



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



REDUCCIÓN DE COSTOS OPERATIVOS EN PERFORACIÓN Y VOLADURA CON NUEVO DISEÑO DE MALLA Y CARGA EXPLOSIVA EN EL BY PASS 723 E DE LA COMPAÑÍA MINERA LAS BRAVAS N° 2 – AREQUIPA.

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. JULIO EDY AGUILAR PINO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PUNO – PERÚ

2023



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**REDUCCIÓN DE COTOS OPERATIVOS EN
PERFORACIÓN Y VOLADURA CON NUEVO
DISEÑO DE MALLA Y CARGA EXPLOSI
VA**

AUTOR

JULIO EDY AGUILAR PINO

RECuento DE PALABRAS

15148 Words

RECuento DE CARACTERES

76348 Characters

RECuento DE PÁGINAS

79 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

4.0MB

FECHA DE ENTREGA

Dec 23, 2022 12:25 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Dec 23, 2022 12:26 PM GMT-5


● 20% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos:

- 19% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Coincidencia baja (menos de 20 palabras)


Dr. Anibal Sucari Leon
DOCENTE
E.P. DE INGENIERÍA DE MINAS
UNA - PUNO



Resumen



DEDICATORIA

Con mucho respeto a mis padres Ifrael Aguilar y Marina Pino por su esfuerzo y apoyo decidido para realizar las diferentes etapas de mi formación estudiantil hasta lograr mi profesión.

A mis hermanos Dennys y Luzmery quienes con su aliento moral me fortalecieron en las etapas más difíciles de mi vida estudiantil, lo cual permitió la culminación de mis estudios.

A mis Hijos Alexander y Alexia por su fortaleza que me brinda el día a día la cual me acompañan en todos mis sueños y metas, siempre les tengo presente en mi corazón.

Julio Edy



AGRADECIMIENTOS

Primero agradecer a Dios, por el cuidado y la salud para desarrollar las diferentes etapas de mi vida cotidiana.

A la Carrera profesional de Ingeniería de Minas, a sus docentes quienes impartieron sus conocimientos académicos y experiencias en el área de minería para mi formación profesional como Ingeniero de Minas.

Mi gratitud al Ingeniero Superintendente de Mina, sub gerente de operaciones y al equipo de profesionales que laboran en la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa, por el apoyo y la oportunidad para desarrollar mi trabajo de investigación.

Julio Edy



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 13

ABSTRACT..... 14

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 15

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA..... 15

1.2.1 Pregunta general 15

1.2.2 Preguntas específicas 15

1.3 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS..... 16

1.3.1 Hipótesis general 16

1.3.2 Hipótesis específicas..... 16

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN 16

1.4.1 Objetivo general 16

1.4.2 Objetivos específicos 17

1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN..... 17



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	19
2.2	MARCO TEÓRICO.....	24
2.2.1	Perforación.....	24
2.2.2	Tipos de perforación	25
2.2.3	Condiciones de perforación	26
2.2.4	Máquina perforadora	28
2.2.5	Avance lineal	29
2.2.6	Perforación de arranque	30
2.2.7	Voladura.....	32
2.2.8	Explosivos.....	32
2.2.9	Mecánica de rotura de rocas	34
2.2.10	Geología local.....	36
2.3	DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	38

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	UBICACIÓN	41
3.2	ACCESIBILIDAD	41
3.3	DISEÑO METODOLÓGICO	42
3.3.1	Tipo de investigación.....	42
3.3.2	Enfoque de la investigación.....	42
3.3.3	Diseño de investigación.....	42
3.4	POBLACIÓN	43



3.5	MUESTRA	43
3.6	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	44
3.6.1	Variable independiente	44
3.6.2	Variable dependiente	44
3.6.3	Matriz de Consistencia	44
3.7	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	45
3.7.1	Técnicas para el procesamiento de la información.....	45
3.7.2	Instrumentos de recolección de datos	46

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	EVALUACIÓN DE RESULTADOS	47
4.2	RESULTADOS POR OBJETIVOS.....	47
4.2.1	Perforación anterior en el By Pass 723 E	47
4.2.2	Costos de perforación anterior.....	48
4.2.3	Perforación optimizada en el By Pass 723 E.....	51
4.2.4	Resultados y datos para la perforación optimizada en el By Pass 723 E	61
4.2.5	Costos de perforación optimizada en el By Pass 723 E.	62
4.2.6	Resultados de perforación	64
4.3	VOLADURA EN EL BY PASS 723 E	66
4.3.1	Voladura anterior	66
4.3.2	Voladura optimizada en el By Pass 723 E.....	69
4.4	COSTOS DE VOLADURA	73
4.4.1	Costos de la voladura anterior en el By Pass 723 E.	73
4.4.2	Costos de voladura optimizada en el By Pas 723 E.	73



4.5 RESULTADOS DE VOLADURA.....	74
4.6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS CON OTRAS FUENTES	74
V. CONCLUSIONES.....	76
VI. RECOMENDACIONES	77
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
ANEXOS.....	82

Área: Ingeniería de Minas

Tema: Análisis de costos mineros y comercialización de minerales

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 03 de enero de 2023



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escala de Mohs	30
Tabla 2. Constante del tipo de roca "K"	33
Tabla 3. Calidad de la roca en función de RQD	33
Tabla 4. Composición macroscópica de la granodiorita	36
Tabla 5. Rutas de Acceso a la Minera Las Bravas N° 2.	42
Tabla 6. Operacionalización de variables	45
Tabla 7. Taladros perforados en el By Pass 723 E	48
Tabla 8. Mano de obra directa	48
Tabla 9. Máquina perforadora.....	49
Tabla 10. Materiales de perforación	49
Tabla 11. Herramientas y otros materiales	50
Tabla 12. Implementos de seguridad	50
Tabla 13. Coeficiente del tipo de roca	52
Tabla 14. Resumen de los resultados del cálculo de la malla optimizada	60
Tabla 15. Taladros optimizados en el By Pass 723 E.	61
Tabla 16. Mano de obra directa optimizada.....	62
Tabla 17. Máquina perforadora en la optimización	62
Tabla 18. Materiales de perforación en la optimización.....	63
Tabla 19. Herramientas y otros materiales en la optimización	63
Tabla 20. Implementos de seguridad en la optimización.....	64
Tabla 21. Resumen de resultados de perforación	65
Tabla 22. Resumen de costos de perforación.....	65
Tabla 23. Cantidad de explosivos utilizados en la voladura anterior	66
Tabla 24. Propiedades de las rocas ígneas.	67



Tabla 25. Resultados en la voladura anterior.....	69
Tabla 26. Cantidad de explosivos en la voladura optimizada.....	69
Tabla 27. Resultados en la voladura optimizada	71
Tabla 28. Resumen de resultados en voladura.....	72
Tabla 29. Materiales de voladura anterior	73
Tabla 30. Materiales de voladura optimizada	73
Tabla 31. Resumen de costos de voladura	74



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Detalle de perforación para disparo	26
Figura 2. Componentes de máquina perforadora Jack Leg	29
Figura 3. Diseño de Arranque.....	31
Figura 4. Diseño de arranque de roca tipo I y II.....	31
Figura 5. Diseño de arranques de roca tipo III y IV	32



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

S.A.	:	Sociedad Anónima
U.T.M	:	<i>Universal Transversal Mercator</i>
m.s.n.m	:	Metros sobre el nivel del mar
Tm	:	Tonelada métrica
Km	:	Kilómetro
m	:	Metro
mm	:	Milímetro
m ²	:	Metro cuadrado
m ³	:	Metro cúbico
RMR	:	<i>Rock Mass Rating</i>
RQD	:	<i>Rock Quality Designation</i>



RESUMEN

La Compañía Minera Las Bravas N° 2 - Arequipa, políticamente se encuentra en el distrito de Chaparra, provincia de Caravelí y departamento de Arequipa. La Empresa está ejecutando el By Pass 723 E con una dimensión de 2,10 m x 2,20 m de sección y una distancia de 235 metros, al evaluar en una distancia de 35 metros lineales, se encontró problemas de elevados costos operativos en perforación y voladura en el frente del By Pass 723 E. El costo de perforación anterior fue de 135,15 US\$/m y el costo de voladura fue de 107,81 US\$/m. El objetivo de la investigación fue reducir los costos operativos en perforación y voladura con nuevo diseño de malla y carga explosiva en el By Pass 723 E de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa. El método utilizado en el estudio de investigación fue cuantitativo, experimental y de tipo longitudinal. El procedimiento para ejecutar el estudio de investigación, consistió en su etapa preliminar en evaluar las operaciones de perforación y voladura anterior en el By Pass 723 E, en donde se analizó la malla de perforación, la cantidad de taladros, burden, espaciamento, carga explosiva utilizada, estos datos se recopilaron de los reportes de operaciones y la base de datos. Para ejecutar este trabajo de investigación se diseñó una nueva malla de perforación según las características del macizo rocoso del By Pass, en donde se calculó la cantidad de taladros, espaciamento, burden, el factor de carga explosiva, dichos datos se recolectaron en los formatos de control. Con el estudio se llegó a los siguientes resultados, que, por medio de un nuevo diseño de malla de perforación, los costos se redujeron de 135,15 US \$/m a 123,03US \$/m, obteniendo un beneficio de 12,12 US \$/m y todo esto con la carga explosiva adecuada, por otro lado también los costos de voladura se redujeron de 107,81 US \$/m a 85,31 US \$/m, logrando un beneficio de 22,50 US\$/m en el By Pass 723 E de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa.

Palabras clave: Costos operativos, diseñar, malla, reducción, perforación, voladura.



ABSTRACT

The Compañía Minera Las Bravas N° 2 - Arequipa, politically it is located in the district of Chaparra, province of Caravelí and department of Arequipa. It is currently running the BY Pass 723 E of a 2,10m x 2,20m section. and a projected length of 235 meters, when carrying out the evaluation at a distance of 35 meters, problems of high operating costs were found in drilling and blasting in the front of By Pass 723 E. The previous drilling cost was 135,15 US \$/m and the cost of blasting was 107,81 US\$/m. The objective of the research was to reduce the operating costs in drilling and blasting with a new mesh design and explosive charge in the By Pass 723 E of Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa. The methodology that was applied in the research study was a quantitative approach and a descriptive type of research and the design was experimental and longitudinal. The procedure to execute the research study consisted in its preliminary stage in evaluating the previous drilling and blasting operations in the By Pass 723 E, where the design of the drilling mesh, the number of drills, burden, spacing, explosive charge used, these data were collected from the operations reports and the database. To carry out this research work, a new drilling mesh was designed according to the characteristics of the By Pass rock massif, where the number of drills, spacing, burden, and the explosive load factor were calculated, said data was collected in the formats of control. Finally, the following results were reached: through the new mesh design, drilling costs were reduced from 135,15 US\$/m to 123,03US\$/m, obtaining a benefit of 12,12 US\$/m and with the load explosive, blasting costs were reduced from 107,81 US\$/m to 85,31 US\$/m, achieving a benefit of 22,50 US\$/m in the By Pass 723 E of Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa

Keywords: *Operating Costs, design, mesh, reduction, drilling, blasting.*



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Compañía Minera Las Bravas N° 2 - Arequipa, explota el yacimiento de oro filoniano con el método de Corte y Relleno Ascendente Convencional, utilizando labores subterráneas tales como: rampas, galerías, niveles, sub niveles, socavones, cruceros, chimeneas y otros.

Se realizó la evaluación de costos en las operaciones de perforación y voladura, en donde se encontró problemas de elevados costos operativos de perforación y voladura en el frente del By Pass 723 E. El costo de perforación anterior fue de 135,15 US\$/m y el costo de voladura de 107,81 US\$/m.

En las operaciones de perforación y voladura del minado subterráneo es muy importante la correcta distribución de los taladros mediante el diseño de la malla de perforación el cálculo de la carga explosiva adecuada, estos serán determinantes para reducir los costos en la explotación minera subterránea.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Pregunta general

¿Cómo se reduce los costos operativos de perforación y voladura en el By Pass 723 E de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa?

1.2.2 Preguntas específicas



- a) ¿Cómo reducir los costos operativos de perforación en el By Pass 723 E de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa?
- b) ¿Cuál es la reducción de los costos operativos de voladura en el By Pass 723 E de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa?

1.3 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

1.3.1 Hipótesis general

Mediante el diseño de la nueva malla de perforación y la carga explosiva adecuada, se reduce los costos operativos de perforación y voladura en el By Pass 723 E de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa.

1.3.2 Hipótesis específicas

- a) Con el nuevo diseño de malla se reduce los costos operativos de perforación en el By Pass 723 E de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa.
- b) Con la carga explosiva adecuada se reduce los costos operativos de voladura en el By Pass 723 E de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa.

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo general

Reducir los costos operativos en perforación y voladura con nuevo diseño de malla y carga explosiva en el By Pass 723 E de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa.



1.4.2 Objetivos específicos

- a) Reducir los costos operativos de perforación, con nuevo diseño de malla en el By Pass 723 E de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa.
- b) Reducir los costos operativos de voladura, mediante la carga explosiva adecuada en el By Pass 723 E de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa.

1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La Compañía Minera Las Bravas N° 2 - Arequipa, mediante la cubicación de las reservas mineralizadas, tienen un potencial de 486 537 Tm de mineral probado y 243 269 Tm de mineral de oro probable, este mineral tiene una ley en promedio de 7,35 g Au/Tm y para recuperar estas reservas mineralizadas se requerirán distintas labores subterráneas tales como galerías, cruceros, By Pass, chimeneas y otros.

La construcción del By Pass 723 E, fue importante porque facilitó el acarreo del mineral de la zona Este, producto de los tajeos de explotación, además permitió profundizar la exploración de las reservas de mineral y se mejoró la producción del mineral.

La Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa, en el avance lineal del By Pass 723 E, tuvo problemas de elevados costos operativos en perforación y voladura, y mediante el presente estudio de investigación se redujo los costos de perforación y voladura utilizando un nuevo diseño de malla y carga explosiva adecuada según las características del macizo rocoso en el frente del By Pass 723 E de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa. La Compañía Minera,



requirió profundizar varias labores subterráneas horizontales para la recuperación del mineral de mena a bajos costos de operativos de perforación y voladura.

El presente trabajo de investigación justifica plenamente su ejecución y fue de gran ayuda para realizar otras labores subterráneas similares y se logró mejores resultados económicos y mayor rentabilidad para la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Mamani (2022). “Rediseño de la malla de perforación y voladura en frentes de avance nivel 0 para reducir los costos de operación S.M. Esperanza” cuyo objetivo es reducir los costos de operación mediante el rediseño de la malla de perforación y voladura. La metodología es de investigación experimental, donde se realizó la recolección de datos de campo a diario, por ende, concluye que, con el rediseño de la malla de perforación ha disminuido la cantidad de taladros de 46 a 42 y así se redujo el costo por metro en las operaciones unitarias de 226 US\$/m a 207 US\$/m de avance generando una reducción de 8,29% de los costos o 18,78 US\$/m.

Anchapuri (2021). “Evaluación y optimización de perforación y voladura para la reducción de costos unitarios en la ejecución de la galería 819E-mina Yanaquihua”, del cual el objetivo es reducir los costos en la ejecución de la galería determinando un nuevo diseño de malla de perforación y carga explosiva. El estudio de investigación es descriptivo – aplicativo, en la ejecución de este trabajo de investigación se mejoró el diseño de mallas de perforación y se ha reducido en número taladros, la distribución adecuada de taladros en el frente de la galería 819E, se pudo reducir el costo unitario de perforación y voladura de US\$ 212,93 a US\$ 166,67 por metro lineal de avance, lográndose reducir US\$ 46,26 por metro de avance lineal de avance.

Mamani (2020). “Optimización de costos de producción mediante la



evaluación de las operaciones de perforación y voladura en la galería N12 de la empresa minera SOTRAMI S.A”. cuyo objetivo llevo a optimizar el costo de operación de perforación y voladura. La metodología fue del punto de vista cuantitativo – descriptivo, en donde se realizó la toma de datos en el campo y luego ser analizados, la cual se llega a la conclusión que mediante la evaluación de los costos en la perforación se minimizaron obteniendo una diferencia de 16,66 US\$/m, y los costos de voladura en 25,66 US\$/m menos.

