismo es bien descrito según el modelo de (Robert y Brown, 1986) para las vetas relacionadas a cizallas”. “En este tipo de fallamientos se crean estructuras de extensión que favorecen la formación de vetas sub- horizontales y precipitaciones metálicas, sin embargo, observaciones realizadas por Daigneault (2003) y estudiantes (Lavoie y Tremblay) de maestría de la UQAC (Université du Québec à Chicoutimi) reconocen que todas las vetas se formaron en contexto extensional, y donde las texturas 16 en “peine” son las dominio común, los rasgos del cizallamiento en las vetas son originadas por las reactivaciones en el proceso de mineralización y eventos posteriores (8 pág. 33).

A inicios del Carbonífero, empieza una sedimentación continental conocida como grupo Ambo la que se compone de lutitas, areniscas y algunos horizontes de conglomerados formando secuencias superiores a los 300 metros, de mayor expresión en el sector occidental del valle de Marañón (Rivera, 1992)”. “A Fines del Paleozoico se depositan areniscas y conglomerados de coloración rojiza a las que se les designa las molasas del grupo Mitu, se forman en una fase epirogénica (Dalmayrac, 1986) entre el Pérmico y Triásico (8 pág. 34).

La sedimentación del ciclo andino comienza con las calizas y dolomitas Pucará del Triásico-Jurásico, sobreyacen al Grupo Mitu u otras formaciones anteriores en discordancia angular con una potencia mayor a los 500 metros (8 pág. 34).

En el mesozoico: la formación Goyllarisquizga del Cretáceo Inferior se caracteriza por areniscas con intercalaciones de material pelítico con una potencia entre 100 y 300 metros (Rivera 1992), sobre ella con una potencia de 200 metros continua la formación Crisnejas compuesta de margas y calizas de color marrón grisáceo (Benavides, 1956). En discordancia angular sobre la formación Crisnejas se deposita la formación Chota que consiste de lutitas y siltitas (Rivera, 1992) de coloración rojiza por la que se les denomina “las capas rojas” del cretáceo superior”. (8 pág. 34)

Una acumulación de rocas volcánicas mayor a 1500 metros de potencia de lavas andesíticos a riolíticos ocurridas en el Terciario Medio conforman la

denominada volcánicos Lavasen, los mismos que se depositan en discordancia angular sobre el batolito de Pataz y el complejo de Marañón (Schreiber, 1989) (8 pág. 34).

En el Cuaternario se forman depósitos aluviales y fluvioglaciares. Rivera (1992) reporta depósitos morrénicos sobre los 3500 m s. n. m. El batolito de Pataz es el cuerpo intrusivo dominante en la región de forma lenticular alargada con orientación entre N320° y N340° con buzamiento entre 60° SW y 70° SW el contacto occidental con el complejo de Marañón es generalmente fallado”. (8 pág. 34)

Intrusiones de menor talla y tardías son reportadas a inicios del Mesozoico y Cenozoico (8 pág. 34).

4.1.2 Evaluación de los parámetros de perforación

a) Longitud de perforación

La longitud de perforación para estas pruebas, se utilizaron barrenos de 4, 6 y 8 pies para las labores: RA ELI 2 y RA FABI 6; y barrenos de 4 y 6 pies para la RA FABI 5, con una perforación efectiva de:

Tabla 1. Perforación efectiva

	Perforación efectiva (m)	Longitud de barreno
RA ELI 2	2.24	8 pies
RA FABI 5	1.64	6 pies
RA FABI 6	2.20	8 pies



Figura 12. Control de medida de la longitud efectiva de perforación

b) Diámetro de perforación

Para la perforación de los frentes se utilizó brocas de 36 mm, sin uso de rimadora.



Figura 13. Brocas de perforación (36 mm)

c) Datos y cuadro resumen de las tres labores monitoreadas

• Resultados obtenidos RA ELI 2 (-)

Tabla 2. Resultados obtenidos RA ELI 2 (-)

Resultados obtenidos	
Equipos:	2 JACK LEG RNP
Labor	RA ELI 2 (-)
Horas trabajadas:	3.38 h/perforadora
Ancho	4.50 m
Alto:	3.80 m
Densidad de material:	2.70 t/m ³
Sección:	17.1 m ²
Volumen:	35.74 m ³
Toneladas rotas:	96.50 t
Longitud de barreno:	2.44 m
Longitud de perforación:	2.24 m
Avance logrado:	2.09 m
Taladros cargados:	66 taladros
Taladros de alivio:	3 taladros
Taladros rimados:	0 taladros
Total, taladros perforados:	69 taladros

- **Resultados obtenidos RA FABI 5 (+)**

Tabla 3. Resultados obtenidos RA FABI 5(+)
Resultados obtenidos

Equipos:	2 JACK LEG RNP
Labor	RA FABI 5 (+)
Horas trabajadas:	2.16 h/perforadora
Ancho	2.70 m
Alto:	2.70 m
Densidad de material:	2.85 t/m ³
Sección:	7.29 m ²
Volumen:	11.15 m ³
Toneladas rotas:	31.78 t
Longitud de barreno:	1.83 m
Longitud de perforación:	1.62 m
Avance logrado:	1.53 m
Taladros cargados:	39 taladros
Taladros de alivio:	3 taladros
Taladros rimados:	0 taladros
Total, taladros perforados:	42 taladros

- **Resultados obtenidos RA FABI 6 (-)**

Tabla 4. Resultados obtenidos RA FABI 6 (-)

Resultados obtenidos	
Equipos:	2 JACK LEG RNP
Labor	RA FABI 6 (-)
Horas trabajadas:	2.40 h/perforadora
Ancho	2.70 m
Alto:	2.70 m
Densidad de material:	2.70 t/m ³
Sección:	7.29 m ²
Volumen:	15.31 m ³
Toneladas rotas:	41.34 t
Longitud de barreno:	2.44 m
Longitud de perforación:	2.20 m
Avance logrado:	2.10 m
Taladros cargados:	39 taladros
Taladros de alivio:	4 taladros
Taladros rimados:	0 taladros
Total, taladros perforados:	43 taladros

d) Evaluación de tiempos de perforación

A continuación, detallaremos los tiempos que se emplearon para la perforación del frente a 8 pies en la RA ELI 2.

Tabla 5. Control de los tiempos de perforación

N° de Taladro	Longitud perforación		Tiempos de perforación				Velocidad de perforación	Diámetro	Longitud
			4"	6"	8"	Total			
1	7.35 pies	2.24 m	2 min 37 s	1 min 44 s	1 min 58 s	6.32 min	1.16 pies/min	36 mm	8 pies
2	7.35 pies	2.24 m	2 min 44 s	1 min 26 s	1 min 47 s	5.95 min	1.24 pies/min	36 mm	8 pies
3	7.35 pies	2.24 m	2 min 26 s	1 min 34 s	1 min 51 s	5.85 min	1.26 pies/min	36 mm	8 pies
4	7.35 pies	2.24 m	2 min 31 s	1 min 38 s	1 min 37 s	5.77 min	1.27 pies/min	36 mm	8 pies
5	7.35 pies	2.24 m	2 min 27 s	1 min 43 s	1 min 38 s	5.80 min	1.27 pies/min	36 mm	8 pies
6	7.35 pies	2.24 m	2 min 47 s	1 min 44 s	1 min 59 s	6.50 min	1.13 pies/min	36 mm	8 pies
7	7.35 pies	2.24 m	2 min 54 s	1 min 35 s	2 min 01 s	6.50 min	1.13 pies/min	36 mm	8 pies

8	7.35 pies	2.24 m	2 min 45 s	1 min 37 s	1 min 48 s	6.17 min	1.19 pies/min	36 mm	8 pies
9	7.35 pies	2.24 m	2 min 51 s	1 min 39 s	1 min 46 s	6.27 min	1.17 pies/min	36 mm	8 pies
10	7.35 pies	2.24 m	2 min 39 s	1 min 42 s	2 min 00 s	6.35 min	1.16 pies/min	36 mm	8 pies
11	7.35 pies	2.24 m	2 min 59 s	1 min 41 s	1 min 47 s	6.45 min	1.14 pies/min	36 mm	8 pies
12	7.35 pies	2.24 m	2 min 48 s	1 min 37 s	1 min 53 s	6.30 min	1.17 pies/min	36 mm	8 pies
13	7.35 pies	2.24 m	2 min 38 s	1 min 32 s	1 min 58 s	6.13 min	1.2 pies/min	36 mm	8 pies
14	7.35 pies	2.24 m	2 min 47 s	1 min 30 s	1 min 55 s	6.20 min	1.19 pies/min	36 mm	8 pies
15	7.35 pies	2.24 m	2 min 25 s	1 min 27 s	1 min 48 s	5.67 min	1.3 pies/min	36 mm	8 pies
16	7.35 pies	2.24 m	2 min 20 s	1 min 25 s	1 min 43 s	5.47 min	1.34 pies/min	36 mm	8 pies
17	7.35 pies	2.24 m	2 min 38 s	1 min 46 s	2 min 03 s	6.45 min	1.14 pies/min	36 mm	8 pies
18	7.35 pies	2.24 m	2 min 21 s	1 min 35 s	1 min 59 s	5.92 min	1.24 pies/min	36 mm	8 pies

19	7.35 pies	2.24 m	2 min 35 s	1 min 28 s	1 min 49 s	5.87 min	1.25 pies/min	36 mm	8 pies
20	7.35 pies	2.24 m	2 min 45 s	1 min 32 s	1 min 46 s	6.05 min	1.21 pies/min	36 mm	8 pies
21	7.35 pies	2.24 m	2 min 48 s	1 min 30 s	1 min 57 s	6.25 min	1.18 pies/min	36 mm	8 pies
22	7.35 pies	2.24 m	2 min 24 s	1 min 35 s	1 min 54 s	5.88 min	1.25 pies/min	36 mm	8 pies
23	7.35 pies	2.24 m	2 min 27 s	1 min 29 s	1 min 53 s	5.82 min	1.26 pies/min	36 mm	8 pies
24	7.35 pies	2.24 m	2 min 51 s	1 min 30 s	1 min 52 s	6.22 min	1.18 pies/min	36 mm	8 pies
25	7.35 pies	2.24 m	2 min 42 s	1 min 37 s	1 min 48 s	6.12 min	1.2 pies/min	36 mm	8 pies
26	7.35 pies	2.24 m	2 min 28 s	1 min 43 s	1 min 58 s	6.15 min	1.2 pies/min	36 mm	8 pies
27	7.35 pies	2.24 m	2 min 30 s	1 min 45 s	1 min 43 s	5.97 min	1.23 pies/min	36 mm	8 pies
28	7.35 pies	2.24 m	2 min 24 s	1 min 38 s	1 min 41 s	5.72 min	1.29 pies/min	36 mm	8 pies
29	7.35 pies	2.24 m	2 min 36 s	1 min 41 s	1 min 41 s	5.97 min	1.23 pies/min	36 mm	8 pies

