

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



T E S I S

**Análisis de la voladura en los frentes de desarrollo con la aplicación de un nuevo
accesorio de voladura en la Minera Mariana Brisa II**

Para optar el título profesional de:
Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. Diego Vladimir CRUZ PEÑA

Asesor:

Mg. Edwin Elías SANCHEZ ESPINOZA

Cerro de Pasco - Perú - 2025

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



T E S I S

**Análisis de la voladura en los frentes de desarrollo con la aplicación de un nuevo
accesorio de voladura en la Minera Mariana Brisa II**

Sustentada y aprobada antes los miembros del jurado:

Mg. Luis Alfonso UGARTE GUILLERMO
PRESIDENTE

Mg. Manuel Mayer CARHUARICRA RIVERA
MIEMBRO

Mg. Wilfried Bryan PEREZ PARRAGUEZ
MIEMBRO



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

Facultad de Ingeniería de Minas

Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas

"Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana"



Firmado digitalmente por CONDOR SURICHAQUI Santa Silvia FAU 20154605046 soft M... Soy el autor del documento 2025.11.2025 14:14:29 -05:00



INFORME DE ORIGINALIDAD N° 051-2025

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el Software Turnitin Originality, que a continuación se detalla:

Presentado por:

Bach. CRUZ PEÑA Diego Vladimir

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería de Minas

Tipo de trabajo:

Tesis

Título del trabajo

"Análisis de la Voladura en los Frentes de Desarrollo con la Aplicación de un Nuevo Accesorio de Voladura en la Minera Mariana Brisa II"

Asesor:

Mg. Edwin Elías SANCHEZ ESPINOZA

Índice de Similitud: **23 %**

Calificativo

APROBADO

Se adjunta al presente el informe y el reporte de evaluación del software similitud.

Cerro de Pasco, 26 de noviembre de 2025.

Sello y Firma del responsable
de la Unidad de Investigación

DEDICATORIA

Al divino creador, a mis padres porque siempre me encaminan a proseguir adelante, me dan fortaleza para cumplir mis proyectos bajo los valores de una gran persona, me acompañan en el cumplimiento de mis metas y sentirme fuerte a cualquier obstáculo.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios por darme sabiduría, a mi asesor por su orientación y sugerencias para cristalizar mi investigación, a mi familia y amigos que constantemente me brindaron su apoyo. A todos los catedráticos del programa de Ingeniería de Minas; por sus aportes son los pilares de mi profesión. A los Ingenieros de la mina “Mariana Brisa II”, por permitir ejecutar esta investigación.

RESUMEN

Mi investigación **“Análisis de la Voladura en los Frentes de Desarrollo con la Aplicación de un Nuevo Accesorio de Voladura en la Minera Mariana Brisa II”**. Se propone mejorar los resultados de las voladuras de labores subterráneas de la mina. El proyecto se logra por el apoyo constante del Área de voladura de la Mina “Mariana Brisa II”. Esta unidad se encuentra ubicada en la región del Cusco, provincia Santo Tomás, distrito de Velille, en la comunidad campesina Alcca Victoria, explota minerales de cobre y oro.

Con evaluaciones realizadas en labores de desarrollo se determinó problemas de sobre excavación debido a una mayor potencia de detonación en los taladros, se tiene una alta concentración de energía ya que el explosivo que se utiliza es el ANFO el cual genera un alto volumen de detonación y expansión en la voladura y como resultado se obtiene una sobre rotura en el perfil de la labor alzas, cajas y una alta dilución afectando los costos de producción. El objetivo de la investigación es menorar la sobre excavación con el uso del cordón detonante en las labores de desarrollo de la minera. El método de estudio ha consistido en una etapa I, la recopilación de información y observación de la voladura antes y después del uso del cordón detonante, la cual fueron tomadas 8 muestras de las cuales se seleccionó 6 para el análisis y se concluyó que en un antes había sobre excavación y después se logró menorar también se realizó un análisis granulométrico antes y con el uso del accesorio. Finalmente se ha llegado a concluir que en los resultados obtenidos en la voladura empleando explosivo únicamente en taladros de cajas y alzas, se obtiene una sobre excavación de 2.68m² o 10.52% en sección y con el modelo propuesto utilizando cordón detonante en los cuadradores y alzas, se estima una sobre excavación de 0.77m² o 5.02% de sección.

Palabras claves: Análisis de voladura, frentes de desarrollo, accesorio de voladura

ABSTRACT

My research, "Blasting Analysis at Development Fronts Using a New Blasting Accessory at the Mariana Brisa II Mine," aims to improve the results of blasting operations in the mine's underground workings. The project is achieved thanks to the ongoing support of the Mariana Brisa II Mine's Blasting Area. This unit is located in the Cusco region, Santo Tomás province, Velille district, in the rural community of Alcca Victoria, and mines copper and gold ores.

Through evaluations carried out in production operations, problems of over-excavation were identified due to greater detonation power in the drills. There is a high concentration of energy since the explosive used is ANFO, which generates a high volume of detonation and expansion in the blasting process. As a result, there is excessive breakage in the profile of the work, risers, boxes, and high dilution, affecting production costs. The objective of the research is to reduce over-excavation with the use of detonating cord in mining operations. The method The study consisted of a first phase, data collection and observation of the blast before and after the use of Pentacord. Eight samples were taken, of which six were selected for analysis. It was concluded that there was over-excavation before and after the use of Pentacord. A particle size analysis was also performed before and after the use of Pentacord. Finally, it was concluded that the results obtained from the blast using explosives only in box holes and risers yielded an over-excavation of 2.68 m² or 10.52% by volume. With the proposed model using detonating cord in the squares and risers, an over-excavation of 0.77 m² or 4.55% by volume is estimated.

Keywords: Blasting analysis, development faces, blasting accessory

INTRODUCCIÓN

El objetivo de la investigación: **“Análisis de la Voladura en los Frentes de Desarrollo con la Aplicación de un Nuevo Accesorio de Voladura en la Minera Mariana Brisa II”**, es menorar la sobre excavación de las labores de desarrollo, mejorar los resultados de la voladura en el perfil de las labores y controlar la granulometría; y demostrar que con la aplicación del accesorio de voladura mediante el cordón detonante en el proceso de voladura de las labores de desarrollo en los diferentes frentes se logra estos objetivos.

En el capítulo I se plasma el planteamiento del problema, delimitación de la investigación, objetivos de la investigación, justificación y limitaciones de investigación

En el capítulo II se presenta el marco teórico con los fundamentos del accesorio de voladura mediante el cordón detonante, desde ya el capítulo es importante para comprender y realizar el análisis en el desarrollo de la investigación.

En el capítulo III se plasma toda la metodología que se ha utilizado en el estudio de la investigación.

En el capítulo IV se presenta las actividades del trabajo de campo describiendo el proceso de la voladura con anfo y luego con el accesorio de voladura detallando las condiciones del material; luego se realiza el análisis y discusión de resultados comparando los valores obtenidos en los datos de campo de cada momento y demostrar las hipótesis planteadas.

ÍNDICE

Páginas

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema	1
1.2. Delimitación de la investigación	2
1.3. Formulación del problema.....	12
1.3.1. Problema general	12
1.3.2. Problemas específicos.....	12
1.4. Formulación de objetivos	12
1.4.1. Objetivo general.....	12
1.4.2. Objetivos específicos	13
1.5. Justificación de la investigación	13
1.6. Limitaciones de la investigación	14

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio	15
2.2. Bases teóricas - científicas.....	19
2.2.1. Voladura	19

2.2.2. Voladura en minería subterránea	19
2.2.3. Rotura por sobre trituración.....	20
2.2.4. Rotura por descostramiento	20
2.2.5. Formación de grietas por acción de los gases.....	20
2.2.6. Fundamentos de la voladura controlada	21
2.2.7. Sobre excavación en labores subterráneas.....	22
2.2.8. Influencia al macizo rocoso	22
2.2.9. Explosivos para la minería	23
2.2.10. Accesorios de voladura.....	27
2.2.11. Métodos de iniciación.....	27
2.2.12. Cordón detonante.....	29
2.2.13. Tipos de cordón detonante.....	31
2.3. Definición de términos básicos	32
2.4. Formulación de hipótesis.....	33
2.4.1. Hipótesis general	33
2.4.2. Hipótesis específicas.....	34
2.5. Identificación de variables.....	34
2.6. Definición Operacional de variables e indicadores	35

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación	36
3.2. Nivel de investigación	36
3.3. Métodos de Investigación.....	36
3.4. Diseño de Investigación	37
3.5. Población y muestra	37

3.5.1. Población	37
3.5.2. Muestra	37
3.6. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	37
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	38
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	39
3.9. Tratamiento estadístico.....	39
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica	39

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo	40
4.1.1. Proceso de perforación	40
4.1.2. Proceso de voladura convencional	41
4.1.3. Proceso de voladura con el accesorio propuesto	46
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	50
4.2.1. Voladura convencional	50
4.2.2. Voladura con el uso del primacord 10.....	58
4.2.3. Interpretación de los resultados	63
4.3. Prueba de Hipótesis	63
4.3.1. Hipótesis general	63
4.3.2. Hipótesis específicas.....	64
4.4. Discusión de resultados	65

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Ubicación de la unidad minera	3
Figura 2. Geología de la unidad minera.....	5
Figura 3. Columna estratigráfica	8
Figura 4. Minería Subterránea	9
Figura 5. Malla de perforación	10
Figura 6. Carguío del frente	11
Figura 7. Proceso de rotura	21
Figura 8. Proceso de sobre excavación.....	22
Figura 9. La dinamita.....	24
Figura 10. Anfo industrial.....	25
Figura 11. Hidrogel encartuchado	26
Figura 12. Emulsión encartuchada.....	26
Figura 13. Accesorios de voladura	27
Figura 14. Detonador ordinario	28
Figura 15. El detonador eléctrico.....	28
Figura 16. Detonador no eléctrico	29
Figura 17. Detonador electrónico	29
Figura 18. Cordón detonante	30
Figura 19. Malla de Perforación del frente	41
Figura 20. Generación de ondas Post-voladura	45
Figura 21. Manga de ventilación	46
Figura 22. Secciones en planta - sobre excavación	51

Figura 23. Secciones frontales - sobre excavación	52
Figura 24. Geometría de la roca fragmentada.....	54
Figura 25. Análisis granulométrico - primera voladura.....	55
Figura 26. Análisis granulométrico - segunda voladura	56
Figura 27. Análisis granulométrico - tercera voladura	57
Figura 28. Secciones usando Primacord	58
Figura 29. Granulometría - segunda voladura con primacord 10	61
Figura 30. Granulometría - tercera voladura con primacord 10	62

ÍNDICE DE TABLAS

	Páginas
Tabla 1. Accesos a la unidad minera.....	4
Tabla 2. Clasificación de la dinamita.....	24
Tabla 3. Clasificación del Promacord	31
Tabla 4. Clasificación del cordón detonante	31
Tabla 5. Operacionalización de variables	35
Tabla 6. Actividades de la voladura.....	42
Tabla 7. Diseño de perforación	42
Tabla 8. Parámetros de voladura.....	43
Tabla 9. Diseño de voladura	43
Tabla 10. Accesorios de Perforación	43
Tabla 11. Características del ANFO	44
Tabla 12. Voladura con primacord 10	48
Tabla 13. Características técnicas	50
Tabla 14. Análisis de la Sobre excavación	53
Tabla 15. Análisis granulométrico - primera voladura	55
Tabla 16. Análisis granulométrico - segunda voladura.....	56
Tabla 17. Análisis granulométrico - tercera voladura.....	57
Tabla 18. Sobre excavación - primacord 10	59
Tabla 19. Análisis granulométrico - primera voladura con primacord 10	60
Tabla 20. Granulometría – primera voladura con primacord 10.....	60
Tabla 21. Granulometría - segunda voladura con primacord 10.....	61
Tabla 22. Granulometría - tercera voladura con primacord 10.....	62

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

Toda minera analiza cómo mejorar sus operaciones llegar a una alta eficiencia posible; entre ellos es de mejorar los resultados de la voladura en los frentes de desarrollo con altos rendimientos en el perfil de la labor, granulometría y no diluir las leyes del mineral. El problema planteado en la investigación es que al ejecutarse las labores de desarrollo del programa de la minera Mariana Brisa II se obtienen demasiada sobre excavación la cual genera un incremento en actividades de sostenimiento, personal que tiene que operar, incremento de operaciones de la maquinaria, transporte; todo esto junto incrementa el tiempo de todas las operaciones, costos y menora la producción, como resultado se tiene una baja eficiencia por este resultado.

El uso del agente explosivo (ANFO) genera una alta energía para el tipo de roca que se tiene en las labores obteniendo como resultado una sobre excavación en todo el contorno de la labor.

En el frente por la detonación la onda de tensión se propaga, generando una intensa compresión radial, desarrollándose esfuerzos de tracción tangenciales

superando la resistencia dinámica a la tracción de la roca formando una zona con una alta densidad de fracturas radiales.

El volumen de los gases, alta presión y temperatura, afectan en gran medida al control de la sobre excavación; por lo que, deberán utilizarse explosivos que generen menor energía y presión proponiendo el uso de un accesorio de voladura para lograr este objetivo.

1.2. Delimitación de la investigación

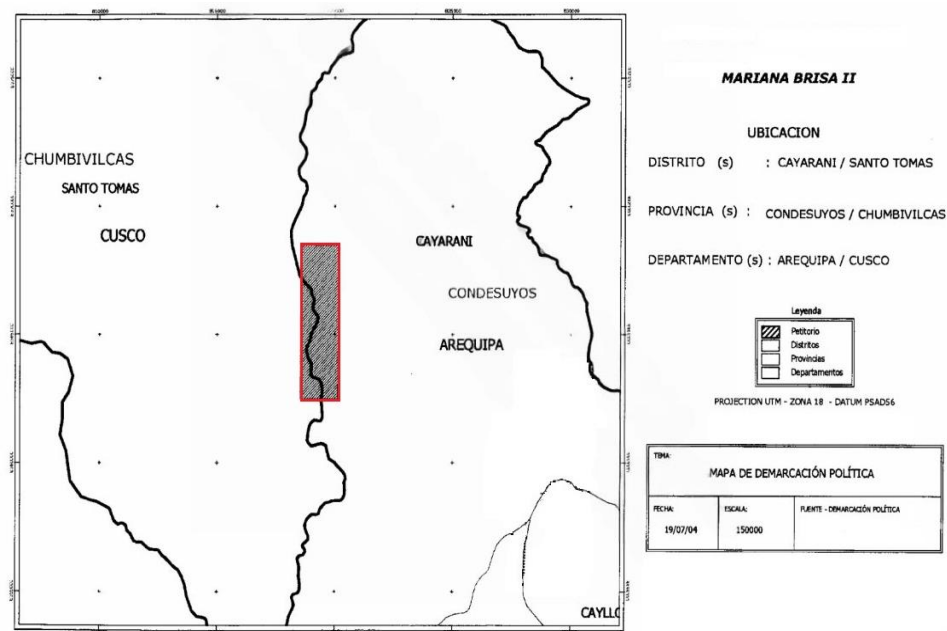
1.2.1. Antecedentes de la minera Mariana Brisa II

A. Ubicación Geográfica

La aurífera Alcca Victoria; concesión minera Mariana Brisa II, propiedad de la sociedad Gloria Quicaña Contreras, está ubicado en la Comunidad Campesina Alcca Victoria, distrito de Velille, provincia Santo Tomás y región del Cusco. Cierta área mineralizada pertenece a la comunidad de Cayarani. La concesión minera total es de 960 Hectáreas. Las altitudes varían de 3,900 m.s.n.m. a 4,300 msnm. Sus coordenadas son:

<u>Vértice</u>	Coordenadas UTM PSAD56		Coordenadas WGS84	
	<u>Norte</u>	<u>Este</u>	<u>Norte</u>	<u>Este</u>
1	8,368,486.96	818,606.09	8,368,115.66	818,377.07
2	8,368,466.95	820,206.15	8,368,095.64	819,977.10
3	8,362,466.75	820,131.09	8,362,095.38	819,902.09
4	8,362,486.76	818,531.04	8,362,115.40	818,302.07

Figura 1. Ubicación de la unidad minera



Fuente: Área de geología

B. Accesibilidad

El acceso a la minera Mariana Brisa II es por carretera de 345 Km. Partiendo de Cusco, 320 Km es asfaltada Cusco, Sicuani, Espinar, Velille, Esquina y 25 Km. trocha Esquina, Cayarani, Alcca Victoria, Mariana Brisa II.

Se emplea un tiempo de 08 horas. También se tiene acceso de Arequipa, Cañahuas, Yauri Espinar, Velille y Caylloma, carretera asfaltada y luego de Caylloma, Cayarani, Alcca Victoria por trocha.

Tabla 1. *Accesos a la unidad minera*

<u>DESDE</u>	<u>HASTA</u>	<u>VIA</u>	<u>TIEMPO</u>
LIMA	CUSCO	ASFALTO	13.5 horas
CUSCO	SICUANI	ASFALTO	3.8 horas
SICUANI	YAURI – ESPINAR	ASFALTO	1.9 horas
YAURI – ESPINAR	VELILLE – ESPINAR	ASFALTO	1.7 horas
VELILLE – ESPINAR	MARIANA BRISA II	TROCHA	0.6 horas
TOTAL DEL CUSCO AL PROYECTO MARIANA BRISA II			8.0 horas

Fuente: Área de geología

C. Reseña histórica

La minera Mariana Brisa II se dio a raíz de la sedición de la empresa Hoschfield. Al ser un yacimiento con poco mineral y una producción a escala menor para la empresa, ya que tenían previsto producir altas toneladas para su extracción notaron que este yacimiento era pequeño formado por vetas el cual no cumpliría con todos los proyectos, por estar formado por vetas de pequeña dimensión; por el tipo de yacimiento la empresa decide transferir la concesión a los propietarios actuales Mariana Brisa II.

