

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Diseño de la malla de perforación y voladura,
para mejorar la fragmentación del macizo
rocoso, galería principal, Mina APMINAC Pulpera**

Anghelo Esteffano Quispe Agüero
Yuri Silva Meza
Diener Agustin Torpoco Gaspar

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" .

DISEÑO DE LA MALLA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA, PARA MEJORAR LA FRAGMENTACIÓN DEL MACIZO ROCOSO, GALERÍA PRINCIPAL, MINA APMINAC PULPERA

ORIGINALITY REPORT

16%

SIMILARITY INDEX

14%

INTERNET SOURCES

3%

PUBLICATIONS

5%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repositorio.unam.edu.pe Internet Source	3%
2	repositorio.unh.edu.pe Internet Source	2%
3	renati.sunedu.gob.pe Internet Source	2%
4	docplayer.es Internet Source	1%
5	Submitted to Universidad Privada del Norte Student Paper	1%
6	repositorio.unsch.edu.pe Internet Source	1%
7	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Student Paper	1%
8	idoc.pub Internet Source	1%

9	alicia.concytec.gob.pe Internet Source	1 %
10	SNC LAVALIN PERU S.A.. "Modificación del Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Pozo Rico-IGA0005184", R.D. N° 199-2019/MINEM-DGAAM, 2020 Publication	1 %
11	www.scribd.com Internet Source	1 %
12	Submitted to Universidad Nacional de Trujillo Student Paper	<1 %
13	es.slideshare.net Internet Source	<1 %
14	fr.slideshare.net Internet Source	<1 %
15	Gómez Martínez Miriam. "El uso de la historieta como herramienta didáctica en la materia de historia", TESIUNAM, 2011 Publication	<1 %
16	ENGINEERS & ENVIRONMENTAL PERU SOCIEDAD ANONIMA. "Informe de Gestión Ambiental del Proyecto Mejoramiento y Ampliación de los Servicios de Investigación y Tecnologías Validadas del IIAP en la Sede Huánuco-IGA0014011", R.D.G. N° 375-2018-MINAGRI-DVDIAR-DGAAA, 2021	<1 %

17

WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Selene Explorador-IGA0006561", R.D. N° 120-2009-MEM-AAM, 2020

Publication

<1 %

18

www.coursehero.com

Internet Source

<1 %

19

dokumen.pub

Internet Source

<1 %

20

repositorio.upagu.edu.pe

Internet Source

<1 %

21

PROYECTOS, ASESORIA, SERVICIOS A LA MINERIA Y ASUNTOS AMBIENTALES SAC - PASMINGA SAC. "Actualización del Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Suykutambo-IGA0001346", R.D. N° 160-2016-MEM/DGAAM, 2020

Publication

<1 %

22

www.dspace.uce.edu.ec

Internet Source

<1 %

23

Arteaga Chere Fátima Johana. "Satisfacción laboral y compromiso organizacional en la generación "Y" de las instituciones bancarias colonia Copilco el Alto, Ciudad de México", TESIUNAM, 2022

<1 %

24

Avellan, K, and T Nuutinen. "Deepening of Juankoski Canal – Rock strengthening and blasting under bridge", Rock Engineering and Rock Mechanics Structures in and on Rock Masses, 2014.

Publication

<1 %

25

Palacios Arreola Margarita Isabel. "Efecto de la exposición neonatal a bisfenol a (BPA) sobre la respuesta inmune al cáncer de mama en un modelo murino", TESIUNAM, 2017

Publication

<1 %

26

Rangel Arthur. "", IEEE Latin America Transactions, 12/2007

Publication

<1 %

27

dcsociales.unison.mx

Internet Source

<1 %

28

"Proceedings of the 6th Brazilian Technology Symposium (BTSym'20)", Springer Science and Business Media LLC, 2021

Publication

<1 %

29

Arteaga Gómez José Eduardo. "Efectos celulares y activación de muerte celular inducida por 4 insecticidas organofosforados en 2 líneas celulares humanas", TESIUNAM, 2014

Publication

<1 %

30 GREEN ENVIRONMENT S.A.C.. "DAA de la Planta de Fabricación de Productos de Plástico-IGA0012405", R.D. 212-2019-PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI, 2020
Publication

31 González Samaniego Alejandro. "Física de la formación estelar y el ensamblaje bariónico de las galaxias de baja masa en el escenario cosmológico Λ CDM", TESIUNAM, 2014
Publication

32 Hazardous Child Labour in Latin America, 2011.
Publication

33 Moreno Avitia Fabián. "Construcción de un modelo a escala genómica del metabolismo de *Pseudomonas chlororaphis* DSM 50083 y evaluación de sus capacidades metabólicas", TESIUNAM, 2021
Publication

34 www.ociv.utfsm.cl
Internet Source

35 "Inter-American Yearbook on Human Rights / Anuario Interamericano de Derechos Humanos, Volume 27 (2011)", Brill, 2015
Publication

36 "Proceedings of the 4th Brazilian Technology Symposium (BTSym'18)", Springer Science and

Business Media LLC, 2019

Publication

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off

ASESOR

Ing. Jesús Fernando Martínez Ildfonso

AGRADECIMIENTO

A nuestra *alma mater*: universidad Continental.

A la EAP de Ingeniería de Minas.

A los Docentes, que nos dieron todos sus conocimientos.

DEDICATORIA

Yo Anghelo, dedico esta tesis a mis familiares, amigos y seres queridos, quienes fueron fundamentales en mi formación como profesional, recibiendo de cada uno sus consejos, recomendaciones, las oportunidades y los recursos necesarios para culminar exitosamente mi carrera.

Yo Yuri, dedico esta tesis a mis padres, por haberme forjado como la persona que soy, a mis hermanas y hermanos por los buenos consejos, muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este, que día a día me motivaron para alcanzar mis anhelos. Gracias familia Silva.

Yo Diener, dedico esta tesis, a mi familia, amigos y mentores, quienes han sido un pilar fundamental en mi vida académica y personal. Este trabajo es el resultado de mi esfuerzo y dedicación, y representa un hito importante en mi formación como persona y profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
ASESOR.....	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN.....	xvi
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	17
1.1 Planteamiento y Formulación del Problema.....	17
1.1.1 Planteamiento del problema	17
1.1.2 Formulación del problema.....	17
1.2 Objetivos	18
1.2.1 Objetivo general.....	18
1.2.2 Objetivos específicos	18
1.3 Justificación e Importancia	18
1.3.1 Justificación practica	18
1.4 Hipótesis	19
1.4.1 Hipótesis general	19
1.4.2 Hipótesis específicas	19
1.5 Identificación de la Variables.....	19
1.5.1 Variable independiente	19
1.5.2 Variable dependiente	19
1.5.3 Matriz de operacionalización de variables	20
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	21
2.1 Antecedentes del problema.....	21
2.1.1 Antecedentes nacionales	21
2.2 Generalidades de la minera Apmi nac Pulpera	25
2.2.1 Ubicación y accesibilidad	25

2.2.2 Geología.....	26
2.3 Bases teóricas.....	30
2.3.1 Evaluación Geomecánico de la minera Apmínac Pulpera.....	30
2.4 Operaciones de minado	33
2.4.1 Capacidad de producción	33
2.4.2 Método de explotación.....	33
2.4.3 Ciclo de minado de la mina Apmínac Pulpera Caylloma.....	33
2.5 Equipo manual perforadora Jackleg	35
2.4.4 Partes principales de una máquina perforadora	36
2.4.5 Accesorios de perforación.....	36
2.3.2 Modelo matemático de Roger Holmberg.....	36
CAPÍTULO III MÉTODO DE DESARROLLO DEL PROYECTO.....	46
3.1 Método y alcances de la investigación	46
3.1.1 Método general o teórico de la investigación	46
3.1.2 Alcance de la investigación.....	46
3.2 Diseño de la investigación.....	47
3.3 Población y muestra.....	47
3.3.1 Población	47
3.3.2 Muestra	47
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	47
3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos	47
3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos.....	47
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
4.1 Optimizar el diseño de la malla de perforación y voladura para mejorar la fragmentación del macizo rocoso, galería principal, mina Apmínac Pulpera.....	48
4.1.1 Evaluación geomecánica de la galería principal, zona Ancasillo de la veta Julia	49
4.2 Optimizar el diseño de la malla de perforación y voladura para mejorar el avance lineal de la galería principal, mina Apmínac Pulpera	51
4.2.1 Escenario actual	51
4.2.2 Escenario óptimo	57
4.3 Optimizar el diseño de la malla de perforación y voladura para reducir los costos de avance lineal de la galería principal, mina Apmínac.....	80

CONCLUSIONES	90
RECOMENDACIONES	92
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
ANEXOS.....	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables	20
Tabla 2. Coordenadas W.G.S.– 84, mina Pulpera (zona 1).....	25
Tabla 3. Ubicación y accesibilidad de la mina Apmnac Pulpera	26
Tabla 4. Evaluación geomecánica del tipo de roca en el Nv 20	32
Tabla 5. Parámetros para galería	34
Tabla 6. Característica técnicas dinamita Semexa.....	35
Tabla 7. Especificaciones técnicas de la perforadora manual Jackleg RNP S83.....	35
Tabla 8. Mapeo geomecánico Bieniawski del tipo de roca de la galería principal de la zona Ancasillo, veta Julia	50
Tabla 9. Caracterización geomecánica del macizo rocoso de la Galería principal de la zona Ancasillo, Veta Julia.....	51
Tabla 10. Distribución de carga del diseño de malla de perforación y voladura en la galería principal de la zona Ancasillo, veta Julia	53
Tabla 11. Parámetros para el diseño de la malla de perforación y voladura con barra cónica de ocho pies de la galería principal	57
Tabla 12. Parámetros de perforación y voladura con barra cónica de seis pies de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia	81
Tabla 13. Costos de la mano de obra de la perforación y voladura con barra cónica de seis pies - galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia	81
Tabla 14. Costos de los aceros de perforación con barra cónica de seis pies galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia.....	82
Tabla 15. Costos de las herramientas utilizadas en la perforación y voladura con barra cónica de seis pies - galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia	82
Tabla 16. Costos de los implementos de seguridad en la perforación y voladura con barra cónica de seis pies - galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia	82
Tabla 17. Costos de los equipos en operación en la perforación y voladura con barra cónica de seis pies - galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia	83

Tabla 18. Costos los explosivos y accesorios de voladura en la perforación y voladura con barra cónica de seis pies - galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia	83
Tabla 19. Parámetros de perforación y voladura con barra cónica de ocho pies de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia	84
Tabla 20. Costos de la mano de obra de la perforación y voladura con barra cónica de ocho pies - galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia	84
Tabla 21. Costos de los aceros de perforación con barra cónica de ocho pies - galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia.....	85
Tabla 22. Costos de las herramientas utilizadas en la perforación y voladura con barra cónica de ocho pies - galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia.....	85
Tabla 23. Costos de los implementos de seguridad en la perforación y voladura con barra cónica de ocho pies - galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia	86
Tabla 24. Costos de los equipos en operación en la perforación y voladura con barra cónica de ocho pies - galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia	86
Tabla 25. Costos los explosivos y accesorios de voladura en la perforación y voladura con barra cónica de ocho pies - galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia.....	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la mina Apmínac Pulpera	26
Figura 2. Columna estratigráfica local	27
Figura 3. Geología estructural	29
Figura 4. Diseño de las labores del Nv 20 y Nv 40.....	31
Figura 5. Discontinuidades niveles 20 y 40	31
Figura 6. Dimensionamiento del block mineralizado	33
Figura 7. Secciones establecidas por el método de Roger Holmberg	37
Figura 8. Sección cuadrada de corte para arranque en paralelo.....	39
Figura 9. Salida del arranque abertura rectangular de ancho (a)	41
Figura 10. Plano longitudinal de la galería principal de la zona Ancasillo de la veta Julia.....	49
Figura 11. Situación actual - Diseño de la malla de perforación y voladura de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia.....	52
Figura 12. Situación actual - Diseño de la limpieza con carros mineros de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia.....	54
Figura 13. Situación actual – resultados de disparo de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia.....	55
Figura 14. Escenario actual – mala distribución de taladros en el diseño de malla de perforación y voladura de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia	56
Figura 15. Diseño de malla de perforación y voladura con sección 8 x 8 pies con longitud de barra de 8 pies de la galería principal de la zona Ancasillo	75
Figura 16. Escenario óptimo - carguío del diseño de malla de perforación y voladura con sección 2.4 x 2.4 metros con longitud de barra de 8 pies de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia	76
Figura 17. Escenario óptimo - resultado del disparo del diseño de malla de perforación y voladura con sección 2.4 x 2.4 metros con longitud de barra de 8 pies de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia	77

Figura 18. Situación actual - resultado de la fragmentación tras el disparo del diseño de malla de perforación y voladura con sección 2.2 x 2.2 metros con longitud de barra de 6 pies de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia	78
Figura 19. Situación actual – análisis con la metodología del P80 de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia	78
Figura 20. Escenario optimo - resultado de la fragmentación tras el disparo del diseño de malla de perforación y voladura con sección 2.4 x 2.4 metros con longitud de barra de 8 pies de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia.....	79
Figura N. 21: Situación optimo – análisis con la metodología del P80 de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia.....	79
Figura 22. Comparación de costos de la situación actual vs situación óptima de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia.....	88

RESUMEN

Hoy en día, todas las empresas mineras a nivel nacional e internacional buscan mejorar constantemente los trabajos de preparación y desarrollo por medio del cambio del diseño de la malla de perforación y voladura con modelos matemáticos fiables a fin de reducir los costos de perforación y voladura como también mejorar la fragmentación del macizo rocoso.

La unidad minera Apmnac-Pulpera, para la extracción del mineral con el método de minado corte y relleno ascendente, en las fases de preparación y desarrollo, han reportado deficiencias en la perforación y voladura afectando así al avance lineal de las galerías principales de la zona Ancasillo, veta Julia. Mayormente se están generando sobre rotura, inadecuada fragmentación, inadecuado paralelismo de los taladros, mayor dilución ya que la galería principal se está corriendo sobre mineral y entre otras deficiencias, todo esto genera un incremento de los costos de la perforación y voladura de la galería principal de la zona Ancasillo, veta Julia, porque se generarían voladuras secundarias, sostenimiento para estabilizar la labor entre otros costos que aumentaría el costo unitario de perforación y voladura, siendo perjudicial para la operación.

La evaluación de la caracterización geomecánica de la de la galería principal de la zona Ancasillo, veta Julia, en el cual se tiene una roca de un tipo Regular "A" III A por consecuencia se realiza un sostenimiento con malla de 4" x 4" no galvanizada y barra helicoidal de 7 pies, intermediando con *slip set* de 7 pies, distribución de pernos en cocada.

En el escenario actual, del diseño de malla de perforación y voladura se tuvo deficiencia con barra cónica de 6 pies, tuvieron un avance efectivo en campo de 1.17 metros, este resultado es producto de una eficiencia de perforación del 75 % y la eficiencia de la voladura del 85 %, esto lleva a que se incremente el consumo de explosivos y consumo de aceros de perforación. Ya que se está realizando 5 taladros

más entre taladros de producción y alivio según el diseño de malla de perforación y voladura, de la situación actual el cual afecta al ciclo de minado.

En el escenario óptimo se realizó un nuevo diseño de malla de perforación y voladura, se obtuvieron buenos resultados con una sobre rotura menor al 3 % en los hastiales y menor al 4 % en la corona y un avance efectivo del 2.0 metros. Los resultados tras el disparo en función a la granulometría se obtuvo un tamaño aceptable menor a 8" y tras el disparo se tiene una eficiencia de la perforación 88 % y en la voladura se tiene un 95 % de eficiencia el cual son muy aceptables

Palabras clave: diseño de la malla de perforación y voladura.

ABSTRACT

Nowadays all mining companies at national and international level are constantly seeking to improve the preparation and development works by changing the design of the drilling and blasting mesh with reliable mathematical models in order to reduce drilling and blasting costs as well as to improve the fragmentation of the rock massif.

The Apmnac-Pulpera Mining Unit, for the extraction of ore with the cut-and-fill mining method, in the preparation and development phases specifically have been reported deficiencies in drilling and blasting affecting the linear advance of the main galleries of the Ancasillo zone, Veta Julia. Mostly they are generating over breakage, inadequate fragmentation, inadequate parallelism of the drills, greater dilution since the main gallery is running on ore and among other deficiencies, all this generates an increase in the costs of drilling and blasting of the main gallery of the Ancasillo zone, Veta Julia, because it would generate secondary blasting, support to stabilize the work among other costs that would increase the unit cost of drilling and blasting, being detrimental to the operation.

The evaluation of the geomechanical characterization of the main gallery of the Ancasillo zone, Veta Julia, in which there is a rock of type REGULAR "A" III A, therefore a support with 4" x 4" non-galvanized mesh and 7-foot helical bar, intermediate with 7-foot slip set, distribution of bolts in cocada.

In the current scenario, the design of the drilling and blasting mesh had a deficiency with 6 feet conical bar, they had an effective advance in the field of 1.17 meters, this result is the product of a drilling efficiency of 75% and blasting efficiency of 85%, this leads to an increase in the consumption of explosives and consumption of perforation steels. Since 5 more holes are being drilled between production and relief holes according to the design of drilling and blasting mesh, the current situation affects the mining cycle.

In the optimal scenario, a new drill and blast mesh design was carried out, good results were obtained with an overbreak of less than 3% in the gables and less than

4% in the crown and an effective advance of 2.0 meters. The results after firing, according to the granulometry, an acceptable size of less than 8" was obtained and after firing, the drilling efficiency was 88% and the blasting efficiency was 95%, which is very acceptable.

Key words: drilling and blasting mesh design

INTRODUCCIÓN

La unidad minera Apmínac-Pulpera, en la actualidad, viene utilizando el método corte y relleno ascendente, este depende de un avance efectivo de las galerías principales, ya que estas se desarrollarán en veta del yacimiento, las galerías principales vienen teniendo deficiencias en las fases de preparación y desarrollo específicamente en los trabajos de avance lineal de las galerías principal de la zona Ancasillo, veta Julia.

Capítulo I, el problema general es optimizar el diseño de la malla de perforación y voladura, para mejorar la fragmentación del macizo rocoso, galería principal, mina APMINAC Pulpera.

Capítulo II, se utilizaron varios estudios respecto a la mejora del diseño de la malla de perforación y voladura para mejorar la fragmentación del macizo rocoso en los trabajos de desarrollo y preparación en minería subterránea.

Capítulo III, el tipo de investigación es aplicada, porque el objetivo de la investigación es realizar la optimización del diseño de la malla de perforación y voladura para mejorar la fragmentación del macizo rocoso de la galería principal zona Ancasillo, veta Julia, Mina APMINAC Pulpera.

El capítulo IV, presenta el análisis de resultados se basa en mejorar la perforación y voladura mediante un nuevo diseño de malla de perforación y voladura para la obtención de buenos resultados con una sobre rotura menor al 3 % en los hastiales y menor al 4 % en la corona con un avance efectivo del 2.0 metros. Los resultados tras el disparo en función a la granulometría se obtuvieron un tamaño aceptable menor a 8" y tras el disparo se tiene una eficiencia de la perforación 88% y en la voladura se tiene un 95 % de eficiencia el cual son muy aceptables, con este diseño de malla de perforación y voladura de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia, se tuvo una reducción del costo total de la valorización por metro lineal de avance en \$ 13.79 dólares americanos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y Formulación del Problema

1.1.1 Planteamiento del problema

Cada compañía minera a escala global, generalmente, depende de la cotización de los precios de los metales en el mercado global. En respuesta al surgimiento de este problema con la caída en los precios de los metales, las empresas mineras están trabajando para reducir los gastos operativos en sus operaciones clave, tales como perforación y voladura, transporte, sostenimiento y limpieza, entre otros. El trabajo de perforación es una parte crucial ya que es la acción más representativa en el desarrollo de los frentes de preparación necesarios para llevar a cabo la explotación del cuerpo mineralizado.

En las empresas mineras en Perú, los trabajos de preparación y desarrollo especialmente en las galerías principales de avance son evaluados estrictamente todos los parámetros de perforación y voladura, a fin de detener buenos resultados, y posteriormente estandarizarlos y seguir optimizando el proceso, para disminuir el costo de la perforación y voladura, lo que es ventajoso para la empresa minera.

1.1.2 Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿Cómo optimizar el diseño de la malla de perforación y voladura, para mejorar la fragmentación del macizo rocoso, galería principal, mina APMINAC Pulpera?

1.1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo optimizar el diseño de la malla de perforación y voladura, para mejorar el avance lineal de la galería principal, mina APMINAC Pulpera?
- ¿Cómo optimizar el diseño de la malla de perforación y voladura, para reducir los costos de avance lineal de la galería principal, mina APMINAC Pulpera?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Optimizar el diseño de la malla de perforación y voladura, para mejorar la fragmentación del macizo rocoso, galería principal, mina APMINAC Pulpera.

1.2.2 Objetivos específicos

- Optimizar el diseño de la malla de perforación y voladura, para mejorar el avance lineal de la galería principal, mina APMINAC Pulpera.
- Optimizar el diseño de la malla de perforación y voladura, para reducir los costos de avance lineal de la galería principal, mina APMINAC.

1.3 Justificación e Importancia

1.3.1 Justificación practica

La unidad minera Apminac-Pulpera viene teniendo deficiencias en el desarrollo de las galerías principales en las fases de preparación y desarrollo, específicamente en los trabajos de avance lineal de las galerías principales, zona Ancasillo de la Veta Julia.

Por lo general están incumpliendo el programado del avance lineal de 1.60 metros tras las deficiencias en la perforación y voladura están generando sobre rotura, inadecuada fragmentación, inadecuado paralelismo de los taladros, mayor dilución, ya que la galería principal se está corriendo sobre mineral, y esto genera un incrementos de los costos de la perforación y voladura de la galería principal de la zona Ancasillo, Veta Julia, porque se generaría voladuras secundarias, sostenimiento

para estabilizar la labor entre otros costos, que aumentaría el costo unitario de perforación y voladura, siendo perjudicial para la operación, en lo ejecutado se está llegando a un avance efectivo de 1.17 metros, es por ello que se plantea realizar un nuevo diseño de malla de perforación y voladura.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

La optimización del diseño de la malla de perforación y voladura influye positivamente, pa

ra mejorar la fragmentación del macizo rocoso, galería principal, mina APMINAC Pulpera.

1.4.2 Hipótesis específicas

- La optimización del diseño de la malla de perforación y voladura influye positivamente, para mejorar el avance lineal de la galería principal, mina APMINAC Pulpera.
- La optimización del diseño de la malla de perforación y voladura es factible y viable, para reducir los costos de avance lineal de la galería principal, mina APMINAC Pulpera.

1.5 Identificación de la Variables

1.5.1 Variable independiente

Diseño de la malla de perforación y voladura

1.5.2 Variable dependiente

Mejorar la fragmentación del macizo rocoso.

1.5.3 Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores
V.I Diseño de la malla de perforación y voladura	Es la mejora de los factores y parámetros de perforación y voladura, analizando las deficiencias de las perforación y voladura, analizando el equipo manual Jackleg, y la evaluación del costo por metro perforado.	<p>Caracterización geomecánica</p> <p>Parámetros de la perforación</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Índices RMR, RQD y Q del macizo rocoso • Familias de discontinuidades • Parámetros de las discontinuidades • Factores y parámetros de perforación. • Metros perforados • Cantidad de aceros de perforación. • Longitud de desviación de taladros (cm)
V.D Mejorar la fragmentación del macizo rocoso	Es mejorar el tamaño de detritus, la disminución del porcentaje de la dilución y sobre rotura, tras el disparo realizado, por medio de la mejora del diseño de malla de perforación y voladura, mejorando este control ayudarán a reducir el costo de avance lineal de la galería principal.	<p>Evaluación de la fragmentación del macizo rocoso</p> <p>Evaluación de los costos de avance de los frentes de preparación</p>	<ul style="list-style-type: none"> • % de dilución • % de sobrerotura • Tamaño de detritus • P.U. de perforación (\$/m) • P.U. de voladura (\$/m) • P.U. del equipo de perforación Jack leg (\$/m)

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

2.1.1 Antecedentes nacionales

- a) Tesis titulada: «*Diseño y aplicación de una nueva malla de perforación y voladura para optimizar los costos en una Unidad Minera de la Libertad – 2021*» realizada en la Universidad Nacional del Norte. El objetivo del estudio fue aportar una metodología experimental apropiada para optimizar los costos de perforación y voladura aplicando una nueva malla de perforación y voladura en las labores de preparación y desarrollo de los niveles de profundización 19 y 20 de una unidad minera de la Libertad-2021 (1). Además, la metodología tiene las siguientes características (1):
- ✓ Después de aplicar el nuevo modelo de malla de perforación y voladura en las labores de preparación y desarrollo de los niveles de profundización 19 y 20 de una Unidad Minera de la Libertad-2021 (1).