30	7.35 pies	2.24 m	2 min 37 s	1 min 45 s	1 min 53 s	6.25 min	1.18 pies/min	36 mm	8 pies
31	7.35 pies	2.24 m	2 min 47 s	1 min 39 s	1 min 39 s	6.08 min	1.21 pies/min	36 mm	8 pies
32	7.35 pies	2.24 m	2 min 49 s	1 min 36 s	1 min 55 s	6.33 min	1.16 pies/min	36 mm	8 pies
33	7.35 pies	2.24 m	2 min 28 s	1 min 34 s	1 min 43 s	5.75 min	1.28 pies/min	36 mm	8 pies
34	7.35 pies	2.24 m	2 min 33 s	1 min 25 s	1 min 40 s	5.63 min	1.31 pies/min	36 mm	8 pies
35	7.35 pies	2.24 m	2 min 37 s	1 min 27 s	2 min 05 s	6.15 min	1.2 pies/min	36 mm	8 pies
36	7.35 pies	2.24 m	2 min 41 s	1 min 22 s	1 min 54 s	5.95 min	1.24 pies/min	36 mm	8 pies
37	7.35 pies	2.24 m	2 min 40 s	1 min 41 s	1 min 41 s	6.03 min	1.22 pies/min	36 mm	8 pies
38	7.35 pies	2.24 m	2 min 43 s	1 min 34 s	1 min 39 s	5.93 min	1.24 pies/min	36 mm	8 pies
39	7.35 pies	2.24 m	2 min 26 s	1 min 23 s	1 min 54 s	5.72 min	1.29 pies/min	36 mm	8 pies
40	7.35 pies	2.24 m	2 min 39 s	1 min 22 s	1 min 58 s	5.98 min	1.23 pies/min	36 mm	8 pies

41	7.35 pies	2.24 m	2 min 35 s	1 min 28 s	1 min 43 s	5.77 min	1.27 pies/min	36 mm	8 pies
42	7.35 pies	2.24 m	2 min 41 s	1 min 30 s	1 min 40 s	5.85 min	1.26 pies/min	36 mm	8 pies
43	7.35 pies	2.24 m	2 min 47 s	1 min 32 s	1 min 42 s	6.02 min	1.22 pies/min	36 mm	8 pies
44	7.35 pies	2.24 m	2 min 28 s	1 min 35 s	1 min 49 s	5.87 min	1.25 pies/min	36 mm	8 pies
45	7.35 pies	2.24 m	2 min 24 s	1 min 42 s	1 min 57 s	6.05 min	1.21 pies/min	36 mm	8 pies
46	7.35 pies	2.24 m	2 min 31 s	1 min 40 s	1 min 59 s	6.17 min	1.19 pies/min	36 mm	8 pies
47	7.35 pies	2.24 m	2 min 23 s	1 min 43 s	1 min 46 s	5.87 min	1.25 pies/min	36 mm	8 pies
48	7.35 pies	2.24 m	2 min 35 s	1 min 24 s	1 min 44 s	5.72 min	1.28 pies/min	36 mm	8 pies
49	7.35 pies	2.24 m	2 min 39 s	1 min 34 s	1 min 49 s	6.03 min	1.22 pies/min	36 mm	8 pies
50	7.35 pies	2.24 m	2 min 41 s	1 min 33 s	1 min 55 s	6.15 min	1.2 pies/min	36 mm	8 pies
51	7.35 pies	2.24 m	2 min 53 s	1 min 32 s	1 min 41 s	6.10 min	1.2 pies/min	36 mm	8 pies

52	7.35 pies	2.24 m	2 min 47 s	1 min 27 s	1 min 39 s	5.88 min	1.25 pies/min	36 mm	8 pies
53	7.35 pies	2.24 m	2 min 53 s	1 min 28 s	1 min 59 s	6.33 min	1.16 pies/min	36 mm	8 pies
54	7.35 pies	2.24 m	2 min 33 s	1 min 36 s	1 min 52 s	6.02 min	1.22 pies/min	36 mm	8 pies
55	7.35 pies	2.24 m	2 min 29 s	1 min 39 s	1 min 48 s	5.93 min	1.24 pies/min	36 mm	8 pies
56	7.35 pies	2.24 m	2 min 22 s	1 min 42 s	1 min 47 s	5.85 min	1.26 pies/min	36 mm	8 pies
57	7.35 pies	2.24 m	2 min 32 s	1 min 45 s	1 min 40 s	5.95 min	1.24 pies/min	36 mm	8 pies
58	7.35 pies	2.24 m	2 min 57 s	1 min 47 s	1 min 42 s	6.43 min	1.14 pies/min	36 mm	8 pies
59	7.35 pies	2.24 m	2 min 42 s	1 min 20 s	1 min 53 s	5.92 min	1.24 pies/min	36 mm	8 pies
60	7.35 pies	2.24 m	2 min 43 s	1 min 46 s	1 min 50 s	6.32 min	1.16 pies/min	36 mm	8 pies
61	7.35 pies	2.24 m	2 min 39 s	1 min 35 s	1 min 50 s	6.07 min	1.21 pies/min	36 mm	8 pies
62	7.35 pies	2.24 m	2 min 42 s	1 min 34 s	1 min 58 s	6.23 min	1.18 pies/min	36 mm	8 pies

63	7.35 pies	2.24 m	2 min 46 s	1 min 22 s	1 min 45 s	5.88 min	1.25 pies/min	36 mm	8 pies
64	7.35 pies	2.24 m	2 min 59 s	1 min 26 s	1 min 48 s	6.22 min	1.18 pies/min	36 mm	8 pies
65	7.35 pies	2.24 m	2 min 50 s	1 min 29 s	1 min 52 s	6.18 min	1.19 pies/min	36 mm	8 pies
66	7.35 pies	2.24 m	2 min 38 s	1 min 37 s	1 min 49 s	6.07 min	1.21 pies/min	36 mm	8 pies
67	7.35 pies	2.24 m	2 min 34 s	1 min 33 s	1 min 53 s	6.00 min	1.23 pies/min	36 mm	8 pies
68	7.35 pies	2.24 m	2 min 49 s	1 min 47 s	1 min 56 s	6.53 min	1.13 pies/min	36 mm	8 pies
69	7.35 pies	2.24 m	2 min 47 s	1 min 29 s	1 min 48 s	6.07 min	1.21 pies/min	36 mm	8 pies
Promedio	7.35 pies	154.56 n				417.37 min	1.22 pies/min	6.96 Horas 3.38 Horas/perfor adora	45.73 m/h

e) Diseño de perforación

Para estas pruebas se marcaron los siguientes diseños de mallas (experiencia del maestro perforista)

- **Diseño de malla de perforación RA ELI 2 (-)**

- ✓ Malla P/V
- ✓ Frente – RA ELI 2 (-)
- ✓ Sección: 4.50 x 3.80 m.
- ✓ Barreno: 8 pies
- ✓ Diámetro: 36 mm.
- ✓ Arranque: 3 taladros de alivio.
- ✓ GSI: MF/R

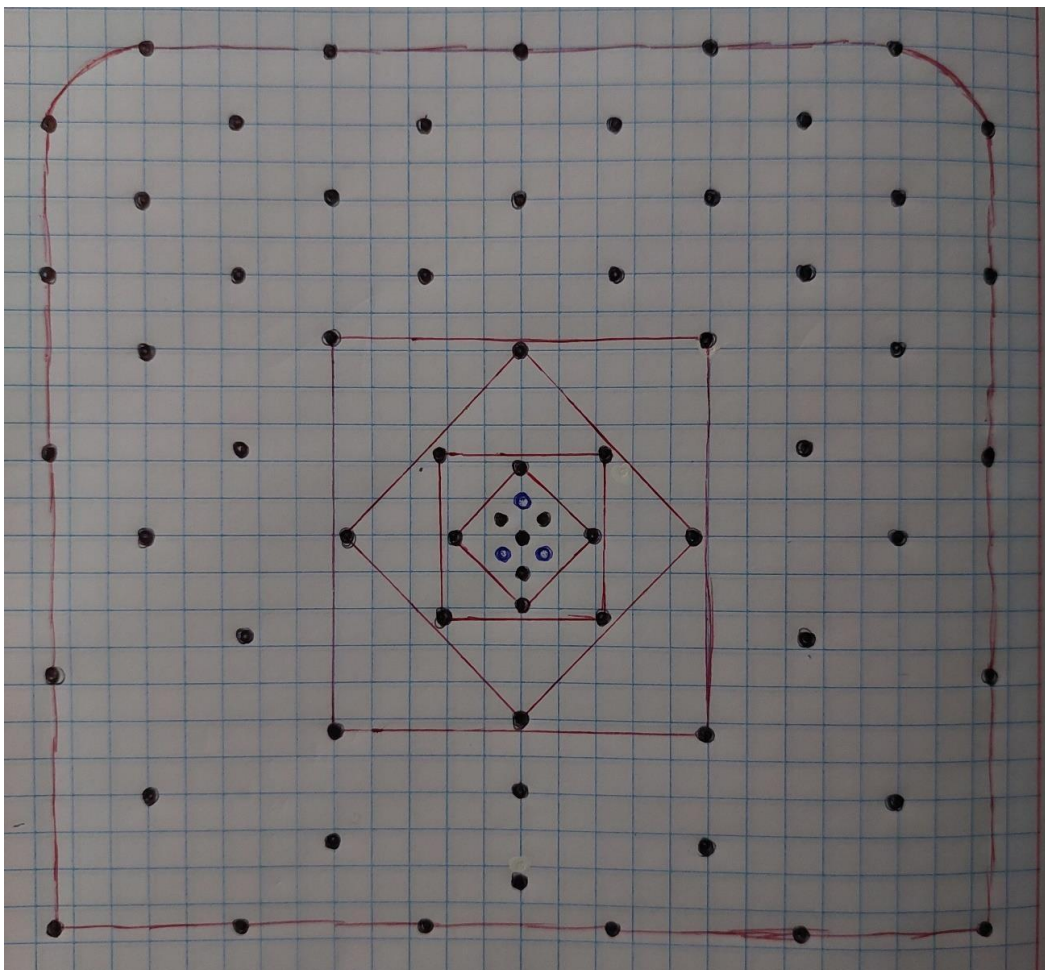


Figura 14. Diseño de mallas de perforación RA ELI 2 (-)