D. Geología

La minera Mariana Brisa II, Alcca Victoria se ubica dentro de la Franja Metalogénica Aurífera, en todos sus alrededores se resume la estratigrafía detallada, donde los estratos más antiguos corresponden al Jurásico, formado por rocas clásticas cuarcitas del Grupo Yura, sobre yace con discordancia erosional, se conforman rocas carbonatadas de la Formación Arcurquina de los afloramientos regionales. El Cretácico y Jurásico son

y calizas con intercalaciones de margas calcáreas; al tope se encuentra Pariatambo, compuesto por yeso, calizas bituminosas y bancos de arcilla.

El mineral se encuentra en un paquete de estratificación delgada negra en el flanco Noreste de la quebrada. Es una formación bituminosa de nódulos de chert con potencia promedio de 120 m. emplazada de limonitas calcáreas, estratos delgados de calizas y con algunos horizontes de lutitas. Es la formación no continúa del flanco opuesto al anticlinal por un desplazamiento normal.

2. Formación Jumasha (ks-j)

La formación se encuentra emplazado con la formación Pariatambo en el anticlinal de lineamiento andino con un eje inclinado muy leve al NW. Tiene un afloramiento circundante en la zona del proyecto, posee una potencia media de 405 m y sobreyace en formación Pariatambo con calizas y lutitas. Se encuentra con intercalaciones de calizas color gris a calizas dolomíticas de color gris blanco a amarillento. Presentan algunas veces el chert e intercalaciones de margas.

3. Grupo Goyllarisquizga (Ki-g)

Constituido a base de derrames volcánicos, areniscas cuarzosas de lutitas gris verdosas, mantos carbonosos y ocasionalmente “sills” de diabasa. Corresponde a las rocas clásticas sobre las calizas Pucará y bajo las formaciones calcáreas del Albiano.

4. Formación Sacsaquero (Tim-s)

Es la secuencia volcánica-sedimentaria, compuesta por rocas limosas-argiláceas andesíticas, tobas, areniscas. En superficie se tiene con relieve muy accidentado y agreste, con escasa cobertura de suelo residual moderadamente alterada.

5. Formación Caudalosa (Ts-ca)

Es la secuencia volcánica, contiene areniscas tufáceas, piroclastos, flujos andesíticos, riolacitas. Se aprecia en zonas con terreno suave.

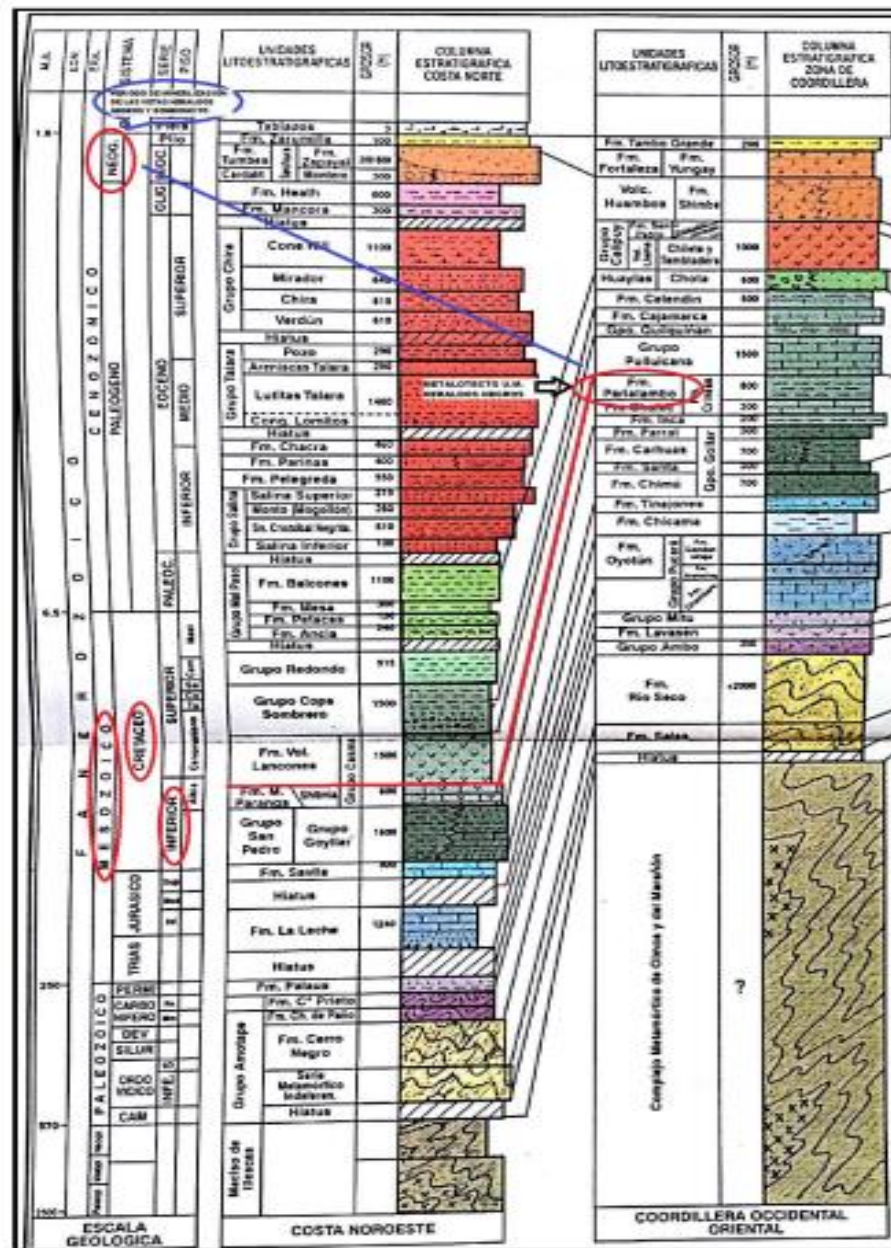
6. Depósitos Glaciares (Qr-g) y Fluvioglaciares (Qr-tg)

Llamado también depósitos morrénicos de gravas angulosas, bloques, guijarros y arena de forma redondeado, sin estratificación con matriz de arcilla y limo, se observa en colinas bajas y llanuras. Los suelos se muestran compactos, el depósito se ubica en la zona de actividades mineras. Los fluvioglaciares se tiene en zonas con depresión suave con dirección a la corriente del agua.

7. Rocas Intrusivas (t-mdi)

Pertenece a la litología terciaria compuesta de andesitas y un stock Intrusivo de origen mozodiorita su dimensión media de 1.5 km x 1.9 km, se encuentra como intrusivo de las rocas calcáreas en Formación Jumasha y esta relacionado con los fluidos de minerales del yacimiento de la unidad minera.

Figura 3. Columna estratigráfica



Fuente: Área de geología

F. Método de explotación

Es de vital importancia la planificación de los trabajos de perforación en labores de avance, se realiza el mayor avance mediante galerías de exploración sobre mineral para la obtención de mineral con destino a chancado, a su vez se realizan labores para preparación de bloques de explotación: calles, ventanas o frontones; como labores de desarrollo: cruceros, rampas, By pass u otros.

Se adjudica al programa una longitud razonable en labores de preparación y desarrollo con el propósito de tener bloques de explotación para banqueo realce a mediano plazo; de estos bloques de explotación depende la mayor parte de la producción de la mina, por ello un 54% de metraje para labores de avance se realizan sobre veta, y el restante 46% de metraje se planifica para labores de preparación y desarrollo.

Figura 4. *Minería Subterránea*



Fuente: Minería BUENAVENTURA

G. Operaciones mina

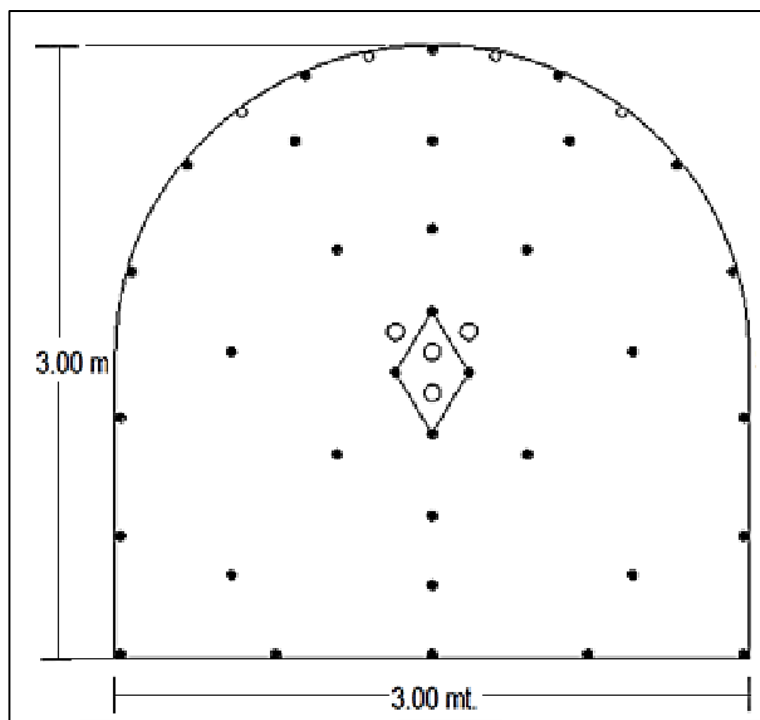
- Perforación

Se perforaba con compresoras, las secciones de labores de avance el proyecto Mariana Brisa II son de 3,0 x 3,0 metros, 2,70 x 2,70 metros (Veta/Manto Calvario), estas condiciones son definidas mediante exploración delimitando el cuerpo mineralizado.

Para el diseño de la malla se utiliza el método Geométrico, y para la apertura de la cara libre se emplea el corte quemado; el corte quemado refiere al tipo de voladura donde los barrenos, todos del

mismo diámetro, son perforados paralelos uno al otro, dejando vacíos, los cuales actuarán como cara de alivio hacia donde romperán los otros barrenos.

Figura 5. *Malla de perforación*



Fuente: Elaboración propia

- **Voladura**

La voladura se realiza mediante la colocación de 38 taladros, los cuales 34 poseían explosivos y 4 no poseían para permitir que se realice la voladura y se contenga la emisión de la explosión, en su interior poseían el explosivo, el explosivo usado dentro de los taladros es ANFO.

Al día se realizaban 2 a 3 voladuras.

Se perforaba con la compresora neumática, se taladraban colocando en la punta la broca después se procedía a taladrar metro y medio a metro de perforación, ahí se colocaba el explosivo ya preparado con mechero y fulminante, como la galería tiene 3.00 de alto

y 3.00 de ancho, entonces hacían unas 38 perforaciones para colocar los explosivos y posteriormente se realizaba la voladura.

Figura 6. *Carguío del frente*



Fuente: Minería BUENAVENTURA

- **Limpieza y transporte del mineral**

Se ventila con una manga después de realizarse las voladuras, había un carrito minero el cual trasladaba el mineral este posteriormente se bajaba con un guinche que era de 4 sacos en sacos en mineral y se acumulaba en la parte de la carretera para el transporte hacia la ciudad donde se realizaba el trabajo metalúrgico para la extracción del mineral, donde se extraía 7 a 11 onzas de oro y plata por tonelada respectivamente.

Se usaba ventilador y la manga, cada 50 metros se hacen la chimenea para hacer la ventilación, de ahí entraba el personal para hacer el acarreo del mineral, se extraía con carrito minero que solían sacar 1 tonelada a tonelada y media de mineral

Habían 1 o 2 carros mineros por labor.

Se esperaba media hora a una a la ventilación del campo, afuera de la Galería se seleccionaba el mineral.

- **Sostenimiento**

Se usaban puntales y cuadros para el sostenimiento cada cierto tramo se solía evidenciar cuando la roca era más sólida y cuando era más débil, dependiendo de eso se agarraba puntales de madera 2 a los extremos y uno que es de cuadrante que hace que haya sostenimiento en labores de avance.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Sera posible mejorar los resultados de la voladura en los frentes de desarrollo con la aplicación un nuevo accesorio de voladura y explosivo del proceso en la Minera Mariana Brisas II?

1.3.2. Problemas específicos

- a. ¿Sera factible minimizar la sobre excavación en los frentes de desarrollo con la aplicación un nuevo accesorio de voladura y explosivo en el proceso de voladura de la Minera Mariana Brisas II?
- b. ¿Con la aplicación un nuevo accesorio de voladura y explosivo en los frentes de desarrollo será posible mejorar la fragmentación en el proceso de voladura de la Minera Mariana Brisas II?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Mejorar los resultados de la voladura en los frentes de desarrollo con la aplicación de un nuevo accesorio y explosivo en este proceso de la Minera Mariana Brisas II

1.4.2. Objetivos específicos

- a) Minimizar la sobre excavación en los frentes de desarrollo con la aplicación un nuevo accesorio y explosivo en el proceso de voladura de la Minera Mariana Brisas II.
- b) Con la aplicación un nuevo accesorio y explosivo en los frentes de desarrollo se mejora la fragmentación en el proceso de voladura de la Minera Mariana Brisas II

1.5. Justificación de la investigación

El proyecto de investigación se justifica porque nos permite contribuir al desarrollo de las operaciones, entre ellos los resultados de ejecución de las diferentes frentes de desarrollo en la Minera Brisas II, principalmente en el mejoramiento de la sobre excavación y fragmentación en el resultado de las voladuras de la misma manera en cuanto al tiempo de operación de los equipos de carguío, transporte y el sostenimiento y personal en todo procesos de los proyectos de los frentes de desarrollo, se optimiza los avances de los frentes producto de la voladura obteniendo una eficiente gestión de tiempos del proceso y obtener un perfil más homogéneo de la sección del frente; asimismo va incidir en la reducción de costos. El uso de un nuevo explosivo y cordón detonante en los taladros del contorno del frente va a contribuir en la productividad de las operaciones, el cual va ser factible su aplicación en otros yacimientos mineros.

La investigación también tiene como objetivo evaluar los resultados de la ejecución de los frentes de desarrollo actual y luego relacionar con los resultados al aplicar un nuevo explosivo y cordón detonante, con la finalidad de tener una nueva opción que permita mejorar la sobre excavación del proceso y resultados de los

proyectos de estas labores. Como también sirva de base y modelo para el análisis en otras unidades mineras referente a estas labores.

1.6. Limitaciones de la investigación

Para concluir la investigación no hay limitaciones para la obtención de toda la información de los procesos de voladura en cuanto a los resultados de la ejecución de los diferentes frentes, ya que se tuvo todas las facilidades por parte de las áreas de desarrollo, planeamiento y otros de la minera Mariana Brisas II.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

a. Antecedentes nacionales

Midwar, D. (2019). En su tesis “Análisis de perforación y voladura controlada para evitar sobredimensionamiento de galerías en la unidad Antonieta – Compañía de minas Arihua en la Ciudad de Arequipa” concluye.

La tesis tiene como fin principal analizar las actividades actuales de perforación y voladura para controlar el sobre dimensionamiento de labores y a su vez disminuir el sostenimiento de estas en la Unidad Minera. El proceso fue primero justificar el trabajo, bajo los enfoques de productividad y conservación del medio ambiente para el uso racional de los recursos y optimización de los procedimientos en trabajos de perforación y voladura de labores, para obtener una reducción de costos directos e indirectos de la producción, no solo en perforación y voladura, sino también en el sostenimiento, como resultado se tuvo mayor seguridad y estabilidad del macizo rocoso. En el marco teórico contempla aspectos de una voladura

controlada en frentes, tal como la relación del burden y espaciamiento, la carga lineal, distribución de taladros de periféricos. Detalla las generalidades de la Unidad Minera, como su ubicación, accesibilidad, topografía, clima, geología, planeamiento de minado, operaciones mina y planta. En el método de investigación trata de rendimientos de perforación y voladura de galerías antes del proyecto, sus eventos del proceso de fragmentación, la detonación, el esquema de carga de explosivos y la secuencia de salida

Es importante identificar cada etapa del proceso para realizar el análisis de la sobre excavación en la minera, dio el seguimiento a los procesos que se hicieron para base de datos y lograr reducir costos en la perforación y voladura de la minera.

Turpo, M. (2021). En su tesis “Minimización de sobre rotura de cajas mediante diseño de voladura controlada en el tajeo de veta Victoria, mina San Rafael MINSUR S.A.” de la ciudad de Puno.

El método para desarrollar la investigación consistió en la recopilación de información y observación de la voladura antes del proyecto en los tajos con el explosivo Examon P, registrado en una base de datos y posterior al estudio de investigación diseña la voladura controlada con carga explosiva de Exagel-E 65 y desacopladas con tubos de PVC. Finalmente se ha llegado a los siguientes resultados y conclusiones, las sobrerotura de cajas se ha minimizado de 24,36 % a 9,48% con una diferencia de 14,88 %, el factor de potencia se ha reducido de 1,64 kg/t, a 0,66 kg/t, con una diferencia de 0,98 kg/t, con dichos resultados se ha logrado una dilución menor en el tajeo de explotación de la veta Victoria en la unidad minera San Rafael MINSUR S.A. – Puno.

