

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y
CIVIL**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS:

**“Diseño de malla de perforación para reducir costos en el frente
de labores de desarrollo Gold Perú Misti S.A.C. 2022”**

Para optar el título profesional de:
INGENIERO DE MINAS

PRESENTADO POR:
Bach. Edwar Hermilio QUISPE HUAMACCTO

ASESOR:
Msc. Ing. Roberto Juan GUTIÉRREZ PALOMINO

AYACUCHO - PERÚ

2022

DEDICATORIA

A Dios, por guiarme en cada paso de este camino y darme la fortaleza para superar los desafíos.

A mi familia, por su amor incondicional, apoyo constante y paciencia durante todo este proceso. A mis padres, por enseñarme la importancia de la perseverancia y el esfuerzo. Sin su respaldo emocional y su fe en mí, este logro no habría sido posible.

A mis amigos y compañeros, por su camaradería, por los momentos de aprendizaje compartido y por estar siempre presentes en los momentos de dificultad.

A mis profesores y mentores, por su dedicación y por brindarme el conocimiento y las herramientas necesarias para desarrollar esta tesis. Su orientación ha sido fundamental para alcanzar este objetivo.

Finalmente, a todas las personas que han contribuido directa o indirectamente a mi formación y que, con su apoyo, han hecho posible este capítulo tan importante en mi vida. Este trabajo está dedicado a todos ustedes.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga por brindarme la oportunidad de formarme como profesional, así como a todos los docentes que, con su conocimiento y dedicación, contribuyeron a mi desarrollo académico.

De igual manera, agradezco profundamente a la Minera Gold Perú Misti S.A.C. por su apoyo y colaboración durante el desarrollo de esta tesis, lo cual ha sido esencial para la obtención de los resultados presentados.

A todos quienes de alguna manera han sido parte de este proceso, mi más sincero agradecimiento por su apoyo y confianza.

RESUMEN

Reducir costos y mejorar la producción en la industria y sector de la minería tiene un objetivo común, considerando que se debe de evaluar las operaciones unitarias del proceso de producción aplicando estándares operativos y de seguridad.

Minera Gold Perú Misti S.A.C. en su proyecto minero Bonanza 2019 aplico un proceso de mejora continua dentro de sus operaciones considero la evaluación y prueba de la malla de perforación de su galería principal del Nv 427 para poder identificar las deficiencias de la perforación y voladura, producto de la observación de que las perforaciones se llevaban a cabo con la base de experiencia y forma empírica, esto generaba voladuras poco eficientes y un uso incorrecto de explosivos de tal manera de estandarizar conjuntamente con una evaluación geomecánica para seleccionar el explosivo adecuado además de la cantidad correcta.

La modificación de la malla de perforación permitirá alcanzar eficiencia mediante la aplicación correcta de los parámetros de perforación como el diámetro adecuado que contemple el paralelismo en los taladros.

Esta tesis DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN PARA REDUCIR COSTOS EN EL FRENTE DE LABORES DE DESARROLLO GOLD PERÚ MISTI S.A.C. 2022, es de tipo aplicativo, de nivel correlacional, con un diseño investigativo de orden cuasi experimental, que tiene por finalidad la de reducir costos en las operaciones, se aplicara reportes, cuadros, gráficos, diseños, ecuaciones y otros.

En relación a los costos que influyen en la perforación así como la voladura en el frente del Nv 427 por metro lineal con la malla inicial se tuvo un costo de \$199.24 dólares por metro lineal, después de realizado la evaluación se tiene una reducción de \$180.84 dólares por metro lineal, como resultado tenemos una diferencia de \$18.40 dólares por metro lineal lo que hace significativo la aplicación del nuevo diseño de malla con un 9.24% de reducción de costo.

Palabras clave: Malla de perforación, explosivo, geomecánica.

ABSTRACT

Reducing costs and improving production in the mining industry is a common objective, considering that the unit operations of the production process must be evaluated by applying operational and safety standards.

Minera Gold Perú Misti S.A.C. In its Bonanza 2019 mining project, it applied a continuous improvement process within its operations, considering the evaluation and testing of the drilling mesh of its main gallery of Nv 427 in order to identify the deficiencies of drilling and blasting, as a result of the observation that Drilling was carried out based on experience or empirically, which generated inefficient blasting and incorrect use of explosives in such a way as to standardize together with a geomechanical evaluation to select the appropriate explosive in addition to the correct quantity.

Modifying the drilling mesh will allow efficiency to be achieved through the correct application of drilling parameters such as the optimal diameter and parallelism of the drill.

This thesis DESIGN OF DRILLING MESH TO REDUCE COSTS ON THE FRONT OF DEVELOPMENT WORK GOLD PERÚ MISTI S.A.C. 2022, is of an application type, correlational level, with a quasi-experimental research design, whose purpose is to reduce costs in operations, reports, tables, graphs, designs, equations and others will be applied.

In relation to the costs of drilling and blasting in the front of Lv 427 per linear meter with the initial mesh, the cost was \$199.24 dollars. per linear meter, after the evaluation is carried out there is a reduction of \$180.84 dollars per linear meter, as a result we have a difference of \$18.40 dollars per linear meter which makes the application of the new mesh design significant with a 9.24% cost reduction.

Keywords: Drilling mesh, explosive, geomechanics.

INDICE

PAGINA DE APROBACION	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
INDICE	vii
LISTA DE TABLAS.....	xi
LISTA DE ILUSTRACIONES.....	xiii
LISTA DE GRAFICOS.....	xiv
ANEXOS	xv
INTRODUCCION	16
CAPITULO I	20
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
1.1. Realidad Problemática	20
1.2. Problema de la Investigación	20
1.2.1. Problema Principal	20
1.2.2. Problema secundario	20
1.3. Objetivos	21
1.3.1. Objetivo general.....	21
1.3.2. Objetivos Específicos.....	21
1.4. Hipótesis	21
1.4.1. Hipótesis General.....	21
1.4.2. Hipótesis Específicas	21
1.5. Justificación.	21
CAPITULO II	23
MARCO TEORICO.....	23
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	23
2.1.1. Antecedentes a Nivel Nacional	23
2.1.2. Antecedentes a Nivel Internacional.....	24
2.2. Bases teóricas.....	24

2.2.1. Yacimiento Geológico	24
2.2.2. Geomecánica.....	25
2.2.3. Mecánica de Rocas.....	25
2.2.4. Macizo Rocoso.....	26
2.2.5. Anisotropía.....	26
2.2.6. Discontinuidad	26
2.2.7. Heterogeneidad.....	26
2.2.8. Perforación.....	26
2.2.9. Trazos de Arranque	27
2.2.10. Distribución y Denominación de Taladros.....	28
2.2.11. Malla de Perforación	29
2.2.12. Diseño de la Malla de Perforación y Cálculo de Carga	30
2.2.13. Diseño de Malla por el Algoritmo de Holmberg	31
2.2.14. Cálculo y distribución de la carga explosiva	32
2.2.15. Condiciones de perforación	33
2.2.16. Errores y defectos en la perforación	33
2.2.17. Accesorios de Perforación	34
2.2.18. Evaluaciones de la voladura	34
2.2.19. Costos unitarios y decisiones de las alternativas de procesamiento	35
2.2.20. Administración de mano de obra y control de precios unitarios	36
2.2.21. Productividad	36
CAPITULO III	38
MATERIAL Y METODOS	38
3.1. Datos Generales	38
3.1.1. Empresa.....	38
3.1.1.1. Ubicación Política	38
3.1.1.2. Ubicación geográfica.....	38
3.1.1.3. Vía Terrestre	39
3.1.1.4. Vía Aérea	39
3.2. Geología	40
3.2.1. Clima y meteorología	42
3.3. Diseño Metodológico.....	42
3.3.1. Tipo de Investigación	42

3.3.2. Nivel de Investigación	42
3.3.3. Diseño de investigación	42
3.4. Población y Muestra.....	43
3.4.1. Población	43
3.4.2. Muestra	43
3.4.2.1. Técnica de muestreo.....	43
3.4.2.2. Recolección de datos.....	43
3.4.2.3. Análisis de datos	43
3.5. Equipos, Insumos, explosivos	43
3.5.1. Equipos	43
3.5.2. Insumos	43
3.5.3. Explosivos.....	44
3.5.3.1. Emulnor 3000.....	44
3.5.3.2. Emulnor 1000.....	44
3.5.3.3. Carmex	44
3.5.3.4. Cordón de ignición	44
3.5.4. Personal.....	44
3.6. Malla de trabajo inicial.....	45
3.6.1. Costos de perforación	45
3.6.2. Costos de personal	46
3.6.3. Costos de materiales de perforación.....	46
3.6.4. Costos de EPP personal	47
3.6.5. Costos de herramientas	47
3.6.6. Costos de perforadora	48
3.6.7. Costos de explosivos	48
3.6.8. Costo general de perforación y voladura 1.....	49
3.7. Evaluación geomecánica NV 427.....	49
3.8. Malla de perforación 1.....	51
3.9. Diseño de malla modelo Holmberg	52
3.9.1. Cálculo de numero de taladros	52
3.9.2. Metodología de protodyakonov	53
3.9.3. Cálculo del diámetro	54
3.9.4. Burden	54

3.9.4.1.	Burden1	55
3.9.4.2.	Burden2	55
3.9.4.3.	Longitud de carga	55
3.9.4.4.	Distribución de malla y cartuchos.....	57
3.9.4.5.	Evaluación de voladura.....	58
3.9.5.	Costos de perforación malla 2.....	60
3.9.6.	Costos de personal	61
3.9.7.	Costos de materiales de perforación.....	61
3.9.8.	Costos de EPP personal	62
3.9.9.	Costos de herramientas	62
3.9.10.	Costos de perforadora	62
3.9.11.	Costos de explosivos	63
3.9.12.	Costo general de perforación y voladura 1.....	63
CAPITULO IV.....		64
RESULTADOS DE MEJORA DE MALLA.....		64
4.1.	Evaluación de costos de voladura.....	64
4.1.1.	Evaluación de costos con malla inicial	64
4.1.2.	Evaluación de costos con malla final.....	66
4.1.3.	Diferencia de costos.....	69
CAPITULO V		73
ANALISIS Y DISCUSION		73
5.1.	Análisis de la Investigación	73
5.2.	Discusión de la investigación	73
5.3.	Prueba de Hipótesis.....	75
CONCLUSIONES.....		77
RECOMENDACIONES		78
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		79
ANEXOS		80
MATRIZ DE CONSISTENCIA		81

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Cálculo de sección y burden	31
Tabla 2: Coordenadas	39
Tabla 3: Distribución de taladros malla 1	45
Tabla 4: Distribución de taladros y explosivos	45
Tabla 5: Costos mano de obra.....	46
Tabla 6: Costos de materiales de perforación 1	47
Tabla 7: Costos de EPP 1.....	47
Tabla 8: Costos herramientas 1	48
Tabla 9: Costo equipo de perforación 1	48
Tabla 10: Costos de explosivos 1	49
Tabla 11: Costos generales 1	49
Tabla 12: Tabla de clasificación.....	50
Tabla 13: Distribución de taladros 2.....	51
Tabla 14: Distribución de taladros y explosivos	51
Tabla 15: Parámetros de malla 1	52
Tabla 16: Parámetros de sección	52
Tabla 17: Tabla de factor de resistencia	53
Tabla 18: Distribución de taladro 2	58
Tabla 19: Datos generales.....	58
Tabla 20: Distribución de taladros.....	59
Tabla 21: Parámetro de perforación y voladura	59
Tabla 22: Costos de mano de obra.....	61
Tabla 23: Costos de materiales	61
Tabla 24: Costos de EPP.....	62
Tabla 25: Costos de herramientas	62
Tabla 26: Costos de perforadora	63
Tabla 27: Costos de voladura	63
Tabla 28: Gastos generales	63
Tabla 29: Distribución de taladros.....	64
Tabla 30: Malla 1	64
Tabla 31: Costos malla1	65

Tabla 32: Distribución malla 2.....	66
Tabla 33:Distribución malla 2.....	67
Tabla 34: Costos malla 2	67
Tabla 35: Diferencia de costos.....	69
Tabla 36: Instrumento de evaluación	76
Tabla 37: Evaluación Student	76

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Formación de la cavidad de un frente.....	28
Ilustración 2: corte quemado.....	30
Ilustración 3: Arranque de cuatro secciones	31
Ilustración 4: Ubicación.....	38
Ilustración 5: Proyecto Minero Bonanza 2015.....	39
Ilustración 6: Arranques y ayudas.....	55
Ilustración 7: Malla de perforación 2	58
Ilustración 8: Análisis de Hipótesis.....	75

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico 1: Cantidad explosivos malla inicial	65
Gráfico 2: Costo malla 1	66
Gráfico 3: Distribución malla 2	68
Gráfico 4: Malla final	68
Gráfico 5: Costos por explosivo	69
Gráfico 6: Costos por explosivo 2	70
Gráfico 7: Costos por accesorios 1	70
Gráfico 8: Costos mecha rápida.....	71
Gráfico 9: Diferencia de costos	71
Gráfico 10: Diferencia de costos por metro lineal.....	72

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia	81
Anexo 2: Ficha técnica Emulnor	82
Anexo 3: Barra de perforación y broca.....	83
Anexo 4: Presentación del explosivo	83
Anexo 5: Carmex	84
Anexo 6: Mecha rápida	84
Anexo 7: Carguío e iniciación de voladura.....	85
Anexo 8: Malla de frente	85

INTRODUCCION

La eficiencia en la minería subterránea es un factor determinante para el éxito de los proyectos, y uno de los aspectos más críticos en este ámbito es la perforación y voladura. La malla de perforación, que define la disposición de los taladros y la cantidad de explosivos a utilizar, tiene un impacto directo en la fragmentación del mineral, el rendimiento de los explosivos y, en última instancia, los costos operativos.

Evaluar y modificar esta malla es esencial para optimizar el consumo de explosivos y reducir gastos, lo que contribuye a una operación más rentable y sostenible.

Un diseño inadecuado de la malla de perforación puede llevar a un uso excesivo de explosivos, resultando en costos innecesarios y una fragmentación deficiente que afecta la eficiencia de las etapas posteriores del proceso minero.

Por tanto, la evaluación minuciosa de la malla actual, considerando factores como condiciones de geología, la mecánica de rocas y además selección de explosivos, es vital para identificar oportunidades de mejora, a través de simulaciones y modelos matemáticos, se pueden establecer configuraciones más eficientes que maximicen el aprovechamiento de los recursos y minimicen el desperdicio.

La modificación de la malla de perforación no solo se traduce en una reducción del consumo de explosivos, sino que también puede mejorar la seguridad de los trabajadores y disminuir el impacto ambiental de las operaciones, en un contexto donde la competitividad y la sostenibilidad son esenciales, la implementación de estrategias que promuevan la eficiencia en el uso de explosivos se vuelve imperativa. Este estudio se centrará en la importancia de evaluar y modificar la malla de perforación, explorando su papel en la reducción de costos y en la optimización de las operaciones mineras en general.

El ciclo minero subterránea, donde perforar y realizar voladura desempeñan un papel crucial, ya que su efectividad impacta directamente en los procesos subsecuentes y en los costos operativos. Por ello, es fundamental diseñar adecuadamente una adecuada malla para perforar y mantener controlado de forma rigurosa los disparos realizados, para evitar problemas que puedan surgir. Los altos costos de esta actividad son significativos, ya que, ante variaciones en el costo de los minerales, la primera medida a tomar suele ser la de

reducir los costos en voladura, buscando maximizar rendimiento en los explosivos. Asimismo, es esencial optimizar el uso de cada explosivo para obtener mineral con un mayor porcentaje de pureza.

GOLD PERÚ MISTI S.A.C. es una empresa dedicada a la pequeña minería que, a través de su proyecto Bonanza 2015, se enfoca en la exploración y explotación de minerales de cobre y oro. Esta empresa cuenta con una concesión de 800 hectáreas, centrando su producción en la CMB-2015. Geográficamente, la CMB-2015 se sitúa en el noroeste de Perú, en la zona de transición entre los Andes Centrales y los Andes Septentrionales, específicamente en el distrito de Paimas, en la provincia de Ayabaca, departamento de Piura, a una altura aproximada de 250 m.s.n.m.

Desde la ciudad en Lima, se puede acceder a Paimas por dos rutas de transporte: terrestre y, de forma parcial, aérea. La conexión se realiza a través de la carretera Panamericana Norte, que enlaza con las ciudades costeras del Perú. La distancia asfaltada entre Lima, Piura y Paimas es de aproximadamente 1,144 km, y el viaje en autobús dura alrededor de 20 horas. Desde Paimas hasta la mina, que es la zona de exploración preliminar, hay una carretera afirmada de 2.55 km. También se pueden realizar vuelos desde el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez en Lima; la duración del vuelo Lima-Piura es de aproximadamente 1 hora y 30 minutos. Desde Piura, se recorre una distancia asfaltada de 107 km hasta Higuierón, y luego desde Paimas a la mina, se completa el trayecto de 2.55 km por carretera afirmada.

En la CMB-2015, forma parte del área de concesiones de GOLD PERÚ MISTI S.A.C. operando de manera convencional en el cual, se identificó deficiencias en las operaciones y un sobrecosto de las mismas asociado a la perforación y voladura, esta se origina por diversos motivos como la del personal no capacitado y sin experiencia que realiza las perforaciones basado en su experiencia o empíricamente. Esto resulta en una fragmentación inadecuada y un uso deficiente de la carga de los explosivos y accesorios generando costos adicionales, otro motivo es el uso de una malla de perforación inadecuada, provocando perforaciones excesivas y carguío de los explosivos, que da como resultado disparos fallidos además de aumentar el riesgo de caída de rocas en los trabajadores.

La falta de un análisis geomecánico trae como consecuencia un desconocimiento de la

roca a medida que el avance de la labor, este desconocimiento del análisis genera un sobre costo y un exceso del efecto de la voladura que produce un deterioro del macizo rocoso producto de la voladura.