- **Diseño de malla de perforación RA FABI 5 (+)**

- ✓ Malla: P/V
- ✓ Frente: RA FABI 5 (+)
- ✓ Sección: 2.70 x 2.70 m.
- ✓ Barreno 6 pies
- ✓ Diámetro 36 mm.
- ✓ Arranque: 3 taladros de alivio.
- ✓ GSI: MF/R

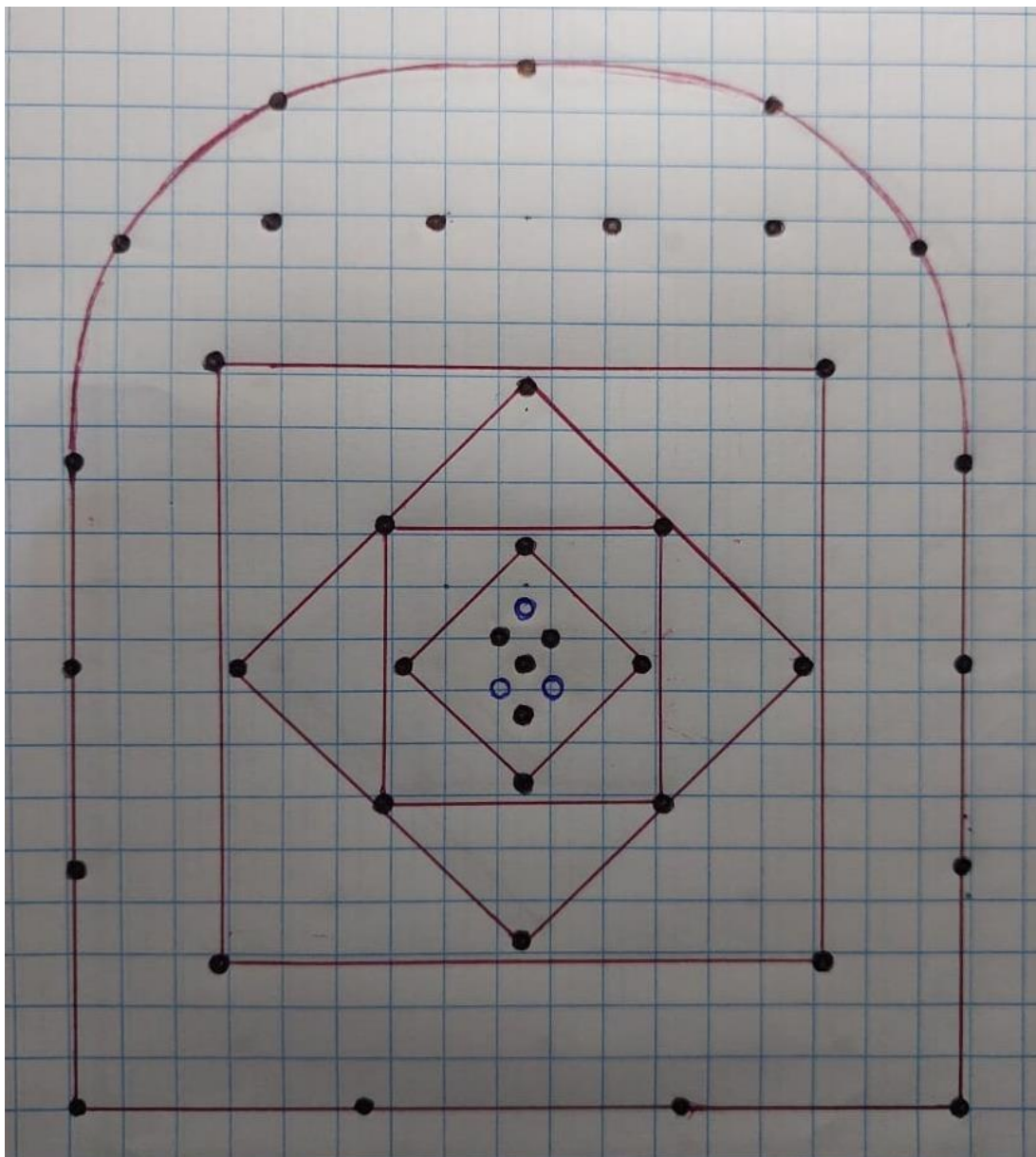


Figura 15. Diseño de mallas de perforación RA FABI 5 (+)

- **Diseño de malla de perforación RA FABI 6 (-)**

- ✓ Malla P/V
- ✓ Frente: RA FABI 6 (-)
- ✓ Sección: 2.70 x 2.70 m.
- ✓ Barreno: 8 pies
- ✓ Diámetro: 36 mm.
- ✓ Arranque: 4 taladros de alivio.
- ✓ GSI: MF/R

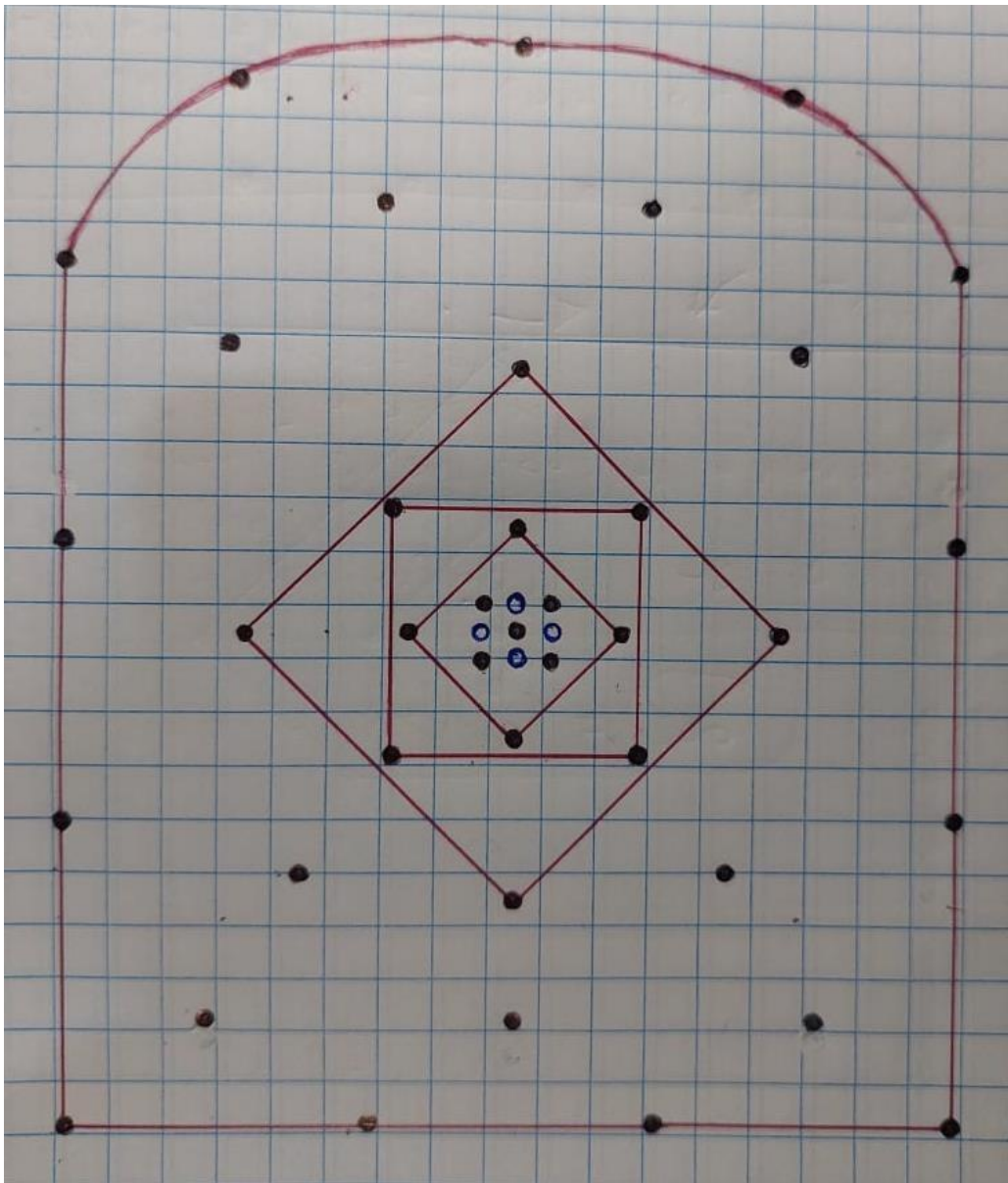


Figura 16. Diseño de mallas de perforación RA FABI 6 (-)

f) Diseño de arranque de perforación

- Diseño de arranque de perforación para la RA ELI 2 (-)

