

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Influencia del diseño de nueva malla de perforación
en los costos de ejecución de chimeneas para
ventilación en SMEBSAA Pasco 2023**

Jhonatan Preale Chamorro Herrera
Fernando Vidal Romero

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Rafael Carrasco Soto
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 5 de Julio de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

"INFLUENCIA DEL DISEÑO DE NUEVA MALLA DE PERFORACIÓN EN LOS COSTOS DE EJECUCION DE CHIMENEAS PARA VENTILACIÓN EN SMEBSAA PASCO 2023"

Autores:

1. Jhonatan Preale Chamorro Herrera – EAP. Ingeniería de Minas
2. Fernando Vidal Romero – EAP. Ingeniería de Minas

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 24 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas (**en caso de elegir "SI"**): (20 palabras) SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por habernos dado vida, salud, sabiduría e inteligencia para lograr nuestro sueño de ser un Ingeniero de Minas.

Nuestro mayor agradecimiento al Ms. Rafael Carrasco Soto, por habernos orientado para culminar satisfactoriamente la investigación y poner a disposición de los interesados en la materia.

De igual manera, nuestra gratitud a los docentes de la facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Continental – Huancayo por darnos una formación sólida.

DEDICATORIA

A todos aquellos que han sido una parte integral de nuestro camino académico y personal. A nuestros profesores y mentores, por su dedicación y pasión por la enseñanza y por guiarnos en nuestro camino. A nuestra querida alma mater y a todas las personas que la conforman les agradecemos de todo corazón. No podríamos haber llegado hasta aquí sin su apoyo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiii
CAPÍTULO I	15
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	15
1.1 Planteamiento y formulación del problema.....	15
1.1.1 Planteamiento del problema	15
1.1.2 Formulación del problema.....	16
1.2 Objetivos.....	16
1.2.1 Objetivo general.....	16
1.2.2 Objetivos específicos	16
1.3 Justificación de la investigación.....	17
1.3.1 Justificación técnica	17
1.3.2 Justificación económica.....	17
1.4 Delimitación del proyecto.....	17
1.4.1 Generalidades Minera El Brocal	17
1.4.2 Marco geológico	18
1.5 Hipótesis de la investigación	19
1.5.1 Hipótesis general.....	19
1.5.2 Hipótesis específica	20
1.6 Identificación de las variables	20
1.6.1 Variable independiente.....	20
1.6.2 Variable dependiente (variable cuantitativa continua).....	20
CAPÍTULO II	22
MARCO TEÓRICO	22
2.1. Antecedentes de investigación	22
2.1.1. Antecedentes nacionales	22
2.2. Bases teóricas	24

2.2.1. Resistencia a la comprensión simple	25
2.2.2. Caracterización del macizo rocoso de la mina Marcapunta Norte - El Brocal	26
2.2.3. Diseño de nueva malla de perforación.....	28
2.2.4. Métodos de evaluación económica considerando el valor del dinero en el tiempo.....	31
2.2.5. Definición de términos básicos.....	33
CAPÍTULO III	35
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	35
3.1. Método, tipo y alcances de la investigación.....	35
3.1.1. Método de investigación.....	35
3.1.2. Alcance de la investigación.....	35
3.1.3. Población, muestreo y muestra.....	36
3.2. Técnicas e instrumentos de la recolección de datos.....	36
3.2.1. Técnicas utilizadas en la recolección de datos.....	36
3.2.2. Instrumentos utilizados.....	36
3.2.3. Proceso de recolección de datos.....	36
3.2.4. Planificación	36
3.2.5. Ejecución.....	37
3.2.6. Análisis de datos.....	37
3.2.7. Evaluación	37
CAPÍTULO IV.....	38
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1. Presentación de resultados.....	38
4.1.1. Descripción de ejecución de chimeneas con taladros largos.....	38
4.1.2. Resultados y análisis de información	38
4.1.3. Evaluación geomecánica de macizo rocoso	39
4.1.4. Cálculo de resistencia de compresión.....	39
4.1.5. Cálculo de RMR del macizo rocoso donde se ejecutará la chimenea 970041	
4.1.6. Malla de perforación anterior y costos de perforación y voladura	43
4.1.7. Diseño de la nueva malla de perforación	47
4.1.8. Dibujo de la malla de perforación diseñada	50
4.1.9. Cálculo de cantidad de explosivo para el nuevo diseño de malla	51
4.1.10. Estructura de costos de perforación y voladura con el nuevo diseño de malla	53
4.1.11. Análisis de resultados.....	54

4.1.12. Resumen de la influencia del nuevo diseño en los costos de perforación y voladura	56
4.1.13. Evaluación económica del presente estudio de investigación	56
4.1.14. Contraste de hipótesis	59
4.2. Discusión de resultados	59
CAPÍTULO V	61
CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN	61
5.1. Conclusiones	61
5.1.1. Conclusiones generales	61
5.1.2. Conclusiones específicas	61
5.2. Recomendaciones	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
ANEXOS	66
Anexo 1	67
Matriz de consistencia	67
Anexo 2	69
Sección geológica geomecánica de Marcapunta Norte	69
Anexo 3	70
Plano y nueva malla de perforación de Chimenea para ventilación 9700	70
Anexo 4	71
Reporte de perforación de ambos turnos	71
Anexo 5	71
Protocolo de voladura	71
Anexo 6	72
Posicionamiento del Simba S7D para iniciar la perforación	72
Anexo 7	72
Chimenea perforada antes y después de la investigación	72
Anexo 8	73
Chimenea disparada	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables.....	21
Tabla 2. Clasificación del macizo rocoso RMR	24
Tabla 3. Zonificación geomecánica del yacimiento Marcapunta Norte	27
Tabla 4. Marcapunta Norte – ensayos con el martillo Schmidt	27
Tabla 5. Ensayo N°1 - Número de rebotes del martillo	39
Tabla 6. Ensayo N°2 - Número de rebotes del martillo	40
Tabla 7. Mapeo geomecánico para la ejecución de la chimenea 9700.....	42
Tabla 8. Malla de perforación anterior y sus parámetros	43
Tabla 9. Cálculo de densidad de carga explosiva	44
Tabla 10. Esquema de carguío	45
Tabla 11. Costos de perforación y voladura antes de la investigación.....	46
Tabla 12. Especificaciones técnicas Examon - p	48
Tabla 13. Metodología de Holmberg	48
Tabla 14. Cálculo de cuadrantes.....	49
Tabla 15. Kpi y parámetros de perforación	50
Tabla 16. Cálculo de kilogramos de explosivo (anfo) por metro.....	51
Tabla 17. Cálculo de explosivo y secuencia de voladura.....	52
Tabla 18. Costo de perforación y voladura con el nuevo diseño.....	54
Tabla 19. Análisis comparativo de costos de perforación	55
Tabla 20. Análisis comparativo de costos de voladura	55
Tabla 21. Evaluación económica de la investigación	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la mina	18
Figura 2. Abaco Schmidt para rocas	26
Figura 3. Método de Holmberg.....	28
Figura 4. Gráfico de ábaco para el martillo Schmidt	41
Figura 5. Malla de perforación para chimenea antes de la investigación.....	43
Figura 6. Fotografía de perforación y esquema de voladura.....	45
Figura 7. Nueva malla de perforación	50
Figura 8. Nuevo esquema de carguío	53
Figura 9. Gráfico comparativo de costos.....	55
Figura 10. Gráfico comparativo de voladura	56

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como título: «Influencia del diseño de nueva malla de perforación en los costos de ejecución de chimeneas para ventilación en SMEBSAA Pasco 2023». El problema de investigación es ¿de qué manera influye el diseño de nueva malla de perforación en la reducción de costos de ejecución de chimeneas para ventilación en Sociedad Minera el Brocal, Cerro de Pasco 2023? El objetivo es determinar la influencia del diseño de la nueva malla de perforación en la reducción de costos de ejecución de chimeneas para ventilación en Sociedad Minera El Brocal, Pasco 2023, por lo tanto se plantea la siguiente hipótesis: el diseño de nueva malla de perforación influye significativamente en la reducción de costos de ejecución de chimeneas para ventilación en Sociedad Minera el Brocal, Cerro de Pasco 2023.

Para el proceso de la siguiente investigación se aplicó el método científico, nivel explicativo y el tipo de investigación aplicada. Al realizar y aplicar la nueva malla de perforación y voladura en la construcción de chimeneas para ventilación se verá su influencia en la reducción de costos. Se tenía que con la malla anterior el costo en la ejecución de chimeneas para ventilación fue de \$456.9/m de chimenea ejecutada y ahora es de \$384.7/m de chimenea ejecutada, obteniendo una disminución de \$72.2/m.

Palabras claves: diseño de nueva malla de perforación, costos de ejecución de chimeneas, ventilación, cálculo de explosivo, numero de taladros.

ABSTRACT

The present research work is entitled: Influence Of The Design Of New Drill Mesh On The Costs Of Execution Of Ventilation Chimneys In SMEBSAA Pasco 2023, whose research problem is How does the design of new drilling mesh influence the reduction of costs of execution of chimneys for ventilation in Societal Miner el Brocal, Cerro de Pasco 2023?, Similarly, the objective is: to determine the influence of the design of the new drilling mesh on the reduction of costs of execution of chimneys for ventilation in Societal miner El Brocal, Pasco 2023, therefore the following hypothesis is proposed: The design of the new drilling mesh significantly influences the reduction of costs of execution of chimneys for ventilation in Societal miner el Brocal, Cerro de Pasco 2023.

For the process of the following research, the scientific method, explanatory level, and the type of applied research were applied. By making and applying the new drill and blast mesh in the construction of ventilation chimneys, its influence on cost reduction will be seen. It had to: With the previous mesh, the cost in the execution of chimneys for ventilation was \$456.9/mt. of chimney executed and is now \$384.7/mt. of chimney executed, obtaining a decrease of \$72.2/mt.

Keywords: design of new drill mesh, chimney execution costs, ventilation, explosive calculation, number of holes.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación tiene la intención de demostrar la influencia del diseño de nueva malla de perforación en los costos de ejecución de chimeneas para ventilación en Sociedad Minera El Brocal, ubicado en el distrito Tinyahuarco, provincia de Pasco, departamento de Pasco, asimismo, el desarrollo de la investigación se ha orientado a reducir los costos en dicha ejecución de chimeneas para ventilación.

En vista que el anterior diseño de malla de perforación tenía un costo de perforación y voladura inapropiado, en cuanto a la ejecución de chimeneas para ventilación, asimismo, resultados deficientes de la voladura que conllevaba a obtener alto costo en la ejecución de dicha chimenea, se realizó el seguimiento en campo con la finalidad de detectar la mala influencia del diseño de malla de perforación en los costos de perforación y voladura, lo que se venía presentando continuamente.

Para mejorar dicha influencia en los costos de perforación y voladura, se realizó un nuevo diseño de malla de perforación que consta con 4 taladros menos que en el diseño anterior y comprende de corte quemado que tiene 8 taladros de alivio y 17 taladros de producción haciendo un total de 25 taladros, con ello se logró reducir los costos de perforación y voladura en dicha ejecución de chimeneas.

El trabajo de investigación se dividió en capítulos. El capítulo I trata sobre el problema de la investigación, se presenta el planteamiento y formulación del problema, justificación, los respectivos objetivos, alcances y limitaciones del proyecto de investigación. El capítulo II presenta el marco teórico conceptual de la investigación, se aprecia primero los antecedentes y luego la información teórica relevante sobre las variables de estudio, es decir sobre la perforación y voladura, optimización de costo, sustentado en teorías y bibliografía actualizada y finalmente, la definición de términos básicos utilizados en la investigación, seguido de la hipótesis y el sistema de variables. El capítulo III indica el marco metodológico, en el que se detalla el tipo, nivel

método y diseño de investigación, además de las técnicas de recolección de datos y el procesamiento de información. Por último, el capítulo IV de presentación, análisis y discusión de resultados. Al final se complementa con las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas según, y los respectivos anexos del presente trabajo de investigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

1.1.1 Planteamiento del problema

En la operación minera, la perforación y voladura de rocas para la ejecución de chimeneas de ventilación es de vital importancia, principalmente en labores mineras con mayor profundidad en mina subterránea.

SMEB (Sociedad Minera El Brocal) S. A. A. aplica métodos de construcción de chimeneas para ventilación empleando taladros largos, donde se realiza dichas chimeneas de 15 a 30 metros de longitud según avanza la profundización de la rampa, las chimeneas se construyen en las rampas tipo 8 de gradiente de 12 %, en secciones 4 x 4 y radio de curvatura 16.5 m. La perforación para dicha construcción de chimenea se realiza de manera negativa como también positiva de nivel a nivel.

Durante la ejecución, se ha realizado las evaluaciones de las operaciones de perforación y voladura y se encontró una serie de deficiencias en los resultados de avances lineales como consumo excesivo de explosivos y accesorios de voladura, fragmentación inadecuada, mala distribución de taladros, demasiada sobre rotura en contornos de la chimenea, entre otros y como consecuencia de ello se encontró altos costos de perforación y voladura en la construcción de dichas chimeneas.

1.1.2 Formulación del problema

1.1.2.1 Problema general

¿De qué manera influye el diseño de nueva malla de perforación en la reducción de costos de ejecución de chimeneas para ventilación en Sociedad Minera El Brocal, Cerro de Pasco – 2023?

1.1.2.2 Problemas específicos

- ¿De qué manera influyen el número de los taladros largos para chimeneas del diseño de la nueva malla de perforación en la reducción de costos de ejecución de chimeneas para ventilación en la Sociedad Minera El Brocal, Cerro de Pasco – 2023?
- ¿De qué manera influyen el cálculo de carga explosiva del diseño de la nueva malla de perforación en la reducción de costos de ejecución de chimeneas para ventilación en la Sociedad Minera El Brocal, Cerro de Pasco – 2023?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Determinar la influencia del diseño de nueva malla de perforación en la reducción de los costos de ejecución de chimeneas para ventilación en Sociedad Minera El Brocal, Cerro de Pasco – 2023.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar la influencia del número de los taladros largos para chimeneas del diseño de la nueva malla de perforación en la reducción de los costos de ejecución de chimeneas para ventilación en Sociedad Minera El Brocal, Cerro de Pasco – 2023.
- Determinar la influencia del cálculo de carga explosiva del diseño de la nueva malla de perforación en la reducción de los costos de ejecución de chimeneas para ventilación en Sociedad Minera El Brocal, Cerro de Pasco – 2023.

1.3 Justificación de la investigación

1.3.1 Justificación técnica

Aplicando un diseño de malla apropiado, se evitará lo siguiente: mayor consumo de explosivos que con lleva daños al macizo rocoso, mayor tiempo de los trabajos de perforación y voladura, trabajos secundarios en la corrección de las voladuras deficientes, entre otros.

1.3.2 Justificación económica

Mediante esta investigación se logrará una mayor rentabilidad económica en la construcción de chimeneas de ventilación con taladros largos. Un nuevo diseño de malla de perforación y voladura permitirá disminuir costos en su ejecución, asimismo se obtendrán resultados eficientes como secciones completas, superficies de corte bien definidas, mínimo agrietamiento de la roca circundante, con lo que se contribuirá a mejorar su estabilidad. Evitando de esa manera a incurrir en costos adicionales por voladuras secundarias, y mayor sostenimiento, etc.