Guillen (2019). “Optimización del diseño de malla de perforación para la estimación de costos operacionales en la zona de Pucaurco – Unidad minera Pachancoto”. Cuyo objetivo es estimar los costos operacionales mediante la optimización del diseño de malla de perforación. La metodología de investigación del trabajo es descriptiva, donde se realiza la recolección de datos en fichas o formatos del control diario. En su proyecto de investigación concluye que, en la optimización del diseño de la malla de perforación planteada y voladura este logró minimizar el costo unitario por avance en metro lineal del Cx 961 del Nv. 4950 todo esto en 2,4m x 2,4 m de sección en la Unidad Minera Pachancoto de \$280,72 a \$245,85 por metro, lo que interpreta un 12,42% menos al costo unitario que se tenía antes.

Quispe (2019). “Diseño de mallas de perforación y voladura y su incidencia en los costos unitarios en la unidad minera Chahuane”. Se propuso evaluar las incidencias en los costos unitarios por medio un nuevo diseño de mallas de perforación y voladura. El diseño de metodología de investigación de su trabajo es descriptivo, en donde se realizó la observación directa y datos de campo, con este diseño se lograron reducir 5 taladros y un buen avance de 5 pies; cuyo resultado



obtenido es 11,00 US\$/TM, menor al costo inicial del trabajo que era de 14,87 US\$/TM, En lo que respecta al avance este se redujo en 59,03 US\$/ml.

Ortiz (2019). “Minimización de costos de perforación y voladura con rediseño de malla en la galería 435 NE de la unidad minera Las Águilas de la empresa minera CIEMSA S.A. – Lampa”. En su estudio concluyó que, con la modificación de la malla de perforación, y carga explosiva los costos de perforación se minimizaron de 150,74 US\$/m a 140,77 US\$/m, con una diferencia de 9,97 US\$/m, y los costos de voladura se minimizó de 102,47 US\$/m a 82,83 US\$/m, con una diferencia de 19,64 US\$/m. La metodología utilizada para minimizar los costos de perforación y voladura fue el rediseño la malla de perforación y la determinación de la carga explosiva según las características de la roca encajonante.

Ccapa (2019). “Reducción de costos de producción mediante la evaluación de las operaciones unitarias en la minera islay de la empresa Chungar S.A.C. – Cerro de Pasco”. Tuvo como objetivo que mediante la evaluación de las operaciones unitarias de perforación, voladura, carguío y acarreo en el frente de la Galería reducirá los costos de producción. La metodología del trabajo de investigación es de tipo descriptivo, en donde los resultados con la nueva malla de perforación los taladros se han minimizado de 36 a 32 perforaciones de 12 pies de longitud, la cual concluye que, mediante el diseño de la nueva malla y la carga explosiva adecuada, los costos de perforación se redujeron de 66,87 US\$/m a 61,04 US\$/m, con una diferencia de 5,84 US\$/m, los costos de voladura se redujo de 64,28 US\$/m a 53,11 US\$/m, con una diferencia de 11,17 US\$/m en el frente de desarrollo de la Galería Esmeralda 360 NW.

Sahuinco (2019). “Diseño de perforación y voladura en minería



convencional para minimizar los costos en el frente de labores de desarrollo compañía minera Yanaquihua S.A.C.”. el objetivo en su tesis es reducir los costos de minado optimizando las operaciones de perforación y voladura mediante la modificación de malla de perforación. El método en la presente investigación, corresponde al enfoque cuantitativo, obteniendo unos buenos resultados primordialmente el incremento en avance de 1,14 m a 1,37 m es decir un 20,17 % más y a la disminución del número de perforaciones de 31 a 27 que sería un 12,90 %, en donde se concluye que, con la implementación de la nueva malla de perforación y voladura se logró optimizar las operaciones de minado del Crucero 802 y se pudo reducir el costo unitario de perforación y voladura de US\$ 211,22 a US\$ 167,87, lográndose ahorrar US\$ 43,35 por metro de avance lineal.

Cayllahua (2018). “Evaluación de costos operativos en galerías de exploración para optimizar la perforación y voladura en la unidad minera las Águilas - CIEMSA”. En su tesis su objetivo es que mediante el rediseño de la malla de perforación y carga explosiva necesaria en galerías optimizara los costos de perforación y voladura. El trabajo de investigación y por las características del estudio es de tipo experimental – descriptivo, como resultado con la nueva malla de perforación se disminuye la cantidad de taladros de 32 a 28 taladros, con lo cual concluye que, con el diseño de la malla y la carga explosiva, los costos de perforación y voladura optimizaron de 125,70 US\$/m a 111,60 US\$/m, logrando una diferencia de 14,10 US\$/m.

Ynquilla (2018). “Diseño de mallas de perforación para la estandarización del frente de la galería de desarrollo nivel intermedio de la corporación minera Ananea S.A.”. su objetivo es determinar una malla de perforación adecuada para la



estandarización de la galería. El estudio de investigación de tipo explicativo, esto por la comparación de resultados antes y después, como resultado es el mejoramiento de las mallas de perforación y que ha reducido la distribución adecuada de taladros en la galería 328 de la Corporación Minera Ananea S.A., cuyo resultado es de 31 taladros cargados más 2 taladros, considerando la calidad de roca y el coeficiente de la roca.

Chipana (2015). “Diseño de perforación y voladura para reducción de costos en el frente de la galería progreso de la contrata minera Cavilquis-corporación minera Ananea S.A.”. su objetivo es reducir los costos en la ejecución de la galería por medio del diseño de malla de perforación y una adecuada carga explosiva. Su metodología de investigación está basada en tipo descriptivo – aplicativo, en donde los resultados obtenidos es la disminución de 45 taladros a 42 taladros perforados, concluyendo que mediante el nuevo diseño de malla de perforación y la carga explosiva, se redujo los costos de perforación de 98,48 US \$ a 87,25 US \$ y los costos de voladura se redujeron de 196,42 US\$ a 148,39 US\$.

Mamani (2015). “Optimización de costos de perforación y voladura en la mina Maribel de Oro Ananea – Poquera”. En su tesis el objetivo es optimizar los costos de voladura y perforación por medio de un nuevo diseño de malla de perforación y la adecuada carga explosiva. La metodología que aplica en su estudio es de tipo experimental – descriptiva porque se manipularon las variables. Donde concluye que, con la metodología del diseño de malla de perforación y la adecuada carga explosiva, los costos de perforación y voladura se disminuyeron de 323,98 US \$/m a 288,71 US\$/m., haciendo una diferencia de 35,27 US \$/m en la galería Maribel de Oro A.



Umaña (2014). “Reducción y optimización de costos operativos en perforación y voladura minera Yanaquihua S.A.C.”. En su proyecto su objetivo es reducir los costos operativos de perforación y voladura. Con el estudio metodológico descriptiva no experimental, mediante una supervisión y control de tiempos en campo, en su proyecto concluye que se logró una reducción respecto al costo unitario total en 1,51\$/TM esto quiere decir una minimización de 7%, gracias a que se optimizó los estándares de las operaciones mineras en perforación y voladura respecto a lo habitual que realizaba la empresa. Representando esto una reducción en costos operativos de Mina de 108 720 \$ al año.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Perforación

Es la operación que se ejecuta con una sola finalidad la cual es aperturar huecos en el macizo rocoso, con una distribución y geometría adecuada, en donde se colocaran cargas explosivas. En la minería, el sistema de perforación usual es el de la rotoperCUSión, que emplea energía neumática y cuyos componentes principales son la perforadora manual, que es a su vez es la fuente de energía mecánica; las barras o pie de avance, son el medio de transmisión de esa energía a partir de la acción de un pistón; el bit, que recibe la energía y es el elemento cortante la roca, y con la ayuda del agua la cual efectúa el barrido para así obtener la limpieza y evacuación del detritus. Existen varios métodos de perforación de las rocas, los cuales pueden ser clasificados de diversas maneras en función de ciertas características. De acuerdo con los parámetros de los equipos de perforación, dimensión del barreno, método de montaje del equipo de perforación y fuente de energía. Los sistemas de perforación más utilizados en la minería subterránea



metálica, se ubican dentro del ataque mecánico, el cual se basa en la utilización de energía mecánica a la roca por medio de dos esquemas básicos, acción percusiva (percusión) o acción rotativa (rotación). Combinando los dos métodos se tiene híbridos, tales como, la rotopercusión. Las que se describirán a continuación (María & Artigas, 2011).

2.2.2 Tipos de perforación

a) Perforación con martillo en cabeza

Es el sistema más clásico de perforación de barrenos que hay en la forma mecanizada. El principio de corte de la roca se produce debido al impacto en el exterior de un elemento de acero (pistón) que golpea a una barrena, que a su vez transmite la energía al fondo del barreno por medio de un elemento final (boca) cuyo objetivo es romper en esquirlas la roca, Debido a la forma de este útil final (plaquita o botón), es preciso para cortar en sección circular la roca, proceder al giro de aquel útil y asimismo, es necesario evacuar fuera de fondo del barreno los pequeños trozos de roca que se van generando (barrido) (Sanz & José, 1998).

b) Perforación con martillo en fondo

El procedimiento está orientado en el golpe directo del pistón sobre la broca de perforación, por lo tanto, no existe desperdicio de energía en las juntas de la varilla. El martillo en fondo y la broca forman un solo integral dentro del barreno. Los tubos, conduce el aire comprimido, hasta el mecanismo de impacto y transmite el par de rotación y la fuerza de avance. El aire de escape limpia los detritus y lo transporte al exterior del mismo (Sanz & José, 1998).

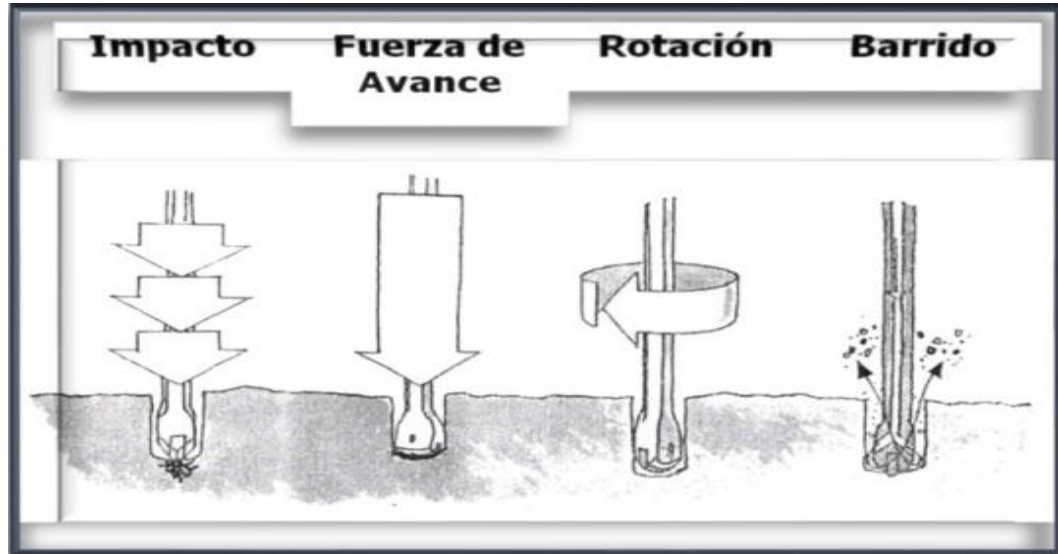


Figura 1. Detalle de perforación para disparo

Fuente: (López, 2005)

- **Percusión.** Los impactos que se producen por el golpe del pistón origina las ondas de choque que transmite a la broca a través de la varilla ya sea en el martillo en cabeza o directamente sobre el martillo en fondo (Cetemin, 2019).
- **Rotación.** Con el movimiento se realiza el giro de la broca para que los impactos se produzcan sobre la roca en distintas posiciones (Cetemin, 2019).
- **Empuje.** Para mantener en contacto la perforación con la roca se ejerce un empuje sobre la sarta de perforación (Cetemin, 2019).
- **Barrido.** El fluido de barrido permite extraer el detritus del fondo del barreno.

2.2.3 Condiciones de perforación



Para conseguir una voladura eficiente la perforación es tan importante como la selección del explosivo, por lo que éste trabajo debe efectuarse con buen criterio y cuidado, lamentablemente la supervisión de la correcta operación de perforación aun no es controlada adecuadamente en muchas minas, lo que permite que ocurran deficiencias en la calidad de trabajo como son los taladro desviados, más espaciados, de longitud irregular, que determinan pérdidas de eficiencia de la energía explosiva disponible (Cetemin, 2019).

Usualmente la calidad de las perforaciones está determinada por cuatro condiciones:

- **Diámetro:** Depende del tipo de aplicación en que el taladro será utilizado como regla general el de menor diámetro factible será más adecuado y económico de realizar.
- **Longitud:** Influye mucho en la selección de la capacidad del equipo perforador y naturalmente en el avance del disparo (profundidad del taladro).
- **Rectitud:** Varía con el tipo de roca método de perforación y características del equipo perforador. Deben tener la mayor rectitud y alineación para que el explosivo sea apropiadamente distribuido en la mayoría de los arranques de perforación el paralelismo entre taladros es de vital importancia para la interacción de las cargas explosivas en toda la voladura.
- **Estabilidad:** Los taladros deben mantenerse abiertos hasta el momento de su empleo. En terrenos sueltos tienden a desmoronarse por lo que puede ser necesario revestirlo interiormente con tubos especiales para,

poder los cargar, también se puede aplicar técnicas de revestimiento mediante arcillas especiales como la bentonita y otros utilizado en perforaciones de petróleo, diamantina (Exsa, 2009).

- **Caso particular:** para una buena voladura se requiere que los taladros tengan un paralelismo exacto, es muy importante que los perforistas conozcan lo fundamental en el manejo de su máquina, las posibilidades y limitaciones muy claramente para el objetivo de la voladura.

2.2.4 Máquina perforadora

La máquina perforadora utilizada para desarrollar las labores de avance fue la Jack Leg y tiene como objetivo la perforación horizontal o sea la perforación de los frentes de las labores como el dispositivo de empuje, o sea la pata neumática, permite inclinar la perforadora hasta un ángulo bastante pronunciado (Cetemin, 2019).

2.2.4.1 Partes principales de la máquina Jack Leg

La máquina perforadora tiene tres partes principales que son: el frontal, el cilindro y la cabeza; y están unidas entre sí mediante dos pernos alargados con sus respectivas tuercas llamadas los tirantes que se encuentran situados a lo largo de la máquina en ambos lados (Cetemin, 2019).

- **El Frontal.** Tiene las siguientes partes:

La bocina. Tiene la función de recibir la espiga del barreno y hacer girar.

- a) La grampa con sus resortes, que está al extremo del frontal y cumple la función de sujetar al barreno y sacar de los taladros.

- b) El martillo que está en la parte inferior del frontal y cumple la función de golpear la culata del barreno.
- c) Las dos orejas en donde se ajusta las tuercas de los tirantes (Cetemin, 2019).



Figura 2. Componentes de máquina perforadora Jack Leg

Fuente: (RNP, 2017)

2.2.5 Avance lineal

Lo que se puede lograr, depende mucho de la habilidad del perforista y el paralelismo de los taladros, en algunos arranques la sección del frente, en este caso del ancho de la sección limita, en otras palabras, la profundidad máxima de voladura que se logra en un frente realizando un solo disparo, y puede ser igual al ancho de la labor minera. Esta regla se cumple para arranques en Cuña, “V”.

- **Dureza de la roca.** Si la roca es muy dura entonces la profundidad de los taladros es limitada, pero es necesario utilizar explosivos de alto poder rompedor en cantidad requerida, para lograr mejores avances.

Tabla 1.
Escala de Mohs

Clasificación	Dureza de Mohs	Resistencia a la compresión (MPA)
Muy dura	7	200
Dura	6 a 7	120 a 200
Medio Dura	4 a 6	60 a 120
Medio blanda	3 a 5	30 a 60
Blanda	2 a 3	10 a 30
Muy blanda	1 a 2	10

Fuente (López, 2005)

- **Fracturas.** La ocurrencia de fracturas, influye en el avance de una labor minera, en el caso que la carga explosiva se encuentre en las proximidades de las discontinuidades, y puede ocurrir el escape de gases. Para ello es situar las cargas antes o después de las fracturas, por lo que se tiene que medir bien la profundidad de los taladros, además ya sabemos que de preferencia los taladros serán hechos a escuadra con estas fracturas y en el carguío se debe utilizar los tacos inertes (Arcilla) para compensar las fugas de gases (Chávez & Yetson, 2018).
- **Tiempo disponible.** Para poder terminarse la perforación completa a una longitud deseada, influye la eficiencia del equipo y eficacia del operador perforista (Chávez & Yetson, 2018).