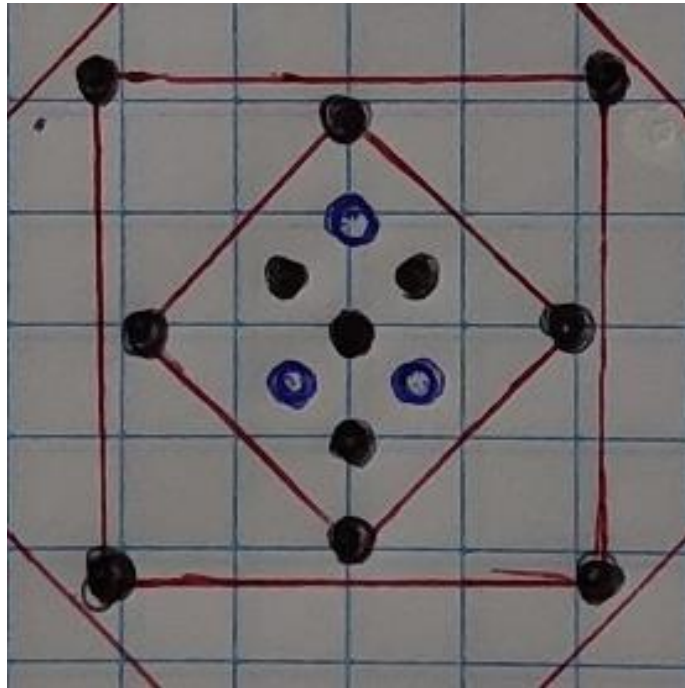


Figura 17. Diseño de arranque de perforación para la RA ELI 2 (-)

- Diseño de arranque de perforación para la RA FABI 5 (+)

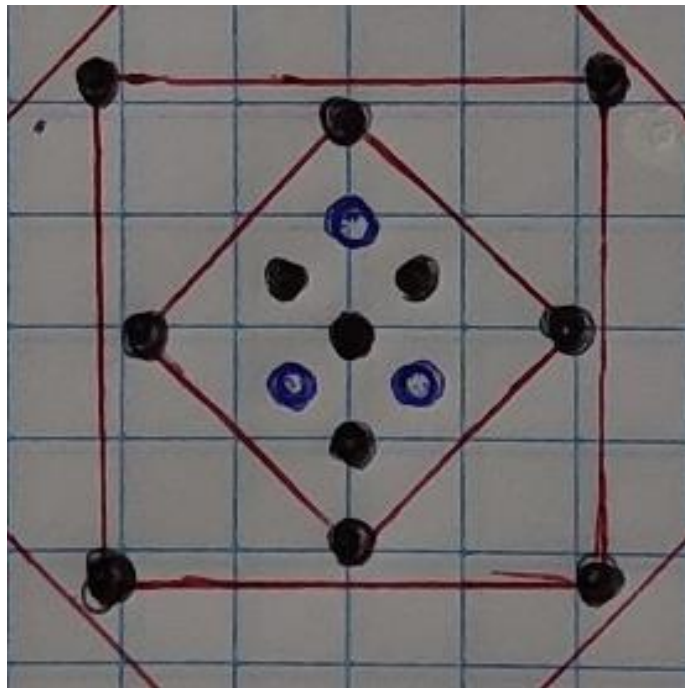


Figura 18. Diseño de arranque de perforación para la RA FABI 5 (+)

- **Diseño de arranque de perforación para la RA FABI 6 (-)**

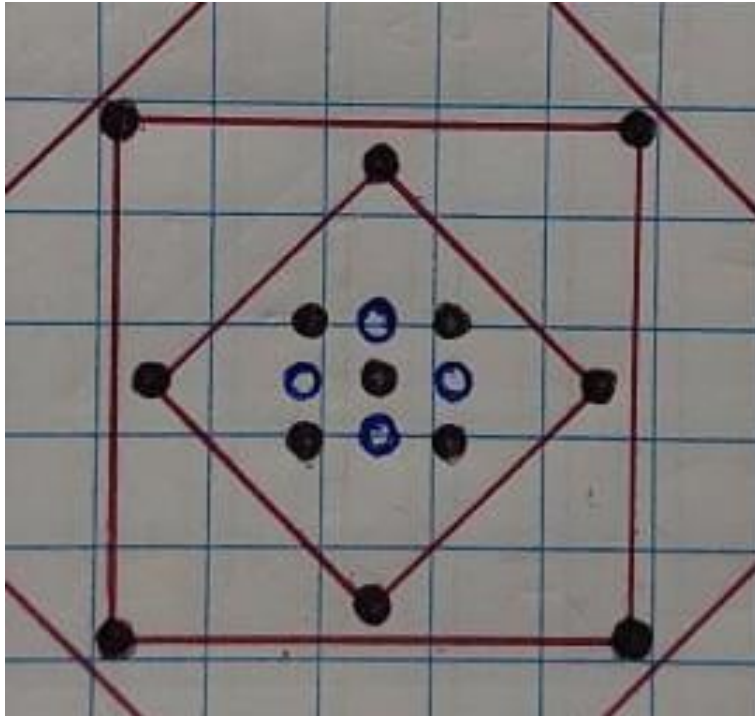


Figura 19. Diseño de arranque de perforación para la RA FABI 6 (-)

g) Supervisión de los trabajos de perforación y voladura

- **Supervisión de los trabajos de perforación y voladura en RA ELI 2 (-)**

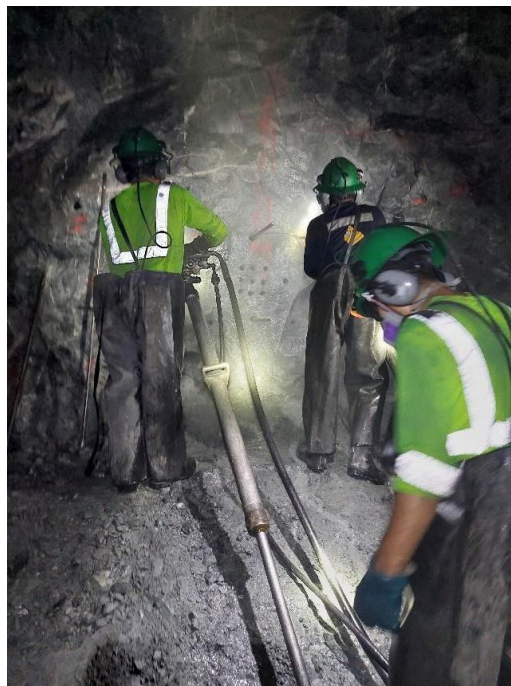


Figura 20. Supervisión de los trabajos de perforación y voladura en RA ELI 2 (-)

- Supervisión de los trabajos de perforación y voladura en RA ELI 2 (-)

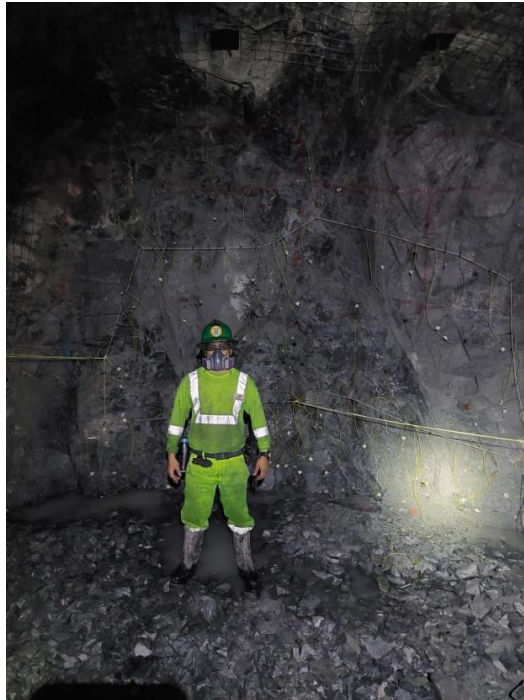


Figura 21. Supervisión de los trabajos de perforación y voladura en RA FABI 5 (+)

- Supervisión de los trabajos de perforación y voladura en RA ELI 2 (-)

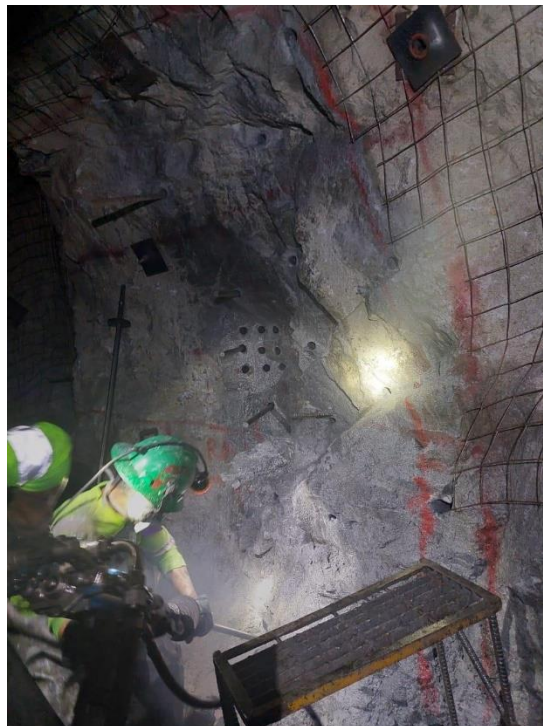


Figura 22. Supervisión de los trabajos de perforación y voladura en RA FABI 6 (-)

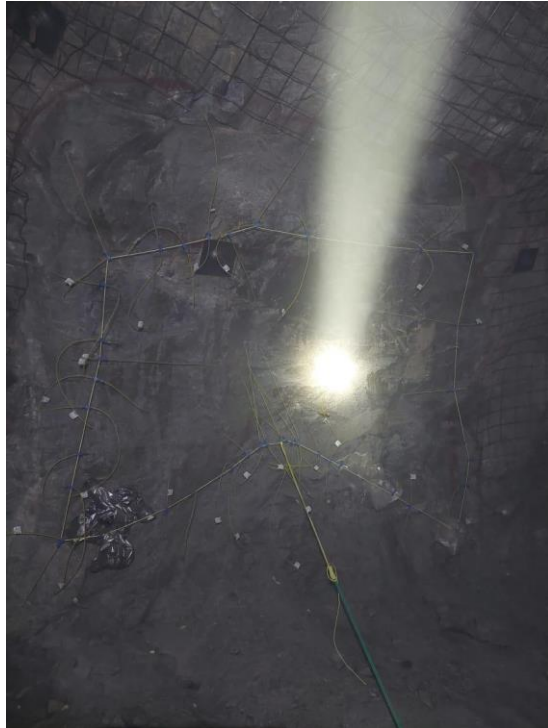


Figura 23. Taladros cargados listos para el disparo

4.1.3 Evaluación de los parámetros de voladura

El tipo de explosivo que se utilizó en la voladura fue el de la emulsión especificado en sus diferentes tipos.