1.4 Delimitación del proyecto

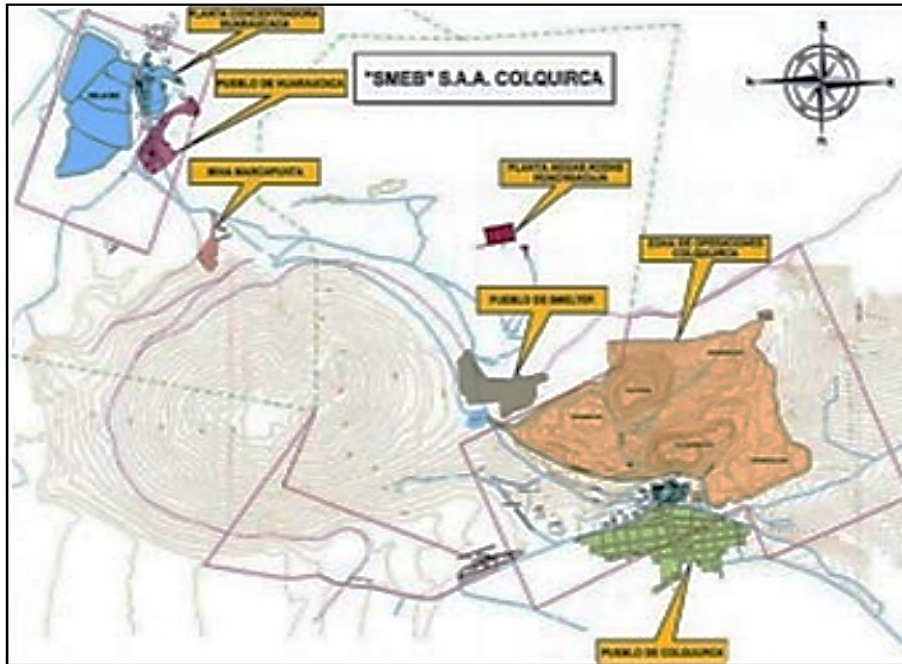
1.4.1 Generalidades Minera El Brocal

1.4.1.1 Ubicación y accesibilidad

La Sociedad Minera El Brocal S. A. A. tiene como principales actividades la extracción, concentración y comercialización de minerales polimetálicos, principalmente de zinc, plomo, cobre y plata, realiza sus operaciones en la unidad minera De Colquijirca, conformada por las minas Tajo Norte y Marcapunta Norte, y la planta concentradora de Huaraucaca.

Está ubicada políticamente en el distrito de Tinyahuarco, provincia de Pasco, departamento de Cerro Pasco, aproximadamente a 289 km de Lima, entre las coordenadas (UTM): 8'811,271-N y 361,760-E, a una altitud de 4.300 m s. n. m.

Se accede por la carretera Lima–La Oroya–Colquijirca, con una distancia de 310 km que se cubre en seis horas aproximadamente. Por vía aérea, a la localidad de Vicco, en el distrito de Tinyahuarco.



**Figura 1. Mapa de ubicación de la mina
Tomada de Web – Scribd**

1.4.2 Marco geológico

1.4.2.1 Geología regional

El área alrededor de la mina Colquijirca está dominada por anticlinales y sinclinales, donde las formaciones sedimentarias del grupo Pacobamba (conglomerado de shuco, capas rojas y calizas calera) del cretáceo superior y terciario inferior han sido plegadas en tres o más anticlinales paralelos, que siguen un rumbo general NS. En esta secuencia se encuentra emplazado el stock diorítico de Marcapunta. Estratigráficamente comprende al grupo Pocabamba del Cretáceo Superior y Terciario Inferior; en los alrededores, formaciones del Jurásico-Triásico (calizas parias) y sedimentos del grupo Mitu y Excélsior (Paleozoico Superior e Inferior) como rocas ígneas se encuentran stocks y apofisis andesíticos y dacíticos del Terciario Medio. Con relación a las fallas dentro del área, estas son el resultado de las mismas fuerzas que dieron origen a la formación de los plegamientos, existiendo evidencias de fallas longitudinales y transversales. Así tenemos la falla Huachaucaja que bordea la falda oeste del cerro Marcapunta, la falla longitudinal de Cerro de Pasco que pasa por la falda este del cerro Marcapunta y la falla transversal de Condorcayan que pasa a lo largo de la quebrada del mismo nombre, al norte de Colquijirca (1).

1.4.2.2 Geología local

El sector denominado Marcapunta Norte está compuesto por las dos zonas internas: una conformada por enargita y otra de carácter polimetálico, es decir, de calcopirita, tenantita, esfalerita y galena (3).

En Marcapunta Norte se ha experimentado un proceso de enriquecimiento supérgeno que generó cuerpos de calcosita y un cuerpo menor polimetálico compuesto por calcopirita, tenantita, esfalerita y galena, conformando un sector de relativa complejidad mineralógica en términos de intercrecimientos (3).

1.4.2.3 Geología económica

El manto superior central contiene enargita-luzonita con leyes de 1 y 3 % de Cu y 0.3 y 1% de As. Ag entre 15 y 30 g/t. Sectores internos del manto superior central presentan valores de oro entre 0.3 y 0.7 gr/t (3).

1.4.2.4 Geología estructural

El depósito mineralizado de Colquijirca se encuentra estructuralmente controlado por varias capas de rocas sedimentarias que forman los flancos de un amplio sinclinal denominado Principal-Mercedes y un anticlinal agudo denominado mercedes-Chocayoc. La mineralización ocurre en capas ineterestratificadas del miembro Colquijirca por reemplazamiento parcial de horizontes favorables (2).

Los estratos sedimentarios se encuentran plegados en el área de Colquijirca, originando diversos anticlinales y sinclinales. Los ejes de los pliegues poseen un rumbo NNW, con una proporción alrededor de 35 km y un buzamiento suave del eje hacia el sur (4).

1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 Hipótesis general

El diseño de nueva malla de perforación influye significativamente en la reducción de los costos de ejecución de chimeneas para ventilación en la Sociedad Minera El Brocal, Cerro de Pasco – 2023.

1.5.2 Hipótesis específica

- El número de los taladros largos para chimeneas del diseño de la nueva malla de perforación influye significativamente en la reducción de los costos de ejecución de chimeneas para ventilación en Sociedad Minera El Brocal, Cerro de Pasco – 2023.
- El cálculo de carga explosiva en el diseño de la nueva malla de perforación influye significativamente en la reducción de los costos de ejecución de chimeneas para ventilación en Sociedad Minera El Brocal, Cerro de Pasco – 2023.

1.6 Identificación de las variables

1.6.1 Variable independiente

- **X1: Diseño de nueva malla de perforación (variable cualitativa nominal)**
 - ✓ Burden
 - ✓ Espaciamiento
 - ✓ Numero de taladros
 - ✓ Diámetro de taladros

1.6.2 Variable dependiente (variable cuantitativa continua)

- **Y1: Costos de ejecución de chimeneas**
 - ✓ Costos de perforación
 - ✓ Costos de voladura

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables

Variable(s)	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Unidad de medida
VI = Diseño de la nueva malla de perforación	Es diseñar plano de perforación para poder hacer una buena fragmentación de roca dependiendo de parámetros tales como la calidad de la roca, la cantidad de explosivos, el tipo de corte.	Es el planteamiento de la distribución de los taladros para una voladura, en base a cálculos con modelos matemáticos y formulas, donde se determinará: cantidad de taladros, diámetro de taladro, diámetros de taladro vacío, distancias del burden y espaciamentos, etc. teniendo en cuenta el tipo de roca y tipo de explosivo a usar.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Espaciamiento ✓ Burden ✓ Numero de taladros ✓ Diámetro de taladros ✓ Carga explosiva 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Metros ✓ Metros ✓ Cantidad ✓ Pulgadas ✓ kg/ml
VD = Costos de ejecución de chimeneas	Son elementos físicos indispensables consumir durante la construcción de chimeneas mediante perforación y voladura; y que pueden ser medidos y cargados a su costo directo	Es la suma de los costos de todos los recursos y/o elementos necesarios a utilizar en el proceso de ejecución de chimeneas mediante perforación y voladura, que finalmente son considerados y/o cargados al costo total de construcción de dichas chimeneas .	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Costos de perforación ✓ Costos de voladura 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ US\$/m perforado ✓ US\$/m disparado

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

2.1.1. Antecedentes nacionales

a) Choque, en su investigación titulada: «*Optimización de costos de perforación y voladura con nuevo diseño de malla en la chimenea San Andrés de la Contrata Minera RUMIJ S.R.L – La Rinconada*» tuvo el objetivo de optimizar los costos de perforación y voladura en el desarrollo de la chimenea San Andrés de la contrata minera RUMIJ S.R.L.- La Rinconada. La metodología consistió en evaluar todos los procesos de desarrollo de perforación y voladura anterior de la chimenea San Andrés, el control de operaciones mineras se ha realizado en 15 turnos, donde se ha analizado el diseño de la malla de perforación anterior y la cantidad de explosivos utilizados. En el estudio de investigación, según las características del macizo rocoso, se ha diseñado una nueva malla de perforación y la cantidad necesaria de explosivos a utilizar, se ha considerado el número de taladros, *burden*, espaciamiento, el tipo de trazo y la cantidad de explosivos requeridos en la voladura. Los resultados indican que con la aplicación de la nueva malla de perforación, los costos de perforación y voladura se ha reducido de 202.81 \$/m a 181.45 \$/m, con una diferencia de 21.36 \$/m. (5).

b) Ramos, en su tesis titulada: «*Minimización de costos de perforación y voladura mediante el rediseño de malla en el frente de las chimeneas 905*»

y 965 en labores ciegas de la Unidad Minera Esperanza- Arequipa» tuvo el objetivo primordial de minimizar los costos de perforación y voladura mediante el rediseño de malla de perforación y el factor de carga explosiva en el frente de la chimenea 965 del nivel 1720 de la unidad minera Esperanza. Esta operación unitaria se ha realizado durante 10 días de trabajo en donde se ha evaluado el diseño anterior de la malla de perforación, el factor de carga y la cantidad de explosivos utilizados en la voladura. En el proyecto de investigación se ha rediseñado una nueva malla de perforación según las características del macizo rocoso y la carga explosiva requerida, estas pruebas y análisis se han realizado durante 10 días de trabajo en donde se ha evaluado el número de taladros requeridos, espaciamiento, *burden*, tipo de trazo, el factor de carga explosiva y la cantidad necesaria de explosivos. Luego de realizar estas operaciones de minado, se ha realizado el análisis comparativo de costos de perforación y voladura utilizando las dos mallas de perforación anterior y actual en la ejecución de las chimeneas 905 y 965 del nivel 1720 de la unidad minera Esperanza- Arequipa. Finalmente, se logró las siguientes conclusiones, con el rediseño de la nueva malla de perforación los costos de perforación y voladura se ha reducido de 206,61 \$/m a 181.55 \$/m, con una diferencia de 25,06 \$/m y los taladros se han reducido de 30 a 25 taladros perforados con una diferencia de 05 taladros de 5 pies, además, el consumo de explosivo FAMESA 65 %, se ha reducido de 8,83 kg/m a 6,86 kg/m con una diferencia de 1,97 kg/m (6).

- c) Quispe, en su investigación titulada: «*Diseño de mallas de perforación y voladura y su incidencia en los costos unitarios en la unidad minera Chalhuanes*» tuvo el objetivo principal de reducir los costos de perforación y voladura. Para lograr este propósito, se realiza una supervisión, capacitación y control de las operaciones unitaria de perforación y voladura. Es muy importante realizar un adecuado diseño de las mallas de perforación y voladura para tener en forma detallada los procedimientos de cálculo de los costos de operación para obtener un control; por eso, se realiza el presente trabajo de investigación desde el punto de vista económico y la necesidad de optimizar los recursos e insumos de la

perforación y voladura. La introducción de nuevas tecnologías, así como la necesidad de obtener superficies de corte regular que reduzcan la necesidad del sostenimiento, son de suma importancia. Inicialmente se expone un alto costo de perforación y voladura, por unas falencias en el diseño de malla de perforación, distribución de explosivos, además de un mal perfilado del contorno de la mina. Con el nuevo diseño de malla de perforación, se reduce el número de taladros a cuatro (4), también se logrará incrementar el avance de 4 pies de avance a 5 pies con un incremento aproximado de 1 pie por disparo. Así, se mejora el avance, reduciendo el tiempo de ciclo de perforación y voladura a un costo de 4.86 \$/m disminuyendo en 1.05 \$/m con la nueva distribución de explosivos. Se mejorará el perfil de la sección de la galerías, además de reducir los costos en total de 3.58 \$/t. Como perspectiva de futuro, se sugiere mantener un adecuado control operacional de la perforación y voladura en las labores de desarrollo para obtener mejores tasas de rentabilidad de los procesos de minado, es decir los resultados obtenidos en esta investigación serán recogidos de acuerdo a la política de la empresa (7).

2.2. Bases teóricas

Tabla 2. Clasificación del macizo rocoso RMR

Descripción	RMR	Clase de Macizo Rcoso
Roca Muy Buena	81 - 100	I
Roca Buena	61 - 80	II
Roca Regular	41 - 60	III
Roca Mala	21 - 40	IV
Roca Muy Mala	0 - 20	V

Tomada de Guía de criterios geomecánicos para diseño, construcción, supervisión de labores subterráneas - Osinergmin (8)

Para calcular el valor del RMR se considera los siguientes parámetros:

- ✓ Resistencia a compresión uniaxial de la roca intacta
- ✓ RQD
- ✓ Condición de las discontinuidades
- ✓ Condición del agua
- ✓ Ajuste por orientación

2.2.1. Resistencia a la compresión simple

Es un instrumento que permite estimar aproximadamente la resistencia a compresión simple de una roca ya sea en un talud, túnel, testigo de roca o discontinuidad mediante el rebote que produce el muelle que se aloja en su interior después de un impacto sobre una superficie rocosa (9).

El martillo Schmidt solo se debe utilizar en la superficie de los materiales a ensayar, para la ejecución del ensayo se realizan los siguientes pasos:

- ✓ Posicionar el martillo perpendicularmente a la superficie de la roca a ensayar.

- ✓ Disparar el vástago o punzón de impacto empujando el martillo a la superficie del ensayo hasta que el botón salte hacia afuera.

- ✓ Pulsar el botón para bloquear el vástago de impacto después de cada impacto.

- ✓ A continuación, leer y anotar el valor de rebote indicado por el puntero.

- ✓ Se recomienda realizar 9 lecturas y utilizar el promedio.

- ✓ Una vez obtenido el valor promedio se procede a correlacionar con la resistencia mediante el siguiente gráfico.