Identificando estos problemas preguntamos ¿Cómo el diseño de una malla de perforación reducirá costos en el frente de labores de desarrollo en Gold Perú Misti S.A.C.- 2022?, entonces el objetivo será Diseñar una malla de perforación para reducir costos en el frente de labores de desarrollo en Gold Perú Misti S.A.C.- 2022, además la pregunta ¿Cómo se determinará la cantidad de carga explosiva adecuada a utilizar para reducir costos de voladura en el frente de labores de desarrollo en Gold Perú Misti S.A.C.- 2022? Tendría como objetivo la de determinar la cantidad de carga explosiva adecuada a utilizar para reducir costos de voladura en el frente de labores de desarrollo en Gold Perú Misti S.A.C.-2022., a la pregunta ¿Cómo se evaluará el porcentaje de reducción de costos de perforación y voladura en el frente de labores de desarrollo en Gold Perú Misti S.A.C.- 2022?, el objetivo sería la de evaluar el porcentaje de reducción de costos de perforación y voladura en el frente de labores de desarrollo en Gold Perú Misti S.A.C.-2022.

Esta investigación tiene un fundamento teórico, metodológico y práctico por lo que se tiene un enfoque teórico, utilizando modelos matemáticos que nos servirá para realizar la malla de perforación asociada a la geomecánica de la labor de esta manera se evita pérdidas de material explosivo, sobre excavación y la mejora de las operaciones de perforación y voladura. Metodológicamente, cumpliremos con los objetivos usando técnicas e instrumentos que se relacionan con el diámetro y número de taladros, el tipo de macizo rocoso, entre otros aspectos, de esta manera diseñar una malla óptima para reducir los costos operativos.

La hipótesis propone que el diseño de una malla de perforación reduce costos en el frente de labores de desarrollo en Gold Perú Misti S.A.C.- 2022 y sugiere la evaluación y mejora de una malla de perforación estándar para reducir los costos de perforación y voladura.

La presente tesis está desarrollada en cuatro capítulos:

El Capítulo I, menciona el marco teórico conceptual de esta investigación, considerando los antecedentes internacionales, nacional y la información de bases teóricas más relevantes alineadas a la variable de estudio sobre malla de perforación y voladura con una relación directa a la disminución de los costos de operación.

El Capítulo II, menciona el material y métodos que considera los datos generales donde se

realiza la investigación, la geología general de la zona de estudio, la metodología a aplicar en esta investigación, la población y muestra, los equipos e insumos utilizados en la perforación de mallas, los costos de perforación y voladura con la malla inicial, la evaluación geomecánica, el cálculo de la malla de perforación final, los costos de la malla final.

El Capítulo III, menciona los resultados de la mejora de la malla con una comparación de los costos de la malla inicial y los costos de la malla final.

El Capítulo IV, menciona el análisis y discusión de los resultados, además de la prueba de hipótesis.

Culminando con las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los respectivos anexos del presente trabajo de investigación.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Realidad Problemática

En la actualidad, la minería subterránea se encarga de la explotación de recursos ubicados bajo la superficie terrestre. Este método se utiliza principalmente cuando la explotación a cielo abierto no es viable, ya sea por razones económicas o ambientales. Dentro de esta actividad, se desarrollan diversas operaciones unitarias, destacando la perforación y voladura como unas de las más relevantes en el proceso de extracción.

Garrido (2007), en su tesis titulada "*Diagnóstico y Optimización de Disparos en Desarrollo Horizontal Mina El Teniente*", realizada en Chile, tuvo como objetivo principal efectuar un análisis técnico de las operaciones de perforación y voladura en el desarrollo horizontal de la Mina Reservas Norte, perteneciente a la División El Teniente de Codelco Chile. El estudio, enfocado en el nivel de producción (Teniente Sub-6), empleó tecnologías innovadoras para establecer lineamientos que optimicen los parámetros de operación y resultados. Garrido propuso reducir los impactos negativos en el macizo rocoso circundante, así como minimizar la sobreexcavación, la cantidad de perforaciones y el volumen de voladura, al tiempo que se buscaba mejorar la eficiencia de las perforaciones y el avance por disparo. Los resultados de la investigación evidenciaron una disminución del 10% en el número de perforaciones por disparo y una reducción de la sobreexcavación del 24% al 6%.

1.2. Problema de la Investigación

1.2.1. Problema Principal

¿Cómo el diseño de una malla de perforación reducirá costos en el frente de labores de desarrollo en Gold Perú Misti S.A.C.- 2022?

1.2.2. Problema secundario

¿Cómo se determinará la cantidad de carga explosiva adecuada a utilizar para reducir costos de voladura en el frente de labores de desarrollo en Gold Perú Misti S.A.C.- 2022?

¿Cómo se evaluará el porcentaje de reducción de costos de perforación y voladura en el frente de labores de desarrollo en Gold Perú Misti S.A.C.- 2022?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general.

Diseñar una malla de perforación para reducir costos en el frente de labores de desarrollo en Gold Perú Misti S.A.C.- 2022.

1.3.2. Objetivos Específicos

Determinar la cantidad de carga explosiva adecuada a utilizar para reducir costos de voladura en el frente de labores de desarrollo en Gold Perú Misti S.A.C. - 2022.

Evaluar el porcentaje de reducción de costos de perforación y voladura en el frente de labores de desarrollo en Gold Perú Misti S.A.C.-2022.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis General

El diseño de una malla de perforación reduce costos en el frente de labores de desarrollo en Gold Perú Misti S.A.C.- 2022.

1.4.2. Hipótesis Específicas

La determinación de la carga explosiva adecuada a utilizar reduce costos de voladura en el frente de labores de desarrollo en Gold Perú Misti S.A.C.- 2022.

La evaluación de porcentajes de reducción de costos de perforación y voladura en el frente de labores de desarrollo en Gold Perú Misti S.A.C.- 2022.

1.5. Justificación.

La Mina donde se realizó la presente investigación, cuenta con un gran yacimiento aurífero y por ello la necesidad de realizar los procesos de explotación y profundización en las labores de desarrollo en la extracción de minerales y tener una rentabilidad del yacimiento a costos reducido de perforación y voladura a través de una malla de perforación con un diseño adecuado y el uso de la correcta cantidad de carga explosiva, considerando siempre las características del macizo rocoso.

La investigación se desarrolló en Gold Perú Misti S.A.C.- 2022 en donde

hace meses se realizan estas actividades, tiene como objetivo brindar efectividad a las operaciones unitarias de perforación y voladura, su justificación se da a la medida que se vaya dando solución al problema de los costos de perforación y voladura los cuales son elevados. A esto se le podría sumar posibles incumplimientos en el cronograma de avance mensual que la empresa tiene mapeado debido al deficiente diseño de la malla de perforación.

Se debe considerar que, para la reducción de costos de perforación y voladura, además del control de sobrerotura que existe es necesario la implementación del diseño de la malla de perforación.

Al reducir costos por perforación y voladura implementando una malla de perforación para empelarse en el frente de labores, la empresa junto a sus trabajadores se verá beneficiados, servirá para lograr los objetivos trazados mediante capacitaciones al personal para asegurar el éxito del proyecto.

La investigación es viable ya que la necesidad permite corregir errores identificados en las labores y mejorar rendimientos operativos además de lograr la reducción de costos.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la Investigación.

2.1.1. Antecedentes a Nivel Nacional

En su tesis "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.", Chipana (2015) tuvo como objetivo investigar la determinación de un diseño de malla de perforación y la carga explosiva óptima para reducir costos en la ejecución de la Galería Progreso de la Contrata Minera Cavilquis - Corporación Minera Ananea S.A.

En su investigación "DISEÑO DE LABORES DE DESARROLLO EN MINERÍA CONVENCIONAL, PARA LA IDENTIFICACIÓN DE NUEVAS ESTRUCTURAS MINERALIZADAS E INCREMENTAR LAS RESERVAS EN LA UNIDAD MINERA CUATRO DE ENERO," Flores (2018) tuvo como objetivo diseñar labores de desarrollo que permitieran identificar nuevas estructuras mineralizadas y aumentar las reservas minerales.

Jáuregui (2013), en su investigación "APLICACIÓN DEL MÉTODO DE HOLMBERG PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MALLA DE VOLADURA EN LA EMPRESA MINERA AURÍFERA RETAMAS S.A.", tuvo como objetivo diseñar una malla de perforación y voladura basada en características geomecánicas, lo que permite una distribución de energía más precisa que los métodos convencionales. Las mediciones geomecánicas realizadas para el tipo de roca indicaron un GSI de 47 y un RQD de 55.6%. El ángulo de fricción interna varía entre 44° y 55°, con un factor de seguridad de 1.5. Se utilizaron 41 taladros (39 de producción y 2 de alivio) para esta roca (clasificada como regular - A) en los trabajos de perforación y voladura en el CX 1 O 111-Norte, con un factor de energía de 10.85 MJ/t y un factor de carga de 1.7 kg/m³. Además, se logró mejorar el avance del disparo en un 95%. En conclusión, al optimizar la malla de perforación, se redujeron las fallas de voladura en un 20% en comparación con los años 2009 y 2010, cuando se registraron 144 disparos fallidos.

2.1.2. Antecedentes a Nivel Internacional

Sánchez (2012), en su investigación "OPTIMIZACIÓN EN LOS PROCESOS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN EL AVANCE DE RAMPAS EN LA MINA BETHZABETH", tuvo como objetivo principal mejorar los procesos de perforación y voladura en el avance de la rampa de la mina Bethzabeth mediante el diseño de una malla de perforación que incluyera el cálculo adecuado de la cantidad de explosivos. La conclusión de la tesis indicó que la implementación de esta malla para el acceso a las vetas Sucre y Tres Diablos generó un ahorro de US\$ 85.12 por cada voladura para Elipse S.A., lo que se tradujo en una reducción de la cantidad de explosivos utilizados y, por ende, en una disminución de costos.

Por otro lado, Garrido (2007), en su investigación "Diagnóstico y optimización de disparos en desarrollo horizontal. Mina El teniente – Chile", buscó realizar un diagnóstico técnico de las operaciones de perforación y voladura con el fin de disminuir el número de taladros utilizados, la intervención del diseño del diagrama de perforación permitió reducir el número de perforaciones de 51 más 2 tiros de alivio a 48 más 1 tiro de alivio, es decir un 8% de reducción. Por esta razón, el total de metros perforados por disparo disminuye desde 201,4 [m] a 186,2 [m]. El índice de perforación específica disminuye de 3.77 a 3.48 metros perforados por metro cúbico removido [m/m³].

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Yacimiento Geológico

Un yacimiento minero se define como una formación que presenta una concentración de depósitos minerales en la corteza terrestre o litosfera. Este tipo de yacimiento contiene la calidad y cantidad de minerales suficientes que justifican un estudio más detallado para determinar su profundidad y dimensiones, lo cual es esencial para llevar a cabo actividades mineras de manera rentable utilizando las tecnologías adecuadas. Aunque los minerales más abundantes se encuentran en la corteza en cantidades significativas, su extracción requiere concentraciones que son raras y además condiciones óptimas de accesibilidad, tanto internas como externas, que permitan la producción de concentraciones económicas de materiales, como menas metálicas explotables (López, 2005).

2.2.2. Geomecánica

La Geomecánica es la disciplina dedicada al estudio de las propiedades mecánicas, hidráulicas e ingenieriles de los materiales de origen terrestre. Se enfoca en investigar el suelo y las rocas que se encuentran bajo la superficie para evaluar sus características y diseñar adecuadamente las cimentaciones.

Dentro del campo de la geomecánica, se establecieron los siguientes objetivos:

- Determinar los parámetros geomecánicos del macizo rocoso.
- Evaluar los parámetros de estabilidad para garantizar un minado eficiente y seguro.
- Establecer los tipos de soporte y los controles de calidad necesarios.
- Asegurar la seguridad durante la excavación de actividades mineras mediante el análisis de deformaciones, niveles de presión y tensiones, entre otros.
- Definir las aberturas máximas y los tiempos de auto soporte para las excavaciones mineras, tanto las realizadas como las que se planean llevar a cabo.
- Implementar estos principios en las operaciones mineras subterráneas con el fin de mejorar los índices de seguridad y productividad, minimizando o evitando los accidentes causados por caídas de rocas, que son una de las principales causas de fatalidades en la minería subterránea del país.

2.2.3. Mecánica de Rocas

Una definición comúnmente aceptada de la mecánica de rocas, propuesta en 1974 por el Comité Americano de esta disciplina, establece que se trata de la ciencia teórica y aplicada dedicada al estudio del comportamiento mecánico de las rocas y de los macizos rocosos. Esta rama de la ingeniería se enfoca en analizar cómo responden las rocas y los macizos rocosos a las fuerzas que actúan en su entorno, siendo fundamental para la minería, ya que las excavaciones alteran los campos de fuerza en el medio físico de las rocas (Ramírez & Alejano, 2004).

El objetivo de la mecánica de rocas es comprender y prever cómo se comportan los materiales rocosos ante la influencia de fuerzas internas y externas. Al excavar un macizo rocoso o construir estructuras sobre él, se alteran las condiciones originales del medio rocoso, lo que provoca que este responda a los cambios mediante deformaciones o rupturas debido a fallas activas, estallidos de

rocas y otros factores, como los movimientos sísmicos (Condori, 2010).

2.2.4. Macizo Rocoso

“Se refiere a cómo las rocas aparecen en su entorno natural. Así, un macizo rocoso se define por su composición y estructura, que incluye planos de estratificación, fallas, juntas, pliegues y otras características estructurales. Por lo tanto, los macizos rocosos son discontinuos y pueden mostrar propiedades heterogéneas y/o anisótropas” (Ramírez & Alejano, 2004).

2.2.5. Anisotropía

La existencia de planos de debilidad con una orientación preferente, como la estratificación, laminación, foliación y diversas familias de diaclasas tectónicas, conlleva diferentes propiedades y comportamientos mecánicos según la dirección que se tenga en cuenta.

2.2.6. Discontinuidad

La existencia de discontinuidades, como superficies de estratificación, juntas, fallas y diques, interrumpe la continuidad de las propiedades geomecánicas en los bloques de roca, lo que otorga al macizo un comportamiento geomecánico e hidráulico discontinuo, influenciado por la naturaleza, frecuencia y orientación de estos planos de discontinuidad.

2.2.7. Heterogeneidad

Son áreas que presentan variaciones en litología, grado de alteración o meteorización, contenido de agua, entre otros. Estas zonas exhiben propiedades distintas. Las discontinuidades y los bloques de matriz forman un conjunto que constituye la estructura rocosa, y determinan el comportamiento general del macizo rocoso, con uno u otro componente predominando según sus propiedades relativas y la escala de estudio. Además, las propiedades intrínsecas del macizo rocoso, vinculadas a las características de la matriz y las discontinuidades, son determinantes en gran medida de su comportamiento.

2.2.8. Perforación

En la ruptura de rocas, se llevan a cabo fundamentalmente dos operaciones: la penetración (perforación) y la fragmentación de la roca (voladura). La penetración

se realiza mediante la creación de un orificio, generalmente utilizando métodos mecanizados, hidráulicos o térmicos. Este proceso tiene diversos objetivos, como la introducción de explosivos, la apertura de túneles, galerías o pozos, y la extracción de minerales en tamaños y formas específicas. Por otro lado, la fragmentación busca aflojar y dividir grandes volúmenes de material, usualmente utilizando energía química o hidráulica.

Antes de abordar el uso de explosivos y el diseño de voladuras en la explotación minera, es fundamental comprender los conceptos relacionados con la perforación de rocas, ya que esto permite entender los mecanismos involucrados. Existen varios métodos de perforación que se pueden clasificar según diversas características, incluyendo los parámetros de los equipos de perforación, el tamaño del barreno, el método de instalación del equipo y la fuente de energía utilizada.

En la minería subterránea metálica, los sistemas de perforación más comúnmente empleados pertenecen al ataque mecánico, que utiliza energía mecánica para afectar la roca a través de dos esquemas básicos: acción de percusión o acción rotativa. La combinación de ambos métodos da lugar a técnicas híbridas, como la roto-percusión, las cuales se describirán a continuación.

Tipos de Perforación

- Perforación por percusión
- Perforación por rotación
- Perforación por rotopercusión

2.2.9. Trazos de Arranque

El concepto de voladura en túneles se basa en creación de una cavidad inicial, conocida como arranque, que tiene como objetivo generar una segunda cara libre de gran superficie. Esto facilita la fragmentación de la sección, permitiendo que los taladros del núcleo y de la periferia trabajen rompiendo la roca en dirección a dicha cavidad.

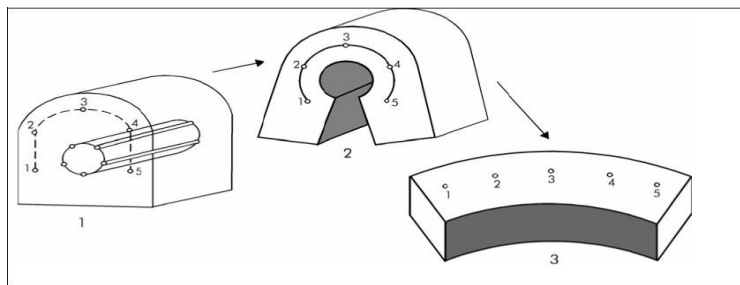
Una vez formada la cavidad, el frente se convierte en un "banco anular", donde los factores de cálculo son similares a los utilizados en un banco de superficie.

Dependiendo de las dimensiones del túnel y del diámetro de los taladros, el área de la cavidad de arranque puede variar entre 1 y 2 m², lo que generalmente es suficiente para permitir que los taladros del núcleo accedan a ella. Sin embargo, si

se utilizan taladros de mayor diámetro, el área necesaria puede alcanzar hasta 4 m².

La profundidad del corte debe ser, al menos, igual a la estimada para el avance del disparo. La ubicación del corte influye en la facilidad con la que se proyecta el material roto, en el consumo de explosivos y en la cantidad de taladros necesarios para el disparo. En general, si el corte se sitúa cerca de uno de los flancos (a), se requerirán menos taladros en el frontón; cerca del techo (b) permite un buen desplazamiento y centrado de los escombros, aunque con un mayor consumo de explosivo; y en el piso (c) es conveniente solo cuando el material puede caer con facilidad por desplome. En términos generales, la ubicación más efectiva es en el centro de la sección, ligeramente por debajo del punto medio (d).