El carguío se realizó de manera manual, los accesorios que se utilizaron se detallan de la siguiente manera:

- ✓ Faneles de periodo largo N°16 (unid.)
- ✓ Cordón detonante (m)
- ✓ Carmex (unid.)
- ✓ Cordón de ignición (m.)



Figura 24. Tipos de emulsiones

a) Distribución de la carga explosiva

A continuación, se detallará mediante un cuadro la distribución de la cantidad empleada de los cartuchos y los índices de voladura obtenida en la primera prueba realizada.



Figura 25. Fulminante empleado en la voladura

- Distribución de carga empleado en RA ELI 2

Tabla 6. Distribución de carga empleado en RA ELI 2 (-)

Datos explosivos	Cartuchos por caja	144	264	228	216
	kg	25	25	25	25
	Peso/cartucho (kg)	0.17	0.09	0.11	0.12

Distribución de taladros y cartuchos						
	Tal/disp.	Voladura controlada		Producción		Cart/tal.
		FAMECORTE E20 17.5x512 mm	E 1000 1"x7"	E 3000 1"x8"	E 5000 1"x8"	
		Arranque	4			
1° y 2° Ayudas	8				10	10
3° y 4° Ayudas	8				10	10
Ayudas	27			10		10
Hastiales	8				10	10
Corona	5	3				3
Arrastre	6				10	10
Total, taladros cargados	66					Total
Total, cartuchos por disparo (unid.)		15		300	300	615
Total, explosivos por disparo (kg.)		2.6	0	32.89	34.72	70.22

- Distribución de carga empleado en RA FABI 5 (+)

Tabla 7. Distribución de carga empleado en RA FABI 5 (+)

	Cartuchos por caja	144	264	228	216
Datos explosivos	kg	25	25	25	25
	Peso/cartucho (kg)	0.17	0.09	0.11	0.12

Distribución de taladros y cartuchos						
	Tal./disp.	Voladura controlada		Producción		Cart./tal.
		FAMECORTE	E 1000	E 3000	E 5000	
		E20	1"x7"	1"x8"	1"x8"	
Arranque	4				7	7
1° y 2° Ayudas	8				7	7
3° y 4° Ayudas	8			6	2	8
Ayudas	4			9		9
Hastiales	6		7			7
Corona	5	2	2			4
Arrastre	4			9		9
Total, taladros cargados	39					Total
Total, cartuchos por disparo (unid.)		10	50	120	100	280
Total, explosivos por disparo (kg.)		1.74	4.73	13.16	11.57	31.2

- Distribución de carga empleado en RA FABI 6 (-)

Tabla 8. Distribución de carga empleado en RA FABI 6 (-)

	Cartuchos por caja	144	264	228	216
Datos explosivos	kg	25	25	25	25
	Peso/cartucho (kg)	0.17	0.09	0.11	0.12

Distribución de taladros y cartuchos						
	Tal./disp.	Voladura controlada		Producción		Cart./tal.
		FAMECORTE	E 1000	E 3000	E 5000	
		E20	1"x7"	1"x8"	1"x8"	
Arranque	5				10	10
1° y 2° Ayudas	8				10	10
3° y 4° Ayudas	8			10		10
Ayudas	5			10		10
Hastiales	4		10			10
Corona	5	3	1			4
Arrastre	4			10		10
Total, taladros cargados	39					Total
Total, cartuchos por disparo (unid.)		15	45	170	130	360
Total, explosivos por disparo (kg.)		2.6	4.26	18.64	15.05	40.55

b) Parámetros en la voladura

- Parámetros en la voladura RA ELI 2 (-)

Tabla 9. *Parámetros en la voladura RA ELI 2 (-)*

Taladros cargados	66	Peso específico	2.7 t/m ³
Taladros de alivio	3	Cubos disparados	35.74 m ³
Taladros rimados	0	Tonelaje disparado	96.5 t
Taladros perforados	69		
Perforación efectiva	2.24	m	
Avance	2.09	m	
Eficiencia voladura	93%		
Factor carga lineal	33.6	kg/ml	
Factor carga	1.96	kg/m ³	
Factor potencia	0.73	kg/t	

- Parámetros en la voladura RA RABI 5 (+)

Tabla 10. *Parámetros en la voladura RA RABI 5 (+)*

Taladros cargados	39	Peso específico	2.85 t/m ³
Taladros de alivio	3	Cubos disparados	11.15 m ³
Taladros rimados	0	Tonelaje disparado	31.78 t
Taladros perforados	42		
Perforación efectiva	1.62	m	
Avance	1.53	m	
Eficiencia voladura	94%		
Factor carga lineal	20.39	kg/ml	
Factor carga	2.8	kg/m ³	
Factor potencia	0.98	kg/t	

- **Parámetros en la voladura RA RABI 6 (-)**

Tabla 11. Parámetros en la voladura RA RABI 6 (-)

Taladros cargados	39	Peso específico	2.7 t/m ³
Taladros de alivio	4	Cubos disparados	15.31 m ³
Taladros rimados	0	Tonelaje disparado	41.34 t
Taladros perforados	43		
Perforación efectiva		2.2 m	
Avance		2.1 m	
Eficiencia voladura		95%	
Factor carga lineal		19.31 kg/ml	
Factor carga		2.65 kg/m ³	
Factor potencia		0.98 kg/t	

4.1.4 Datos geomecánicos

Tabla 12. Datos geo mecánicos

Datos geomecánicos				
GSI	RMR	Índice	Calidad	Roca
F/R (D)	Buena	61-80	Buena	Dura

4.1.5 Estándares de perforación y voladura - roca buena / RMR (61-80)

a) Trabajos realizados en la guardia "A"

- **Distribución de taladros perforados y consumo de explosivos**

Tabla 13. *Distribución de taladros perforados y consumo de explosivos*

Guardia:	A
Maestro:	Bacilio Caipo, Leonel
Roca intermedia	
Perforación	
Nº Total de tal.	= 60
Nº taladros perforados. 36 mm	= 60
Nº taladros rimados 64 mm	= 0
Nº de tal. Cargados	= 56
Nº taladros de alivio	= 4
Longitud de perforación (6 pies)	= 1.80 m.
Eficiencia voladura (86%)	= 1.55 m.
Metros perforados (taladro 36 mm)	= 110 m.
Metros rimados t (taladros 64 mm)	= 0.0 m.
Voladura	
Emulnor 1000	= 0.095 kg/cart.
Emulnor 3000	= 0.11 kg/cart.
Emulnor 5000	= 0.12 kg/cart.

- **Parámetros de la labor**

- ✓ Sección: 3.0 m * 3.0 m
- ✓ Tipo de roca: Dura (desmonte)
- ✓ Equipo de perforación: Jackleg