 - ✓ Se logró optimizar significativamente los costos en los procesos de perforación y voladura en 30.93 \$/disparo, obteniendo un ahorro de \$ 11,248.36 en el primer mes de aplicación (1).

 - ✓ Se diseñó y aplicó una nueva malla de perforación y voladura empleando el método matemático de Roger Holmberg en las labores de preparación y desarrollo de una unidad minera, con lo cual se logró reducir el número de taladros de 45

taladros/disparo a 40 taladros/disparo, por consiguiente, al disminuir la cantidad de taladros se redujeron los costos de mano de obra de 16.80 \$/disparo a 14.93 \$/disparo, es decir en un 11 %, el costo de la perforación se redujo de 104.71 \$/disparo a 94.93 \$/disparo, reduciendo en un 9 % y los costos de voladura se redujeron de 114.21 \$/disparo a 94.93 \$/disparo, reduciendo en un 17 % (1).

- ✓ Además, la aplicación del método de Roger Holmberg mejoró el grado de fragmentación del material volado, gracias a una mejor distribución de los taladros en el frente de perforación, una adecuada secuencia de iniciación de los taladros y un mejor aprovechamiento de la energía del explosivo, debido a que se realizó el cambio de la Semigelatina 65 por una Semexa 65 de mayor diámetro con el objetivo de lograr un mayor confinamiento del explosivo, evitando las voladuras secundarias y disminuyendo los gruesos de material (1).

b) Tesis titulada: «*Optimización de perforación y voladura por el método de Roger Holmberg en minera aurífera Estrella de Chaparra S.A.*» realizada en la Universidad Tecnológica del Perú. El objetivo del estudio fue determinar en qué medida influye la optimizar las operaciones de voladura mediante el diseño de malla de perforación usando el modelo de Holmberg para en el tajeo nuevo porvenir de la unidad minera “Estrella de Chaparra S.A.” – Arequipa (2). Además, la metodología tiene las siguientes características (2):

- ✓ El diseño de malla de sección 2mx10m mediante el modelo Holmberg se incrementó la longitud efectiva de perforación a 1,71 metros desde 1.5 y así reduciendo en número de taladros considerablemente (2).
- ✓ El diseño de malla de sección 2mx10m mediante el modelo Holmberg, ha permitido una reducción de 37.13% los costos de perforación y voladura, siendo los costos de perforación y voladura desde 11.39 \$/t a 7.16 \$/t (2).
- ✓ A través del diseño de malla de sección 2 mx10m de perforación se logró optimizar los tiempos y costos de perforación y voladura teniendo una minimización de 110 taladros distribuidos en 22 filas de 5 taladros a un total de 68 taladros distribuido en 17 filas de 4 taladros cada uno donde el burden se cambió de 0,45m a 0,57m y los espaciamientos de 0,45m a 0,63m (2).

- ✓ A través del diseño de malla se redujo los costos de perforación de 7.03 \$/t a 4.12 \$/TM disminuyendo considerablemente en 2.91 \$/tm. Y asimismo en voladura se redujo los costos desde 4,36 \$/t a 3.04 &t haciendo una reducción de 1,21 \$/t a pesar que se cambió los explosivos de EXSA-65% 7/8" +/- 7" a utilizar el nuevo E65% 1.1/4" +/- 8" debido a que tiene mayor potencia y velocidad de detonación (2).

- c) Tesis titulada: «*Diseño de malla de perforación y voladura para mejorar la fragmentación de roca en Mina Paola de Compañía Minera San Lucas S.A.C.*» realizada en la Universidad Nacional del Centro del Perú. El objetivo del estudio fue aportar una metodología experimental apropiada para diseñar una malla de perforación y voladura para mejorar la fragmentación de rocas en mina Paola de Compañía Minera San Lucas S.A.C. (3). Además, la metodología tiene las siguientes características (3).
 - ✓ En mina Paola de la Compañía Minera San Lucas S. A. C. se ha diagramado una nueva y mejor malla de perforación y voladura; esta malla ha sido realizada empleando la teoría de Roger Holmberg, malla en la cual se ha calculado y estandarizado los parámetros correspondientes (3).

 - ✓ La mina Paola geológica y geomecánicamente está dentro de rocas del tipo III A denominada también del tipo Regular A, con un RMR 61,4 %; 3. Se mejoró los parámetros de perforación, mejorando los siguientes:
 - Se disminuido la cantidad de taladros de 31 a 41, lo que representa una mejora eficiente de 32,26 por ciento (3).
 - La longitud del taladro se ha aumentado de 3,22 m a 3,51 m, esto representa un incremento de avance en cada disparo de 9 por ciento (3).
 - La medida del taco se ha disminuido de 0,5 m a 0,43 m, lo que nos indica que se ha mejorado en 14 por ciento, y por tanto se ha mejorado su efectividad (3).

- d) Tesis titulada: «*Diseño de perforación y voladura en minería convencional para minimizar los costos en el frente de labores de desarrollo Compañía Minera Yanaquihua S. A. C.*» realizada en la facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. El objetivo del estudio fue aportar una metodología experimental apropiada para optimizar las operaciones de perforación

y voladura mediante un nuevo diseño de malla de perforación para reducir los costos de minado en el frente del Crucero 802 en la Unidad Minera Yanaquihua S.A.C (4). Además, la metodología tiene las siguientes características (4):

- ✓ Gracias a la implementación de la nueva malla de perforación y voladura se logró optimizar las operaciones de minado del Crucero 802 y se pudo reducir el costo unitario de perforación y voladura de US\$ 211.22 a US\$ 167.87, lográndose ahorrar US\$ 43.35 por metro de avance lineal (4).
- ✓ Se pudo evaluar los parámetros de perforación y voladura anterior dando como resultado bajos rendimientos en las operaciones de minado y por ende elevados costos de perforación y voladura (4).
- ✓ Se logró diseñar una malla de perforación óptima para el Crucero 802 y se superó el problema del bajo rendimiento de avance por disparo lográndose optimizar en un 20.17%, es decir se incrementó de 1.14 m/disparo a 1.37 m/disparo (4).
- ✓ Se determinó la carga explosiva adecuada, haciendo que se reduzca el consumo de explosivo de 11.24 Kg a 9.78 kg por disparo (12.98%) (4).

e) Tesis titulada: «*Diseño de estándares de perforación y voladura de rocas, para normalizar la fragmentación del material resultante de la Construcción de la Rampa Positiva 050 de la Mina Arequipa M – CIA Minera AC Agregados S. A. C.*» realizada en la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. El objetivo del estudio fue diseñar los estándares de perforación y voladura de rocas, para normalizar la fragmentación del material resultante de la construcción de la rampa Positiva 050 de la mina Arequipa M – CIA Minera A.C. Agregados S.A.C. (5). Además, la metodología tiene las siguientes características (5):

- ✓ Al diseñar los estándares de perforación y voladura de rocas, normalizan la fragmentación del material resultante de la construcción de la rampa Positiva 050 de la mina Arequipa M – CIA Minera A.C. Agregados S. A. C (5).
- ✓ Se diseñó los estándares de perforación y voladura de rocas en la rampa Positiva 050 de la mina Arequipa M (5).

- ✓ Se normalizo la fragmentación del material resultante de la voladura.
- ✓ Se validó del estándar de perforación y voladura en la rampa Positiva 050 de la mina Arequipa M (5).
- ✓ La caracterización del macizo rocoso es fundamental para realizar cualquier diseño y para la continuidad de las operaciones de la construcción de la rampa Positiva 050 de la mina Arequipa M (5).
- ✓ Es preciso que el criterio del mapeador o equipo de mapeo este apoyado en sólidos conocimientos teóricos y prácticos (experiencia), puesto que todo proceso de caracterización de la fragmentación los tiene como pilares.

2.2 Generalidades de la minera Apmnac Pulpera

2.2.1 Ubicación y accesibilidad

La mina Pulpera perteneciente a la empresa minera Apmnac - Pulpera Caylloma, del proyecto minero Condor se ubica en la provincia y distrito de Caylloma, departamento de Arequipa; a 137 kilómetros al Norte hasta el pueblo de Caylloma y 18 kilómetros al norte vía carrozable, llegando casi al límite fronterizo entre los departamentos de Cusco y Arequipa

Tabla 2. Coordenadas W.G.S.– 84, mina Pulpera (zona 1)

Norte	Este	Altura	Detalle
8328200	203200	4810 m.s.n.m.	Punto Central Mina
8329121	203607	4787 m.s.n.m.	Nivel 10
8329124	203636	4813 m.s.n.m.	Nivel 20
8329149	203503	4848 m.s.n.m.	Nivel 40
8329143	203615	4864 m.s.n.m.	Nivel 60

Tomada del departamento de Geología y Planeamiento de la minera APMINAC Pulpera (6)

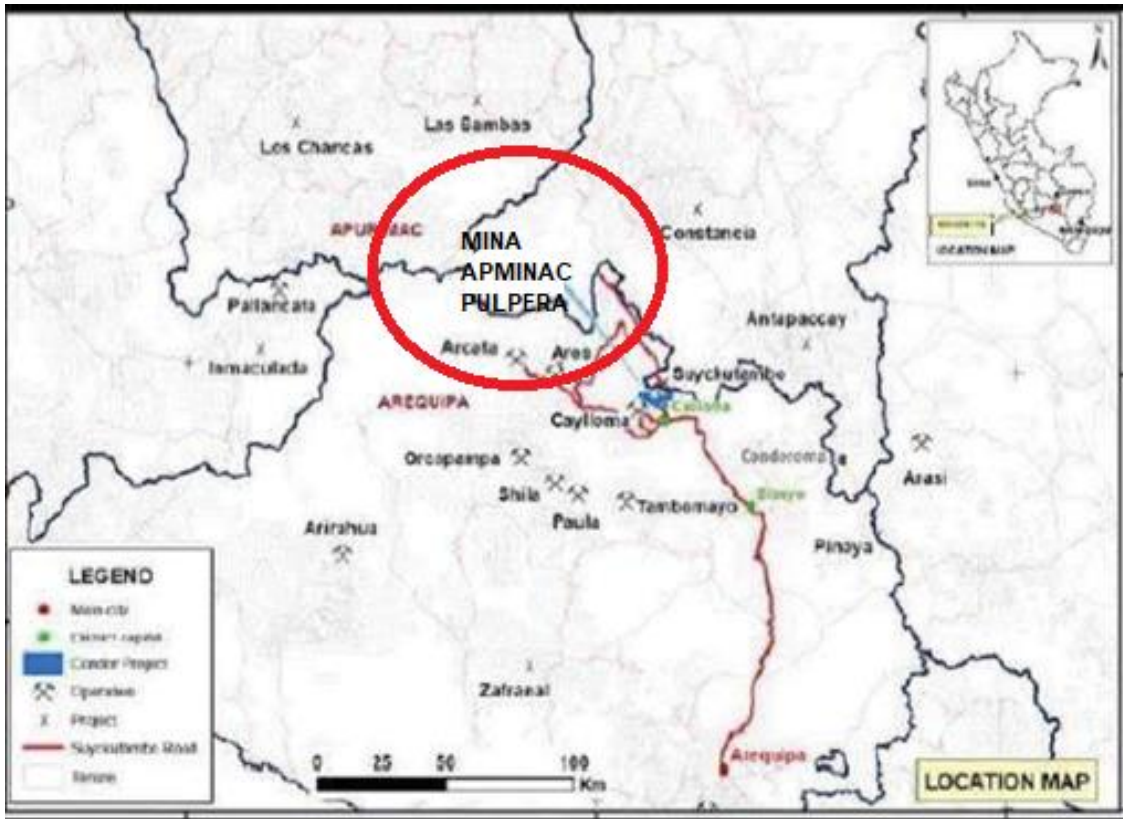


Figura 1. Ubicación de la mina Apmnac Pulpera
Tomada del departamento de Geología y Planeamiento de la minera APMINAC Pulpera (6)

La accesibilidad desde el departamento de Lima a la Mina APMINAC PULPERA, se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3. Ubicación y accesibilidad de la mina Apmnac Pulpera

Ruta	Distancia (km)	Tipo de vía	Tiempo Aproximado (hr)
Lima - Arequipa	1012	Asfaltado	16 horas.
Arequipa – Caylloma	137	Asfaltada y afirmada	7 horas.
Caylloma – Apmnac Pulpera	18	Asfaltada y afirmada	1 hora
TOTAL	1167		24 horas

Tomada del departamento de Geología y Planeamiento de la minera APMINAC Pulpera (6)

2.2.2 Geología.

2.2.1.1. Geología local

La mina Pulpera, litológicamente, se encuentra sobre los volcánicos cenozoicos de la formación Orcopampa correlacionable con el grupo Tacaza de edad Terciaria

superior, las vetas yacen encajadas sobre tobas brechas, tobas silíceas, andesitas brechadas y aglomerados andesíticos (6).

El grupo Tacaza cubre aproximadamente el 45 % del área total del cuadrángulo de Caylloma. En la formación Orcopampa se han diferenciado tres miembros denominados “A”, “B” y “C” (6).

La mina Pulpera pertenece al miembro “A” aflora casi en forma continua en el extremo occidental del cuadrángulo de Caylloma, en este miembro se han emplazado las minas Caylloma, Suyckutambo y San Miguel; el miembro “A” tiene un espesor promedio de 1,000 m (6).

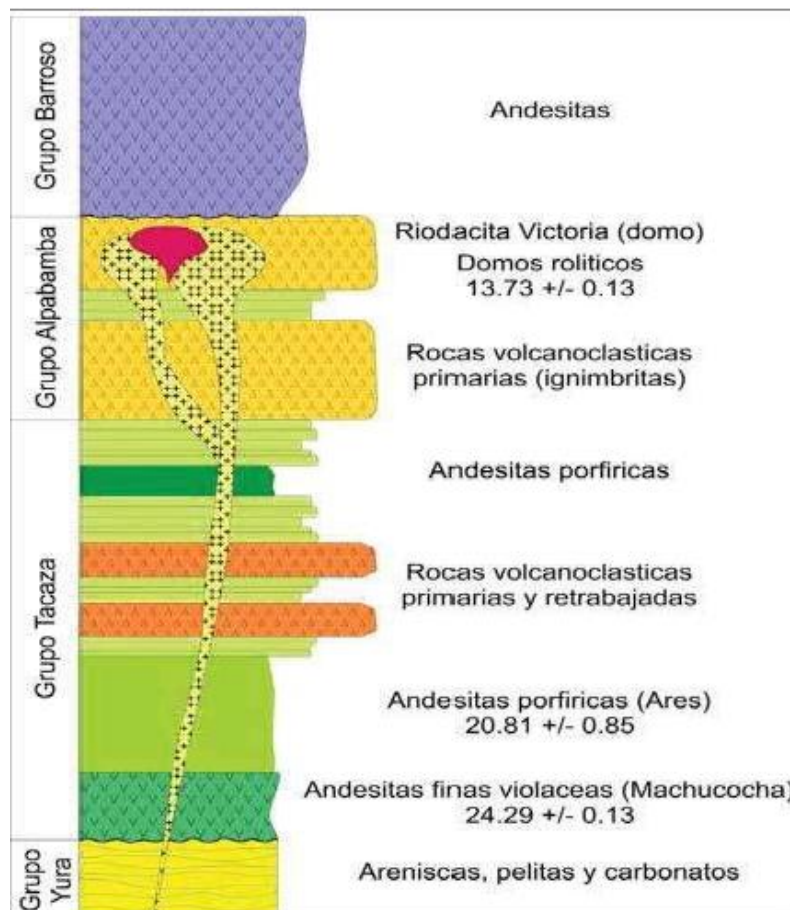


Figura 2. Columna estratigráfica local
Tomada del departamento de Geología y Planeamiento de la minera APMINAC Pulpera (6)

2.2.1.2. Geología estructural

Estructuralmente, las vetas son un conjunto de fracturas tensionales de dirección este-oeste producidas a partir de fallas normales sinextrales de rumbo noroeste-

sureste, estas fallas son las responsables de generar aberturas para la etapa del emplazamiento de la mineralización (6).

Las fallas más representativas son la falla Chila, Chila 2, falla Pausa, falla-veta Condorsayana, todas estas fallas son de rumbo NW-SE. Existen fracturas tensionales de rumbo este-oeste son representadas por las vetas Celia, Froilán, San Pablo-Gringa, Flora, Lourdes, Julia, Rita, Roxana y Juana (6).

En el alineamiento estructural Caylloma-Suyckutambo se observa 02 etapas de formación de fallas que dieron origen a las fallas tensionales y su respectiva mineralización, representado por la falla Chila y Condorsayana; y las fallas Santiago y Chonta. La falla "Pausa" generó una fractura tensional denominada veta "Celia" y dentro la veta se formaron aberturas lo suficientemente potentes para que durante la etapa de mineralización estas fracturas decepcionen la mineralización (6).

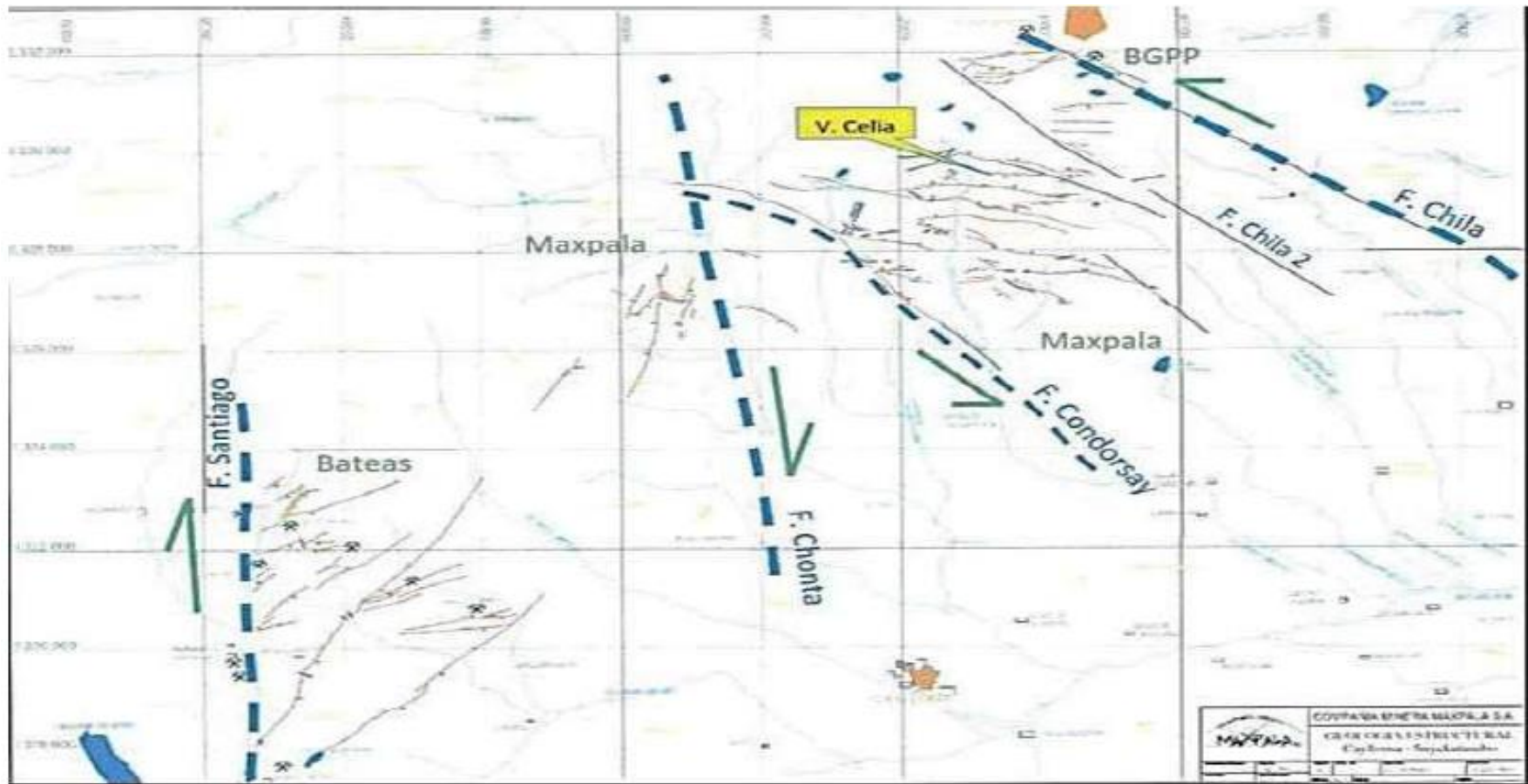


Figura 3. Geología estructural
 Tomada del departamento de Geología y Planeamiento de la minera APMINAC Pulpera (6)

2.2.1.3. Geología económica

Las vetas de la mina Pulpera tienen un rumbo de N 50° E y están relacionadas a la falla-veta Chila con rumbo N 45° O, las vetas de la mina tienen un rumbo promedio de N 30° - 45° O con un ancho 1.20 m; tiene como roca-caja a las volcánicas del Grupo Tacaza (6).

2.2.1.4. Mineralogía

La veta Julia es la que más se ha desarrollado, en esta veta se ha podido apreciar 02 etapas de mineralización; en una primera etapa, mineralización enriquecida con galena-esfalerita-tetrahedrita donde el oro se encuentra molecularmente incluido dentro las esfaleritas, la etapa es coetáneo al brechamiento o craquelamiento de la veta formando una zona de Plomo-Zinc con una migración de fluidos hacia el este, los clavos mineralizados 1 y 2 son propios de la primera etapa (6).

Durante una segunda etapa de mineralización, los fluidos fueron cargados de tetrahedrita-electrum, además el oro se encuentra incluido en la tetrahedrita formando una zona exclusiva de plata cuyos fluidos tienden a migrar hacia el oeste, propio del clavo mineralizado (7).

2.3 Bases teóricas

2.3.1 Evaluación Geomecánico de la minera Apmnac Pulpera

La evaluación geomecánica de la mina es un proceso que permite determinar el comportamiento de la roca, dicho comportamiento es de vital importancia porque ayudará a determinar el sostenimiento en la mina, en caso contrario contribuirá a determinar si no necesitamos sostenimiento, en muchos de los casos la zonificación geomecánica de las diversas labores nos dará una perspectiva que ayudará a determinar el sostenimiento a medida que se profundicen las labores.

El análisis geomecánico será de dos niveles, los niveles a estudiar serán el Nv 20 y el Nv 40, el nivel más profundo es el Nv 20 con aproximadamente 490 metros, el Nv 40 con 420 metros, estos niveles son los más profundos y nos ayudaran a interpolar los otros niveles en la zonificación geomecánica. En el siguiente gráfico se muestra los niveles a ser estudiados y los dimensionamientos de los clavos propios de la veta Celia.