Ilustración 1: Formación de la cavidad de un frente



Los métodos de corte se clasifican según las distintas formas de realizar el disparo en la primera fase para crear la cavidad de corte. Estos incluyen cortes con taladros en ángulo, cortes diagonales y cortes con taladros en paralelo. Las variantes son las siguientes:

- Pirámide
- Cuña o en "V"
- Cuña de Arrastre
- Abanico
- Combinado de Cuña/Abanico
- Quemado

2.2.10. Distribución y Denominación de Taladros

El diseño o diagrama para la disposición de taladros y la secuencia de detonación ofrece diversas opciones, dependiendo de la naturaleza de la roca y las

características del equipo de perforación, lo que en ocasiones puede resultar bastante complejo.

Los taladros se organizarán de manera concéntrica, situando los de corte o arranque en el área central de la voladura, y se clasificarán de la siguiente manera:

- Arranque
- Ayuda
- Cuadradores
- Alza Techos
- Arrastre o Piso

2.2.11. Malla de Perforación

Se refiere a un conjunto de taladros que se realizan en un frente, teniendo una ubicación, dirección, inclinación y profundidad específicas. El objetivo de este trazo es:

- Reducir los costos de perforación y la cantidad de explosivos.
- Lograr un avance adecuado.
- Mantener un tamaño o sección uniforme en la labor.
- Establecer el orden y salida de los taladros.

Disparo Simultáneo y Rotativo

Cuando los taladros se disparan al mismo tiempo, se considera que el disparo es simultáneo. Si, en cambio, se disparan uno tras otro según un orden de encendido previamente definido, se trata de un disparo rotativo. Este último se utiliza para formar y ampliar las caras libres, lo cual es esencial en las labores mineras, ya que generalmente solo hay uno o dos frentes con cara libre.

Cara Libre

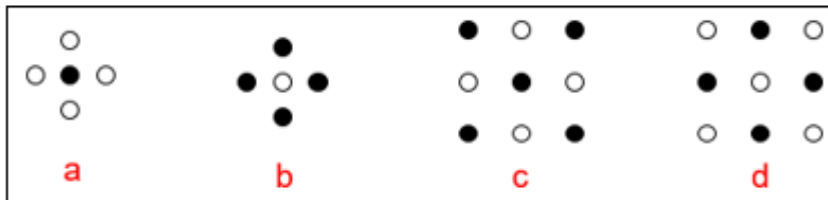
La cara libre es el área hacia la que se desplaza el material al ser disparado por el explosivo. En un frente, hay solo una cara libre, por lo que la función del corte o arranque es crear otra cara libre; es decir, el hueco que se forma al realizar el corte después del disparo se convierte en una nueva cara libre.

Corte Quemado

En este tipo de arranques, todos los taladros se perforan en paralelo y con

el mismo diámetro. Algunos de ellos se cargan con una gran cantidad de explosivo, mientras que otros se dejan vacíos. Es fundamental dejar suficientes taladros sin carga para asegurar la expansión adecuada de la roca. Todos los taladros del arranque deben ser al menos 6 pulgadas más profundos que los demás taladros del trazo.

Ilustración 2: corte quemado



Fuente: Manual práctico de voladura Exsa, 2001

2.2.12. Diseño de la Malla de Perforación y Cálculo de Carga

Avance por Disparo

El avance está determinado por el diámetro del taladro vacío y la desviación de los taladros cargados. Siempre que esta desviación se mantenga por debajo del 2%, los avances promedio deben alcanzar el 95% de la profundidad del taladro L (López Carlos, 2000).

$$H = 0,95 * L$$

Dónde:

En los arranques de cuatro secciones la profundidad de los taladros puede estimarse con la siguiente expresión:

$$L = 0,15 + 34,1 * D_1 - 39,4 * D_1^2$$

Donde:

L = Profundidad del taladro (m)

D1 = Diámetro del taladro de alivio (m)

Cuando se usan arranques con varios taladros vacíos en lugar de uno solo entonces la ecuación anterior sigue siendo válida si:

$$D2 = \sqrt{n} * D1$$

Donde:

D2 = Diámetro de taladro de alivio equivalente

n = Número de taladros vacíos en el arranque

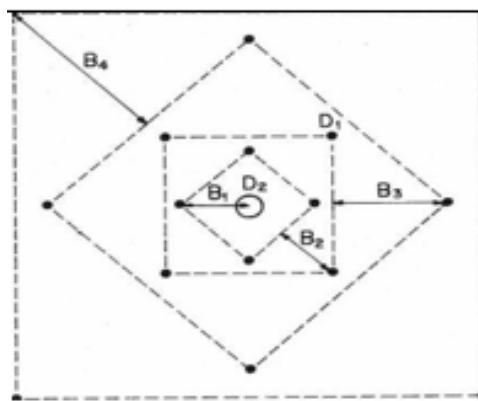
D1 = Diámetro del taladro a cargar

Avance de la voladura al 95 %

2.2.13. Diseño de Malla por el Algoritmo de Holmberg

La separación entre el taladro central vacío y los taladros de la primera sección no debe superar “1,7D2” para asegurar una fragmentación y salida efectiva de la roca. Las condiciones de fragmentación pueden variar considerablemente según el tipo de explosivo, las características de la roca y la distancia entre el taladro cargado y el vacío. Para facilitar el cálculo de voladuras en túneles con cortes de taladros paralelos de cuatro secciones, se puede utilizar la regla presentada en la tabla 4 (cálculo de sección y burden).

Ilustración 3: Arranque de cuatro secciones



Fuente: Manual práctico de voladura Exsa, 2001.

Una regla útil para establecer el número de secciones es que la longitud del lado de la última sección B debe ser igual o superior a la raíz cuadrada del avance, como se muestra en la tabla.

Tabla 1: Cálculo de sección y burden

Sección del corte	Valor de <u>Burden</u>	Lado de la sección
Primera	$B_1 = 1,5 * D_2$	$B_1 * \sqrt{2}$
Segunda	$B_2 = B_1 * \sqrt{2}$	$1,5 * B_2 * \sqrt{2}$
Tercera	$B_3 = 1,5 * B_2 * \sqrt{2}$	$1,5 * B_3 * \sqrt{2}$
Cuarta	$B_4 = 1,5 * B_3 * \sqrt{2}$	$1,5 * B_4 * \sqrt{2}$

Fuente: Manual práctico de voladura Exsa, 2001.

Donde el Burden se detalla en:

B1= Primer cuadrante.

B2= Segundo cuadrante.

B3= Tercer cuadrante.

B4= Cuarto cuadrante.

D2= Diámetro del taladro vacío.

Cálculo de espaciamentos en la corona:

$$E_c = K * D_1$$

K=constantes, varia de 15 o 16

D1= diámetro de la broca

Cálculo del espaciamiento en los hastiales.

$$E_h = \text{Longitud del hastial} / (N - 1)$$

N = número de taladros

Cálculo del espaciamiento en el arrastre.

$$E_a = (\text{Ancho} - 2*0.10) / (N - 1)$$

N = Número de taladro

2.2.14. Cálculo y distribución de la carga explosiva

Columna explosiva

La longitud de carga, también conocida como la parte activa del taladro de voladura, es donde se lleva a cabo la reacción explosiva y se genera la presión inicial de los gases contra las paredes del taladro. La forma en que se distribuye el explosivo a lo largo del taladro es crucial y debe adaptarse a las características de la roca. Generalmente, esta longitud abarca entre 1/2 y 2/3 de la longitud total del taladro y puede ser continua o segmentada.

Se pueden usar cargas que se coloquen solo en el fondo, hasta la mitad del taladro, a lo largo de toda la columna, o segmentadas (espaciadas o alternadas), dependiendo de los requerimientos de cada voladura. Para rocas frágiles o poco resistentes, se suele emplear una columna continua con el mismo tipo de explosivo. En cambio, para rocas duras y competentes, la carga se divide en dos partes: la carga de fondo (CF) y la carga de columna (CC) (López Jimeno, 2003).

Si consideramos el promedio de 1/2 y 2/3, la fórmula para calcular la longitud

de carga es la siguiente:

- $LC = 0.58 * H$
- Donde:
- LC : Longitud de carga
- H : Longitud total de perforación

Para calcular el número de cartuchos se utiliza:

$$NC = LC / Lc$$

Donde:

- NC = Número de cartuchos
- LC = Longitud de carga
- Lc = Longitud del cartucho

2.2.15. Condiciones de perforación

Para lograr una voladura efectiva, la perforación es tan crucial como la elección del explosivo, por lo que este proceso debe llevarse a cabo con atención y criterio. Sin embargo, en muchas minas, la supervisión de la perforación no se realiza de manera adecuada, lo que da lugar a problemas en la calidad del trabajo, como taladros desviados, mal espaciados o de longitud irregular, lo que a su vez resulta en una reducción de la eficiencia de la energía explosiva disponible. En general, la calidad de los taladros a perforar se determina por cuatro factores: diámetro, longitud, rectitud y estabilidad.

2.2.16. Errores y defectos en la perforación

La perforación debe llevarse a cabo en el menor tiempo posible y con un acabado de calidad, evitando que quede mineral en las cajas o que se diluya debido a una perforación deficiente. En las labores de desarrollo, el avance debería alcanzar al menos el 95% de la longitud perforada; de lo contrario, no estamos realizando un trabajo eficiente. A continuación, se detallan los errores en la perforación que pueden provocar un avance de mala calidad:

- Diámetro demasiado pequeño en el taladro de alivio
- Desviaciones en el paralelismo
- Espaciados irregulares entre los taladros
- Longitudes de los taladros irregulares

- Intersección entre taladros
- Sobrecarga (densidad de carga excesiva)

2.2.17. Accesorios de Perforación

- Barras
- Brocas
- Explosivos
- Voladura La voladura de rocas
- Cara libre
- Distancia del taladro a la cara libre

2.2.18. Evaluaciones de la voladura

La evaluación de una voladura se basa en los resultados obtenidos, considerando aspectos como el volumen de material desplazado, el avance del disparo, el nivel de los pisos, la fragmentación, la forma en que se acumula el detrito y el costo total de la voladura.

El volumen o tonelaje del material movido debe ser igual o cercano al volumen teórico previamente calculado, teniendo en cuenta la expansión del material roto. En voladuras de túneles y galerías, el avance máximo es equivalente a la amplitud del túnel, y el avance debería al menos igualar la profundidad de los taladros. La periferia del túnel debe coincidir con lo proyectado; si es menor, se requerirá un ensanche adicional, mientras que un exceso en el avance puede acarrear problemas de costos y de estabilidad.

El nivel del piso después del disparo debe coincidir con el existente. Cualquier irregularidad, como lomos, sugiere poca sobre perforación o insuficiencia en la carga de fondo. Es esencial mantener el nivel del piso en galerías y túneles para asegurar un adecuado drenaje de agua y facilitar el tendido de rieles para el transporte.

El grado de fragmentación del material depende de su uso posterior; en general, una fragmentación excesivamente gruesa o fina puede ser problemática. Es crucial observar el porcentaje de rocas grandes que necesitarán reducción adicional, ya que la fragmentación afecta la facilidad de carga y transporte, así como los costos asociados.

La forma de los montículos de detrito se determina por el trazo de perforación

y el diagrama de iniciación, junto con la distribución de los retardos. Por ejemplo, una disposición en "V" crea un montículo central, mientras que un arreglo en líneas longitudinales resulta en una acumulación a lo largo de la cara del frente disparado.

La falta de desplazamiento del material tras una voladura, cuando el material se rompe, pero no se mueve, se conoce como "tiro congelado". Esto puede generar mala fragmentación y dificultar la remoción del material roto, además del riesgo de encontrar material explosivo no detonado. Este problema suele surgir cuando los retardos no funcionan correctamente o no se distribuyen adecuadamente.

La dispersión de fragmentos a distancia puede aumentar el riesgo de proyección de fragmentos y, en minas, diluir el material valioso al mezclarlo con desmonte, lo que indica una carga explosiva excesiva o la falta de un taco inerte.

Para calcular el costo total de una voladura, es fundamental considerar no solo el costo de perforación (aire, barrenos, aceite, depreciación de la maquinaria, etc.) y de explosivos, sino también los costos de carguío y acarreo del material triturado, así como los gastos adicionales por voladuras secundarias de rocas sobredimensionadas y el uso de equipos para eliminar lomos. Todos estos elementos, junto con el avance y el volumen de material movido, representan el rendimiento real y el resultado económico de la voladura.

2.2.19. Costos unitarios y decisiones de las alternativas de procesamiento

Las decisiones sobre la asignación de factores de producción que debe tomar la Gerencia de Operaciones, basadas en la puntualidad de la entrega al cliente, se fundamentarán en los resultados de una función de optimización. En el caso de los precios unitarios, la decisión se centrará en minimizar costos.

Las opciones que la empresa puede considerar para utilizar sus recursos dependerán de si los efectos son a corto o largo plazo. Las decisiones a corto plazo se enfocan en maximizar el uso de las instalaciones, bienes y productos, así como en la búsqueda de oportunidades y otras variables controlables, con el objetivo de cumplir con las demandas del cliente en el tiempo estipulado.

Las ventajas o desventajas asociadas a los recursos comprometidos, total o parcialmente, pueden identificarse como costo marginal. En el contexto de precios unitarios futuros, estos costos sirven de referencia para la toma de decisiones.

Dado que la utilidad se calcula como la diferencia entre los ingresos totales por ventas y los costos totales, se pueden presentar tres escenarios:

- Que la rentabilidad dependa únicamente de los precios unitarios, lo que llevaría a seleccionar la opción de menor costo.
- Que se consideren posibles variaciones en el precio unitario y su impacto en los ingresos por ventas.
- Que se analicen cambios en la eficiencia y uso de los actuales métodos de producción, incluyendo maquinaria y equipos, así como posibles modificaciones en la inversión.

Para estos casos, se buscará determinar la rentabilidad marginal de cada opción operativa, lo que implica calcular el ingreso marginal y el precio unitario marginal. La utilidad marginal, que resulta de la diferencia entre el ingreso marginal y el precio unitario marginal, debe ser monitoreada por la empresa para evaluar el impacto de sus decisiones en la asignación de recursos. La posibilidad de alcanzar el beneficio máximo se dará cuando el ingreso marginal sea igual al precio unitario marginal.

2.2.20. Administración de mano de obra y control de precios unitarios

El área de explotación debe llevar un registro de las asignaciones o tareas realizadas, las horas trabajadas y las unidades producidas, diferenciando entre las horas dedicadas directamente a la producción y aquellas destinadas a la preparación de máquinas. Es importante que esta información se comparta con el departamento de contabilidad de costos y con el gerente de producción.

El análisis de tiempos y movimientos, así como su implementación, es una función habitual de la ingeniería industrial, que puede aplicarse en las operaciones de explotación minera. Esto ayuda a establecer tiempos estándar y tarifas para los salarios.

2.2.21. Productividad

La productividad es un indicador que evalúa la relación entre los resultados obtenidos y los recursos empleados, se refiere a la proporción de la producción real de un operario en comparación con la producción estándar. El concepto de productividad implica, por un lado, la interacción de diversos factores en la estación de trabajo.

Existen varias maneras de medir la productividad, lo que lleva a su clasificación en diferentes tipos:

- Productividad parcial
- Productividad multifactorial
- Productividad total

Además, hay factores que pueden mejorar la productividad, como la evaluación, el mejoramiento y la eficiencia.

CAPITULO III MATERIAL Y METODOS

3.1. Datos Generales

3.1.1. Empresa

GOLD PERÚ MISTI S.A.C. es una empresa que pertenece al grupo de pequeña minería, en su proyecto bonanza 2015 desarrolla actividades de exploración y explotación de minerales cobre y oro, posee una concesión de 800 hectáreas en la cual la producción se centra en CMB-2015

3.1.1.1. Ubicación Política

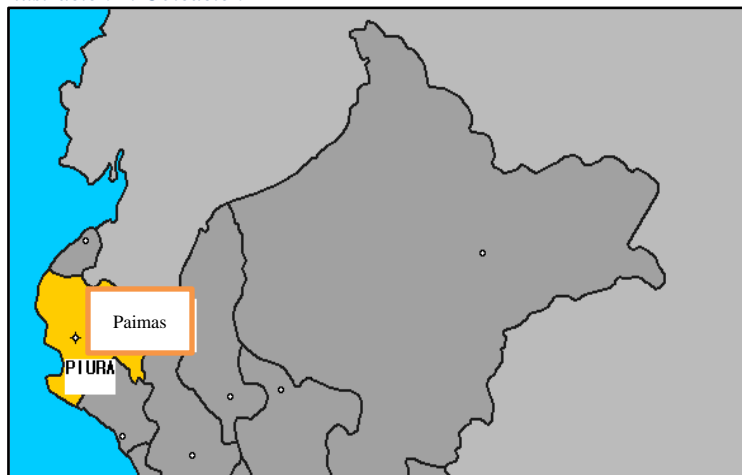
- Departamento: Piura
- Provincia: Ayabaca
- Distrito: Paimas

3.1.1.2. Ubicación geográfica

La CMB-2015 se encuentra en el noroeste de Perú, en la región de transición entre los Andes Centrales y los Andes Septentrionales. Se localiza concretamente en el distrito de Paimas, dentro de la provincia de Ayabaca, en el departamento de Piura, a una altitud de 250 m.s.n.m.

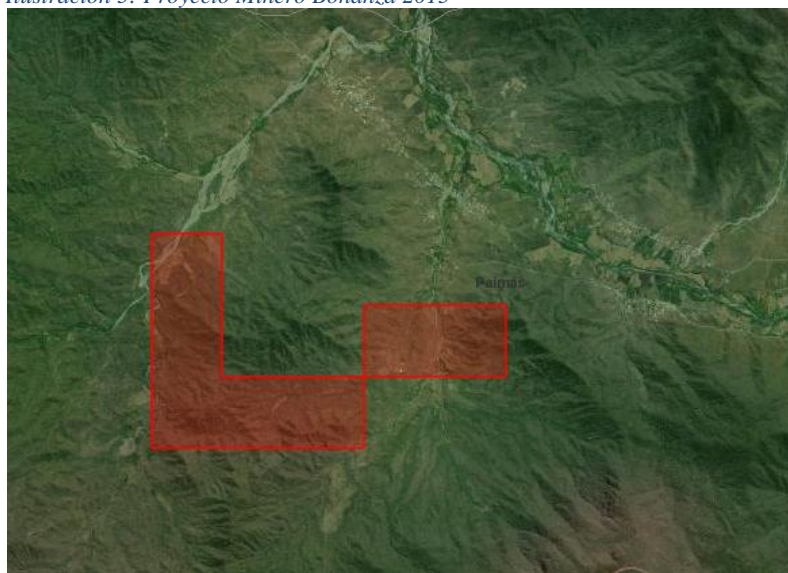
La accesibilidad desde la ciudad de Lima se puede realizar a través de dos vías de transporte: por vía terrestre y vía aérea (parcialmente).