En este caso el objetivo del estudio de investigación es minimizar las sobrerotura de cajas mediante la voladura controlada en el tajeo de la veta Victoria en la unidad minera San Rafael, MINSUR S.A. – Puno. Para ellos se realizó una recopilación de información y datos en mina para poder proceder con ellos

b. Antecedentes internacionales

Rivera, C. (2020). En tu tesis de nombre: Reducción de la sobre excavación mediante explosivo SUBTEK en mina Esmeralda de la ciudad de Codelco en Chile concluye lo siguiente:

Se propone el cambio del explosivo ANFO por otro denominado SUBTEK CHARGE (en adelante SUBTEK) para reducir la sobre excavación en los desarrollos horizontales de la mina Esmeralda, de la División El teniente de Codelco-Chile. La reducción de sobre excavación tendrá un impacto en reducir el costo y tiempo del ciclo de desarrollo, por la menor cantidad de material a extraer y menor costo de fortificación. Todo proyecto minero tiene como principal enfoque la mayor productividad al menor costo. En el caso de un proyecto subterráneo el costo del desarrollo horizontal es un componente crítico del costo operativo. Se agrega a lo anterior el hecho de que el cumplimiento del programa de desarrollos horizontales es crítico para abrir nuevas reservas y cumplir con el programa de producción y el flujo de caja esperado. El retraso de este programa, por un mayor tiempo de ciclo del desarrollo horizontal, tendrá consecuencias negativas en este cumplimiento. El fenómeno de sobre excavación incrementa este tiempo de ciclo, por lo que la minimización de ésta contribuirá al cumplimiento del programa de desarrollo.

En este caso se busca reducir la sobre excavación cambiando el explosivo ANFO por otro explosivo que genera menor volumen.

Gonzales, F. (2019). En su tesis presentada a la Universidad Autónoma de México “Análisis de criterios matemáticos que predicen el radio de fracturamiento en roca, generado por voladura en excavaciones subterráneas”. Considera que la excavación por explosivo para obras mineras debe ser con el material más competente. Para lograr la sección diseñada el control del perímetro de la obra subterránea.

Esto logra cuantificando el daño en el macizo producto de la detonación de los explosivos, En su trabajo presenta el cálculo de radio de fracturamiento de un barreno, los valores obtenidos se relacionan con datos del proyecto minero Rey de Plata.

Analiza para lograr los resultados mediante la propuesta de Dai (2002) considerando presión de detonación, presión de barreno, resistencia a la compresión y tensión dinámica e impedancia del explosivo. Lo determina mediante el módulo de Young a partir de estimaciones empíricas, calcula a partir del RQD y por otra del GSI. Relacionando el valor de radio de fracturas propuesto por Dai (2002) y el módulo de Young. Es por esto que se comparan los valores obtenidos de radio de fracturamiento.

Con el criterio de Kumar calcula el radio de fracturamiento de la roca a partir de la velocidad pico de partícula, mediante la resistencia a la compresión uniaxial, el peso específico de la roca. Por tal motivo sus resultados son inconclusos ya que no cuenta con la precisión de los variables que maneja. En el trabajo aborda los fundamentos teóricos de excavaciones subterráneas por explosivos para entender los criterios matemáticos

mencionados anteriormente para el control de la sección de los diferentes frentes.

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. Voladura

La voladura de rocas es una técnica aplicable a la extracción de roca en terrenos donde la aplicación de medios mecánicos no resulta rentable. Esta técnica consiste en la ejecución de perforaciones en la roca, donde posteriormente se colocan explosivos para su detonación. La energía que transmiten a la roca provoca la buscada fragmentación del macizo rocoso que contiene los recursos mineros. Una buena perforación resulta condición sine qua non para desarrollar una adecuada voladura del terreno.

2.2.2. Voladura en minería subterránea

La voladura subterránea de roca tiene en común que son mucho más confinadas que las voladuras a cielo abierto. Además, la fragmentación de la roca debe realizarse de forma más restringida. Estos factores determinan que el diseño de la voladura de rocas en minería subterránea para avance de túneles y galerías presenta importantes particularidades de cálculo, así como en el tamaño de los explosivos encartuchados que deben adaptarse a las condiciones de este tipo de explotaciones.

El principal problema que hay que afrontar en este tipo de voladura de roca en minas subterráneas es la no disponibilidad de caras libres, de esta forma la detonación debe realizarse en un orden tal que vaya dejando sucesivas caras libres.

Diseño de voladura, accesorios en labores de avance, malla de perforación, tipo de roca

2.2.3. Rotura por sobre trituración

Alrededor del barreno, frecuentemente se forma una zona anular triturada o de material intensamente comprimido, esto sucede cuando la tensión máxima de la onda de compresión radial que se expande cilíndricamente excede a la resistencia de la compresión dinámica o umbral plástico del material rocoso.

Cuando el frente de la onda de tensión se propaga, un volumen de roca cilíndrico alrededor del barreno es sometido a una intensa compresión radial desarrollándose distancia donde la tensión tangencial de la onda ya no es capaz de generar nuevas grietas. esfuerzos de tracción tangenciales, si estas tensiones superan la resistencia dinámica a la tracción de la roca se forma una zona con una alta densidad de fracturas radiales, esta zona termina de forma brusca a una distancia donde la tensión tangencial de la onda ya no es capaz de generar nuevas grietas.

2.2.4. Rotura por descostramiento

Cuando la onda de compresión alcanza un frente libre efectivo, al reflejarse se crea una onda de tracción, si la onda es suficientemente intensa se produce el descostramiento que se propaga desde el dicho frente libre hacia el barreno.

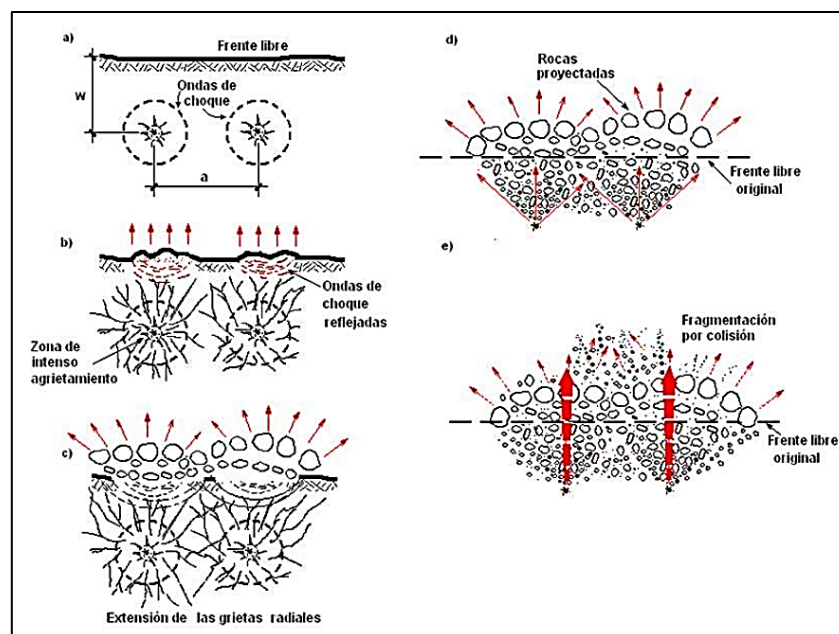
El nivel de vibraciones producido por la voladura puede producir rotura por descostramiento si la tensión producida supera la resistencia dinámica a la tracción de la roca.

2.2.5. Formación de grietas por acción de los gases

La acción de los gases a alta presión y temperatura, abriéndose las fracturas preexistentes y las creadas por la onda de compresión, pueden afectar en gran medida al control de la sobre excavación, por lo que, en rocas blandas y

muy fracturadas deberán utilizarse explosivos que produzcan un pequeño volumen de gases.

Figura 7. Proceso de rotura



Fuente: Repositorio UDEC

2.2.6. Fundamentos de la voladura controlada

Cuando un explosivo completa el total del volumen del barreno, durante la detonación del explosivo en las proximidades de la carga se origina una zona donde la resistencia dinámica a la compresión de la roca es elevadamente superada siendo esta triturada y pulverizada. Fuera de esta zona, los esfuerzos de tracción asociados a la onda de compresión originan un sistema de grietas radiales alrededor de todo el barreno. En caso de dos cargas que se disparan simultáneamente, las grietas radiales se propagan por igual en todas las direcciones, donde la colisión de las ondas de choque en el punto medio entre los barrenos produce esfuerzos de tracción perpendiculares al plano axial, las tracciones en dicho plano superan la resistencia dinámica a la tracción de la roca creando un nuevo agrietamiento, favoreciendo la propagación de grietas radiales en la dirección del corte proyectado.

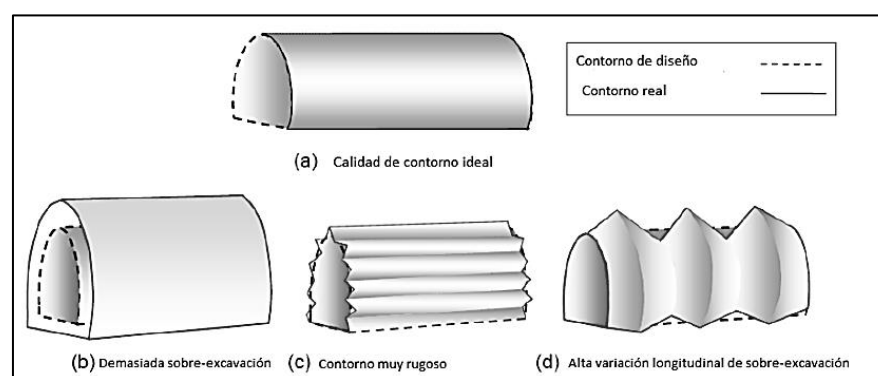
Seguidamente, la extensión de las grietas se produce bajo la acción de cuña de los gases de explosión que las invaden y se infiltran en ellas, la propagación preferencial en el plano axial junto con el efecto de apertura por la presión de los gases, permiten obtener un plano de fractura de acuerdo con el corte diseñado.

La presión de los gases es el elemento clave en la ejecución de una voladura de contorno, por ello, deberá mantenerse hasta que se complete la unión de las grietas que parten de barrenos adyacentes lo que se conseguirá adecuando la longitud de retacado para evitar el escape de los gases a la atmósfera.

2.2.7. Sobre excavación en labores subterráneas

La sobre excavación estructural puede ser la controlada variando el esquema de perforación y voladura, realizando una variación en los barrenos del perímetro, donde se disminuye el espaciamiento entre tiros y, se dejan barrenos sin carga los que estarán más cerca de la fractura.

Figura 8. Proceso de sobre excavación



Fuente: Diferentes situaciones del contorno de un túnel (Kim et. al 2015)

2.2.8. Influencia al macizo rocoso

El daño al macizo es un término intrínseco a la seguridad que se va a obtener al realizar trabajos posteriores en el sector. No existe una perturbación elevada al macizo, apreciándose bloques compactos con desclasamientos

cerrados para lo cual, es ejecutado un desate manual de los fragmentos sensibles a caer a lo largo del área de roca volada y metros atrás donde la vibración afectó también a la roca circundante.

En caso de existir bloques abiertos de tamaño mayor, se dificulta el trabajo de la cuadrilla de desate, además del aumento de riesgo que significan éstos.

2.2.9. Explosivos para la minería

Sustancia sólida o líquida (o mezcla de sustancias) que, de manera espontánea, por reacción química, puede desprender gases a una temperatura, presión y velocidad tales que pueden ocasionar daños a su entorno.

A. Dinamita

La dinamita es un explosivo muy potente compuesto por nitroglicerina, una sustancia explosiva líquida a temperatura ambiente y muy inestable que al ser absorbida en un medio sólido (inicialmente, diatomita, roca formada por caparazones silíceos de diatomeas), se convierte en un explosivo más estable. La dinamita fue inventada por Alfred Nobel en 1866, sustituyendo rápidamente a la nitroglicerina para aplicaciones industriales y de minería. Desempeña un papel muy importante en trabajos como la excavación de montañas, la construcción de carreteras, demoliciones y en general cualquier obra pública que requiera el movimiento de masas rocosas.

Se utilizó para el desarrollo y fabricación de ingenios bélicos provocando numerosas muertes y gran destrucción en las zonas de conflicto. Nobel, para contrarrestar sus efectos negativos, aunque de modo simbólico, instituyó el premio que lleva su nombre expresamente referido a la paz.

Figura 9. La dinamita



Fuente: Manual de EXSA

Tabla 2. Clasificación de la dinamita

Tipos de dinamita	
Dinamita pulverulenta	Exadit 45, Exadit 60 y Exadit 65 con densidades de 1,00 a 1,05 g/cm ³ y velocidades de 3 400 a 3 600 m/s), de consistencia granular fina, adecuada para rocas friables, blandas, en taladros secos.
Dinamita gelatinosa	Gelatina Especial 75 y 75 BN; Gelatina Especial 90 y 90 BN; Gelignita y Gelatina Explosiva (con densidades de 1,3 a 1,5 g/cm ³ y velocidades de 5 000 a 6 500 m/s) de consistencia plástica, elevado poder triturador para rocas duras y gran resistencia al agua para trabajos subacuáticos.
Dinamita semigelatinosa	Semexsa 45, Semexsa 60, Semexsa 65 y Semexsa 80 (con densidades de 1,08 a 1,2 g/cm ³ y velocidades de 3 500 a 4 500 m/s), de consistencia granular o pulverulenta, adecuada para rocas semiduras y húmedas.

Fuente: Manual EXSA

B. Agente de voladura el anfo

En su generalidad se componen de nitrato de amonio sensibilizado por un agregado orgánico, líquido o sólido generalmente no explosivo. El nitrato

debe ser perlado y suficientemente poroso para garantizar la absorción y retención del agregado combustible.

El ejemplo más típico es el ANFO convencional (94,4% nitrato de amonio - 5,6% fuel oil N.º 2) con 2 500 a 3 000 m/s de velocidad y 45 kbar de presión.

En Mariana Brisa II se da el uso de ANFO para rellenar los taladros para armar la malla de perforación en labores de avance.

Figura 10. Anfo industrial



Fuente: Manual de EXSA

C. Hidrogel

Los hidrogeles exentos de materia explosiva propia en su composición no reaccionan con el fulminante y se califican como “agentes de voladura hidrogel, slurries o papillas explosivas”, requiriendo de un cebo reforzado o primer -booster para arrancar a su régimen de detonación de velocidad estable.

Sus cualidades principales son: alta velocidad de detonación y alta densidad que les dan enorme poder rompedor y elevada resistencia al agua,

por lo que resultan excelentes sustitutos del ANFO, para voladura de rocas tenaces y de taladros inundados, incluso con agua dinámica.

Figura 11. *Hidrogel encartuchado*



Fuente: Manual EXSA

D. Emulsión encartuchada

En forma similar, los agentes de voladura emulsión carecen de un elemento explosivo en su composición por lo que también requieren ser detonadas con un cebo reforzador de alta presión de detonación. Su aplicación también está dirigida a taladros de mediano a gran diámetro en tajos abiertos, como carga de fondo de alta densidad o como carga de columna en taladros con agua o roca competente.

Figura 12. *Emulsión encartuchada*



Fuente: Manual EXSA

2.2.10. Accesorios de voladura

Dispositivos requeridos para la iniciación del explosivo; tales como: cable de ignición, detonador común, mecha de seguridad, detonador eléctrico, detonador no eléctrico, fulminantes, cordón detonante, multiplicador.

Figura 13. *Accesorios de voladura*



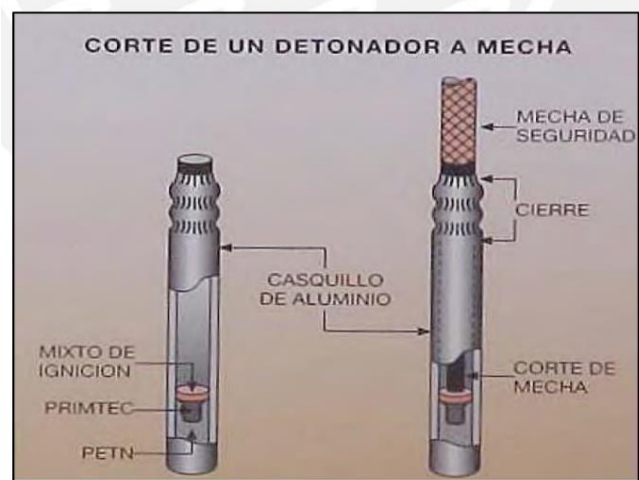
Fuente: Manual de EXSA

2.2.11. Métodos de iniciación

A. Detonadores ordinarios

Son aquellos que se inician mediante mecha lenta. La mecha se introduce en el extremo abierto de una cápsula de aluminio que aloja la carga explosiva del detonador y se encapsula mediante maquinas especiales, de modo que se evite que la mecha se salga durante su manipulación.

Figura 14. Detonador ordinario

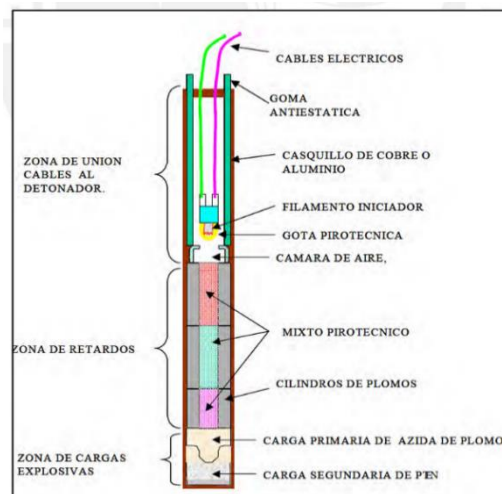


Fuente: Manual de EXSA

B. Detonadores eléctricos

El detonador eléctrico emplea la energía eléctrica para su iniciación. El detonador eléctrico posee un inflamador pirotécnico (denominado comúnmente “cerilla”), a través del cual circula la corriente eléctrica, que provoca la iniciación de la carga explosiva.

Figura 15. El detonador eléctrico



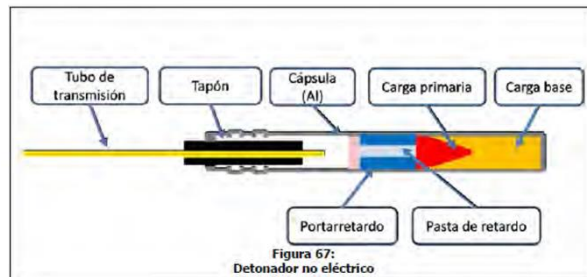
Fuente: Manual de EXSA

C. Detonadores no eléctricos

Los detonadores no eléctricos se caracterizan porque no interviene ningún tipo de corriente eléctrica en su iniciación. La parte explosiva es común a los detonadores eléctricos, pero en lugar de un

inflamador pirotécnico la carga porta retardo se inicia por medio de una onda de choque de baja energía que se transmite a través de un tubo de transmisión.

Figura 16. Detonador no eléctrico

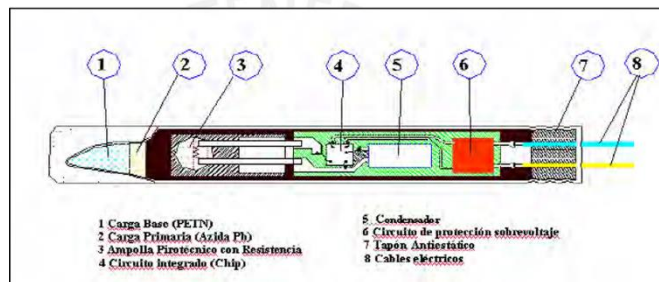


Fuente: Manual de EXSA

D. Detonadores electrónicos

Los detonadores electrónicos son la última evolución de los sistemas de iniciación para voladuras, pero todavía el uso de este tipo de sistema está centrado en ciertas aplicaciones donde se buscan unos resultados específicos.

Figura 17. Detonador electrónico



Fuente: Manual de EXSA

2.2.12. Cordón detonante

El cordón detonante es un accesorio de voladura formado por un núcleo central de explosivo (PETN) recubierto por una serie de fibras sintéticas y una cubierta exterior de plástico coloreado, que conforman en conjunto un cordón flexible, resistente a la tracción e impermeable. De acuerdo con sus características físicas, se clasifican en dos grandes grupos:

- PRIMALINE: Está constituido por un núcleo central de PETN, el cual está rodeado por un tejido de fibras sintéticas y una capa exterior de plástico.
- PRIMACORD: Semejante al PRIMALINE con una capa adicional de cera parafínica, entrampada en un doble tejido de algodón ubicado sobre la capa plástica que le otorgan mejores cualidades de resistencia a la abrasión.

Los cordones detonantes PRIMACORD y PRIMALINE poseen una velocidad de detonación de 7.000 m/s. Están diseñados para ser usados en minería, canteras o construcción, como línea trocal, iniciador de tubos no-eléctricos o líneas descendentes.

Los cordones detonantes tienen dos tipos de aplicaciones, para iniciar explosivos dentro de una voladura y como explosivo para la ejecución de la propia voladura, en la siguiente tabla se muestra los tipos de cordón detonante que existen.

Figura 18. *Cordón detonante*



Fuente: Manual de EXSA

Tabla 3. Clasificación del Promacord

PRODUCTO	Núcleo PETN	Diámetro Externo	Resistencia a la tracción	DISTINTIVO
	g/m	mm.	kg	
PRIMACORD 4	3.6	3.7	68	2 hilos negros opuestos
PRIMACORD 5	5.3	4.0	68	1 hilo negro
PRIMACORD 10	10.6	4.7	91	2 hilos negros juntos
PRIMALINE 4HS	3.6	3.0	45	Plástico
PRIMALINE 5	5.3	3.6	50	Plástico
PRIMALINE 10	10.6	4.4	70	Plástico
PRIMALINE 42	39.4	7.6	91	Plástico
PRIMALINE P42	39.4	7.6	91	Plástico

Fuente: Manual EXSA

2.2.13. Tipos de cordón detonante

Los cordones detonantes tienen dos tipos de aplicaciones, para iniciar explosivos dentro de una voladura y como explosivo para la ejecución de la propia voladura, en la siguiente tabla se muestra los tipos de cordón detonante que existen.

Tabla 4. Clasificación del cordón detonante

Tipos de Cordón Detonante	
3 gr. /m. De color rosa	Solo inicia explosivos sensibilizados con nitroglicerina
6 gr. /m. De color amarillo	Se emplea para conectar barrenos entre sí
12 gr. /m. De color azul	Se emplea para iniciar la mayoría de los explosivos.
20 gr. /m. De color blanco	Sirve para iniciar explosivos de baja sensibilidad.
40 gr. /m. De color verde	Se emplea para prospecciones sísmicas
100 gr. /m. De color rojo	Para corte, precorte y voladuras de contorno.
Anti-grisú. De color amarillo	Con un diámetro de 7,5 milímetros.
Submarino. De color amarillo	Con un diámetro de 6 milímetros.
Submarino Reforzado	De color granate.

Fuente: Manual EXSA

2.3. Definición de términos básicos

- **Detonador**

Es todo dispositivo que contiene una carga detonante para iniciar un explosivo, al que normalmente se le conoce con el nombre de fulminante. Pueden ser eléctricos o no, instantáneos o con retardo.

- **Iniciador**

Dispositivo que contiene una carga detonante para iniciar un explosivo, al que normalmente se le conoce como fulminante. Pueden ser eléctricos o no instantáneos o con retardo.

- **Fragmentación**

Acción o efecto de triturar la roca. Acción y efecto de fraccionar un entero en partes o de separar los componentes de una mezcla.

- **Seguridad**

La seguridad es la protección frente a peligros externos que afecten negativamente la calidad de vida de la persona; en tanto la referencia a un sentimiento, los criterios para determinar los grados de seguridad poseen algún grado de subjetividad.

- **Tiro fallado**

Son taladros cargados con explosivo que no detona durante una voladura de todo un conjunto de taladros. Es un peligro muy latente y de alto riesgo que requiere un proceso de voladura secundaria, requiere implementar controles para evitar que es necesario y de suma importancia.

- **Voladura**

Es una técnica para fragmentar el macizo rocoso mediante el uso de explosivos, en una mina a tajo abierto o subterránea.

- **Frente de Trabajo**

Un frente de trabajo es donde se llevan los procesos de actividades de avance y desarrollo en la mina.

- **PETS**

El Procedimiento escrito de trabajo seguro es el documento que describe detalladamente cómo ejecutar una tarea de manera segura y correcta, se utilizan para garantizar la seguridad en diferentes tareas laborales.

- **Riesgo**

El riesgo es la probabilidad de que un peligro se materialice bajo ciertas condiciones y cause daños a los trabajadores, equipos o medio ambiente.

- **Factor de carga**

Cantidad de explosivo usado para fragmentar cierto volumen de roca. El factor de carga tiene como magnitud kg/m^3 .

- **Granulometría**

Dimensión del mineral o roca fragmentado, que es resultado de una voladura prediseñada con objetivos de tratamiento metalúrgico o transporte.

- **Productividad**

Es la calidad de la extracción de mineral con estándares y procesos a un costo mínimo un volumen o tonelaje determinado.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Con la aplicación de un nuevo accesorio de voladura y explosivo en la voladura se mejora los resultados en los frentes de desarrollo del proceso en la Minera Mariana Brisa II.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) Con la aplicación de un nuevo accesorio de voladura y explosivo en la voladura se minimiza la sobre excavación en los frentes de desarrollo del proceso en la Minera Mariana Brisa II.
- b) Con la aplicación de un nuevo accesorio de voladura y explosivo en la voladura se mejora la fragmentación en los frentes de desarrollo del proceso en la Minera Mariana Brisa II.

2.5. Identificación de variables

- **Variable Independiente**

X: Aplicación de un nuevo accesorio y explosivo en voladura en la minera Mariana Brisa II.

- **Variable Dependiente**

Y: mejorar los resultados de la voladura en los frentes de desarrollo de la minera Mariana Brisa II.

2.6. Definición Operacional de variables e indicadores

Tabla 5. Operacionalización de variables

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	
VARIABLE INDEPENDIENTE	X: Aplicación de un nuevo accesorio y explosivo en voladura en la minera Mariana Brisa II.	La aplicación de un nuevo accesorio y explosivo en el proceso de voladura de labores de desarrollo permite optimizar la sobre excavación resultados de fragmentación y obtener un perfil más homogéneo en el contorno de los frentes; estos resultados se logran con el uso del pentacord 10E y como explosivo la emulsión encartuchada ya que se menora la carga explosiva en los taladros del contorno del frente.	Pentacord 10E	Gramaje	Gr./m.
			Explosivo	Velocidad	m./sg.
				Densidad	Gr/cm3
				Velocidad	m./sg.
VARIABLE DEPENDIENTE	Y: mejorar los resultados de la voladura en los frentes de desarrollo de la minera Mariana Brisa II.	Cuando se logra la carga eficiente del cordón detonante y el explosivo tal que se logre cumplir los requerimientos en el proceso de la voladura de las labores de desarrollo se optimiza la sobre excavación se obtiene un perfil más homogéneo en todo el perfil del frente asimismo el producto de la fragmentación tiene la granulometría requerida para el proceso de carguío transporte, como también se menora los tiempos y materiales de sostenimiento.	Sobre excavación	Sección	M2.
				Perfil	Adimensional
			Fragmentación	Granulometría	cm2.
				Volumen	m3

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

El desarrollo de la investigación es de carácter aplicativo por los objetivos que se han determinado en este proyecto, el trabajo de la investigación está centrado en el nivel descriptivo, correlacional y explicativo.

3.2. Nivel de investigación

La investigación es de nivel descriptivo, en el desarrollo se describe el uso actual del accesorio de voladura y el explosivo propuesto en la voladura de los frentes de desarrollo con la finalidad de controlar la sobre excavación y la dimensión de la fragmentación. El objetivo es analizar y estimar factores. Se procesa la información recopilada.

3.3. Métodos de Investigación

Se considera dos grandes grupos de métodos de investigación, los métodos lógicos y los métodos empíricos.

De acuerdo con lo mencionado establecemos el método de investigación a emplear en nuestra investigación el método lógico, inductivo, sintético y de análisis, asimismo se emplea el método empírico mediante la observación investigativa.

3.4. Diseño de Investigación

El proceso del desarrollo del diseño de investigación corresponde a la cuantitativa no experimental transeccional, descriptiva y correlacional, se toma una línea base de datos que describe los resultados al utilizar el nuevo accesorio y explosivo de voladura en los frentes de desarrollo.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Conformado por los proyectos de ejecución de frentes de desarrollo de la minera Mariana Brisa II.

3.5.2. Muestra

Voladura de 10 frentes de desarrollo del nivel 3900

3.6. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

➤ Técnicas empleadas

✓ Recopilación de información

Se buscó la información en forma directa de proyectos de voladura convencional de la ejecución de labores subterráneas de la minera.

➤ Observación directa

Se tuvo observaciones directas en los procesos y resultados de voladuras subterráneas en las convencionales y después de la aplicación del nuevo accesorio y explosivo.

✓ Información bibliográfica

Se utilizó la técnica de lectura de textos para tener un mejor entendimiento acerca de técnicas en el proceso de ejecución de los proyectos de voladura convencional e iniciación con otro tipo de accesorio de voladura y explosivo.

➤ **Instrumentos de recolección de datos**

✓ **Materiales**

- Procesos de proyecto de voladura convencional
- Informes de proyectos de voladuras convencionales
- Diseños de procesos de voladura con nuevo accesorio y explosivo
- Formatos de reporte de voladura convencional
- Formatos de reporte de voladura con el uso del nuevo accesorio y explosivo.

✓ **Equipos**

- Laptop
- Equipo captación de gases
- Picota
- Cámara fotográfica
- Wincha

✓ **Software**

- Excel

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

La recolección de datos se realizó en los frentes de voladura para luego procesarlos; se ordenó los datos tomados en la zona luego de las voladuras para su evaluación.

Los análisis de la sobre excavación, fragmentación se validan mediante la base de información de la voladura de la unidad minera Mariana Brisa II, los resultados fueron supervisados por los jefes de perforación y voladura.

El resultado y conclusión del trabajo fueron coordinados con el departamento de perforación y voladura.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento de datos se realiza la estructura, la organización de datos y la transcripción del material, luego se inicia el análisis del material apoyado en la aplicación Excel, para crear una base de datos y luego poder analizar, agrupando los indicadores y resultados en tablas y gráficos dinámicos.

3.9. Tratamiento estadístico

Para un primer nivel de análisis, se aplica las técnicas propias de la estadística descriptiva, como el cálculo de frecuencias relativas, absolutas, la elaboración de tablas de contingencia, de histogramas y de gráficos de barras. Estas nos permiten ordenar y analizar la base de datos, nos permite conocer los parámetros obtenidos para determinar las conclusiones de la investigación.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

Todo el proceso del estudio de investigación es totalmente propia y original, tiene como base las investigaciones e informes anteriores para la recopilación de información, de la misma manera las fuentes tomadas se encuentran en la referencia bibliográfica. Finalmente, el estudio es inédito desarrollado con los principios de la ética profesional, compartiendo los valores, principios y criterios, que una investigación debe tener. Puedo remarcar que el estudio es el resultado de la experiencia obtenida en la minera Mariana Brisa II.

CAPITULO IV

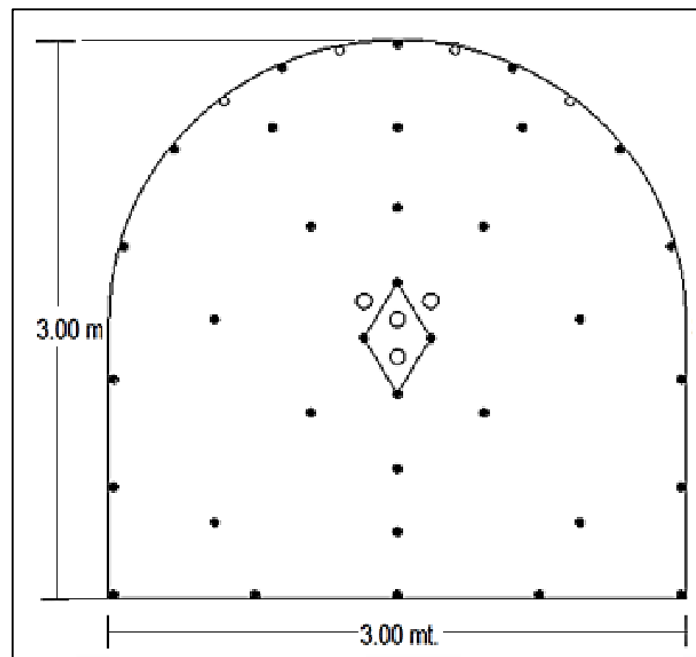
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Proceso de perforación

El proceso de perforación de los frentes de desarrollo se realiza en secciones de 3,0 x 3,0 metros, estas limitaciones están definidas como resultado de la exploración que delimita el cuerpo mineralizado, se utilizan barrenos de seis pies. El diseño de la malla de perforación se encuentra definida por 42 taladros, se considera 4 taladros de alivios en el arranque y cuatro taladros de alivios en las alzas por el diseño de voladura controlada y 34 taladros cargados con anfo, para la apertura de la cara libre se emplea el corte quemado, todos del mismo diámetro de 35 mm., son perforados paralelos uno al otro.

Figura 19. Malla de Perforación del frente



Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Proceso de voladura convencional

En el proceso de la voladura se cargan 34 taladros con 22 Kg. de anfo, se utilizan los detonadores no eléctricos antiestáticos, 15 metros de cordón detonante primacord 5 y dos fulminantes N° 8 con su respectiva guía blanca de ocho pies. Para el chispeo se considera una sucesión de eventos establecidos de forma jerárquica por los siguientes responsables:

- jefe de mina
- jefe de la guardia
- Operario del disparo.

El proceso del disparo se coordina en una reunión de inicio de guardia, reunión de media guardia y en el proceso de chispeo de la voladura a las 6:30 y 18:30 horas. A continuación, se presenta una tabla con la descripción de todas las actividades del proceso, así como los horarios.

Tabla 6. Actividades de la voladura.

PROCEDIMIENTO	HORARIO		ACTIVIDADES
	INICIO	FIN	
REPARTO DE GUARDIA	7:00 a.m. / 19:00 p.m.	7:30:00 a.m./ 19:30 p.m.	Jefe de Guardia verifica que los responsables del chispeo y voladura cuenten con su carnet de SUCAMEC
			Jefe de Guardia registra al personal involucrado en el formato de "SECUENCIA DE CHISPEO" y las labores programadas
REPARTO DE MEDIA GUARDIA	12:00 p.m. / 12:00 a.m.	12:30 p.m. / 12:30 a.m.	Jefe de Guardia entrega al Jefe de Mina el formato de "SECUENCIA DE CHISPEO" con las labores actualizadas y se da la conformidad
CHISPEO Y VOLADURA	18:30 p.m. / 6:30 a.m.	19:15 p.m. / 7:15 a.m.	Llenado del formato de "PERMISO DE CHISPEO Y VOLADURA" en donde se asigna la ubicación de las vigías y es validado por el Jefe de Guardia
			Se asegura la evacuación de todo el personal y se procede con el silencio radial
			Durante el silencio radial se comunica solamente el Jefe de Mina y Jefe de Guardia verificando que se tenga firmado el "PERMISO DE CHISPEO Y VOLADURA"
			El Jefe de Guardia de cada zona se comunica con el responsable de chispeo de todas sus labores y se da inicio al secueñamiento de iniciación manual
			El Jefe de Guardia de cada zona se comunica con el Jefe de Mina indicando que el chispeo programado ha concluido y se contabiliza al personal
			Se elimina el silencio radial y se retira el cordón de bloqueo de la bocamina liberándose el ingreso para la siguiente guardia

Fuente: Departamento de perforación y voladura.

Se puede notar que en el proceso de chispeo se considera varios factores para una voladura segura, la comunicación del jefe de guardia, operarios y vigías de los diferentes frentes, el chispeo se ejecuta en forma presencial, por lo que se encuentran en riesgo permanente por algún caso fortuito.

A. Diseño de la perforación y voladura

La voladura en Mariana Brisa II viene dándose de la siguiente manera

Tabla 7. Diseño de perforación

Malla de Perforación	
Alzas	5
Cuadradores	6
Ayudas	14
Corte	4
Arrastres	5
TOTAL	34

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Parámetros de voladura

PARAMETROS DE VOLADURA	
Numero de Taladros	42
Longitud de barra	1,8 m
Avance	1,6 m/disp.
Tipo de roca	Regular
Taladros con explosivo	34
Explosivo usado en voladura	ANFO

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9. Diseño de voladura

Explosivos utilizados
22 Kg. ANFO
34 detonadores no eléctrico
12 m. de primacord 5P
2 fulminante N° 8
16´ guía lenta

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Accesorios de Perforación

Accesorios de perforación
Maquina Perforadora BBC16W
Barra cónica de 6 pies
Broca de 35mm
Aceite
Manguera de perforación 1" y ½"

Fuente: Elaboración Propia

B. Características del explosivo

Las características del explosivo es importante ya que con el ANFO se carga en todos los taladros de la malla de perforación para la voladura, al ser un explosivo de alta densidad genera que la voladura sea muy expansiva y teniendo un tipo de roca regular y dura en ciertos puntos genere demasiada o poca sobre excavación en determinadas secciones, en la siguiente tabla se muestra las características del anfo, la densidad, la velocidad de detonación, la presión de detonación, su energía que propaga, el volumen de gas que genera, la potencia relativa en peso y volumen, la resistencia al agua y por ultimo la sensibilidad al booster. Se considera todas estas propiedades para analizar la energía que propaga durante su explosión.

Tabla 11. *Características del ANFO*

ANFO	
Densidad relativa (g/cm ³)	1,23 ± 5%
Velocidad de detonación (m/s)	5000
Presión de detonación (kbar)	90
Energía (cal/g)	3140
Volumen normal de gases	1001
Potencia relativa en peso	84
Potencia relativa en volumen	128
Resistencia al agua	Excelente
Sensibilidad al booster hdp	1 libra

Fuente: Elaboración propia

Se puede notar en la tabla 11 que se muestran las características del explosivo actual, el cual posteriormente ya no se utilizara en la zona del contorno de la malla.

C. Generación de gases

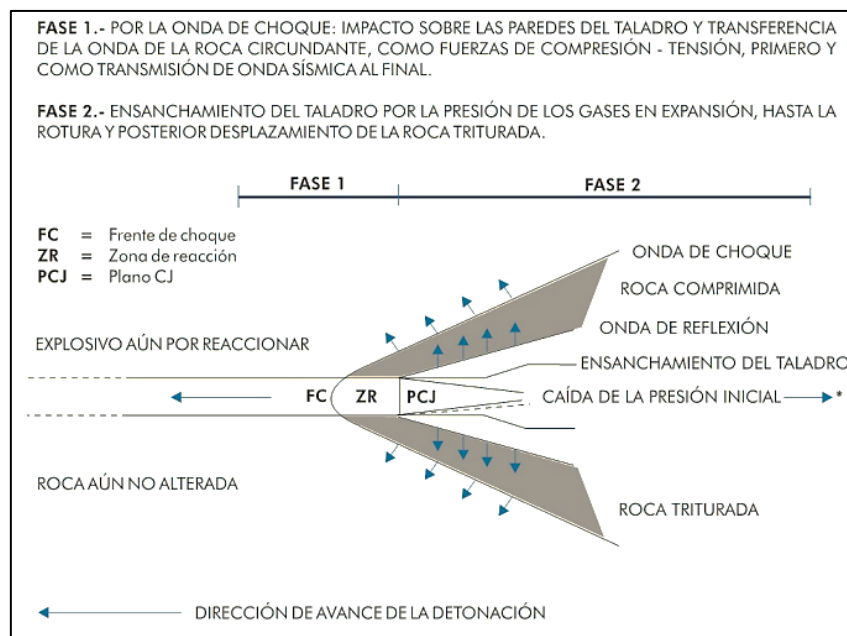
La generación de los gases se da durante la voladura cuando se procede a la detonación y se produce una onda expansiva taladro tras taladro lo que genera la voladura.

Esto también es parte fundamental de la sobre excavación puesto que con la carga explosiva que se utiliza actualmente genera demasiada expansión de los gases.

Por este punto se busca cambiar por explosivo y cordón detonante el contorno de la malla del frente para que se genere menos volumen a la hora de realizar la voladura ya que con cordón detonante y explosivos espaciados se tendría menos volumen de expansión.

En la figura 10 que se observara a continuación se muestra la generación de ondas generadas por la voladura.

Figura 20. Generación de ondas Post-voladura



Fuente: Manual Práctico De Voladura EXSA

En la voladura Se pudo percibir que al emplearse explosivo ANFO quedan ciertos productos residuales que afectan la calidad del aire, principalmente gases

tóxicos y material particulado. Así mismo, queda claro que los agentes explosivos tipo ANFO resultan ser nocivos para el aire debido a su composición química.

La ventilación empleada post voladura es mediante una manga de ventilación y también se realiza chimeneas cada 50 metros para la ventilación de este otro punto importante es que se suele esperar 30 minutos a 45 minutos afuera de la galería.

En la figura 11 se observa una manga la cual es usada para la ventilación en los frentes de desarrollo.

Figura 21. *Manga de ventilación*



Fuente: PRESUMISAC

4.1.3. Proceso de voladura con el accesorio propuesto

Para el uso del nuevo accesorio de voladura la malla de perforación es la misma; en el proyecto se considera la alternativa para la reducción de sobre excavación y control de la fragmentación la modificación del uso de un nuevo accesorio de voladura mediante el cordón detonante primacord 10 y la dinamita 65 en todos los taladros de

cuadradores y alzas, con el cual se proyecta reducir la sobre excavación y granulometría.

El cordón detonante presenta una elevada velocidad de detonación de 7 000 m/s, originando una alta presión de detonación de 216 kilobares. Se utiliza primacord 10 en seis taladros que son los cuadradores y en 5 taladros de las alzas, sustituyendo a 11 detonadores no eléctricos antiestáticos; asimismo, en todos estos taladros se utiliza dinamita encartuchada 65 de un diámetro menor al diámetro del taladro, los cartuchos de dinamita van espaciadas una tras otra en toda la longitud de cada taladro, de esta forma se disminuye la energía, las presiones de los gases bajan rápidamente debido a la expansión dentro de un volumen mayor, este proceso se llama desacoplamiento; para ello se utiliza una pluma centralizadora, la cual mantiene al explosivo en el centro del taladro.

El cordón detonante va a lo largo de la longitud de cada taladro de alzas y cuadradores, se cambia de explosivo por dinamita semexsa 65, por el cual ya no se utilizará el anfo a granel procediendo a emplear el explosivo encartuchado. Los cartuchos se cargan dejando un espaciamiento de 20 cm. entre cada explosivo para el desacoplamiento, para lograr menorar la energía del taladro en todo el contorno del frente.

El cordón detonante explota a lo largo del taladro ya que cuando se dispone el explosivo espaciado y utiliza el detonador, detonará solo el cebo y ya no habrá contacto con el siguiente explosivo. Cada cierto explosivo tiene transmisión con otro explosivo, por la propiedad del efecto simpatía, por tener un desacoplamiento del explosivo se utiliza el primacord 10 para controlar la energía a lo largo de todo el taladro, de esta manera asegurar la detonación de todos los explosivos del taladro que se encuentran espaciados.

Tabla 12. Voladura con primacord 10

Malla de Perforación y voladura	
Corte	4 con detonadores
Ayudas	14 con detonadores
Cuadradores	6 con primacord 10
Alzas	5 con primacord 10
Arrastres	5 con detonadores
TOTAL	34 taladros cargados

Fuente: elaboración propia

A. Características de la perforación y voladura

Una alternativa para la reducción de sobre excavación y granulometría, es mediante la modificación del uso del cordón detonante en taladros de cuadradores y alzas, con el cual se proyecta reducir la sobre excavación hasta niveles máximos de 5%.

Los taladros son perforados muy próximos por condiciones geológicas para evitar la sobre excavación y fragmentación, las cargas para la voladura se sustituyen por cordón detonante y dinamita encartuchada en una voladura de recorte

El cordón detonante presenta un elevado VOD de 7 000 m/s, y origina una alta presión de detonación de 216 kbar. pero, al utilizar una carga explosiva con diámetro pequeño dentro de un taladro con diámetro mayor, las presiones de los

gases bajan rápidamente debido a la expansión dentro de un volumen mayor, este procedimiento se llama desacoplamiento; por ello se emplea una pluma centralizadora, la cual mantiene el cordón detonante en el centro del taladro.

B. Cambio de cordón detonante

El detonador que se viene usando en la actualidad es el detonante no eléctrico en el contorno del frente estos por lo general se caracterizan porque no interviene ningún tipo de corriente eléctrica en su iniciación. La parte explosiva es común a los detonadores no eléctricos, en lugar de un inflamador pirotécnico la carga porta retardo se inicia por medio de una onda de choque de baja energía que se transmite a través de un tubo de transmisión, por ende, en el proyecto de investigación se sugiere el cambio de este para la instalación del cordón detonante en los cuadradores y alzas.

C. Uso del primacord 10

El cordón detonante será usado en taladros periféricos para que se pueda controlar la sobre excavación cosa que se produzca confinamiento, este se colocara alrededor de la malla de perforación para que se pueda realizar una voladura con menor volumen para poder reducir la sobre excavación en Mariana Brisa II

En la malla de perforación se procederá a usar el cordón detonante al contorno de la sección para así genera la reducción de la sobre excavación y granulometría.

D. Características del explosivo

La dinamita pulverulenta 65 se emplea en todo tipo de trabajos de voladura en minería superficial y subterránea, en rocas suaves a intermedias, donde por su baja velocidad de detonación y buena simpatía es posible usarlas en voladuras controladas utilizando espaciadores para disminuir la concentración de carga. No se recomienda su uso como cebo de nitrocarbo nitratos (ANFO). El rango de

temperatura de manipulación de la dinamita famosa pulverulenta es de 0°C hasta 40°C. Para temperaturas diferentes se recomienda contactarse con el área de Asistencia Técnica. En la siguiente tabla se presenta las características técnicas del explosivo, considerando su densidad relativa, velocidad de detonación confinado y sin confinar, presión de detonación, potencia relativa en peso, su fuerza Hess, la resistencia al agua y su categoría de humos.

Tabla 13. Características técnicas

		UNIDAD	DINAMITA PULVERULENTA 45 S	DINAMITA PULVERULENTA 45	DINAMITA PULVERULENTA 65
Densidad relativa		g/cm ³	1,08 ± 0,1	1,09 ± 0,1	1,10 ± 0,1
Velocidad de detonación	Confinado (*)	m/s	3 700 ± 300	5 000 ± 300	5 200 ± 300
	Sin confinar (**)	m/s	2 000 ± 300	3 300 ± 300	3 500 ± 300
Presión de detonación		kbar	37	68	74
Potencia relativa en peso (***)		%	50	58	60
Fuerza Hess		mm	16	18	21
Resistencia al agua		---	Baja	Baja	Baja
Categoría de humos		---	Clase 1	Clase 1	Clase 1

Fuente: elaboración propia

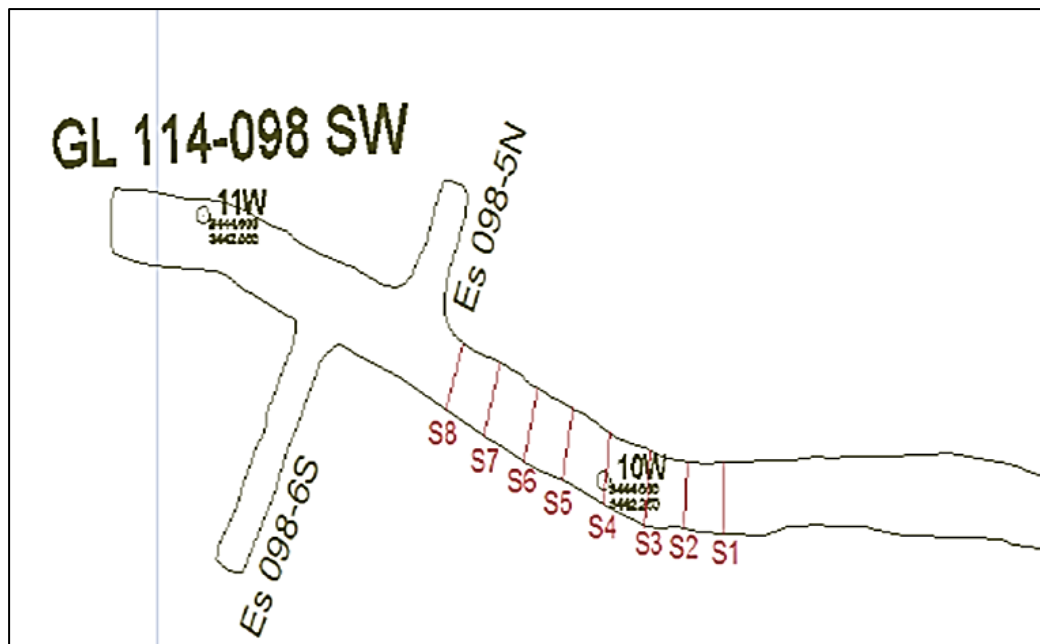
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Voladura convencional

Resultados de secciones

Se realizó la toma de datos de los resultados de las voladuras de distintas secciones del programa de estas labores para tener una información más verídica para luego realizar un análisis de cada resultado de la voladura para obtener información de la sobre excavación y la granulometría así evaluar la existencia de esta. Para dicho efecto se tomó 8 muestras de secciones, considerando las 6 secciones centrales para el análisis. En la siguiente figura se presenta los perfiles de las secciones de resultados de la voladura.

Figura 22. Secciones en planta - sobre excavación

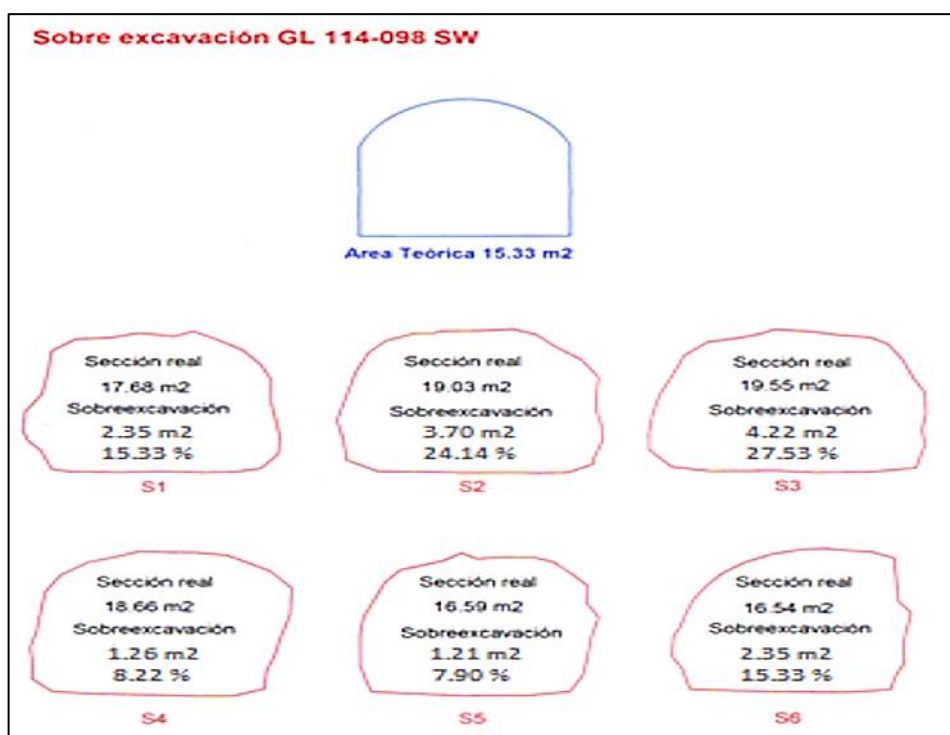


Fuente: Área de Voladura

A través del perfil de las secciones de la figura anterior las secciones tomadas de la galería 114-098 SW de la minera Mariana Brisa II, fueron ocho: S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7 y S8 de las cuales se va a tomar en cuenta las 6 primeras secciones centrales para evaluar si existe una sobre excavación.

Se procedió analizar cada sección mediante la presentación de la sección real, se consideró sección por sección para evaluar el índice de sobre excavación que se obtiene como resultado de cada voladura en la minera Mariana Brisa II. En la siguiente figura se presenta las secciones de cada muestra tomada, para el análisis correspondiente, se puede notar claramente que en cada una de las secciones se tiene una sobre excavación del frente, en algunas se tiene mayor sobredimensión y en otras de menor sobredimensión en comparación al área planeada de la labor.

Figura 23. Secciones frontales - sobre excavación



Fuente: Área de Voladura

En la Figura 5 se muestra la información tomada de la labor por cada sección para evaluar la sobre excavación obtenida en base al grafico que se muestra, en la parte superior del grafico se presenta la sección adecuada de 15.33 m² por lo que el objetivo es obtener un resultado lo más cercano posible y como se puede observar en la figura se define lo siguiente:

- En la sección uno (S1) se pudo calcular una sección real de 17.68 m², obteniéndose una sobre excavación de 2.35 m², equivalente a un 15.32% de sobre excavación en comparación con sección planeada.
- En la sección dos (S2) se pudo calcular una sección real de 19.03 m² obteniéndose una sobre excavación de 3.70 m², equivalente a un 24.14% de sobre excavación en comparación a la sección planeada.
- En la sección tres (S3) se pudo calcular una sección real de 19.55 m² obteniéndose una sobre excavación de 4.22 m², equivalente al 27.53% de sobre excavación en comparación a la sección planeada.

- En la sección cuatro (S4) se pudo calcular una sección real de 18.66 m², obteniéndose una sobre excavación de 1.26 m² equivalente a un 8.22% de sobre excavación en comparación a la sección planeada.
- En la sección cinco (S5) se pudo calcular una sección real de 16.59 m² obteniéndose una sobre excavación de 1.21 m² equivalente a un 7.90% de sobre excavación en comparación a la sección planeada.
- En la sección seis (S6) se pudo calcular una sección real de 16.54 m² obteniéndose una sobre excavación de 2.35 m³ equivalente al 15.33% de sobre excavación en comparación con la sección planeada.

El análisis realizado de la sobre excavación de la labor de las muestras tomadas se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 14. *Análisis de la Sobre excavación*

<i>Sobre excavación</i>	<i>Sección en m2</i>	<i>Exceso en m2</i>	<i>Exceso en %</i>
<i>Sección 1</i>	<i>17.68 m2</i>	<i>2.35 m2</i>	<i>15.33 %</i>
<i>Sección 2</i>	<i>19.03 m2</i>	<i>3.70 m2</i>	<i>24.14 %</i>
<i>Sección 3</i>	<i>19.55 m2</i>	<i>4.22 m2</i>	<i>27.53 %</i>
<i>Sección 4</i>	<i>18.66 m2</i>	<i>3.33 m2</i>	<i>21.72 %</i>
<i>Sección 5</i>	<i>16.59 m2</i>	<i>1.26 m2</i>	<i>8.22 %</i>
<i>Sección 6</i>	<i>16.54 m2</i>	<i>1.21 m2</i>	<i>7.89 %</i>

Fuente: Elaboración propia

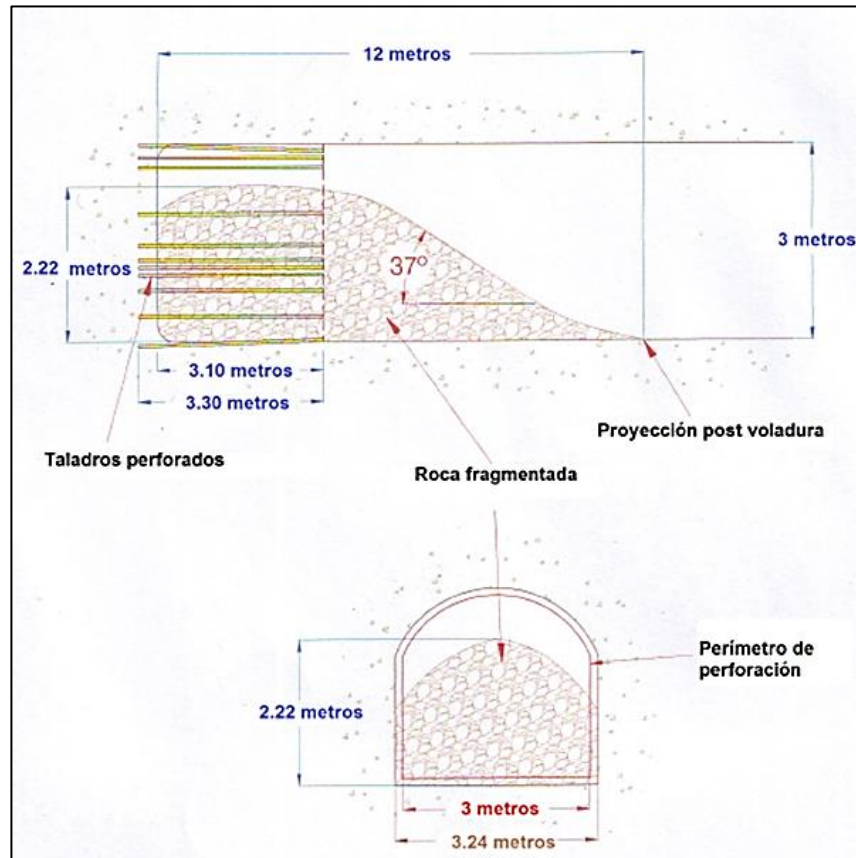
De la figura y la tabla mostrada se puede deducir que la media del área de la sección resultante es de 18.01 m², resultando una sección muy diferente a lo planeado que es de 15.33 m². Se obtiene una sobre excavación de 2.68 m² o 17.40%.

Este porcentaje de sobre excavación requiere reducir para menorar labores de sostenimiento y volumen de limpieza.

Resultados de la granulometría

Los resultados de la geometría de la roca fragmentada de la voladura convencional se muestran en la siguiente figura.

Figura 24. *Geometría de la roca fragmentada*



Fuente: Área de Voladura

En la figura anterior se muestra la fragmentación de la roca se puede observar que la altura mayor de la carga fragmentada llega a los 2.22 metros. Para el análisis correspondiente se tomaron muestras de 5 kilogramos de tres voladuras realizadas a lo cual se obtuvo los siguientes resultados, se muestran en la siguiente tabla el análisis granulométrico de la primera voladura.

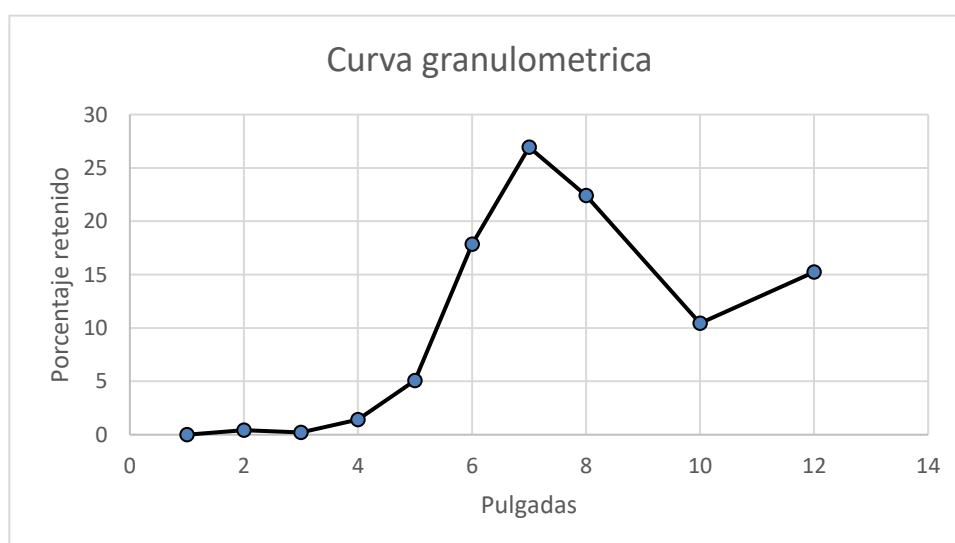
Tabla 15. *Análisis granulométrico - primera voladura*

<i>Pulg</i>	<i>Mm</i>	<i>Peso Retenido(g)</i>	<i>Porcentaje retenido (%)</i>	<i>Porcentaje retenido acumulado</i>	<i>Porcentaje pasante</i>
12	304.8	762	84.76	15.24	80
10	254	522	74.32	25.68	6
8	203.2	1120	51.92	48.08	41.25
7	177.8	1347	24.98	75.02	20.1875
6	152.4	892	7.14	92.86	13.9375
5	127	254	2.06	97.94	8.3125
4	101.6	71	0.64	99.36	3.0625
3	76.2	11	0.42	99.58	1.1875
2	50.8	21	0	100	0.125
1	25.4	0	0	100	0
<i>TOTAL</i>		<i>5000g</i>	<i>100%</i>		

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior se puede deducir que el 72.26 % de la fragmentación de la voladura tiene una granulometría de 6.5” en promedio.

Figura 25. *Análisis granulométrico - primera voladura*



Fuente: Elaboración propia

En la Imagen 7 se muestra la curva granulométrica del primer análisis granulométrico.

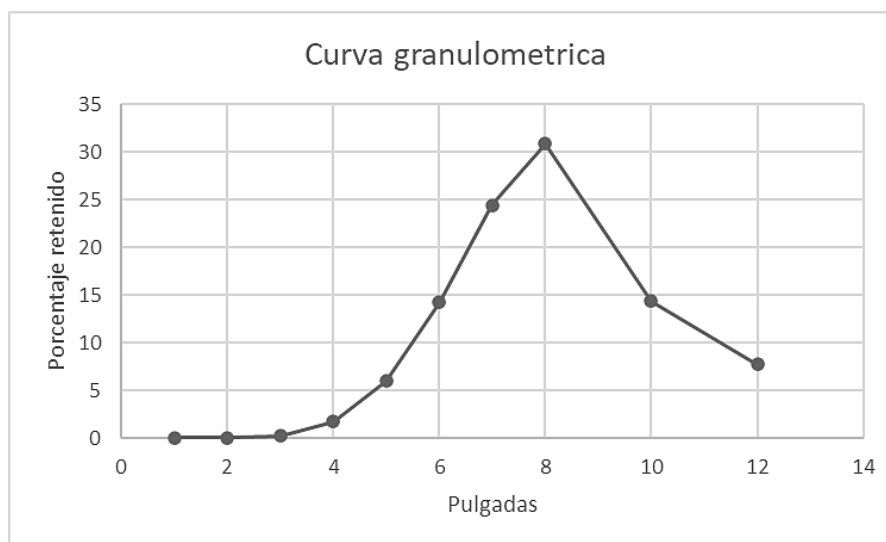
Tabla 16. *Análisis granulométrico - segunda voladura*

Pulg	Mm	Peso Retenido(g)	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasante
12	304.8	390	92.20	7.80	80.31%
10	254	720	77.80	22.20	66.25%
8	203.2	1543	46.94	53.06	41.25%
7	177.8	1222	22.50	77.50	20.19%
6	152.4	712	8.26	91.74	13.93%
5	127	300	2.26	97.74	8.31%
4	101.6	88	0.50	99.50	3.06%
3	76.2	15	0.20	99.80	1.19%
2	50.8	5	0.10	99.90	0.13%
1	25.4	5	0	100	0
TOTAL		5000g	100%		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 11 se presenta el análisis granulométrico de la segunda voladura.

Figura 26. *Análisis granulométrico - segunda voladura*



Fuente: Elaboración propia

En la Imagen 8 se muestra la curva granulométrica del segundo análisis granulométrico.

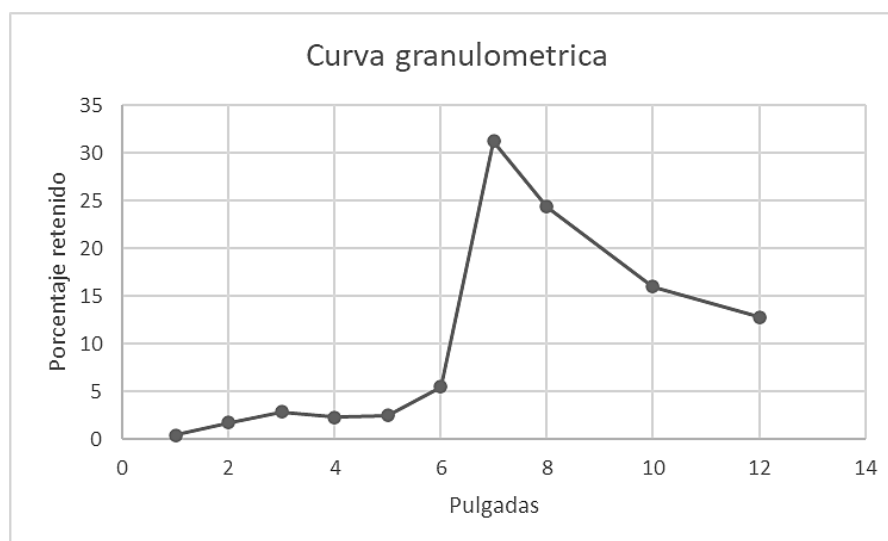
En la tabla 12 que se mostrara a continuación se presenta el análisis granulométrico de la tercera voladura.

Tabla 17. Análisis granulométrico - tercera voladura

Pulg	Mm	Peso Retenido(g)	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasante
12	304.8	642	87.16	12.84	80.31
10	254	800	71.16	28.84	66.25
8	203.2	1220	46.76	53.24	41.25
7	177.8	1563	15.50	84.5	20.19
6	152.4	277	9.96	90.04	13.93
5	127	125	7.46	92.54	8.31
4	101.6	117	5.12	94.88	3.06
3	76.2	145	2.22	97.78	1.19
2	50.8	89	0.44	99.56	0.13
1	25.4	22	0	100	0
TOTAL		5000g	100%		

Fuente: Elaboración propia

Figura 27. Análisis granulométrico - tercera voladura



Fuente: Elaboración propia

En la figura 9 se muestra la curva granulométrica del tercer análisis granulométrico.

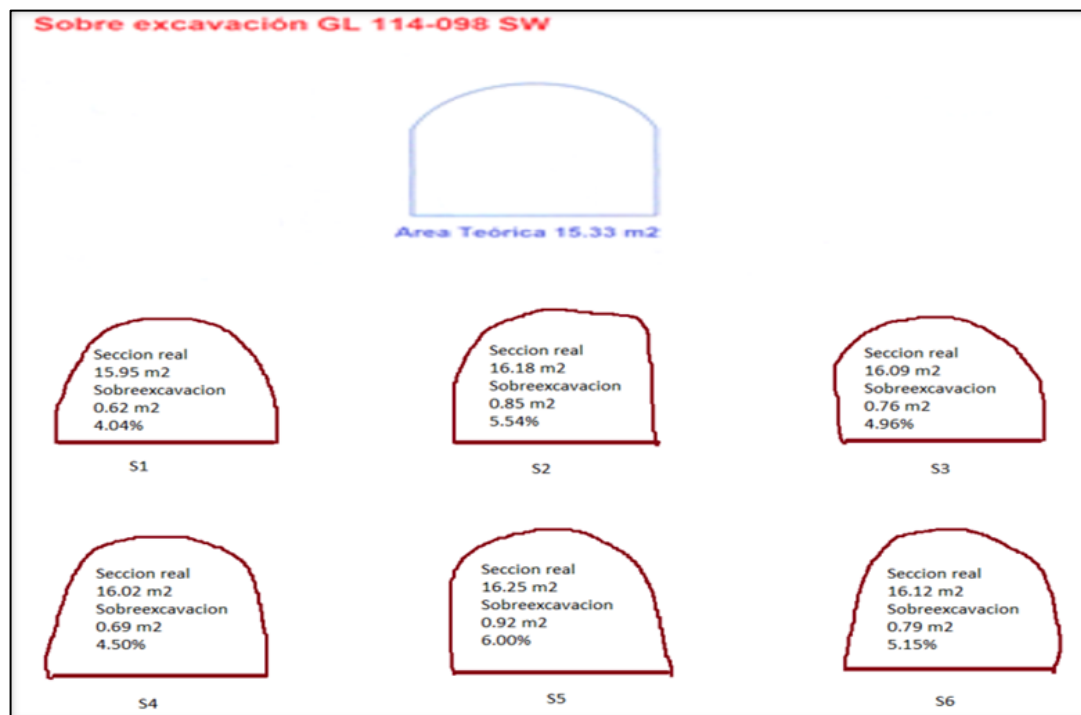
Se puede percibir de los análisis realizados durante las 3 voladuras que existe una granulometría elevada para el chancado ya que existe mucha presencia de residuos mayores de 8 a 12 pulgadas.

4.2.2. Voladura con el uso del primacord 10

La voladura con el uso del primacord ofreció los siguientes resultados en los cuales se tomaron de muestra 6 secciones donde se realizó la voladura para la toma de apuntes y el cambio que se dio.

Resultados de secciones

Figura 28. Secciones usando Primacord



Fuente: Área de Voladura

En la Imagen 18 se muestra las tomas de frente por sección para demostrar la sobre excavación existente con el uso de cordón detonante y para también demostrar las variaciones que pudo haber con respecto al anterior resultado

- En la sección S1 se calculó que tiene una Sección real de 15.95 m² existe sobre excavación de 0.62 m² y esto equivale al 4.04% de sobre excavación en comparación con nuestra sección base.
- En la sección S2 se calculó que tiene una Sección real de 16.18 m² existe una sobre excavación de 0.85 m² y esto equivale al 5.54% de sobre excavación en comparación con nuestra sección guía.

- En la sección S3 se calculó que tiene una Sección real de 16.09 m² existe una sobre excavación de 0.76 m² y esto equivale al 4.96% de sobre excavación en comparación con nuestra sección guía
- En la sección S4 se calculó que tiene una Sección real de 16.02 m² existe una sobre excavación de 0.69 m² y esto equivale al 4.50% de sobre excavación en comparación con nuestra sección guía
- En la sección S5 se calculó que tiene una Sección real de 16.25 m² existe una sobre excavación de 0.92 m² y esto equivale al 6.00% de sobre excavación en comparación con nuestra sección guía
- En la sección S6 se calculó que tiene una Sección real de 16.12 m² existe una sobre excavación de 0.79 m³ y esto equivale al 5.15% de sobre excavación en comparación con nuestra sección guía

La sobre excavación en Mariana Brisa se viene dando de la siguiente por lo tanto de las muestras tomadas se puede deducir que

Tabla 18. Sobre excavación - primacord 10

Sobre excavación	Sección en m ²	Exceso en m ²	Exceso en %
Sección 1	15.95	0.62	4.04
Sección 2	16.18	0.85	5.54
Sección 3	16.09	0.76	4.96
Sección 4	16.02	0.69	4.50
Sección 5	16.25	0.92	6.00
Sección 6	16.12	0.79	5.15

Fuente: Elaboración propia

De la imagen mostrada incluyendo el cuadro se deduce un área de sección resultante media de 16.10 m², sustraído una sección permitida 15.33 m², nos ocasiona una sobre excavación en volumen de 0.77 m² o 5.02%.

Este 5.02% de sobre excavación representa un mayor control en el perfil de la labor por lo que se tiene mayor eficiencia en la voladura.

Resultados de la granulometría

Se tomo muestras de la granulometría de 3 voladuras tal y como se realizó en el análisis del problema, en esta oportunidad se realizó con la aplicación de Primacord 10 y se dieron los siguientes resultados.

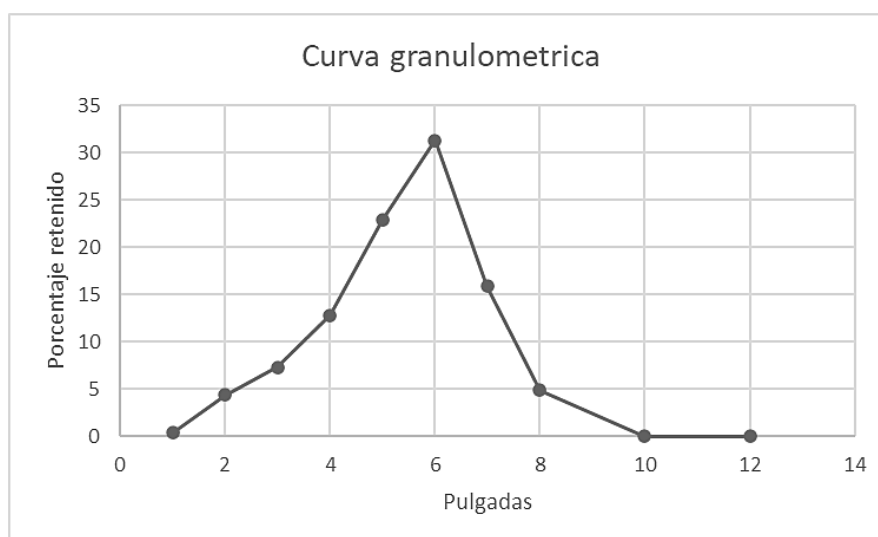
Tabla 19. *Análisis granulométrico - primera voladura con primacord 10*

Pulg	Mm	Peso Retenido(g)	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasante
12	304.8	0	0	0	100
10	254	0	0	0	100
8	203.2	244	95.12	4.88	95.12
7	177.8	794	79.24	20.76	79.24
6	152.4	1566	47.92	52.08	47.92
5	127	1145	25.02	74.98	25.02
4	101.6	642	12.18	87.82	12.18
3	76.2	368	4.82	95.18	4.82
2	50.8	220	0.42	99.58	0.42
1	25.4	21	0	100	0
TOTAL		5000g	100%		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 20 se muestra el análisis granulométrico de la primera voladura.

Tabla 20. *Granulometría – primera voladura con primacord 10*



Fuente: Elaboración propia

En la imagen 19 se muestra la curva granulométrica de la primera voladura usando Primacord 10.

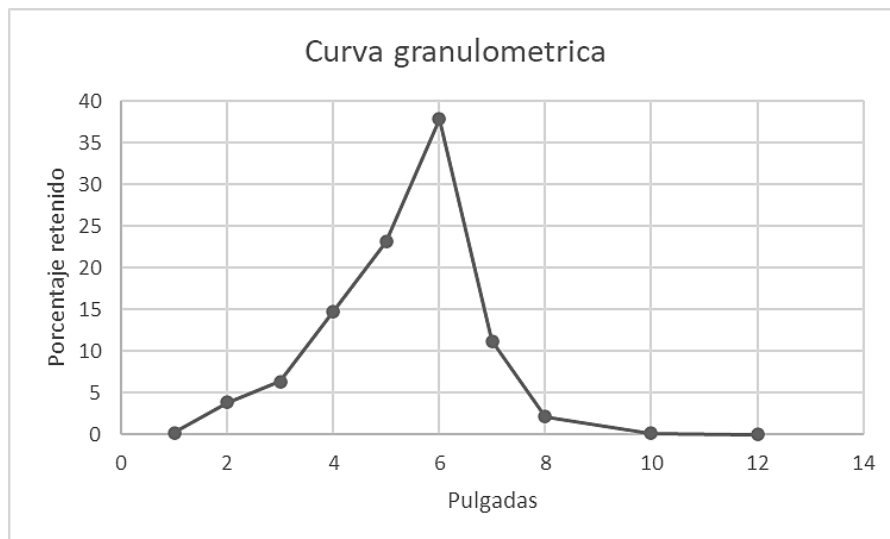
Tabla 21. Granulometría - segunda voladura con primacord 10

Pulg	Mm	Peso Retenido(g)	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasante
12	304.8	0	0	0	100
10	254	0	0	0	100
8	203.2	110	97.6	97.6	97.6
7	177.8	563	86.34	86.34	86.34
6	152.4	1892	48.5	48.5	48.5
5	127	1157	25.36	25.36	25.36
4	101.6	742	10.52	10.52	10.52
3	76.2	321	4.10	4.10	4.10
2	50.8	194	0.22	0.22	0.22
1	25.4	11	0	0	0
TOTAL		5000g	100%		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 21 se muestra el análisis granulométrico de la segunda voladura usando primacord 10.

Figura 29. Granulometría - segunda voladura con primacord 10



Fuente: Elaboración propia

En La imagen 20 se muestra la curva granulométrica de la segunda voladura usando primacord 10.

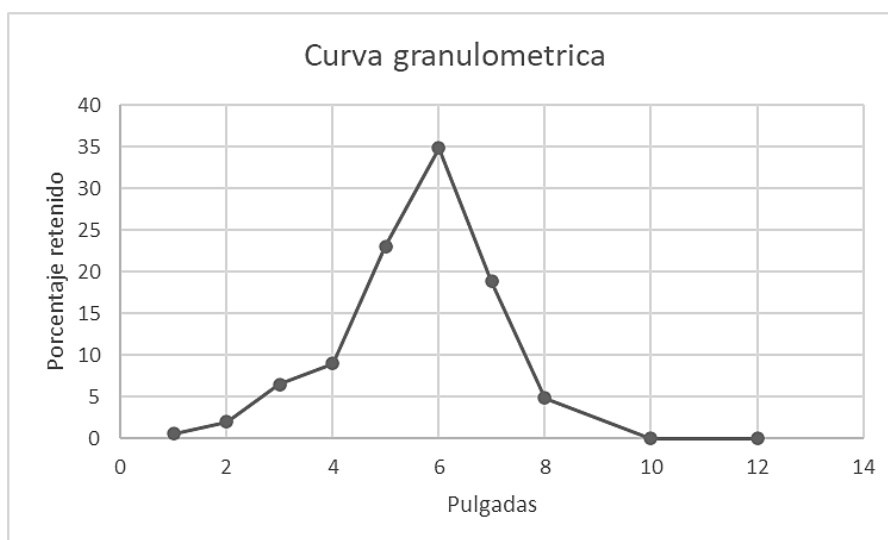
Tabla 22. Granulometría - tercera voladura con primacord 10

Pulg	Mm	Peso Retenido(g)	Porcentaje retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje pasante
12	304.8	0	0	0	100
10	254	0	0	0	100
8	203.2	245	4.9	4.9	95.1
7	177.8	945	18.9	23.8	76.2
6	152.4	1743	34.86	58.66	41.34
5	127	1156	23.12	81.78	18.22
4	101.6	452	9.04	90.82	9.18
3	76.2	325	6.5	97.32	2.68
2	50.8	103	2.06	99.38	0.62
1	25.4	31	0.62	100	0
TOTAL		5000g	100%		

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 22 se observa el análisis granulométrico de la tercera voladura usando primacord 10.

Figura 30. Granulometría - tercera voladura con primacord 10



Fuente: Elaboración propia

En la Imagen 21 se observa la curva granulométrica de la tercera voladura usando primacord 10.

Según el análisis granulométrico se redujo el índice de pulgadas ya que no se nota presencia de 12 a 10 pulgadas lo que nos da a entender que con el uso de primacord 10 también reduce el tamaño de muestra post voladura.

4.2.3. Interpretación de los resultados

La voladura de los frentes en la minera Mariana Brisa II se da mediante la perforación de 42 taladros los cuales conforman la malla de perforación, con 4 taladros de alivio en el arranque y 4 taladros de alivio en las alzas, en la voladura convencional se cargan de 34 taladros, en el interior de cada taladro se carga cierta cantidad de ANFO para ejecutar la voladura. Se usa un tipo de detonador no eléctrico antiestático el cual genera la detonación del anfo mediante un cebo.

Para la voladura con el uso del primacord 10 se utiliza la misma malla de perforación, los 5 taladros de alzas y 6 taladros cuadradores ya no se utilizan los detonadores no eléctricos, solo se utiliza el primacord 10.

De acuerdo con el análisis de la voladura convencional se nota que genera una sobre excavación de 2.68 m² o 17.40%. en relación con la sección planeada de 15.33 m²; se propone reducir esta sobre excavación con el uso de cordón detonante.

El resultado de la voladura con el accesorio propuesto primacord 10 se obtiene una sección resultante media de 16.10 m², representando un 0.77 m² o 5.02%. En relación con la voladura convencional se obtiene una menor sobre excavación.

En el análisis granulométrico con la voladura convencional se puede notar que se tiene la presencia fragmentos mayores a 10". En relación con el uso del primacord 10 se obtiene una fragmentación con ausencia de fragmentos de 10".

4.3. Prueba de Hipótesis

4.3.1. Hipótesis general

Se planteo la siguiente hipótesis "Con la aplicación de un nuevo accesorio y explosivo en la voladura se mejora los resultados en los frentes de desarrollo del proceso en la Minera Mariana Brisa II". De acuerdo con los análisis realizados en cuanto a los resultados en los frentes de desarrollo se ha mejorado significativamente

con el uso del nuevo accesorio y explosivo en relación con el diseño de la voladura convencional.

4.3.2. Hipótesis específicas

a) Prueba de la primera hipótesis específica

La primera hipótesis específica plantea: “Con la aplicación de un nuevo accesorio y explosivo en la voladura se minimiza la sobre excavación en los frentes de desarrollo del proceso en la Minera Mariana Brisa II”. De acuerdo con los análisis y resultados realizados mediante la propuesta del uso del primacord 10 y dinamita 65 en el contorno de los frentes se obtuvieron significativamente una menor sobre excavación en relación con el uso de detonadores y anfo; de una sobre excavación del 17.40 % se redujo a un 5.02 %.

b) Prueba de la segunda hipótesis específica

La segunda hipótesis específica plantea: “Con la aplicación de un nuevo accesorio y explosivo en la voladura se mejora la fragmentación en los frentes de desarrollo del proceso en la Minera Mariana Brisa II”. De acuerdo con los análisis e interpretación realizada de todas las actividades de los frentes de voladura con el uso del primacord 10 y la dinamita 65 en el contorno de la labor se mejoró significativamente la granulometría de la fragmentación en relación con el uso del anfo y detonadores. Con el diseño de la voladura propuesta en la fragmentación de la voladura se obtiene una granulometría menor a 10”.

4.4. Discusión de resultados

Relacionando el título de investigación “Análisis de la Voladura en los Frentes de Desarrollo con la Aplicación de un Nuevo Accesorio de Voladura en la Minera Mariana Brisa II”. Podemos citar:

Con la voladura convencional utilizando el anfo y detonadores no eléctricos en el contorno del frente se tenía una sobre excavación de 2.68 m², este resultado significaba mayor riesgo en la seguridad del trabajador y mayor tiempo y materiales en el sostenimiento generando mayores costos en la producción; con la aplicación del primacord 10 y la dinamita 65 en el contorno del frente se mejoro notablemente la sobre excavación obteniendo un valor promedio de 0.77 m². Con este resultado se tiene menor riesgo en la seguridad del trabajador, asimismo el tiempo y materiales utilizados en el sostenimiento va a ser mucho menor, por lo que se va a generar menores costos en la producción.

Con la voladura convencional utilizando anfo y detonadores en el contorno de los frentes se tenía la presencia de fragmentos con una granulometría de 10” a 12”, estas dimensiones de la roca requerían una voladura secundaria con el objetivo de menorar la dimensión ya que, retrasaba el carguío y transporte del material, asimismo en la primera fase de la planta metalúrgica no estaba diseñada para estas dimensiones. Con el uso del primacord 10 y dinamita 65 se ha mejorado significativamente la fragmentación de los resultados de la voladura obteniéndose una granulometría menor a 10”, estas dimensiones han mejorado la eficiencia del carguío y transporte, asimismo en la fase I de la planta metalúrgica ya no se tenia problemas para el chancado primario.

Con el uso del anfo y detonadores en el contorno de los frentes se obtenía menor rentabilidad en la producción de acuerdo con el análisis realizado en relación con la

aplicación del uso del primacord 10 y dinamita 65 se obtiene significativamente una mejor rentabilidad.

CONCLUSIONES

1. Con la aplicación del nuevo accesorio de voladura se mejoró la sobre excavación de la minera; con la voladura convencional se obtenía 2.68 m² en exceso en relación con la sección planeada de 15.33m². Con el uso del primacord 10 y la dinamita 65 se menoró notablemente obteniendo un exceso de 0.77 m². Estos resultados mejoran la seguridad de los trabajadores y se tiene un menor uso de tiempo y materiales para el sostenimiento de la labor.
2. Con la aplicación del nuevo accesorio de voladura en el contorno del frente se demuestra el mejor control del producto de la voladura, se eliminó la presencia de fragmentos de la voladura de una granulometría igual o mayores a 10", incrementándose la eficiencia del carguío y transporte del material del frente, asimismo se mejoró en el proceso de chancado de la primera fase de la planta metalúrgica.
3. Se concluye que el uso del primacord 10 y la dinamita 65 en el contorno del frente, influye definitivamente en costos de voladura ya que no se utiliza 11 detonadores no eléctricos antiestáticos en los taladros de las alzas y cuadradores, a cambio se utiliza el primacord 10 en cada taladro que su costo es mucho menor en relación con el detonador.
4. Se obtiene beneficios con la implementación del primacord 10 y la dinamita 65 en el contorno del frente, ya que se obtiene un perfil más homogéneo del frente, asimismo influye en menor costos de la producción.
5. Se concluye finalmente que no se tiene tiros fallados en los taladros de contorno del frente por el efecto de simpatía de la dinamita ya que el cordón detonante explota en toda la longitud del taladro asegurando la explosión de las dinamitas espaciadas.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda continuar con la investigación analizando los efectos del cordón detonante y el explosivo en el contorno del frente. Un mejor cálculo de la energía que genera el explosivo puede minimizar más la sobre excavación de esta manera obtener mejores resultados.
2. Programar de manera permanente capacitaciones al personal encargado de la voladura de los frentes para garantizar un correcto uso, empalme y el correcto amarre del primacord 10 en el frente para evitar tiros fallados.
3. Se debe de continuar con el uso del primacord 10 y la dinamita 65 en todos los niveles de las labores de preparación, desarrollo y exploración para generar mayor control en la sobre excavación y granulometría del producto de la voladura.
4. Se debe realizar una investigación en cuanto a los parámetros de los resultados de la voladura como factor de potencia, vibraciones de la voladura y realizar un análisis de costos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Deybarr, M. (2013). Tesis para optar el título Profesional de Ingeniero de Minas. Análisis de perforación y voladura controlada para evitar sobredimensionamiento de galerías en la unidad Antonieta – Compañía de minas Arihua. Ciudad Arequipa, Peru, Universidad Nacional de San Agustín. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3864>
- Turpo, J. (2019). Tesis Para optar el título Profesional de Ingeniero de Minas. Minimización de sobre rotura de cajas mediante diseño de voladura controlada en el tajeo de veta Victoria, mina San Rafael MINSUR S.A. Puno, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/16243>
- Rivera, C. (2018) Tesis para optar el título Profesional de Ingeniero de Minas. Reducción de la sobre excavación mediante explosivo SUBTEK en mina Esmeralda. Codelco, Chile. Obtenido de <https://repositorio.udla.cl/xmlui/handle/udla/186s>.
- De la Cruz, M. (2019). Tesis para optar el título Profesional de Ingeniero de Minas. Evaluación de los parámetros de perforación y voladura que inciden en la sobre excavación del By Pass 2724 unidad minera Parcoy Consorcio Minero Horizonte S.A. Ayacucho, Peru. Obtenido de <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3541>
- Berrospi, V. (2019). Optimización de la perforación y voladura para mejorar la zona de profundización en mina Andaychagua de la Cía. minera Volcan S.A.A. Tesis para optar por el título profesional de Ingeniero de minas. Cerro de Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Escuela de formación profesional de ingeniería de Minas.
- Chen, M. & Zhang J. (2021). The Application of WiFi 6 technology in Underground Mine. IOP Conf. Ser.: Earth Environ.
- Condori, M. (2021). Optimización de perforación y voladura por el método de Roger Holmberg en minera aurífera Estrella de Chaparra S.A. Tesis para optar el título profesional de

Ingeniero de Minas. Arequipa: Universidad Tecnológica del Perú, Facultad de ingeniería de Minas.

INGEMMET (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico) Expediente Minero. Obtenido de:
<https://digital.ingemmet.gob.pe/serviciosdigitales/app/sidemcat/consulta/detalle;codDm=050011504>

EXSA S.A. (2021). Manual práctico de voladura. Lima: Grupo Brescia.

Diferentes situaciones del contorno de un túnel (Kim et. al 2015)

Fundación UOCRA (2009). Salud y Seguridad en trabajos de minería. Obtenido de:
https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/salud_seg_mineria.pdf

Fundamentos sobre explosivos (s.f.). Disponible 10 de junio de 2022
<http://www.energiayminasmoquegua.gob.pe/web/phocadownload/capacitaciones/2-Fundamentos-sobre-Explosivos.pdf>

ANEXOS

Instrumentos de Recolección

PLAN DE MINADO 2024 BRISAS II

ABRIL

NIVEL	LABOR	VETA	TMS
5010	TJ 220	HERALDOS	900
5010	TJ 770 N	BOMBONCITO	1080
5010	TJ 770 S	BOMBONCITO	2160
4890	TJ 145 N	HERALDOS	2025
4890	TJ 145 S	HERALDOS	2633
4890	TJ 340 N	BOMBONCITO	1080
4890	TJ 340 S	BOMBONCITO	540
4890	TJ 660 N	BOMBONCITO	1215
4890	TJ 660 S	BOMBONCITO	1215
4980	TJ 710	BOMBONCITO	3600
5010	TJ 990	BOMBONCITO	2552

MAYO

NIVEL	LABOR	VETA	TMS
5010	TJ 220	HERALDOS	2005
5010	TJ 770 N	BOMBONCITO	900
5010	TJ 770 S	BOMBONCITO	1800
4890	TJ 145 N	HERALDOS	2025
4890	TJ 145 S	HERALDOS	2025
4890	TJ 340 N	BOMBONCITO	1620
4890	TJ 340 S	BOMBONCITO	810
4890	TJ 660 N	BOMBONCITO	1215
4890	TJ 660 S	BOMBONCITO	1215
4980	TJ 710	BOMBONCITO	1800
4840	GAL 400 N	BOMBONCITO	743
4840	GAL 400 S	BOMBONCITO	743
5010	TJ 990	BOMBONCITO	2100

JUNIO

NIVEL	LABOR	VETA	TMS
5010	TJ 220	HERALDOS	1080
4890	GAL 345 S	BOMBONCITO	1238
4890	TJ 145 N	HERALDOS	2025
4890	TJ 145 S	HERALDOS	2633
4890	TJ 340 N	BOMBONCITO	1782
4890	TJ 340 S	BOMBONCITO	891
4890	TJ 660 N	BOMBONCITO	2313
4890	TJ 660 S	BOMBONCITO	2430
4980	TJ 710	BOMBONCITO	2430
4840	GAL 400 N	BOMBONCITO	916
4840	GAL 400 S	BOMBONCITO	1114

TOTAL			18850
-------	--	--	-------

JULIO

NIVEL	LABOR	VETA	TMS
5010	TJ 220	HERALDOS	1888.56
4890	TJ 145 N	HERALDOS	2025
4890	TJ 145 S	HERALDOS	2632.5
4890	TJ 340 N	BOMBONCITO	1620
4890	TJ 340 S	BOMBONCITO	810
4890	TJ 660 N	BOMBONCITO	2430
4890	TJ 660 S	BOMBONCITO	2430
4980	TJ 710	BOMBONCITO	4050
4840	GAL 400 S	BOMBONCITO	1113.75

TOTAL			19000
-------	--	--	-------

CARACTERIZACION GEOMECANICA ZONA OESTE GALERIA 114-0985W

Caracterización geomecánica

La caracterización geomecánica de las galerías programadas.

Cuadro N°01.- Caracterización geomecánica galería 114

Ítem	Estructura	Valoración de la masa rocosa				Descripción
		RMR (1989)	Tipo	GSI	Índice Q	
01	Caja techo	48	III-B	43	0.736	Regular B
02	Caja piso	51	III-A	46	1.166	Regular A
03	Estructura	42	III-B	37	0.293	Regular B

Fuente: Minera Brisas II

Estado de esfuerzos in-situ del macizo rocoso – galería 114

La caracterización geomecánica del frente programado.

Cuadro N°02.- Estado de esfuerzos in-situ galería 114

Ítem	Característica		Medida	Unidades
1	Profundidad	Mínima	95.6	m
		Máxima	135.2	m
2	Densidad de roca		2.6	t/m3
3	Gravedad		9.8	m/s2
4	Esfuerzo vertical	Mínima	2.44	MPa
		Máxima	3.44	MPa
5	Relación de poisson		0.3	-
6	Módulo de elasticidad		11.9	GPa
7	Esfuerzo horizontal	Mínima	1.04	MPa
		Máxima	1.48	MPa

Fuente: Minera Brisas II

Máxima abertura de la excavación

Para la determinación de la máxima abertura de la excavación según la calidad del macizo rocoso se ha empleado el modelo matemático de Barton, en función a la estimación del Span es que se ha dimensionado las labores mineras, las cuales serán sostenidas o fortificadas.

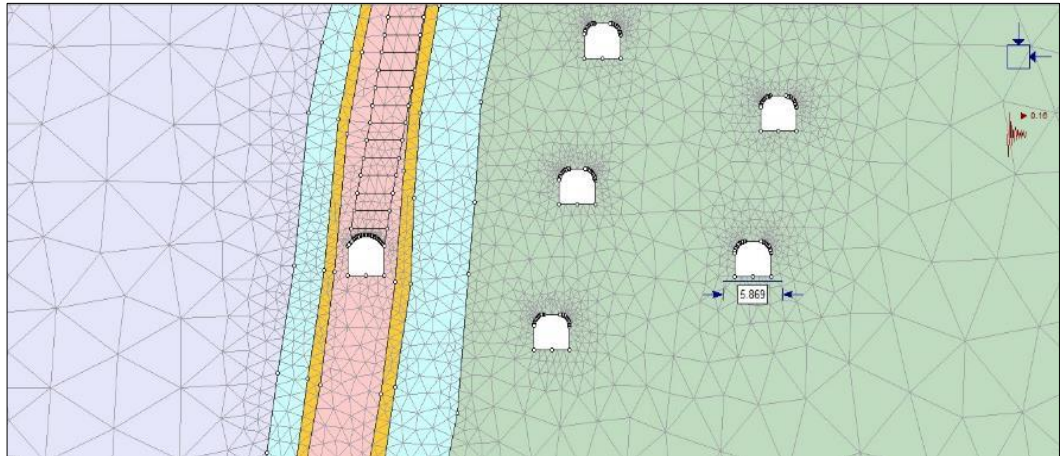
Máxima abertura de la excavación– galería 114

Cuadro N°03.- galería 114

Tipo de labor	Calidad de roca		Tipo de labor	ESR	Sección (m)	
	RMR	Índice Q			Máxima	Diseño
Rampa	52	2.36	Permanente	1.6	4	3.0 a 3.5
Crucero	48	1.74	Temporal	3	7	3.0 a 3.5
Galería	42	1.29	Temporal	3	6	3.0 a 3.5
Tajo	42	1.29	Temporal	3	6	3.5 a 6.0

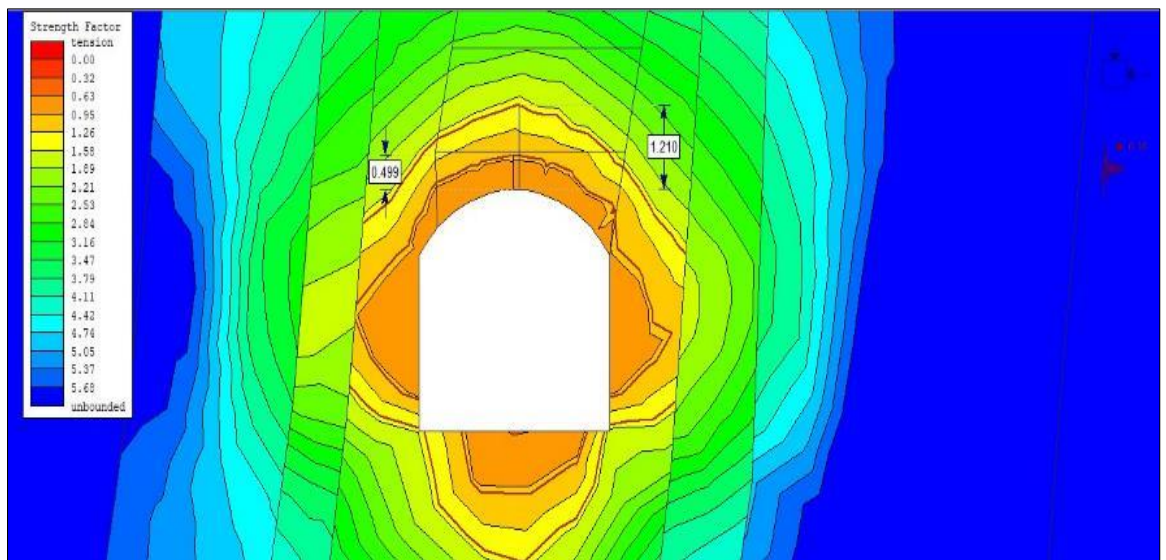
Fuente: Minera Brisas I

Mapeo geo mecánico de frentes – galería 114



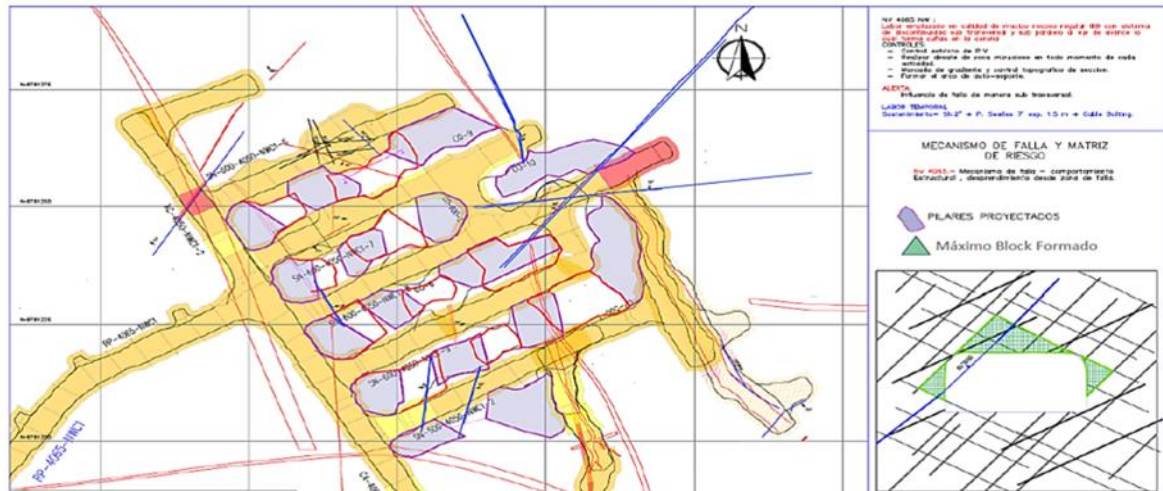
Fuente: Minera Brisas II

Mapeo geo mecánico - Análisis de zona plastificada – galería 114



Fuente: Minera Brisas II

Mapeo geomecánico – galería 114



Fuente: Minera Brisas II

REGISTRO DE DATOS DE MUESTRAS DE VOLADURA CONVENCIONAL

Nº de tal. unidad	Avance metros	Granulometría pulgadas	Explosivo kilogramos	Factor de carga Kg/tn.	Toneladas rotas
20	1.90	7.5	16	0.32	50.16
20	1.80	7.0	16	0.34	47.52
20	1.95	7.0	16	0.31	51.48
20	2.00	7.5	16	0.30	52.8
20	1.80	6.5	16	0.34	47.5
20	1.85	6.0	16	0.33	48.8
20	1.85	6.5	16	0.33	48.8
20	1.80	5.5	16	0.34	47.52
20	1.85	5.0	16	0.33	48.84
20	1.90	5.5	16	0.32	50.16

REGISTRO DE DATOS DE MUESTRAS DE VOLADURA CON PRIMACORD 10 Y DINAMITA 65

Nº de tal. unidad	Avance metros	Granulometría pulgadas	Explosivo kilogramos	Factor de carga Kg/tn.	Toneladas rotas
13	2.25	4.5	14.90	0.25	60.75
13	2.20	4.0	14.90	0.26	59.40
13	2.30	4.0	14.90	0.23	62.10
13	2.25	4.0	14.90	0.25	62.75
13	2.20	4.5	14.90	0.26	59.40
13	2.30	4.5	14.90	0.23	62.10
13	2.15	4.0	14.90	0.27	58.05
13	2.20	4.5	14.90	0.26	59.40
13	2.30	4.0	14.90	0.23	62.10
13	2.25	4.0	14.90	0.25	60.75

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“Análisis de la Voladura en los Frentes de Desarrollo con la Aplicación de un Nuevo Accesorio de Voladura en la Minera Mariana Brisa II”

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Método	Población y muestra
General ¿Sera posible mejorar los resultados de la voladura en los frentes de desarrollo con la aplicación un nuevo accesorio y explosivo del proceso en la Minera Mariana Brisas II? Problemas específicos a) ¿Sera factible minimizar la sobre excavación en los frentes de desarrollo con la aplicación un nuevo accesorio y explosivo en el proceso de voladura de la Minera Mariana Brisas II? b) ¿Con la aplicación un nuevo accesorio y explosivo en los frentes de desarrollo será posible mejorar la fragmentación en el proceso de voladura de la Minera Mariana Brisas II?	General Mejorar los resultados de la voladura en los frentes de desarrollo con la aplicación de un nuevo accesorio y explosivo en este proceso de la Minera Mariana Brisas II Objetivos específicos a) Minimizar la sobre excavación en los frentes de desarrollo con la aplicación un nuevo accesorio y explosivo en el proceso de voladura de la Minera Mariana Brisas II. b) Con la aplicación un nuevo accesorio y explosivo en los frentes de desarrollo se mejora la fragmentación en el proceso de voladura de la Minera Mariana Brisas II	Hipótesis general Con la aplicación de un nuevo accesorio y explosivo en la voladura se mejora los resultados en los frentes de desarrollo del proceso en la Minera Mariana Brisa II. Hipótesis específicas a) Con la aplicación de un nuevo accesorio y explosivo en la voladura se minimiza la sobre excavación en los frentes de desarrollo del proceso en la Minera Mariana Brisa II. b) Con la aplicación de un nuevo accesorio y explosivo en la voladura se mejora la fragmentación en los frentes de desarrollo del proceso en la Minera Mariana Brisa II	Variable independiente X: Aplicación de un nuevo accesorio y explosivo en voladura en la minera Mariana Brisa II. •Variable Dependiente Y: mejorar los resultados de la voladura en los frentes de desarrollo de la minera Mariana Brisa II.	Tipo de Investigación El desarrollo de la investigación es de carácter aplicativo por los objetivos que se han determinado en este proyecto, el trabajo de la investigación está centrado en el nivel descriptivo, correlacional y explicativo. Método de Investigación Establecemos el método de investigación a emplear en nuestra investigación el método lógico, inductivo, sintético y de análisis, asimismo se emplea el método empírico mediante la observación investigativa.	Población Conformado por los proyectos de ejecución de frentes de desarrollo de la minera Mariana Brisa II. Muestra Voladura de 10 frentes de desarrollo del nivel 3900