- Malla de perforación y carguío

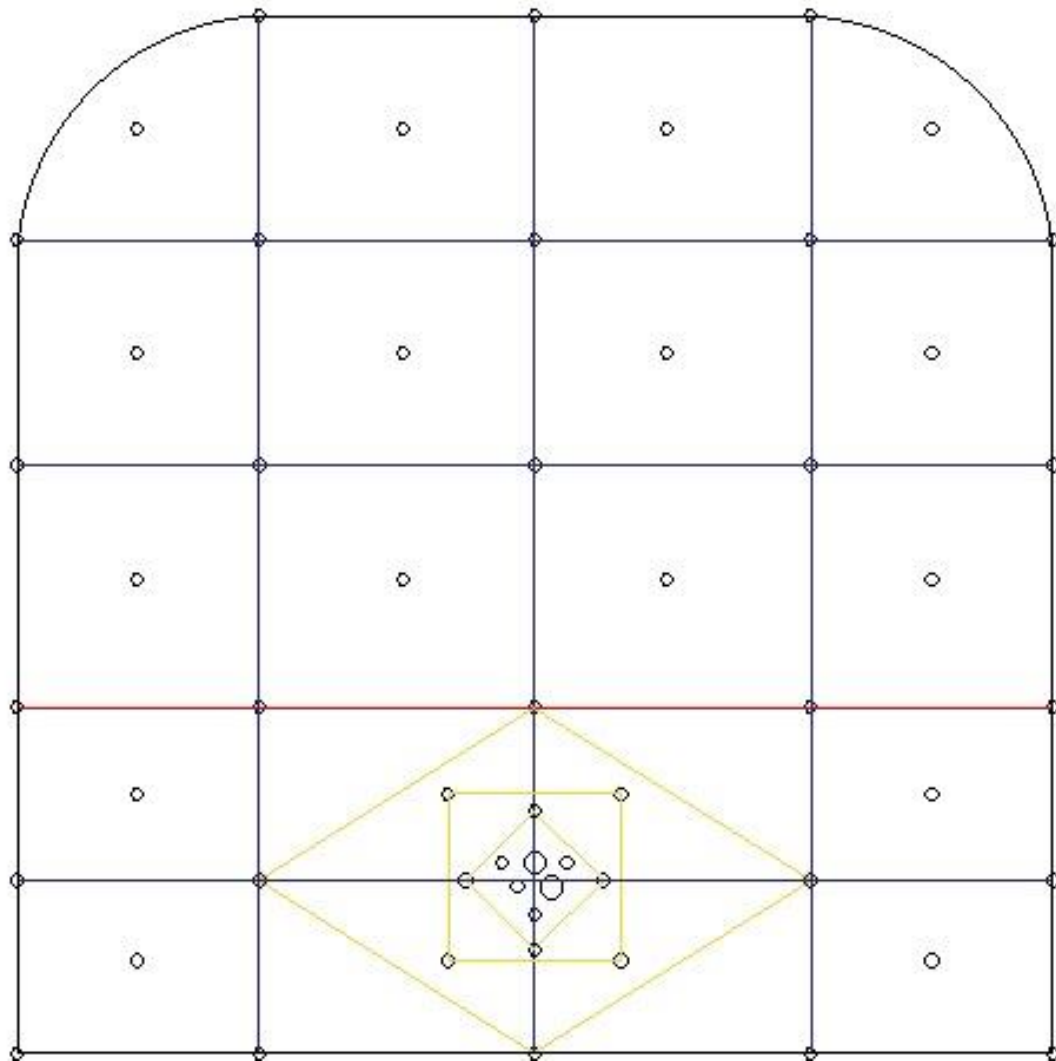


Figura 26. Diseño de malla de perforación y voladura estandarizada

- **Accesorios de voladura**

Tabla 14. Accesorios de voladura
Accesorios de voladura

Cordón detonante 5G	=	15 m.
Mecha rápida	=	0.1 m.
Carmex 2.40 m	=	2 unid.
Rendimientos		
Avance por disparo (ml)	=	1.55
Kilogramos de explosivo usado	=	0.00
Factor de carga (kg/ml)	=	0.00
Factor de potencia (kg/t)	=	0.00
Factor de perforación (m perf./m avac.)	=	1.16
Factor de esponjamiento	=	0.61
Porcentaje de esponjamiento (%)	=	61.01
Nº Carros (G 60 = 2.2 Y3)	=	14.50
Densidad de carga	=	2.70
Área de sección C.S.R 10% (m ²)	=	9.60
Volumen de sección C.S.R. 10% (m ³)	=	14.88
Peso de desmonte roto (t)	=	40.18
Volumen de desmonte esponjado (m ³)	=	24.39

- Distribución de taladros y carga explosiva

Tabla 15. Distribución de taladros y carga explosiva

Malla 3,00 m X 3,00 m - RMR 61 - 80 Roca Buena		kg/Cartucho			Cantidad de cartuchos					
		0.12	0.11	0.095	Distribución de carga (unidades de cartuchos)			Totales (kg)		
Distribución de taladros		Emulnor	Emulnor	Emulnor	Emulnor	Emulnor	Emulnor	Emulnor	Emulnor	Emulnor
		5000	3000	1000	5000	3000	1000	5000	3000	1000
		1" X 8"	1" X 8"	1" X 7"	1" X 8"	1" X 8"	1" X 7"	1" X 8"	1" X 8"	1" X 7"
Arranques	5	5	0	0	4.2	0.00	0	35	0	0
I cuadrante	4	4	0	0	3.36	0.00	0	28	0	0
II cuadrante	4	4	0	0	3.36	0.00	0	28	0	0
III cuadrante	4	4	0	0	3.36	0.00	0	28	0	0
IV cuadrante	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0
Taladros de producción	20	0	20	0	0	15.40	0	0	140	0
Ayuda de corona	4	0	4	0	0	3.08	0	0	28	0
Hastiales	6	0	6	0	0	4.62	0	0	42	0
Corona	5	0	5	0	0	3.85	0	0	35	0
Arrastres	4	4	0	0	3.36	0.00	0	28	0	0
TOTAL	56	21	35	0	17.64	26.95	0	147	245	0

b) Trabajos realizados en la guardia "B"

- **Distribución de taladros perforados y consumo de explosivos**

Tabla 16. *Distribución de taladros perforados y consumo de explosivos*

Guardia:	B
Maestro:	Alvarado Santos, Alexander
Roca intermedia	
Perforación	
N° Total de tal.	= 60
N° taladros perforados. 36 mm	= 60
N° taladros rimados 64 mm	= 0
N° de tal. cargados	= 56
N° taladros de alivio	= 4
Longitud de perforación (6 pies)	= 1.80 m
Eficiencia voladura (86%)	= 1.55 m
Metros perforados (taladro 36 mm)	= 120 m
Metros rimados t (taladros 64 mm)	= 0.0 m
Voladura	
Emulnor 1000	= 0.095 kg/cart.
Emulnor 3000	= 0.11 kg/cart.
Emulnor 5000	= 0.12 kg/cart.

- **Parámetros de la labor**

- ✓ Sección: 3.0 m * 3.0 m
- ✓ Tipo de roca: Dura (desmonte)
- ✓ Equipo de perforación: Jackleg

- Malla de perforación y carguío

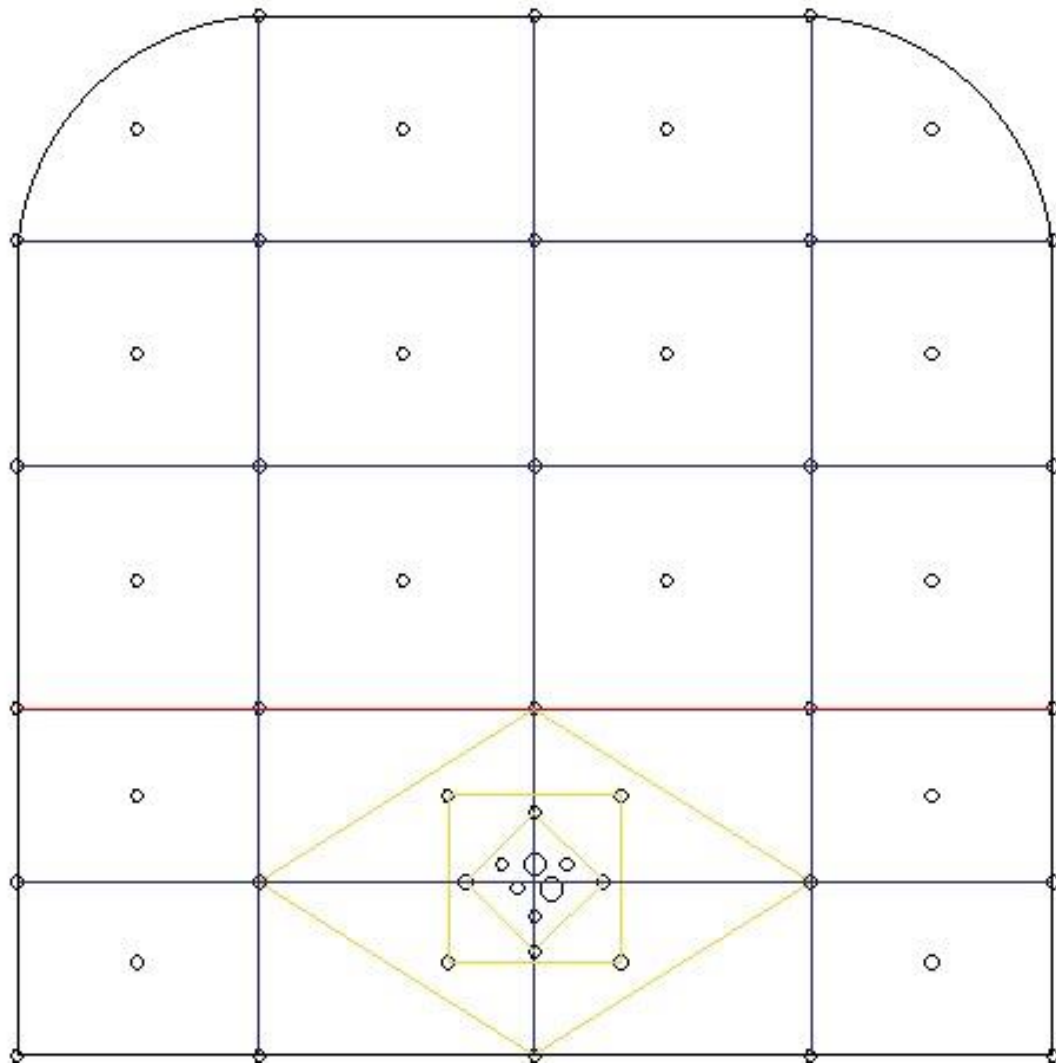


Figura 27. Diseño de malla de perforación y voladura estandarizada

- **Accesorios de voladura**

Tabla 17. Accesorios de voladura
Accesorios de voladura

Cordón detonante 5G	=	15 m
Mecha rápida	=	0.1 m
Carmex 2.40 m	=	2 unid.

Rendimientos

Avance por disparo (ml)	=	1.55
Kilogramos de explosivo usado	=	45.92
Factor de carga (kg/ml)	=	29.63
Factor de potencia (kg/t)	=	1.14
Factor de perforación (m perf./m avac.)	=	1.16
Factor de esponjamiento	=	0.61
Porcentaje de esponjamiento (%)	=	61.01
Nº Carros (G 60 = 2.2 Y3)	=	14.50
Densidad de carga	=	2.70
Área de sección C.S.R 10% (m ²)	=	9.60
Volumen de sección C.S.R. 10% (m ³)	=	14.88
Peso de desmonte roto (t)	=	40.18
Volumen de desmonte esponjado (m ³)	=	24.39

- **Distribución de taladros y carga explosiva**

Tabla 18. Distribución de taladros y carga explosiva

Malla 3,00 m X 3,00 m - RMR 61 - 80 Roca Buena		kg/Cartucho			Cantidad de cartuchos					
		0.12	0.11	0.095	Distribución de carga (unidades de cartuchos)					
Distribución de taladros		Distribución de carga (unidades de cartuchos)			Totales (kg)					
		Emulnor 5000 1" X 8"	Emulnor 3000 1" X 8"	Emulnor 1000 1" X 7"	Emulnor 5000 1" X 8"	Emulnor 3000 1" X 8"	Emulnor 1000 1" X 7"	Emulnor 5000 1" X 8"	Emulnor 3000 1" X 8"	Emulnor 1000 1" X 7"
Arranques	5	5	0	0	4.2	0.00	0	35	0	0
I cuadrante	4	4	0	0	3.36	0.00	0	28	0	0
II cuadrante	4	4	0	0	3.36	0.00	0	28	0	0
III cuadrante	4	4	0	0	3.36	0.00	0	28	0	0
IV cuadrante	4	4	0	0	3.36	0.00	0	28	0	0
Taladros de producción	16	3	13	0	2.52	10.01	0	21	91	0
Ayuda de corona	4	0	4	0	0	3.08	0	0	28	0
Hastiales	6	0	6	0	0	4.62	0	0	42	0
Corona	5	0	5	0	0	3.85	0	0	35	0
Arrastres	5	5	0	0	4.2	0.00	0	35	0	0
TOTAL	57	21	28	0	24.36	21.56	0	203	196	0

c) Trabajos realizados en la guardia "C"

- **Distribución de taladros perforados y consumo de explosivos**

Tabla 19. *Distribución de taladros perforados y consumo de explosivos*

Guardia:	C
Maestro:	Ponce Ramírez, Isidro
Roca intermedia	
Perforación	
N° Total de tal.	= 57
N° taladros perforados. 36 mm	= 55
N° taladros rimados 64 mm	= 2
N° de tal. cargados	= 55
N° taladros de alivio	= 2
Longitud de perforación (6 pies)	= 1.80 m
Eficiencia voladura (86%)	= 1.60 m
Metros perforados (taladro 36 mm)	= 100 m
Metros rimados t (taladros 64 mm)	= 3.6 m
Voladura	
Emulnor 1000	= 0.095 kg/cart.
Emulnor 3000	= 0.11 kg/cart.
Emulnor 5000	= 0.12 kg/cart.