Ilustración 4: Ubicación



Fuente: Autor

Ilustración 5: Proyecto Minero Bonanza 2015



Fuente: Geocatmin

Tabla 2: Coordenadas

COORDENADAS UTM PETITORIO-WG584		
VERTICES	NORTE	ESTE
1	9 489 000.00	605 000.00
2	9 488 000.00	605 000.00
3	9 488 000.00	603 000.00
4	9 487 000.00	603 000.00
5	9 487 000.00	600 000.00
6	9 490 000.00	600 000.00
7	9 490 000.00	601 000.00
8	9 488 000.00	601 000.00
9	9 488 000.00	602 000.00
10	9 489 000.00	602 000.00

Fuente: Geocatmin

3.1.1.3. Vía Terrestre

Se puede llegar a Paimas por la carretera Panamericana Norte, que conecta con las ciudades costeras de Perú. La distancia asfaltada entre Lima, Piura y Paimas es de aproximadamente 1,144 km, y el trayecto en autobús toma alrededor de 20 horas, desde Paimas hasta la mina, que es la zona de exploración preliminar, hay una carretera afirmada de 2.55 km.

3.1.1.4. Vía Aérea

Los vuelos se pueden tomar desde el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez en

Lima. El tiempo estimado del vuelo de Lima a Piura es de aproximadamente 1 hora y 30 minutos. Desde Piura hasta Higuierón, la distancia por carretera asfaltada es de 107 km, y de Paimas a la mina, se recorre 2.55 km por una carretera afirmada.

3.2. Geología

La geología de la sección andina de la Región Piura, desde sus laderas, está predominantemente compuesta por rocas ígneas, tanto volcánicas como intrusivas, con edades que abarcan desde el Paleozoico inferior hasta el Cuaternario reciente. La estratigrafía de esta área presenta notables discontinuidades estratigráficas, evidenciadas por la falta de ciertos materiales rocosos, especialmente las secuencias del Paleozoico superior y Mesozoico.

Las facies volcánicas ocupan aproximadamente el 20.23% de la Región Piura y se distribuyen en las provincias andinas de Ayabaca, Huancabamba y gran parte de Morropón.

Estas rocas volcánicas están formadas por varias secuencias, principalmente flujos y lavas volcánicas, así como formaciones volcánico-sedimentarias de composición ácida a intermedia del Cretáceo (andesitas y dacitas) y piroclásticos y tobas ácidas del Terciario (tufos e ignimbritas).

Las rocas volcánicas del Cretáceo están vinculadas a los recursos mineros metálicos conocidos como Tambogrande, situados en la cuenca Lancones (metales base y preciosos).

Los cuerpos ígneos intrusivos atraviesan todas las secuencias de rocas hasta el Terciario medio, ocupando el 7.49% del territorio de la región y distribuyéndose en las estribaciones andino-occidentales y en las áreas altas de la sierra piurana, generando suelos regolíticos y residuales de composición ácida.

Los cuerpos de rocas intrusivas están relacionados con la mineralización de oro que explotan los mineros informales en áreas como Lomas, Suyo, Sapillica y otras, así como en el yacimiento cuprífero de Río Blanco.

Todas las rocas que emergen en la región andina han sido sometidas, a lo largo del tiempo, a procesos de meteorización predominantemente química y biótica.

Como resultado, presentan una cobertura de espesor variable, que oscila entre 0.20 y 7.00 metros, compuesta por rocas alteradas y diversos tipos de suelos o material superficial.

La serie estratigráfica de la región andina de Piura comienza en el Paleozoico inferior y está compuesta en un 99% por rocas ígneas (volcánicas e intrusivas) y rocas metamórficas. Por lo tanto, no se han registrado afloramientos del basamento Precambriano en esta zona.

Está formada por una potente secuencia volcánico-sedimentaria, que se define en los alrededores de Lancones y se extiende ampliamente por el sector noreste de dicha cuenca.

Cubre grandes áreas de la provincia de Ayabaca, donde, debido a la meteorización, se generan coberturas arcillosas de color rojizo lateritizadas, como se observa en regiones como Montero, Jilili, Sicches, Sochabamba, Arreipite, Tondopa, el valle del Quiroz y parte de la meseta andina de lagunas y frías.

En la zona de Olleros (Ayabaca), se pueden encontrar arcillas rojas de buena calidad, resultado de la intensa meteorización química de los volcanes de Lancones. En las áreas de Morropón y Huancabamba, esta unidad se presenta en forma de fajas angostas, abarcando una superficie de 265,144.30 hectáreas (7.39%).

En la zona de estudio afloran dos tipos de rocas: las andesitas, que pertenecen al volcánico Lancones, y la granodiorita, que forma parte de la granodiorita-tonalita Suyo. Las andesitas son de color gris violáceo y están compuestas por plagioclasas y varios minerales ferromagnésicos, como piroxenos, biotita y hornblenda, además de pequeñas cantidades de sanidina y cuarzo. Los cristales de plagioclasa son generalmente visibles a simple vista, mientras que la matriz está compuesta por granos minerales finos o vidrio.

La granodiorita que intruye en las andesitas presenta una alteración propilítica, caracterizada por la presencia de epidota y clorita, así como venillas de epidota y diseminados de pirita y calcopirita. Las rocas ígneo-intrusivas representan grandes cuerpos plutónicos que se formaron durante el Terciario y forman parte del segmento del Batolito de la costa en Piura, ocupando el 49% de la región. Estos

cuerpos de rocas intrusivas están asociados con la mineralización de oro de color gris que corresponden a sulfuros de cobre y oro, mientras que los de color naranja-marrón son óxidos de cobre, oro y plata.

3.2.1. Clima y meteorología

Las temperaturas extremas durante el año se registran en diciembre (el mes más cálido) y julio (el mes más frío). En diciembre, la temperatura máxima puede llegar a 26.5 °C, mientras que, en julio, la temperatura mínima desciende a 15.6 °C.

En la zona del proyecto, la precipitación anual promedio es de 469.0 mm, con picos de hasta 4,253.0 mm durante fenómenos como El Niño y mínimos de 19.0 mm en años de sequía extrema. La evaporación potencial es más alta en enero y octubre, alcanzando 148.40 mm y 147.49 mm, respectivamente, y el nivel más bajo se presenta en junio, con 12.69 mm, sumando un total de 1,629 mm en un ciclo anual.

Los vientos predominan desde el Oeste, con una velocidad promedio anual de 4.01 m/s.

3.3. Diseño Metodológico

3.3.1. Tipo de Investigación

La investigación será de tipo aplicativo

3.3.2. Nivel de Investigación

La investigación es de nivel correlacional

3.3.3. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es cuasi experimental

Se describe un esquema general:

X ----- O

X: Variable independiente

O: Variable dependiente (Observación)

3.4. Población y Muestra

3.4.1. Población

Las labores de desarrollo de Unidad Mina Bonanza 2019

3.4.2. Muestra

Se considera para esta investigación la labor principal del nivel 427

3.4.2.1. Técnica de muestreo

Se aplico un muestreo de tipo no probabilístico, de acuerdo al autor Sánchez y Reyes, 2006.

Describe que el investigador puede de acuerdo a su lógica y juicio, considerar al azar su muestra.

3.4.2.2. Recolección de datos

Para la recolección de datos aplicamos la observación directa en el Nv 427 donde se recopila y se registra en las fichas de reporte y formatos de campo donde se consigna los pies, longitud, taladros perforados además del consumo de explosivos, dimensiones de la labor (ancho, altura).

Se revisa la bibliografía referente a informes, estudios, diseños de malla de perforación la que ayuda a contextualizar la información necesaria para la investigación.

3.4.2.3. Análisis de datos

Se aplicará el programa Excel y el SPSS

3.5. Equipos, Insumos, explosivos

3.5.1. Equipos

Se utiliza una Perforadora JackLeg con sus respectivos accesorios, este equipo realiza una perforación horizontal, que es exclusivo para perforación en frentes, la pata neumática de la perforadora es la que realiza el empuje el cual puede adecuarse a cualquier ángulo de acuerdo a la necesidad de la perforación.

3.5.2. Insumos

Se usará barrenos cónicos de 4' y 6' y brocas para cada barreno las cuales serán

usadas de acuerdo al diseño de malla que se aplica desde el inicio de la operación.

3.5.3. Explosivos

3.5.3.1. Emulnor 3000

Es una emulsión explosiva encartuchada que brinda mayor seguridad, potencia, resistencia al agua y buena calidad de gases de la voladura.

Su uso está orientado a cualquier tipo de trabajo, con una modalidad de aplicación similar a las dinamitas convencionales, usada para voladura de rocas intermedias a duras.

3.5.3.2. Emulnor 1000

Es una emulsión explosiva encartuchada que brinda mayor seguridad, potencia, resistencia al agua y buena calidad de gases de la voladura.

Su uso está orientado a cualquier tipo de trabajo, con una modalidad de aplicación similar a las dinamitas convencionales, usada para voladura de rocas suaves a intermedias.

3.5.3.3. Carmex

Se utiliza para iniciar los taladros en la minería tradicional o para iniciar la voladura de manera segura y eficiente. Es ensamblado por personal especializado, mediante el uso de máquinas fijadoras neumáticas, garantizando con ello la hermeticidad del Fulminante – Mecha de Seguridad – Conector.

3.5.3.4. Cordón de ignición

Produce una llama incandescente durante su combustión con la suficiente temperatura para activar la masa pirotécnica del Conector para mecha rápida, lo que asegura el eficiente encendido de la mecha de seguridad.

3.5.4. Personal

El personal designado para la actividad de perforación y voladura está conformado por el:

- 01 perforista
- 01 ayudante de perforista

3.6. Malla de trabajo inicial

Se considero desde el inicio del proyecto una malla de perforación estándar con la cual se ha realizado un avance en el nivel 427 de 280 metros de distancia, con una sección de 2.00 m x 1.80 m, en esta elaboración del diseño no se ha considerado una evaluación geomecánica que es determinante para el diseño de la malla de perforación, los trazos realizados en los frentes están mal diseñados considerando que no se ha realizado un cálculo técnico del burden / espaciamiento, los cuales son marcados de acuerdo al criterio del maestro perforista.

Esta malla de perforación tiene las siguientes características:

Tabla 3: Distribución de taladros malla 1

TALADROS	Nº
Arranque	4
Ayuda 1	4
Ayuda 2	4
Hastiales	5
Corona	5
Arrastres	5

Fuente: Autor

Tabla 4: Distribución de taladros y explosivos

TALADROS	Nº	EMULNOR 3000 1"X 8"	EMULNOR 1000 1"X12"	EMULNOR 1000 1"X8"	PESO
Arranque	4	7			0.77
Ayuda 1	4		16		2.24
Ayuda 2	4		16		2.24
Hastiales	5		16		2.24
Corona	5		16		2.24
Arrastres	5		16		2.24
TOTAL					11.97

Fuente. Autor

3.6.1. Costos de perforación

Se considera a los costos que intervienen en la actividad de perforación y voladura:

- Costo de personal
- Costo de material de perforación
- Costo de implemento de seguridad
- Costo de herramienta

- Costo de perforadora
- Costo de explosivo

3.6.2. Costos de personal

Los costos de personal de perforación y voladura se refieren a todos los gastos asociados con la mano de obra involucrada en estas actividades en la industria minera o de construcción.

Estos costos incluyen:

Salarios y Sueldos:

La compensación directa que reciben los trabajadores, incluyendo perforista y ayudante.

Beneficios y Compensaciones:

Costos adicionales como seguros de salud, aportes a fondos de pensiones, días de descanso pagados y otros beneficios laborales.

Tabla 5: Costos mano de obra

MANO DE OBRA

Obreros	Horas	Tareas	Jorna S/.	Jorna \$	Costo \$ x Disp	Costo \$ / Mt.
Perforista	10	1.25	65.00	18.68	23.35	
Ayudante	10	1.25	55.00	15.80	19.76	
Sub- total	20	2.50			43.10	
Leyes Sociales	100.40%				43.28	
Total Obreros					86.38	59.04
Costos fijos y GG						30.88

Fuente: Costos CMB 2015

3.6.3. Costos de materiales de perforación

Los costos de materiales de perforación son una parte crucial del presupuesto en actividades mineras y de construcción.

Estos costos incluyen diversos elementos necesarios para llevar a cabo la perforación de manera efectiva, como la barra cónica, las brocas, las mangueras, aceite de perforación, como parte principal de los materiales de perforación, de debe de tener en cuenta el tiempo de vía útil de estos materiales, ya que también influyen en la eficiencia de la perforación, una broca en mal estado tiene a demorar en la operación de perforación, de igual manera las mangueras de agua y de aire, deben de estar en condiciones aceptable.

Tabla 6: Costos de materiales de perforación 1

MATERIALES PERFORACION

Barrenos	Cant.	Precio \$	V. Util	p.p.	Costo \$ x Disp	Costo \$ / Mt.
Barra Conica de 6 pies	1	120.00	1500	162.00	12.96	
Broca de 38 mm	1	38.00	500	162.00	12.31	
Total barrenos					25.27	17.27

Mangueras y accesorios:	Unidad	Cant.	Precio \$	V. Util	Costo \$ x Disp	Costo \$ / Mt.
Manguera de 1/2"	Metros	35	1.35	150	0.32	
Manguera de 1"	Metros	35	2.56	120	0.75	
Aceite de perforación	Galones	0.32	11.25	1	3.60	
Total mangueras y accesorios					4.66	3.19

Fuente: Costos CMB 2015

3.6.4. Costos de EPP personal

Los equipos de protección personal (EPP) son esenciales para garantizar la seguridad de los trabajadores en la industria minera, donde están expuestos a diversos riesgos durante la perforación y voladura para el maestro y ayudante.

Tabla 7: Costos de EPP 1

IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD

Descripción	Unidad	Unidad	Precio \$	V. Util	Costo \$ x Disp	Costo \$ / Mt.
Protector	Pza.	2.50	12.10	360.00	0.08	
Guantes de Cuero	Par	2.50	3.95	20.00	0.49	
Correas portalamparas	Pza.	2.50	6.78	360.00	0.05	
Botas de jebe	Par	2.50	19.35	180.00	0.27	
Mameluco	Pza.	2.50	22.36	180.00	0.31	
Respiradores 3M	Pza.	2.50	26.58	180.00	0.37	
Filtro de respirador	Pza.	2.50	8.23	15.00	1.37	
Tapòn de oidos	Par	2.50	3.25	120.00	0.07	
Ropa de jebe	Pza.	2.00	21.32	120.00	0.36	
Arnes	Pza.		54.35	270.00	0.00	
Línea de vida	Pza.		48.35	270.00	0.00	
Lampara de baterias KLM+cargador	Pza.	2.50	80.25	360.00	0.56	
Total Implementos de Seguridad					3.93	2.68

Fuente: Costos CMB 2015

3.6.5. Costos de herramientas

Las herramientas utilizadas en la perforación son fundamentales para garantizar una operación con eficiencia y seguridad en la perforación y voladura,

Estas herramientas deben de estar en buenas condiciones además de considerar un control en la vida útil de cada herramienta, además de realizar la inspección mensual y cambiar las herramientas que se encuentran en mal estado o deteriorados producto del uso y la condiciones propias del trabajo en la perforación de taladros en el frente.

Tabla 8: Costos herramientas I

HERRAMIENTAS Y OTROS MATERIALES

Materiales	Unidad	Cant.	Precio \$	V. Util	Costo \$ x Disp	Costo \$ / Mt.
Lampas	Pza.	2.00	10.25	120	0.171	
Picos	Pza.	1.00	11.23	120	0.094	
Llave Stylison 14"	Pza.	1.00	15.25	180	0.085	
Alambre de amarre	Kgr.	0.25	1.58	1	0.395	
Barretilas	Pza.	2.00	3.25	15	0.433	
Atacador de madera	Pza.	1.00	2.45	30	0.082	
Total herramientas					1.259	0.86

Fuente: Costos CMB 2015

3.6.6. Costos de perforadora

El equipo de perforación es esencial en la industria minera y de construcción, ya que se utiliza para realizar los taladros en el frente de producción, existen en el mercado de diferentes marcas y modelos, en el trabajo se utilizará una perforadora neumática.

Tabla 9: Costo equipo de perforación I

EQUIPO DE PERFORACION Y AFILADO: (VER ANEXO V)

Descripción	P.U. \$	Repuestos	V. Util	Costo \$ x Pie Perf.	Pies Perforad.	Costo \$ / Mt.
Máquina Perforadora	4,982	100%	100,000	0.10	162	
					0.10	162
SUB TOTAL COSTOS DIRECTOS						124.96
Utilidad Y GG		10%				12.50
Inprevistos		4%				5.00
COSTO POR METRO LINEAL						142.46

Fuente: Costos CMB 2015

3.6.7. Costos de explosivos

Los explosivos y accesorios de voladura son elementos cruciales en las operaciones mineras, especialmente en frentes de voladura.

Se utilizan para fragmentar rocas y facilitar la extracción de minerales de acuerdo al tipo de roca que se presenta en la labor, se utilizó el Emulnor 3000 y Emulnor 1000, además de los accesorios como el carmex y la mecha rápida, el buen estado de estos insumos determina la eficiencia de la voladura, si es que se encontrara insumos en mal estado o deteriorados inmediatamente reportar y cambiar, además de que solo personal calificado y autorizado puede realizar el carguío de los frentes, el uso de estos insumos es de control obligatorio, se puede observar que se realizaba un carguío en exceso, esto por la falta de experiencia y destreza de los operadores.