2.2.6 Perforación de arranque

Arranque – Trazo. Son taladros que permiten generar una segunda cara libre y a partir de esta cara libre, se amplía la abertura con los taladros de primera y segunda ayuda, que se encuentra alrededor del arranque, hasta la delimitación del total de la labor a desarrollar. En toda malla de perforación se debe mantener la simetría de los taladros de tal forma que genere una buena secuencia de salida. (Pari, 2019)

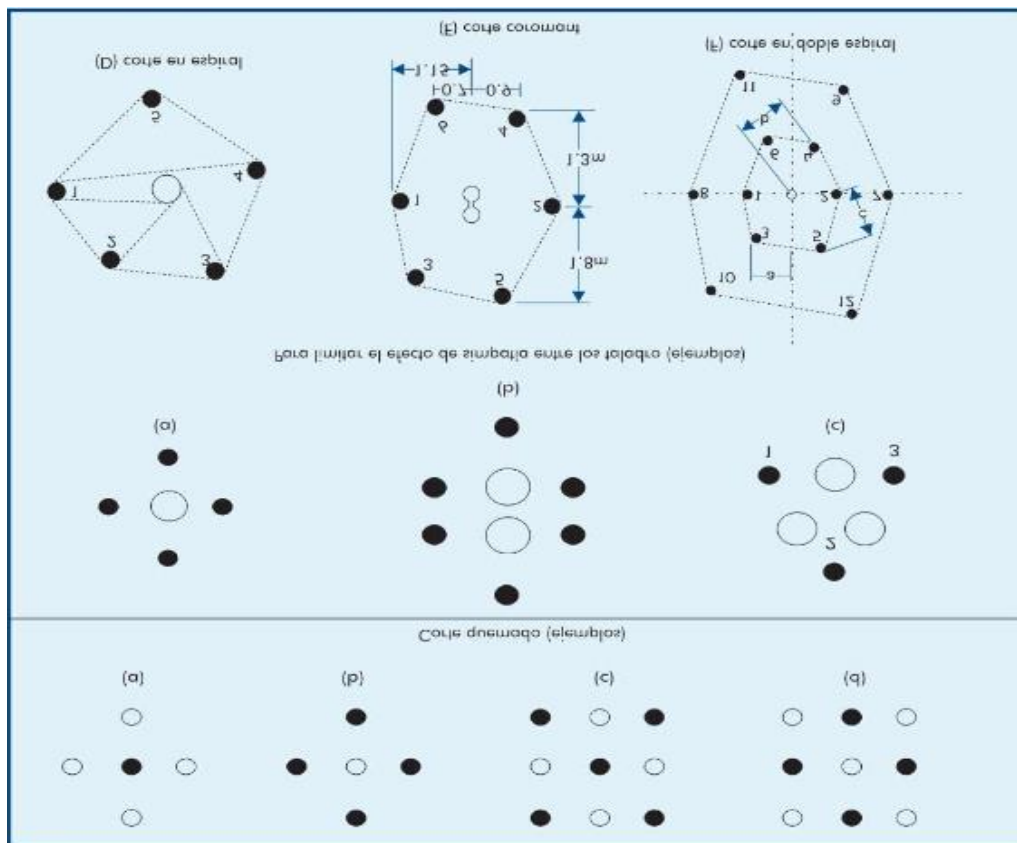


Figura 3. Diseño de Arranque

Fuente: (Exsa, 2009)

Los tipos de arranque que se utilizan en los frentes de avance en la Compañía Minera Las Bravas N° 2.

1. Roca Tipo I y II

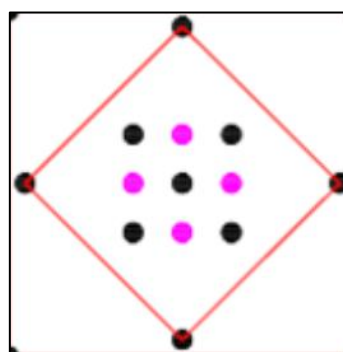


Figura 4. Diseño de arranque de roca tipo I y II

Fuente: (Bravas, 2021)

2. Roca Tipo III y IV

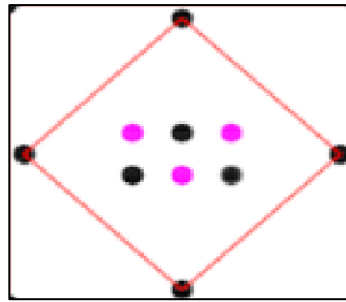


Figura 5. Diseño de arranques de roca tipo III y IV

Fuente: (Bravas, 2021)

2.2.7 Voladura

Este proceso físico – químico caracterizado por su gran velocidad de reacción y formación de gran cantidad de productos gaseosos a elevada temperatura que adquiere una gran fuerza expansiva. Los explosivos de detonación, la velocidad de las primeras moléculas gasificadas es demasiado grande que no ceden su calor por conductividad a la zona inalterada de la carga, sino que es transmitido por choque deformándola y produciendo su calentamiento y explosión adiabáticamente con generación de gases. El proceso se repite con un movimiento ondulatorio que afecta a toda la masa explosiva y se denomina onda de choque (IGME, 1987).

Es tiene por finalidad la fragmentación del macizo rocoso.

2.2.8 Explosivos

Es una sustancia solida o liquida, o simplemente una mezcla de aquellas sustancias (combustibles más oxidantes), que, con la iniciación o aplicación de un estímulo adecuado a una porción pequeña de la masa explosiva, es convertido en un intervalo de tiempo muy corto en otras sustancias más estables, casi totalmente

gaseosa, con desarrollo de calor, alta presión y alta temperatura. Existe diferentes variedades de explosivos, que tienen una composición específica, con propiedades y características diferentes, la cual se tiene hacerse una debida elección para su empleo. El material explosivo, deriva la mayor cantidad de su fuerza destructiva de la rápida conversión de la sustancia en gases con alta temperatura que ocupan varias veces el volumen original y ejercer presión sobre sus alrededores, los cuales, se expanden rápidamente como ondas de choque suficientemente grandes para vencer fuerzas confinadas de la roca circundante (Camac, 2008).

Tabla 2.

Constante del tipo de roca "K"

Tipo de roca	Constante
Roca muy dura	1
Roca dura	1,5
Roca intermedia	2
Roca suave	2,5

Fuente:(Exsa, 2019)

Tabla 3.

Calidad de la roca en función de RQD

R.Q.D. (%)	Calidad de roca	Precauciones
<25	Muy mala	Capaz de fluir
25 – 50	Mala	Requiere soporte
50 – 75	Media	Uso de pernos
75 – 90	Buena	Requiere soporte ligero
90 – 100	Muy buena	No requiere soporte

Fuente: (Bieniawski, 1989)



2.2.9 Mecánica de rotura de rocas

a) Proceso de fracturamiento

Este proceso comprende la acción de un explosivo y la consecuente respuesta del macizo rocoso circundante, que involucra los factores de tiempo, energía termodinámica, ondas de presión, mecánica de rocas y otros, en un rápido y complejo mecanismo de interacción. Este proceso se suscita en varias etapas, se desarrollan en forma simultánea en un tiempo muy corto, es decir de pocos milisegundos, durante el cual ocurre la completa detonación de la columna explosiva confinada en el taladro, comprendiendo desde el inicio de la fragmentación hasta el total desplazamiento del material volado, estas etapas son:

- Detonación del explosivo y generación de la onda de choque.
- Transferencia de la onda de choque a la masa de la roca iniciando su agrietamiento.
- Generación y expansión de gases a alta presión y temperatura que provocan el fracturamiento y movimiento de la roca.
- Desplazamiento de la masa de roca triturada para formar la pila de escombros o detritos (López, 2005).

b) Descripción del proceso

Inmediato de la detonación, el efecto de impacto de la onda de choque y de los gases producidos en rápida expansión en la pared de los taladros, se transfiere a la roca circundante, difundiéndose a través de ella en forma de ondas y fuerzas de compresión, provocando la deformación elástica, teniendo en cuenta que las rocas son muy resistentes a la compresión. Al llegar estas ondas a la cara libre en el frente



de voladura causan esfuerzos de tensión en la masa rocosa, entre la cara libre y el taladro. Si la resistencia de tensión de la roca se excede entonces se rompe en el área de la línea de menor resistencia, en este caso las ondas reflejadas son ondas de tensión que retornan al punto de origen, creando fisuras y grietas de tensión a partir de los puntos y planos de debilidad natural existente que agrieta profundamente.

Casi en forma simultánea, el volumen de gases liberados y en expansión penetra en las grietas iniciales ampliando por la acción de cuña y creando otras nuevas, con lo que se produce la fragmentación efectiva de la roca. Si la distancia entre el taladro y la cara libre es correctamente calculada entonces la roca entre ambos puntos cede, luego los gases remanentes desplazan rápidamente la masa de material fragmentado hacia adelante, hasta perder su fuerza por enfriamiento y por aumento de volumen de la cavidad formada en la roca, momento en que los fragmentos caen y se acumulan para formar la pila de escombros.

En esta etapa se produce adicionalmente fragmentación por el impacto de los trozos de roca en el aire. La reacción del explosivo en el taladro es muy rápida y su trabajo efectivo se considera completado cuando el volumen de la masa se ha expandido a 10 veces el volumen original lo que requiere aproximadamente 5 a 10 milisegundos. Normalmente el trabajo de fragmentación es más eficiente en las rocas compactas y homogéneas que en las naturalmente muy fisuradas, ya que en ellas los gases tienden a escapar por las fisuras disminuyendo su energía útil. La detonación tiene un efecto de expansión esférica pero como normalmente los explosivos se cargan en taladros cilíndricos entonces la detonación tiene una expansión cilíndrica en donde, como consecuencia de la dilatación del taladro en un entorno rígido, se crea un proceso de fisuramiento radial, que da lugar a la

formación de planos de rotura verticales concordantes con el eje del taladro (López, 2005).

2.2.10 Geología local

La Minera las Bravas N° 2, prevalece la roca intrusiva granodiorita, instruida por diques hipabisales, inmerso dentro del batolito de la costa, cuyas edades varían desde el Cretáceo superior hasta el Terciario y como depósitos recientes material cuaternario depositado en las quebradas principales.

a) Granodiorita

Esta roca intrusiva pertenece a la súper unidad Tiabaya, integrante del batolito costanero, ampliamente distribuido en la zona, sus afloramientos se encuentran bien expuestos, presenta intrusiones de diques de lamprófidio y diques biotíticos de color gris oscuros a gris verdosos, con potencias variables de 0,05 m. a 10,00 m. y dirección variable E-W a N -70°- W con buzamientos de 37° a 60° hacia el N. Macroscópicamente la granodiorita presenta una textura granular fanerítica, holocristalina, de color gris claro en roca fresca y con presencia de xenolitos de micro diorita de 2 cm. a 35 cm de diámetro.

Tabla 4.
Composición macroscópica de la granodiorita

Composición	Porcentaje
Plagioclasas	45%
Ortosa	10%
Cuarzo	20%
Ferromagnesianos	20%
Otros	5%
Total	100 %

Fuente:(Bravas, 2021)



Por el alto contenido de plagioclasas calco sódicas, menor porcentaje de ortosa y menos del 25% de cuarzo, se la clasifica como una típica granodiorita.

En el área de operación se encuentra fracturada, diaclasada y fallada en distintas direcciones, predominando la tendencia E-W, la misma en la que se ubican las vetas de Cambio y Farallón.

Según mediciones radiométricas por el método de K – Ar, realizadas por los doctores W. Pitcher y J. Cobbing asignaron una edad de más o menos de 95 m.a. que corresponde al cretáceo superior (Ricaldi, 2018).

b) Diques de lámprofido

La edad de estos diques no ha sido concretada, pero debido a que estos cuerpos sub-volcánicos se encuentran cortando a la granodiorita y a la vez se ha encontrado vetas fallas que cortan a estos diques tomando la denominación de diques post-mineralización por lo tanto se le asigna una edad terciario inferior (Ricaldi, 2018).

c) Diques biotíticos

En la zona de operación, se mapeó una estructura tabular en los niveles 2,025 (Rampa) y en el nivel 1,820 (Galería 723), constituido por un dique sub-volcánico de matriz afanítica color gris oscuro en fractura fresca conteniendo abundantes fenocristales de biotita y muy probable muscovita, fracturamiento moderado a fuerte, con una potencia de 8,0 m, con un rumbo NW – SE y un buzamiento de 65° al N. Asimismo en el nivel inferior (1,820), se lo interceptó en la galería 723 en forma diagonal presentando una alteración clorítica intensa, color gris verdoso, frágil, fuertemente fracturado, incompetente, comprometiendo



en sectores la estabilidad de las labores; se observa que corta al intrusivo granodiorítico, pero es interceptado por la veta falla Cambio, se trata del mismo dique del nivel superior con una potencia de 8,0 m, muy similar en rumbo y buzamiento.

Se evidencia pirita en pequeñas venillas, aún no se define su longitud y su característica micro-mineralógica, asimismo no se tiene una edad cronológica; sin embargo, por su posición y similitud con los otros diques, se le asume del Terciario inferior.

d) **Diques aplíticos**

Al norte de la zona de estudio aproximadamente a 1,5 km, al otro extremo de la quebrada Victoria, se evidencian diques de Aplita, constituidos por cuarzo, feldespatos, y pocos ferromagnesianos, de grano fino, gris claro con tonalidades rosadas, compactas, muy duras, con anchos que van hasta los 5 m, por su composición mineralógica se las considera como micro granitos.

Están emplazadas en distintas direcciones, predominando los rumbos E-W y NW-SE, interceptando o cortando a las granodioritas de la zona, asimismo se encuentran concordantes a la veta falla Blanca. En superficie son muy notorias por su coloración y su fuerte resistencia a la erosión (Ricaldi, 2018).

2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES

1. Perforación

La perforación es la operación que consiste en realizar agujeros en el frente de una labor, dichas operaciones se desarrollan con máquinas perforadoras ya sea



horizontales y verticales con la finalidad de colocar en el interior de los taladros, las mezclas explosivas para la fragmentación de la masa rocosa.

2. Malla de perforación

Es la distribución de taladros que se realiza en un frente de una excavación subterránea, la cual se considera principalmente la relación de espaciamiento y burden considerando siempre la profundidad de taladros con su respectivo paralelismo.

3. Explosivos

Son productos químicos (que pueden ser sólidas y líquidas), encierran una enorme energía, que bajo el estímulo externo (fulminante) se transforma por reacción química exotérmica en gas instantáneamente. Se fabricación es de diferentes potencias, dimensiones y resistencia al agua, según sea necesario.

4. Macizo rocoso

Es el conjunto de matriz rocosa y de las discontinuidades. Presentan una composición no uniforme, normalmente anisótropo, que es por consecuencia de la naturaleza.

5. Voladura

Es un fenómeno físico químico de la mezcla explosiva, que al explosionar fragmenta la roca.



6. Costos operativos

Son los costos de operación que se requieren en forma continua durante el funcionamiento de una operación minera y están directamente relacionados a la producción, y se puede categorizar en costos directos e indirectos. (Navarro, 2015)

7. Costos directos

Son los costos primarios en una operación minera en los diferentes procesos productivos de perforación, voladura, carguío y acarreo y actividades auxiliares de la mina, y se define en los costos de personal de producción, materiales, insumos, y equipos. (Navarro, 2015)

8. Costos indirectos

Son costos fijos, relacionados a gastos que generalmente se consideran independientes de la producción. Estos costos pueden variar en función del nivel de producción proyectado, pero no directamente con la producción obtenida (Navarro, 2015).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN

La Minera Las Bravas N° 2, está ubicada en el extremo del distrito aurífero de la Costa Sur de Perú que se extiende desde Palpa hasta el río Ocoña por el Sur.