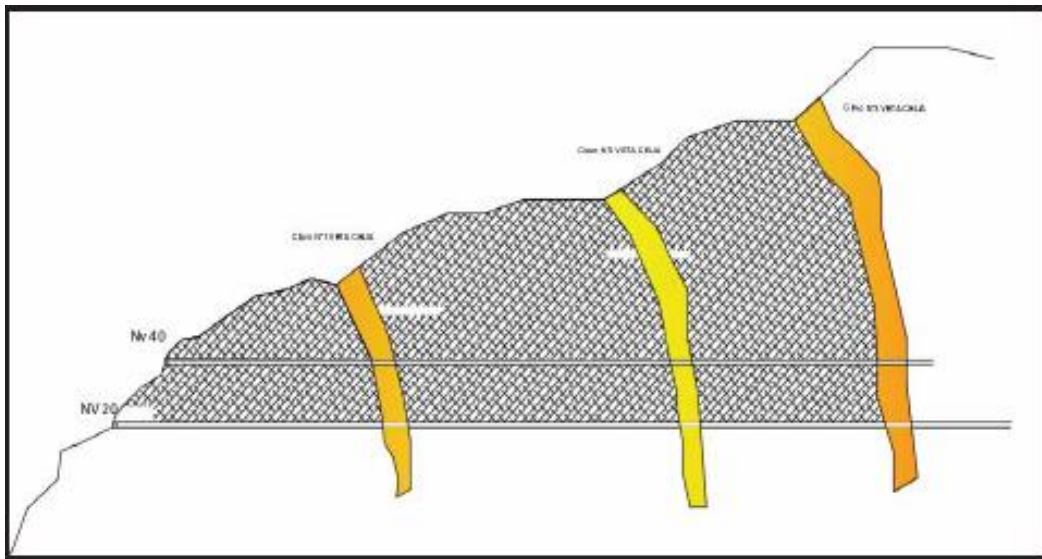


Figura 4. Diseño de las labores del Nv 20 y Nv 40
 Tomada del departamento de Geología y Planeamiento de la minera APMINAC Pulpera (6)

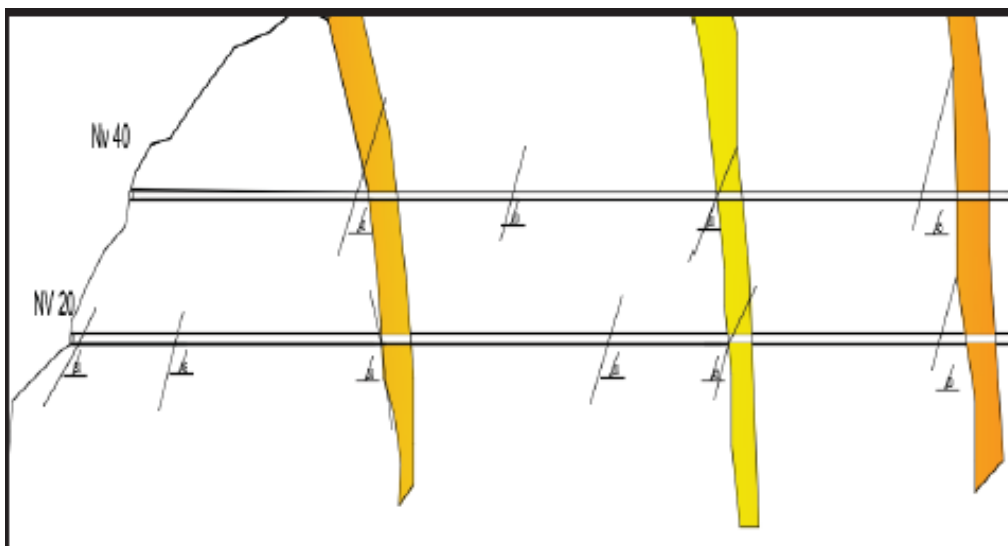


Figura 5. Discontinuidades niveles 20 y 40
 Tomada del departamento de Geología y Planeamiento de la minera APMINAC Pulpera (6)

Tabla 4. Evaluación geomecánica del tipo de roca en el Nv 20

MAPEO GEOMECÁNICO								
NIVEL 20	LUGAR: NIVEL 20	FECHA: 05/05/22			ALTURA			
LITOSTATICA: 100 m								
VALORACION DEL MACIZO ROCOS (R.M.R)								
RANGO DE VALORES								
PARAMETRO	MARCAR RANGOS							
I) R. COMPRES. UNIAXIAL (MPa)	> 250 (15)	100 - 250 (12)	X 50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	< 25	< 5	< 1 (0)	7
II) RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	X 50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	< 25 (3)		13	
III) ESPACIAMIENTO (m)	> 2 (20)	0.6 - 2 (15)	X 0.2 - 0.6 (10)	0.06 - 0.2 (8)	< 0.06 (5)		13	
IV)CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1 m long (6)	X 1 - 3m Long (4)	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)	4	
	ABERTURA	cerrada (6)	< 0.1mm apert.	X 0.1 - 1 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4	
	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	X Lig. Rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	3	
	RELLENO	Limpio (6)	Duro < 5 mm (4)	X Duro > 5 mm (2)	Suave < 5 mm	Suave > 5 mm (0)	2	
V) AGUA SUBTERRÁNEA	ALTERACION	Sana (6)	Lig. Alterada (5)	X Mod. Alterad. (3)	Muy Alterada (2)	Descompuesta (0)	3	
		Seco (15)	Húmedo (10)	X Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	7	
VI) CORR. POR DIRECCIÓN Y BUZAMIENTO	Muy Favorable (0)	Favorable (-2)	X Media (-5)	Desfavorable (-10)	Muy Desfavorable (-12)		-5	
RMR=56	RMR CORREGIDO = (I + II + III + IV + V - VI), RMR corr. = 51						51	
CLASE DE MACIZO ROCOSO								
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0	REGULAR		
DESCRIPCIÓN	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	MUY MAL			

Tomada del departamento de Geología y Planeamiento de la minera APMINAC Pulpera (6).

2.4 Operaciones de minado

2.4.1 Capacidad de producción

La producción diaria de mineral es de 40 TMD con una ley de cabeza promedio de 11.10 gr-Au/ t, la ley cut- off de operación es de 10gr – Au/t. Con una producción mensual de 1200 t / mes al año 14 400 tm al año (9).

2.4.2 Método de explotación

- **Método de corte y relleno ascendente (diseño y descripción)**

El método de minado que se utiliza en la veta Celia es el corte y relleno ascendente, que comprende el dimensionamiento del block mineralizado divididas a 30 metros de altura conjuntamente con la delimitación de los niveles cada 50 metros, la extracción se realizada atreves de buzones y luego transportado por locomotora y vagones a superficie y el relleno de los tajeos es de material detrítico (9). En la siguiente figura se muestra el dimensionamiento del block mineralizado.

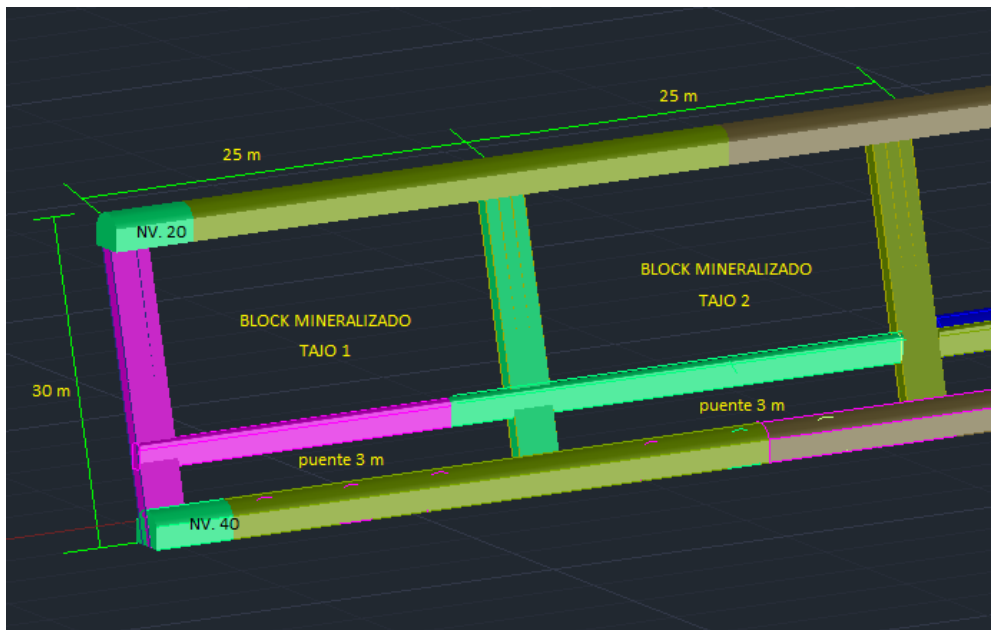


Figura 6. Dimensionamiento del block mineralizado
Tomada del Análisis geomecánico para seleccionar el tipo de sostenimiento en la mina Apmnac Pulpera Caylloma – Arequipa

2.4.3 Ciclo de minado de la mina Apmnac Pulpera Caylloma

El ciclo de minado consta del siguiente ciclo de trabajo como se muestra a continuación:

- ✓ Perforación
- ✓ Voladura
- ✓ Ventilación
- ✓ Regado
- ✓ Desatado
- ✓ Acarreo de material
- ✓ Sostenimiento

- **Equipos de perforación**

Los equipos de perforación utilizados son manuales de perforación neumática JACK LEG RNP S83, que están provistos de 2 sopladores diesel Chart Copco de 186 CFM, los equipos de perforación están situados en los distintos niveles donde se realizan los trabajos de desarrollo, con taladros de 4 y 6 pies (9).

Tabla 5. Parámetros para galería
GALERIA

Seccion (mts)	2.1 x 2.1
Avance (mts)	1.4
Tiempo perforacion (hrs)	2.3
Nº de taladros	33
Nº de taladros de alivio	3
Eff. Perforacion	95%
Long. De perforacion (mts)	1.5
Seccion (mts)	4.41
volumen (mts 3)	5.95

Tomada del Análisis geomecánico para seleccionar el tipo de sostenimiento en la mina Apmnac Pulpera Caylloma – Arequipa

- **Voladura y explosivos**

La voladura se realiza de forma sucesiva, efectiva y versátil, donde se sigue un orden de salida tras el encendido del arranque que hará explotar las cargas explosivas de los taladros para que las caras libres trabajen con la rotura de la roca, los explosivos utilizados son Semexsa 65 % explosivo de la organización Exsa, la carga de la

columna explosiva consta de 6 cartuchos, se utiliza utilizando fulminante N°11 que se asocia con línea de explosión y mecha de rápida para la iniciación (9).

Tabla 6. Característica técnicas dinamita Semexa

Producto EXSA	Cart/caj a	Kgr/cart	densidad gr/cm ³	vel. Deton(m/seg)
semexa 65% de 7/8" por 7"	308	0.08177	1.12	4200

Tomada de EXSA

2.5 Equipo manual perforadora Jackleg

Es una perforadora manual con una barra de avance que se utiliza para la perforación de taladros horizontales e inclinadas, se utiliza básicamente para los trabajos de desarrollo y preparación de galerías, subniveles, taludes y pozos en la minería tradicional (9).

Tabla 7. Especificaciones técnicas de la perforadora manual Jackleg RNP S83

ESPECIFICACIONES	US/IMP	MÉTRICO
Diámetro del Cilindro	3.00"	76.2 mm.
Carrera del Pistón	2.50"	63.5 mm.
Frecuencia de Impacto	2 500 bpm	2 500 gpm.
Long. De la Perforadora	27.25"	692 mm.
Torque	90 lbs-ft	122 Nm
Revoluciones	250 rpm	250 rpm
Consumo de Aire (90 PSI)	110 cfm	51.9 lit. /seg.
Peso de la Perforadora (incluye el empujador)	117.07 lbs	53.10 kg.
Peso de la Perforadora	73.41 lbs	33.30 kg
Peso del Empujador	43.65 lbs	19.8 kg
Long. Del Empujador Contraído	73.00"	1 854.2 mm.
Long. Del Empujador Extendido	128"	3 251 mm.
Dimensiones del Barreno	0.866" X4.25"	22 x 108 mm.

Tomada de RNP México Perfomex Perú S.R.L

2.4.4 Partes principales de una máquina perforadora

Cada máquina de perforación está dividida en tres partes principales: la parte frontal, la parte cilíndrica y el cabezal; estas tres secciones se combinan mediante dos tornillos largos con tuercas llamados tirantes

2.4.5 Accesorios de perforación

Entre los accesorios de perforación tenemos:

- **Barras cónicas**

Es la varilla de acero que tienen el objetivo de transmitir el golpe a la roca a través de la broca, estas varillas por lo general el juego de barras, se empieza a perforar con el patero de patero de 4`, seguidor de 6` y pasador de 8 (10).

- **Brocas cónicas**

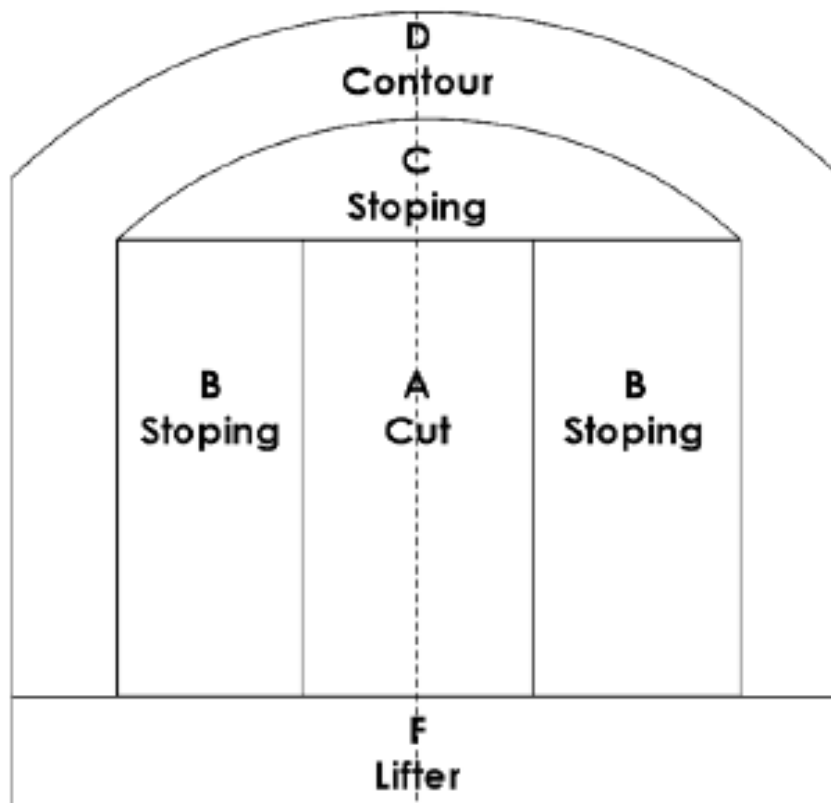
Son los componentes del cuerpo del taladro que juegan con la trituración de la roca, el taladro que está en contacto con la roca es un metal de carburo de tungsteno y cobalto, que puede ser de 36 - 37 mm a más (10)

2.3.2 Modelo matemático de Roger Holmberg

El diseño del método de Holmberg plantea la división del frente de trabajo en 5 secciones como son:

- ✓ A – sección de corte (Cut)
- ✓ B – sección de tajeo (Stoping Section)
- ✓ C – sección de alza (stoping)
- ✓ D – sección de contorno (Contour)
- ✓ E – sección de Arrastre (Lifters)

Cada una de estas secciones son tratados de forma especial respectivamente. (11)
En la siguiente figura se muestra las secciones establecidas por el método de Roger Holmberg



**Figura 7. Secciones establecidas por el método de Roger Holmberg
Tomada del método matemático de Roger Holmberg (11)**

La principal actividad del proceso de voladura en las labores subterráneas es la formación de la cara libre en los frentes de las labores (11).

Los cálculos de la carga de impacto común, como indica el método propuesto por el investigador Roger Holmberg, se completan utilizando el cálculo adjunto:

- ✓ Cálculo para decidir el desarrollo avance.
- ✓ Estimación del corte (Cut).
- ✓ Primer cuadrante.
- ✓ Segundo cuadrante.
- ✓ Tercer cuadrante.
- ✓ Cuarto cuadrante.
- ✓ Estimación del arrastre.
- ✓ Cálculos del taladro de contorno (Piso).
- ✓ Cálculos de los taladros de contorno (paredes).
- ✓ Estimación de la zona de tajeo (stopping)

Esta técnica y cálculo propuesto por Holmberg se sugiere para la estimación y el diseño de perforación y voladura del macizo rocoso en la minería subterránea y en obras civiles túneles de excavación (11).

En la siguiente sección se detallan las 5 secciones del diseño de perforación y voladura propuesto por el investigador Roger Holmberg (11).

- **Diseño de la sección de corte (A)**

El logro o la ineficiencia del disparo de la voladura del macizo rocoso en la excavación, se basa en la realización de caras libres; esto implica que el corte (sección A), es un requisito indiscutible del diseño de malla de perforación y voladura. La secuencia de retardos en el arranque debe ser eficiente y de forma gradual en el incremento del tamaño hasta que las aberturas de ayuda puedan tener caras libres apropiadas (11).

El tipo de arranque será elegido por el equipo de perforación accesible, el ancho de la sección y la velocidad de avance ideal. En el corte en V, la velocidad de avance está limitada por la anchura de la sección; esto no ocurre con los cortes o arranque en paralelo (11).

- **Velocidad de avance**

La velocidad de avance está limitada por el diámetro del taladro vacío y por la desviación de los taladros (11). El avance esperado por disparo debe ser superior al 95 % de la profundidad de la abertura por el taladro (11). El avance por disparo (H) comunicado como un elemento del taladro vacío puede ser denominado por la relación siguiente:

$$H = 0,5 + 34,1\varnothing - 39,4\varnothing^2 \dots\dots\dots(1)$$

Donde:

H = Profundidad del taladro (m)
 \varnothing = Diámetro del taladro vacío (m)

El avance será 95% x H

$$I = 0,95 \times H \dots\dots\dots(2)$$

Las expresiones señaladas anteriormente se aplican en condiciones donde la desviación de la perforación no es superior al 2 %.

Por lo general de los casos de perforación en secciones de las labores mineras y túneles, al no disponer de equipos de perforación a la vez de los taladros vacío equivalente se calcula como se muestra en la siguiente expresión:

$$\varnothing = \sqrt{n} \times d_o \dots\dots\dots(3)$$

Donde:

- d_o = Diámetro de los taladros vacíos en el corte
- n = Número de taladros vacíos en el corte
- \varnothing = Diámetro del taladro vacío equivalente

• **Diseño del corte o arranque**

El cálculo cuando se tiene una sección cuadrada de corte para arranque en paralelo es la siguiente.

➤ **Primer cuadrante**

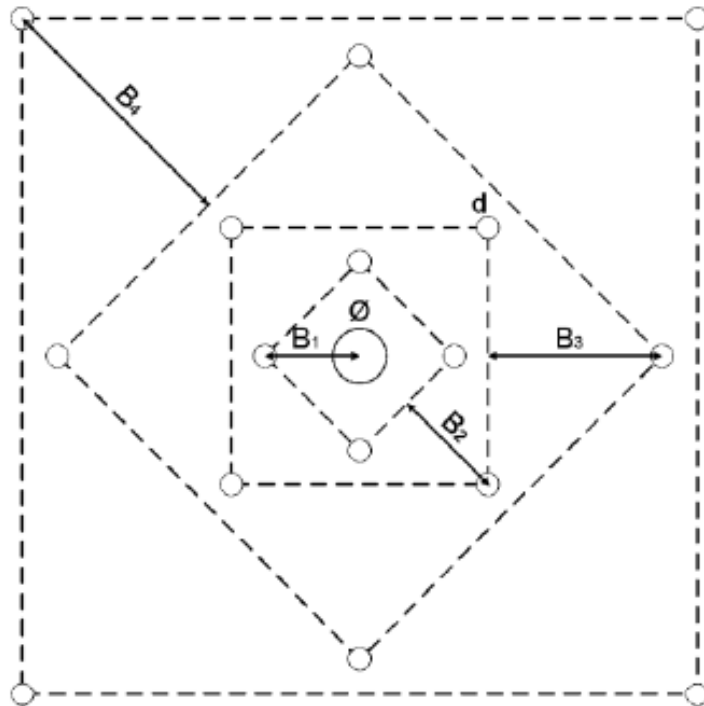


Figura 8. Sección cuadrada de corte para arranque en paralelo Tomada del método matemático de Roger Holmberg (11)

- **Los cálculos del burden para el primer cuadrante**

$$B_1 = \left\{ \begin{array}{l} 1,5\emptyset \text{ si la desviación del taladro es } (0,5\% - 1\%) \\ 1,7\emptyset \text{ si la desviación del taladro es } > 1\% \end{array} \right\} \dots\dots\dots 4$$

Donde:

B_1 = Burden en el 1er cuadrante

\emptyset = Diámetro del taladro vacío o el equivalente

F = Máxima desviación de la perforación

$$F = \alpha \times H + \beta \dots\dots\dots 5$$

Donde:

α = Desviación angular (m/m)

β = Desviación en el collar o empate (m)

H = Profundidad del taladro (m)

- **Los cálculos de concentración de carga del primer cuadrante**

Langerfors y Kihlstrom (1963) han establecido un modelo matemático para el cálculo de carga en el 1er cuadrante (11).

$$q_1 = \frac{d}{0,032} \times \frac{3}{2} \times \left(\frac{B}{\emptyset} \right)^{\frac{3}{2}} \times \left(B - \frac{\emptyset}{2} \right) \dots\dots\dots 6$$

Si $d < 31,75\text{mm}$

Donde:

q_1 = Concentración de carga (Kg/m) en el 1er cuadrante.

B = Burden (m).

\emptyset = Diámetro del taladro vacío (m).

d = Diámetro del taladro de producción (m).

La ecuación 6 es válida para diámetros pequeños $d \leq 1 \frac{1}{4}$ "

En los diámetros más grandes u otro tamaño la concentración de la carga del primer cuadrante se describe en la siguiente sección (11).

$$q_1 = \frac{55 \times d \times \left(\frac{B}{\varnothing}\right)^{\frac{3}{2}} \times \left(B - \frac{\varnothing}{2}\right) \times \left(\frac{C}{0,4}\right)}{S_{ANFO}} \dots\dots\dots 7$$

Donde:

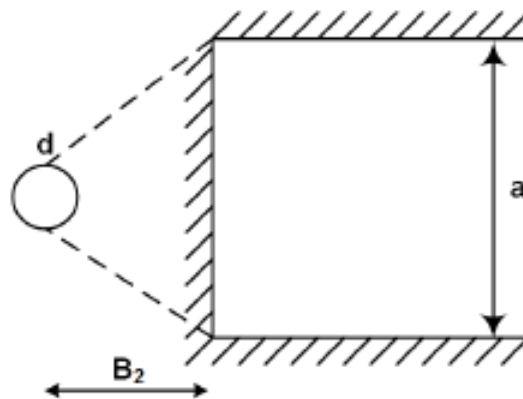
S_{ANFO} = Potencia por peso relativo al AN/FO

C = Constante de roca. Se refiere a la cantidad de explosivo necesario para remover 1m³ de roca.

$C \in [0,2 - 0,4]$ para condiciones en las cuales se desarrolló el modelo ($\bar{C} = 0.4 \text{ Kg/m}^3$).

➤ **Segundo cuadrante**

Una vez disparado el primer cuadrante, en el frente queda una abertura rectangular de ancho (a) (11).



**Figura 9. Salida del arranque abertura rectangular de ancho (a)
Tomada del método matemático de Roger Holmberg (11)**

Para realizar el cálculo como se muestra en la siguiente expresión:

a = Ancho de la abertura creada en el 1er cuadrante.

B1 = Burden en el 1er cuadrante (m).

F = Desviación de la perforación (m).

Si se conocen el Burden (B) y el ancho a; la concentración de carga puede determinarse mediante la siguiente relación:

$$q_2 = \frac{32,3 \times d \times c \times B}{S_{ANFO} \times \left[\sin \left(\tan^{-1} \left(\frac{a}{2B} \right) \right) \right]^{1,5}} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}} \right) \dots\dots\dots 9$$

En cuanto si se conoce la concentración de carga y el ancho a, el burden “B”, para el segundo cuadrante se puede determinarse en función de “a” y “q” (11).

$$B = 8,8 \times 10^{-2} \times \sqrt{\frac{a \times q_2 \times S_{ANFO}}{d \times c}} \text{ (m)} \dots\dots\dots 10$$

Se realiza la sustitución del 8,9 en la expresión 10, el burden para el segundo cuadrante como se muestra en la siguiente expresión:

$$B = 10,5 \times 10^{-2} \times \sqrt{\frac{(B_1 - F) \times q_2 \times S_{ANFO}}{d \times c}} \dots\dots\dots 11$$

El Burden práctico será:

$$B_2 = (B - F) \dots\dots\dots 12$$

Restricciones para calcular B:

$$B_2 \leq 2a \dots\dots\dots 13$$

Si no presenta deformación plástica, la concentración de carga se halla en la siguiente expresión:

$$q_2 = \frac{22,2 \times d \times c \times 2a}{S_{ANFO} \left[\sin \left(\tan^{-1} \left(\frac{1}{4} \right) \right) \right]^{1,5}} \dots\dots\dots 14$$

o

$$q_2 = 540 \times \frac{d \times c \times a}{S_{ANFO}} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}} \right) \dots\dots\dots 15$$

Si no se tiene la restricción de la deformación plástica, ya se debe elegir otro explosivo con potencia por, pero menor para controlar y mejorar la fragmentación (11).