Tabla 10: Costos de explosivos 1

MATERIALES VOLADURA:

Explosivos	Unidad	Tal.	Cant.	Precio \$	Costo \$ x Disp	Costo \$ / Mt.
Emulnor 3000	Cartuchos	4	6	0.42	10.08	
Emulnor 1000	Cartuchos	23	6	0.38	52.44	
Carmex	Pza.	24	1	0.76	18.23	
Mecha rapida	Mts	4.8	1	0.48	2.33	
Total Explosivos					83.07	56.78

COSTO POR METRO LINEAL	199.24
-------------------------------	---------------

Fuente: Costos CMB 2015

3.6.8. Costo general de perforación y voladura 1

Se establecen los costos de la actividad considerando equipos y herramientas, explosivos, sueldo de los trabajadores y el costo del equipo de protección personal en la fase inicial.

Tabla 11: Costos generales 1

ITEM	DETALLE	COSTO \$
1	MANO DE OBRA	59.04
2	Costos fijos y GG	30.88
3	MATERIALES PERFORACION	20.46
4	IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD	2.68
5	HERRAMIENTAS Y OTROS MATERIALES	0.86
6	EQUIPO DE PERFORACION Y AFILADO:	11.03
7	MATERIALES VOLADURA:	56.78
8	SUB TOTAL COSTOS DIRECTOS	181.74
9	Utilidad Y GG	12.50
10	Imprevistos	5.00
TOTAL		199.24

Fuente: Costos CMB 2015

3.7. Evaluación geomecánica NV 427

Se contrato los servicios de una empresa especialista para que realice la evaluación geomecánica en el Nv 427, en la visita se puso observar y evidenciar el macizo rocoso perturbado por efecto de la voladura.

Las características geológicas de tipo granodiorita en la mina muestra fracturas en el contorno de la labor por lo que se realiza una evaluación geomecánica para determinar el grado de perturbación, para lo cual aplicamos la Clasificación de Bieniawski.

Esta clasificación del macizo rocoso deberá de ser continuo porque va a determinar el cambio de la malla si es que hubiera cambio de la roca, la inspección y el uso de las tablas GSI se convierten en parte de un procedimiento.

Tabla 12: Tabla de clasificación

CLASE	Descripción	RMR
I	Muy bueno	81 - 100
II	Bueno	61 - 80
III	Medio	41 - 60
IV	Pobre	21 - 40
V	Muy pobre	0 - 20

Fuente: Autor

Bieniawski ha considera parámetros para la evaluación:

- Resistencia de roca
- Discontinuidad:
 - ✓ Espaciado
 - ✓ Condiciones
 - ✓ Hidrogeológicas
 - ✓ Posición en relación a la labor

I) Calculando la resistencia de compresión simple con una granodiorita

Rc: 135 Mpa

Rc: 1377 Kg/cm²

II) Hallando el R.Q.D.

Aplicamos para este cálculo:

R.Q.D.: $155 - 3.3 \cdot J_v$

Donde J_v es igual $N.^{\circ}$ general de discontinuidad por cada m³ entonces reemplazando podemos calcular:

✓ R.Q.D.: $115 - 3.3 \cdot 14$

✓ R.Q.D.: 115-46.2

✓ R.Q.D.: 68.8

El resultado define que es un tipo de roca semidura por ser un granito, compacto con presencia de cuarzo.

III) Discontinuidades

Espacio: 0.2 m – 0.6 m

Estado:

- Abertura 1m.m. a 5 m.m.
- Alteración moderada con intemperización
- Relleno duro > 5 m.m.

- Rugoso
- Persistencia 1 m a 3 m

IV) Hidrogeológica

Sin presencia de agua en el Nv 427

V) Posición

La discontinuidad que se observaron es paralela a la dirección de la labor.

3.8. Malla de perforación 1

Se llevó a cabo un análisis de la malla de perforación y voladura inicial utilizada por el contratista antes de presentar su propuesta de mejora.

En esta malla se encontraron 28 taladros de producción, de los cuales solo 1 era de alivio. Cada disparo lograba un avance de 1.44 metros y generaba un tonelaje de 14.00 toneladas, resultando en un factor de potencia de 1.16 kg/tn, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 13: Distribucion de taladros 2

TALADROS	Nº
Arranque	4
Ayuda 1	4
Ayuda 2	4
Hastiales	5
Corona	5
Arrastres	5

Fuente: Autor

Se puede observar la relación entre la distribución de los taladros en la malla de perforación y la cantidad de explosivos a cargar para este caso se tiene 28 cartuchos en el arranque, 32 cartuchos en las ayudas, 60 cartuchos en los hastiales, corona y arrastres

Tabla 14: Distribución de taladros y explosivos

TALADROS	Nº	EMULNOR 3000 1"X8"	EMULNOR 1000 1"X12"	EMULNOR 1000 1"X8"	PESO
Arranque	4	7			0.77
Ayuda 1	4		16		2.24
Ayuda 2	4		16		2.24
Hastiales	5		20		2.8
Corona	5		20		2.80
Arrastres	5		20		2.8
TOTAL					13.65

Fuente: Autor

Tabla 15: Parámetros de malla 1

Parámetro	Valor	Unidad
Altura	2	m
Ancho	1.8	m
Diámetro de taladro	34	mm
Longitud de barra	6	pies
Eficiencia de perforación	0.8	%
Tipo de roca	Intermedia	
Densidad de roca	3.9	gr/cm3
Diámetro de alivio	34	mm
Diámetro de taladro de producción	34	mm
Cantidad de taladros de alivio	1	unid
Cantidad de taladros de producción	27	unid
Explosivo	Emulnor	3000
	Emulnor	1000
Densidad de explosivo	1.14	gr/cm3
Longitud de avance efectivo	1.46	m
Volumen Teórico	5.27	m3
Tonelaje	20.54	Ton
Total Explosivo en Frente	11.97	Kg
Factor de carga	2.27	Kg/m3
Factor de potencia	0.58	Kg/t

Fuente: Autor

3.9. Diseño de malla modelo Holmberg

Se tomaron en cuenta los parámetros operacionales de la actividad para los cálculos del modelo matemático de Holmberg en el diseño de la malla de perforación y voladura.

Tabla 16: Parámetros de sección

Parámetro	Valor	Unidad
Altura	2	m
Ancho	1.8	m
Diámetro de taladro	34	mm
Longitud de barra	6	pies
Eficiencia de perforación	0.8	%

Fuente: Autor

3.9.1. Cálculo de número de taladros

Considerando los datos de la sección y las características de la labor se realiza el cálculo del área

- ✓ Barreno Longitud: 6 pies
- ✓ Longitud corregida :1 m
- ✓ Densidad : 2.7 Ton/m³
- ✓ Broca diámetro : 0.038 m.m
- ✓ Sección : 2.10 x 1.80

Calculando N.º de taladros hallamos el perímetro

Perímetro:

$$P = 4 * \sqrt{(A * H)}$$

$$P = 4 * \sqrt{2.1 * 1.8}$$

$$P = 7.6$$

$$N^{\circ} \text{ de taladro} \quad N^{\circ} \text{ tal} = \left(\frac{P}{dt} \right) + (c * s)$$

$$N^{\circ} \text{ de tal} = (7.6/0.6) + (2.1 * 1.8)$$

$$N^{\circ} \text{ de tal} = 18$$

Se aplico el resultado de 18 taladros y 3 taladros de alivio teniendo una malla de 21 taladros, con resultado desfavorable, por lo que se realizó un nuevo cálculo aplicando otra metodología.

3.9.2. Metodología de protodyakonov

Para realizar un nuevo cálculo se realizó con la metodología de protodyakonov el cual considero:

$$Nt = K\sqrt{F} * S * Fcg$$

Nt: N.º taladros con carga

K: Coeficiente del diámetro del taladro

Mayor a 51 m.m. K:2.00

Menor a 51 m.m. K:2.70

S: Sección m²

F: Resistencia (factor)

Tabla 17: Tabla de factor de resistencia

ROCA	GRADO	RESISTENCIA
Calcita	Muy dura	20
Caliza Silificada	Dura	15
Granito, diorita, caliza	Semidura/suave	10 a 8
Caliza con fracturamiento	Muy suave	6 a 4

Fuente: Autor

Fcg: Factor de corrección 0.95

Reemplazando tenemos:

Nt : 25

S :3.6

F :8

K :2.7

Fcg :0.95

Entonces tendremos 23 taladros cargados más 2 taladros de alivio en la malla de perforación

3.9.3. Cálculo del diámetro

Se realiza el cálculo del diámetro óptimo de la malla de perforación considerando la siguiente formula:

$$D_{eq} = D_1 * \sqrt{n}$$

Deq : Diámetro del taladro abierto

N : N.º de taladros vacíos

D1 : Ø de taladro libre

Reemplazando tenemos:

$$\text{Deq: } 0.038 \times \sqrt{3}$$

$$\text{Deq=0.065 mm}$$

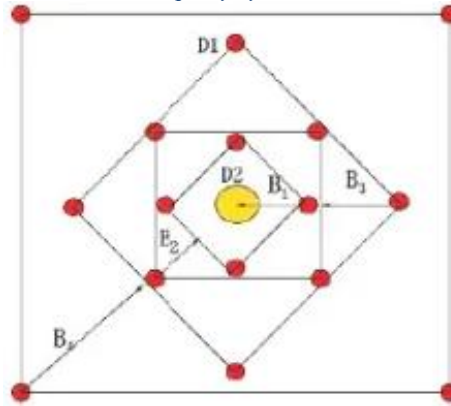
Entonces se perforará 03 taladros de alivio en el primer burden se debe de tener en consideración el diámetro del taladro.

3.9.4. Burden

El "burden" en voladura se refiere a la distancia horizontal entre el taladro cargado y la cara libre de la roca que se va a volar. Es un concepto clave en el diseño de voladuras, ya que influye en la fragmentación y el desplazamiento del material volado.

Aplicaremos las siguientes fórmulas para calcular el burden de la malla de perforación, en general, el burden se calcula en función de varios factores, como el tipo de roca, el tamaño del taladro y el tipo de explosivo utilizado, y es fundamental para lograr un resultado óptimo en las operaciones de voladura.

Ilustración 6: Arranques y ayudas



Fuente: Autor

3.9.4.1. Burden1

Calculando el burden en el primer cuadrante tenemos:

Burden 1:

$$B_1 = 1.7 * D_{eq}$$

$$B_1 = 1.7 * 6.6$$

$$B_1 = 11.19 \text{ cm}$$

Espaciamiento:

$$Ah = 2.12 (D_{eq})$$

$$Ah = 2.12 * 6.6$$

$$Ah = 13.95 \text{ cm}$$

3.9.4.2. Burden2

Calculando el burden en el segundo cuadrante tenemos:

$$B_2 = B_1 * \sqrt{2}$$

$$B_2 = 11.19 * 1.41$$

$$B_2 = 15.82 \text{ cm}$$

Espaciamiento 2

$$Ah = 11.19 * 6.6$$

$$Ah = 73.64 \text{ cm}$$

3.9.4.3. Longitud de carga

Se calcula la longitud de la carga considerando el taco aplicado al momento del carguío en el taladro

Arranque

Longitud carguío 1

$$Lc: Pt - Lt$$

$$Lc: 1.62 - 0.48$$

$$Lc: 1.13 \text{ cm}$$

Cartucho en taladro

$$N = Lc / \text{Long. Cartucho}$$

$$N = 1.13 / 0.30$$

$$N = 4 \text{ Cartuchos}$$

Ayuda 1

Longitud carga ayuda

$$Lc: Pt - Lt$$

$$Lc: 1.62 - 0.48$$

$$Lc: 1.30 \text{ cm}$$

Cartucho en taladro

$$N = Lc / \text{Long. Cartucho}$$

$$N = 1.13 / 0.30$$

$$N = 4 \text{ Cartuchos}$$

Ayuda 2

Longitud carga ayuda

$$Lc: Pt - Lt$$

$$Lc: 1.62 - 0.48$$

$$Lc: 1.30 \text{ cm}$$

Cartucho en taladro

$$N = Lc / \text{Long. Cartucho}$$

$$N = 1.13 / 0.30$$

$$N = 4 \text{ Cartuchos}$$

Contorno

Longitud carga contorno

$$Lc: Pt - Lt$$

$$Lc: 1.62 - 0.48$$

$$Lc: 1.30 \text{ cm}$$

Cartucho en taladro

$$N=Lc/Long. \text{ Cartucho}$$

$$N=1.13/0.30$$

$$N=4 \text{ Cartuchos}$$

Zapatas

Espaciamiento de zapatas

$$S=0.7$$

N.º Taladro en zapata

$$NT= (Long. \text{ Zapata}/Espaciamiento \text{ de taladros}) +1$$

$$NT= (1.8/0.7) +1$$

$$NT=4$$

Hastiales

Espaciamiento hastial

$$S=0.7$$

N.º Taladro

$$NT= Long. \text{ Hastial}/Espaciamiento \text{ de taladros}$$

$$NT= (1.2/0.7)$$

$$NT=3$$

Corona

Espaciamiento

$$S=0.6$$

N.º Taladro

$$NT=Lc/Et$$

$$NT=2.5/0.6$$

$$NT=3$$

3.9.4.4. Distribución de malla y cartuchos

La distribución de taladros en una malla de perforación en una mina se refiere a la disposición planificada de los taladros perforados en el frente de trabajo, diseñados para optimizar la voladura y la fragmentación de la roca.

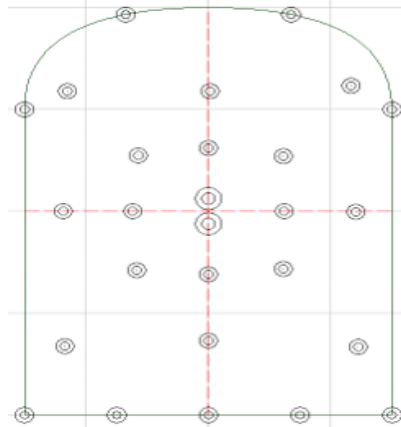
Se realiza la distribución de los taladros en la malla de perforación con los cartuchos de EMULNOR 3000 Y EMULNOR 1000, de acuerdo a la longitud del taladro, para este caso tenemos una longitud de 1.46 metros con una eficiencia del 80% sobre 6 pies.

Tabla 18: Distribución de taladro 2

TALADROS	Nº
Arranque	4
Ayuda 1	4
Ayuda 2	4
Hastiales	4
Corona	3
Arrastres	4

Fuente Autor

Ilustración 7: Malla de perforación 2



Fuente Autor

3.9.4.5. Evaluación de voladura

Se realizó un análisis de la malla final de perforación y voladura, comparándola con la malla de mejora sugerida.

A partir de la malla original, se detectaron 25 taladros, de los cuales 23 correspondían a producción.

Con el uso de una barra de 6 pies, se obtuvo un avance de 1.46 metros por disparo y un tonelaje de 20.54 toneladas por disparo, lo que da como resultado un factor de potencia de 0.55 kg/tn.

Tabla 19: Datos generales

Parámetro	Valor	Unidad
Altura	2	m
Ancho	1.8	m
Díámetro de taladro	34	mm
Longitud de barra	6	pies
Eficiencia de perforación	0.8	%

Fuente Autor

Tabla 20: Distribución de taladros

TALADROS	Nº	EMULNOR 3000 1"X 8"	EMULNOR 1000 1"X12"	PESO
Arranque	4	6		0.70
Ayuda 1	4		16	2.16
Ayuda 2	4		16	2.16
Hastiales	4		16	2.16
Corona	3		12	1.62
Arrastres	4		16	2.16
TOTAL				10.96

Fuente Autor

Se realizó un detalle de los parámetros de la perforación y voladura considerando los datos iniciales de la sección de la labor, en este caso no se realizó cambios.

Tabla 21: Parámetro de perforación y voladura

Parámetro	Valor	Unidad
Altura	2	m
Ancho	1.8	m
Diámetro de taladro	34	mm
Longitud de barra	6	pies
Eficiencia de perforación	0.8	%
Tipo de roca	Intermedia	
Densidad de roca	3.9	Ton/m3
Diámetro de alivio	34	mm
Diámetro de taladro de producción	34	mm
Cantidad de taladros de alivio	2	unid
Cantidad de taladros de producción	23	unid
Explosivo	Emulnor	3000
	Emulnor	1000
Densidad de explosivo	1.14	gr/cm3
Longitud de avance efectivo	1.46	m
Volumen Teórico	5.27	m3
Tonelaje	20.54	Ton
Total Explosivo en Frente	11.26	Kg
Factor de carga	2.14	Kg/m3
Factor de potencia	0.55	Kg/t

Fuente Autor

Se llevó a cabo un seguimiento exhaustivo que resultó en una mejora del avance lineal por disparo, alcanzando un total de 14 disparos con un promedio de 1.46 metros de avance por cada uno.

Asimismo, se optimizó el área de la sección. Además de supervisar el marcado de la malla para que sea más sencillo realizar la perforación de manera uniforme además de usar 03 guidores para controlar el paralelismo entre taladros.

Esto permitió una correcta carga de explosivos, una adecuada distribución y un buen amarre.

Se implementó una prueba durante todo agosto del 2022, utilizando un nuevo diseño de malla que consistía en 23 taladros cargados y 2 taladros de alivio, sumando un total de 25 taladros.

Se recopilaron datos a partir de modelos matemáticos, así como los burden y el espaciamiento establecido, el promedio de explosivos por taladro fue de 5, con variaciones según los cálculos realizados.

En la fase de arranque, se aplicaron 0.70 kilogramos de explosivo por taladro, lo que resultó en un total de 24 explosivos por taladro en esa etapa.

En las salidas siguientes, se redujo proporcionalmente la cantidad de explosivos: se utilizaron un promedio de 2.16 kilogramos por taladro para las ayudas y subayudas, y 2.16 kilogramos para los cuadradores.

Para los hastiales, se restó del kilogramo de explosivo del arranque el nuevo promedio. Para la corona, se empleó la misma cantidad 1.62 kilogramos, para los arrastres se usó 2.16 kilogramos.

Todas estas medidas se implementaron para prevenir fallas en la perforación y voladura, que podrían impactar negativamente en el avance y en los costos asociados.

3.9.5. Costos de perforación malla 2

Se considera a los costos que intervienen en la actividad de perforación y voladura:

- Costo de personal
- Costo de material de perforación
- Costo de implemento de seguridad
- Costo de herramienta
- Costo de perforadora
- Costo de explosivo

3.9.6. Costos de personal

Los costos de personal de perforación y voladura se refieren a todos los gastos asociados con la mano de obra involucrada en estas actividades en la industria minera o de construcción. Estos costos incluyen:

Salarios y Sueldos: La compensación directa que reciben los trabajadores, incluyendo perforista y ayudante.