- **Parámetros de la labor**

- ✓ Sección: 3.0 m * 3.0 m
- ✓ Tipo de roca: Dura (desmonte)
- ✓ Equipo de perforación: Jackleg

- Malla de perforación y carguío

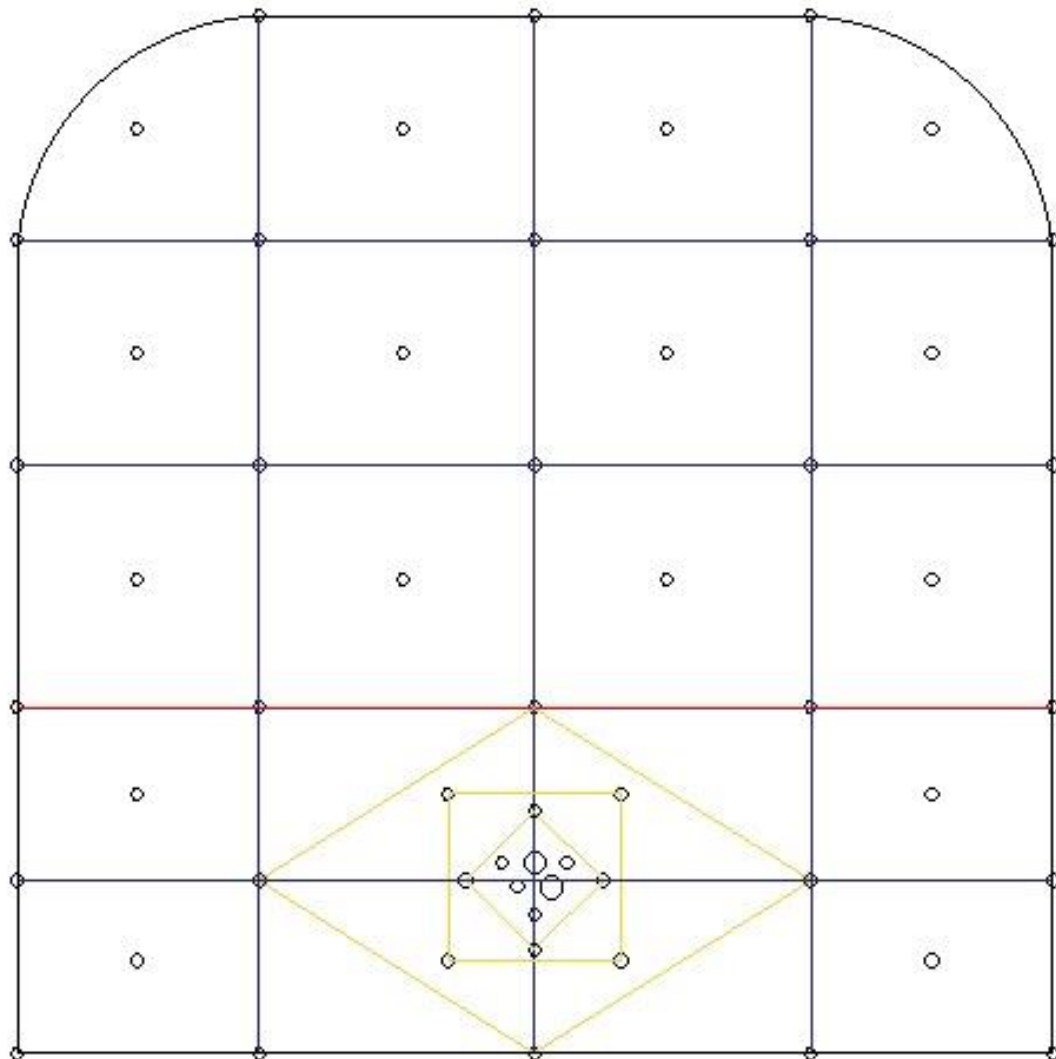


Figura 28. Diseño de malla de perforación y voladura estandarizada

- **Accesorios de voladura**

Tabla 20. Accesorios de voladura
Accesorios de voladura

Cordón detonante 5G	=	15 m
Mecha rápida	=	0.1 m
Carmex 2.40 m	=	2 unid.

Rendimientos

Avance por disparo (ml)	=	1.60
Kilogramos de explosivo usado	=	43.75
Factor de carga (kg/ml)	=	27.34
Factor de potencia (kg/t)	=	1.05
Factor de perforación (m. perf./m. avac.)	=	1.13
Factor de esponjamiento	=	0.61
Porcentaje de esponjamiento (%)	=	60.88
Nº Carros (G 60 = 2.2 Y3)	=	15.00
Densidad de carga	=	2.70
Área de sección C.S.R 10% (m ²)	=	9.60
Volumen de sección C.S.R. 10% (m ³)	=	15.36
Peso de desmonte roto (t)	=	41.47
Volumen de desmonte esponjado (m ³)	=	25.23

- Distribución de taladros y carga explosiva

Tabla 21. Distribución de taladros y carga explosiva

Malla 3,00 m X 3,00 m - RMR 61 - 80 Roca Buena				kg/Cartucho			Cantidad de cartuchos			
				0.12	0.11	0.095				
Distribución de taladros		Distribución de carga (unidades de cartuchos)			Totales (kg)					
		Emulnor 5000	Emulnor 3000	Emulnor 1000	Emulnor 5000	Emulnor 3000	Emulnor 1000	Emulnor 5000	Emulnor 3000	Emulnor 1000
		1" X 8"	1" X 8"	1" X 7"	1" X 8"	1" X 8"	1" X 7"	1" X 8"	1" X 8"	1" X 7"
Arranques	4	4	0	0	3.36	0.00	0	28	0	0
I cuadrante	4	4	0	0	3.36	0.00	0	28	0	0
II cuadrante	4	4	0	0	3.36	0.00	0	28	0	0
III cuadrante	4	4	0	0	3.36	0.00	0	28	0	0
IV cuadrante	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0
Taladros de producción	20	0	20	0	0	15.40	0	0	140	0
Ayuda de corona	4	0	4	0	0	3.08	0	0	28	0
Hastiales	6	0	6	0	0	4.62	0	0	42	0
Corona	5	0	5	0	0	3.85	0	0	35	0
Arrastres	4	4	0	0	3.36	0.00	0	28	0	0
TOTAL	55	20	35	0	16.8	26.95	0	140	245	0

4.1.6 Análisis de costos

a) Data explosivos

Tabla 22. Data explosivos

Data explosivos			
Tipo explosivos	Explosivo	Peso	Costo
Explosivo	Cordón detonante 5 g	0	0.59325075
Accesorio	Detonador ensamblado 2.4 m	0	1.89547786
Accesorio	Detonador no eléctrico fanel 2.40 m (lp)	0	2.63976935
Accesorio	Detonador no eléctrico fanel 3.00 m (lp)	0	3.16686244
Accesorio	Detonador no eléctrico fanel 4.20 m (lp)	0	3.228
Accesorio	Mecha rápida de ignición	0	1.05
Explosivo	Emulsión Emulnor 1000 1" x 7" 100%	0.09142342	0.515
Explosivo	Emulsión Emulnor 3000 1" x 8" 100%	0.10964912	0.64691557
Explosivo	Emulsión Emulnor 5000 1" x 8" 105%	0.11574074	0.70490016
Explosivo	Emulsión Famecorte e20 17.5 x 512mm 74%	0.13888889	1.9929497

b) Costo de explosivos y accesorios

- Costo de explosivos y accesorios guardia "A"

Tabla 23. Costo de explosivos y accesorios guardia
Costo de explosivos y accesorios

S/		
Emulnor 1000	=	
Emulnor 3000	=	158.49
Emulnor 5000	=	103.62
Cordón detonante 5G	=	8.90
Mecha rápida	=	1.05
Carmex 2.40 m	=	3.79
Faneles	=	147.83
Costo total	=	423.68
Costo explosivo/metro	=	273.34

- **Costo de explosivos y accesorios guardia “B”**

Tabla 24. Costo de explosivos y accesorios
Costo de explosivos y accesorios

		S/
Emulnor 1000	=	
Emulnor 3000	=	126.80
Emulnor 5000	=	143.09
Cordón detonante 5G	=	8.90
Mecha rápida	=	1.05
Carmex 2.40 m	=	3.79
Faneles	=	147.83
Costo total	=	431.46
Costo explosivo/metro	=	278.36

- **Costo de explosivos y accesorios guardia “C”**

Tabla 25. Costo de explosivos y accesorios
Costo de explosivos y accesorios

		S/
Emulnor 1000	=	
Emulnor 3000	=	158.49
Emulnor 5000	=	98.69
Cordón detonante 5G	=	8.90
Mecha rápida	=	1.05
Carmex 2.40 m	=	3.79
Faneles	=	145.19
Costo total	=	416.11
Costo explosivo/metro	=	260.07

4.2 Discusión de resultados

- **Hipótesis N°1**

La evaluación de los parámetros tales como la longitud, diámetro tiempo y diseño de perforación permite la optimización del costo en labores de avance.

La investigación concluyo que:

Se comprobó mediante la evaluación de los parámetros de perforación que en promedio se perfora 7.35 pies equivalente a 154.56 m, el tiempo total fue de 417.37 minutos considerando en promedio 1.22 pies/min, tomando un tiempo promedio de 3.38 horas de perforación, el control y reducción del tiempo de perforación y avance va a permite la optimización del costo en labores de avance.

Según Abanto (1), en su investigación sobre: “Reducción de costos en las operaciones unitarias de perforación y voladura optimizando el mantenimiento de brocas de 45 mm, rimadoras de 10 2mm y el consumo de explosivo en las labores de desarrollo que realiza la empresa CONMICIV S.A.C en CMH S.A” en una de sus conclusiones afirma que: “se redujo el costo de perforación en 4 % equivalente a 6.4 \$/m, de 162.5 \$/m a 156 \$/m promedio logrando un ahorro en tres meses de 6770.2 \$ meses; que fue el ahorro esperado”. (1)

De ambas conclusiones se puede establecer que controlando los parámetros de perforación se pueden reducir los tiempos de perforación los que se manifiestan con una reducción de costos, en tal sentido se comparte opinión.

- **Hipótesis N°2**

La evaluación de los parámetros de voladura tales como el tipo de explosivo y la distribución de carga, permite la optimización del costo en labores de avance.

La investigación concluyo que:

Se verifico mediante la evaluación de los parámetros de voladura efectuadas en las siguientes labores se determinó que: RA ELI 2 (-) eficiencia voladura 93 % factor de carga 1.96 kg/m³, factor de potencia 0.73 kg/t, cubos disparados 35.74 m³, tonelaje disparado 96.5 t, RA RABI 5 (+) eficiencia voladura 94 %,

factor de carga 2.8 kg/m³, factor de potencia 0.98 kg/t, cubos disparados 11.15 m³, tonelaje disparado 31.78 t y RA RABI 6 (-) eficiencia voladura 95 % factor de carga 2.65 kg/m³, factor de potencia 0.98 kg/t, cubos disparados 15.31 m³, tonelaje disparado 41.34 t; el control de estos parámetros permite la optimización del costo en labores de avance.

Según Abanto (1), en su investigación sobre: “Reducción de costos en las operaciones unitarias de perforación y voladura optimizando el mantenimiento de brocas de 45 mm, rimadoras de 102 mm y el consumo de explosivo en las labores de desarrollo que realiza la empresa CONMICIV S.A.C en CMH S.A” en una de sus conclusiones afirma que: “se redujo el costo de voladura en 9.6%, de 106.7\$/m a 96.54 \$/m promedio logrando un ahorro en tres meses de 11137.7 \$/tres meses; que fue un ahorro muy positivo”. (1)

De ambas conclusiones se puede establecer que controlando los parámetros de voladura se pueden reducir el consumo de explosivos los que se manifiestan con una reducción de costos, en tal sentido se comparte opinión.

CONCLUSIONES

1. Se verifico que mediante la evaluación del proceso de perforación y voladura realizadas en las labores RA ELI 2 (-), RA RABI 5 (+) y RA RABI 6 (-) se requiere mejorar el tiempo de perforación y la cantidad y distribución de explosivos por taladro lo cual va a permitir optimizar los tiempos muertos, costos elevados por consumo de explosivos y aceros de perforación.
2. Se comprobó mediante la evaluación de los parámetros de perforación que en promedio se perfora 7.35 pies equivalente a 154.56 m, el tiempo total fue de 417.37 minutos considerando en promedio 1.22 pies/min, tomando un tiempo promedio de 3.38 horas de perforación, el control y reducción del tiempo de perforación y avance va a permite la optimización del costo en labores de avance.
3. Se verificó mediante la evaluación de los parámetros de voladura efectuadas en las siguientes labores se determinó que: RA ELI 2 (-) eficiencia voladura 93% factor de carga 1.96 kg/m³, factor de potencia 0.73 kg/t, cubos disparados 35.74 m³, tonelaje disparado 96.5 t, RA RABI 5 (+) eficiencia voladura 94 % factor de carga 2.8 kg/m³, factor de potencia 0.98 kg/t, cubos disparados 11.15 m³, tonelaje disparado 31.78 t y RA RABI 6 (-) eficiencia voladura 95 % factor de carga 2.65 kg/m³, factor de potencia 0.98 kg/t, cubos disparados 15.31 m³, tonelaje disparado 41.34 t; el control de estos parámetros permite la optimización del costo en labores de avance.

RECOMENDACIONES

1. Luego de haber verificado que mediante la evaluación del proceso de perforación y voladura realizadas en las labores RA ELI 2 (-), RA RABI 5 (+) y RA RABI 6 (-) se recomienda controlar el tiempo de perforación, cantidad y distribución de explosivos por taladro.
2. Luego de haber comprobó mediante la evaluación de los parámetros de perforación que en promedio se perfora 7.35 pies equivalente a 154.56 m, el tiempo total fue de 417.37 minutos considerando en promedio 1.22 pies/min, tomando un tiempo promedio de 3.38 horas de perforación, se recomienda el control y reducción del tiempo de perforación y avance va a permite la optimización del costo en labores de avance.
3. Luego de haber verificado mediante la evaluación de los parámetros de voladura efectuadas en las siguientes labores se recomienda el pintado de la malla de perforación considerando los puntos topográficos punto de dirección y gradiente lo cual va a permitir la optimización del costo en labores de avance.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABANTO, Juan y VASQUEZ, Jeyner. Reducción de costos en las operaciones unitarias de perforación y voladura optimizando el mantenimiento de brocas de 45 mm, rimadoras de 102 mm y el consumo de explosivo en las labores de desarrollo que realiza la empresa CONMICIV S.A.C en CMH S.A. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Trujillo - Perú : Universidad Nacional de Trujillo, 2016, 136 pp.
2. MALLMA, Israel. Optimización del uso de aceros de perforación en la UEA San Cristóbal de Minera Bateas SAC. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo - Perú : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2013, 136 pp.
3. APARCO, Adrian y GARCIA, Jenner. Optimización de la vida útil de los aceros de perforación para la reducción de costos en mina San Vicente – CIA. San Ignacio de Morococha S.A.A. año 2018. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancavelica - Perú : Universidad Nacional de Huancavelica, 2019, 116 pp.
4. Ortiz Brioso, Yimson Wuemberly. Control de aceros de perforación de jumbos para su optimización y reducción de costos en la Compañía Minera Casapalca S.A. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Cerro de Pasco - Perú : Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2015, 165 pp.
5. EXSA. Manual práctico de voladura. [en línea] Lima - Perú, 2019. [Fecha de consulta: 7 de noviembre del 2022] Disponible en: https://www.academia.edu/23767654/MANUAL_PRACTICO_DE_VOLADURA_A_Edici%C3%B3n_especial_La_L%C3%ADnea_m%C3%A1s_Completa_para_Voladura_Das_Komplette_Sprengstoffprogramm_The_Most_Complete_Blasting_Line
6. BERNAOLA, José, CASTILLA, Jorge y HERRERA, Juan. *Perforación y voladura de rocas en minería*. (2013) Madrid - España.

7. MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE. *Glosario de términos utilizados en excavación a cielo abierto con explosivos*. Madrid España, 2011.
8. LOZADA, Marco. Optimización de la explotación en la veta samy mediante el proceso de mecanización de las operaciones – unidad minera Poderosa S.A. Trabajo de Suficiencia Profesional (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa - Perú : Universidad Nacional de San Agustín, 2021, 125 pp.
9. URQUIZO, Hugor. Análisis del consumo de barrenos y brocas en corporación minera Ananea S.A. Trabajo de Suficiencia Profesional (Título de Ingeniero de Minas). Puno - Perú : Universidad Nacional del Altiplano, 2019.

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de consistencia

	Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable
General	¿En qué medida la evaluación del proceso de perforación y voladura permite la optimización del costo en labores de avance unidad minera Santa María2022?	Efectuar la evaluación del proceso de perforación y voladura que permite la optimización del costo en labores de avance unidad minera Santa María2022.	La evaluación del proceso de perforación y voladura influyen directamente para la optimización del costo en labores de avance unidad minera Santa María2022.	Independiente Perforación y voladura
				Dependiente Optimización de costo
Específicos	a) ¿En qué medida la evaluación de los parámetros de perforación permite la optimización del costo en labores de avance?	a) Determinar en qué medida la evaluación de los parámetros de perforación permite la optimización del costo en labores de avance.	a) La evaluación de los parámetros tales como la longitud, diámetro tiempo y diseño de perforación permite la optimización del costo en labores de avance.	
	b) ¿En qué medida la evaluación de los parámetros de voladura permite la optimización del costo en labores de avance?	b) Determinar en qué medida la evaluación de los parámetros de voladura permite la optimización del costo en labores de avance.	b) La evaluación de los parámetros de voladura tales como el tipo de explosivo y la distribución de carga, permite la optimización del costo en labores de avance.	

Variable	Concepto	Dimensión	Indicador
Independiente Perforación y voladura	La perforación es la primera operación en la preparación de una voladura (Karlinski et al., 2009). Su propósito es el de abrir en la roca huecos cilíndricos destinados a alojar al explosivo y sus accesorios iniciadores, denominados taladros, barrenos, hoyos o blast holes.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Parámetros de perforación <ul style="list-style-type: none"> ▪ Longitud de perforación ▪ Diámetro de perforación ▪ Tiempo de perforación ▪ Diseño de perforación ➤ Parámetros de voladura <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tipo de explosivo ▪ Distribución de carga 	<ul style="list-style-type: none"> m m s Nº tal. Densidad kg/m³
Dependiente Optimización de costo	La optimización de costos se basa en un enfoque holístico donde se realiza una revisión integral de todos los tipos de costos dentro de una cadena de producción. En este proceso, se desarrollan revisiones dentro de la empresa, contemplando la economía global en la que se inserta.	<ul style="list-style-type: none"> Costos directos Costos indirectos 	<ul style="list-style-type: none"> \$ \$