Todo ángulo de apertura tiene que ser menor a 90 %, como se muestra en la siguiente expresión:

$$B_2 > \frac{a}{2} \dots\dots\dots 16$$

Para mejor lo mencionado anterior Gustaffson propone lo siguiente para cada cuadrante.

$$B = 0,7 \times a \dots\dots\dots 17$$

➤ **Sección de arrastres:**

Para calcular el burden de los arrastres se debe realizar el cálculo con la siguiente expresión como en la voladura de bancos.

$$B = 0,9 \times \sqrt{\frac{q \times S_{ANFO}}{C \times f \times \frac{S}{B}}} \dots\dots\dots 18$$

Donde:

- B = Burden (m)
- q = Concentración de carga (Kg/m)
- C = Constante de roca.

$$C = \begin{cases} \bar{c} + 0,05 & B \geq 1,4m \\ \bar{c} + \frac{0,07}{B} & B < 1,4m \end{cases}$$

$$\bar{c} = 0,4$$

- f = Factor de fijación.
- f = 1 Para taladros verticales.
- f < 1 Para taladros inclinados.

$$\frac{S}{B} = \text{Relación de espaciamento/Burden.}$$

La aplicación de esta fórmula es para casos en el que $B \leq 0.6H$; para otros casos es conveniente reducir la concentración de carga. (11)

Cálculo del número de taladros en el arrastre está dado por:

$$N = \left[\frac{\text{ancho del túnel} + 2H \times \text{sen}(\gamma)}{B} + 2 \right] \dots\dots\dots 19$$

Donde:

- N = Número de taladros de arrastre.
- H = Profundidad de los taladros.
- γ = Ángulo de desviación en el fondo del taladro.

$$\bar{\gamma} = 3^\circ$$

B = Burden

Para el espaciamento de los taladros S es calculado en la siguiente formula:

$$S = \frac{\text{ancho del túnel} + 2H \times \text{sen}(\gamma)}{N-1} \dots\dots\dots 20$$

Para taladros de la esquina el espaciamento está dado por:

$$S^1 = S - H \times \text{sen}(\gamma) \dots\dots\dots 21$$

El Burden práctico como función de y F está dado por:

$$S^1 = B - H \times \text{sen}(\gamma) - F \dots\dots\dots 22$$

En la carga de la longitud de fondo (h_b) está representada por la siguiente expresión:

$$h_b = 1,25 \times B^1 \dots\dots\dots 23$$

La carga de la longitud de la columna (h_c) está representada por la siguiente expresión:

$$h_c = H - h_b - 10d \dots\dots\dots 24$$

Mayormente se recomienda cargas de columna del 70%, a la carga en el fondo. Los taladros de tajeo (Stopping) de las secciones B y C, en el cálculo de la carga “q” y el burden “B”, son los mismo que se emplean en el cálculo de bancos, utilizados en los arrastres (lifter). (11) como se muestra en la siguiente expresión:

$$\text{En la sección B : } f = 1,45 \text{ y } \frac{S}{B} = 1,25$$

$$\text{En la sección C : } f = 1,20 \text{ y } \frac{S}{B} = 1,25$$

La carga que se concentra en la columna debe ser equivalente al 50% de la carga concentrada de fondo (qb). (11)

➤ **Formar la zona de perforación – sección D**

Para la voladura de los túneles que no requiere una voladura controlada, el espaciamento y el burden, que se determina según lo que se ha usado para hallar la

sección de arrastre con la distinción de que $f = 1,2$ y $S/B = 1,25$ y la concentración de la carga de la columna respectivamente es igual al 50% de la concentración de carga en el fondo (11).

Si se va a usar una voladura controlada (smooth blasting) los daños en las cajas de la labor se minimizan, según el análisis (Pearson 1973) establece que el espaciamiento es desacuerdo al diámetro del taladro. (11)

$$S = K \times d \text{ (m)} \dots\dots\dots 25$$

Donde K es un valor constante y $K \in (15,16)$ para la proporción S/B debe utilizarse un valor de 0,80 (11).

➤ **Daños provocados por el impacto de rocas – Sección E**

En el proceso de la voladura, las ondas propagadas de choque se generan gracias a la detonación de la mezcla explosiva, en relación con la velocidad de la partícula y de la velocidad de propagación de la onda (11).

(Persson, Holmberg) han rastreado una relación experimental para determinar la velocidad de la molécula y ésta es la siguiente:

$$V = 700 \times \frac{W^{0.7}}{R^{1.5}} \dots\dots\dots 27$$

Donde:

- V = Velocidad de la partícula (mm/s)
- W = Peso de la carga explosiva (Kg)
- R = Distancia (m)

La utilización de esta proporción se sugiere para distancias más notables que 1m (11).

Para la concentración de carga entre 0,2 - 25 kg/m, se ve que como suponiendo que la velocidad de la partícula es mayor que 500 mm/s, el daño del macizo rocoso circundante podría darse (11).

CAPÍTULO III

MÉTODO DE DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 Método y alcances de la investigación

3.1.1 Método general o teórico de la investigación

a) Método general

Se utilizará el método deductivo porque se realizará la optimización del diseño de la malla de perforación y voladura para mejorar la fragmentación del macizo rocoso de la galería principal zona Ancasillo, veta Julia, mina Apmiac Pulpera.

b) Método específico

El método específico que se empleará es el método experimental deductivo, porque se realizará la optimización del diseño de la malla de perforación y voladura, para mejorar la fragmentación del macizo rocoso de la galería principal zona Ancasillo, Veta Julia, Mina Apmiac Pulpera.

3.1.2 Alcance de la investigación

a) Tipo de investigación

Es aplicativa, porque el objetivo de la investigación es realizar la optimización del diseño de la malla de perforación y voladura, para mejorar la fragmentación del macizo rocoso de la galería principal zona Ancasillo, Veta Julia, Mina APMINAC Pulpera.

b) Nivel de investigación

Es explicativo, porque para realizar la optimización el diseño de la malla de

perforación y voladura, en primer lugar, se realizará el análisis geomecánico del macizo rocoso, a fin de mejorar la fragmentación del macizo rocoso de la galería principal zona Ancasillo, Veta Julia, Mina Apmínac Pulpera.

3.2 Diseño de la investigación

Es experimental.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

Los frentes de avance de preparación y desarrollo de la mina Apmínac Pulpera.

3.3.2 Muestra

La galería principal de la zona Ancasillo, veta Julia, mina Apmínac Pulpera.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos

- Observación: se realizará la recolección de datos en campo, mediante la técnica observacional y procesamiento de datos actuales de la perforación, representado por la galería principal, zona Ancasillo, veta Julia, mina Apmínac Pulpera.

Para la investigación se utilizará como instrumento de campo: cuaderno de notas, planos, vernier, flexómetro, y herramientas de gestión de la mina Apmínac Pulpera. Recopilación de datos de la perforación, factores y parámetros, control de uso y consumo, utilizando programa Excel, tesis, libros y laptop para el procesamiento de los datos.

3.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos.

- ✓ Informes
- ✓ Publicaciones
- ✓ Tesis
- ✓ Planos
- ✓ Fichas
- ✓ Libros
- ✓ Internet
- ✓ PC

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Optimizar el diseño de la malla de perforación y voladura para mejorar la fragmentación del macizo rocoso, galería principal, mina Apmnac Pulpera

La galería principal de la zona Ancasillo de la veta Julia cuenta con una extensión de 100 metros, el que servirá como labor principal para poder extraer el mineral procedente de la veta Julia.

En la siguiente figura se muestra el plano longitudinal de la galería principal de la zona Ancasillo de la veta Julia.

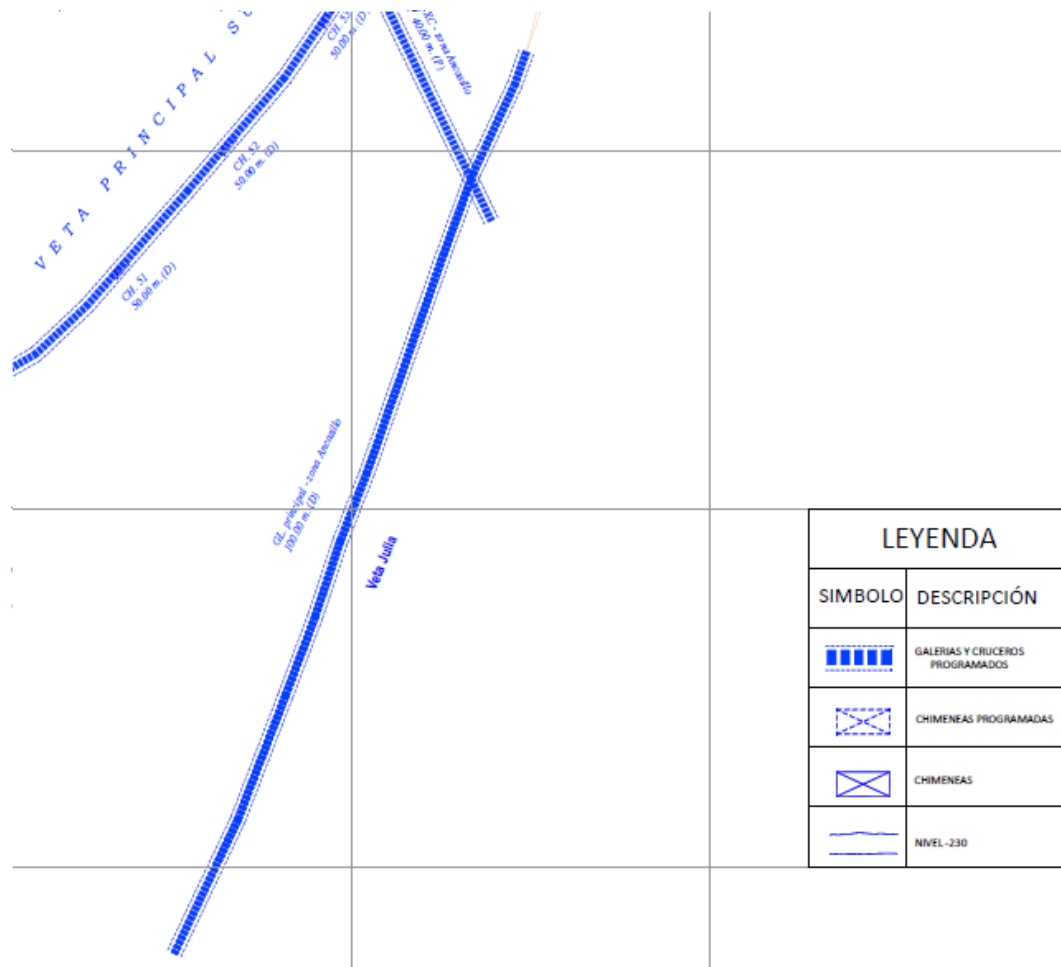


Figura 10. Plano longitudinal de la galería principal de la zona Ancasillo de la veta Julia Tomada del departamento de Planeamiento de la minera Apmnac Pulpera (12)

4.1.1 Evaluación geomecánica de la galería principal, zona Ancasillo de la veta Julia

En la galería principal de la zona Ancasillo se encuentra en la veta Julia, esta labor de desarrollo ayuda con el minado de esta veta, el estudio geomecánico ayudará a determinar el tipo de roca en el que se encuentra, esto contribuirá a realizar el mejoramiento de los parámetros de perforación y voladura en el diseño de la malla para los frentes de avance.

Para determinar el tipo de roca se realizó el mapeo geomecánico como se muestra en la siguiente tabla. Se observa el mapeo geomecánico Bieniawski del tipo de roca de la galería principal de la zona Ancasillo, veta Julia.

Tabla 8. Mapeo geomecánico Bieniawski del tipo de roca de la galería principal de la zona Ancasillo, veta Julia

MAPEO GEOMECÁNICO								
LUGAR: Galería principal de la zona Ancasillo			FECHA: 05/01/23			ALTURA LITOSTATICA: 100 m		
VALORACION DEL MACIZO ROCOS (R.M.R)								
RANGO DE VALORES								
PARÁMETRO	MARCAR RANGOS							VALOR ACIÓN
I) R. COMPRES. UNIAXIAL (MPa)	> 250 (15)	100 - 250 (12)	X 50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	< 25	< 5	< 1 (0)	7
II) RQD %	90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	X 50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	< 25 (3)			13
III) ESPACIAMIENTO (m)	> 2 (20)	0.6 - 2 (15)	X 0.2 - 0.6 (10)	0.06 - 0.2 (8)	< 0.06 (5)			13
IV)CONDICIÓN DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1 m long (6)	X 1 - 3m Long (4)	3 - 10 m (2)	10 - 20 m (1)	> 20 m (0)		4
	ABERTURA	cerrada (6)	< 0.1mm apert.	X 0.1 - 1 mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)		4
	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	X Lig. Rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)		3
	RELLENO	Limpio (6)	Duro < 5 mm (4)	X Duro > 5 mm (2)	Suave < 5 mm	Suave > 5 mm (0)		2
	ALTERACIÓN	Sana (6)	Lig. Alterada (5)	X Mod. Alterad.	Muy Alterada	Descompuesta (0)		3
V) AGUA SUBTERRÁNEA	Seco (15)	Húmedo (10)	X Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)		7	
VI) CORR. POR DIRECCIÓN Y BUZAMIENTO	Muy Favorable (0)	Favorable (-2)	X Media (-5)	(-10)	Muy Desfavorable (-12)		-5	
RMR=56	RMR CORREGIDO = (I + II + III + IV + V - VI), RMR corr. = 51							51
CLASE DE MACIZO ROCOSO								III
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0	REGULAR		
DESCRIPCIÓN	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	MUY			

Tomada del departamento de Geomecánica de la minera APMINAC Pulpera (8)

4.1.1.1 Evaluación geomecánica de la galería principal de la zona Ancasillo, veta Julia

La galería principal de la zona Ancasillo, se encuentra en roca galena y esfalerita, con alteraciones, con RMR 60 - 41, catalogado de acuerdo con el GSI como un macizo rocoso regularmente Fracturado (F/R). En la siguiente tabla se muestra la caracterización geomecánica del macizo rocoso de la galería principal de la zona Ancasillo, veta Julia.

Tabla 9. Caracterización geomecánica del macizo rocoso de la Galería principal de la zona Ancasillo, Veta Julia

Labor	Buzamiento	Tipo de Roca	Evaluación del GSI			Evaluación de Bieniawski		
			Mineral	Caja techo	Calidad	RMR	Calidad	Tiempo
GL principal - zona Ancasillo	60	Regular III A	F/R	F/B	Regular	60 - 41	Regular	inmediato

Tomada del departamento de Geomecánica de la minera Apmnac Pulpera (8)

Interpretación:

Según la tabla, se muestra la caracterización geomecánica de la galería principal de la zona Ancasillo, veta Julia, en el que se tiene una roca de un tipo Regular "A" III A; en consecuencia, se realiza un sostenimiento con malla de 4" x 4" no galvanizada y barra helicoidal de 7 pies, intermediando con slip set de 7 pies, distribución de pernos en cocada.

4.2 Optimizar el diseño de la malla de perforación y voladura para mejorar el avance lineal de la galería principal, mina Apmnac Pulpera

Para el análisis del disparo, de acuerdo con la mejora del diseño de la malla de perforación y voladura para mejorar el avance lineal, se evaluó el análisis en dos escenarios el actual y el escenario optimo después de realizar las mejoras realizadas.

4.2.1 Escenario actual

Para analizar las deficiencias en el escenario actual, se realizó la evaluación del diseño de malla de perforación y voladura a fin de determinar las deficiencias que tuvo como resultado el disparo.

En la siguiente figura, se muestra el diseño de la malla de perforación y voladura del arranque de la galería principal de la zona Ancasillo de la veta Julia.

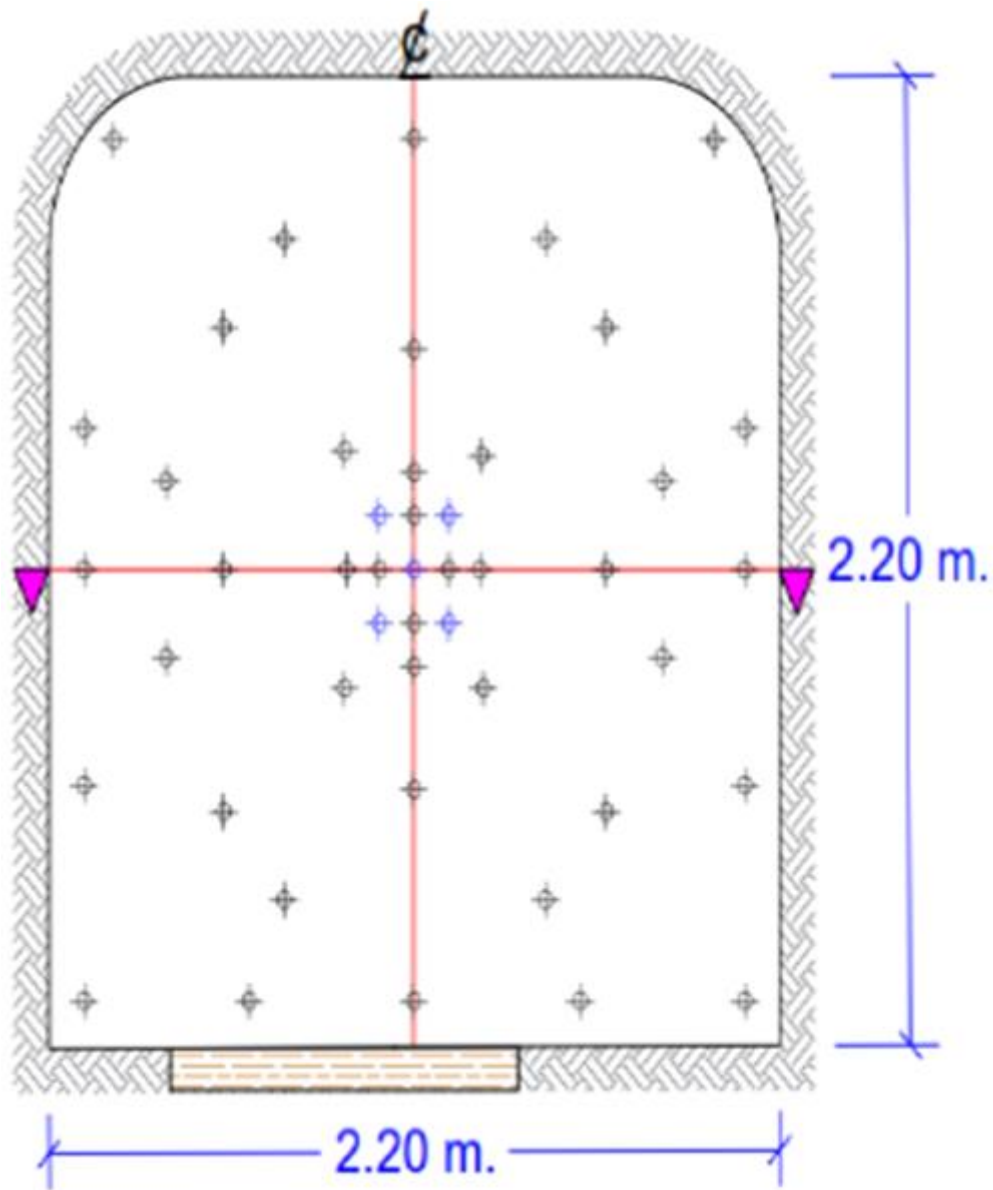


Figura 11. Situación actual - Diseño de la malla de perforación y voladura de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia
Tomada del departamento de Operaciones de la minera Apmnac Pulpera

a) Perforación de la situación actual

Para la perforación de toda la sección de 2.20 m x 2.20 m se utilizará máquinas perforadoras Jackleg, accionadas con aire comprimido. Durante la perforación se emplearán barras cónicas de 6 pies con broca de 36 mm para taladros de alivio y 32 mm para taladros cargados.

El tiempo promedio de perforación por taladro es de 6 minutos, haciendo un total de 47 taladros de los cuales 5 son de alivio. El tiempo total de perforación empleado en toda la tanda será de 5 a 6 horas.

b) Voladura de la situación actual

Como actividad posterior a la perforación se utilizará Semexsa 65 % encartuchada, el carguío se hará manualmente con uso de atacadores de madera y para la elaboración del cebo se utilizará punzón de cobre.

La cantidad de explosivo que se utilizara se detalla en el siguiente cuadro.

Tabla 10. Distribución de carga del diseño de malla de perforación y voladura en la galería principal de la zona Ancasillo, veta Julia

DESCRIPCION DEL TALADRO	N° TAL	N° CARG. /TAL	TOTAL
Taladros de alivio	5		
Taladros de arranque	4	9	36
Taladros de ayuda	4	9	36
Taladros de sobre ayuda	4	9	36
Taladros cuadradores, corona y arrastre	30	9	270
Cantidad total	47		378

Tomada del departamento de Operaciones de la minera Apmnac Pulpera

c) Factor potencia de la situación actual

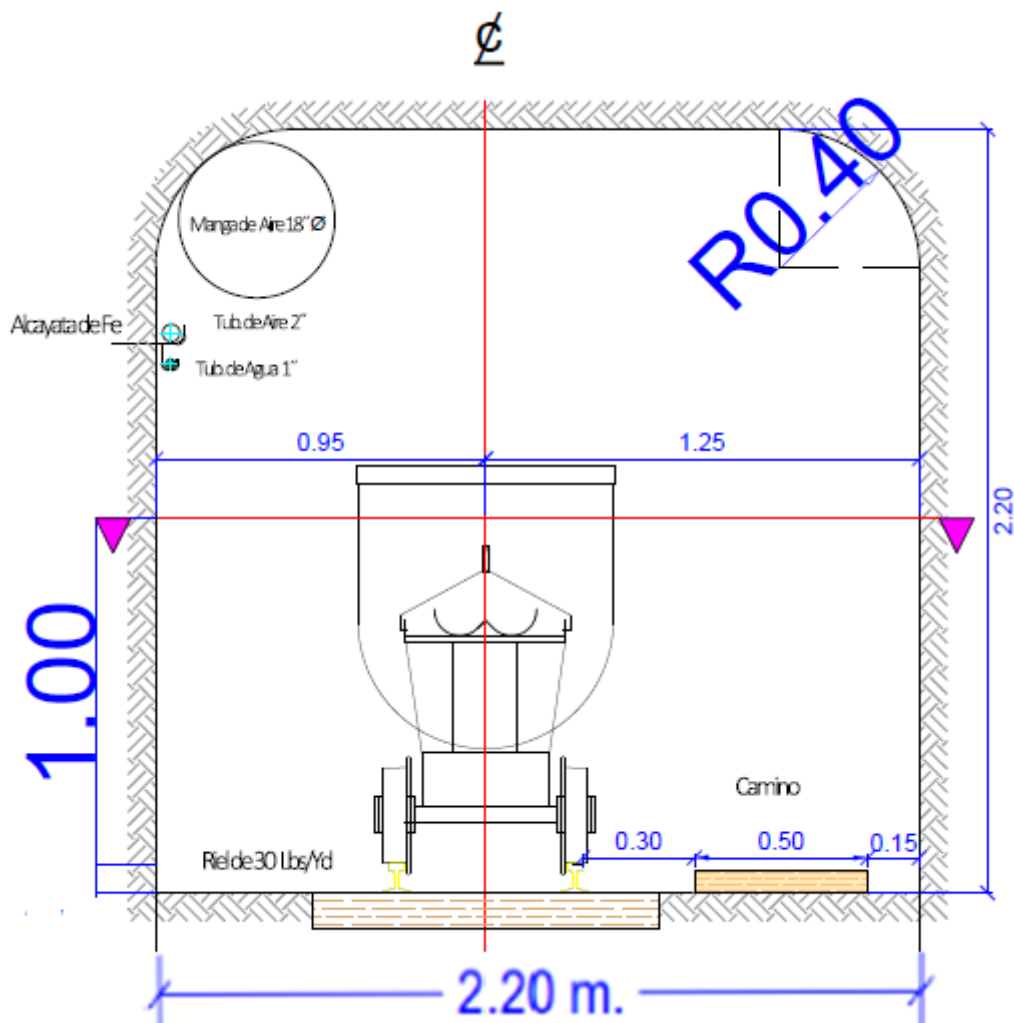
Se calcula teniendo en cuenta la cantidad de explosivo en KG, sobre el tonelaje de material roto. Así tenemos:

- ✓ kg de explosivo = #cartuchos x kg/cartucho
- ✓ Peso de emulsión/cartucho = 0.096 kg/und
- ✓ kg DE EXPLOSIVO = 378 und x 0.096 kg/und
- ✓ kg de explosivo = 36.278 Kg.
- ✓ t = sección x Lp x Ef. P x Ef. V. x peso específico.
- ✓ Peso específico = 2.86 t/m³
- ✓ Tonelaje = 2.2 x 2.2 x 1.7 x 0.95 x 0.95 x 2.8

- ✓ Tonelaje = 21.11 t/disparo
- ✓ Factor de potencia = kg de explosivo/ton de material roto
- ✓ Factor de potencia=36.288 kg/21.11 t = 1.72 kg/t

En total, el uso de explosivo asciende a 378 cartuchos de Semexsa 65 % por disparo, se utilizarán 42 Carmex de 7 Pies y 4 metros de mecha rápida por disparo. Evaluados en un marco programado.

Para realizar la limpieza del frente, se contará con trabajadores de los cuales, mediante la utilización de lampas mineras se realizarán el carguío al carro minero U35, el proceso será repetido hasta terminar de limpiar todo el frente, por lo general el personal suele cambiar de actividad para evitar la fatiga.



**Figura 12. Situación actual - Diseño de la limpieza con carros mineros de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia
Tomada del departamento de Operaciones de la minera Apmi nac Pulpera**

Se planteó realizar una galería con sección de 2.2 x 2.2 metros, con un avance efectivo de 1.17 metros y factor de potencia de 2.42 kg/t, ya que la limpieza se realizaría con locomotora. La sección con esas dimensiones es ideal. Se obtuvo el siguiente resultado que se muestra en la figura en la situación actual,



Figura 13. Situación actual – resultados de disparo de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia
Tomada del departamento de Operaciones de la minera Apmnac Pulpera

Interpretación:

- El avance efectivo en campo de 1.17 metros, este resultado es producto de una eficiencia de perforación del 75 % y la eficiencia de la voladura del 85 % el que es muy deficiente
- El factor de potencia de 2.42 kg/t. Se tuvo un incremento del factor de potencia del 0.698 kg/t, esto lleva a que se incremente el consumo de explosivos y consumo de aceros de perforación, ya que se está realizando 3 taladros mas según el diseño de malla de perforación y voladura, lo que afecta al ciclo de minado.

Con este tipo de diseño de perforación y voladura se tuvo deficiencia en la salida del disparo en toda la malla de perforación en su mayoría a generado una inadecuada fragmentación del macizo rocoso.

Las causas que originan estas deficiencias son:

- Falta de paralelismo en los taladros de arranque: retroalimentar al personal en la importancia de utilizar guidores y tener un buen paralelismo de los taladros, también realizar una distribución adecuada de taladros.
- Falta de control de burden y espaciamiento: retroalimentar al personal en la importancia de diseñar un buen sistema de arranque en subniveles, con un burden de acuerdo con el tipo de roca.
- Mala distribución de taladros en el arranque: retroalimentar al personal en el PETS min 13 - perforación en labores mineras.
- Falta de rimado de los taladros en el arranque: capacitar al personal en el estándar 6,7.8 y 9 (malla de perforación).
- Deficiencia de paralelismo en el arranque: implementar de forma inmediata guidores, capacitar al personal en su uso y cuidado.

En la siguiente figura, se muestra la mala distribución de taladros en el diseño de malla de perforación y voladura de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia, producto del disparo en el escenario actual.



**Figura 14. Escenario actual – mala distribución de taladros en el diseño de malla de perforación y voladura de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia
Tomada del departamento de Operaciones de la minera Apmnac Pulpera**

Interpretación:

De la figura, se puede observar que, tras el disparo, en las condiciones de cómo se realizó la perforación, se tendrá una sobre rotura del más 15 % en las hastiales y corona, esto afectará en la granulometría del material roto, lo que genera trabajos secundarios como perforación y voladura secundarias y rotura de bancos de manera manual por medio del personal de trabajo, dificultando la limpieza del material roto.

4.2.2 Escenario óptimo

Para lograr el escenario óptimo, se realizó la evaluación un nuevo diseño de malla de perforación y voladura a fin de que el disparo sea lo más eficiente.

Para lograr una eficiencia en la limpieza con el equipo Scooptram de 2,5 yd se realizó el diseño de la malla de perforación y voladura con una sección de 2.4 x 2.4 metros para la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia, ya que la limpieza se realizaba con locomotora, esto ayuda a mejorar el avance del desarrollo de la galería principal.

4.4.2.1. Aplicación del modelo matemático de Roger Holmberg (1979)

En la siguiente tabla de los parámetros para el diseño de la malla de perforación y voladura con barra cónica de 8 pies de la galería principal.

Tabla 11. Parámetros para el diseño de la malla de perforación y voladura con barra cónica de ocho pies de la galería principal

PARÁMETROS PARA LA APLICACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO DE ROGER HOLMBERG	
Labor: Galería 2450	
Tipo de Sección	TUNEL
A Ancho (m.)	2.40
H Altura (m.)	2.40
r - Radio de arco del techo (m)	1.10
Parámetros de la Roca	
pr: Densidad de la roca (gr./cm3)	2.8
RMR	50
GSI	50
RQD %	45
Parámetros de Perforación	
Eficiencia de Perforación %	88%
Longitud de Barras (pies)	8
φ1 Diámetro de broca de producción (mm.)	32
φ2 Diámetro de broca de rimadora (mm.)	64
D. empate α1 (m) Desviación de empate o error de emboquille	0.02
D. angular α2 (m/m) Desviación de la perforación o desviación angular m. /m.	0.01
γ°: Angulo de los taladros de contorno	2
N° de TH: Número de taladros de alivio	3
CONSTANTES	
Área Secc. (m2)	5.24
Perímetro (m)	11.26
Volumen (m3)	11.25
Constante de roca "c" - LANGERFORS	
(Kg/m3). Modificado por Ashby Donde CE =	0.361
Constante de roca (kg/m3)	0.322
Perforación Óptima "H" - Holmberg	
DTH Ficticio(m): Diámetro de taladro "ficticio", en el caso de existir mas de un tiro hueco	0.111
Φ eq. (m): Diámetro equivalente, es un análogo al fusionar todos los taladros de alivio.	0.111
I (m): l= Avance efectivo del disparo	2.15
F = Error de perforación	0.041

Tomada del departamento de Operaciones de la minera Apmnac Pulpera

El diseño de malla de perforación y voladura se realizará con el modelo matemático de Holmberg. Una vez realizado los parámetros de diseño de la malla de perforación y voladura se procedió a desarrollar el modelo matemático de Holmberg.

a) Área de corte (Cut) – Arranque

En la sección del arranque se utilizará el explosivo Semexsa 65 7/8" X 7". Las características del explosivo son las siguientes:

- ✓ Densidad relativa (gr./cm³): 1.1
- ✓ VOD sin confinar (m/s): 3500
- ✓ Presión de detonación (Kbar): 74
- ✓ RWS (%) potencia relativa por peso: 60
- ✓ Longitud del explosivo (m): 0.1778
- ✓ ϕ del explosivo (m): 0.0222
- ✓ Masa del explosivo (kg/cart.): 0.076

➤ Cálculo de la densidad de carga "q" kg/m

Expresión de la fórmula del cálculo de la densidad de Carga "q" Kg/m

$$q = D \text{ explosivo} \times \frac{\pi \times (\phi \text{ del explosivo})^2}{4} \times 10^{-6}$$

reemplazando los datos en la formula

$$q = 1.1 \times \frac{\pi \times (0.0222)^2}{4} \times 10^{-6}$$

"q" densidad de carga kg/m = 0.43

➤ Cálculos para el diseño del arranque

Expresión de la fórmula del cálculo del burden máximo:

$$B_{e\text{-máx.}} (m) = 3.14 \times \Phi \text{ eq.} (m) / 2 + 0.01$$

donde:

- ✓ B e-máx. (m): burden máximo equivalente
- ✓ Φ eq.(m): diámetro equivalente, es un análogo al fusionar todos los taladros de alivio.
- ✓

reemplazando los datos en la fórmula

$$Be\text{-máx. (m)} = 3.14 \times 0.111 / 2 + 0.01$$

$$\mathbf{Be\text{-máx. (m)} = 0.18.}$$

➤ **En el cálculo del burden práctico se expresa con la siguiente fórmula:**

$$Bp (m) = Be\text{-máx. (m)} - F - 0.01$$

donde:

- ✓ Bp (m): burden practico
- ✓ F: error de perforación

reemplazando los datos en la fórmula

$$Bp (m) = 0.18 - 0.041 - 0.01$$

$$\mathbf{Bp (m) = 0.13}$$

➤ **En el cálculo del ancho de la abertura en el arranque se expresa con la siguiente fórmula:**

$$Ah 0 (m) = \frac{\phi 1 \text{ broca (mm.)}}{1000} + \frac{\phi 2 \text{ broca (mm.)}}{1000} + 2 \times Bp (m)$$

donde:

- ✓ $\phi 1$ broca de producción (mm)
- ✓ $\phi 2$ broca de la rimadora (mm)

reemplazando los datos en la fórmula

$$Ah 0 (m) = \frac{32 (mm.)}{1000} + \frac{64 (mm.)}{1000} + 2 \times 0.13$$

$$\mathbf{Ah 0 (m) = 0.36}$$

➤ **En el cálculo del número de cartuchos por taladro se expresa con la siguiente fórmula:**

$$N (c./tal) = \frac{I (m) - (0.5 \times Be \text{ máx. (m)})}{Long.Cart. (m)} - 1$$

Donde:

- ✓ N (c./tal): número de cartuchos por taladro
- ✓ l (m): avance efectivo del disparo
- ✓ Longitud del cartucho (m): longitud del cartucho

reemplazando los datos en la fórmula

$$N \left(\frac{c.}{tal} \right) = \frac{2.15 - (0.5 \times 0.18)}{0.1778} - 1$$

$$N (c./tal) = 11$$

➤ **En el cálculo del número de taladros del arranque**

$$N \text{ tal.} = \frac{A - Ah_0}{Ah_0} - 1$$

Donde:

- ✓ A: sección de la labor 2.40 m
- ✓ N tal: número de taladros.
- ✓ Ah 0: ancho de la abertura en el arranque 0.38 m

reemplazando los datos en la fórmula

$$N \text{ tal.} = \frac{2.40 - 0.36}{0.36} - 1$$

$$N \text{ tal.} = 4$$

b) Área de corte (cuadrantes)

Se muestran los siguientes cálculos del diseño de los cuadradores.

➤ **En el cálculo del primer cuadrante (ayuda del arranque)**

• **Cálculo del burden máximo**

$$Bi (m) = 0.088 \times \sqrt{\frac{Ah_0 (m) \times q \left(\frac{Kg}{m} \right) \times 0.6}{\left(\frac{\phi 1 \text{ broca } mm}{1000} \right) \times c (kg/m^3)}}$$

Donde:

- ✓ Ah 0 (m): ancho de la abertura en el arranque
- ✓ φ1 broca (mm): diámetro de la broca de perforación
- ✓ c (kg/m³): constante de roca "c" - LANGERFORS

✓ q(Kg/m): densidad de carga del explosivo

reemplazando los datos en la fórmula

$$Bi (m) = 0.088 \times \sqrt{\frac{0,36 \times 0.43 \times 0.6}{\left(\frac{32}{1000}\right) \times 0.322}}$$

$$\mathbf{Bi (m) = 0.26}$$

- **En el cálculo del burden práctico del primer cuadrante**

$$Bip (m) = Bi (m) - F + 0.15$$

Donde:

- ✓ Bi (m): burden máximo
- ✓ F: error de perforación

reemplazando los datos en la formula

$$Bip (m) = 0.26 - 0.041 + 0.04$$

$$\mathbf{Bip (m) = 0.18}$$

- **En el cálculo del ancho de la abertura del primer cuadrante**

$$Ah i (m) = \sqrt{Bi (m)^2 + Bi (m)^2}$$

Donde:

- ✓ Bt (m): longitud de espaciamiento del segundo cuadrante
- ✓ Ah i (m): Ancho de la abertura del (i) cuadrante

reemplazando los datos en la fórmula

$$Ah i (m) = \sqrt{0.31^2 + 0.31^2}$$

$$\mathbf{Ah i (m) = 0.45}$$

- **En el cálculo del número de cartuchos del explosivo por taladro del primer cuadrante**

$$N \left(\frac{c.}{tal} \right) = I (m) - \frac{0.5 X Bi (m)}{\frac{Cart.}{Long} \cdot (m)}$$

Donde:

- ✓ Bt (m): longitud de espaciamento
- ✓ Long. Cart. (m): longitud de cartucho del explosivo.
- ✓ I (m): avance efectivo por disparo

reemplazando los datos en la fórmula

$$N \left(\frac{c.}{tal} \right) = 2.15 - \frac{0.5 X 0.26}{0.178}$$

$$N (c./tal) = 11$$

- **En el cálculo del número de taladros del primer cuadrante**

$$N \text{ tal.} = \frac{A - Ah i}{Ah i}$$

Donde:

- ✓ A: sección de la labor 2.40 m
- ✓ N tal: número de taladros.
- ✓ Ah i: ancho de la abertura del primer cuadrante 0.67 m

reemplazando los datos en la fórmula

$$N \text{ tal.} = \frac{2.40 - 0.45}{0.45}$$

$$N \text{ tal.} = 4$$

- **En el cálculo del segundo cuadrante (producción)**

- **Cálculo del burden máximo**

$$Bi (m) = 0.088 X \sqrt{\frac{Ah 1 (m) X q \left(\frac{Kg}{m} \right) X 0.6}{\left(\frac{\Phi 1 \text{ broca } mm}{1000} \right) X c (kg/m^3)}}$$

Donde:

- ✓ Ah 1 (m): ancho de la abertura del primer cuadrante

- ✓ ϕ 1 broca (mm): diámetro de la broca de perforación
- ✓ c (kg/m³): constante de roca "c" - LANGERFORS
- ✓ q(kg/m): densidad de Carga del explosivo

reemplazando los datos en la fórmula

$$Bi (m) = 0.088 \times \sqrt{\frac{0.45 \times 0.43}{\times 0.6}} \sqrt{\left(\frac{32}{1000}\right) \times 0.322}$$

$$\mathbf{Bi (m) = 0.29}$$

- **En el cálculo del burden práctico del segundo cuadrante**

$$Bip (m) = Bi (m) - F + 0.16$$

Donde:

- ✓ Bi (m): burden máximo del segundo cuadrante
- ✓ F: error de perforación

reemplazando los datos en la fórmula

$$Bip (m) = 0.29 - 0.041 + 0.16$$

$$\mathbf{Bip (m) = 0.41}$$

- **En el cálculo del ancho de la abertura del segundo cuadrante**

$$Ah i (m) = \sqrt{Bi (m)^2 + Bi (m)^2}$$

Donde:

- ✓ Bt (m): longitud de espaciamiento del segundo cuadrante

reemplazando los datos en la fórmula

$$Ah i (m) = \sqrt{0.63^2 + 0.63^2}$$

$$\mathbf{Ah i (m) = 0.90}$$

- **En el cálculo del número de cartuchos del explosivo por taladro del segundo cuadrante**

$$N \left(\frac{c.}{tal} \right) = I (m) - \frac{0.5 X Bi (m))}{\frac{Cart}{Long} \cdot (m)}$$

Donde:

- ✓ Bi (m): longitud de espaciamento del segundo cuadrante
- ✓ Long. cart.(m): longitud de cartucho del explosivo.
- ✓ I (m): avance efectivo por disparo

reemplazando los datos en la fórmula

$$N \left(\frac{c.}{tal} \right) = 2.15 - \frac{0.5 X 0.29}{0.178}$$

$$N (c./tal) = 11$$

• **En el cálculo del número de taladros del segundo cuadrante**

$$N \text{ tal.} = \frac{A}{Bip} x 0.7$$

Donde:

- ✓ A: sección de la labor 2.40 m
- ✓ N tal: Numero de taladros.
- ✓ Bip: burden práctico del segundo cuadrante 0.40 m

$$N \text{ tal.} = \frac{2.40}{0.41} x 0.70$$

$$N \text{ tal.} = 4$$

c) Área de tajeo (Stoping Section), taladros de ayudas

➤ **Cálculo para las ayudas la constante de roca "c" corregida**

$$C = c + 0.05 \text{ para burden } \geq 1.4 \text{ m}$$

$$C = \frac{0.07}{B} \text{ para burden } < 1.4 \text{ m}$$

Replanteo del burden como se muestra en la siguiente expresión:

$$B \leq 0.6 * 'l'$$

Donde:

- ✓ B: burden
- ✓ I (m): avance efectivo por disparo

reemplazando los datos en la fórmula

$$B \leq 0.6 \times 1.61 \text{ m}$$

$$B \leq 0.97 \text{ m}$$

La fórmula escogida según condición es:

$$C = c + \frac{0.07}{B} \text{ para burden} < 1.4 \text{ m}$$

reemplazando los datos en la fórmula

$$C = 0.311 + \frac{0.07}{0.97}$$

$$C = 0.38 \text{ kg/m}^3$$

- **En el cálculo de las ayudas de los cuadradores**
- **Cálculo del burden máximo de las ayudas de cuadrantes**

$$Bi \text{ (m)} = 0.9 \times \sqrt{\frac{RWS \times q \left(\frac{kg}{m}\right)}{c \left(\frac{kg}{m^3}\right)}} \times 1.45 \times 1.25$$

Donde:

- ✓ c (kg/m³): Constante de roca "c" corregida
- ✓ RWS (%) potencia relativa por peso: 60
- ✓ "q" densidad de carga kg/m = 0.43
- ✓ El explosivo utilizado es Semexsa 65 7/8" X 7"

reemplazando los datos en la fórmula

$$Bi \text{ (m)} = 0.9 \times \sqrt{\frac{0.6 \times 0.43}{0.38}} \times 1.45 \times 1.25$$

$$Bi \text{ (m)} = 0.55$$

- **En el cálculo del burden practico de las ayudas de cuadrantes**

$$Bip \text{ (m)} = 0.72 \times 0.64 \times (A - Ah i)$$

Donde:

- ✓ A: ancho de la sección 2.40 (m).
- ✓ Ah 1 (m): Ancho de la abertura del segundo cuadrante

reemplazando los datos en la fórmula

$$\text{Bip (m)} = 0.72 \times 0.64 \times (2.40 - 0.90)$$

$$\text{Bip (m)} = 0.69$$

- **En el cálculo del número de cartuchos del explosivo en las ayudas de cuadrantes**

$$N \left(\frac{c}{tal} \right) = I (m) - \frac{0.5 \times Bi (m)}{Long. Cart. (m)} - 1$$

Donde:

- ✓ Bt (m): longitud de espaciamento
- ✓ Long. cart.(m): longitud de cartucho del explosivo.
- ✓ I (m): avance efectivo por disparo

reemplazando los datos en la fórmula

$$N \left(\frac{c}{tal} \right) = 2.15 - \frac{0.5 \times 0.55}{0.178} - 1$$

$$N (c./tal) = 10$$

- **En el cálculo del número de taladros en las ayudas de la corona cuadrantes**

$$N \text{ tal.} = \frac{0.72 \times A}{1.25} + 3$$

Donde:

- ✓ A: sección de la labor 2.40 m
- ✓ N tal: número de taladros.

reemplazando los datos en la fórmula

$$N \text{ tal.} = \frac{0.72 \times 2.40}{1.25} + 3$$

$$N \text{ tal.} = 5$$

➤ **Cálculo del burden máximo de las ayudas en la corona**

$$Bi (m) = 0.9 X \sqrt{\frac{RWS \times q \left(\frac{Kg}{m}\right)}{c \left(\frac{kg}{m^3}\right)}} \times 1.2 \times 1.25$$

Donde:

- ✓ c (kg/m³): Constante de roca "c" corregida
- ✓ RWS (%) potencia relativa por peso: 60
- ✓ "q" Densidad de Carga Kg/m = 0.43
- ✓ El explosivo utilizado es Semexsa 65 7/8" X 7"

reemplazando los datos en la fórmula

$$Bi (m) = 0.9 X \sqrt{\frac{0.6 X 0.43}{0.38}} \times 1.2 \times 1.25$$

$$\mathbf{Bi (m) = 0.61}$$

• **En el cálculo del burden practico de las ayudas de la corona**

$$Bip (m) = 0.51 \times 0.64 \times (A - Ah i) - 0.1$$

Donde:

- ✓ A: ancho de la sección 2.40 (m).
- ✓ Ah 1 (m): Ancho de la abertura del segundo cuadrante

reemplazando los datos en la fórmula

$$Bip (m) = 0.51 \times 0.64 \times (2.40 - 0.90) - 0.1$$

$$\mathbf{Bip (m) = 0.39}$$

• **En el cálculo del número de cartuchos del explosivo en las ayudas de la corona**

$$N \left(\frac{c}{tal}\right) = I (m) - \frac{0.5 X Bi (m)}{Long. Cart. (m)} - 1.4$$

Donde:

- ✓ Bt (m): longitud de espaciamiento
- ✓ Long. cart. (m): longitud de cartucho del explosivo.
- ✓ I (m): avance efectivo por disparó

reemplazando los datos en la fórmula

$$N \left(\frac{c}{tal} \right) = 2.15 - \frac{0.5 \times 0.61}{0.178} - 1.4$$
$$N (c./tal) = 9$$

- **En el cálculo del número de taladros en las ayudas de la corona**

$$N \text{ tal.} = \frac{0.65 \times A}{1.25}$$

Donde:

- ✓ A: sección de la labor 2.40 m
- ✓ N tal: número de taladros.

reemplazando los datos en la fórmula

$$N \text{ tal.} = \frac{0.65 \times 2.40}{1.25}$$
$$N \text{ tal.} = 2$$

- **En el cálculo de las ayudas de los arrastres**
- **Cálculo del burden máximo de las ayudas de los arrastres**

$$Bi (m) = 0.9 \times \sqrt{\frac{RWS \times q \left(\frac{Kg}{m} \right)}{c \left(\frac{kg}{m^3} \right)}}$$

Donde:

- ✓ c (kg/m³): Constante de roca "c" corregida
- ✓ RWS (%) potencia relativa por peso: 60
- ✓ "q" Densidad de carga kg/m = 0.43
- ✓ El explosivo utilizado es Semexsa 65 7/8" X 7"

reemplazando los datos en la fórmula

$$Bi (m) = 0.9 \times \sqrt{\frac{0.43 \times 0.6}{0.38}}$$
$$Bi (m) = 0.74$$

- **En el cálculo del burden practico de los arrastres**

$$\text{Bip (m)} = 0.36 \times (\text{H}) - 0.06$$

Donde:

- ✓ H: altura de la sección 2.40 (m)

reemplazando los datos en la fórmula

$$\text{Bip (m)} = 0.36 \times (2.40) - 0.06$$

$$\mathbf{\text{Bip (m)} = 0.80}$$

- **En el cálculo del número de cartuchos del explosivo en las ayudas del arrastre**

$$N \left(\frac{c}{tal} \right) = I (m) - \frac{0.5 \times Bi (m)}{\text{Long. Cart. (m)}} - 1$$

Donde:

- ✓ Bt (m): longitud de espaciamiento
- ✓ Long. cart. (m): Longitud de cartucho del explosivo.
- ✓ I (m): avance efectivo por disparo

reemplazando los datos en la fórmula

$$N \left(\frac{c}{tal} \right) = 2.15 - \frac{0.5 \times 0.74}{0.178} - 1$$

$$\mathbf{N (c./tal) = 9}$$

- **En el cálculo del número de taladros en las ayudas del arrastre**

$$N \text{ tal.} = \frac{0.72 \times A}{1.25} + 1$$

Donde:

- ✓ A: sección de la labor 2.40 m

reemplazando los datos en la fórmula

$$N \text{ tal.} = \frac{0.72 \times 2.40}{1.25} + 1$$

$$\mathbf{N \text{ tal.} = 3}$$

d) Área de los taladros de contorno

➤ **En el cálculo de los taladros en los cuadradores hastiales**

- **Cálculo del burden máximo de los cuadradores hastiales**

$$Bi (m) = 0.9 X \sqrt{\frac{RWS \times q \left(\frac{Kg}{m}\right)}{c \left(\frac{kg}{m^3}\right)}}$$

Donde:

- ✓ c (kg/m³): constante de roca "c" corregida
- ✓ RWS (%) potencia relativa por peso: 60
- ✓ "q" Densidad de carga kg/m = 0.43
- ✓ El explosivo utilizado es Semexsa 65 7/8" X 7"

reemplazando los datos en la fórmula

$$Bi (m) = 0.9 X \sqrt{\frac{0.43 X 0.6}{0.38}}$$

$$\mathbf{Bi (m) = 0.74}$$

- **En el cálculo del burden practico de los cuadradores hastiales**

$$Bip (m) = 0.276 x A + 0.14$$

Donde:

- ✓ A: ancho de la sección 2.40 (m).

reemplazando los datos en la fórmula

$$Bip (m) = 0.276 x 2.40 + 0.14$$

$$\mathbf{Bip (m) = 0.80}$$

- **En el cálculo del número de cartuchos del explosivo en los cuadradores hastiales**

$$N \left(\frac{c}{tal}\right) = I (m) - \frac{0.5 X Bi (m)}{Long. Cart. (m)} - 1$$

Donde:

- ✓ Bt (m): longitud de espaciamento
- ✓ Long. cart. (m): longitud de cartucho del explosivo.
- ✓ I (m): avance efectivo por disparo

reemplazando los datos en la fórmula

$$N \left(\frac{c}{tal} \right) = 2.15 - \frac{0.5 \times 0.74}{0.178} - 1$$
$$N (c./tal) = 9$$

- **En el cálculo del número de taladros en las ayudas de cuadrantes hastiales**

$$N \text{ tal.} = \frac{H}{\text{Bip (m)} \times 0.8}$$

Donde:

- ✓ H: altura de la sección:2.40 m
- ✓ Bip (m): burden practico
- ✓ N tal: número de taladros.

reemplazando los datos en la fórmula

$$N \text{ tal.} = \frac{2.40}{0.80 \times 0.8}$$
$$N \text{ tal.} = 4$$

- **En el cálculo de los taladros de contorno en la corona**

- **Cálculo del espaciamento en taladros de corona**

$$S (m) = 15 \times \frac{\phi 1 \text{ broca (mm.)}}{1000}$$

Donde:

- ✓ S (m): espaciamento en taladros de corona
- ✓ $\phi 1$ broca (mm): diámetro del taladro de produccion.

reemplazando los datos en la fórmula

$$S (m) = 16 \times \frac{32}{1000}$$

$$S (m) = 0.51$$

- **Cálculo del burden máximo de los taladros de contorno en la corona**

$$Bi (m) = \frac{S (m)}{0.8}$$

reemplazando los datos en la fórmula

$$Bi (m) = \frac{0.48}{0.8}$$

$$Bi (m) = 0.60$$

- **En el cálculo del burden práctico del contorno en la Corona**

$$Bip (m) = Bi (m) - I (m) \times \text{seno} (\gamma^\circ) - F$$

Donde:

- ✓ A: ancho de la sección 2.40 (m).
- ✓ Bi (m): burden máximo
- ✓ I (m): avance efectivo del disparo
- ✓ γ° : ángulo de los taladros de contorno
- ✓ F: error de perforación

reemplazando los datos en la fórmula

$$Bip (m) = 0.60 - 2.15 \times \text{seno} (2^\circ) - 0.041$$

$$Bip (m) = 0.60$$

- **En el cálculo del número de cartuchos del explosivo del contorno en la corona**

$$N \left(\frac{c}{tal} \right) = I (m) - \frac{0.5 \times Bi (m)}{Long. Cart. (m)} - 2$$

Donde:

- ✓ Bi (m): burden máximo de los taladros de contorno en corona
- ✓ Long. cart. (m): longitud de cartucho del explosivo.
- ✓ I (m): avance efectivo por disparo

reemplazando los datos en la fórmula

$$N \left(\frac{c}{tal} \right) = 2.15 - \frac{0.5 \times 0.60}{0.178} - 2$$

$$N (c./tal) = 8$$

- **En el cálculo del número de taladros del contorno en la corona**

$$N \text{ tal.} = \frac{A}{Bi (m) \times 0.8}$$

Donde:

- ✓ A: sección de la labor 2.40 m
- ✓ Bi (m): burden máximo de los taladros de contorno en corona

reemplazando los datos en la fórmula

$$N \text{ tal.} = \frac{2.40}{0.60 \times 0.8}$$

$$N \text{ tal.} = 5$$

e) Sección de arrastre (Lifters)

- **Cálculo del burden máximo de los taladros de arrastre**

$$Bi (m) = 0.9 \times \sqrt{\frac{RWS \times q \left(\frac{Kg}{m} \right)}{c \left(\frac{kg}{m^3} \right) \times 1.1}} + 0.02$$

Donde:

- ✓ c (kg/m³): constante de roca "c" corregida
- ✓ RWS (%) potencia relativa por peso: 0.6
- ✓ "q" Densidad de carga kg/m = 0.43
- ✓ El explosivo utilizado es la Pulverulenta 65 7/8" X 7"

reemplazando los datos en la fórmula

$$Bi (m) = 0.9 \times \sqrt{\frac{0.43 \times 0.6}{0.38 \times 1.1}} + 0.02$$

$$Bi (m) = 0.70$$

- **En el cálculo del burden practico de los taladros de arrastre**

$$Bip (m) = Bi (m) - (I (m) \times \text{sen } y) - F$$

Donde:

- ✓ Bi (m): burden máximo de los taladros de Arrastre

- ✓ I (m): avance efectivo por disparo
- ✓ y: ángulo de los taladros de contorno
- ✓ F: error de perforación

reemplazando los datos en la fórmula

$$Bip (m) = 0.70 - (2.15 \times \text{sen } 2^\circ) - 0.043$$

$$\mathbf{Bip (m) = 0.58}$$

- **En el cálculo del número de cartuchos del explosivo de los taladros de arrastre**

$$N \left(\frac{c}{tal} \right) = I (m) - \frac{0.5 \times Bi (m)}{Long. Cart. (m)}$$

Donde:

- ✓ Bi (m): burden máximo de los taladros de arrastre
- ✓ Long. cart. (m): Longitud de cartucho del explosivo.
- ✓ I (m): avance efectivo por disparo

reemplazando los datos en la fórmula

$$N \left(\frac{c}{tal} \right) = 2.15 - \frac{0.5 \times 0.70}{0.178}$$

$$\mathbf{N (c./tal) = 10}$$

- **En el cálculo del número de los taladros de arrastre**

$$N \text{ tal.} = \frac{A + (2 \times (I (m) \times \text{sen } y))}{Bi (m)} + 1$$

Donde:

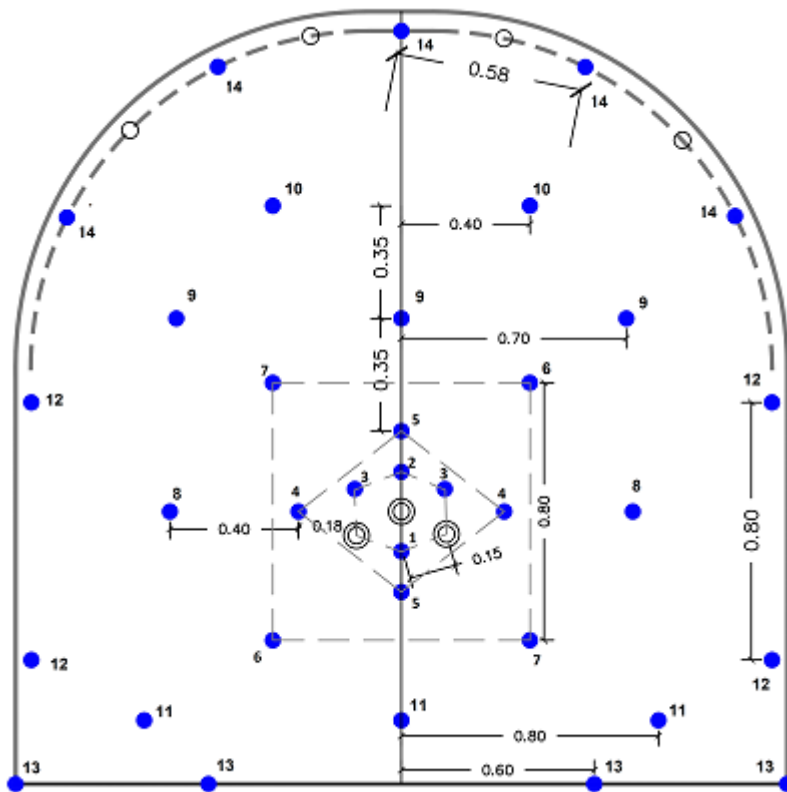
- ✓ N. Tal: número de taladros
- ✓ A: ancho de la sección de la labor: 2.40 m
- ✓ I (m): Avance efectivo por disparo
- ✓ y: Angulo de los taladros de contorno
- ✓ Bi (m): burden máximo

reemplazando los datos en la fórmula

$$N \text{ tal.} = \frac{2.40 + (2 \times (2.15 \times \text{sen } 2^\circ))}{0.70}$$

$$\mathbf{N \text{ tal.} = 4}$$

En la siguiente figura se muestra el diseño de malla de perforación y voladura con sección 8 x 8 pies para roca regular con longitud de barra de 8 pies.



Exsaneles	Cantidad (unidad)
1	1
2	1
3	2
4	2
5	2
6	2
7	2
8	2
9	3
10	2
11	3
12	4
13	4
14	5

DIVISIÓN DE LA LABOR A PERFORAR EN "5 SECCIONES"	Seccion (m)		Nº de taladros	Nº de cartuchos por columna	Tipo de explosivo: Semexa 7/8" x 1" 65%: (Cart)
	2.4	2.4			
	RMR	41-60		Longitud de perforación (pies)	Numero de cartuchos / taladro
		8			
Distribución de taladros					
SECCION A	Alivio		7	arranque y corona	
	Arranque		4	11	44
SECCION B	Primer cuadrante		4	11	44
	Segundo cuadrante		4	11	44
SECCION C	Ayudas cuadradores		5	10	50
	Ayuda arrastres		3	9	27
	Ayuda corona		2	9	18
SECCION D	hastiales		4	9	36
	Coronas		5	8	40
SECCION E	Arrastres		4	10	40
TOTAL			42	51	343
Peso del explosivo			26.068 kg		

Datos Generales	
Seccion (m)	2.4 x 2.4
Tipo de roca:	III
Densidad de roca (gr/cm3)	2.8
Long. Perf. (pies)	8
Avance efectivo - eficie.88%(m)	2.15
Nº de taladros	42
Nº de taladros de alivio	7
Nº de taladros de cargados	35
Diametro de perforación (mm)	32
Volumen roto (m3)	12.36
Tonelaje roto (ton)	34.61
Factor de carga (kg/m3)	2.11
Factor de potencia (kg/t)	0.75
Factor de avance lineal (kg/m)	12.15

Datos Generales		
Dinamita Semexa 65% 7/8" x 1"	und	343
Exsaneles	und	35
Cordon detonante EXSACORD	m	19
Carmex	m	4.5
Mecha rapida	m	0.3

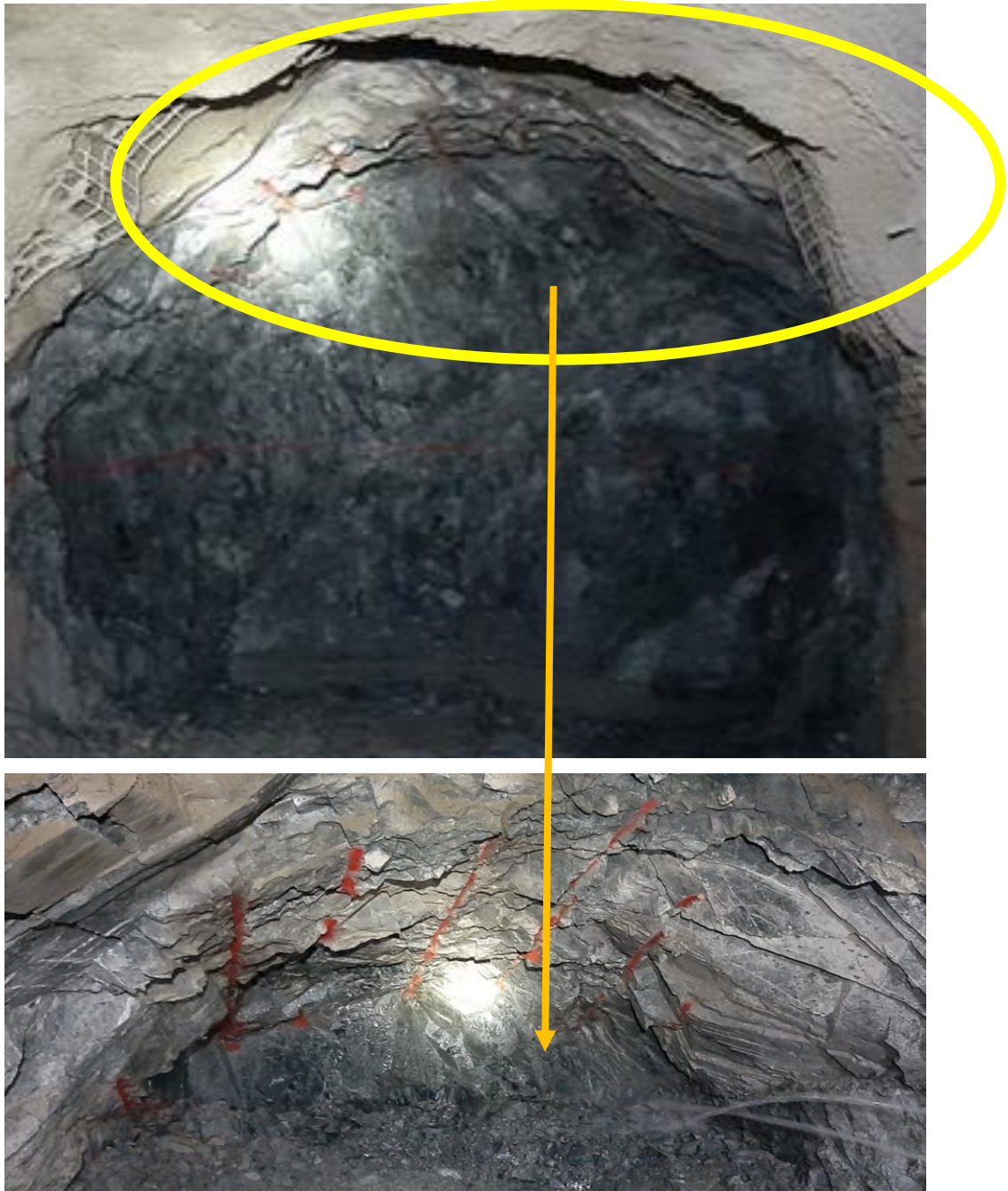
Figura 15. Diseño de malla de perforación y voladura con sección 8 x 8 pies con longitud de barra de 8 pies de la galería principal de la zona Ancasillo
Tomada del departamento de Operaciones de la minera Apmnac Pulpera

En la siguiente figura, se muestra el carguío del frente de avance con el diseño de malla de perforación y voladura desarrollado con sección 2.4 x 2.4 metros con longitud de barra de ocho pies de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia.



Figura 16. Escenario óptimo - carguío del diseño de malla de perforación y voladura con sección 2.4 x 2.4 metros con longitud de barra de 8 pies de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia
Tomada del departamento de Operaciones de la minera Apmnac Pulpera

En la siguiente figura, se muestra el resultado del disparo del diseño de malla de perforación y voladura con sección 2.4 x 2.4 metros con longitud de barra de 8 pies de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia



***Figura 17. Escenario óptimo - resultado del disparo del diseño de malla de perforación y voladura con sección 2.4 x 2.4 metros con longitud de barra de 8 pies de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia
Tomada del departamento de Operaciones de la minera Apmnac Pulpera***

4.2.2.2. Análisis comparativo de la fragmentación para la situación actual y la situación óptima de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia

Se realizó el análisis de la fragmentación después de realizar la voladura en la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia, dicho análisis se obtuvo empleando la metodología del P80, con los siguientes resultados producto de la voladura con el

tipo de explosivo Semexsa 65% y se puede apreciar el siguiente resultado como se muestra a continuación.

- **Análisis de la fragmentación de la situación actual**

Después de realizar el disparo con una sección de 2.2 x 2.2 metros con barra cónica de 6 pies y con el tipo de explosivo Semexsa 65% se obtuvo el siguiente resultado como se muestra en la siguiente figura.

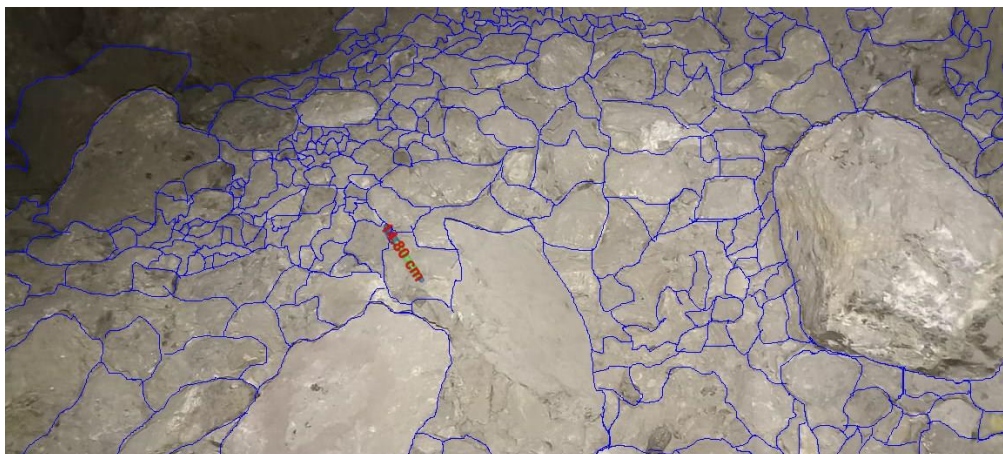


Figura 18. Situación actual - resultado de la fragmentación tras el disparo del diseño de malla de perforación y voladura con sección 2.2 x 2.2 metros con longitud de barra de 6 pies de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia
Fuente: Departamento de operaciones de la Minera APMINAC Pulpera

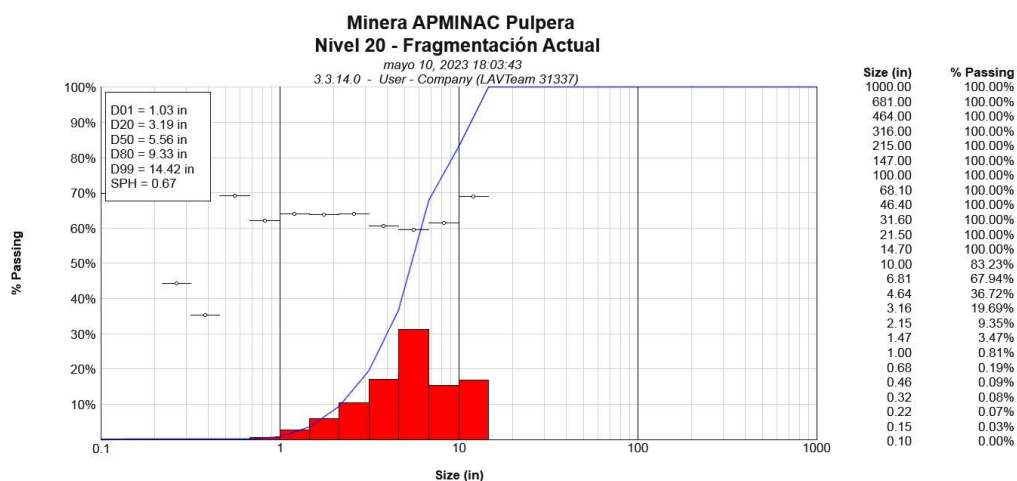


Figura 19. Situación actual – análisis con la metodología del P80 de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia
Tomada del departamento de Operaciones de la minera Apmnac Pulpera

Interpretación:

Se aprecia en la curva granulométrica que el 20 % pasa por una malla de 3.19", el 50 % pasa por una malla de 5.56" y el P80 pasa por una malla de 9.33", el resultado del disparo en la situación actual ha sido deficiente en cual se tuvo bancos mayores a 9.33".

- **Análisis de la fragmentación de la situación optima**

Después de realizar el disparo con una sección de 2.4 x 2.4 metros con barra cónica de 8 pies y con el tipo de explosivo Semexsa 65% se obtuvo el siguiente resultado como se muestra en la siguiente figura.

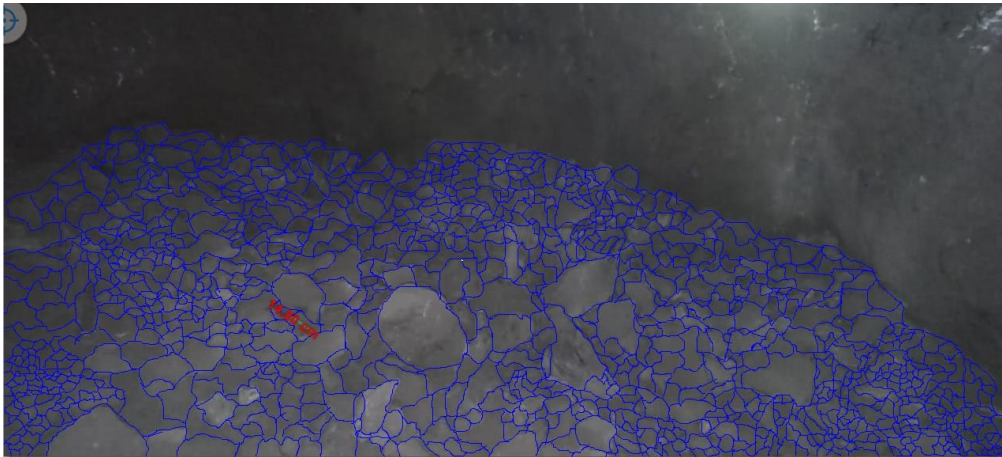


Figura 20. Escenario optimo - resultado de la fragmentación tras el disparo del diseño de malla de perforación y voladura con sección 2.4 x 2.4 metros con longitud de barra de 8 pies de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia Tomada del departamento de Operaciones de la minera Apmnac Pulpera

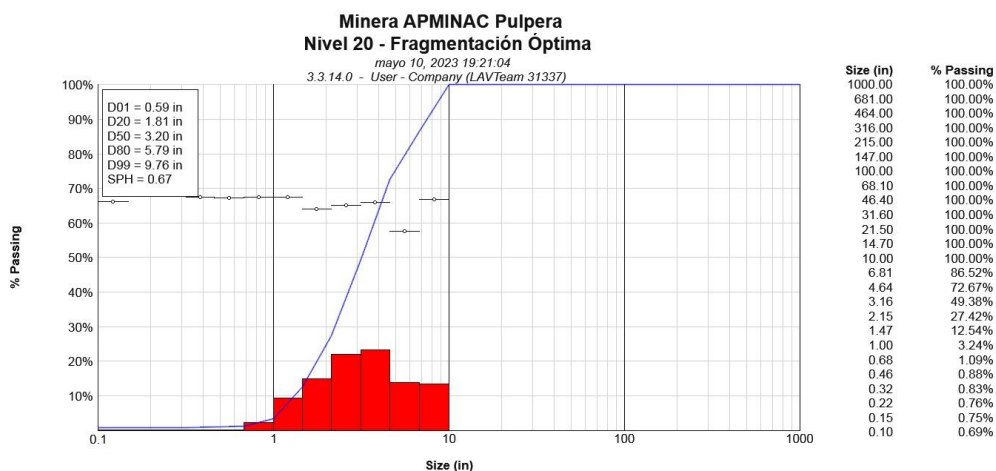


Figura N. 21: Situación optimo – análisis con la metodología del P80 de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia Tomada del departamento de Operaciones de la minera Apmnac Pulpera

Interpretación:

Se aprecia en la curva granulométrica que el 20 % pasa por una malla de 1.81", el 50 % pasa por una malla de 3.20" y el P80 pasa por una malla de 5.79", el resultado del disparo en la situación óptima ha sido eficiente ya que el 80 % de la carga fragmentada tiene un tamaño de 5.79".

Este nuevo diseño de malla de perforación y voladura ayudo a mejorar las deficiencias en la perforación y voladura del escenario actual con las siguientes mejoras:

- ✓ Se realizó la prueba de la nueva malla de perforación y voladura, obteniendo buenos resultados como sobre rotura menor al 3 % en los hastiales y menor al 4 % en la corona y un avance de 2.00 metros según lo mostrado en las evidencias.
- ✓ Se presentaron algunos inconvenientes debido a la aparente baja presión de aire a partir de las 6 de la tarde, lo cual dificulta la perforación. Se mejoró la presión de aire para no tener dificultades al momento de perforación. Se proporciono manómetros manuales para medir la presión de aire en el frente.
- ✓ Se abasteció permanente de los números de Exsaneles faltantes, para realizar una buena distribución y así poder reducir la carga operante del disparo.
- ✓ Seguir realizando capacitaciones a todo el personal, sobre la nueva malla de perforación y voladura.

4.3 Optimizar el diseño de la malla de perforación y voladura para reducir los costos de avance lineal de la galería principal, mina Apmínac

4.3.1 Escenario actual evaluación del costo por metro lineal de la perforación y voladura con sección de 2.2 x 2.2 metros con longitud de barra de 6 pies de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia

En el análisis del costo unitario de perforación y voladura en base a la situación actual de la perforación y voladura mostrada en la sección anterior.

En la siguiente tabla se muestra los datos técnicos de perforación y voladura con sección de 2.2 x 2.2 metros con longitud de barra de 6 pies de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia.

Tabla 12. Parámetros de perforación y voladura con barra cónica de seis pies de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia

Labores 2.2 m x 2.2 m						
Perforación con Jackleg - Limpieza con locomotora y carros minero U - 35						
Datos Técnicos:						
Tipo de roca:	Media					
Ancho Labor:	2.2	m		Efic.Perf.	75%	
Alto Labor:	2.2	m		Efic.Disp.	85%	
Long. Barra (pie)	6.0	pies		Long. Carga	0.91	m
NºTal. Frente	47	tal		Avanc.Efect.	1.17	m
NºTal. Cargados	42	tal		m ² / Disp.	5.64	m ³
Factor de carga:	21.5	Kg/m		Longitud de avance de perforación	1.4	mts
kg explosivo	36.3	Kg		kilogramos/ taladro	0.86	

Con estos parámetros de perforación y voladura se desarrollaron la estructura de los costos de perforación y voladura en la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia.