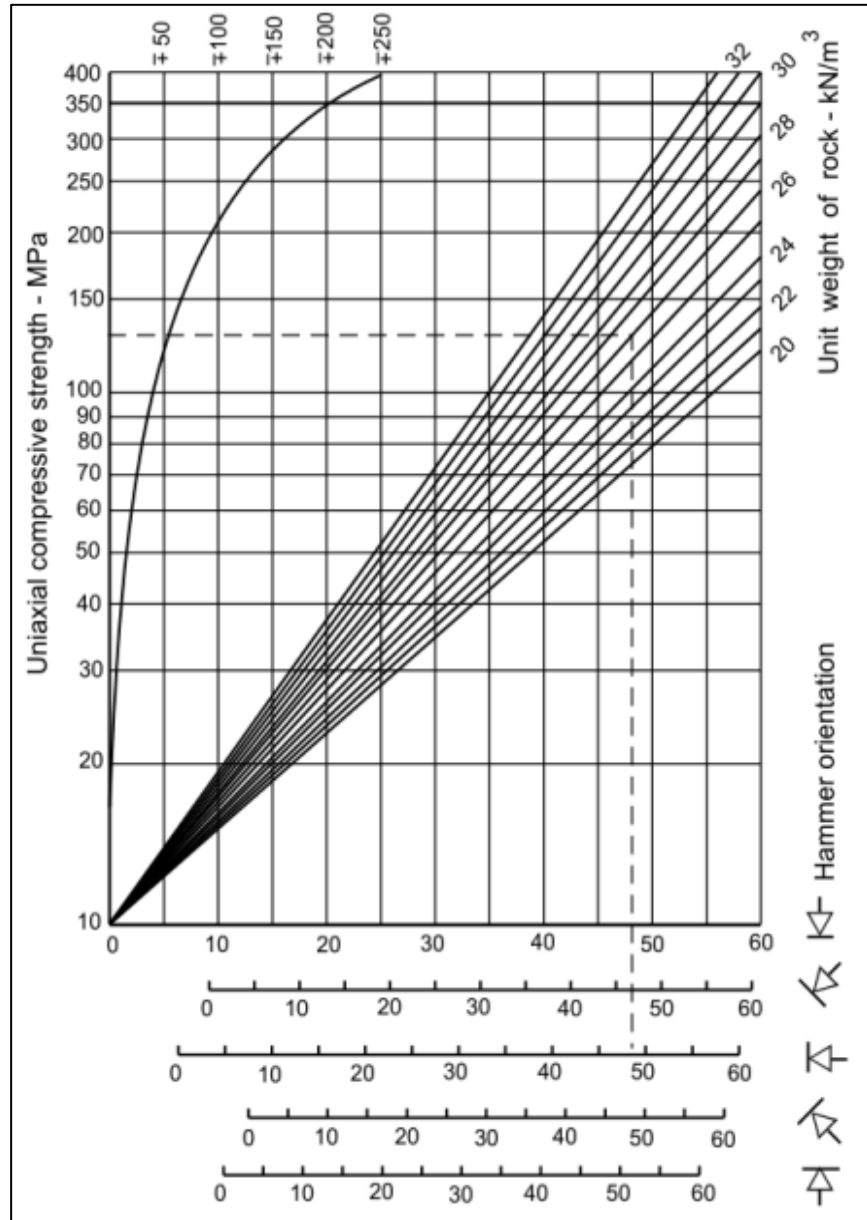


Figura 2. Abaco Schmidt para rocas
 Tomada de la web- SlideShare (10)

2.2.2. Caracterización del macizo rocoso de la mina Marcapunta Norte - El Brocal

Para la caracterización geomecánica se realiza un mapeo geomecánico RMR, GSI y sistema Q, así mismo la prueba de golpe de martillo de Schmidt.

Tabla 3. Zonificación geomecánica del yacimiento Marcapunta Norte

Ubicación	Dominio Estructural	RMR	Sistema Q	GSI	Caliadad Según RMR	Alteración
Block 9478 E.						
Mineral	DE-III A	51 - 60	2.18 - 5.92	51 - 60	Regular A	Silicificado
Caliza	DE-III A	51 - 60	2.18 - 5.93	51 - 60	Regular A	Silicificado
Mar_Lar	DE-IV A	31 - 40	0.24 - 0.64	31 - 40	Mala A	
Vulc	DE-III B	41 - 50	0.72 - 1.95	41 - 50	Regular B	Fr - Sil - Dec
Block 9700 E.						
Mineral	DE-III A	51 - 60	2.18 - 5.92	51 - 60	Regular A	Silicificado
Caliza	DE-III A	51 - 60	2.18 - 5.93	51 - 60	Regular A	Silicificado
Mar_Lar	DE-IV A	31 - 40	0.24 - 0.64	31 - 40	Mala A	
Vulc	DE-III B	41 - 50	0.72 - 1.95	41 - 50	Regular B	Fr - Sil - Dec
Block 9844 E-1						
Mineral	DE-III A	51 - 60	2.18 - 5.92	51 - 60	Regular A	Silicificado
Caliza	DE-III A	41 - 50	2.18 - 5.93	41 - 50	Regular B	Silicificado
Mar_Lar	DE-IV A	31 - 40	0.24 - 0.64	31 - 40	Mala A	
Vulc	DE-III B	41 - 50	0.72 - 1.95	41 - 50	Regular B	Fr - Sil - Dec

Tomada del Informe de DCR Ingenieros S.R.Ltda. Geomecánico en Minería y Obras Civiles (11)

2.2.2.1. Resistencia de la roca intacta

Uno de los parámetros más importantes del comportamiento mecánico de la masa rocosa es la resistencia compresiva no confinada de la oca intacta (σ_c). Durante los trabajos de campo, como parte del mapeo geotécnico, se realizaron ensayos con el martillo de geólogo y ensayos con el martillo Schmidt. También se realizaron ensayos en el Laboratorio de Mecánica de Rocas de la PUCP (12).

Tabla 4. Marcapunta Norte – ensayos con el martillo Schmidt

Ubicación	Tipo de roca	Rango de rebote de martillo	Rango de resistencia compresiva uniaxial (Mpa)
Block 9478 E	Mineral	37-45	95-155
	Caliza	38-45	103-155
Block 9700 E	Mineral	34-43	80-140
	Caliza	34-38	80-100
Block 9844 E-1	Mineral	34-40	80-116
	Caliza	25-39	45-110

Tomada del Informe de DCR Ingenieros S.R.Ltda. Geomecánico en Minería y Obras Civiles (11)

2.2.3. Diseño de nueva malla de perforación

2.2.3.1. Concepto

Es el planteamiento de la distribución de los taladros para una voladura en base a cálculos con modelos matemáticos y fórmulas, donde se determinará: cantidad de taladros, diámetro de taladro, diámetros de taladro vacío, distancias del *burden* y espaciamientos, etc. teniendo en cuenta el tipo de roca y tipo de explosivo a usar.

2.2.3.2. Dimensiones del diseño

Se tiene las siguientes dimensiones:

a) Cálculo de número de taladros.

Para realizar el diseño se toma en cuenta siguientes aspectos:

El nuevo número de taladros se calculará mediante la siguiente fórmula.

$$N.T. = (P/E) + (c \times S)$$

Donde:

P = perímetro.

E = distancia entre taladros en metros

C = coeficiente de roca (suave = 1, semi dura = 1.5, dura = 2)

S = área o sección (13)

b) Algoritmo de Roger Holmberg

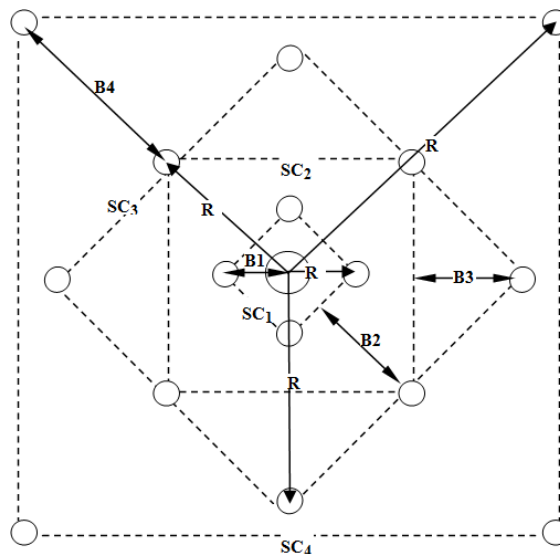


Figura 3. Método de Holmberg

Tomada de Perforación y voladura de rocas minería subterránea, escuela Global (14)

Donde:

B = Burden

R = Radio del centro de arranque al tiro

Sc = distancia entre taladros dentro del cuadro.

T = taco.

DH = $dH \sqrt{N}$

Donde:

DH = diámetro equivalente de taladro hueco (Alivio)

dH = diámetro de taladro alivio perforado.

N = Número de taladro alivio perforados.

2.2.3.3. Taladros largos

La perforación por el método de taladros largos permite disparar grandes volúmenes, para ello se elaboran planos de perforación de acuerdo a las características geomecánicas, indicando el número de taladros correspondientes, inclinación y longitud de taladros

2.2.3.4. Características de avance por disparo

$$L = 0.15 + 34.1 \times D2 - 39.4 \times D2^2 \quad D2 = 0.95 \times L \quad (13)$$

Donde:

L = Profundidad del taladro (metros)

D2 = Diámetro del taladro de alivio (metros)

Si se utilizan en un arranque varios taladros vacíos en lugar de uno solo, entonces se realizará la equivalencia de ellos, con la formula siguiente:

$$\varnothing 2 = \varnothing 1 \sqrt{(N^\circ \text{ tal.})}$$

Donde:

$\varnothing 2$: diámetro equivalente de los taladros vacíos, en m.

N° tal.: número de taladros.

$\varnothing 1$: diámetro de taladros de producción, en m.

- Avance por disparo estimado al 95 % algoritmo de Holmberg

$$I = H \times 0.95$$

Donde:

I = avance estimado de la voladura (mt.)

H = profundidad de talado (mt.)

2.2.3.5. Factores que se involucran en la voladura

a) Factores del diseño de la voladura.

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

b) Factores sobre el rendimiento de la voladura o sobre el diseño.

Se tiene en cuenta tres aspectos que influyen en el correcto diseño y en su control, estos son: la cantidad correcta de explosivo, su adecuada distribución en el taladro, un correcto confinamiento del explosivo en el taladro (15).

c) Factores geométricos.

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

- ✓ Diámetro del taladro
- ✓ Altura del banco
- ✓ Longitud del taladro
- ✓ Inclinación del taladro
- ✓ Numero de taladros
- ✓ Distribución de los taladros

d) Factores propios de la roca

Son factores que tienen las rocas y que no se puede controlar, pero si es importante tener en cuenta, estos son: densidad, dureza, tenacidad, porosidad, velocidad, textura y/o frecuenciasísmica de la roca.

e) Factores sobre los explosivos.

Son factores que se pueden controlar, estos son:

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

2.2.3.6. Costos de perforación y voladura

Es la suma de los costos de todos los recursos y/o elementos necesarios a utilizar en el proceso de ejecución de la voladura, que finalmente son considerados y/o cargados al costo total de voladura.

2.2.4. Métodos de evaluación económica considerando el valor del dinero en el tiempo

Para aplicar estos métodos es necesario establecer los flujos de caja a lo largo de la vida económica del proyecto. Existen dos métodos fundamentales:

- ✓ El valor actual neto (VAN)
- ✓ La tasa interna de retorno (TIR)

2.2.4.1. Método del valor actual neto (VAN)

El valor actual o presente neto de un proyecto se define como el valor obtenido actualizando separadamente para cada año, la diferencia entre los ingresos y egresos de efectivos que suceden durante la vida económica del proyecto a una tasa de interés fija predeterminada. Esta diferencia se actualiza hasta el momento en que se supone que se ha de iniciar la ejecución del proyecto. Los valores que se obtienen para cada año se suman y se obtiene el VAN del proyecto.

Para el cálculo del VAN se necesita una tasa de actualización o descuento que exprese la garantía de rendimiento mínimo, en otras palabras, una tasa similar a la que se obtendría en cualquier otra alternativa de inversión (depositarlo en el banco con una tasa fija de interés al año). Para el cálculo de la tasa descuento se parte de la tasa de interés existente sobre los préstamos a largo plazo en el mercado de capitales. La selección de una tasa

de actualización adecuada es crítica para la aplicación del VAN pues esta descuenta los flujos de caja anuales. Si el VAN es positivo, la rentabilidad de la inversión está por sobre la tasa de actualización; si es cero, la rentabilidad será igual a la tasa de actualización.

El VAN se calcula en dos etapas:

- ✓ Se actualizan o descuentan los flujos de efectivo trayéndolos a valor presente.
- ✓ Se suma el valor presente de cada flujo y se le resta la inversión inicial

La ecuación del valor presente neto es:

$$VAN = \frac{\sum(CF_i)}{(1+i)^n} - I_0$$

Dónde:

= Flujos netos de efectivo

I = Tasa de descuento apropiada

I_0 = Inversión del proyecto

N = Vida esperada del proyecto

Si se debe escoger entre varias variantes, deberá optarse por el proyecto con el mayor "VAN". Es así como:

Si el VAN > 0 el proyecto debe realizarse.

Si el VAN = 0 el proyecto no genera ganancias.

Si el VAN < 0 el proyecto genera pérdidas.

Cuando el VAN es positivo se garantiza que la inversión inicial se recupere y el retorno financiero de la inversión a la tasa de descuento especificada. El VAN es el valor adquirido por el depósito (incremento inmediato de la riqueza que resulta de una inversión inicial del capital a una tasa de interés anual dada). Inconveniente de este método es la dificultad para definir la tasa de actualización o descuento (16).

2.2.5. Definición de términos básicos

a) Espaciamiento

Según el manual de Exsa, menciona que “es la distancia entre taladros de una misma fila” (13).

b) Malla

Una plantilla puede servir como muestra base de una diversidad sobre la que comparten elementos comunes (patrón) (17).

c) Perforación

La perforación de las rocas en el campo de la voladura es la primera operación unitaria que se realiza en la actividad minera; tiene como propósito abrir unos huecos (taladros), en una distribución geométrica adecuada en los macizos rocosos para su posterior arranque, aquí se alejara el explosivo y los accesorios de los sistemas de iniciación a usar(17).

d) Voladura

Voladura (llamada además tronadura en algunos países de América del Sur o en algunas zonas de España), es la acción de fracturar o fragmentar la roca, el suelo duro, el hormigón o de desprender algún elemento metálico mediante del empleo de explosivos(17).

e) Sobrerotura

La sobrerotura (*over break*) y la sobrerotura hacia atrás (*back break*) en bancos afectan la estabilidad de la nueva cara libre de voladura y a los taladros que hayan sido perforados a continuación de la última fila disparada. Generalmente, indica exceso de carga explosiva en la última fila de taladros. En túneles y labores subterráneas, debilita y agrieta a la roca remanente en toda la periferia, afectando a profundidad, con el riesgo de colapso de techo o paredes. Aparte de condiciones geológicas de incompetencias, debilidad estructural y alto grado de fracturamiento, tiene responsabilidad en este problema el exceso de carga explosiva y/o el encendido instantáneo o con tiempos muy cortos entre taladros, debido al fuerte golpe que produce (17).

f) Burden

También conocido como piedra, costado o línea de menor resistencia a la superficie libre. Es la distancia desde el fondo o eje del agujero hasta la superficie libre vertical más próxima (18).

g) Numero de taladros

La identificación y acopio de información se trata de cálculos mediante modelos matemáticos para encontrar la cantidad de taladros, ya que esto es muy importante en la voladura de rocas y con el uso correcto de tema puede ser lucrativo al minimizar los costos de perforación y optimizar los recursos(18).

h) Diámetro de taladros

El diámetro del hueco perforado es el diámetro de la broca y se ha de elegir desde una pulgada hasta 18 pulgadas, esto de acuerdo con su aplicación (18).

i) Longitud de carga explosiva

La longitud de carga está en función del diámetro del explosivo " Φ_e ", longitud del explosivo " L_e ", número de cartuchos por taladros " $N^{\circ}_{c/tal}$ " y el acoplamiento " A_e ", donde $L_c = \frac{3}{4} L_{tal}$

$$L_c = \left(\frac{\Phi_e}{A_e * \Phi_{tal}} \right)^2 * L_e * N^{\circ}_{c/tal} (18).$$

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Método, tipo y alcances de la investigación

3.1.1. Método de investigación

El método de investigación fue el científico puesto que se han obtenido resultados claros, a través, de técnicas de observación y experimentación para alcanzar los objetivos planteados.

3.1.2. Alcance de la investigación

3.1.2.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada, ya que se pone en práctica los resultados obtenidos en la investigación y mediante ello se logra solucionar el problema.

3.1.2.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación es explicativo ya que centra su atención en comprobar la hipótesis causal.

3.1.2.3. Diseño de investigación

Para la presente investigación se utilizará el diseño experimental, ya que manipularemos la variable independiente para ver los efectos sobre la variable dependiente.

3.1.3. Población, muestreo y muestra

3.1.3.1. Población

La población para esta investigación está conformada por todos los proyectos de chimeneas de ventilación de la mina Marca Punta Norte.

3.1.3.2. Muestreo

La muestra que se tomó para realizar la investigación es el proyecto de chimenea para ventilación 9700 de la rampa 9700 Marcapunta Norte.

3.2. Técnicas e instrumentos de la recolección de datos

3.2.1. Técnicas utilizadas en la recolección de datos

La técnica de recolección de datos que se aplicó es la observación directa, facilitando así la obtención de datos reales de campo.

3.2.2. Instrumentos utilizados.

El instrumento utilizado fue la libreta de apuntes o ficha técnica de campo, el objetivo fue recopilar la información necesaria para la comparación y análisis de los resultados.

Asimismo, los instrumentos usados para el análisis de datos fueron lo siguiente:

- ✓ Software (Excel, AutoCAD, Word)
- ✓ Tablas estadísticas y otros

3.2.3. Proceso de recolección de datos

El proceso de recolección de datos se llevó a cabo en cuatro etapas tales como: planificar, ejecutar, analizar, evaluar.

3.2.4. Planificación

Se planificó los trabajos de recolección de datos como lugar de la muestra, horas de recolección de datos, días de recolección de datos, designación de operador y equipo de perforación (Jumbo perforador de taladros largos), entre otros.

3.2.5. Ejecución.

Se ejecutó la recolección de datos en campo, mediante la observación directa y la realización de anotaciones de los datos a medir y procesar.

3.2.6. Análisis de datos

Se realizó el trabajo de gabinete en la que procesamos lo datos obtenidos en campo, realizando cálculos de tiempos de perforación y carguío de taladros con explosivos, tanto con el diseño de malla anterior y el nuevo diseño, mediante el uso de software.

3.2.7. Evaluación

Una vez procesado los datos y realizado los cálculos de ambos diseños tanto de la anterior y de la nueva, se realizó la comparación de los resultados y evaluamos la variación de la influencia en los costos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Descripción de ejecución de chimeneas con taladros largos.

En la unidad minera El Brocal se viene realizando chimeneas para ventilación de 15,20 y 30 metros de longitud verticales, con secciones de 2.1 m. x 2.1 m. en la que sus costos de perforación y voladura son variables desde su inicio de ejecución de chimeneas con taladros largos. Con este trabajo de investigación, se pretende disminuir y estandarizar los costos de construcción de chimeneas con taladros largos, para ello se realiza un nuevo diseño de malla de perforación para la ejecución de chimeneas.

4.1.2. Resultados y análisis de información

Para el diseño de malla, se realizó la evaluación geomecánica de la masa rocosa en el mencionado proyecto, en base a ello se hizo el diseño de la nueva malla de perforación aplicando la metodología de Holmberg.

Para determinar el impacto en los costos de ejecución de chimenea para ventilación, los costos calculados después de la aplicación del nuevo diseño de malla se compararán con los costos generados por la malla anterior. También se verificará la influencia en los costos de ejecución del mencionado proyecto con el nuevo diseño de malla.

4.1.3. Evaluación geomecánica de macizo rocoso

La evaluación geomecánica del macizo rocoso juega un papel muy importante en cualquier labor minera, por ello es fundamental caracterizar geomecánicamente mediante las herramientas de mapeo geomecánico antes de realizar cualquier labor minero, de esa manera ponderar cuantitativamente la propiedad de la roca, como: dureza, humedad, discontinuidades entre otras.

4.1.4. Cálculo de resistencia de compresión.

El análisis geomecánico actual realizado en la mencionada labor da cuenta de una roca vulcanoclasto, para ello se utilizando ensayos de carga puntual con martillo de Schmidt,

Se realiza la evaluación en campo con un martillo de Schmidt aplicado en posición vertical. En la que se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 5. Ensayo N°1 - Número de rebotes del martillo

Muestra	Fecha	Ubicación de toma de muestra	Valor de rebotes del martillo
1	10/04/2023	CH.9700	48
2	10/04/2023	CH.9700	42
3	10/04/2023	CH.9700	37
4	10/04/2023	CH.9700	45
5	10/04/2023	CH.9700	43
6	10/04/2023	CH.9700	46
7	10/04/2023	CH.9700	39
8	10/04/2023	CH.9700	44
9	10/04/2023	CH.9700	43
Promedio			43

Tabla 6. Ensayo N°2 - Número de rebotes del martillo

Muestra	Fecha	Ubicación de toma de muestra	Valor de rebotes del martillo
1	11/04/2023	CH.9700	45
2	11/04/2023	CH.9700	44
3	11/04/2023	CH.9700	49
4	11/04/2023	CH.9700	40
5	11/04/2023	CH.9700	43
6	11/04/2023	CH.9700	47
7	11/04/2023	CH.9700	39
8	11/04/2023	CH.9700	42
9	11/04/2023	CH.9700	41
		Promedio	43.33

- ✓ Rebotes promedio del martillo Schmidt. = 43
- ✓ Densidad de la roca = 2.8
- ✓ Dirección de ensayo con el martillo: se golpeó de manera vertical
- ✓ Castigo \pm 10%

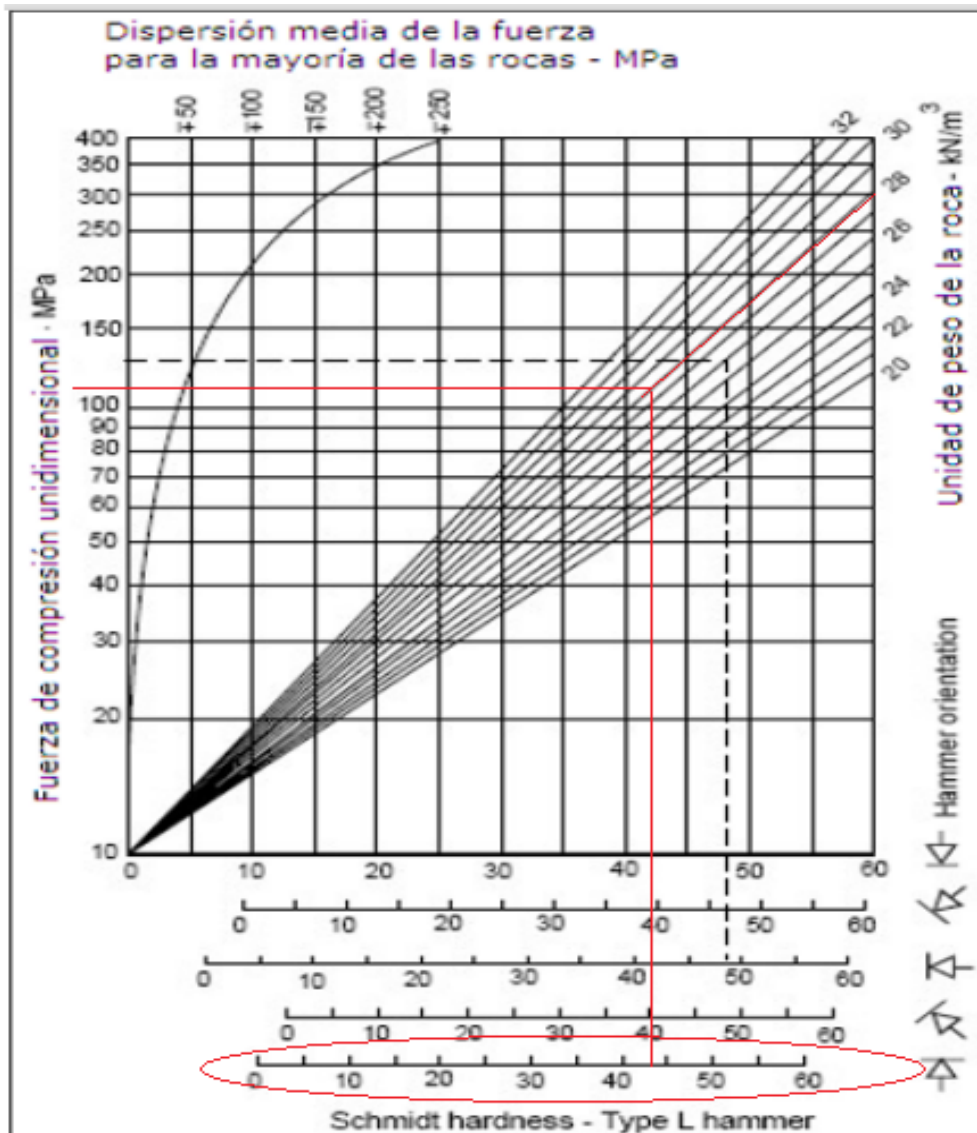


Figura 4. Gráfico de ábaco para el martillo Schmidt

- ✓ RCU (martillo de Schmidt) = 110 Mpa
- ✓ Corrección con Castigo $\pm 10\%$ = $110 \cdot 10\%$ = 11

Entonces: $110 - 11 = 99$ Mpa $110 \pm 10\% \approx 99 - 121$ Mpa

4.1.5. Cálculo de RMR del macizo rocoso donde se ejecutará la chimenea 9700

El mapeo geomecánico se realizó a 115 metros del tope de la rampa 9700, donde se realizará la construcción de la chimenea para ventilación.

Tabla 7. Mapeo geomecánico para la ejecución de la chimenea 9700

Sociedad Minera El Brocal S.A.A.		DCR Geomecánica en Minería y Obras Civiles		PROYECTO : Estudio Geomecánico para la ejecución de la Chimenea 9700 - Marcapunta Norte				POR: SRM					
ESTACION EMN - 18		ORIENTACION DE LA EXCAVACION		UBICACION : Rampa 9700 (a 115 m del tope)				FECHA: Ago - 08					
DIRECCION DE BUZAM.		BUZAMIENTO		VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)				HOJA: 18 de 23					
220°		90°											
DESDE 0		HASTA 10 m											
TIPO DE ROCA		FRECUENCIA FRACTURA											
A		B											
%		N° Fract. /m.											
100		8											
TIPO		ORIENTACION		RELLENO									
ESTRUC.		DIREC. DE BUZAM.		BUZAMIENTO		ESPACIAMIENTO		TIPO		ESPESOR		Comentarios	
D		165		65		3		Arc, Cb		0 - 1 mm			
D		345		73		3		Arc, Cb		0 - 1 mm			
D		0		10		4		Arc, Cb		0 - 1 mm			

PARAMETRO	RANGO DE VALORES										VALOR ACI.
	VALOR ESTIMADO										
R. COMPRES. UNIAXIAL (MPa)	>250 (15)	100-250 (12)	X	50-100 (7)	25-50 (4)	-25(2) -5(1)	<1(0)	1	7		
ROD %	90-100 (20)	75-90 (17)	X	50-75 (13)	25-50 (8)	<25 (3)	2	13			
ESPACIAMIENTO (m)	>2 (20)	0,6-2 (15)	X	0,2-0,6 (10)	0,06-0,2 (6)	<0,06 (5)	3	9			
CONDICION DE JUNTAS	PERSISTENCIA	<1m long. (6)	X	1-3 m Long. (4)	3-10m (2)	10-20 m (1)	>20 m (0)	4A	2		
	APERTURA	Cerrada (6)	X	<0,1mm apert. (5)	0,1-1,0mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	4		
ALTERACION	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	X	Rugosa (5)	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3		
	RELLENO	Limpia (6)	X	Duro < 5mm (4)	Duro> 5mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	1		
AGUA SUBTERRANEA	Sana (6)	X	Lig.Alterada (5)	Mod.Alterada (3)	Muy Alterada (2)	Descompuesta (0)	4E	4			
	Seco (15)	X	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10			
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) = 53											
CLASE DE MACIZO ROCOSO											
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 51	50 - 41	40 - 31	30 - 21	20 - 0	III A			
DESCRIPCION	I Muy Buena	II Buena	IIIA Regular A	IIIB Regular B	IVA Mala A	IVB Mala B	V Muy Mala				

Indice de rebote	43
------------------	----

GRADO	INDICE DE RESISTENCIAS IDENTIFICACION DE CAMPC	RANGO RESIS. COMP. Mpa
R1	Deleznable con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla	1,0 - 5,0
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)	5 - 25
R3	No se raya ni desconcha con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25 - 50
R4	La muestra se rompe con mas de un golpe del martillo	50 - 100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100 - 250
R6	Solo se rompe esquirlas de la muestra con el martillo	> 250

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA	
Clza	Caliza
Clza Min	Caliza mineralizada
Mar Lar	Marga Limoarcillita
Bx	Brecha
Cgl	Conglomerado

ABREVIACION DE TIPO DE ESTRUCTURAS			
D	Diaclasa	E	Estrato
Fa	Falla	Ve	Venilla
Ct	Contacto		

ABREVIACION DE TIPO DE RELLENO			
Ox	Oxido	Py	Pirita
Arc	Arcilla	Lm	Limos
Cb	Carbonatos	Si	Silice
Pzo	Panizo		

ABREVIACION DEL ESPACIAMIENTO	
1	> 2 m
2	0,6 - 2 m
3	0,2 - 0,6 m
4	0,06 - 0,2 m
5	< 0,06 m

Tomada de sección de libro Estudio geomecánico para el minado de Maraca Punta Norte - DCR Ingenieros S.R.Ltda. (11)

4.1.6. Malla de perforación anterior y costos de perforación y voladura

4.1.6.1. Malla de perforación anterior

En esta malla de perforación se disparan 21 taladros

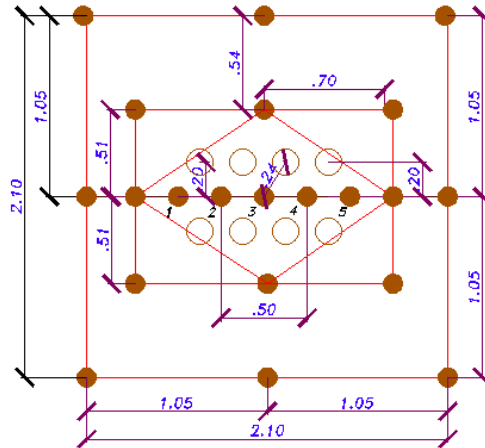


Figura 5. Malla de perforación para chimenea antes de la investigación Tomada del Área de Planeamiento JRC

Tabla 8. Malla de perforación anterior y sus parámetros

NUMERO DE TALADROS	
Arranque	5
Ayuda de arranque	8
Cuadradores	8
Alivios	8
total	29

Kpi de perforacion	
N° Tal. Perforados	29
Long. Perforación (mt.)	15
Met. Perforados	435
Volumen roto (m3)	66.2
Factor esponjamiento	30%
Volumen real	86.0
m3/Taladro	2.3
IP. Kpi - m3/mt. Perf	0.15

Parametros de perforacion		
Ancho	m	2.10
Largo	m	2.10
Longitud de perforacion promedio	m	15.00
Perimetro	m	8.40
Área	m ²	4.41
Volumen	m ³	66.15
Densidad	t/m ³	3.20
Tonelaje	t	211.68

Tomada del Área de Planeamiento JRC

4.1.6.2. Cálculo de cantidad de explosivo (Anfo) por taladro, antes de la investigación

La densidad de carga por metro lineal es calculada multiplicando el volumen del área por la densidad del anfo (densidad kg/m³).

Cabe recalcar que la densidad del anfo será sin comprimir, porque el carguío es en taladro vertical negativo donde el carguío es solo por gravedad (no se usa maquina alguna). Para ello, se calcula el volumen de 1 m³ en el taladro con la fórmula siguiente:

Tabla 9. Cálculo de densidad de carga explosiva

Volumen = (Pi*Radio2)*Longitud		
Diámetro	63.5	mm
Radio	31.75	mm
Radio	0.03175	m
Volumen	0.003167	m ³
Densidad de anfo	0.8	t/m ³
Densidad de anfo	800	kg/m ³
Kg/m	2.53	kg

Entonces cargando 21 taladros de 15 m la cual se considera de taco 1 m se tendrá:

- ✓ 15m. – 1m. = 14m.
- ✓ 14 m. x 2.53 kg. = 35.42 kg de anfo/ taladro.
- ✓ 35.42 kg. x 21 tal. = 743.82 kg. totales de Anfo

Kilogramos de booster a usar: 42 x 0.15 kg. = 6.3 kg.

Factor de avance: $\left(\frac{743.82+6.3}{15 m}\right) = 50 \text{ kg/ml.}$

Tabla 10. Esquema de cargaúo

DATOS Y FACTORES DE LA VOLADURA	
SECCION (m2)	4.41
ALTURA (m)	15.00
METROS PERF.	435.00
Nº DE TAL. PRODUC.	16
Nº DE TAL. ALIVIO	2
VOLUMEN m3	66
TONELADAS ROTAS	185
F. DE CARGA	11.34
F. DE POTENCIA	4.05

EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS		volumen = (PI*radio2) * longitud	
KG ANFO	743.8	diametro	63.5 mm
KG BOOSTER	6.3	radio	31.75 mm
TOTAL KG. EXPLOSIVO	750.1	radio	0.03175 m
BOOSTER 1/3 LB	42.0	volumen =	0.003166919 m3
KG./mtrs.	2.53	Decid. Anfo cor	0.8 Tn/m3
CARGA OPERANTE	17.7	Decid. Anfo cor	800 Kg/m3
CARMIX	2	Kg./mtrs.	2.53 kg.

	Nº DE TALADRO PERF	LONGIUTD REAL DE CADA TALADRO	TACO FINAL	LONGITU A CARGA	ANFO KG POR TAL.	ANFO KG POR SECUENCIA	BOOSTER 1/3 LB	1º ETAPA
								SECUENCIA SALIDA
ARRANQUE	1	15.00	1.00	14.00	35.42	35.4	2	1
	2	15.00	1.00	14.00	35.42	35.4	2	3
	3	15.00	1.00	14.00	35.42	35.4	2	5
	4	15.00	1.00	14.00	35.42	35.4	2	6
	5	15.00	1.00	14.00	35.42	35.4	2	7
AYUDA DE ARRANQUE	5	15.00	1.00	14.00	35.42	35.4	2	9
	5	15.00	1.00	14.00	35.42	35.4	2	10
	5	15.00	1.00	14.00	35.42	35.4	2	11
	5	15.00	1.00	14.00	35.42	35.4	2	12
	5	15.00	1.00	14.00	35.42	35.4	2	13
	5	15.00	1.00	14.00	35.42	35.4	2	14
	5	15.00	1.00	14.00	35.42	35.4	2	15
CUADRADO RES	5	15.00	1.00	14.00	35.42	35.4	2	16
	5	15.00	1.00	14.00	35.42	35.4	2	1
	5	15.00	1.00	14.00	35.42	35.4	2	2
	5	15.00	1.00	14.00	35.42	35.4	2	3
	5	15.00	1.00	14.00	35.42	35.4	2	4
	5	15.00	1.00	14.00	35.42	35.4	2	5
	5	15.00	1.00	14.00	35.42	35.4	2	6
ALIVIO	8	120.00	Total	294	743.8		42	7
								8
TOTAL METROS PERF.		435.00						

Tomada del Área de Perforación y Voladura - JRC Ingeniería y construcción

- Fotografía de perforación vertical con malla anterior a la investigación

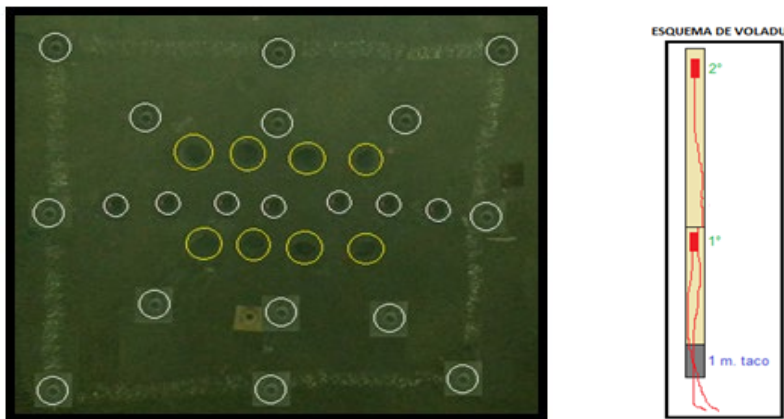


Figura 6. Fotografía de perforación y esquema de voladura

4.1.6.3. Análisis de costos en perforación y voladura antes de la investigación

Tabla 11. Costos de perforación y voladura antes de la investigación

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DE PERFORACION ANTES DE INVESTIGACION							
PARTIDA:	VCR-SLOT	Rendimiento promedio	15				mt/disp.
DIMENSIÓN	2.1 x 2.1 mt.	Long. Barra perforación	1.5				mt.
DUREZA DE MATERIAL	Media	Longitud promedio de taladro	15				mt.
RMR	45	N° de taladros perforado	29				
TIPO	III	N° de taladros disparados	21				
		N° de taladros de alivio	8				
		Factor de avance					kg/ml.
		Peso específico del material	2.8				Tn/m3
		Horas por guardia	10.28				hrs
Item	Descripción	Cant.	Unid.	P.U. (US\$)	Parcial	Sub Total(\$/ml.)	Total (\$/ml.)
1	MANO DE OBRA						
	Operador Simba	20	hh	6.64	132.8	8.85	
	Ayud. Operador Simba	20	hh	4.42	88.40	5.89	
	Cargador disparador	10.28	hh	4.42	45.44	3.03	
	Ayud. Cargador	20.56	hh	3.42	70.32	4.69	
	Capataz	6	hh	10.53	63.18	4.21	
	Jefe de guardia	6	hh	14.03	84.18	5.61	32.29
2	MATERIALES						
	Barra de extensión 5 pies	1427	pp	0.43	613.68	40.91	
	Broca botones 2.5 pulg.	1427	pp	0.11	156.99	10.47	
	Broca rimadora 5 pulg.	1427	pp	0.23	328.25	21.88	
	Adaptador piloto	1427	pp	0.03	42.81	2.85	
	Manguito de acople	1427	pp	0.26	371.06	24.74	
	Shank adapter	1427	pp	0.03	42.81	2.85	
	Copas de afilado	1427	jgo	0.03	42.81	2.85	
	Aguzadora	1	gdia	2.67	2.67	0.18	
	Aceite de perforación	0.5	gln	8.96	4.48	0.30	107.04
3	EQUIPO						
	Jumbo electrohidraulico	20	hm	133.01	2673.406	178.23	178.23
COSTO DIRECTO							\$317.55
GASTOS GENERALES				13%			\$41.28
UTILIDADES				10%			\$31.76
COSTO TOTAL							US\$/ml. \$390.59
Los precios unitarios no incluyen IGV							
COSTO US\$/ DISPARO							\$5,858.85

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DE VOLADURA SIN PROYECTO						
Item	Descripción	Cant.	Unid.	Costo unitario S\$/Unid.	Costo parcial S\$/disp.	costo Total de voladura US\$ /disp.
1	Anfo (bls. X 25kg.)	743.8	kg.	0.92	684.31	
2	booster	42	Pza	1.5	63	
3	Detonador no electrico 15.0 M Excel	42	Pza	3.7	155.4	
4	Cordón Detonante Pentacord 4gr	15	m.	0.23	3.45	
5	Guías Ensambladas Carmex de 7"	2	Pza	1.57	3.14	
6	Mecha rápida de ignition	2	m.	0.29	0.58	\$909.88
Costo de explosivo US\$/ml.						\$60.66
Costo total de perforación y voladura US\$/ disparo VCR de 15 m.						\$6,768.74

Costo total de perforación y voladura US\$/ml. Sin proyecto \$451.25

COSTOS POR VOLADURA SEGUNDARIA						
Item	Descripción	Cant.	Unid.	Costo unitario S\$/Unid.	Costo parcial S\$/disp.	costo Total de voladura US\$ /disp.
1	Anfo (bls. X 25kg.)	40	kg.	0.92	36.80	
2	booster	8	Pza	1.5	12	
3	Detonador no electrico 15.0 M Excel	8	Pza	3.7	29.6	
4	Cordón Detonante Pentacord 4gr	10	m.	0.23	2.3	
5	Guías Ensambladas Carmex de 7"	2	Pza	1.57	3.14	
6	Mecha rápida de ignition	2	m.	0.29	0.58	\$84.42
Costo de explosivo por voladura secundaria.						\$84.42

Costo total general de Per. Vol. \$6,853.16

Costo total general de Per. Vol. US\$/ mt. \$456.88

Tomada de Área de Costos - JRC Ingeniería y construcción

Debilidades observadas durante a la ejecución de perforación y voladura.

Dentro de las debilidades más relevantes observadas en la ejecución de perforación y voladura con el diseño de malla actual, se puede detallar lo siguiente:

- ✓ La malla de perforación actual no es adecuada para realizar a la ejecución de chimeneas para ventilación, ya que al contar con taladros de arranque muy cercanos entre si genera desensibilización de los explosivos por la detonación del taladro aledaño, comunicación entre taladro de producción producto de la desviación de taladros, provocando así resultados deficientes de voladura, generando exceso costo de perforación y voladura.

- ✓ Demasiado consumo de explosivos y accesorios de voladura por contar con mayor cantidad de taladros en el arranque de la chimenea.

- ✓ Cálculo inadecuado de la longitud exacta de carga explosiva y del taco vacío a dejar por taladro.

4.1.7. Diseño de la nueva malla de perforación

4.1.7.1. Características de la chimenea a ejecutar tomada como muestra

La chimenea para ventilación a ejecutar que se tomó como muestra para la investigación es la chimenea 9700, comunicará con la rampa 9700 con fines de mejorar el circuito de ventilación en las labores de desarrollo y preparación, cuenta con los siguientes datos de campo:

RMR : 53

RQD :55%

Tipo roca : IIIA Regular A

Sección de chimenea : 2.1 m x 2.1 m

Longitud de chimenea : 15 m.

Diámetro de taladro : 2.5" in (0.0635 m.)

Diámetro taladro vacío : 5" in (0.127 m.)

Equipo de perforación : Simba S7D

Longitud de barra : 5 pies

4.1.7.2. Datos del explosivo

Tabla 12. Especificaciones técnicas Examon - p

Especificaciones Tecnicas	Unidades	Examon - P
Densidad Aprente	g/cm ³	0.72 - 0.82
Densidad Compacta	g/cm ³	0.82 ± 3%
Velocidad de detonación*	m/s	3,400 ± 400
Presión de Detonación	Kbar	21
Energía**	KJ/kg	3,899
RWS**	%	104
RBS**	%	106
Resistencia al Agua		Nula
Volumen de Gases	l/kg	1,056.50
Categoría de Gases	Categoría	2da
Color		Anaranjado

Tomada de Exsa (13)

4.1.7.3. Diseño de la nueva malla con el método de Holmberg

El diseño de la nueva malla de perforación se realiza aplicando la metodología de Holmberg, a la que se hizo algunos ajustes de acuerdo a la realidad encontrada en trabajo de campo.

Tabla 13. Metodología de Holmberg

Cuadro N°	1	2
B =	1.5 DH	1.8 DH
R =	1.5 DH	2.65 DH
Sc =	2.0 DH	3.75DH
T =	1.5 DH	4.3 DH

Donde:

B = Burden

R = Radio del centro de arranque al tiro

Sc = Distancia entre taladro dentro del cuadro

T = Taco

DH = Diámetro equivalente del taladro vacío (alivio)

4.1.7.4. Cálculo de diámetro equivalente.

$$D_H = d_H \sqrt{N}$$

d_H = Diámetro taladro vacío perforado

N = Número de taladros vacíos perforados

✓ DH con 8 taladros de alivio: $DH = 0.127 \times \sqrt{8} = 0.36 \text{ m}$

4.1.7.5. Cálculos de cuadrantes

Una vez obtenida el diámetro equivalente se calcula el cuadrante 1 y 2.

Tabla 14. Cálculo de cuadrantes

Cuadro N°	1	2
B =	0.5	0.6
R =	0.5	0.95
Sc =	0.72	1.35
T =	0.5	1.5

4.1.7.6. Cálculo de números de taladros de producción o cargados.

$$N.T. = \left(\frac{P}{E}\right) + (c \times S)$$

Donde:

P = perímetro.

E = distancia entre taladros (para esta malla, promedio 0.8)

C = coeficiente de roca (suave = 1, semi dura = 1.5, dura = 2)

S = área o sección

$$N.T. = \left(\frac{8.4}{0.8}\right) + (1.5 \times 4.41) = 17.12 = 17 \text{ taladros a disparar}$$

Los resultados han sido ajustados de manera manual en función a pruebas en el terreno

4.1.8. Dibujo de la malla de perforación diseñada

Se realiza el dibujo de la nueva malla en base a los resultados obtenidos en los cálculos.

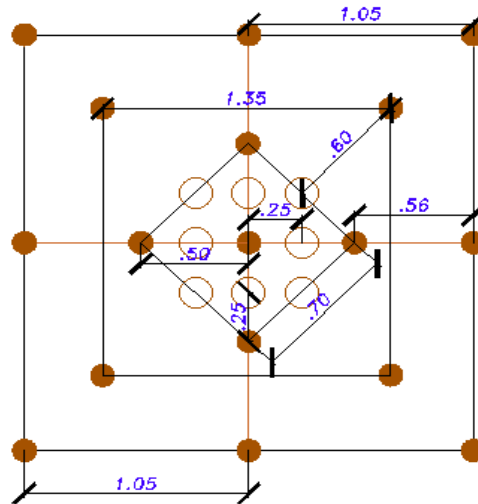


Figura 7. Nueva malla de perforación

Tabla 15. Kpi y parámetros de perforación

NUMERO DE TALADROS	
Arranque	5
Ayuda de arranque	4
Cuadradores	8
Total taladros a cargar	17
Alivios	8
total taladros	25

Kpi de perforacion	
N° Tal. Perforados	25
Long. Perforación (mt.)	15
Met. Perforados	375
Volumen roto (m3)	66.2
Factor esponjamiento	30%
Volumen real	86.0
m3./Taladro	2.6
IP. Kpi - m3/mt. Perf	0.18

Parametros de perforacion		
Ancho	m	2.10
Largo	m	2.10
Longitud de perfortacion promedio	m	15.00
Perimetro	m	8.40
Área	m2	4.41
Volumen	m3	66.15
Densidad	t/m3	2.80
Tonelaje	t	185.22

4.1.9. Cálculo de cantidad de explosivo para el nuevo diseño de malla

Tabla 16. Cálculo de kilogramos de explosivo (anfo) por metro

volumen = (PI*radio2) * longitud		
diámetro	63.5	mm
radio	31.75	mm
radio	0.03175	m
volumen =	0.003166919	m3
Decid. Anfo cor	0.8	Tn/m3
Decid. Anfo cor	800	Kg/m3
Kg./mtrs.	2.53	kg.

- Examon-p (anfo).

a) Kilogramos de anfo en el primer cuadrante:

Longitud por cargar: Long. perf. – T = 15 m – 1 m = 14 m

kg anfo/taladro = 14m. x 2.53 kg. = 35.42 kg

Total, kg de anfo para el 1er cuadrante = N° tal. 1er cuadrante x kg anfo/taladro

$$\text{Reemplazando: } 5 \times 35.42 = 177.1 \text{ kg}$$

b) Kilogramos de anfo en el segundo cuadrante:

Longitud por cargar: Long. perf. – T = 15 m – 2 m = 13 m

kg anfo/taladro = 13 m. x 2.53 kg = 32.9 kg

Total, kg de anfo para 2do cuadrante = N° tal. 2do cuad. x kg. anfo/taladro

$$\text{Reemplazando: } 4 \times 32.9 = 131.6 \text{ kg}$$

c) Kilogramos de anfo para los taladros de contorno:

Longitud por cargar: Long. perf. – T = 15 m – 2.5 m = 12.5 m

kg anfo/taladro = 12.5m. x 2.53 kg = 31.6 kg

Total, kg anfo para los cuadrantes = N° tal. contorno. x kg anfo/taladro

$$\text{Reemplazando: } 8 \times 31.6 = 252.8 \text{ kg}$$

d) Total, kg anfo/disparo:

$$177.1 \text{ kg} + 131.6 \text{ kg} + 252.8 \text{ kg} = 561.5 \text{ kg}$$

kg de booster/disparo: (Booster APD (HDP 1/3 -150 gr)

$$34 \text{ unidades} \times 0.15 \text{ kg.} = 5.1 \text{ kg}$$

e) Total, kg. de explosivo / disparo:

$$561.5 \text{ kg.} + 5.1 \text{ kg.} = 566.6 \text{ kg}$$

$$\text{Factor de avance: } \left(\frac{561.5+5.1}{15 \text{ m}} \right) = 37.8 \text{ kg/ml}$$

Nota: Los tacos del segundo cuadrante y los taladros de contorno se incrementan con la finalidad de reducir la densidad de carga en el collar de la voladura de chimenea, por lo mismo se disminuye la presión de taladro, de esa manera se reduce el daño causado por radio de influencia del explosivo al contorno del collar de la chimenea.

Tabla 17. Cálculo de explosivo y secuencia de voladura
Calculo de explosivos - voladura de chimena de ventilacion.

DATOS Y FACTORES DE LA VOLADURA		EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS		volumen = (PI*radio2) * longitud		
SECCION (m2)	4.41	KG ANFO	562	diámetro	63.5	mm
ALTURA (m)	15.00	KG BOOSTER	5.1	radio	31.75	mm
METROS PERF.	375.00	TOTAL KG. EXPLOSIVO	567.5	radio	0.03175	m
Nº DE TAL. PRODUC.	17	BOOSTER 1/3 LB	34.0	volumen =	0.003166919	m3
Nº DE TAL. ALIVIO	8	KG. /mtrs.	2.53	Decid. Anfo cor	0.8	Tn/m3
VOLUMEN m3	66	CARGA OPERANTE	35.4	Decid. Anfo cor	800	Kg/m3
TONELADAS ROTAS	185	CARMIX	2	kg./mtrs.	2.53	kg.
F. DE CARGA	8.58					
F. DE POTENCIA	3.06					

	Nº DE TALADRO PERF	LONGITUD REAL DE CADA TALADRO	TACO INICIAL	TACO FINAL	LONGITU A CARGA	ANFO KG POR TAL.	ANFO KG POR SECUENCIA	BOOSTER 1/3 LB	MS	LP
									CEBO	
ARRANQUE	1	15.00	0.50	0.50	14.00	35.4	35.4	2		1
	2	15.00	0.50	0.50	14.00	35.4	35.4	2		3
	3	15.00	0.50	0.50	14.00	35.4	35.4	2		5
	4	15.00	0.50	0.50	14.00	35.4	35.4	2		7
	5	15.00	0.50	0.50	14.00	35.4	35.4	2		9
AYUDA DE ARRANQUE	6	15.00	0.50	1.50	13.00	32.9	32.9	2		11
	7	15.00	0.50	1.50	13.00	32.9	32.9	2		13
	8	15.00	0.50	1.50	13.00	32.9	32.9	2		15
	9	15.00	0.50	1.50	13.00	32.9	32.9	2		16
CUADRADOS	10	15.00	0.50	2.00	12.50	31.6	31.6	2		1
	11	15.00	0.50	2.00	12.50	31.6	31.6	2		2
	12	15.00	0.50	2.00	12.50	31.6	31.6	2		3
	13	15.00	0.50	2.00	12.50	31.6	31.6	2		4
	14	15.00	0.50	2.00	12.50	31.6	31.6	2		5
	15	15.00	0.50	2.00	12.50	31.6	31.6	2		6
	16	15.00	0.50	2.00	12.50	31.6	31.6	2		7
17	15.00	0.50	2.00	12.50	31.6	31.6	2		8	
ALIVIO	8	120.00			Total	222	561.7		34	
TOTAL METROS PERF.		375.00								

✓ Esquema de carguío

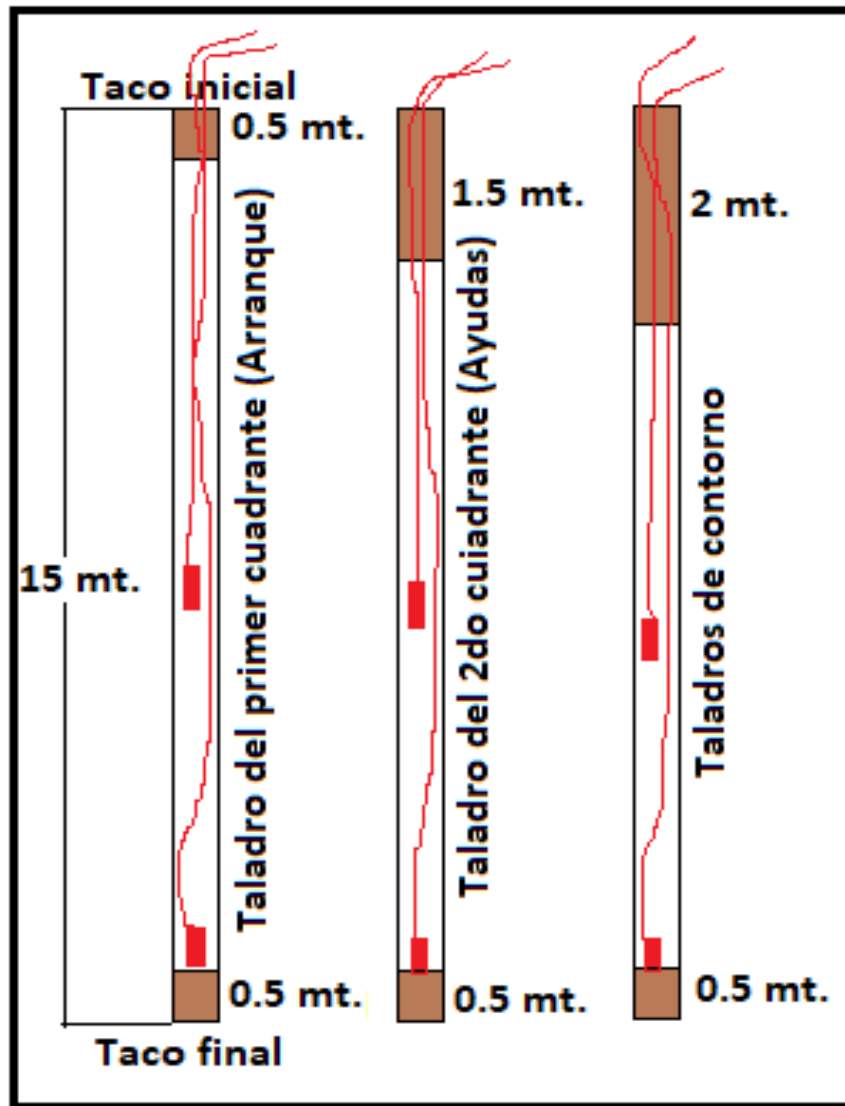


Figura 8. Nuevo esquema de carguío

4.1.10. Estructura de costos de perforación y voladura con el nuevo diseño de malla

Tabla 18. Costo de perforación y voladura con el nuevo diseño

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DE PERFORACION Y VOLADURA CON EL NUEVO DISEÑO DE MALLA							
PARTIDA:	VCR-SLOT	Rendimiento		15			mt/disp.
DIMENCIÓN	2.1 x 2.1 mt.	Long. Barra perforación		1.5			mt.
DUREZA DE MATERIAL	Media	Longitud promedio de taladro		15			mt.
RMR	45	N° de taladros perforado		25			
TIPO	III	N° de taladros disparados		17			
		N° de taladros de alivio		8			
		Factor de avance		37.8			kg/ml.
		Peso específico del material		2.8			Tn/m3
		Horas por guardia		10.28			hrs
Item	Descripción	Cant.	Unid.	P.U. (US\$)	Parcial	Sub Total(\$/ml.)	Total (\$/ml.)
1	MANO DE OBRA						
	Operador Simba	17	hh	6.64	112.88	7.53	
	Ayud. Operador Simba	17	hh	4.42	75.14	5.01	
	Cargador disparador	8.86	hh	4.42	39.16	2.61	
	Ayud. Cargador	17.72	hh	3.42	60.60	4.04	
	Capataz	6	hh	10.53	63.18	4.21	
	Jefe de guardia	6	hh	14.03	84.18	5.61	29.01
2	MATERIALES						
	Barra de extensión 5 pies	1230	pp	0.43	529.04	35.27	
	Broca botones 2.5 pulg.	1230	pp	0.11	135.33	9.02	
	Broca rimadora 5 pulg.	1230	pp	0.23	282.97	18.86	
	Adaptador piloto	1230	pp	0.03	36.91	2.46	
	Manguito de acople	1230	pp	0.26	319.88	21.33	
	Shank adapter	1230	pp	0.03	36.91	2.46	
	Copas de afilado	1230	jgo	0.03	36.91	2.46	
	Aguzadora	1	gdia	2.67	2.67	0.18	
	Aceite de perforación	0.5	gln	8.96	4.48	0.30	92.34
3	EQUIPO						
	Jumbo electrohidraulico	17.3	hm	133.01	2300.991	153.40	153.4
COSTO DIRECTO US\$/ml.							\$274.75
GASTOS GENERALES			13%			\$35.72	
UTILIDADES			10%			\$27.47	
COSTO TOTAL			US\$/ml.			\$337.94	
Los precios unitarios no incluyen IG							
COSTO US\$/ DISPARO							\$5,069.12

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DE EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS CON EL PROYECTO						
Item	Descripción	Cant.	Unid.	Costo unitario S\$/Unid.	Costo parcial S\$/disp.	costo Total de voladura US\$ /disp.
1	Anfo (bls. X 25kg.)	561.7	kg.	0.92	516.73	
2	booster	34	Pza	1.5	51	
3	Detonador no electrico 15.0 M Excel	34	Pza	3.7	125.8	
4	Cordón Detonante Pentacord 4gr	15	m.	0.23	3.45	
5	Guías Ensambladas Carmex de 7"	2	Pza	1.57	3.14	
6	Mecha rápida de ignition	2	m.	0.29	0.58	\$700.70
Costo de explosivo US\$/ml.						\$46.71
Costo total de perforación y voladura US\$/ disparo VCR de 15 m.						\$5,769.82

Costo total de perforación y voladura US\$/ml. Con proyecto \$384.65

4.1.11. Análisis de resultados

En el diseño de malla anterior utilizado contempla 29 taladros perforados, por lo contrario, en la nueva malla de perforación solo contempla 25 taladros perforados logrando una reducción de 4 taladros.

Asimismo, cabe recalcar que en la voladura anterior se utilizaba 750.12 kg de explosivo, con un factor de avance de 50 kg/ml. Por otro lado, en la voladura con la nueva malla se utiliza 566.6 kg de explosivo, con un factor de avance de 37.78 kg/ml.

4.1.11.1. Análisis comparativos de costos de perforación y voladura, diseño anterior y el nuevo diseño aplicado.

a) Perforación

Tabla 19. Análisis comparativo de costos de perforación

Descripción	Costos antes del nuevo diseño de malla perforación	Costos con la aplicación del nuevo diseño de malla de perforación	Reducción de costo/ml.	% Reducción costo/ml.	Influencia optimización
Mano de obra US\$/ml.	32.29	29.01	3.28	10.15%	89.85%
Materiales de perf. US\$/ml.	107.04	92.34	14.70	13.73%	86.27%
Equipo de perf. US\$/ml.	178.23	153.40	24.83	13.93%	86.07%
Costo directo US\$/ml.	317.55	274.75	42.80	13.48%	86.52%
Gastos generales 13% US\$	41.28	35.72	5.56	13.48%	86.52%
Utilidades 10% US\$	31.76	27.47	4.28	13.48%	86.52%
Costo total US\$/ml.	390.59	337.94	52.65	13.48%	86.52%
Costo US\$/ disp.	5,858.85	5,069.12	789.73	13.48%	86.52%

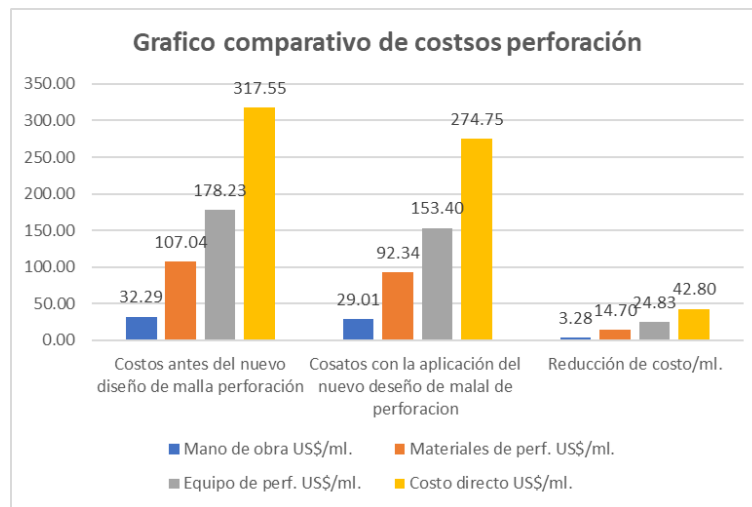


Figura 9. Gráfico comparativo de costos

b) Voladura

Tabla 20. Análisis comparativo de costos de voladura

Consumo de Explosivo y Accesorio	Unid. Medida	Antes de la invest.	Despues de la invest.
Anfo	kg.	743.82	561.7
booster	piezas	42	34
Detonador no electrico 15.0 M Excel	piezas	42	34
Cordòn Detonante Pentacord 4gr	m.	15	15
Guías Ensambladas Carmex de 7"	piezas	2	2
Mecha rápida de ignition	m.	2	2
costo Total voladura	US\$/disp.	909.88	700.70

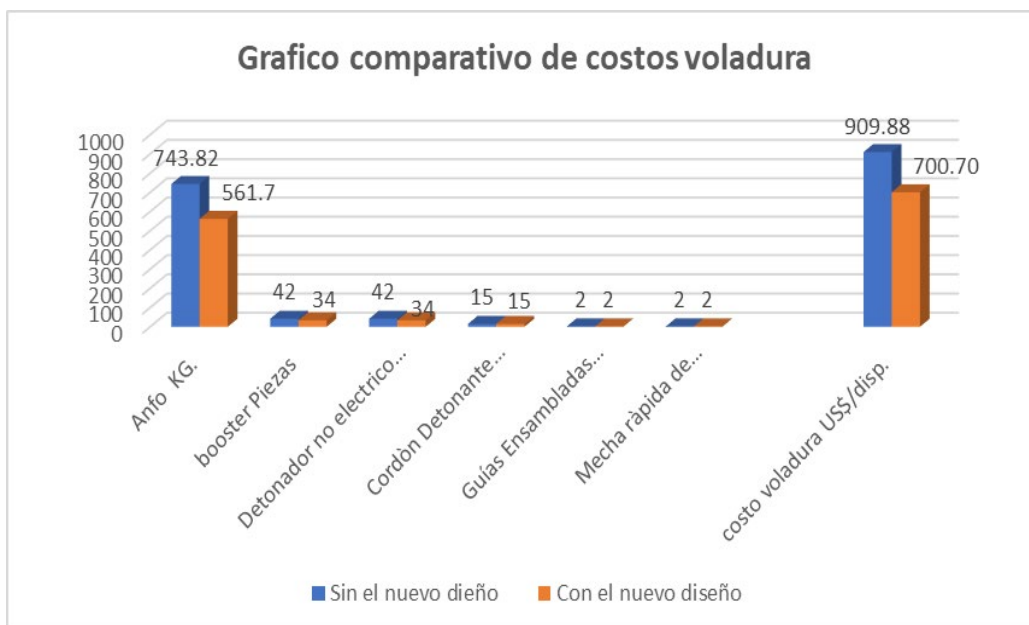


Figura 10. Gráfico comparativo de voladura

4.1.12. Resumen de la influencia del nuevo diseño en los costos de perforación y voladura

Con este nuevo diseño de malla aplicado en la ejecución de la chimenea 9700, se logró reducir el costo de avance por metro lineal de \$456.9 a \$384.7, con una reducción neta de \$72.2/ ml. En líneas generales se reduce un 16 % por metro lineal de avance.

Los proyectos de ejecución de chimeneas de ventilación con taladros largos en la mina Marca punta Norte se verán reflejados por la reducción de costos aplicando el nuevo diseño de malla de perforación.

4.1.13. Evaluación económica del presente estudio de investigación

La evaluación económica se realiza en base al plan mensual y anual de construcción de chimeneas para ventilación, donde en ello se contempla la realización de cuatro chimeneas por mes y cuarentaiocho por año en diferentes zonas de la mina El Brocal.

Para el cálculo del VAN de este proyecto se debe obtener primero el costo mensual por ejecución de chimeneas, tanto como el costo con la aplicación del nuevo diseño de malla de perforación y el costo sin el nuevo diseño de malla de perforación, de ello se obtiene el costo diferencial, es decir el ahorro

de costo por mes, una vez obtenida el costo diferencial por mes se realiza el cálculo del VAN con la respectiva formula de Excel: involucra tasa de descuento, costo diferencial y saldo de caja.

- **Procedimiento:**

En el plan mensual se contempla la ejecución de 4 chimeneas de ventilación con longitudes variables, solo para simular la evaluación económica de esta investigación se considera longitudes de 15 metros.

El costo total por ejecución de chimenea de 15 metros antes de la investigación fue de \$ 6,853.2, ello multiplicado por 4 chimeneas sería un total de \$27,413.0 por mes y con la aplicación del nuevo diseño el costo por chimenea es \$ 5,769.8 multiplicado por 4 chimeneas es \$23,079 por mes, teniendo un costo diferencial de \$4,333.

Se considera una tasa de descuento de 10 %. Cabe mencionar que el saldo de caja es cero porque no se tiene inversión inicial. Ver tabla 21

Tabla 21. Evaluación económica de la investigación

EVALUACIÓN CAMBIO DE MALLA PERFORACIÓN EN LA EJECUCIÓN DE CHIMENEAS PARA VENTILACION.		
SUPUESTOS		
Ejecución de Chimeneas por mes	4	Disparos
Costos antes de la Investigación	6,853.2	US\$/Ejecución de Chimenea
Costos con el nuevo diseño	5,769.82	US\$/Ejecución de Chimenea
K	10%	Tasa de descuento

Metodología 1: Evaluación CON Y SIN nuevo diseño de malla de perforación

Evaluación Con el nuevo diseño de malla de perforación

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Costos		23,079	23,079	23,079	23,079	23,079	23,079	23,079	23,079	23,079	23,079	23,079	23,079
Inversión	0												
Saldo Caja	0	23,079	23,079	23,079	23,079	23,079	23,079	23,079	23,079	23,079	23,079	23,079	23,079

VAN (US\$) -157,255
157,255

Evaluación Sin el nuevo diseño de malla de perforación

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Costos	27,413	27,413	27,413	27,413	27,413	27,413	27,413	27,413	27,413	27,413	27,413	27,413
Inversión	0											
Saldo Caja	0	27,413	27,413	27,413	27,413	27,413	27,413	27,413	27,413	27,413	27,413	27,413

VAN (US\$) -186,781
186,781

VAN diferencial = VAN Con la nueva malla de perforación - VAN Sin la nueva malla de perforación = AHORRO DE COSTO

VAN diferencial (US\$) = 29,526

Metodología 2: Costos diferenciales

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ahorro de Costos		4,333	4,333	4,333	4,333	4,333	4,333	4,333	4,333	4,333	4,333	4,333	4,333
Inversión	0												
Saldo Caja	0	4,333	4,333	4,333	4,333	4,333	4,333	4,333	4,333	4,333	4,333	4,333	4,333

VAN (US\$) 29,526.09
TIR (US\$) 0

Interpretación:

- ✓ El VAN anual de los costos de ejecución de chimeneas para ventilación con la malla actual es \$186,781.0 y con la aplicación del nuevo diseño de malla es \$157,255.0.

Esta obtiene un VAN diferencial (ahorro de costos) de US\$ 29,526.0

- ✓ El VAN es mayor a cero o positivo, por lo tanto, el nuevo diseño de malla de perforación para la ejecución de chimeneas de ventilación crea valor, por lo que reafirma que la aplicación del nuevo diseño es viable.
- ✓ El TIR no tiene valor porque en esta evaluación económica no se considera inversión inicial

4.1.14. Contraste de hipótesis

Mediante la investigación realizada se afirma la aceptación de la hipótesis alterna general, en la que se confirma la influencia significativa de la variable independiente hacia la variable dependiente.

4.1.14.1. Hipótesis general

La aplicación del nuevo diseño de malla de perforación influye en 16% en la reducción de los costos de ejecución en chimeneas para ventilación en la Sociedad Minera El Brocal.

$$\left(\frac{\$72.2}{\$456.9}\right) = 16\%$$

4.1.14.2. Hipótesis específicas N°1

El número de taladros considerados en el nuevo diseño de malla de perforación influye un 13.8 % en la disminución de costos de ejecución de chimeneas para ventilación en la Sociedad Minera El Brocal.

$$\left(\frac{4 \text{ tal.}}{29 \text{ tal.}}\right) = 13.8 \%$$

4.1.14.3. Hipótesis específica N°2

El cálculo de carga explosiva para la chimenea con el nuevo diseño de malla de perforación influye un 24.4 % en la disminución de costos en la ejecución de chimeneas para ventilación en Sociedad Minera El Brocal.

$$\left(\frac{183.4 \text{ kg.}}{750.12 \text{ kg.}}\right) = 24.4 \%$$

4.2. Discusión de resultados

Los resultados de esta investigación guardan cierta relación con la investigación titulada: «Optimización de costos de perforación y voladura con nuevo diseño de malla en la chimenea san Andrés de la contrata minera Rumij S.R.L.-La Rinconada», de Choque (5), que obtiene como resultado una reducción de costos de 21.36 \$/ml. Este resultado es similar al presente estudio que obtiene como resultado una reducción de costos de 72.2 \$/ml.

Pero la investigación de Choque (5) y este estudio son distintos en cuanto a la ejecución de chimeneas, ya que en la investigación del mencionado autor realizan el diseño para perforación convencional con máquina chica (Jackles), donde los diámetros de perforación son más pequeños que la de perforación mecanizada robotizada, también el avance es limitado, a diferencia de la perforación mecanizada puede llegar hasta 30 metros de longitud, dependiendo del control de la desviación de taladros.

En cuanto a la estimación de costos, son diferentes en ambos métodos de perforación, a pesar de ello la reducción de costos logrado en ambos estudios son influyentes en la reducción de costos de perforación y voladura.

De la misma forma, existe cierta relación con la investigación de Ramos (6) en su tesis titulada: «Minimización de costos de perforación y voladura mediante el rediseño de malla en el frente de las chimeneas 905 y 965 en labores ciegas de la unidad minera esperanza- Arequipa» en la que obtuvo como resultados de deducción de costos de perforación y voladura de 25,06 \$/ml. Al igual que la investigación de Choque el método de ejecución de chimeneas es convencional, pero guardan relación en la influencia de reducción de costos de perforación y voladura.

En conclusión, este estudio de investigación guarda cierta relación con todos los estudios considerados en los antecedentes de investigación.

CAPÍTULO V

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN

5.1. Conclusiones

5.1.1. Conclusiones generales

En este estudio de investigación se determinó la influencia de la aplicación del nuevo diseño de malla de perforación en la reducción de los costos de ejecución de chimeneas para ventilación que influye significativamente en la disminución de costos, dicha influencia es de 16 % , ya que con el diseño de malla anterior el costo de ejecución de chimenea para ventilación era \$ 456.9 por metro de avance y con el nuevo diseño de malla el costo de perforación es de \$ 384.7 por metro de avance, teniendo como resultado una reducción de costos \$ 72.2 por metro avanzado.

5.1.2. Conclusiones específicas

- ✓ De la misma manera, se determinó la influencia del número de taladros considerados en el nuevo diseño de malla de perforación en la reducción de los costos de ejecución de chimenea para ventilación, en la que influye un 13.8 %, debido a que en el nuevo diseño malla se tiene 4 taladros menos que en el anterior diseño.

- ✓ También se determinó la influencia de kilogramos de carga explosiva para la chimenea con el nuevo diseño de malla de perforación en la reducción de los costos de ejecución de chimenea para ventilación, en la que influye

un 24.4 %, porque en el nuevo diseño se consume en la voladura 183.4 kg de explosivos menos que en el diseño anterior.

5.2.Recomendaciones

Teniendo en cuenta la importancia que tiene esta investigación respecto a la influencia del diseño de malla de perforación en la reducción de los costos de ejecución de chimenea para ventilación, se formulan algunas recomendaciones:

- ✓ Al jefe de operaciones, jefe de perforación y voladura, estandarizar los parámetros de la nueva malla de perforación para la ejecución de los proyectos de chimeneas de ventilación con taladros largos.

- ✓ A los ingenieros y/o técnicos de guardia (supervisores) aplicar y cumplir estrictamente los parámetros de perforación establecidos en el nuevo diseño de malla, tanto como en los números de taladros considerados como la distancia entre los taladros de todos los cuadrantes.

- ✓ Cumplir con la cantidad de explosivo a usar en la voladura establecida en el nuevo diseño por el método de Holmberg, considerando los tacos a dejar por taladro en cada cuadrante, la cantidad de detonadores, Booster y kilogramos de Examon (anfo) establecida en el nuevo diseño.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. JESUS, Alex. *Colquijirca*. [En línea] *Scribd*, mayo de 2015.[Fecha de consulta: 14 de junio del 2023] Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/265549203/Mina-Colquijirca>.
2. YUCRA, Antonio.*Colquijirca, Mina* [En línea] United States Geological Survey. 01 de febrero de 1994. [Fecha de consulta: 14 de junio del 2023] Disponible en: https://mrdata.usgs.gov/mrds/show-mrds.php?dep_id=10054888.
3. OLIVERA, Juan . La geomecanica en el minado masivo - mina Marcapunta Norte – Colquijirca. Tesis (Título de Ingeniero Geólogo). Cerro de Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2015, 164 pp.
4. LIMACO, Jhon. Diseño de malla de perforación y voladura paramejorar fragmentación de mineral en Sociedad Minera El Brocal. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2021, 62 pp .
5. CHOQUE, Juan. Optyimización de costos de perforación y voladura con nuevo diseño de malla en la chimenea San Andres de la contrata minera RUMIJ S.R.L. - La Rinconada. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2017.
6. RAMOS, Uriel. Minimización de costos de perforación y voladura mediante el rediseño de malla en el frente de las chimeneas 905 y 965 en labores ciegas de la Unidad Minera Esperanza- Arequipa. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2018.
7. QUISPE, Nestor. Diseño de mallas de perforación y voladura y su incidencia en los costos unitarios en la unidad minera Chalhuane. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa : Universidad Nacional San Agustín, 2019, 107 pp.
8. OSINERGMIN. *Guía de criterios geomecánicos para diseño, construcción, supervisión y cierre de labores subterráneas* [En línea] Lima, 2018. [Fecha de consulta: 23 de julio del 2023] Disponible en:https://issuu.com/isemvirtual/docs/_4__gu_a_de_criterios_geomec_ni_cos_.

9. GEOTECNIAFACIL. *Cálculos geotécnicos*. [En línea] 2019. [Fecha de consulta: 23 de julio del 2023] Disponible en: <https://geotecniafacil.com/martillo-schmidt-rocas/>.
10. CAMPIÁN, Adolfo. *Abaco schmidt para rocas*. [En línea] 16 de noviembre de 2017. [Fecha de consulta: 23 de julio del 2023] Disponible en: <https://es.slideshare.net/adolfocampianpalacios/abaco-schmidt-para-rocas-82172209>
11. DCR INGENIEROS S.R.LTDA. *Estudio geomecanico para el minado subterráneo*. [En línea] Lima, 2008. [Fecha de consulta: 23 de julio del 2023] Disponible en: <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-huancavelica/legislacion-ambiental/inf-geomecanico-mallay-dcr/15859179>
12. DCR INGENIEROS S.R.LTDA. *Estudio geomecanico para el minado de Marcapunta Norte*. Cerro de Pasco, 2008.
13. EXSA. *Manual practico de voladura*. [En línea] Lima, 2010. [Fecha de consulta: 25 de julio del 2023] Disponible en: https://www.academia.edu/23767654/MANUAL_PRACTICO_DE_VOLADURA_Edici%C3%B3n_especial_La_L%C3%ADnea_m%C3%A1s_Completa_para_Voladura_Das_Komplette_Sprengstoffprogramm_The_Most_Complete_Blasting_Line
14. ESCUELA GLOBAL. *Perforacion y voladura de rocas minería subterranea* [En línea] Lima, 2022 [Fecha de consulta: 25 de julio del 2023] Disponible en: <https://www.especializacionesglobal.net/producto-categoria/mineria/subcategorias-mineria/perforacion-y-voladura/>
15. QUISPE, Nestor. *Diseño de mallas de perforación y voladura y su incidencia en los costos unitarios de la unidad minera Chalhuané*. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2019.
16. YAHUANA, Anthony. *Proyecto de expansión mina subterránea - Sociedad Minera El Brocal S.A.A.* Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Lima: Universidad de Ingeniería, 2012.

17. ROMANÍ, Ronal. Diseño de mallas de perforación y voladura para optimizar avances y sobre rotura Nv. 1225 - Mina Andaychagua - VCM S.A.A. Tesis (Título de Ingeniero de Minas).Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2018, 92 pp.
18. RUÍZ, Jefferson. Influencia del estudio geomecánico en el diseño de mallas de perforación y voladura en labores mineras subterráneas en Minera Chalhuane S.A.C. Tesis (Título de Ingeniero de Minas).Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2022m

ANEXOS

Anexo 1
Matriz de consistencia

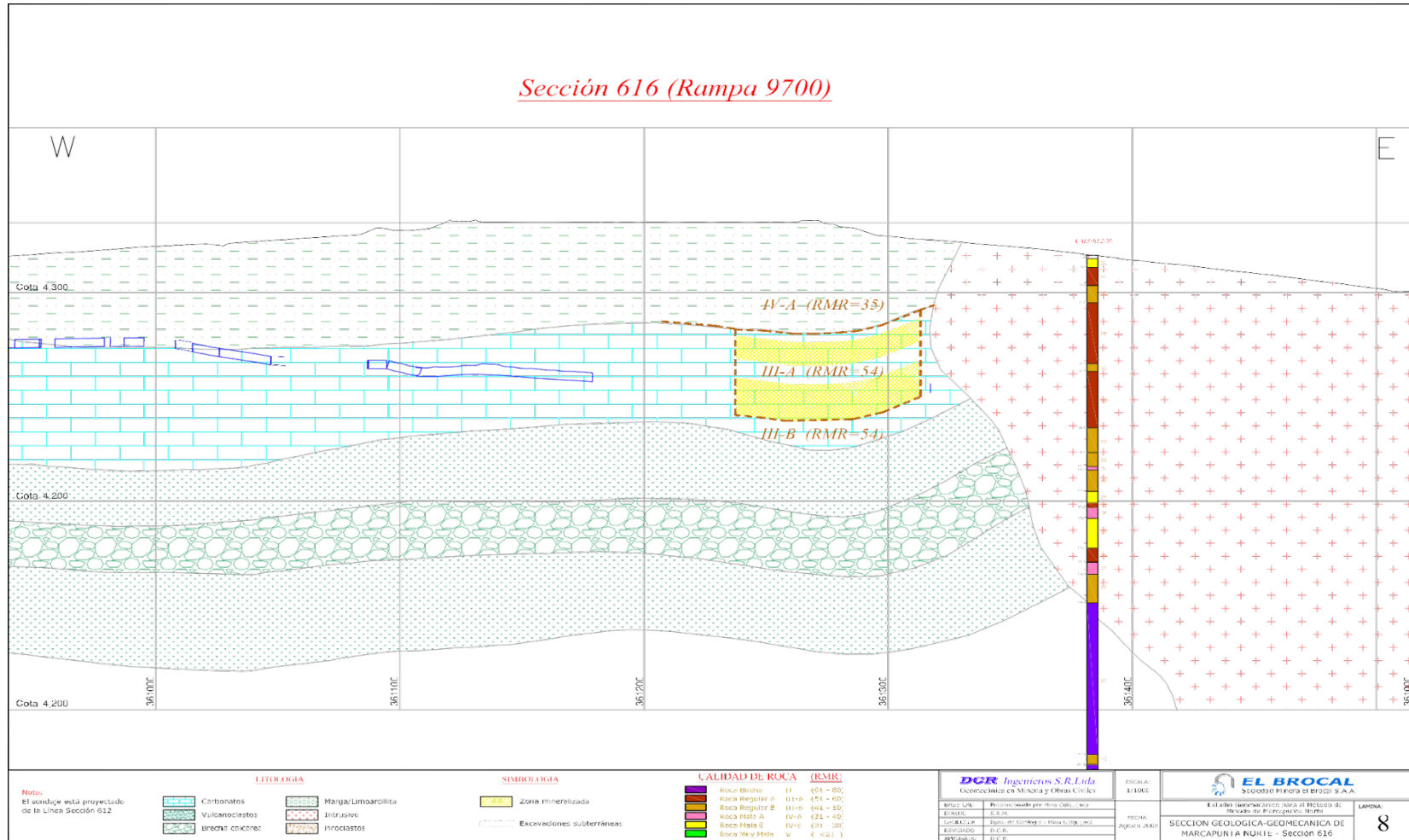
Título: Influencia del diseño de nueva malla de perforación en los costos de ejecución de chimenea para ventilación en
Sociedad Minera El Brocal, Cerro de Pasco - 2023

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
¿De qué manera influye el Diseño de nueva malla de perforación en los costos de ejecución de chimenea para ventilación en Sociedad Minera El Brocal, Cerro de Pasco – 2023?	Determinar la influencia del Diseño de nueva malla de perforación en los costos de ejecución de chimenea para ventilación en Sociedad Minera El Brocal, Cerro de Pasco – 2023.	El Diseño de nueva malla de perforación influye significativamente en los costos de ejecución de chimeneas para ventilación en la Sociedad Minera El Brocal, Cerro de Pasco – 2023.	Variable 1 DISEÑO DE NUEVA MALLA DE PERFORACIÓN Dimensiones: • Taladros largos	TIPO ▪ Investigación Aplicada NIVEL: ▪ Investigación Explicativa DISEÑO:
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPOTESIS ESPECÍFICAS		

<ul style="list-style-type: none"> • ¿De qué manera influyen el número de los taladros largos para chimeneas del diseño de la nueva malla de perforación en los costos de ejecución de chimeneas para ventilación en la Sociedad Minera El Brocal, Cerro de Pasco – 2023? 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar la influencia del número de los taladros largos para chimeneas del diseño de la nueva malla de perforación en los costos de ejecución de chimeneas para ventilación en Sociedad Minera El Brocal, Cerro de Pasco – 2023. 	<ul style="list-style-type: none"> • El número de los taladros largos para chimeneas del diseño de la nueva malla de perforación influye significativamente en los costos de ejecución de chimeneas para ventilación en Sociedad Minera El Brocal, Cerro de Pasco – 2023. 	<ul style="list-style-type: none"> • Carga explosiva 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diseño Experimental
<ul style="list-style-type: none"> • ¿De qué manera influyen el cálculo de kilogramos de carga explosiva del diseño de la nueva malla de perforación en los costos de ejecución de chimeneas para ventilación en la Sociedad Minera El Brocal, Cerro de Pasco – 2023? 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar la influencia del cálculo de kilogramos de carga explosiva del diseño de la nueva malla de perforación en los costos de ejecución de chimeneas para ventilación en Sociedad Minera El Brocal, Cerro de Pasco – 2023. 	<ul style="list-style-type: none"> • El cálculo de kilogramos de carga explosiva en el diseño de la nueva malla de perforación influye significativa mente en los costos de ejecución de chimeneas para ventilación en Sociedad Minera El Brocal, Cerro de Pasco – 2023. 	<p>Variable 2</p> <p>COSTOS DE EJECUCIÓN DE CHIMENMEA PARA VENTILACION.</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Costos de perforación • Costos de voladura 	<p>POBLACIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Conformada por todos los proyectos de chimeneas de ventilación de la Mina Marca Punta Norte <p>MUESTRA</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Chimenea para ventilación 9700 de la rampa 9700 Marcapunta norte. <p>MÉTODO</p> <p>GENERAL:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Método Científico <p>TÉCNICA:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Observación <p>INSTRUMENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ficha técnica de Campo

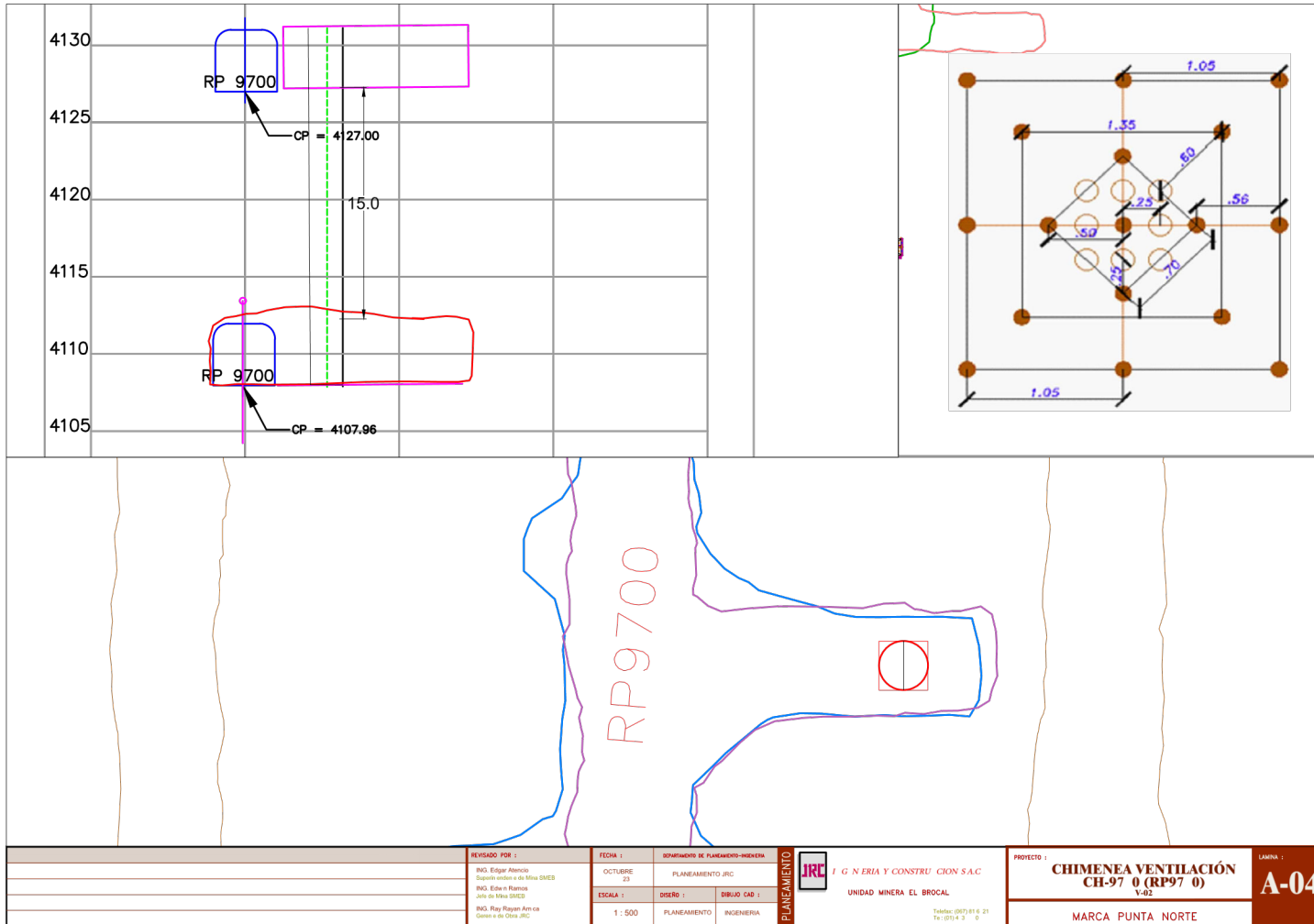
Anexo 2

Sección geológica geomecánica de Marcapunta Norte



Anexo 3

Plano y nueva malla de perforación de Chimenea para ventilación 9700



REVISADO POR: ING. Edgar Alarcos Supervisor de la Mina SMEB ING. Edwin Ramos Jefe de Mina SMEB ING. Ray Riquelme Asesor de la Oficina JRC	FECHA: OCTUBRE 23	DEPARTAMENTO DE PLANEAMIENTO-INGENIERIA PLANEAMIENTO JRC	JRC INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C. UNIDAD MINERA EL BROCAL Teléfono: (017) 81 6 21 Fax: (017) 4 3 0	PROYECTO: CHIMENEA VENTILACION CH-97 0 (RP97 0) V-02	LAMINA: A-04
ESCALA: 1 : 500	DISENYO: PLANEAMIENTO	DIBUJO CAD: INGENIERIA		MARCA PUNTA NORTE	

Anexo 4

Reporte de perforación de ambos turnos

REPRTE DE OPERACIONES SUBLEVEL STOPING

FECHA: 23-08-2023

JEFE DE TURNO: Jhonatan Chamorro Herrera

METROS PERFORADOS (SIMBAS)

EQUIPOS	ZONA	LABOR	TURNO DIA	TURNO NOCHE	TOTAL
H 1254	NORTE	CH 9700	171	204	375

TOTAL 375.0

LISTO para voladura: 24-08-23

Anexo 5

Protocolo de voladura

DISPARO DE SUBLEVEL STOPING - MARCAPUNTA NORTE

RAMPA: 9700	FECHA: 28-08-2023
LABOR: CH. 9700	TURNO: NOCHE
ZONA: NORTE	GUARDIA: "A"
JEFE DE TURNO: JHONATAN CHAMORRO H.	CARGADOR 01: VEDIA TORIBIO PARRA
SUPERVISOR:	CARGADOR 02: MAR PUMA PEREZ
N° DE TALADROS A DISPARAR: 17	VOLUMEN A DISPARAR: 66.2

Calculo de explosivos - voladura de chimena de ventilacion.

DATOS Y FACTORES DE LA VOLADURA		EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS		volumen = (PI*radio2) * longitud	
SECCION (m2)	4.41	KG ANFO	662	diametro	63.5 mm
ALTURA (m)	15.00	KG BOOSTER	5.1	radio	21.76 mm
METROS PERF.	375.00	TOTAL KG. EXPLOSIVO	667.5	radio	0.03175 m
N° DE TAL. PRODUC.	17	BOOSTER 1/3 LB	34.0	volumen =	0.003166919 m3
N° DE TAL. ALVIO	8	KG. / mtrs.	2.63	Decid. Anfo cor	0.8
VOLUMEN m3	66	CARGA OPERANTE	35.4	Decid. Anfo cor	500 Kg/m3
TONELADAS ROTAS	185	CARGA DC	2	kg/mtrs.	2.53 kg.
F. DE CARGA	8.88				
F. DE POTENCIA	3.65				

	N° DE TALADRO PERF	LONGITUD REAL DE CADA TALADRO	TACO INICIAL	TACO FINAL	LONGITU A CARGA	ANFO KG POR TAL.	ANFO KG POR SECUENCIA	BOOSTER 1/3 LB	CEBO	SECUENCIA SALIDA
ARRANQUE	1	15.00	0.50	0.50	14.00	35.4	35.4	2		1
	2	15.00	0.50	0.50	14.00	35.4	35.4	2		3
	3	15.00	0.50	0.50	14.00	35.4	35.4	2		5
	4	15.00	0.50	0.50	14.00	35.4	35.4	2		7
	5	15.00	0.50	0.50	14.00	35.4	35.4	2		9
AYUDA DE ARRANQUE	6	15.00	0.50	1.50	13.00	32.9	32.9	2		11
	7	15.00	0.50	1.50	13.00	32.9	32.9	2		13
	8	15.00	0.50	1.50	13.00	32.9	32.9	2		15
CUADRADO RES	9	15.00	0.50	1.50	13.00	32.9	32.9	2		16
	10	15.00	0.50	2.00	12.50	31.6	31.6	2	1	1
	11	15.00	0.50	2.00	12.50	31.6	31.6	2		2
	12	15.00	0.50	2.00	12.50	31.6	31.6	2		3
	13	15.00	0.50	2.00	12.50	31.6	31.6	2		4
	14	15.00	0.50	2.00	12.50	31.6	31.6	2		5
	15	15.00	0.50	2.00	12.50	31.6	31.6	2		6
	16	15.00	0.50	2.00	12.50	31.6	31.6	2		7
	17	15.00	0.50	2.00	12.50	31.6	31.6	2		8
ALVIO	8	120.00								
TOTAL METROS PERF.		375.00			Total	222	561.7	34		

SMES
EL BROCAL

JEFE DE GUARDIA
JRC

JEFE DE OPERACIONES
JRC

OBSERVACIONES: Voladura de prueba con la nueva mezcla de perforacion

Anexo 6

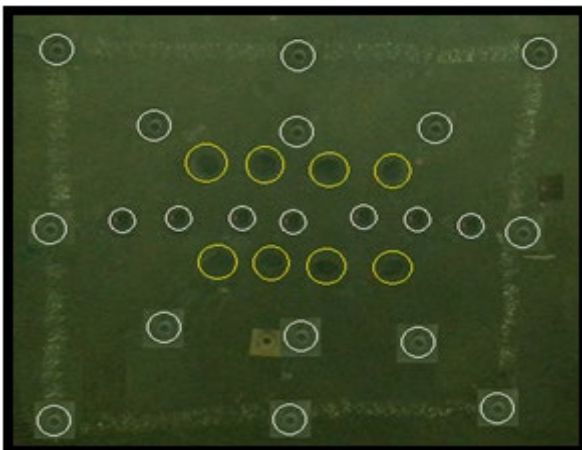
Posicionamiento del Simba S7D para iniciar la perforación



Anexo 7

Chimenea perforada antes y después de la investigación

Perforado con la malla anterior



Proceso de perforación con la nueva malla



Anexo 8
Chimenea disparada