Beneficios y Compensaciones: Costos adicionales como seguros de salud, aportes a fondos de pensiones, días de descanso pagados y otros beneficios laborales.

Tabla 22: Costos de mano de obra

MANO DE OBRA

Obreros	Horas	Tareas	Jorna S/.	Jorna \$	Costo \$ x Disp	Costo \$ / Mt.
Perforista	10	1.25	65.00	18.68	23.35	
Ayudante	10	1.25	55.00	15.80	19.76	
Sub- total	20	2.50			43.10	
Leyes Sociales	100.40%				43.28	
Total Obreros					86.38	59.04
Costos fijos y GG						30.88

Fuente: Area de costos

3.9.7. Costos de materiales de perforación

Los costos de materiales de perforación son una parte crucial del presupuesto en actividades mineras y de construcción.

Estos costos incluyen diversos elementos necesarios para llevar a cabo la perforación de manera efectiva, como la barra cónica, las brocas, las mangueras, aceite de perforación.

Tabla 23: Costos de materiales

MATERIALES PERFORACION

Barrenos	Cant.	Precio \$	V. Util	p.p.	Costo \$ x Disp	Costo \$ / Mt.
Barra Conica de 6 pies	1	120.00	1500	162.00	12.96	
Broca de 38 mm	1	38.00	500	162.00	12.31	
Total barrenos					25.27	17.27

Mangueras y accesorios:	Unidad	Cant.	Precio \$	V. Util	Costo \$ x Disp	Costo \$ / Mt.
Manguera de 1/2"	Metros	35	1.35	150	0.32	
Manguera de 1"	Metros	35	2.56	120	0.75	
Aceite de perforación	Galones	0.32	11.25	1	3.60	
Total mangueras y accesorios					4.66	3.19

Fuente: Autor

3.9.8. Costos de EPP personal

Los equipos de protección personal (EPP) son esenciales para garantizar la seguridad de los trabajadores en la industria minera, donde están expuestos a diversos riesgos durante la perforación y voladura para el maestro y ayudante.

Tabla 24: Costos de EPP

IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD

Descripción	Unidad	Unidad	Precio \$	V. Util	Costo \$ x Disp	Costo \$/ Mt.
Protector	Pza.	2.50	12.10	360.00	0.08	
Guantes de Cuero	Par	2.50	3.95	20.00	0.49	
Correas portalamparas	Pza.	2.50	6.78	360.00	0.05	
Botas de jebe	Par	2.50	19.35	180.00	0.27	
Mameluco	Pza.	2.50	22.36	180.00	0.31	
Respiradores 3M	Pza.	2.50	26.58	180.00	0.37	
Filtro de respirador	Pza.	2.50	8.23	15.00	1.37	
Tapón de oídos	Par	2.50	3.25	120.00	0.07	
Ropa de jebe	Pza.	2.00	21.32	120.00	0.36	
Arnes	Pza.		54.35	270.00	0.00	
Línea de vida	Pza.		48.35	270.00	0.00	
Lampara de baterías KLM+cargador	Pza.	2.50	80.25	360.00	0.56	
Total Implementos de Seguridad					3.93	2.68

Fuente: Autor

3.9.9. Costos de herramientas

Las herramientas utilizadas en la perforación son fundamentales para garantizar una operación con eficiencia y seguridad en la perforación y voladura.

Tabla 25: Costos de herramientas

HERRAMIENTAS Y OTROS MATERIALES

Materiales	Unidad	Cant.	Precio \$	V. Util	Costo \$ x Disp	Costo \$/ Mt.
Lampas	Pza.	2.00	10.25	120	0.171	
Picos	Pza.	1.00	11.23	120	0.094	
Llave Stylison 14"	Pza.	1.00	15.25	180	0.085	
Alambre de amarre	Kgr.	0.25	1.58	1	0.395	
Barretillas	Pza.	2.00	3.25	15	0.433	
Atacador de madera	Pza.	1.00	2.45	30	0.082	
Total herramientas					1.259	0.86

Fuente: Autor

3.9.10. Costos de perforadora

El equipo de perforación es esencial en la industria minera y de construcción, ya que se utiliza para realizar los taladros en el frente de producción, existen en el mercado de diferentes marcas y modelos, en el trabajo se utilizará una perforadora neumática.

Tabla 26: Costos de perforadora

EQUIPO DE PERFORACION Y AFILADO: (VER ANEXO V)						
Descripción	P.U. \$	Repuestos	V. Util	Costo \$ x Pie Perf.	Pies Perforad.	Costo \$/ Mt.
Máquina Perforadora	4,982	100%	100,000	0.10	162	
					0.10	162
SUB TOTAL COSTOS DIRECTOS						124.96
Utilidad Y GG		10%				12.50
Inprevistos		4%				5.00
COSTO POR METRO LINEAL						142.46

Fuente: Autor

3.9.11. Costos de explosivos

Los explosivos y accesorios de voladura son elementos cruciales en las operaciones mineras, especialmente en frentes de voladura. Se utilizan para fragmentar rocas y facilitar la extracción de minerales de acuerdo al tipo de roca que se presenta en la labor, se utilizó el Emulnor 3000 y Emulnor 1000.

Tabla 27: Costos de voladura

MATERIALES VOLADURA:						
Explosivos	Unidad	Tal.	Cant.	Precio \$	Costo \$ x Disp	Costo \$/ Mt.
Emulnor 3000	Cartuchos	4	4	0.42	6.72	
Emulnor 1000	Cartuchos	19	4	0.38	28.88	
Carmex	Pza.	24	1	0.76	18.23	
Mecha rapida	Mts	4.8	1	0.48	2.33	
Total Explosivos					56.15	38.38
COSTO POR METRO LINEAL						180.84

Fuente: Autor

3.9.12. Costo general de perforación y voladura 1

Se establecen los costos de la actividad considerando equipos y herramientas, explosivos, sueldo de los trabajadores y el costo del equipo de protección personal en la fase inicial.

Tabla 28: Gastos generales

ITEM	DETALLE	COSTO \$
1	MANO DE OBRA	59.04
2	Costos fijos y GG	30.88
3	MATERIALES PERFORACION	20.46
4	IMPLEMENTOS DE SEGURIDA	2.68
5	HERRAMIENTAS Y OTROS MAT	0.86
6	EQUIPO DE PERFORACION Y.	11.03
7	MATERIALES VOLADURA:	38.38
8	SUB TOTAL COSTOS DIRECTO	163.34
9	Utilidad Y GG	12.50
10	Inprevistos	5.00
TOTAL		180.84

Fuente: Autor

CAPITULO IV
RESULTADOS DE MEJORA DE MALLA

4.1. Evaluación de costos de voladura

4.1.1. Evaluación de costos con malla inicial

La malla de perforación con la que se estaba trabajando tenía deficiencia en el carguío que producía un exceso de la fragmentación del mineral e influía directamente en los costos de voladura, se aplica los explosivos Emulnor 3000 y Emulnor 1000 considerando la malla de perforación inicial con 27 taladros de producción distribuidos en el arranque, ayuda 1, ayuda 2, hastiales, corona, arrastres además de tener 1 taladro de alivio.

Tabla 29: Distribución de taladros

TALADROS	Nº
Arranque	4
Ayuda 1	4
Ayuda 2	4
Hastiales	5
Corona	5
Arrastres	5

Fuente: Autor

La distribución del explosivo en relación a la longitud real del taladro después de la perforación, carguío y voladura tiene un efecto de fracturamiento excesivo, esto por la mayor cantidad de taladros y el sobre carguío del explosivo el cual produce un fracturamiento excesivo en el frente de la labor, además de tener un total de 13.65 kg de explosivo.

Tabla 30: Malla 1

TALADROS	Nº	EMULNOR 3000 1"X8"	EMULNOR 1000 1"X12"	EMULNOR 1000 1"X8"	PESO
Arranque	4	7			0.77
Ayuda 1	4		16		2.24
Ayuda 2	4		16		2.24
Hastiales	5		20		2.8
Corona	5		20		2.80
Arrastres	5		20		2.8
TOTAL					13.65

Fuente: Autor

Los costos reales considerando el explosivo de FAMESA el Emulnor 3000 de 1" x 8" con un costo de \$ 10.08 dólares, el Emulnor 1000 de 1" x 12" con un costo de \$ 52.44 dólares como un explosivo que se aplica en las condiciones del macizo rocoso en la mina además de del camex con un costo de \$ 18.23 dólares y la mecha rápida con un costo de \$ 2.33 dólares como accesorios de voladura, en este caso el costo real en la malla anterior es de \$83.07 dólares por disparo y de \$56.78 dólares por metro lineal.

Tabla 31: Costos malla

MATERIALES VOLADURA:

Explosivos	Unidad	Tal.	Cant.	Precio \$	Costo \$ x Disp	Costo \$ / Mt.
Emulnor 3000	Cartuchos	4	6	0.42	10.08	
Emulnor 1000	Cartuchos	23	6	0.38	52.44	
Carmex	Pza.	24	1	0.76	18.23	
Mecha rapida	Mts	4.8	1	0.48	2.33	
Total Explosivos					83.07	56.78

Fuente: Autor

Se puede observar en el grafico la variación de explosivos, se consideró solo para el arranque el explosivo Emulnor 3000 de 1" x 8", en 04 taladros, para el caso de los demás taladros se consideró el explosivo Emulnor 1000 de 1" x 12", en 23 taladros además de 24 carmex para 24 taladros y 4.8 metros de mecha rápida esto para garantizar el arranque con 2 taladros de alivio.

Gráfico 1: Cantidad explosivos malla inicial

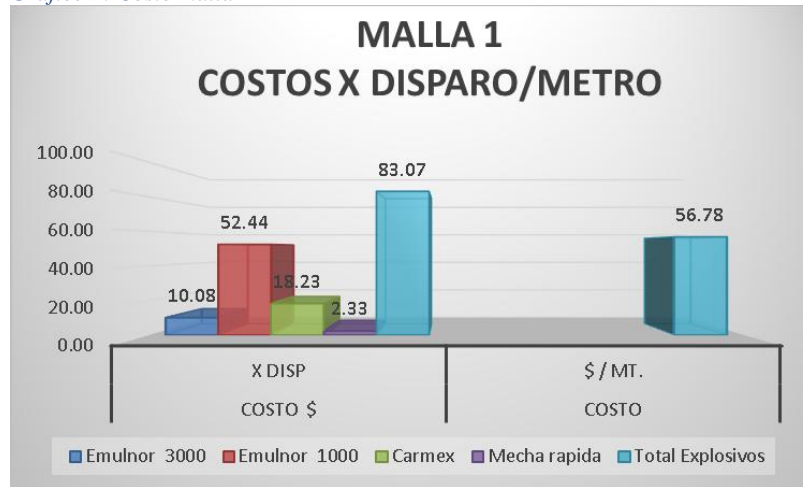


Fuente: Autor

Se puede observar en el grafico los costos por disparo y los costos por metro lineal de perforación y voladura (avance), en el caso de costo por disparo es de \$ 83.07 dólares y en el caso del costo por metro lineal es de \$ 56.78

dólares, en el caso del Carmex y la mecha rápida el costo se mantiene

Gráfico 2: Costo malla 1



Fuente: Autor

4.1.2. Evaluación de costos con malla final

La malla de perforación modificada tiene una eficiencia en el carguío por lo que la fragmentación del material es uniforme y eficiente esta eficiencia influye directamente en los costos de perforación y voladura.

Se aplica los explosivos Emulnor 3000 y Emulnor 1000 considerando la malla de perforación inicial con 23 taladros de producción distribuidos en 04 taladros de arranque, 04 taladros de ayuda 1, 04 taladros de ayuda 2, 04 taladros en los hastiales, 03 taladros en la corona, 04 taladros en el arrastre además de tener 02 taladro de alivio.

Tabla 32: Distribución malla 2

TALADROS	Nº
Arranque	4
Ayuda 1	4
Ayuda 2	4
Hastiales	4
Corona	3
Arrastres	4

Fuente: Autor

La distribución del explosivo en relación a la longitud real del taladro después de la perforación, carguío y voladura tiene un efecto de fracturamiento eficiente, esto por la cantidad de taladros calculados en la

nueva malla de perforación y el carguío del explosivo el cual produce un fracturamiento uniforme del mineral en el frente de la labor, además de tener un total de 14.97 kg de explosivo.

Tabla 33: Distribución malla 2

TALADROS	Nº	EMULNOR 3000 1"X8"	EMULNOR 1000 1"X12"	PESO
Arranque	4	6		0.70
Ayuda 1	4		16	2.16
Ayuda 2	4		16	2.16
Hastiales	4		16	2.16
Corona	3		12	1.62
Arrastres	4		16	2.16
TOTAL				10.96

Fuente: Autor

Los costos reales considerando el explosivo de FAMESA el Emulnor 3000 de 1" x 8" con un costo de \$ 6.72 dólares, el Emulnor 1000 de 1" x 12" con un costo de \$ 28.88 dólares como un explosivo que se aplica en las condiciones del macizo rocoso en la mina además de del camex con un costo de \$ 18.23 dólares y la mecha rápida con un costo de \$ 2.33 dólares como accesorios de voladura, en este caso el costo real en la malla calculada es de \$56.15 dólares por disparo y de \$ 38.38 dólares por metro lineal.

Tabla 34: Costos malla 2

MATERIALES VOLADURA:

Explosivos	Unidad	Tal.	Cant.	Precio \$	Costo \$ x Disp	Costo \$/ Mt.
Emulnor 3000	Cartuchos	4	4	0.42	6.72	
Emulnor 1000	Cartuchos	19	4	0.38	28.88	
Carmex	Pza.	24	1	0.76	18.23	
Mecha rapida	Mts	4.8	1	0.48	2.33	
Total Explosivos					56.15	38.38

Fuente: Autor

Se puede observar en el grafico la variación de explosivos, se consideró solo para el arranque el explosivo Emulnor 3000 de 1" x 8", en 04 taladros, para el caso de los demás taladros se consideró el explosivo Emulnor 1000 de 1" x 12", en 19 taladros además de 24 carmex para 24 taladros y 4.8 metros de mecha rápida esto para garantizar el arranque con 2 taladros de alivio.

Esta nueva malla de perforación dio resultados positivos en los disparos realizados, se consideró para la evaluación 12 disparos en el Nv 427 galería

principal, se observó la ausencia de sobrexcaucion además de verificar las condiciones del macizo rocoso después de la voladura presentando uniformidad en el contorno de la labor.

Es importante mantener el paralelismo de la perforación entre taladro y taladro para evitar deficiencias en la voladura.

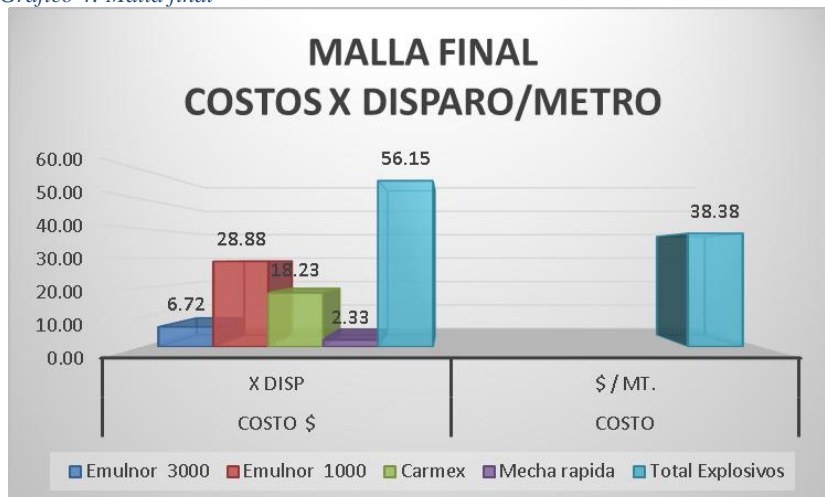
Gráfico 3: Distribución malla 2



Fuente: Autor

Se puede observar en el grafico los costos por disparo y los costos por metro lineal de perforación y voladura (avance), en el caso de costo por disparo es de \$ 56.15 dólares y en el caso del costo por metro lineal es de \$ 38.38 dólares, en el caso del carmex se mantiene en el costo de \$ 18.23 dólares y en el caso de la mecha rápida el costo es de \$ 2.33 dólares el cual se mantiene, en relación a los costos con la malla anterior.

Gráfico 4: Malla final



Fuente: Autor

4.1.3. Diferencia de costos

Se puede observar en el cuadro de costos la diferencia en los costos de los explosivos y accesorios de voladura en relación con la malla anterior, en el caso del explosivo Emulnor 3000 el costo por disparo con la malla anterior era de \$10.08 dólares, en el caso del costo por disparo de la malla final es \$6.72 dólares, en el caso del explosivo Emulnor 1000 el costo por disparo con la malla anterior era de \$52.44 dólares, en el caso del costo por disparo de la malla final es \$28.88 dólares, en el caso del Carmex el costo por disparo de la malla inicial se mantiene con la de la malla final en \$18.23 dólares, en el caso de la mecha rápida el costo por disparo de la malla inicial se mantiene con la de la malla final en \$ 2.33 dólares.