Políticamente se encuentra en la jurisdicción de:

Distrito : Chaparra

Provincia : Caravelí

Departamento : Arequipa

El yacimiento minero se encuentra entre una altitud de 1300 a 2400 m.s.n.m.

Las coordenadas UTM del sistema WGS 84 son:

8 260 300 N y 627 200 E de la hoja 32 O del IGN, zona 18 S.

3.2 ACCESIBILIDAD

El acceso desde Arequipa es a través de la carretera Panamericana Sur hasta el Km 623, luego se desvía hacia el Este del pueblo de Cháparra, para continuar por una trocha de 4 Km al área del yacimiento minero.



Tabla 5.

Rutas de Acceso a la Minera Las Bravas N° 2.

Tramo	Distancia (km)	Tiempo (horas)	Tipo de vía
Arequipa – Chala (Panamericana Sur Km 623)	623	8,5	Asfaltado
Km 623 – Unidad minera	36,7	1,5	Trocha
Total	659,7	10	-

3.3 DISEÑO METODOLÓGICO

3.3.1 Tipo de investigación

La presente investigación pertenece al tipo experimental; aplicado en el campo de la ingeniería, esto porque se manipuló la variable independiente con el único propósito de reducir los costos de perforación y voladura mediante un nuevo diseño de malla y carga explosiva. Por otro lado (Hernández, 2014) señala que los experimentos manipulan tratamientos, estímulos influencias o intervenciones para observar sus efectos sobre otras variables de una situación de control.

3.3.2 Enfoque de la investigación

La investigación fue de un enfoque cuantitativo basado en la estadística no probabilística en el proceso del estudio (Hernandez, 2010).

3.3.3 Diseño de investigación

Para el presente trabajo de investigación el diseño de investigación fue experimental y de tipo longitudinal por que se recolectó los datos en diferentes momentos.

(Hernández, 2014) define que los experimentos se denominan porque el grado



de control es mínimo, ya que consiste en administrar un estímulo o tratamiento a un grupo y después aplicar una medición de una o más variables para observar cuál es el nivel del grupo en éstas.

Por ello para desarrollar el estudio de investigación se realizó la evaluación de todos los procesos de perforación, voladura anterior, los controles de las operaciones mineras se realizó en 24 turnos (ver anexo 6), en donde se analizó el trazo de perforación, el número de taladros y cantidad de explosivos utilizados. En el estudio de investigación se diseñó una nueva malla de perforación, tomando en cuenta el burden, espaciamiento, tipo de trazo, distribución de taladros y el cálculo de la carga explosiva adecuada, se registró los datos en los formatos de control. Mediante un análisis de costos de perforación y voladura anterior y actual se determinó la minimización de los costos de perforación, voladura en el frente del By Pass 723 E de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa.

3.4 POBLACIÓN

La población considerada para el proyecto de investigación está constituida por todas las labores subterráneas (By Pass, Ore Pass, galerías, chimeneas cruceros, niveles, sub niveles), desarrollados en la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa, Según (Hernández, 2014) la población o universo es un conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones.

3.5 MUESTRA

La muestra para realizar el estudio de investigación se ha considerado el By Pass 723 E de una sección de 2,10 m x 2,20 m, con una longitud de 235 metros, desarrollados en roca dura, granodiorita en la Compañía Minera Las Bravas N° 2 –



Arequipa. Hernández S. (2014), define que la muestra es, en esencia un subgrupo de la población, es decir es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido que es la población.

3.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.6.1 Variable independiente

Malla de perforación y carga explosiva en el By Pass 723 E de la Compañía Minera las Bravas N° 2 – Arequipa.

3.6.2 Variable dependiente

Costos operativos de perforación y voladura en el By Pass 723 E de la Compañía Minera las Bravas N° 2 – Arequipa.

3.6.3 Matriz de Consistencia

El desarrollo de matriz de consistencia para este proyecto está en el Anexo 10.

Tabla 6.

Operacionalización de variables

VARIABLES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable independiente:		
Malla de perforación y carga explosiva en el By Pass 723 E de la Compañía Minera las Bravas N° 2 – Arequipa.	- Espaciamiento	- m
	- Burden	- m
	- Factor de carga	- kg/m ³
	- Tipo de roca	- RMR
Variable dependiente:		
Costos operativos de perforación y voladura en el By Pass 723 E de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa.	- Costo de equipos	- US\$/m
	- Costo de brocas	- US\$/m
	- Costo de barrenos	- US\$/m
	- Costo de explosivos	- US\$/m
	- Costo de accesorios	- US\$/m

3.7 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica utilizada para la recolección de datos fue la observación y la recopilación de datos en los formatos de control, en la cual se consideró el número de taladros perforados, el avance lineal, consumo de explosivos y accesorios de voladura.

3.7.1 Técnicas para el procesamiento de la información

Para las técnicas de procesamiento y análisis de los datos del presente proyecto de investigación fueron:

- Microsoft Excel: programara para elaborar cuadros estadísticos
- Microsoft Word: programa para redacción de tesis según modelo de redacción.
- Auto CAD: programa para el diseño de malla de perforación.



Datos cuantitativos: análisis de costos de materiales e insumos, análisis de movimiento de material, cuadros estadísticos, resúmenes de los controles de operación, controles de producción y otros.

3.7.2 Instrumentos de recolección de datos

Para el estudio de investigación se utilizó la liquidación mensual para verificar el resumen de los costos de perforación y voladura, los reportes diarios de operación, reportes mensuales de operación y fotografías de las operaciones realizadas.

Reporte diario de operación

- Avances lineales
- Cantidad de taladros perforados
- Cantidad de taladros disparados
- Consumo de explosivos y accesorios
- Tiempo de perforación
- Número de horas operadas del equipo

Reporte mensual de operación

- Control de tiempo de perforación
- Número de horas operadas del equipo
- Número total de taladros perforados
- Número de barrenos utilizados
- Consumo total de explosivos



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 EVALUACIÓN DE RESULTADOS

La evaluación de la reducción de costos operativos en perforación y voladura con nuevo diseño de malla y carga explosiva se realizó en el By Pass 723 E de la Compañía Minera las Bravas N° 2 – Arequipa. Dichas operaciones de perforación se desarrollaron con las perforadoras tipo Jack Leg Marca RNP y la voladura se realizó con explosivos Semexsa de 65%.

4.2 RESULTADOS POR OBJETIVOS

OBJETIVO I.

Minimizar los costos operativos de perforación, con nuevo diseño de malla en el By Pass 723 E de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa.

4.2.1 Perforación anterior en el By Pass 723 E

La perforación anterior en el By Pass 723 E de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa, se realizó sin considerar las características geomecánicas de la masa rocosa, se perforó mayor número de taladros a criterio del maestro perforista, lo cual generó mayores costos de perforación.

Para el trazo de corte quemado se utilizó 09 taladros de los cuales 04 taladros fueron de alivio y 05 taladros con carga explosiva.



Tabla 7.
Taladros perforados en el By Pass 723 E

Detalle de taladros	N° de taladros
Alivio	4
Arranque	5
1° ayuda arranque	4
2° ayuda arranque	4
3° ayuda arranque	4
Cuadradores	4
Ayuda cuadradores	4
Corona	5
Ayuda Corona	3
Arrastre	5
Ayuda arrastre	2
Total	44

Según la Tabla 7, se indica que en la malla anterior se utilizó 44 taladros, con lo que se evidencia el mayor número de taladros utilizados

4.2.2 Costos de perforación anterior

Para desarrollar el By Pass 723 E, se generó mayores costos de perforación los cuales se detallan en las Tablas 8 al 12.

Tabla 8.
Mano de obra directa

T.C 1 US\$ = S/. 3,65

Mano de obra directa	Número de personal	Jornal en Soles	Costo US \$/m
Capataz de mina	01	80	16,86
Maestro Perforista	01	70	14,75
Ayudante perforista	01	60	12,64
Bodeguero	01	55	11,59
Sub total			55,84
Leyes sociales	60 %		33,50
Costo total			89,34

En la Tabla 8, se especifica el costo de mano obra directa en la perforación anterior, dicho costo fue de 89,34 US\$/m.

Tabla 9.

Máquina perforadora

Equipo	Costo US \$	Vida útil Pies/perforados	US \$/pie	Pies perforados	Costo US \$/m
Máquina Perforadora	4875	120,000	0,04	220	6,77

En la Tabla 9, se muestra el costo requerido para perforar los 220 pies, con la máquina perforadora tipo Jack Leg, lo cual fue de 6,77 US\$/m.

Tabla 10.

Materiales de perforación

Accesorios	Cantidad	Costo US \$/unidad	Vida útil pp	Pies Perforado	US \$/pie Perforado	Costo US \$/m
Barra cónica	1	95	1250	220	0,08	13,54
Broca de 39 mm	1	44	500	44	0,09	3,05
Broca de 38mm	1	42	500	176	0,08	10,83
Costo total						27,42

Mangueras y accesorios	Cantidad	Costo por galón US\$	Costo US \$/m	Vida útil pp	Costo US \$/m
Manguera de ½ pulgada	35 m		1,57	2100	0,02
Manguera de 1 pulgada	35 m		3,38	2100	0,04
Aceite de perforación	0,25galones	16,80			3,23
Costo total					3,29

En la Tabla 10, se especifica los costos de materiales de perforación utilizados para perforar los 220 pies, lo cual asciende a 30,71 US\$/m.

Tabla 11.
Herramientas y otros materiales

Descripción	Medida	Cantidad	Costo US \$/	Vida Útil día	Costo US \$/m
Barretillas	Unidad	3	16,55	50	0,76
Lampas	Unidad	2	12,17	120	0,16
Picos	Unidad	2	12,21	120	0,16
Alambre	kilogramo	0,25	1,56	-	0,30
Llave stilson N°14	Unidad	1	16,85	360	0,04
Atacador de madera	Unidad	3	2,63	50	0,12
Costo total					1,54

En la Tabla 11, se especifica el costo de herramientas y otros materiales utilizados en la perforación de taladros, lo cual fue de 1,54 US\$/m.

Tabla 12.
Implementos de seguridad

Descripción	Medida	Cantidad	Costo US \$/	Vida Útil días	Costo US \$/m
Protector	Unidad	4	12,97	300	0,13
Guantes de cuero	Pares	4	4,86	25	0,60
Correas porta lámpara	Unidad	4	4,95	300	0,05
Botas de jebe	Pares	4	21,27	180	0,36
Mamelucos	Unidad	4	23,55	180	0,40
Respiradora	Unidad	4	21,56	180	0,37
Filtro de respiradores	Unidad	4	5,71	15	1,17
Tapón de oídos	Pares	4	2,13	120	0,05
Ropa de jebe	Unidad	2	32,37	120	0,42
Lentes de seguridad	Unidad	4	10,26	120	0,26
Lámpara de batería	Unidad	4	116,28	120	2,98
Costo total					6,79



En la Tabla 12, se muestra el costo de los implementos de seguridad utilizados en la perforación anterior, lo cual fue de 6,79 US\$/m.

$$\text{Costo de perforación anterior} = 89,34 + 6,77 + 30,71 + 1,54 + 6,79$$

$$\text{Costo de perforación anterior} = 135,15 \text{ US$/m}$$

4.2.3 Perforación optimizada en el By Pass 723 E

Para optimizar la perforación se diseñó una nueva malla de perforación en el By Pass 723 E teniendo en cuenta los siguientes factores:

a) Toma de datos de campo:

Densidad de roca : 2,6 Tm/m³

Sección de la galería : 2,10 m x 2,20 m

Diámetro de los taladros de producción: 0,038 m

Diámetro del taladro de alivio : 0,038 m

Longitud del barreno de perforación : 5 pies = 1,52 m

b) Número de taladros:

Modelo Matemático Exsa.

$$N^{\circ} \text{ Tal} = \frac{P}{dt} + S \times Ks$$

$$P = 4\sqrt{S}$$

$$S = b \times h$$



Donde:

N° Tal = Número de taladros

P = Perímetro de la galería

S = Sección de la galería

dt = Constante

Ks = Constante

b = Base de la galería

h = Altura de galería

Tabla 13.
Coefficiente del tipo de roca

Tipo de roca	dt	Ks
Blanda	0,7	1
Semidura	0,6	1,5
Dura	0,5	2

Fuente: (Exsa, 2009)

Sección:

Datos:

$$S = b \times h$$

$$b = 2,10 \text{ m}$$

$$h = 2,20 \text{ m}$$

$$S = 2,10 \times 2,20$$



$$S = 4,62 \text{ m}^2$$

Perímetro:

$$P = 4\sqrt{S}$$

$$P = 4\sqrt{4,62}$$

$$P = 8,6 \text{ m}$$

Número de taladros:

$$N^{\circ} \text{ Tal} = \frac{P}{dt} + S \times K_s$$

$$dt = 0,50 \quad ; \quad K_s = 2,0$$

$$N^{\circ} \text{ Tal} = \frac{8,6}{0,50} + 4,62 \times 2,0$$

$$N^{\circ} \text{ Tal} = 17,2 + 9,24$$

$$N^{\circ} \text{ Tal} = 27$$

c) Cálculo del diseño de malla de perforación

Calculamos longitud de avance requerido por disparo “L”:

$$L = 0,95 \times H_{\text{longitud barreno}}$$

$$L = 0,95 \times 1,52$$

$$L = 1,44 \text{ m}$$

Como se observa en el cálculo se requiere 1,4 m de avance por disparo según longitud del barreno de perforación.



Profundidad de los taladros por el algoritmo de Holmberg:

$$\varnothing_1 = 38 \text{ mm}$$

$$H = 0,15 + 34,1\varnothing_1 - 39,4\varnothing_1^2$$

$$H = 0,15 + 34,1(0,038) - 39,4(0,038)^2$$

$$H = 1,39 \text{ m}$$

Según este primer cálculo nos da a conocer que con 38 mm del taladro de alivio se podrá alcanzar 1,39m de avance.

Cálculo del diámetro equivalente de los taladros de alivio (\varnothing_2)

$$\varnothing_2 = \varnothing_1 \times \sqrt{N}$$

$$\varnothing_2 = 0,038 \times \sqrt{1}$$

Donde:

$$\varnothing_2 = 0,038 \text{ m.}$$

$$\varnothing_1 = 0,038 \text{ m.}$$

N = Unidades.

Calculamos la longitud del taladro. Según el diámetro equivalente " \varnothing_2 ":

$$H = 0,15 + 34,1\varnothing_1 - 39,4\varnothing_1^2$$

$$H = 0,15 + 34,1(0,038) - 39,4(0,038)^2$$

Donde:



$$H = 1,39 \text{ m.}$$

$$\varnothing_2 = 0,038 \text{ m.}$$

Con este segundo calculo nos da a conocer que agregando 02 taladros de alivio si se lograra alcanzar el avance requerido de 1,39m.

Cálculo de burden y espaciamento

Primer cuadrante:

$$B_1 = 1,7 * \varnothing_2$$

$$B_1 = 1,7 * (0,038)$$

Donde:

$$B_1 = 0,07 \text{ m}$$

$$\varnothing_2 = 0,038 \text{ m}$$

Primer cuadrante según en el campo: 0,085 m.

Primer espaciamento:

$$X_1 = \sqrt{2} * B_1$$

$$X_1 = \sqrt{2} * (0,085)$$

Donde:

$$X_1 = 0,12 \text{ m}$$

$$B_1 = 0,085 \text{ m}$$



Segundo cuadrador:

$$B_2 = \frac{\sqrt{2} \times B_1 + 2X_1}{2}$$

$$B_2 = \frac{\sqrt{2} \times 0,085 + 2(0,12)}{2}$$

Donde:

$$B_2 = 0,18 \text{ m}$$

$$X_1 = 0,12 \text{ m}$$

$$B_1 = 0,085 \text{ m}$$

Primer cuadrante según en el campo: 0,20 m.

Segundo espaciamiento:

$$X_2 = \sqrt{2} \times B_2 \times 1,5$$

$$X_2 = \sqrt{2} \times 0,20 \times 1,5$$

Donde:

$$X_2 = 0,42 \text{ m}$$

$$B_2 = 0,20 \text{ m}$$

Burden en los cuadradores:

$$B_c = 0,012 \left(\frac{2\rho C}{\rho r} + 0.5 \right) \phi_c - E$$



$$B_c = 0,012 \left(\frac{2(1,15)}{2,6} + 0,5 \right) 22,225 - 0,02$$

Donde:

$$B_c = 0,35 \text{ m}$$

$$\rho_c = 22,225$$

$$\rho_r = 2,6$$

$$E = 0,02$$

Espaciamiento en los cuadradores:

$$E_c = 2,3 \times B_c$$

$$E_c = 2,3 \times 0,35$$

Donde:

$$E_c = 0,79 \text{ m}$$

$$B_c = 0,35 \text{ m}$$

Burden en la corona:

$$B_t = 0,012 \left(\frac{2\rho_c}{\rho_r} + 1,25 \right) \phi_c - E$$

$$B_t = 0,012 \left(\frac{2(1,15)}{2,6} + 1,25 \right) 22,225 - 0,02$$

Donde:

$$B_t = 0,55$$



$$\rho C = 22,225$$

$$\rho r = 2,6$$

$$E = 0,02$$

Espaciamiento en la corona:

$$E_t = 1 \times B_t$$

$$E_t = 1 \times 0,55$$

Donde:

$$E_t = 0,55 \text{ m}$$

$$B_t = 0,55 \text{ m}$$

Burden en los Hastiales:

$$B_p = 0,012 \left(\frac{2\rho C}{\rho r} + 1,13 \right) \phi_c - E$$

$$B_p = 0,012 \left(\frac{2(1,15)}{2,6} + 1,13 \right) 22,225 - 0,02$$

Donde:

$$B_p = 0,51 \text{ m}$$

$$\rho C = 22,225$$

$$\rho r = 2,6$$

$$E = 0,02 \text{ m}$$



Primer cuadrante según en el campo: 0,50 m.

Espaciamiento en los Hastiales:

$$E_p = 1 \times B_p$$

$$E_p = 1 \times 0,51$$

Donde:

$$E_p = 0,51 \text{ m}$$

$$B_p = 0,51 \text{ m}$$

Burden en el Arrastre:

$$B_a = 0,012 \left(\frac{2\rho C}{\rho r} + 0,85 \right) \phi_c - E$$

$$B_a = 0,012 \left(\frac{2(1,15)}{2,6} + 0,85 \right) 22,225 - 0,02$$

Donde:

$$B_a = 0,44 \text{ m}$$

$$\rho C = 22,225$$

$$\rho r = 2,6$$

$$E = 0,02 \text{ m}$$

Burden equivalente: 0,40m.

Espaciamiento en el Arrastre:



$$E_a = 1 \times B_a$$

$$E_a = 1 \times 0,44$$

Donde:

$$E_a = 0,44 \text{ m}$$

$$B_a = 0,44 \text{ m}$$

Resumen de los cálculos para la malla de perforación:

En la tabla 14 se evidencia el resumen obtenido de los cálculos a base de las ecuaciones que se realizaron para el espaciamiento y burden de la malla de perforación que será distribuido en el frente de trabajo, las ecuaciones pueden modificarse de acuerdo a las necesidades del lector y su aplicación en el campo.

Tabla 14.

Resumen de los resultados del cálculo de la malla optimizada

Distribución de taladros	Burden (metros)	Espaciamiento (metros)
Primer cuadrante	0,07 m	0,12 m
Segundo cuadrante	0,18 m	0,20 m
Cuadradores	0,35 m	0,79 m
Corona	0,55 m	0,55 m
Hastiales	0,51 m	0,51 m
Arrastre	0,44 m	0,44 m

En base a los cálculos realizados en el frente trabajaremos con 35 taladros cargados y 3 taladros de alivio porque no se obtuvo los resultados con 27 taladros a consecuencia de que por el tema de la litología que presentan el macizo rocoso y que este es demasiado duro por su formación geológica.



4.2.4 Resultados y datos para la perforación optimizada en el By Pass 723 E

Sección del By Pass	: 2,10 m x 2,20 m
Tipo de roca	: Roca granodiorita
Densidad de roca	: 2,6 Tm/m ³
Tipo de corte	: Corte quemado
Número de taladros vacíos	: 3 taladros
Número de taladros de producción	: 35 taladros
Longitud de taladros perforados	: 5 pies
Avance lineal	: 1,39 m
Equipo utilizado	: Jack Leg

En el nuevo diseño de malla de perforación se consideró el burden y espaciamiento según las características geomecánicas de la roca in situ del By Pass 723 E.

Tabla 15.

Taladros optimizados en el By Pass 723 E.

Descripción	N° de taladros
Alivio	3
Arranque	4
1° Ayuda arranque	4
2° Ayuda arranque	4
Cuadradores	4
Ayuda cuadradores	4
Corona	5
Ayuda corona	3
Arrastre	4
Ayuda arrastre	3
Total	38

En la Tabla 15, se muestra que en la malla optimizada se utilizó 38 taladros en el By Pass 723 E.

4.2.5 Costos de perforación optimizada en el By Pass 723 E.

Los costos de perforación se optimizaron con el nuevo diseño de malla, reduciendo el número de taladros perforados, dichos costos se especifican en las Tabla 16 hasta la tabla 20.

Tabla 16.

Mano de obra directa optimizada

T.C. 1 US\$ = S/. 3,65

Mano de obra directa	Número de personal	Jornal en Soles	Costo US \$/m
Capataz de mina	01	80	15,77
Maestro Perforista	01	70	13,80
Ayudante perforista	01	60	11,83
Bodeguero	01	55	10,84
Sub total			52,24
Leyes sociales	60 %		31,34
Costo total			83,58

En la Tabla 16, se especifica los costos de mano de obra directa incurridos en la perforación optimizada, dicho costo fue de 83,58 US\$/m.

Tabla 17.

Máquina perforadora en la optimización

Equipo	Costo US \$	Vida útil Pies/perforados	US \$/pie	Pies perforados	US \$/m
Máquina Perforadora	4875	120,000	0,04	190	5,47

En la Tabla 17, se muestra el costo de los 190 pies perforados con la máquina perforadora, en la perforación optimizada, lo cual fue de 5,47 US\$/m.

Tabla 18.

Materiales de perforación en la optimización

Accesorios	Cantidad	Costo US \$/unidad	Vida útil pp	Pies Perforados	US \$/pie Perforados	US \$/m
Barra cónica	1	95	1250	190	0,08	10,94
Broca de 39 mm	1	44	500	38	0,09	3,42
Broca de 38mm	1	42	500	152	0,08	8,75
Costo Total						23,11

Mangueras y Accesorios	Cantidad	Costo por galón US\$	Costo US \$/m	Vida útil Pp	US \$/m
Manguera de ½ pulgada	35m		1,57	2100	0,02
Manguera de 1 pulgada	35m		3,38	2100	0,04
Aceite de perforación	0,25galones	16,80			3,02
Costo total					3,08

En la Tabla 18, se indica los costos de materiales de perforación requeridos para perforar los 190 pies, lo cual fue de 26,90 US\$/m.

Tabla 19.

Herramientas y otros materiales en la optimización

Descripción	Medida	Cantidad	Costo US \$/	Vida Útil días	Costo US \$/m
Barrerillas	Unidad	3	16,55	50	0,71
Lampas	Unidad	2	12,17	120	0,15
Picos	Unidad	2	12,21	120	0,15
Alambre	kilogramo	0,25	1,56		0,28
Llave stilson N°14	Unidad	1	16,85	360	0,03
Atacadorde madera	Unidad	3	2,63	50	0,11
Costo total					1,43

En la Tabla 19, se especifica los costos de las herramientas y otros materiales utilizados en la perforación optimizada, dicho costo fue de 1,43 US\$/m.

Tabla 20.
Implementos de seguridad en la optimización

Descripción	Medida	Cantidad	Costo US \$/	Vida Útil días	Costo US \$/m
Protector	Unidad	4	12,97	300	0,12
Guantes de jebe	Pares	4	4,86	25	0,56
Correasporta lámpara	Unidad	4	4,95	300	0,05
Botas de jebe	Pares	4	21,27	180	0,34
Mamelucos	Unidad	4	23,55	180	0,38
Respiradora	Unidad	4	21,56	180	0,34
Filtro de respiradores	Unidad	4	5,71	15	1,09
Tapón de oídos	Pares	4	2,13	120	0,05
Ropa de jebe	Unidad	2	32,37	120	0,39
Lentes de seguridad	Unidad	4	10,26	120	0,25
Lámpara de batería	Unidad	4	116,28	120	2,79
Costo total					6,36

En la Tabla 20, se muestra los costos de los implementos de seguridad utilizados en la perforación optimizada.

$$\text{Costo de perforación optimizada} = 83,58 + 5,47 + 26,19 + 1,43 + 6,36$$

$$\text{Costo total de perforación optimizada US\$/m} = 123,03 \text{ US\$/m}$$

4.2.6 Resultados de perforación

En la perforación anterior se utilizó 44 taladros, con 9 taladros de corte quemado de los cuales 4 taladros fueron de alivio y 5 taladros de arranque, y en la perforación optimizada con el nuevo diseño de malla según las características del macizo rocoso se redujo a 38 taladros con una diferencia de 6 taladros, en donde se redujo 01 taladro de alivio, 01 taladro de arranque, 04 taladros de ayuda de arranque, 01 taladro de arrastre y se incrementó 01 taladro de ayuda de arrastre en el frente del By Pass 723 E de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa.

Tabla 21.*Resumen de resultados de perforación*

Descripción	Anterior	Optimizado	Diferencia	Unidad medida
Taladros perforados	44	38	6	Taladros
Taladros cargados	40	35	5	Taladros
Avance lineal/disparo	1,30	1,39	0,09	Metros
Longitud total perforado	67,06	57,91	9,15	Metros

En la Tabla 21, se especifica que en la malla anterior se perforó 44 taladros, de los cuales se cargó con explosivos 40 taladros, logrando un avance 1,30 metros por cada disparo, y en la malla optimizada se perforó 38 taladros, de los cuales se cargaron con explosivos 35 taladros, logrando un avance lineal de 1,39 metros por cada disparo realizado.

Tabla 22.*Resumen de costos de perforación*

Costo de perforación	Anterior	Optimizado	Diferencia
	US\$/m	US\$/m	US\$/m
Mano de obra	89,34	83,58	5,76
Equipo de perforación	6,77	5,47	1,30
Materiales de perforación	30,71	26,19	4,52
Herramientas y otros	1,54	1,43	0,11
Implementos de seguridad	6,79	6,36	0,43
Costo/m	135,15	123,03	12,12

En la Tabla 22, se detalla los costos de mano de obra, equipos de perforación, materiales de perforación, herramientas y otros materiales, e implementos de seguridad incurridos en la perforación anterior y en el optimizado, lo cual fue de 135,15 US\$/m y 123,03 US\$/m, respectivamente.

OBJETIVO II

Reducir los costos operativos de voladura, mediante la carga explosiva adecuada en el By Pass 723 E de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa.

4.3 VOLADURA EN EL BY PASS 723 E

4.3.1 Voladura anterior

En la voladura anterior se utilizó mayor carga explosiva debido al mayor número de taladros en la malla de perforación, cuyo diseño se realizó sin considerar las características geomecánicas de la masa rocosa, el explosivo utilizado fue Semexsa 65%.

Tabla 23.

Cantidad de explosivos utilizados en la voladura anterior

Explosivo Semexsa 65%					
Descripción	N° de taladros	N° de cart./taladro (Unidades)	Total, de cartuchos (Unidades)	Peso del cartucho (kg)	Peso total (kg)
Alivio	4	0	0	0	0
Arranque	5	7	35	0,080	2,80
1° ayuda arranque	4	6	24	0,080	1,92
2° ayuda arranque	4	6	24	0,080	1,92
3° ayuda arranque	4	5	20	0,080	1,60
Cuadradores	4	6	24	0,080	1,92
Ayuda cuadradores	4	5	20	0,080	1,60
Corona	5	5	25	0,080	2,00
Ayuda corona	3	4	12	0,080	0,96
Arrastre	5	5	25	0,080	2,00
Ayuda arrastre	2	5	10	0,080	0,80
Total	44		219		17,52

En la Tabla 23, se especifica la cantidad de cartuchos de explosivos semexsa 65%, utilizados en la voladura anterior, lo cual fue de 219 cartuchos.

a) Volumen roto



$$V = b \times h \times Lp$$

Donde:

V = Volumen roto (m³)

b = Ancho del By Pass (m)

h = Altura del By Pass (m)

Lp = Longitud de perforación (m)

$$V = 2,10 \times 2,20 \times 1,30$$

$$V = 6,01 \text{ m}^3$$

Factor de esponjamiento del volumen roto

Tabla 24.

Propiedades de las rocas ígneas.

Tipo de roca		Peso específico (t/m ³)	Tamaño de granos (mm)	Factor de esponjamiento	Resistencia a la compresión (Mpa)	
Ígneas	Intrusiva	Diorita	2,65 – 2,85	1,5 – 3	1,5	170 – 300
		Gabro	2,85 – 3,2	2	1,6	260 – 350
		Granito	2,7	0,1 – 2	1,6	200 – 350
	Extrusiva	Andesita	2,7	0,1	1,6	300 – 400
		Basalto	2,8	0,1	1,5	250 - 400
		Riolita	2,7	0,1	1,5	120
		Traquita	2,7	0,1	1,5	330

Fuente: (López, 2005)

Volumen Esponjado = volumen in situ x factor de esponjamiento

$$V. \text{ Esp.} = 6,01 \text{ m}^3 \times 1,5$$

$$V. \text{ Esp. } 9,02 \text{ m}^3$$

b) Tonelaje roto

$$Tm = V \times dr$$

Donde:



$T_m =$ Tonelada métrica de material roto

$V =$ Volumen roto

$d_r =$ Densidad de roca

$$T_m = 6,01 \times 2,60$$

$$T_m = 15,63 T_m$$

a) Factor de carga

$$F_c = \frac{Kg\text{-explosivo}}{\text{Volumen roto}}$$

$$F_c = \frac{17,52 Kg}{6,01 m^3}$$

$$F_c = 2,91 kg/m^3$$

$$F_c = \frac{Kg\text{-explosivo}}{\text{metro lineal}}$$

Fcl = Factor de carga lineal

$$F_c = \frac{17,52 Kg}{1,30 m}$$

$$F_{cl} = 13,47 Kg/m$$

b) Factor de potencia

$$F_p = \frac{Kg\text{-explosivo}}{\text{Tonelaje roto}}$$

$$F_p = \frac{17,52 Kg}{15,63 T_m}$$

$$F_p = 1,12 kg/T_m$$

Tabla 25.*Resultados en la voladura anterior*

Parámetros	Semexsa 65%
kg/disparo	17,52 kg
Volumen	6,01 m ³
Toneladas	15,63 Tm
Factor de carga	2,91 kg/m ³
Factor de potencia	1,12 kg/Tm
Factor de carga lineal	13,47 kg/m

En la Tabla 25, se especifica que en la voladura anterior se utilizó 17,52 kg de explosivo en cada disparo, para volar 15,63 Tm de mineral, con un factor de carga de 2,91 kg/m³, factor de potencia de 1,12 kg/Tm y factor de carga lineal de 13,47 kg/m.

4.3.2 Voladura optimizada en el By Pass 723 E

Para la voladura optimizada en el By Pass 723 E de la Minera Las Bravas, la carga explosiva se determinó según las características geomecánicas del macizo rocoso de la labor subterránea y se ha seleccionado el explosivo Semexsa 65%.

Tabla 26.*Cantidad de explosivos en la voladura optimizada*

Explosivo semexsa 65%					
	N° de taladros	N° de cart./taladro (Unidades)	Total de cartuchos (Unidades)	Peso del cartucho (kg)	Peso total (kg)
Alivio	3	0	0		
Arranque	4	6	24	0,080	1,92
1° Ayuda arranque	4	6	24	0,080	1,92
2° Ayuda arranque	4	5	20	0,080	1,60
Cuadradores	4	6	24	0,080	1,92
Ayuda cuadradores	4	5	20	0,080	1,60
Corona	5	5	25	0,080	2,00
Ayuda corona	3	4	12	0,080	0,96
Arrastre	4	5	20	0,080	1,60
Ayuda arrastre	3	5	15	0,080	1,20
Total	38		184		14,72



En la Tabla 26, se detalla la cantidad de cartuchos de explosivos utilizados en cada uno de los taladros de la voladura optimizada, y en total fue de 184 cartuchos, equivalente a 14,72 kg.

a) Volumen roto

$$V = b \times h \times Lp$$

Donde:

$$V = \text{Volumen roto (m}^3\text{)}$$

$$b = \text{Ancho del By Pass (m)}$$

$$h = \text{Altura del By Pass (m)}$$

$$Lp = \text{Longitud de perforación (m)}$$

$$V = 2,10 \times 2,20 \times 1,39$$

$$V = \mathbf{6,42 \text{ m}^3}$$

Volumen Esponjado = volumen in situ x factor de esponjamiento

$$V. \text{ Esp.} = 6,42 \text{ m}^3 \times 1,5$$

$$V. \text{ Esp.} = \mathbf{9,63 \text{ m}^3}$$

b) Tonelaje roto

$$Tm = V \times dr$$

Donde:

$$Tm = \text{Tonelada métrica de material roto}$$

$$V = \text{Volumen roto}$$

$$dr = \text{Densidad de roca}$$

$$Tm = 6,42 \times 2,60$$



$$Tm = 16,69 Tm$$

c) Factor de carga

$$Fc = \frac{Kg-explosivo}{Volumen roto}$$

$$Fc = \frac{14,72 Kg}{6,42 m^3}$$

$$Fc = 2,29 kg/m^3$$

$$Fcl = \frac{Kg-explosivo}{metro lineal}$$

Fcl = Factor de carga lineal

$$Fc = \frac{14,72 Kg}{1,39 m}$$

$$Fcl = 10,59 Kg/m$$

d) Factor de potencia

$$Fp = \frac{Kg-explosivo}{Tonelaje roto}$$

$$Fp = \frac{14,72 Kg}{16,69 Tm}$$

$$Fp = 0,88 kg/Tm$$

Tabla 27.

Resultados en la voladura optimizada

Parámetros obtenidos en la voladura	
Parámetros	Dinamita Semexa 65%
kg/disparo	14,72 kg
Volumen	6,42 m ³
Toneladas	16,69 Tm
Factor de carga	2,29 kg/m ³
Factor de potencia	0,88 kg/Tm
Factor de carga lineal	10,59 kg/m

En la Tabla 27, indica que en la voladura optimizada se utilizó 14,72 kg de explosivo en cada disparo realizado, para fragmentar 16,69 Tm del material, con un factor de carga de 2,29 kg/m³, factor de potencia de 0,88 kg/Tm y factor de carga lineal de 10,59 kg/m.

Tabla 28.

Resumen de resultados en voladura

Descripción	Antes	Después	Diferencia	Unidad medida
Semexsa 65%	219	184	35	Cartuchos
Carmex	40	35	5	Pieza
Mecha rápida	7	6	1	m
kg por disparo	17,52	14,72	2,16	Kg
Factor de carga	2,91	2,29	0,62	kg/m ³
Factor de potencia	1,12	0,88	0,24	kg/Tm
Factor de carga lineal	13,47	10,59	2,88	kg/m
Avance: m/disparo	1,30	1,39	0,09	m

En la Tabla 28, se resume que en la voladura anterior se utilizó 219 cartuchos Semexsa 65%, 40 unidades de Carmex, 17,52 kg de explosivo por cada disparo, y un factor de carga de 2,91 kg/m³, factor de potencia de 1,12 kg/Tm y factor de carga lineal de 13,47 Kg/m, logrando 1,30 metros de avance lineal, mientras en lo que respecta a la voladura se optimiza se utilizando 184 cartuchos Semexsa 65%. 35 unidades de Carmex, 14,72 kg de explosivo por cada disparo, y un factor de carga de 2,29 kg/m³, factor de potencia de 0,88 kg/Tm y factor de carga lineal de 10,59 kg/m, logrando un avance lineal de 1,39 metros.

4.4 COSTOS DE VOLADURA

4.4.1 Costos de la voladura anterior en el By Pass 723 E.

Los costos de la voladura anterior fueron elevados debido al mayor número de taladros en la malla anterior, en consecuencia, se utilizó mayor carga explosiva en el avance del By Pass 723 E. (Ver Tabla 28).

Tabla 29.

Materiales de voladura anterior

Insumos	Unidad	Precio US \$	Cantidad por disparo Cartuchos	US \$/m
Semexsa 65%	Cartucho	0,523	219	88,11
Carmex	Pieza	0,556	40	17,11
Mecha rápida	Metros	0,481	7	2,59
Costo total				107,81

Costo de voladura anterior: 107,81 US\$/m

En la Tabla 29, se indica los costos de materiales incurridos en la voladura anterior, lo cual fue de 107,81 US\$/m.

4.4.2 Costos de voladura optimizada en el By Pas 723 E.

Los costos de la voladura optimizada con la nueva malla de perforación y la carga explosiva adecuada, se redujo en referencia a los costos de la voladura anterior en el By Pass 723 E, los cuales se especifican en la Tabla 27.

Tabla 30.

Materiales de voladura optimizada

Insumos	Unidad	Precio US \$	Cantidad por disparo Cartuchos	US \$/m
Semexsa 65%	Cartucho	0,523	184	69,23
Carmex	Pieza	0,556	35	14,00
Mecha rápida	Metros	0,481	6	2,08
Costo total				85,31

Costo de voladura optimizada: 85,31 US\$/m

En la Tabla 30, se precisa los costos de materiales incurridos en la voladura optimizada, lo cual fue de 85,31 US\$/m.

Tabla 31.

Resumen de costos de voladura

Costo de voladura	Anterior	Optimizado	Diferencia
	US\$	US\$	US\$
Costo/metro	107,81	85,31	22,50

En la Tabla 31, se resume los costos utilizados en la voladura anterior y en el optimizado, dichos costos fueron de 107,81 US\$/m y 85,31 US\$/m respectivamente.

4.5 RESULTADOS DE VOLADURA

Según las Tablas 29, 30 y 31, los resultados fueron, en la voladura anterior se utilizó el explosivo Semexsa 65 %, un total de 219 cartuchos, Carmex 40 piezas y mecha rápida de 7 m. y en el optimizado se utilizó el explosivo Semexsa 65 %, un total de 184 cartuchos, Carmex 35 piezas y mecha rápida de 6 m, y los costos incurridos fueron en la voladura anterior 107,81 US\$/m y en el optimizado 85,31 US\$/m, obteniendo un beneficio de 22,50 US\$/m.

4.6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS CON OTRAS FUENTES

En el presente trabajo de investigación, por medio del nuevo diseño en la malla y carga explosiva, los costos operativos en perforación y voladura se redujeron de 242,96 US\$/m a 208,34 US\$/m, logrando un beneficio de 34,62 US\$/m en el By Pass 723 E de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa. Los resultados son similares al estudio realizado por Ortiz Q. (2019) en donde concluyó que con el rediseño de la malla de



perforación y la carga explosiva adecuada los costos de perforación y voladura se minimizaron de 253,21 US\$/m a 223,60 US\$/m, con un beneficio de 29,61 US\$/m,

En el presente trabajo de investigación, por medio del nuevo diseño de malla, los costos de perforación se redujeron de 135,15 US \$/m a 123,03 US \$/m, logrando un beneficio de 12,12 US\$/m en el By Pass 723 E de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa. Los resultados son similares al trabajo realizado por Mamani T. (2020) en donde concluye que, mediante la metodología de su diseño de malla, sus costos de perforación minimizaron de 158,54 US \$/m a 141,88 US \$/m, obteniendo una variación de 16,66 US\$/m.

En el presente trabajo de investigación, mediante la carga explosiva adecuada, los costos de voladura se redujeron de 107,81 US \$/m a 85,31 US \$/m, con un beneficio 22,50 US\$/m, en el By Pass 723 E de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa. Los resultados son similares al estudio realizado por Ccapa Q. (2019) en donde concluyó que por medio de la carga explosiva adecuada los costos en voladura se redujeron de 64,28 US\$/m a 53,11 US\$/m, con una variación de 11,17 US\$/m, en el desarrollo de la Galería Esmeralda 360 NW.



V. CONCLUSIONES

Según el nuevo diseño de la malla, los costos de perforación se minimizaron de 135,15 US \$/m a 123,03 US \$/m, obteniendo un beneficio de 12,12 US\$/m, en el By Pass 723 E de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa.

Los costos de voladura se redujeron de 107,81 US \$/m a 85,31 US \$/m, logrando un beneficio de 22,50 US\$/m, todo esto con la carga explosiva adecuada en el By Pass 723 E de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa.

Se mejoró los parámetros de perforación, obteniendo una correcta distribución de 38 taladros perforados, de ellos 3 son los alivios las cuales hacen un espaciamiento y burden adecuados en el By Pass 723 E de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa.



VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar el estudio de costos de carguío y acarreo en el By Pass 723 E de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa.

Se recomienda realizar un estudio geomecánico de la masa rocosa en las labores subterráneas para estandarizar la malla de perforación en la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa.

Se recomienda realizar el cálculo de la carga explosiva según las características geomecánicas de la masa rocosa en las diferentes labores subterráneas de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anchapuri, Ch. (2021). *Evaluación y optimización de perforación y voladura para la reducción de costos unitarios en la ejecución de la galería 819E - Mina Yanaquihua - Arequipa.*

Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/15229>

Bieniawski, T. (1989). *Engineering Rock Mass Classifications.*

Obtenido de <https://es.scribd.com/document/364811031/BIENIAWSKI-Z-T-ENGINEERING-ROCK-MASS-CLASSIFICATIONS-pdf>

Camac, A. (2008). *voladura de rocas. texto guía: puno.*

Cayllahua, M. (2018). *Evaluación de costos operativos en galerías de exploración para optimizar la perforación y voladura en la unidad minera las Aguilas – CIEMSA.*

Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/10669>

Ccapa, Q. (2019). *Reducción de costos de producción mediante la evaluación de las operaciones unitarias en la minera Islay de la Empresa Chungar S.A.C. – Cerro de Pasco.*

Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/11176>

Cetemin, (2019). *Manual de perforación y voladura.*

Obtenido de <https://www.minerielibrosycursos.com/2019/04/manual-de-perforacion-y-voladura-cetemin.html>

Chávez, & Yetson. (2018). *Mejora de la granulometría mediante el diseño de malla de perforación y voladura aplicando el modelo de Holmberg en la galería 370 de la zona Coturcan en la mina Huancapeti – año 2015.*



Obtenido de <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2240>

Chipana, T. (2015). *Diseño de Perforación y Voladura para Reducción de Costos en el Frente de la Galeria Progreso de la Contrata Minera Cavilquis-Corporación Minera Ananea S.A.*

Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/1937>

EXSA. (2009). Obtenido de Manual práctico de voladura:
<https://ctveonline.exsa.net/p/descarga-de-manual>

EXSA. (2019). *Manual práctico de voladura 5ta edición.*

Obtenido de <https://www.mineriadelibrosycursos.com/2019/10/manual-practico-de-voladura-5ta-edicion.html>

Guillen, S. (2019). *Optimización del diseño de malla de perforación para la estimación de costos operacionales en la zona de Pucaurco -Unidad Minera Pachancoto - Minas de Pachancoto S.A. 2019.*

Obtenido de <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8425>

Hernandez, F. (2010). *Metodología de la investigación.*

Hernández, R. (2014). Obtenido de Metodología de la investigación - Sexta Edición:
http://metabase.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/2776/506_6.pdf

López, J. (2005). *Manual de perforacion y voladura de rocas.*

Obtenido de https://www.amazon.es/Libros-EMILIO-LOPEZ-JIMENO/s?rh=n%3A599364031%2Cp_27%3AEMILIO+LOPEZ+JIMENO

Mamani, T. (2020). *Optimización de costos de producción mediante la evaluación de las operaciones de perforación y voladura en la galería N12 de la Empresa Minera*



Sotrami S.A. – Ayacucho. Obtenido de

<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/14004>

Mamani, V. (2022). *Rediseño de la malla de perforación y voladura en frentes de avance nivel 0 para reducir los costos de operación S.M. Esperanza.*

Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/14733>

María, & Artigas. (2011). *Diseño de patrones de perforación y voladura, para normalizar la fragmentación del material resultante de la mina Choco 10 empresa PMG, S.A. El Callao, Estado Bolívar.*

Obtenido de <http://saber.ucv.ve/handle/10872/15512>

Ortiz, Q.(2019). *Minimización de costos de perforación y voladura con rediseño de malla en la Galería 435 NE de la Unidad Minera Las Águilas de la Empresa Minera CIEMSA S.A. – Lampa. .*

Quispe, C. (2019). *Diseño de mallas de perforación y voladura y su incidencia en los costos unitarios en la Unidad Minera Chalhuane.*

Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/9432>

Ricaldi, E. (2018). *Planeamiento de minado en veta filoneana con buzamiento promedio a 45° en la mina smrl las Bravas n° 2 de Ica-2017.*

Sahuinco, C. (2019). *Diseño de perforación y voladura en minería convencional para minimizar los costos en el frente de labores de desarrollo Compañía Minera Yanaquihua S.A.C.*

Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/9952>



Sanz, C. & José. (1998). *Manual para el control y diseño de voladuras en obras de carreteras*. Obtenido de <https://normativadecarreteras.com/listing/manual-control-diseno-voladuras-obras-carreteras/>

Umaña, T. (2014). *Reducción y optimización de costos operativos en perforación y voladura Minera Yanaquihua S.A.C. E.E. Adgeminco S.A.C.*

Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3940>

Ynquilla, M. (2018). *Diseño de mallas de perforación para la estandarización del frente de la galería de desarrollo nivel intermedio de la corporación minera Ananea S.A.*

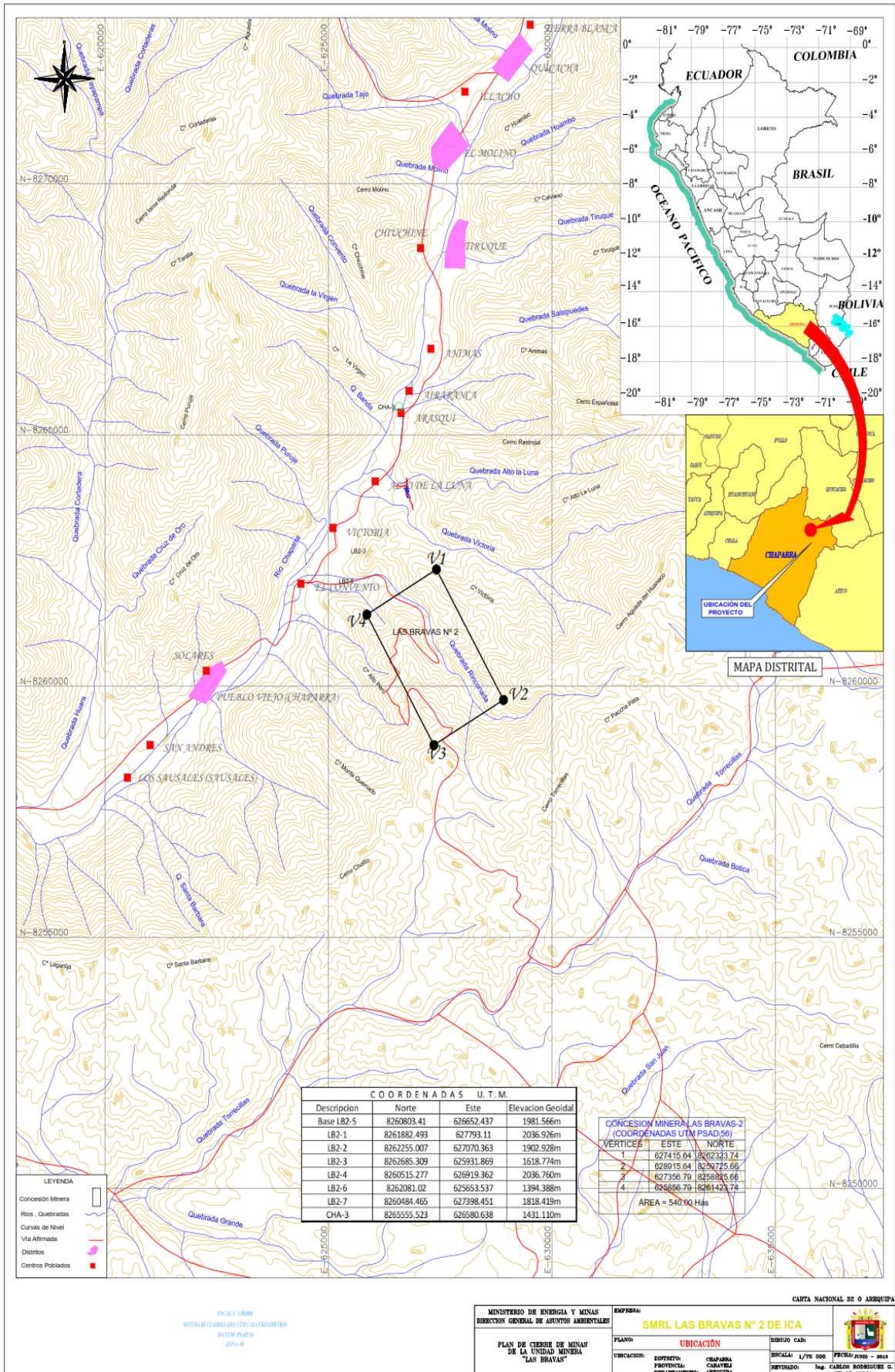
Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7228>



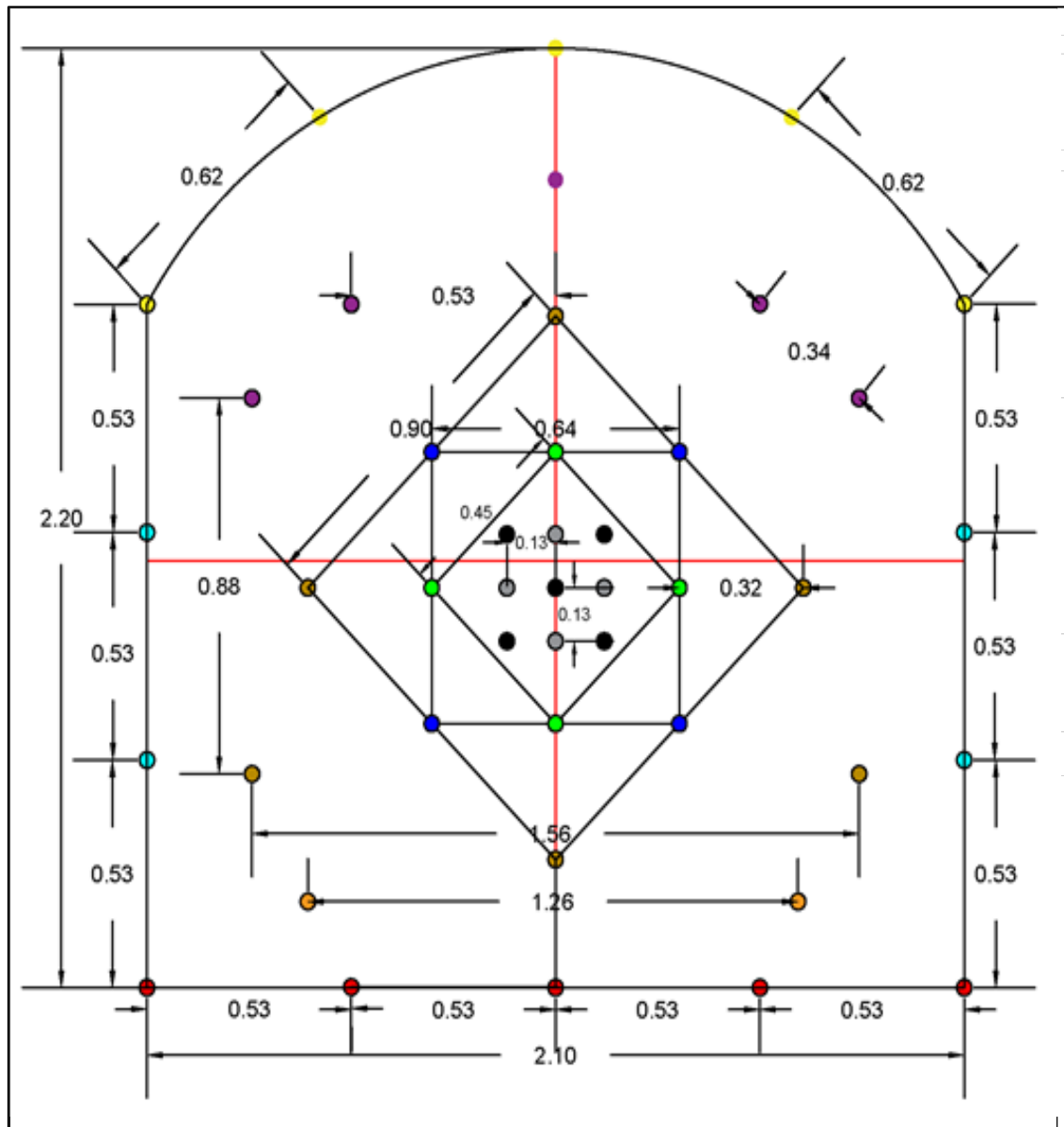
ANEXOS



ANEXO N° 1. Plano de ubicación de la Unidad Minera Las Bravas N° 2 - Arequipa.

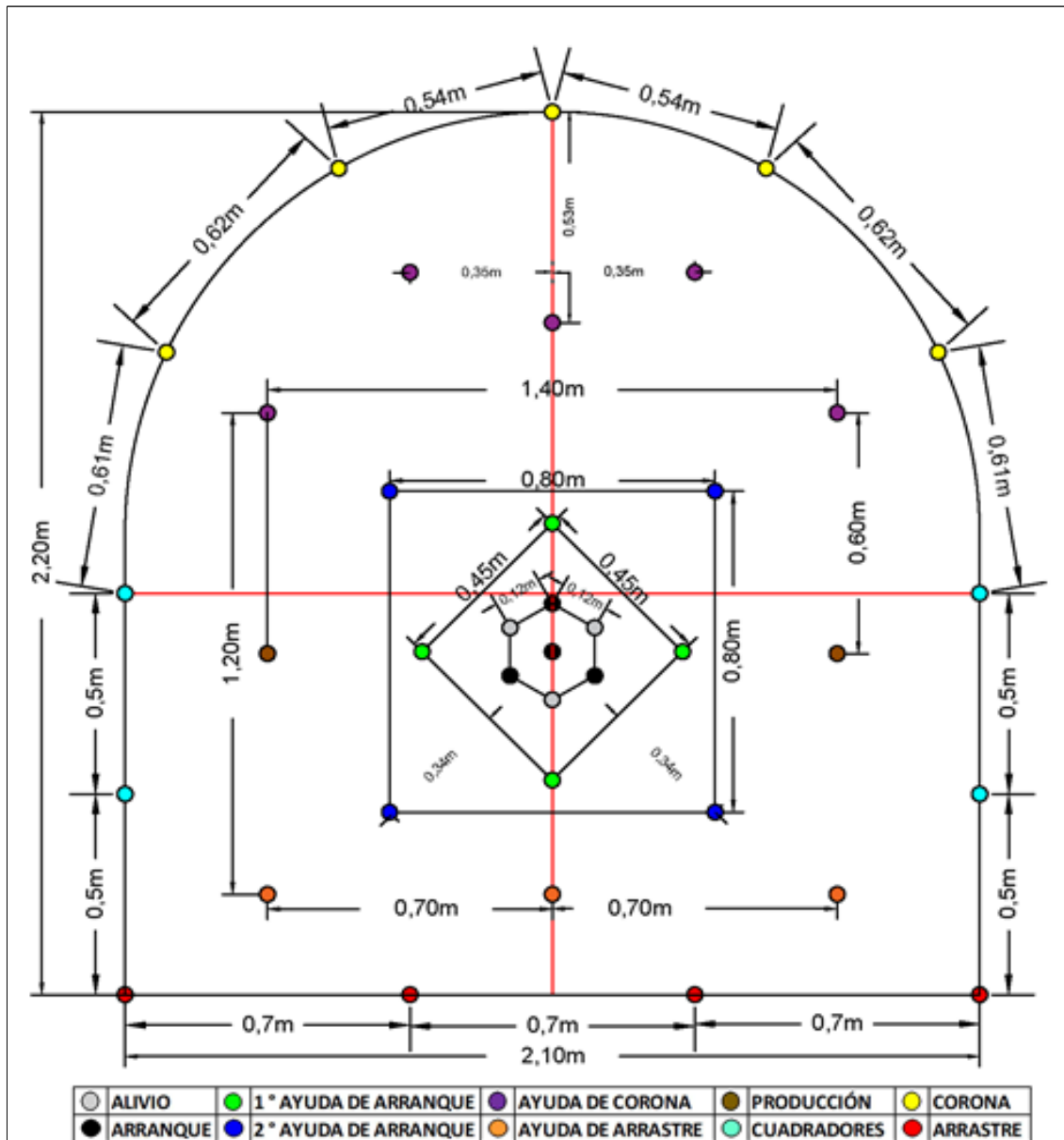


ANEXO N° 2. Malla de perforación anterior



	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS			
	Reducción de costos operativos en perforación y voladura con nuevo diseño de malla y carga explosiva en el By Pass 723 e de la Compañía minera las Bravas n° 2 - Arequipa.			
Presentado por:	Bach. Julio Edy AGUILAR PINO		Lámina: <h1 style="font-size: 2em;">2</h1>	
Título:	Malla de perforación BP 723 E Nv 1820	Fecha:		1/02/2022
Fuente:	Cia. Minera las bravas N° 2 - Arequipa	Escala:		1/100

ANEXO N° 3. Malla de perforación optimizado.



	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS</p>	<p>LAS BRAVAS</p>
Reducción de costos operativos en perforación y voladura con nuevo diseño de malla y carga explosiva en el By Pass 723 e de la Compañía minera las Bravas n° 2 - Arequipa.		Lámina: 3
Presentado por	Bach. Julio Edy AGUILAR PINO	
Titulo:	Diseño malla de perforación BP 723 E Nv 1820	Fecha: 1/02/2022
Fuente:	Cia. Minera las bravas N° 2 - Arequipa	Escala: 1/100

ANEXO N° 4. Columna estratigráfica regional.

ERA	SISTEMA	SERIE	PISO	EDAD M.A.	LITOLOGÍA	POT. (m)	FORMACIÓN	CARACTERÍSTICAS
CENOZOICO	CUATERNARIO							ALUVIALES, COLUVIALES Y FLUVIALES
	TERCIARIO	NEOGENO	PLIOCENO	5		200	SENCCA	VOLCÁNICOS PIROCLÁSTICOS, TUFOS, TOBAS, DACITAS, RIOLITAS, ANDESITAS
	CRETÁCICO	SUPERIOR	ALBIANO	80		500	BELLA UNIÓN	ROCAS SUB VOLCÁNICAS HIPABISALES BRECHAS ANDESÍTICAS, DASÍTICAS CON BLOQUES ANGULOSOS Y SUB ANGULOSOS INTRUIDOS POR DIQUESANDESÍTICOS Y DACÍTICOS
			CAMPANIANO	85			UNIDAD TIABAYA	PERTENECE AL BATOLITO DE LA COSTA, SE TIENE LA UNIDAD LINGA TIABAYA COMPUESTA MAYORMENTE POR GRANODIORITAS DIORITAS, TONALITAS Y GABROS; ESTÁ INTRUIDA POR DIQUES DE LAMPRÓFIDO, ANDESITAS, MICRODIORÍTICOS Y MICROGRANÍTICOS
MESOZOICO	JURÁSICO	SUPERIOR	CALOVANO	166		700	GUANEROS	ESTA CONFORMADA POR ARENISCAS BLANCAS, VERDES Y ROJAS DE GRANO MEDIO A GRUESO, INTERCALADAS CON LUTITAS ABIGARRADAS, LIMOLITAS Y MARGAS FOSILÍFERAS, SEGUIDA DE UNA SECUENCIA DE ANDESITAS PORFÍRICAS INTERCALADAS CON BRECHA VOLCÁNICA
		MEDIO						
		INFERIOR	LIÁSICO	180		1,500	CHOCOLATE	ESTÁ AGRUPADA EN DOS MIEMBROS, EL INFERIOR DENOMINADO CHALA CONSTITUIDO POR ARENISCAS, CONGLOMERADOS Y BRECHAS ANDESÍTICAS, EL MIEMBRO SUPERIOR LUCMILLA CONFORMADO PRINCIPALMENTE POR ANDESITAS PORFÍRICAS DE COLOR MARRÓN

	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS		
	Reducción de costos operativos en perforación y voladura con nuevo diseño de malla y carga explosiva en el By Pass 723 e de la Compañía minera las Bravas n° 2 - Arequipa.		
Presentado por	Bach. Julio Edy AGUILAR PINO		4
Título:	Columna Estratigráfica Regional	Fecha: 1/08/2022	
Fuente:	Cia. Minera las bravas N° 2 - Arequipa	Escala: S/E	

ANEXO N° 5. Proyecto BP 723E en veta cambio.

	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS</p>	
<p>Reducción de costos operativos en perforación y voladura con nuevo diseño de malla y carga explosiva en el By Pass 723 e de la Compañía minera Las Bravas n° 2 - Arequipa.</p>		
<p>Presentado por Bach. Julio Edy AGUILAR PINO</p>		
<p>Título: Proyecto del By Pass 723 E en Veta cambio</p>		<p>Fecha: 1/02/2022</p>
<p>Fuente: Cia. Minera las bravas N° 2 - Arequipa</p>		<p>Escala: 1/500</p>
<p><i>Lámina:</i> 5</p>		

ANEXO N° 6. Base de datos de los 24 Turnos en evaluación.

Fecha	MES	SEMANA	MAESTRO	AYUDANTE	ZONA	LIDER DE LABOR	SUPERVISOR	Turno	Labor	tipo de Roca GSI	ACTIVIDAD	Longitud del barreno (pies)	Profundidad del Taladro (m)	Eficiencia(m) 90%	Avance (m)	AVANCE REAL	N° de Taladros perforados	N° de Taladros cargados	№ de Taladros	Ancho (m)	Altura (m)	Peso específico (TM / m3)	PES PERFORADOS	m ² / Disparo	m ³ / Disparo	TM / Disparo	PLANIMETRA 45% (Und)	PLANIMETRA 65% (Und)	PLANIMETRA 80% (Und)	Carmex 7'(Und)	Echeta Rapida (m)	Kl-expl/disparo	kg / m ³	kg / m ³
10-Ene	Ene	2	1	1	CAMBO	MARCO VARGAS	FELIPE CANAZA	DIA	BP-723 E	II	PV	5	1.5	1.42	1.30	1.22	45	41	4	2.10	2.20	26	2250	4.62	6.01	156	217	217	41	8	17.39	13.36	2.89	1.11
10-Ene	Ene	2	1	1	CAMBO	JHON CANAZA	DEMETRIO CABANA	NOCHE	BP-723 E	II	PV	5	1.5	1.42	1.30	1.25	48	44	4	2.10	2.20	26	2400	4.62	6.01	156	229	229	44	9	18.35	14.10	3.05	1.17
11-Ene	Ene	3	1	1	CAMBO	MARCO VARGAS	FELIPE CANAZA	DIA	BP-723 E	II	PV	5	1.5	1.42	1.30	1.30	44	40	4	2.10	2.20	26	2200	4.62	6.01	156	215	215	40	8	17.23	13.24	2.87	1.10
11-Ene	Ene	3	1	1	CAMBO	JHON CANAZA	DEMETRIO CABANA	NOCHE	BP-723 E	II	PV	5	1.5	1.42	1.30	1.23	46	42	4	2.10	2.20	26	2300	4.62	6.01	156	218	218	42	8	17.47	13.43	2.91	1.12
12-Ene	Ene	3	1	1	CAMBO	MARCO VARGAS	FELIPE CANAZA	DIA	BP-723 E	II	PV	5	1.5	1.42	1.30	1.10	44	40	4	2.10	2.20	26	2200	4.62	6.01	156	219	219	40	7	17.55	13.49	2.92	1.12
12-Ene	Ene	3	1	1	CAMBO	JHON CANAZA	DEMETRIO CABANA	NOCHE	BP-723 E	II	PV	5	1.5	1.42	1.30	1.11	43	39	4	2.10	2.20	26	2150	4.62	6.01	156	216	216	39	8	17.31	13.30	2.88	1.11
13-Ene	Ene	3	1	1	CAMBO	MARCO VARGAS	FELIPE CANAZA	DIA	BP-723 E	II	PV	5	1.5	1.42	1.30	1.00	44	40	4	2.10	2.20	26	2200	4.62	6.01	156	215	215	40	9	17.23	13.24	2.87	1.10
13-Ene	Ene	3	1	1	CAMBO	JHON CANAZA	DEMETRIO CABANA	NOCHE	BP-723 E	II	PV	5	1.5	1.42	1.30	1.20	43	39	4	2.10	2.20	26	2150	4.62	6.01	156	218	218	39	7	17.47	13.43	2.91	1.12
14-Ene	Ene	3	1	1	CAMBO	MARCO VARGAS	FELIPE CANAZA	DIA	BP-723 E	II	PV	5	1.5	1.42	1.30	1.20	43	39	4	2.10	2.20	26	2150	4.62	6.01	156	218	218	39	8	17.47	13.43	2.91	1.12
14-Ene	Ene	3	1	1	CAMBO	JHON CANAZA	DEMETRIO CABANA	NOCHE	BP-723 E	II	PV	5	1.5	1.42	1.30	1.10	44	40	4	2.10	2.20	26	2200	4.62	6.01	156	212	212	40	9	16.99	13.06	2.83	1.09
15-Ene	Ene	3	1	1	CAMBO	MARCO VARGAS	FELIPE CANAZA	DIA	BP-723 E	II	PV	5	1.5	1.42	1.30	1.00	46	42	4	2.10	2.20	26	2300	4.62	6.01	156	223	223	42	10	17.87	13.73	2.97	1.14
15-Ene	Ene	3	1	1	CAMBO	JHON CANAZA	DEMETRIO CABANA	NOCHE	BP-723 E	II	PV	5	1.5	1.42	1.30	1.00	44	40	4	2.10	2.20	26	2200	4.62	6.01	156	212	212	40	9	16.99	13.06	2.83	1.09
16-Ene	Ene	3	1	1	CAMBO	JHON CANAZA	DEMETRIO CABANA	DIA	BP-723 E	II	PV	5	1.5	1.42	1.30	1.10	45	41	4	2.10	2.20	26	2250	4.62	6.01	156	221	221	41	8	17.71	13.61	2.95	1.13
16-Ene	Ene	3	1	1	CAMBO	EDUARDO PAUCARCA JA	LEONIDAS LLASA	NOCHE	BP-723 E	II	PV	5	1.5	1.42	1.30	1.20	45	41	4	2.10	2.20	26	2250	4.62	6.01	156	221	221	41	8	17.71	13.61	2.95	1.13
17-Ene	Ene	3	1	1	CAMBO	JHON CANAZA	DEMETRIO CABANA	DIA	BP-723 E	II	PV	5	1.5	1.42	1.30	1.20	44	40	4	2.10	2.20	26	2200	4.62	6.01	156	219	219	40	7	17.55	13.49	2.92	1.12
17-Ene	Ene	3	1	1	CAMBO	EDUARDO PAUCARCA JA	LEONIDAS LLASA	NOCHE	BP-723 E	II	PV	5	1.5	1.42	1.30	1.20	44	40	4	2.10	2.20	26	2200	4.62	6.01	156	220	220	40	7	17.63	13.55	2.93	1.13
18-Ene	Ene	4	1	1	CAMBO	JHON CANAZA	DEMETRIO CABANA	DIA	BP-723 E	II	PV	5	1.5	1.42	1.30	1.10	44	40	4	2.10	2.20	26	2200	4.62	6.01	156	220	220	40	8	17.63	13.55	2.93	1.13
18-Ene	Ene	4	1	1	CAMBO	EDUARDO PAUCARCA JA	LEONIDAS LLASA	NOCHE	BP-723 E	II	PV	5	1.5	1.42	1.30	1.10	44	40	4	2.10	2.20	26	2200	4.62	6.01	156	218	218	40	8	17.47	13.43	2.91	1.12
19-Ene	Ene	4	1	1	CAMBO	JHON CANAZA	DEMETRIO CABANA	DIA	BP-723 E	II	PV	5	1.5	1.42	1.30	1.20	43	39	4	2.10	2.20	26	2150	4.62	6.01	156	214	214	39	7	17.15	13.18	2.85	1.10
19-Ene	Ene	4	1	1	CAMBO	EDUARDO PAUCARCA JA	LEONIDAS LLASA	NOCHE	BP-723 E	II	PV	5	1.5	1.42	1.30	1.20	43	39	4	2.10	2.20	26	2150	4.62	6.01	156	216	216	39	9	17.31	13.30	2.88	1.11
20-Ene	Ene	4	1	1	CAMBO	JHON CANAZA	DEMETRIO CABANA	DIA	BP-723 E	II	PV	5	1.5	1.42	1.30	1.00	44	40	4	2.10	2.20	26	2200	4.62	6.01	156	213	213	40	8	17.07	13.12	2.84	1.09
20-Ene	Ene	4	1	1	CAMBO	EDUARDO PAUCARCA JA	LEONIDAS LLASA	NOCHE	BP-723 E	II	PV	5	1.5	1.42	1.30	1.20	45	41	4	2.10	2.20	26	2250	4.62	6.01	156	222	222	41	8	17.79	13.67	2.96	1.14
21-Ene	Ene	4	1	1	CAMBO	JHON CANAZA	DEMETRIO CABANA	DIA	BP-723 E	II	PV	5	1.5	1.42	1.30	1.10	46	42	4	2.10	2.20	26	2300	4.62	6.01	156	228	228	42	9	18.27	14.04	3.04	1.17
21-Ene	Ene	4	1	1	CAMBO	EDUARDO PAUCARCA JA	LEONIDAS LLASA	NOCHE	BP-723 E	II	PV	5	1.5	1.42	1.30	1.20	46	42	4	2.10	2.20	26	2300	4.62	6.01	156	224	224	42	8	17.95	13.80	2.99	1.15

ANEXO N° 7. Base de datos de los 20 Turnos con el nuevo diseño de malla de perforación y carga explosiva.

Fecha	MES	SEMANA	MAESTRO	AYUDANTE	ZONA	LIDER DE LABOR	SUPERVISOR	Turno	Labor	tipo de Roca GSI	ACTIVIDAD	Longitud del barreno (pies)	Profundidad del Taladro (m)	Eficiencia(m) 80%	Avance (m)	AVANCE REAL	N° de Taladros perforados	N° de Taladros cargados	N° de Taladros	Ancho (m)	Altura (m)	Peso específico (TM / m3)	PIES PERFORADOS	m2 / Disparo	m3 / Disparo	TM / Disparo	PANAMTA 45% (Und)	PANAMTA 65% (Und)	PANAMTA 80% (Und)	Carmax 7(und)	Fecha Rapida (m)	Ki-Expl/disparo	kg / ml	kg / m ³	Kg / TM
1-Feb	Feb 6	1	1	1	CAMBO	EDUARDO PAUCARCA JA	LEONIDAS LLASA	DIA	BP-723E	II	PV	5	1.5	1.42	1.39	1.38	40	36	4	2.10	2.20	2.6	2000	4.62	6.42	16.7	188	190	194	36	7	15.84	11.39	2.47	0.95
1-Feb	Feb 6	1	1	1	CAMBO	MARCO VARGAS	FELIPE CANAZA	NOCHE	BP-723E	II	PV	5	1.5	1.42	1.39	1.35	39	35	4	2.10	2.20	2.6	1950	4.62	6.42	16.7	184	184	184	35	7	15.20	10.93	2.37	0.91
2-Feb	Feb 6	1	1	1	CAMBO	EDUARDO PAUCARCA JA	LEONIDAS LLASA	DIA	BP-723E	II	PV	5	1.5	1.42	1.39	1.38	40	36	4	2.10	2.20	2.6	2000	4.62	6.42	16.7	194	194	194	36	7	15.52	11.16	2.42	0.93
2-Feb	Feb 6	1	1	1	CAMBO	MARCO VARGAS	FELIPE CANAZA	NOCHE	BP-723E	II	PV	5	1.5	1.42	1.39	1.33	39	35	4	2.10	2.20	2.6	1950	4.62	6.42	16.7	180	180	180	35	7	15.20	10.93	2.37	0.91
3-Feb	Feb 6	1	1	1	CAMBO	EDUARDO PAUCARCA JA	LEONIDAS LLASA	DIA	BP-723E	II	PV	5	1.5	1.42	1.39	1.37	39	36	3	2.10	2.20	2.6	1950	4.62	6.42	16.7	189	189	189	36	7	15.12	10.87	2.35	0.91
3-Feb	Feb 6	1	1	1	CAMBO	MARCO VARGAS	FELIPE CANAZA	NOCHE	BP-723E	II	PV	5	1.5	1.42	1.39	1.38	39	36	3	2.10	2.20	2.6	1950	4.62	6.42	16.7	189	189	189	36	7	15.12	10.87	2.35	0.91
4-Feb	Feb 6	1	1	1	CAMBO	EDUARDO PAUCARCA JA	LEONIDAS LLASA	DIA	BP-723E	II	PV	5	1.5	1.42	1.39	1.33	38	35	3	2.10	2.20	2.6	1900	4.62	6.42	16.7	184	184	184	35	6	14.72	10.59	2.29	0.88
4-Feb	Feb 6	1	1	1	CAMBO	MARCO VARGAS	FELIPE CANAZA	NOCHE	BP-723E	II	PV	5	1.5	1.42	1.39	1.37	38	35	3	2.10	2.20	2.6	1900	4.62	6.42	16.7	184	184	184	35	6	14.72	10.59	2.29	0.88
5-Feb	Feb 6	1	1	1	CAMBO	EDUARDO PAUCARCA JA	LEONIDAS LLASA	DIA	BP-723E	II	PV	5	1.5	1.42	1.39	1.35	38	35	3	2.10	2.20	2.6	1900	4.62	6.42	16.7	184	184	184	35	6	14.72	10.59	2.29	0.88
5-Feb	Feb 6	1	1	1	CAMBO	MARCO VARGAS	FELIPE CANAZA	NOCHE	BP-723E	II	PV	5	1.5	1.42	1.39	1.39	38	35	3	2.10	2.20	2.6	1900	4.62	6.42	16.7	184	184	184	35	6	14.72	10.59	2.29	0.88
6-Feb	Feb 6	1	1	1	CAMBO	EDUARDO PAUCARCA JA	LEONIDAS LLASA	DIA	BP-723E	II	PV	5	1.5	1.42	1.39	1.36	38	35	3	2.10	2.20	2.6	1900	4.62	6.42	16.7	184	184	184	35	6	14.72	10.59	2.29	0.88
6-Feb	Feb 6	1	1	1	CAMBO	MARCO VARGAS	FELIPE CANAZA	NOCHE	BP-723E	II	PV	5	1.5	1.42	1.39	1.35	38	35	3	2.10	2.20	2.6	1900	4.62	6.42	16.7	184	184	184	35	6	14.72	10.59	2.29	0.88
7-Feb	Feb 6	1	1	1	CAMBO	MARCO VARGAS	FELIPE CANAZA	DIA	BP-723E	II	PV	5	1.5	1.42	1.39	1.38	38	35	3	2.10	2.20	2.6	1900	4.62	6.42	16.7	184	184	184	35	6	14.72	10.59	2.29	0.88
7-Feb	Feb 6	1	1	1	CAMBO	JHON CANAZA	DEMETRIO CABANA	NOCHE	BP-723E	II	PV	5	1.5	1.42	1.39	1.35	38	35	3	2.10	2.20	2.6	1900	4.62	6.42	16.7	184	184	184	35	6	14.72	10.59	2.29	0.88
8-Feb	Feb 7	1	1	1	CAMBO	MARCO VARGAS	FELIPE CANAZA	DIA	BP-723E	II	PV	5	1.5	1.42	1.39	1.38	38	35	3	2.10	2.20	2.6	1900	4.62	6.42	16.7	184	184	184	35	6	14.72	10.59	2.29	0.88
8-Feb	Feb 7	1	1	1	CAMBO	JHON CANAZA	DEMETRIO CABANA	NOCHE	BP-723E	II	PV	5	1.5	1.42	1.39	1.36	38	35	3	2.10	2.20	2.6	1900	4.62	6.42	16.7	184	184	184	35	6	14.72	10.59	2.29	0.88
9-Feb	Feb 7	1	1	1	CAMBO	MARCO VARGAS	FELIPE CANAZA	DIA	BP-723E	II	PV	5	1.5	1.42	1.39	1.37	38	35	3	2.10	2.20	2.6	1900	4.62	6.42	16.7	184	184	184	35	6	14.72	10.59	2.29	0.88
9-Feb	Feb 7	1	1	1	CAMBO	JHON CANAZA	DEMETRIO CABANA	NOCHE	BP-723E	II	PV	5	1.5	1.42	1.39	1.39	38	35	3	2.10	2.20	2.6	1900	4.62	6.42	16.7	184	184	184	35	6	14.72	10.59	2.29	0.88
10-Feb	Feb 7	1	1	1	CAMBO	MARCO VARGAS	FELIPE CANAZA	DIA	BP-723E	II	PV	5	1.5	1.42	1.39	1.39	38	35	3	2.10	2.20	2.6	1900	4.62	6.42	16.7	184	184	184	35	6	14.72	10.59	2.29	0.88
10-Feb	Feb 7	1	1	1	CAMBO	JHON CANAZA	DEMETRIO CABANA	NOCHE	BP-723E	II	PV	5	1.5	1.42	1.39	1.38	38	35	3	2.10	2.20	2.6	1900	4.62	6.42	16.7	184	184	184	35	6	14.72	10.59	2.29	0.88

ANEXO N° 8. Fotografía de mi persona y el sub gerente de operaciones con el nuevo diseño de malla en el By Pass 723 E.



ANEXO N° 9. Fotografía del personal realizando el carguío de taladros en la nueva malla de perforación del By Pass 723 E.



ANEXO N° 10. Matriz de consistencia del proyecto de Investigación.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES INDICADORES	E
<p>PROBLEMA GENERAL ¿Cómo se reduce los costos operativos de perforación y voladura en el By Pass 723 E de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa?</p> <p>PROBLEMA ESPECIFICO a) ¿Cómo reducir los costos operativos de perforación en el By Pass 723 E de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa?</p> <p>b) ¿Cuál es la reducción de los costos operativos de voladura en el By Pass 723 E de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL Reducir los costos operativos en perforación y voladura con nuevo diseño de malla y carga explosiva en el By Pass 723 E de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa.</p> <p>OBJETIVO ESPECIFICO a) Reducir los costos operativos de perforación, con nuevo diseño de malla en el By Pass 723 E de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa.</p> <p>b) Reducir los costos operativos de voladura, mediante la carga explosiva adecuada en el By Pass 723 E de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa.</p>	<p>HIPOTESIS GENERAL Mediante el diseño de la nueva malla de perforación y la carga explosiva adecuada, se reduce los costos operativos de perforación y voladura en el By Pass 723 E de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa.</p> <p>HIPOTESIS ESPECIFICAS a) Con el nuevo diseño de malla se reduce los costos operativos de perforación en el By Pass 723 E de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa.</p> <p>b) Con la carga explosiva adecuada se reduce los costos operativos de voladura en el By Pass 723 E de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE Malla de perforación y carga explosiva en el By Pass 723 E de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa.</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE Costos operativos de perforación y voladura en el By Pass 723 E de la Compañía Minera Las Bravas N° 2 – Arequipa.</p>	
<p>METODO Y DISEÑO Investigación pertenece al tipo experimental DISEÑO: La investigación fue de un enfoque cuantitativo</p>	<p>POBLACIÓN Y MUESTRA Se trabaja con todas las labores mencionadas en este proyecto de investigación y la muestra es netamente el By Pass 723 E.</p>	<p>TECNICAS E INSTRUMENTOS Técnicas: Observación bajo documentos y observación directa, datos estadísticos. Instrumentos: reportes de guardia, numero de taladros perforados, cantidad de los explosivos, avance en metros lineales por guardia.</p>		