De la tabla se puede observar que se tiene un avance efectivo de 1.17 metros, con una eficiencia de perforación de 75 % y una eficiencia de voladura del 85 % respectivamente. En las siguientes tablas se muestra la estructura de costos de perforación y voladura de la situación actual en la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia.

Tabla 13.: Costos de la mano de obra de la perforación y voladura con barra cónica de seis pies - galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Costo Total	Total
				\$/ Unid	\$	\$/ metro de avance
1 Mano de Obra						272.35
Capataz	tarea	1	100%	50.54	65.71	
Bodeguero	tarea	1	40%	35.78	18.61	
Mecánico	tarea	1	45%	56.33	32.95	
electricista Mina	tarea	1	45%	44.76	26.18	
Operador locomotora y carros m.	tarea	1	50%	50.54	32.85	
Maestro Perforista	tarea	1	100%	38.10	49.53	
Ayudante	tarea	1	100%	35.78	46.52	

Interpretación:

El costo total de la mano de obra es de \$ 272.25 dólares americanos. Se tiene un 100 % de incidencia, debido a que se tuvo mucha deficiencia en la perforación y voladura el cual genera realizar trabajos secundarios como voladuras secundarias.

Tabla 14. Costos de los aceros de perforación con barra cónica de seis pies galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Costo Total	Total
				\$/ Unid	\$	\$/ metro de avance
1 Aceros de perforación						33.93
Aceite de Perforación	Gln	0.35	100%	5.80	2.03	
Barras de Perforación conicas 6 pies	mp	301.50	100%	0.05	15.95	
Brocas de perforación conica 32 mm	mp	301.50	100%	0.05	14.36	
Broca con rimadora piloto 36 mm	mp	33.50	100%	0.05	1.60	

Interpretación:

El costo total de los aceros de perforación es de \$ 33.93 dólares americanos se tiene un 100 % de incidencia, debido al aumento de los metros perforados de taladros referente a las voladuras secundarias elevando así el consumo de estas e incrementando el costo por metro perforación.

Tabla 15. Costos de las herramientas utilizadas en la perforación y voladura con barra cónica de 6 pies - galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Costo Total	Total
				\$/ Unid	\$	\$/ metro de avance
1 Herramientas						6.02
Lampa	pieza	2.00	100%	0.14	0.28	
Pico	pieza	2.00	100%	0.16	0.31	
Combo 6 Lbs	pieza	1.00	100%	0.10	0.10	
Llave Stilson de 8"	pieza	1.00	100%	0.07	0.07	
LLave Francesa 8"	pieza	1.00	100%	0.06	0.06	
Barretilla de 4'	pieza	1.00	100%	0.26	0.26	
Barretilla de 6'	pieza	1.00	100%	0.31	0.31	
Barretilla de 8'	pieza	1.00	100%	0.34	0.34	
Disco de jebe	pieza	1.00	100%	0.05	0.05	
Taco de Arcilla	pieza	42.00	100%	0.05	2.22	
Ocre Polvo Rojo	kg	0.13	100%	2.65	0.34	
Escaleras telescopicas	pieza	1.00	100%	1.48	1.48	
Arco de sierra + hoja	pieza	1.00	100%	0.17	0.17	

Interpretación:

El costo total de las herramientas utilizadas es de \$ 6.02 dólares americanos, el cual fluctúa en la comparativa en la cantidad de tacos de arcilla utilizados según el diseño de malla de perforación y voladura.

Tabla 16. Costos de los implementos de seguridad en la perforación y voladura con barra cónica de seis pies - galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Costo Total	Total
				\$/ Unid	\$	\$/ metro de avance
1 Implementos de Seguridad						7.77
Tareas sin ropa de agua	tareas	0.65	100%	2.27	1.48	
Tareas con ropa de agua	tareas	2.60	100%	2.42	6.29	

Interpretación:

El costo total de los implementos de seguridad es de \$ 7.77 dólares americanos. Se tiene un 100 % de incidencia y está relacionado a la mano de obra en una proporción directa a más trabajos realizados por los trabajos secundarios de voladura se incrementa el costo de los implementos de seguridad.

Tabla 17. Costos de los equipos en operación en la perforación y voladura con barra cónica de seis pies - galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Costo Total	Total
				\$/ Unid	\$	\$/ metro de avance
2 Equipos en Operación						97.14
Perforadora	mp	301.50	100%	0.10	30.60	
Manguera de jebe de 1"	m	30.00	100%	0.03	0.77	
Manguera de jebe de 1/2"	m	30.00	100%	0.01	0.33	
Locomotor a batería	H m	1.00	100%		24.58	
Carro minero U 35	H m	6.00	100%	6.81	40.86	

Interpretación:

El costo de los equipos en operación es de \$ 97.14 dólares americanos, la perforación tiene un incremento de metros perforados, debido a los trabajos secundarios en la voladura, para la limpieza se empleó equipo locomotor con carros mineros que tiene un costo mayor en la implementación de trabajo.

Tabla 18. Costos los explosivos y accesorios de voladura en la perforación y voladura con barra cónica de seis pies - galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Costo Total	Total
				\$/ Unid	\$	\$/ metro de avance
Explosivos y Acc. Voladura						50.67
Dinamita Semexa 65% 7/8" x 7"	kg	19.61	100%	1.72	33.77	
Carmex	und	42.00	100%	0.40	16.63	
Mecha rapida	m	4.00	100%	0.07	0.26	
COSTO TOTAL POR UNIDAD VALORIZADA (A+B)						467.88

Interpretación:

Los costos de los explosivos y accesorios de voladura es de \$ 50.67 dólares americanos.

El costo total por la unidad valorizada de la perforación y voladura en el metro de avance lineal con sección de 2.2 x 2.2 metros es de \$ 467.88 dólares americanos.

4.3.2 Escenario óptimo mejora del costo por metro lineal de la perforación y voladura con sección 2.4 x 2.4 metros con longitud de barra de 8 pies de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia

En la siguiente tabla, se muestra los datos técnicos de perforación y voladura con sección 2.4 x 2.4 metros con longitud de barra de 8 pies de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia.

Tabla 19. Parámetros de perforación y voladura con barra cónica de ocho pies de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia

Labores 2.4 m x 2.4 m Perforación con Jackleg - Limpieza con Scooptram 2.5yd3					
Datos Técnicos:					
Tipo de roca:	Media				
Ancho Labor:	2.4	m	Efic.Perf.	88.00%	
Alto Labor:	2.4	m	Efic.Disp.	95.00%	
Long. Barra (pie)	8.0	pies	Long. Carga	1.43	m
N°Tal. Frente	42	tal	Avanc.Efect.	2.0	m
N°Tal. Cargados	35	tal	m ³ / Disp.	11.71	m3
Factor de carga:	12.15	Kg/m	Longitud de avance de	2.15	mts
kg explosivo	26.1	Kg	kilogramos/ taladro	0.74	

Estos datos técnicos se utilizan para desarrollar la estructura de costos de perforación y voladura con sección 2.4 x 2.4 metros con longitud de barra de 8 pies de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia

De la tabla se puede observar que se tiene un avance efectivo de 2.0 metros, con una eficiencia de perforación de 88 % y una eficiencia de voladura del 95 % respectivamente. En las siguientes tablas se muestra la estructura de costos de perforación y voladura de la situación óptima en la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia.

Tabla 20. Costos de la mano de obra de la perforación y voladura con barra cónica de ocho pies - galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Costo Total	Total
				\$/ Unid	\$	\$/ metro de avance
1 Mano de Obra						216.91
Capataz	tarea	1	90%	50.54	45.49	
Bodeguero	tarea	1	25%	35.78	8.95	
Mecánico	tarea	1	35%	56.33	19.72	
electricista Mina	tarea	1	35%	44.76	15.66	
Operador Scoop	tarea	1	50%	62.54	40.65	
Maestro Perforista	tarea	1	90%	38.10	44.58	
Ayudante	tarea	1	90%	35.78	41.87	

Interpretación:

El costo total de la mano de obra es de \$ 216.91 dólares americanos. Se tiene un 90 % de incidencia debido a que se tuvo eficiencia en la perforación y voladura eliminando así las voladuras secundarias.

Tabla 21. Costos de los aceros de perforación con barra cónica de ocho pies - galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Costo Total	Total
				\$/ Unid	\$	\$/ metro de avance
1 Aceros de perforación						29.12
Aceite de Perforación	Gln	0.25	90%	5.80	1.30	
Barras de Perforación conicas 8 pies	mp	295.68	90%	0.05	14.08	
Brocas de perforación 32 mm	mp	295.68	90%	0.05	12.67	
Broca con rimadora piloto 62 mm	mp	21.12	90%	0.06	1.07	

Interpretación:

El costo total de los aceros de perforación es de \$ 29.12 dólares americanos. Se tiene un 90 % de incidencia debido a que se eliminó los taladros perforados referente a las voladuras secundarias reduciendo así el consumo de estas y disminuyendo el costo del metro perforación.

Tabla 22. Costos de las herramientas utilizadas en la perforación y voladura con barra cónica de ocho pies - galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Costo Total	Total
				\$/ Unid	\$	\$/ metro de avance
1 Herramientas						5.64
Lampa	pieza	2.00	100%	0.14	0.28	
Pico	pieza	2.00	100%	0.16	0.31	
Combo 6 Lbs	pieza	1.00	100%	0.10	0.10	
Llave Stilson de 8"	pieza	1.00	100%	0.07	0.07	
LLave Francesa 8"	pieza	1.00	100%	0.06	0.06	
Barretilla de 4"	pieza	1.00	100%	0.26	0.26	
Barretilla de 6"	pieza	1.00	100%	0.31	0.31	
Barretilla de 8"	pieza	1.00	100%	0.34	0.34	
Disco de jebe	pieza	1.00	100%	0.05	0.05	
Taco de Arcilla	pieza	35.00	100%	0.05	1.85	
Ocre Polvo Rojo	kg	0.13	100%	2.65	0.34	
Escaleras telescopicas	pieza	1.00	100%	1.48	1.48	
Arco de sierra + hoja	pieza	1.00	100%	0.17	0.17	

Interpretación:

El costo total de las herramientas utilizadas es de \$ 5.64 dólares americanos. Se redujo este costo, ya que se tiene 35 taladros cargado por el cual se requiere 35 tacos de arcilla según el nuevo diseño de malla de perforación y voladura.

Tabla 23. Costos de los implementos de seguridad en la perforación y voladura con barra cónica de ocho pies - galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Costo Total	Total
				\$/ Unid	\$	\$/ metro de avance
1 Implementos de Seguridad						7.14
Tareas sin ropa de agua	tareas	0.65	100%	2.27	1.48	
Tareas con ropa de agua	tareas	2.34	100%	2.42	5.66	

Interpretación:

El costo total de los implementos de seguridad es de \$ 7.14 dólares americanos, tras la eficiencia de los trabajos de perforación, se redujo la cantidad de tareas en función a los trabajos secundarios.

Tabla 24. Costos de los equipos en operación en la perforación y voladura con barra cónica de ocho pies - galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Costo Total	Total
				\$/ Unid	\$	\$/ metro de avance
2 Equipos en Operación						83.24
Perforadora	pp	295.68	100%	0.10	30.01	
Manguera de jebe de 1"	m	30.00	100%	0.03	0.77	
Manguera de jebe de 1/2"	m	30.00	100%	0.01	0.33	
Scooptram Epiroc ST2G	Hm	1.00	100%	52.13	52.13	

Interpretación:

El costo de los equipos en operación es de \$ 83.24 dólares americanos, la eficiencia de la perforación ayudó a reducir los metros perforados y a fin de optimizar la limpieza para mejorar el ciclado se viene utilizando el equipo Scooptram de Epiroc ST 2D para los trabajos de la limpieza del frente de avance con el objetivo también de reducir el costo de la limpieza.

Tabla 25. Costos los explosivos y accesorios de voladura en la perforación y voladura con barra cónica de ocho pies - galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Costo Total	Total
				\$/ Unid	\$	\$/ metro de avance
Explosivos y Acc. Voladura						65.31
Dinamita Semexa 65% 7/8" x 7"	kg	17.38	100%	1.65	28.67	
Exsaneles	und	35.00	100%	0.88	30.91	
Cordon detonante EXSACORD	m	19.00	100%	0.28	5.40	
Carmex	m	4.50	100%	0.07	0.30	
Mecha rapida	m	0.30	100%	0.07	0.02	
Combustible						46.72
Petroleo Scoop	Gln	4.00	100%	11.68	46.72	

Interpretación:

Los costos de los explosivos y accesorios de voladura son de \$ 65.31 dólares americanos, ya que el sistema de incitación es no eléctrico con accesorios como es el Exsanel, cordón detonante Exsacord, carmex y mecha rápida para asegurar un buen disparo.

El costo total por la unidad valorizada de la perforación y voladura en el metro de avance lineal con sección de 2.4 x 2.4 metros es de \$ 454.09 dólares americanos.

4.3.2.1. Mejoras alcanzadas en la situación óptima con sección 2.4 x 2.4 metros con longitud de barra de 8 pies de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia

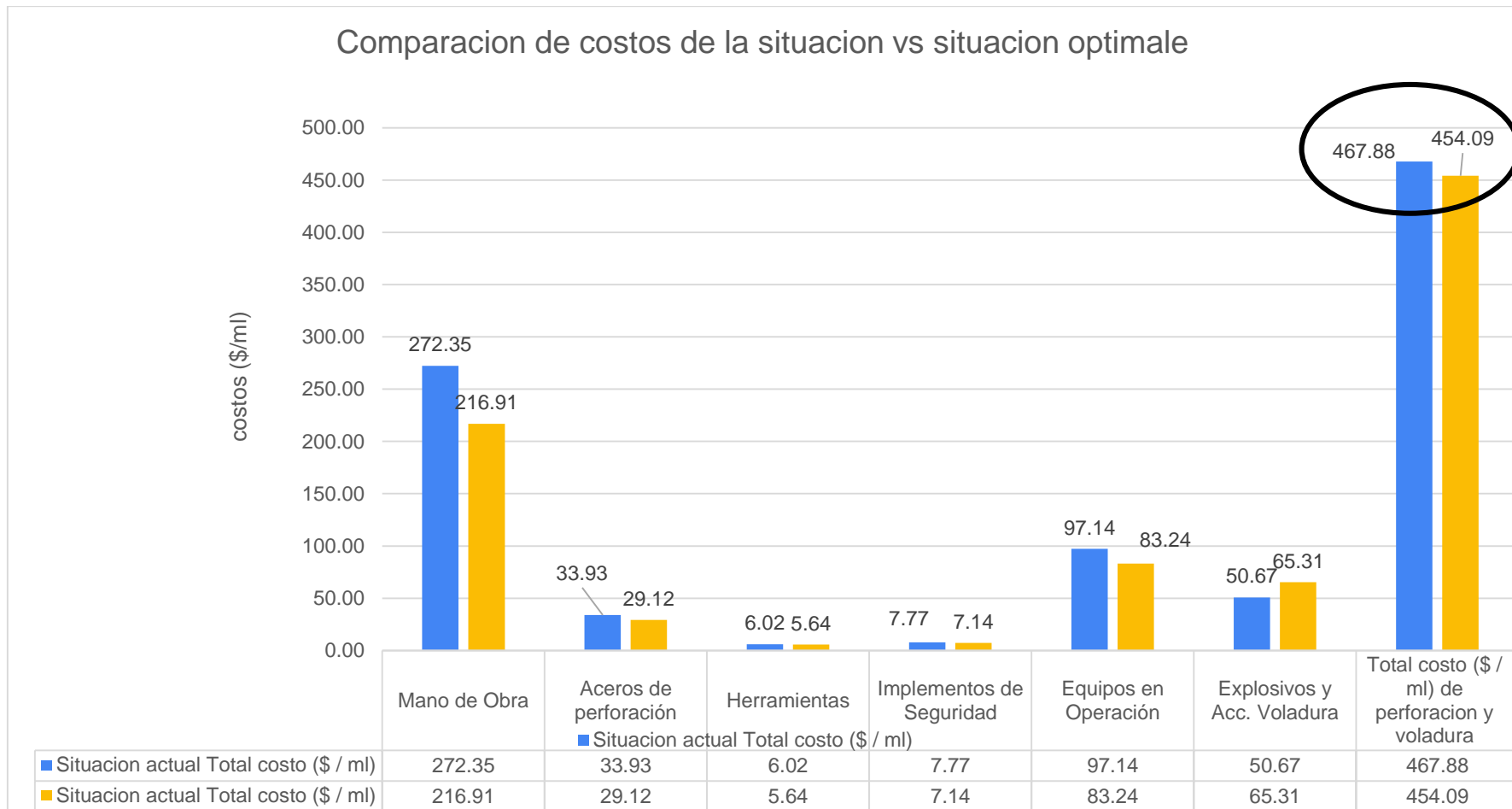


Figura 22. Comparación de costos de la situación actual vs situación óptima de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia Tomada del departamento de Operaciones de la minera Apmnac Pulpera

Interpretación:

- ✓ Se ha mejorado en la eficiencia de perforación y voladura por medio de un buen análisis geomecánica y las capacitaciones a los operadores de los equipos tanto de la perforadora Jackleg como del Scooptram.

- ✓ El tiempo de trabajo en la limpieza es más eficiente y a menor tiempo.

- ✓ Se ha reducido el costo total por metro lineal de avance en la situación óptima con sección 2.4 x 2.4 metros con longitud de barra de 8 pies en la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia en un monto de **\$ 13.79** dólares americanos por metro lineal de avance.

CONCLUSIONES

- 1 La evaluación de la caracterización geomecánica de la de la galería principal de la zona Ancasillo, veta Julia, indica que se tiene una roca de un tipo Regular "A" III A; en consecuencia, se realiza un sostenimiento con malla de 4" x 4" no galvanizada y barra helicoidal de 7 pies, intermediando *con slip set* de 7 pies, distribución de pernos en cocada.
- 2 En el escenario actual del diseño de malla de perforación y voladura, se tuvo deficiencia con barra cónica de 6 pies, tuvieron un avance efectivo en campo de 1.17 metros. Este resultado es producto de una eficiencia de perforación del 75 % y la eficiencia de la voladura del 85 % el cual es muy deficiente y el factor de potencia de 2.42 kg/t. Se tuvo un incremento del factor de potencia del 0.698 kg/t, esto lleva a que se incremente el consumo de explosivos y consumo de aceros de perforación, ya que se está realizando tres taladros más según el diseño de malla de perforación y voladura, el cual afecta al ciclo de minado.

En el escenario óptimo, se realizó un nuevo diseño de malla de perforación y voladura. Se obtuvieron buenos resultados con una sobre rotura menor al 3 % en los hastiales y menor al 4 % en la corona y un avance efectivo del 2.0 metros. Los resultados tras el disparo en función a la granulometría arrojaron un tamaño aceptable menor a 8" y tras el disparo se tiene una eficiencia de la perforación 88 % y en la voladura se tiene un 95 % de eficiencia, los cuales son muy aceptables

- 3 En el escenario actual, el diseño de malla de perforación y voladura tiene un costo total por la unidad valorizada se tiene el metro de avance lineal se tiene \$ 467.88 dólares americanos. Para el costo de perforación y el costo de limpieza con locomotora y carros minero U – 35 es de \$ 97.14 dólares americanos.

En el escenario optimo, el diseño de malla de perforación y voladura tiene un costo total por la unidad valorizada se tiene el metro de avance lineal se tiene \$ 454.09 dólares americanos. Para el costo de equipos, es de \$ 83.24 dólares americanos

que incluye el costo de la perforadora y el costo horario del equipo Scooptram para la limpieza del material roto

La reducción del costo total de la valorización por metro lineal de avance es de \$ 13.79 dólares americanos con respecto a la situación óptima con sección 2.4 x 2.4 metros con longitud de barra de 8 pies de la galería principal de la zona Ancasillo - veta Julia.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda evaluar la caracterización geomecánica del macizo rocoso cada vez que se presente un cambio en la malla de perforación y voladura, ya que esto es requerido para el replanteo de factores y parámetros de perforación y voladura.
2. Se recomienda evaluar el cambio en los aceros de perforación para ver si contribuirán satisfactoriamente al avance lineal de las tareas de desarrollo como galerías, cruceros y otros, ya que su comportamiento en relación con su rendimiento de perforación variará dependiendo del tipo de roca a perforar.
3. Tras la evaluación de la rentabilidad en las mejoras de los avances lineales de la mano de obra de preparación y desarrollo, se recomienda examinar tres factores importantes. El primero es la evaluación de la fuerza de trabajo, que se ve afectada por deficiencias en la mala operatividad. prácticas, afectando así el costo. El segundo es el consumo de explosivos y aceros de perforación tras los disparos, que afectan directamente en el avance lineal y el uso de otras herramientas para obtener mayor avance. La optimización se verá en función a término del proyecto ya que será beneficioso en los trabajos de avance reduciendo tiempo y costos por metro lineal de avance.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SAUCEDO, Gilmer y ZEGARRA, Romel. Diseño y aplicación de una nueva malla de perforación y voladura para optimizar los costos en una Unidad Minera de la Libertad – 2021. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Cajamarca : Universidad Privada del Norte, 2022, 148 pp.
2. CONDORI, Miguel y VELAZCO, Jhorlan. Optimización de perforación y voladura por el método de Roger Holmberg en minera aurífera Estrella de Chaparra S.A. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa : Universidad Tecnológica del Perú, 2021, 80 pp.
3. RICSE, Kevin. Diseño de malla de perforación y voladura para mejorar la fragmentación de roca en Mina Paola de Compañía Minera San Lucas S.A.C. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2020, 95 pp.
4. SAHUINCO, Eber. Diseño de perforación y voladura en minería convencional para minimizar los costos en el frente de labores de desarrollo Compañía Minera Yanaquihua S.A.C. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa : Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2019, 147 pp.
5. LOPE, Alan. Diseño de estándares de perforación y voladura de rocas, para normalizar la fragmentación del material resultante de la Construcción de la Rampa Positiva 050 de la Mina Arequipa M – CIA Minera AC Agregados S.A.C. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huaraz : Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, 2018.
6. ROJAS, Percy. Optimización de la operación unitaria de perforación y voladura mediante el uso de indicadores claves de rendimiento en la Compañía Minera Arco de Oro S.A.C - Huarochirí - Lima - 2020. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo : Universidad Continental, 2021, 94 pp.

7. DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN. *Informe de ubicación de la Minera Aurífera Retamas S.A. Pataz - Peru* : Minera Aurífera Retamas S.A, 2022.
8. DEPARTAMENTO DE GEOMECÁNICA. *Evaluación geomecánica de las labores a analizar*. Arequipa : Minera APMINAC Pulpera, 2021.
9. ARANA, Guillermo. *Análisis Geomecánico para seleccionar el tipo de sostenimiento en la Mina Apmnac Pulpera Caylloma - Arequipa*. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Cusco : Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, 2019, 148 pp.
10. FERNANDEZ, Javier. *Optimización de avance lineal, reemplazando las perforadoras jackleg por jumbo hidráulico en el proceso de perforación y voladura de la GLN1 y CRNE en Mina Consuelo de la Empresa Especializada New Horus S.A.C - Poderosa*. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Trujillo : Universidad Nacional de Trujillo, 2016, 123 pp.
11. ROSAS, Edison. *Metodo Matematico de Roger Holmberg*. Lima : Algoritmo Holmberg, 2015.
12. DEPARTAMENTO DE PLANEAMIENTO. *Programacion de avance de la Galería principal de la zona Ancasillo de la Veta Julia*. Arequipa : Minera APMINAC Pulpera, 2022.

ANEXOS

Anexo 1
Matriz de consistencia

Diseño de la malla de perforación y voladura, para mejorar la fragmentación del macizo rocoso, galería principal, mina Apmnac Pulpera

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL
¿Cómo optimizar el diseño de la malla de perforación y voladura, para mejorar la fragmentación del macizo rocoso, galería principal, mina APMINAC Pulpera?	Optimizar el diseño de la malla de perforación y voladura, para mejorar la fragmentación del macizo rocoso, galería principal, mina APMINAC Pulpera.	La optimización del diseño de la malla de perforación y voladura influye positivamente, para mejorar la fragmentación del macizo rocoso, galería principal, mina APMINAC Pulpera.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS
¿Cómo optimizar el diseño de la malla de perforación y voladura, para mejorar el avance lineal de la galería principal, mina APMINAC Pulpera?	Optimizar el diseño de la malla de perforación y voladura, para mejorar el avance lineal de la galería principal, mina APMINAC Pulpera.	La optimización del diseño de la malla de perforación y voladura influye positivamente, para mejorar el avance lineal de la galería principal, mina APMINAC Pulpera.
¿Cómo optimizar el diseño de la malla de perforación y voladura, para reducir los costos de avance lineal de la galería principal, mina APMINAC Pulpera?	Optimizar el diseño de la malla de perforación y voladura, para reducir los costos de avance lineal de la galería principal, mina APMINAC Pulpera.	La optimización del diseño de la malla de perforación y voladura es factible y viable, para reducir los costos de avance lineal de la galería principal, mina APMINAC Pulpera.

Anexo 2

Costo unitario de los equipos de la locomotora y el carro minero U – 35.

COSTO UNITARIO DE LA LOCOMOTORA A BATERIA

Estado del equipo : REPOTENCIADA

DESCRIPCIÓN	Unidad	Cant.
Capacidad	TN	2.00
Capacidad de arrastre	carros	5.00
	m3	5.00
1.1 COSTO DE DEPRECIACIÓN		
Valor de compra	US \$	32,937.50
Vida útil	años	2.50
Vida util	hrs	15,000.00
valor de depreciacion	US \$/Hr	2.20
1.2 COSTO DE MANTENIMIENTO		
Costo de mantenimiento (30%)	US \$/hr	0.66
	T.C.	2.80
COSTO HORARIO	US \$/hr	2.85
UTILIDAD (10 %)	US \$/hr	0.29
TOTAL COSTO HORARIO	US \$/hr	3.14
	T.C.	2.80
COSTO POR GUARDIA	US \$/guardia	31.40
Tiempo por ciclo	hrs	1.30
Tiempo neto disponible	hrs/guardia	9.00
Nº de viajes por guardia	viajes/guardia	7.00
Capacidad de extraccion	m3/guardia	35.00
COSTO POR m3 DE MINERAL O DESMONTE	US\$ / m3	0.90
	S/. x m3	2.51
GALERIA 1.7 X 2.4 m	S/.x m	24.32

Tomada del departamento de Operaciones de la minera Apmnac Pulpera

COSTO UNITARIO CARRO MINERO U - 35

Estado del equipo : NUEVA		
DESCRIPCIÓN	Unidad	Cant.
Capacidad	m3	1.00
1.1 COSTO DE DEPRECIACIÓN		
Valor de compra	US \$	1,850.00
Vida útil	años	2.50
Vida útil	hrs	12,480.00
Valor de depreciación	US \$/hr	0.15
1.2 COSTO DE MANTENIMIENTO		
Costo de mantenimiento (30%)	US \$/hr	0.05
COSTO HORARIO	US \$/hr	0.20
UTILIDAD (10 %)	US \$/hr	0.02
TOTAL COSTO HORARIO	US \$/hr	0.22
COSTO POR GUARDIA	<u>US \$/guardia</u>	1.76
Tiempo por ciclo	hrs	1.30
Tiempo neto disponible	hrs/guardia	9.00
Nº de viajes por guardia	viajes/guardia	7.00
Capacidad de extracción	m3/guardia	7.00
COSTO POR m3 DE MINERAL O DESMONTE	US \$ / m3	0.25
	S/. x m3	0.70
GALERIA 2.7 X 2.4 m	S/.x m	6.81

Tomada del departamento de Operaciones de la minera Apmnac Pulpera

Anexo 3

Ficha técnica del explosivo SEMEXSA

SEMEXSA®

Dinamita semigelatinosa muy versátil por sus características de detonación que pueden variar según las circunstancias, desde un alto efecto empujador hasta un alto poder rompedor, lo que permite su empleo en voladura de rocas intermedias a duras.

El nivel de energía de los diversos tipos de Semexsa permite superar la fuerza estructural y masa de las diferentes calidades de roca.

Gracias a su gran rendimiento, adaptabilidad y seguro manejo, son usadas en minería subterránea, canteras, obras civiles (túneles, carreteras) generando también un excelente comportamiento en labores confinadas como rampas, chimeneas, piques y entre otros.

Por último, su adecuada transferencia de energía liberada a la roca, minimiza los daños alrededor del taladro.

Propiedades / Beneficios

- Alta a mediana velocidad de detonación.
- Mediana impedancia.
- Sensible al detonador No. 8 y al cordón de bajo gramaje.
- Larga vida útil.

Características técnicas

Especificaciones técnicas	Unidades	Semexsa 45	Semexsa 65	Semexsa 80
Densidad	g/cm ³	1.08 ± 2%	1.12 ± 2%	1.18 ± 2%
Velocidad de detonación*	m/s	3.800 ± 200	4.200 ± 200	4.500 ± 200
Presión de detonación	kbar	87	94	125
Energía**	KJ/kg	3.338	3.433	3.747
RMS**	%	89	92	99
RGS**	%	120	127	147
Volumen de gases	l/kg	1.016	1.055	989
Resistencia al agua	Horas	Buena	Muy buena	Excelente
Categoría de humos	Categoría	1 era.	1 era.	1 era.

* Sin configurar en tubo de agujero de 30 mm de diámetro.

** Calculados con programa de simulación TERMOSETA condiciones ideales de 1 atm.

Presentación y embalaje

Masa explosiva encartuchada en papel kraft, los cartuchos son dispuestos en bolsas plásticas y embalados en cajas de cartón corrugado.

Peso Neto	25 kg		
Peso Bruto	26.3 kg		
Dimensiones de caja	Est. 25 x 45 x 28 cm		
Material	Caja de cartón corrugado		
Producto	Pulg.	UN/Caja	Masa g/UN
SEMEXSA 45	1 1/8	12	122
SEMEXSA 65	1 1/2	12	68
SEMEXSA 65	7/8	7	308
SEMEXSA 80	1 1/8	8	164

Para otras formas de construcción preguntar a un especialista EXSA.

En las cantidades mencionadas podrá haber variaciones en el número y peso de los cartuchos para mantener el estándar de 25 kg/caja.

Almacenamiento y garantía

Conservado en su embalaje original y almacenado en condiciones de temperatura y humedad normales, conforme a las normativas vigentes, el producto está garantizado por 18 meses, después de su fecha de fabricación.

Transporte

CLASE: 1
DIVISIÓN: 1.1 D
N° ONU: 0081




Resolución de responsabilidad

Estos explosivos, han sido inspeccionados y encontrados en buen estado antes de ser embalados y/o entregados. Se deben almacenar en un lugar fresco, seco y bien ventilado, así como manipularlos y transportarlos de conformidad con las disposiciones legales vigentes. Por consiguiente, desde su entrega a los compradores, el fabricante no es responsable por la seguridad y/o el obtención de los resultados que se logren, ya sean estos operacionales/complejos. La totalidad del riesgo y/o la responsabilidad, cualquiera sea su naturaleza, por accidentes, pérdidas, daños a la propiedad o personas (incluyendo la muerte), ya sean estos directos, indirectos, esperados y/o no esperados, está sujeta a cualquier estrategia derivado del uso de estos explosivos, en de los compradores desde la entrega de los mismos.

Tomada de Exsa S.A.

Anexo 4

Ficha técnica del detonador no eléctrico EXSANEL




**DETONADOR
NO ELÉCTRICO
EXSANEL
MS Y LP**

Sistema de iniciación no eléctrico, compuesto por un detonador de retardo, un tubo de choque transmisor de señal y un conector plástico para asegurar el contacto óptimo entre el tubo de choque y el cordón detonante.

- La función del detonador de retardo dentro del taladro es iniciar el cebo o primer de la columna de carga explosiva y retardar el tiempo designado.
- La función del tubo de choque es transmitir la señal de encendido que se inicia en la superficie mediante el cordón detonante al detonador en el taladro.
- Comprende tres series de retardo de acuerdo con el uso destinado:
 - **Periodo Largo LP:** Desarrollado generalmente para la excavación de túneles. Los tiempos de retardo entre los intervalos generalmente son más largos, para que la roca confinada se libere y sea desplazada apropiadamente y forme la cara libre para la salida de los demás taladros.
 - **Periodo Corto MS:** Sistema de retardo con intervalos de tiempos cortos de 25 ms entre cada intervalo. Su uso generalmente está destinado a voladura superficial y en subterráneo para la voladura de tajeos anchos.
 - **Periodo Universal:** Esta serie combina las series de periodo largo y corto, para tener más opciones en la planificación de los tiempos de retardos en voladuras de mayor amplitud.

Propiedades / Beneficios

- Una mayor cantidad de retardos necesarios para el diseño de secuencia en una voladura, ello minimiza las vibraciones.
- Un mayor control sobre el diseño del desplazamiento de la roca (fly rock).
- Un mejor rango de tiempo de retardos necesario para obtener la fragmentación requerida.
- El detonador no eléctrico **EXSANEL**, otorga un alto nivel de seguridad contra la iniciación por electricidad estática, corrientes vagabundas y transmisiones de radiofrecuencia.
- Incorpora alta resistencia a la tracción y alta resistencia a la abrasión.
- Resistente al impacto y al choque.
- Mínimo porcentaje de dispersión en los tiempos de retardo.
- Alta resistencia al desglose o desprendimiento del tubo y el detonador.
- Alta resistencia a la tracción del tubo.
- Alta resistencia al agua.
- Sensible al cordón detonante y fulminante No. 8.
- El detonador tiene una fuerza N° 12, para asegurar la iniciación fiable de los cebos y explosivos sensibles a los detonadores.



Tomada de Exsa S.A.

Anexo 5

Ficha técnica del EXSACORD – cordón detonante

EXSACORD Cordón detonante

El Cordón Detonante es un accesorio para voladura constituido por un núcleo granulado fino y compacto de pentrita PETN (Pentaeritrilo tetranitrato) que está recubierto por varias fibras sintéticas e hilos de algodón. Su cobertura exterior plástica varía según el tipo de cordón, simple o reforzado permitiéndole flexibilidad, resistencia a la tracción e impermeabilidad.

Se activa generalmente por medio de un fulminante común, eléctrico o no-eléctrico. El núcleo del explosivo detonará a una velocidad de 7,000 m/s aproximadamente, generando una onda de choque que permitirá activar explosivos sensibles al detonador.

Este accesorio para voladura tiene múltiples aplicaciones en minería, carteras, movimientos de tierra y diferentes trabajos de ingeniería civil. Funciona adecuadamente en todo tipo de voladuras, independiente del diámetro y longitud del taladro.



Características técnicas

Especificaciones técnicas	Unidades	NP 03	NP 05	10R
Velocidad de detonación	m/s	6,800	7,000	7,000
Carga PETN lineal	g/m	4.3	5.5	10.3
Diámetro externo	mm	3.3	3.7	4.7
Resistencia a la tracción	kgf	60	70	70
Color de recubrimiento		Verde	Azul	Violeta

Presentación y embalaje

Presentación	Unidades	NP 03	NP 05	10R
Longitud por carrete	m	1,000	750	500
Longitud total por caja	m	2,000	1,500	1000
Carrete por caja	un	2	2	2
Dimensiones de embalaje	cm	31.2 x 60.0 x 24.0		
Peso Neto	Kg	22.4	22.2	22.8
Peso Bruto	Kg	23.7	23.5	24.1

Para otros formatos de presentación preguntar a un especialista EXSA.

Almacenamiento y garantía

Conservado en su embalaje original y almacenado en condiciones de temperatura y humedad normales, conforme a las normas vigentes, el producto está garantizado por 24 meses, después de su fecha de fabricación.

Exención de responsabilidad

Estos explosivos han sido inspeccionados y encontrados en buen estado antes de ser embalados y/o entregados. Se deben almacenar en un lugar fresco, seco y bien ventilado, así como manipularse y transportarse de conformidad con las disposiciones legales vigentes. Por consiguiente, desde su entrega a los compradores, el fabricante no será responsable por su seguridad o por la obtención de los resultados que se busquen, ya sean estos esperados o imprevistos. La totalidad del riesgo y de la responsabilidad, cualquiera sea su naturaleza, por accidentes, pérdidas, daños a la propiedad o personas (incluyendo la muerte), ya sean estos directos, indirectos, especiales y/o consecuentes o de cualquier otro tipo derivado del uso de estos explosivos, es de los compradores desde la entrega de los mismos.



**Transporte
CLASE:
1.1D
IIN: 0042**



Tomada de Exsa S.A.

Anexo 6
Rimado piloto



Tomada de Empresa Internacional - Boart Longyear

Anexo 7

Precios unitarios

ESCALA DE SUELDOS Y JORNALES

DESCRIPCION DEL PUESTO	JORNAL S/.	asignacion familiar	feriados con 100% 01 por mes	Total ingreso afecto	factor de leyes sociales	TOTAL (S/-)
Perforista	63.50	2.50	4.88	70.88	103.17%	144.02
Operario Mina	63.50	2.50	4.88	70.88	103.17%	144.02
Operador Scooptram	85.00	2.50	6.54	94.04	103.17%	191.06
Operador Jumbo	90.00	2.50	6.92	99.42	103.17%	202.00
Enmaderador	63.00	2.50	4.85	70.35	103.17%	142.92
Compresorista y lamparero	59.50	2.50	4.58	66.58	103.17%	135.26
Chofer de mina	63.50	2.50	4.88	70.88	103.17%	144.02
Capataz	85.00	2.50	6.54	94.04	103.17%	191.06
Bombero, Herrero, Soldador	59.50	2.50	4.58	66.58	103.17%	135.26
Bodeguero	59.50	2.50	4.58	66.58	103.17%	135.26
Ayudante Perforista	59.50	2.50	4.58	66.58	103.17%	135.26
Ayudante de servicios	59.50	2.50	4.58	66.58	103.17%	135.26
Ayudante de mina	59.50	2.50	4.58	66.58	103.17%	135.26
Ayudante de jumbo	63.50	2.50	4.88	70.88	103.17%	144.02
Ayudante de enmaderador	59.50	2.50	4.58	66.58	103.17%	135.26
Ayudante almacen	59.50	2.50	4.58	66.58	103.17%	135.26
Mecanico de equipo pesado	95.00	2.50	7.31	104.81	103.17%	212.94
Electricista mina	75.00	2.50	5.77	83.27	103.17%	169.18
Electricista de equipos	90.00	2.50	6.92	99.42	103.17%	202.00
Cuartelero	58.00	2.50	4.46	64.96	103.17%	131.98

ESCALA DE SUELDOS Y JORNALES

DESCRIPCION	UND	PRECIO (S/-)	Vida Econom.	Incidencia	Obreros Con Ropa de agua	Obreros Sin Ropa de agua	Supervisoon sin ropa de agua	Personal superficie
Botas de jebe	Par	61.980	180.00	0.34	0.34		0.32	-
Casco sombrero	Pza	58.091	200.00	0.29	0.29		0.19	0.19
Taflete de casco	Pza	12.710	150.00	0.08	0.08		0.08	0.08
Orejas p/ Operador	Par	52.750	300.00	0.18	-		0.18	-
Barbiquejo	Pza	1.580	180.00	0.01	0.01		0.01	0.01
Respirador 3M 7500 premium	Pza	63.560	360.00	0.18	0.18		0.18	-
Filtro alta eficiencia 3M 2097	Par	38.980	30.00	1.30	1.30		1.03	1.03
Cartucho Vapores Organicos	Par	58.200	30.00	1.94	1.94		1.94	-
Guantes de Neoprene 14"	Par	26.000	30.00	0.87	0.87		0.87	-
Guante de cuero	Par	10.310	25.00	0.41	0.41		0.41	0.41
Correa portalampara	Pza	21.190	360.00	0.06	0.06		0.06	-
Mameluco con cinta reflectiva	Pza	83.620	100.00	0.84	0.84		0.46	0.46
Lampara minera	Pza	252.000	300.00	0.84	0.84		0.84	-
Chaleco verde c/cinta fosforescente	Pza	64.940	180.00	0.36	-		-	0.36
Lentes de seguridad	Pza	28.000	90.00	0.31	0.31		0.31	0.31
Tapón auditivo	Pza	2.330	60.00	0.04	0.04		0.04	0.04
Marbete de identificación (nombre)	Par	20.000	150.00	0.13	0.13		0.13	0.13
Botín Con punta de acero Minero	Par	127.570	180.00	0.71	-		-	0.65
Saco de jebe	Pza	52.200	100.00	0.52	0.52		-	-
Pantalon de jebe	Pza	52.200	100.00	0.52	0.52		-	-
mochila de lona	Pza	38.000	180.00	0.21	0.21	0.000	0.000	0.000
Dispositivo lock out (candado gancho)	pza	150.000	360.00	0.42	-		0.42	0.65
Picota de geologo	pza	45.000	360.00	0.13	-		-	0.13
baston luminoso con pila	par	200.000	180.00	1.11	-		1.11	-
Polos de seguridad (por calor)	pza	38.000	150.00	0.25	0.25		-	-
COSTO POR TAREA				12.01	9.15	8.59	8.12	3.31

DESCRIPCION	UND	PRECIO (S/-)	Vida Econ. (pp)	P U
Broca escariadora 2 1/2"	Uni	387.000	600.00	0.65
Shank Adapter COP1238xT38	Uni	844.650	9,000.00	0.09
Acople T38/R38	Uni	245.830	6,000.00	0.04
Barra Ext. R38-H35-R32x12' (12 y 14 pies)	Uni	1,300.000	6,000.00	0.22
Broca R32x45mm.	Uni	283.610	800.00	0.35
Adaptador Piloto R32x12°	Uni	586.000	800.00	0.73
Broca Rimadora R32x102mm	Uni	616.160	800.00	0.77
Coplas de afilado	Uni	357.500	10,000.00	0.04
Adaptador Split Set / perno helicoidal	Uni	230.000	600.00	0.38
Barra de Extensión Porta Broca Conica 2'	Uni	135.440	900.00	0.15
Barra de Extensión Porta Broca Conica 4'	Uni	181.590	900.00	0.20
Barra de Extensión Porta Broca Conica 5'	Uni	240.200	900.00	0.27
Barra de Extensión Porta Broca Conica 6'	Uni	258.450	920.00	0.28
Barra de Extensión Porta Broca Conica 8'	Uni	275.440	1,300.00	0.21
Broca Conica 38 mm.	Uni	72.060	400.00	0.18
Broca Conica 41 mm.	Uni	74.000	300.00	0.25

EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS DE VOLADURA

DESCRIPCION	UND	PRECIO (S/.)	US\$/Caja	Kg/Caja
Dinamita Semexa 45% 7/8" x 7"	Cart	0.530		
Dinamita Semexa 65% 7/8" x 7"	Cart	0.540		
Dinamita Semexa 45% 7/8" x 7"	Kg	6.172	55.11	25.00
Dinamita Semexa 65% 7/8" x 7"	Kg	6.509	58.12	25.00
Dinamita Exadit 65% 7/8" x 7"	Kg	5.899	52.67	25.00
Dinamita Semexa 65% 1 1/8" x 7"	Kg	5.803	51.81	25.00
Dinamita Semexa 80% 1 1/8" x 8"	Kg	5.918	52.84	25.00
Dinamita Semexa 65% 1 1/4" x 8"	Kg	6.236	55.68	25.00
Dinamita Semexa 80% 1 1/4" x 8"	Kg	6.657	59.44	25.00
Emulsiones 4500 7/8"x8"	Und	0.560		
Emulsión Iremita 62 11/2" x 12" (68)	Und	2.030		
Emulsiones 6500 1"x8"	Und	0.700		
Emulsión Iremita 62 7/8" x 7" (308)	Und	0.450		
Emulsión Iremita 62 1" x 8" (240)	Und	0.700		
Emulsiones 6500 1"x8"	Und	0.700		
Emulsiones 8000 1"x8"	Und	0.590		
Anfo	Kg	1.740		
Examon	Kg	2.128		
Fulminante N° 8	Pza	0.308		
Fanel	Pza	3.338		
Mininel	Pza	2.929	261.5	250 pza/caja
Guía Seguridad	m	0.254	90.63	1000 m/caja
Carmex 8	Pza	1.497	160.43	300 pza/caja
Igniter Cord	m	1.064		
Pentacord	m	1.075	575.72	1500 m/caja

HERRAMIENTAS

DESCRIPCION	UND	PRECIO (S/.)	Vida Econom.	PU
Corvina de 36 "	Pza	178.20	100.00	1.78
Lampa	Pza	26.46	50.00	0.53
Pico	Pza	29.57	50.00	0.59
Combo 4 Lbs	Pza	19.24	90.00	0.21
Combo 6 Lbs	Pza	34.70	90.00	0.39
Combo 8 Lbs	Pza	41.04	90.00	0.46
Combo 10 Lbs	Pza	51.57	90.00	0.57
Combo 16 Lbs	Pza	78.79	90.00	0.88
Llave Stilson de 8"	Pza	27.41	100.00	0.27
Llave Stilson de 10"	Pza	73.52	100.00	0.74
Llave Stilson de 14"	Pza	87.36	100.00	0.87
LLave Francesa 8"	Pza	24.03	100.00	0.24
Maquina Ban Dit	Pza	325.00	180.00	1.81
Formon 1"	Pza	23.80	50.00	0.48
Azuela (de 3Lbs.)	Pza	26.81	80.00	0.34
Barretilla de aluminio de 4'	Pza	59.40	60.00	0.99
Barretilla de aluminio de 6'	Pza	70.20	60.00	1.17
Barretilla de aluminio de 8'	Pza	78.00	60.00	1.30
Barretilla de aluminio de 10', 12'	Pza	85.80	60.00	1.43
Barretilla de aluminio de 14'	Pza	98.20	60.00	1.64
Atacador	pza	9.84	20.00	0.49
Pasteca (rondana) 6" diam.	und	497.50	300.00	1.66
Cable de acero 3/8 "	mt	2.26	100.00	0.02
Cizalla de 24	Pza	114.80	100.00	1.15
Ganchos de 1.5	Pza	19.99	50.00	0.40
Carretilla buggy	Pza	185.00	60.00	3.08
Flexometro 5m	Pza	13.47	30.00	0.45
Lámpara	Pza	234.50	720.00	0.33
Detector de Energia	Pza	43.00	180.00	0.24
Lámpara CEAG MLC 5.2	Pza	1,224.00	2,400.00	0.51
Baston luminoso con pilas recargables	Pza	100.00	180.00	0.56
Lámpara (Alquiler)	Pza/mes	41.75	25.00	1.67
Disco de jebe	Pz	5.00	25.00	0.20
Manguera Jebe 1"	Mts	14.55	150.00	0.10
Manguera Jebe 1/2"	Mts	6.28	150.00	0.04
Aceite de perforacion	Glns	21.91	1.00	21.91
Cinta Ban Dit 1/2	rollo	77.24	40.00	1.93
Cinta Ban Dit 3/8	rollo	65.00	40.00	1.63
Escalera Telescopica de 4mts	Uni	502.83	90.00	5.59
Escalera Telescopica de 3mts	Uni	625.00	90.00	6.94
Ocre Polvo Rojo	Kg	10.00	1.00	10.00
arco de sierra + hoja	uni	39.00	60.00	0.65
Boa de 2"	m	45.00	150.00	0.30
Boa de 2"	m	53.30	150.00	0.36
Tubo PVC 1 1/2 x 3.00 Mts.	uni	3.60	-	-
PETROLEO-DIESEL	Glns	11.68	-	-

Tomada del departamento de Operaciones de la minera Apmnac Pulpera

Anexo 8

Descripción técnica del equipo Scooptram Epiroc 2.5 yd³

Scooptram Epiroc ST2G 2.5 yd ³			
Precio compra (\$)		467,455	Costo de Propiedad
Precio jgo llantas		16,167	Costo por depreciación
Vida llantas (hor)		1,500	Costo por intereses
Precio stock (V)		451,288	Costo por seguro
Valor de rescate (Vr)	10%	45,129	Total costo de Propiedad
			34.54
Vida económica en horas (n)	3960	15,000	Costo de operación
Vida económica en años (N)		3.8	
			US \$/hora
	Consumo	Precio	Combustible
	gal/hora	US \$/gal	Lubricantes (aceite grasa)
Combustible	4.00	4.49	Costo filtros
Aceite motor gal/hor	0.14	7.45	Costo llantas
Aceite hidraulico gal/hor	0.14	7.45	Reparación llanta (15%)
Grasa lbs/hora	0.08	2.10	Repuestos
Filtro (0,4 * costo aceite + grasa)		20%	Total costo de operación
Repuestos		75%	59.23
			Total Costo de Propiedad y Operación (\$/hr)
			93.76
Factor de inversión $K = (n+1)/2n$		0.63	Total Costo de Propiedad y Operación (\$/ .hr)
Intereses %		10.0%	243.79
Seguros %		0.0%	COSTO DIRECTO SIN OPERADOR, NI COMBUSTIBLE (\$/ .hr)
			197.07



Tomada de Epiroc S.A.