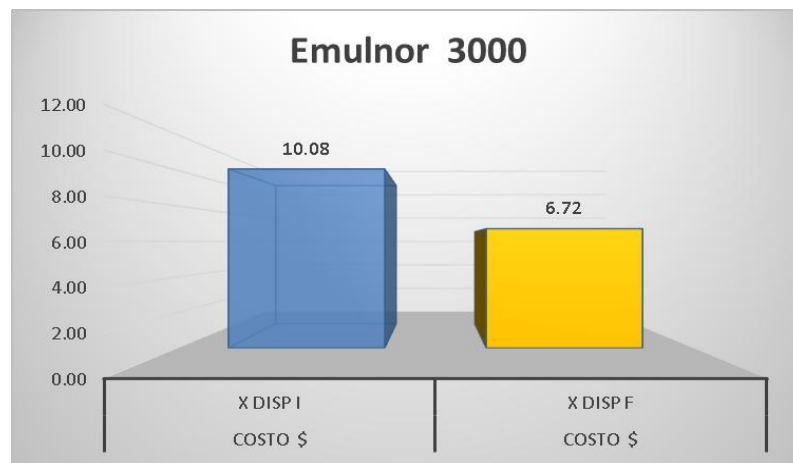
Tabla 35: Diferencia de costos

Explosivos	Tal I	Tal F	Cant I	Cant F	Precio \$ I	Precio \$ F	Costo \$ x Disp I	Costo \$ x Disp F
Emulnor 3000	4	4	6	4	0.42	0.42	10.08	6.72
Emulnor 1000	23	19	6	4	0.38	0.38	52.44	28.88
Carmex	24	24	1	1	0.76	0.76	18.23	18.23
Mecha rapida	4.8	4.8	1	1	0.48	0.48	2.33	2.33
Total Explosivos							83.07	56.15

Fuente: Autor

Se puede observar en el gráfico para el caso del explosivo Emulnor 3000 el costo por disparo con la malla anterior era de \$10.08 dólares, en el caso del costo por disparo de la malla final es \$6.72 dólares, con una diferencia de \$ 3.36 dólares.

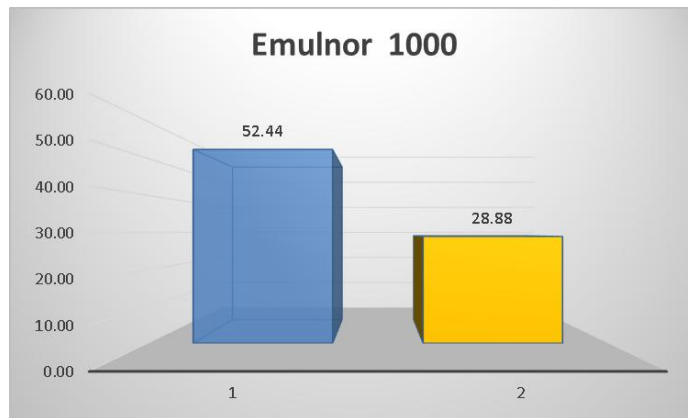
Gráfico 5: Costos por explosivo



Fuente: Autor

Se puede observar en el grafico para el caso del explosivo Emulnor 1000 el costo por disparo con la malla anterior era de \$52.44 dólares, en el caso del costo por disparo de la malla final es \$28.88 dólares, con una diferencia de \$ 23.56 dólares.

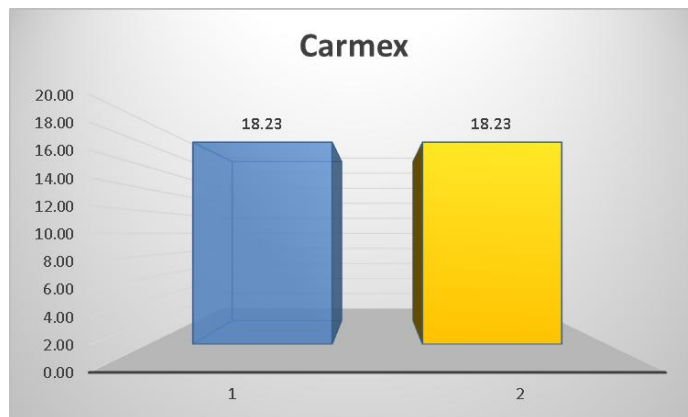
Gráfico 6: Costos por explosivo 2



Fuente: Autor

Se puede observar en el grafico para el caso del Carmex el costo por disparo con la malla anterior era de \$18.23 dólares, en el caso del costo por disparo de la malla final es \$18.23 dólares, se mantiene el costo.

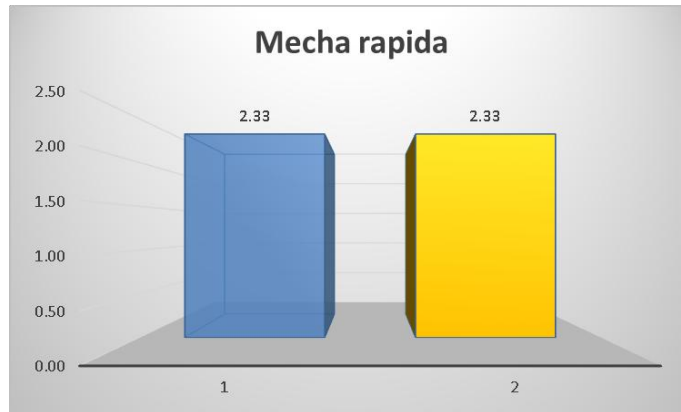
Gráfico 7: Costos por accesorios 1



Fuente: Autor

Se puede observar en el grafico para el caso de la mecha el costo por disparo con la malla anterior era de \$2.33 dólares, en el caso del costo por disparo de la malla final es \$2.33 dólares, se mantiene el costo.

Gráfico 8: Costos mecha rápida

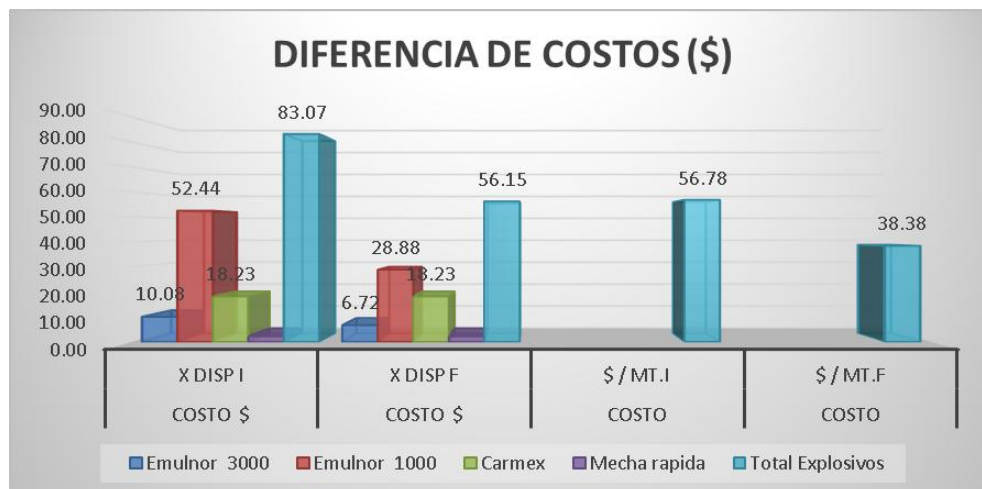


Fuente: Autor

Se puede observar una diferencia de costos en la malla de perforación relacionado con los explosivos en la malla inicial el costo por disparo era de \$83.07 dólares y en la malla final es de \$56.78 dólares, con una reducción de \$26.29 así mismo en el costo por metro lineal en la malla inicial era de \$56.15 dólares y en la malla final es de \$38.38 dólares.

Esta diferencia es significativa e influye en los costos generales tanto en la operación de perforación y en la operación de carguío y voladura, reduciendo el factor de potencia y el factor de carga en relación a la capacidad en kilogramos de los explosivos.

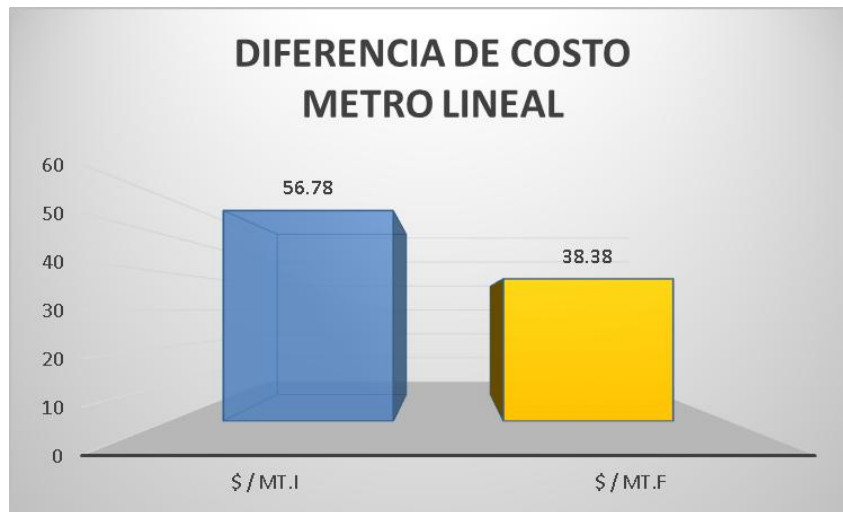
Gráfico 9: Diferencia de costos



Fuente: Autor

Se puede observar en el grafico una reducción en relación al costo por metro lineal en la malla inicial era de \$56.15 dólares y en la malla final es de \$38.38 dólares con una diferencia de \$18.4 dólares.

Gráfico 10: Diferencia de costos por metro lineal



Fuente: Autor

CAPITULO V

ANALISIS Y DISCUSION

5.1. Análisis de la Investigación

La investigación se centra en la mejora continua de las operaciones en Minera Gold Perú Misti S.A.C., específicamente en su proyecto minero Bonanza 2015, se busca abordar la ineficiencia en los procesos de perforación y voladura, que históricamente se basaron en prácticas empíricas, el objetivo es implementar un diseño de malla de perforación más eficiente que permita reducir costos y mejorar la producción, al tiempo que se considera la seguridad y los estándares operativos. El estudio es de tipo aplicativo y nivel correlacional, utilizando un diseño cuasiexperimental.

Esto permite observar el impacto de las modificaciones en la malla de perforación de forma controlada.

La investigación se basa en la evaluación y prueba de la malla existente, y se apoya en reportes, gráficos y ecuaciones para analizar los resultados, dentro de la evaluación y resultados se consideró la identificación del problema con la identificación de deficiencias en la perforación y voladura, evidenciando que las prácticas anteriores no solo eran ineficientes, sino que también implicaban un uso inadecuado de explosivos, la cual se relaciona con la modificación del diseño de la malla el cual se enfoca en optimizar el diámetro y el paralelismo de las perforaciones, la evaluación geomecánica se utiliza para seleccionar el tipo y la cantidad de explosivos adecuados, dentro de los costos por metro lineal de perforación y voladura disminuyó de \$199.24 a \$180.84, logrando una reducción significativa de \$18.40 por metro lineal, lo que equivale a un 9.24% de ahorro.

5.2. Discusión de la investigación

El impacto Económico se relaciona con la reducción de costos en las operaciones es un objetivo crucial en la industria minera. Este ahorro, aunque parece pequeño en términos absolutos, puede tener un impacto significativo cuando se considera a gran escala, dado el volumen de operaciones en minería, la estandarización y la mejora continua se centra en la importancia y estandarización en los procesos operativos. La implementación de un enfoque basado en datos y análisis

geomecánicos no solo mejora la eficiencia, sino que también promueve un entorno de trabajo más seguro, asegurando la sostenibilidad y seguridad como la mejora en la eficiencia de la perforación y voladura no solo se traduce en ahorro de costos, sino que también puede contribuir a prácticas más sostenibles al reducir el uso de explosivos y minimizar el impacto ambiental, la investigación realizada por Minera Gold Perú Misti S.A.C. evidencia que la implementación de un diseño optimizado de malla de perforación puede conducir a mejoras significativas en la eficiencia operativa y la reducción de costos.

Los resultados indican que la modernización de procesos, basada en la evaluación crítica de operaciones existentes, es fundamental para mantener la competitividad en la industria minera.

Se recomienda continuar con este enfoque de mejora continua y estandarización para seguir alcanzando resultados favorables en términos económicos y de seguridad, además, futuras investigaciones podrían explorar la posibilidad de integrar tecnologías emergentes, como la automatización y el uso de inteligencia artificial, para seguir optimizando los procesos de perforación y voladura.

Minera Gold Perú Misti S.A.C. Se han realizado análisis comparativos entre la malla de perforación inicial y la malla final propuesta, destacando las mejoras en la eficiencia de la voladura y la reducción de costos, logrando la optimización de taladros en función de la evaluación y modificación de la malla de perforación que fue diseñada para maximizar la eficiencia de la fragmentación de la roca.

Para esta evaluación se utilizaron dos tipos de explosivos (EMULNOR 3000 y EMULNOR 1000), considerando la longitud de perforación de 1.46 metros y una eficiencia del 80%. La distribución de los 25 taladros (23 de producción y 2 de alivio) se realizó cuidadosamente para garantizar un avance adecuado y un tonelaje de 20.54 toneladas por disparo, dentro de los parámetros de voladura se establecieron parámetros específicos para la carga de explosivos, lo que resultó en un mejor rendimiento de la voladura.

El uso de guías para el control del paralelismo entre taladros permitió un carguío más preciso, reduciendo las fallas durante la voladura, para la evaluación de los costos de perforación y voladura se consideró los costos Iniciales de la malla original presentaba deficiencias en la fragmentación del mineral, lo que resultaba en un costo elevado de

\$83.07 por disparo y \$56.78 por metro lineal.

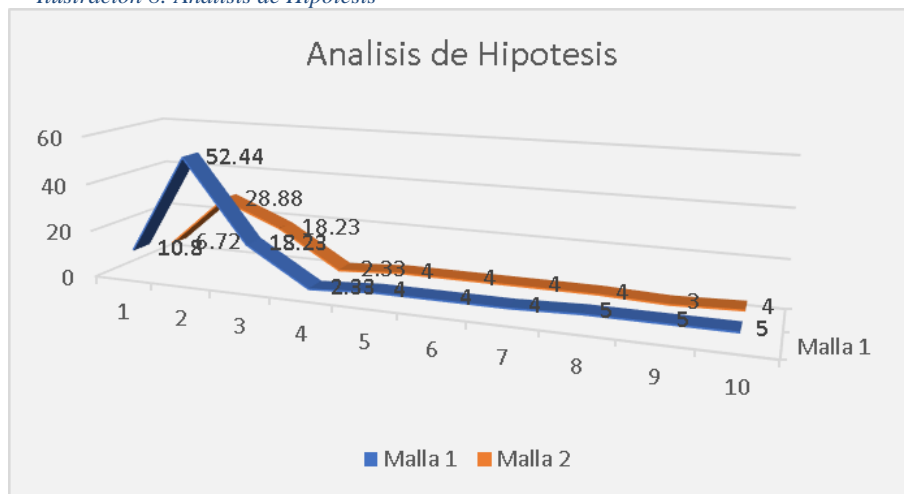
Esto se atribuía a un exceso en el uso de explosivos y a una mala distribución de los taladros, en la evaluación de los costos finales, se consideró la implementación de la nueva malla de perforación redujo significativamente los costos a \$56.15 por disparo y \$38.38 por metro lineal.

La reducción en el uso de explosivos y la optimización de la distribución permitieron una mejora en la eficiencia de la operación, resultando en un ahorro total de \$26.29 por disparo y \$18.40 por metro lineal, además el impacto económico de esta investigación muestra que la mejora en la distribución de la malla y la optimización de los costos de explosivos tiene un impacto directo en la rentabilidad de las operaciones mineras. La reducción del factor de potencia y de carga en los explosivos, junto con una fragmentación uniforme, contribuye a la sostenibilidad y eficiencia económica del proceso.

5.3. Prueba de Hipótesis

Se aplicará la prueba de hipótesis de t de Student que se utiliza principalmente en estadística para determinar si hay diferencias significativas entre las medias de dos grupos, especialmente cuando se trabaja con muestras pequeñas y la varianza poblacional es desconocida.

Ilustración 8: Análisis de Hipótesis



Fuente: Autor

Se plantea la hipótesis:

H1= El diseño de una malla de perforación reduce costos en el frente de labores de desarrollo en Gold Perú Misti S.A.C.- 2022.

H0= El diseño de una malla de perforación no reduce costos en el frente de labores de desarrollo en Gold Perú Misti S.A.C.- 2022.

Aplicamos la evaluación del instrumento en promedio considerando la malla de perforación inicial y la malla de perforación final en relación con los costos de perforación y voladura.

Tabla 36: Instrumento de evaluación

	E3000	E1000	CARMEX	MECHA	Arran.	Ayu. 1	Ayu. 2	Hast.	Cor.	Arras.
Malla 1	10.8	52.44	18.23	2.33	4	4	4	5	5	5
Malla2	6.72	28.88	18.23	2.33	4	4	4	4	3	4

Fuente: Autor

La interpretación de la prueba t de Student en el contexto de una hipótesis implica evaluar el valor t, el valor p y cómo se comparan con el nivel de significancia establecido.

Se aplicó la prueba t de Student

Tabla 37: Evaluación Student

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	11.08	7.916
Varianza	233.299	75.48267
Observaciones	10	10
Coefficiente de correlación de Pearson	0.963483	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	9	
Estadístico t	1.373474	
P(T<=t) una cola	0.001423	
Valor crítico de t (una cola)	1.833113	
P(T<=t) dos colas	0.002846	
Valor crítico de t (dos colas)	2.262157	

Fuente: Autor

Realizamos el análisis del resultado considerando el valor de $p < 0.05$

$$0.002846 < 0.05$$

Esto resultado permite determinar si hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa, por lo que se valida H1, El diseño de una malla de perforación reduce costos en el frente de labores de desarrollo en Gold Perú Misti S.A.C.- 2022.

CONCLUSIONES

1. Se realizó el diseño de la malla de perforación reduciendo los costos, la modificación de la malla de perforación ha demostrado ser altamente efectiva en la optimización de la eficiencia de voladura, lo que ha resultado en una significativa reducción del desperdicio de explosivos y una mejora en la fragmentación del mineral, en Gold Perú Misti S.A.C.- 2022.
2. La determinación de la carga explosiva adecuada a utilizar reduce costos de voladura con la implementación de la nueva malla ha permitido disminuir los costos de perforación y voladura de manera notable. Estos resultados sugieren que adoptar diseños de malla optimizados puede generar ahorros sustanciales a largo plazo, favoreciendo la rentabilidad de las operaciones mineras, Gold Perú Misti S.A.C.- 2022.
3. El porcentaje de reducción de costos está alineado a la relevancia de aplicar un enfoque basado en datos y estándares operativos durante la planificación de la perforación y voladura. La estandarización de procesos y la supervisión rigurosa son elementos clave para mantener la eficiencia y la seguridad en las operaciones.

RECOMENDACIONES

1. Adoptar tecnologías de perforación y voladura de última generación, como sistemas de monitoreo en tiempo real y software de modelado geológico, para mejorar aún más la eficiencia y precisión de las operaciones.
2. Realizar capacitación continua para el personal involucrado en las operaciones de perforación y voladura. Esto asegurará que el equipo esté actualizado sobre las mejores prácticas y técnicas optimizadas.
3. Establecer un sistema de monitoreo y evaluación regular de la malla de perforación y los resultados de voladura. Esto permitirá identificar oportunidades de mejora y realizar ajustes oportunos en los procesos.
4. Realizar estudios más detallados sobre la variabilidad del macizo rocoso, para entender mejor cómo sus características influyen en la eficiencia de la perforación y voladura. Esto permitirá personalizar aún más la malla de perforación según las condiciones específicas del terreno.
5. Desarrollar un manual de procedimientos estandarizados para la perforación y voladura, que incluya protocolos para la selección de explosivos, distribución de taladros y carga de explosivos. Esto contribuirá a la consistencia y seguridad en las operaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Chipana Tito, R. M. (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.”* Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

Flores Huayhua, E. S. (2018). *“Diseño de labores de desarrollo en minería convencional, para la identificación de nuevas estructuras mineralizadas e incrementar las reservas en la Unidad Minera Cuatro de Enero.”* Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

Garrido, A. A. (2007). *“Diagnóstico y optimización de disparos en desarrollo horizontal. Mina El teniente – Chile.”* Universidad de Chile - Escuela de Ingeniería de Minas.

Hoek, E., & Brown, E. T. (1980). *“Excavaciones subterráneas en roca.”* Manual de voladura.

Jáuregui Aquino, O. A. (2009). *“Reducción de los costos operativos en mina, mediante la optimización de los estándares de las operaciones unitarias de perforación y voladura.”* Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas.

Ludtwing Cáceres Navarro. (2017). *“Optimización de la perforación y voladura con nuevo diseño de malla en el cruce 10014 de la empresa minera Marsa.”* Universidad Nacional del Antiplano.

López Jimeno, C., López Jimeno, E., & García. (2003). *“Título del trabajo no proporcionado.”*

Sánchez Villarreal, Y. V. (2012). *“Optimización en los procesos de perforación y voladura en el avance de rampas en la mina Bethzabeth.”* Universidad Central del Ecuador, Quito.

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA
“DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN PARA REDUCIR COSTOS EN EL FRENTE DE LABORES DE
DESARROLLO GOLD PERÚ MISTI S.A.C. 2022”

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÒTESIS	VARIABLES	METODOLOGÌA
<p>General:</p> <p>¿Cómo el diseño de una malla de perforación reducirá costos en el frente de labores de desarrollo en Gold Perú Misti S.A.C.- 2022?</p> <p>Específicos:</p> <p>¿Cómo se determinará la cantidad de carga explosiva adecuada a utilizar para reducir costos de voladura en el frente de labores de desarrollo en Gold Perú Misti S.A.C.- 2022?</p> <p>¿Cómo se evaluará el porcentaje de reducción de costos de perforación y voladura en el frente de labores de desarrollo en Gold Perú Misti S.A.C.- 2022?</p>	<p>General:</p> <p>Diseñar una malla de perforación para reducir costos en el frente de labores de desarrollo en Gold Perú Misti S.A.C.- 2022.</p> <p>Específicos:</p> <p>Determinar la cantidad de carga explosiva adecuada a utiliza para reducir costos de voladura en el frente de labores de desarrollo en Gold Perú Misti S.A.C. -2022.</p> <p>Evaluar el porcentaje de reducción de costos de perforación y voladura en el frente de labores de desarrollo en Gold Perú Misti S.A.C.-2022.</p>	<p>General:</p> <p>El diseño de una malla de perforación reduce costos en el frente de labores de desarrollo en Gold Perú Misti S.A.C.- 2022.</p> <p>Específicos:</p> <p>La determinación de la carga explosiva adecuada a utilizar reduce costos de voladura en el frente de labores de desarrollo en Gold Perú Misti S.A.C.- 2022.</p> <p>La evaluación de porcentajes de reducción de costos de perforación y voladura en el frente de labores de desarrollo en Gold Perú Misti S.A.C.- 2022.</p>	<p>VARIABLE 1:</p> <p>Diseño de malla de perforación.</p> <p>VARIABLE 2:</p> <p>Reducción de costos</p>	<p>Aplicativo, de causa y efecto</p> <p>Diseño de investigación: No experimental correlacional</p> <p>Método: Cuantitativo</p> <p>Población Los trabajadores de la empresa Gold Perú Misti S.A.C.</p> <p>Muestra: Trabajadores de perforación y voladura.</p> <p>Técnicas e instrumentos de Medición numérica – análisis estadísticos.</p> <p>Procesamiento y análisis de datos Observación directa Análisis descriptivo</p>

EMULNOR®

EMULSION ENCARTUCHADA

Características técnicas

		EMULNOR® 500	EMULNOR® 1000	EMULNOR® 3000	EMULNOR® 5000
DENSIDAD RELATIVA (g/cm³)		0,90	1,13	1,14	1,16
VELOCIDAD DE DETONACIÓN (m/s)	CONFINADO *	4 400	5 800	5 700	5 500
	SI/CONFINAR **	3 500	4 500	4 400	4 200
PRESIÓN DE DETONACIÓN (kbar)		44	95	93	88
ENERGÍA (kcal/kg)		628	785	920	1010
VOLUMEN NORMAL DE GASES (L/kg)		952	920	880	870
POTENCIA RELATIVA EN PESO *** (%)		63	85	100	105
POTENCIA RELATIVA EN VOLUMEN *** (%)		75	120	145	155
SENSIBILIDAD AL FULMINANTE		Nº 8	Nº 8	Nº 8	Nº 8
RESISTENCIA AL AGUA		Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
CATEGORÍA DE HUMOS		Primera	Primera	Primera	Primera

* Velocidad de detonación en tubo de 1 ½ pulgadas de diámetro.
 ** Velocidad de detonación como cartucho de 1 pulgada de diámetro.
 *** Potencias relativas referidas al ANFO con potencia convencional de 100.

Presentación


	MATERIAL DE CAJA	CAPACIDAD DE CAJA (Pza.)	PESO NETO (kg)	PESO BRUTO (kg)	DIMENSIONES EXTERIORES (cm)
EMULNOR® 500 1" x 7"	Cartón	318	25,0	26,5	45,0 x 37,0 x 33,7
EMULNOR® 500 1" x 8"	Cartón	294	25,0	26,5	45,0 x 37,0 x 33,7
EMULNOR® 1000 1" x 7"	Cartón	264	25,0	26,5	45,5 x 38,8 x 26,8
EMULNOR® 1000 1" x 8"	Cartón	230	25,0	26,5	45,5 x 38,8 x 26,8
EMULNOR® 1000 1" x 12"	Cartón	146	25,0	26,5	47,0 x 34,5 x 31,0
EMULNOR® 3000 1" x 7"	Cartón	260	25,0	26,5	45,5 x 38,8 x 26,8
EMULNOR® 3000 1" x 8"	Cartón	228	25,0	26,5	45,5 x 38,8 x 26,8
EMULNOR® 3000 1" x 12"	Cartón	144	25,0	26,5	47,0 x 34,5 x 31,0
EMULNOR® 5000 1" x 7"	Cartón	246	25,0	26,5	45,5 x 38,8 x 26,8
EMULNOR® 5000 1" x 8"	Cartón	216	25,0	26,5	45,5 x 38,8 x 26,8
EMULNOR® 5000 1" x 12"	Cartón	142	25,0	26,5	47,0 x 34,5 x 31,0

Otras formas de embalaje de acuerdo a pedido.

MANIPULEO Y ALMACENAMIENTO
 Los explosivos y accesorios de voladura de FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C. son productos seguros, pero en manos inexpertas se constituyen en elementos peligrosos.
 El adquirente o usuario debe cumplir con lo establecido por las normas correspondientes, al momento de su transporte, almacenaje y uso, así como entrenar debidamente a todo el personal encargado de su manipuleo.
 FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C., no asume responsabilidad alguna a por el transporte, almacenaje y/o uso inadecuado que pudiera darse a sus productos.
 El transporte, almacenamiento, manipuleo y uso debe hacerse en concordancia con las regulaciones y aprobaciones por la autoridad competente.
 Debe ser almacenado en polvorines ubicados en zonas seguras, protegidos de la lluvia y el calor, y en concordancia con la tabla de compatibilidad vigente de la autoridad competente.

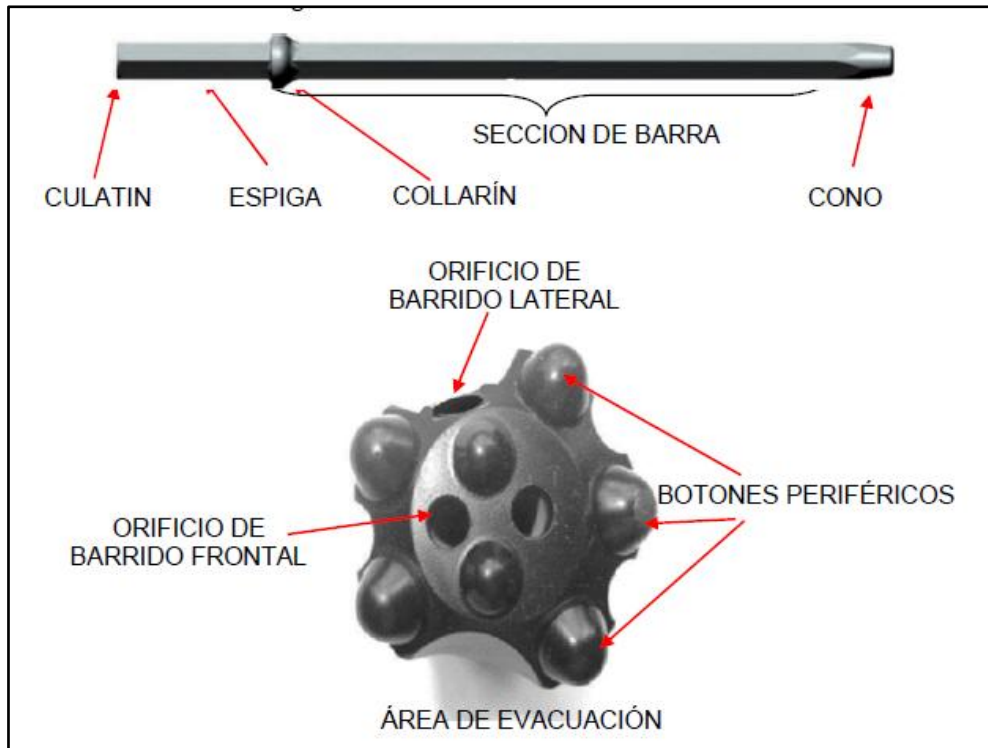
ATENCIÓN
 La información y recomendación aquí descrita no cubren necesariamente todas las aplicaciones del producto ni las distintas condiciones bajo las cuales éste sea utilizado. Estas se basan en la experiencia, investigación y pruebas realizadas por Famesa Explosivos S.A.C., quien no garantiza resultados favorables ni asume responsabilidad alguna, expresa o implícita en conexión con el uso de estas sugerencias. Este producto puede ser modificado sin previo aviso.

FAMESA EXPLOSIVOS S.A.C.
 Plantas de Producción, Oficinas Administrativas y Comercialización
 Km. 28 Autopista Ancón – Puente Piedra – Lima 22 – Perú
 Teléfonos: (51-1) 6 139800 – 61 398 55 – 6 139865 Fax: (51-1) 6139806 – 6 139867
 E-mail Central : famesa@famesa.com.pe
 E-mail Ventas : fmvta@famesa.com.pe
 Web Site : www.famesa.com.pe



Fuente: FAMESA

Anexo 3: Barra de perforación y broca



Fuente: Atlas copco

Anexo 4: Presentación del explosivo



Fuente: FAMESA

Anexo 5: Carmex



Fuente: FAMESA

Anexo 6: Mecha rápida



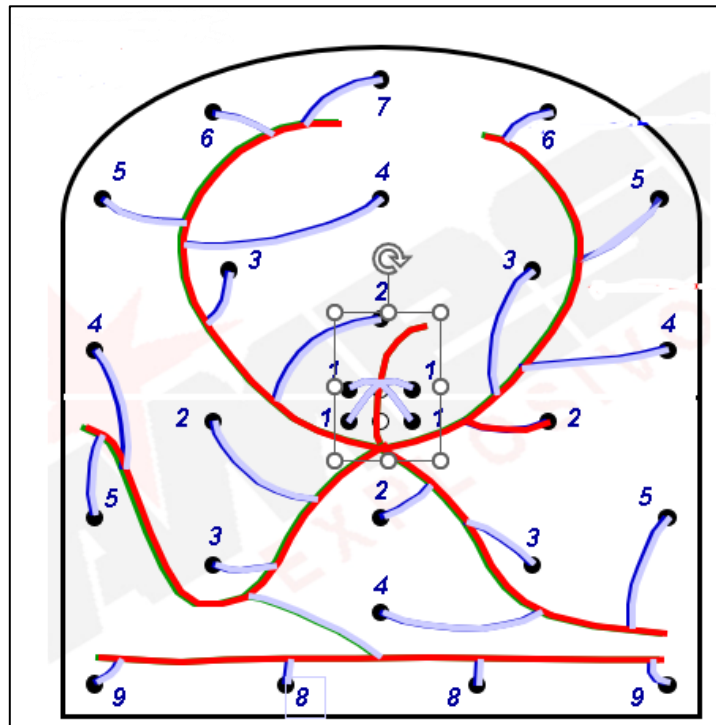
Fuente: FAMESA

Anexo 7: Carguío e iniciación de voladura



Fuente: Mina

Anexo 8: Malla de frente



Fuente: FAMESA



UNSCH

FACULTAD DE
INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 019-2025-FIMGC

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS

En la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, en la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **Resolución Decanal No 170-2025-FIMGC-D**, a los **diecisiete días del mes de julio de 2025**, siendo las **4:00 p.m.**, reunidos en el **Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas**, bajo la presidencia del **Dr. Jaime Alberto HUAMAN MONTES**, y los miembros: **Dr. Ing. Víctor Félix FLORES MORENO**, **MSc. Ing. Roberto Juan GUTIÉRREZ PALOMINO** y **MSc. Ing. Amilcar TACURI GAMBOA**, actuando como secretario docente el **MSc. Ing. Saul Walter RETAMOZO FERNÁNDEZ**, para proceder a la sustentación de tesis para optar el **Título Profesional de Ingeniero de Minas**, del bachiller en Ciencias de la Ingeniería de Minas:

EDWAR HERMILIO QUISPE HUAMACCTO


Quien presentó la tesis denominada:

"DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN PARA REDUCIR COSTOS EN EL FRENTE DE LABORES DE DESARROLLO GOLD PERÚ MISTI S.A.C. 2022"

Los señores miembros del jurado luego de expuesta la tesis y absueltas las preguntas, deliberaron y declararon:

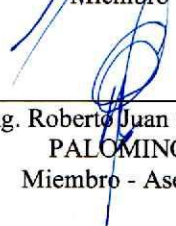
Aprobado con dieciséis (16)

Siendo las **5:30 p.m.** del día **17 de julio del 2025**, culmina el acto de sustentación de tesis, y en conformidad de lo actuado los miembros del jurado firmamos al pie del presente.


Dr. Jaime Alberto HUAMAN MONTES
Presidente


Dr. Ing. Víctor Félix FLORES MORENO
Miembro


MSc. Ing. Amilcar TACURI GAMBOA
Miembro


MSc. Ing. Roberto Juan GUTIÉRREZ
PALOMINO
Miembro - Asesor


MSc. Ing. Saul Walter RETAMOZO FERNÁNDEZ
Secretario docente de la FIMGC

FACULTAD DE INGENIERÍA
DE MINAS Y CIVIL
Av. Independencia S/N
Ciudad Universitaria
Central Tel. 066 312510
Anexo 151



UNSCH

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El que suscribe; en mi calidad de Instructor de Originalidad de Trabajos de Investigación y encargado de certificar la originalidad de la tesis abajo indicado y por lo tanto responsable verificador de originalidad de trabajo de tesis de pregrado en primera instancia, en cumplimiento a la Resolución de Consejo Universitario N°039-2021-UNSCH-CU, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación UNSCH, deja constancia que:

- Apellidos y Nombres del Bach. : QUISPE HUAMACCTO, Edwar Hermilio
- Escuela Profesional : Ingeniería de Minas
- Título de la Tesis : "DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN PARA REDUCIR COSTOS EN EL FRENTE DE LABORES DE DESARROLLO GOLD PERÚ MISTI S.A.C. 2022"
- Evaluación de la originalidad : 24% de similitud

Por tanto, según los artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, **es procedente la constancia de originalidad** para los fines que crea conveniente.

Ayacucho, 12 de noviembre de 2025

MBA Ing° Leonil Fernando Quispe Aronés
Instructor de Originalidad de Trabajos de Investigación

"DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN PARA REDUCIR COSTOS EN EL FRENTE DE LABORES DE DESARROLLO GOLD PERÚ MISTI S.A.C. 2022"

por EDWAR HERMILIO QUISPE HUAMACCTO

Fecha de entrega: 12-nov-2025 04:20p. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2812541933

Nombre del archivo: TESIS_EDWAR_HERMILIO_QUISPE_HUAMACCTO.pdf (2.46M)

Total de palabras: 18421

Total de caracteres: 105601

"DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN PARA REDUCIR COSTOS EN EL FRENTE DE LABORES DE DESARROLLO GOLD PERÚ MISTI S.A.C. 2022"

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%	25%	1%	13%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	bibliotecas.unsa.edu.pe Fuente de Internet	7%
2	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	4%
3	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	tesis.unap.edu.pe Fuente de Internet	1%
9	repositorio.unamba.edu.pe Fuente de Internet	1%
10	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	1%
11	1library.co Fuente de Internet	1%

12	Submitted to Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac Trabajo del estudiante	<1 %
13	vdocuments.net Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	Submitted to unsaac Trabajo del estudiante	<1 %
17	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
18	repositorio.unam.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
20	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
21	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
22	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
23	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo