



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**REDUCCIÓN DE COSTOS EN PERFORACIÓN Y VOLADURA  
MEDIANTE UN NUEVO DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN  
EN LA RP 990S DE LA SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A.**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. ROGER VALENCIA CHURA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO DE MINAS**

**PUNO – PERÚ**

**2023**



## Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

REDUCCIÓN DE COSTOS EN PERFORACIÓN Y VOLADURA MEDIANTE UN NUEVO DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN EN LA RP 990S DE LA SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A.

AUTOR

ROGER VALENCIA CHURA

RECuento DE PALABRAS

12952 Words

RECuento DE CARACTERES

66332 Characters

RECuento DE PÁGINAS

68 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

1.2MB

FECHA DE ENTREGA

Apr 14, 2023 10:54 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Apr 14, 2023 10:55 AM GMT-5

### ● 20% de similitud general

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

- 19% Base de datos de Internet
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 11% Base de datos de trabajos entregados

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 16 palabras)

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





## DEDICATORIA

*Este trabajo de investigación se lo dedico a los seres que me dieron la vida, mi padre Don Mauro Valencia Mamani y mi madre doña Jacoba Chura Aracayo, quienes con todo su esfuerzo me brindaron el apoyo necesario para ser un profesional exitoso en Ingeniería de Minas.*

*A mis hermanos que con su apoyo incondicional en todo momento de mis estudios permitieron que culmine mis estudios y ser un ejemplo en la familia.*

**Roger.**



## AGRADECIMIENTO

*En especial a la Universidad Nacional del Altiplano por haberme acogido en sus aulas durante mis estudios de formación profesional en la Facultad de Ingeniería de Minas.*

*Así mismo al equipo de docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas y personal administrativo que con su apoyo se ha podido concluir mis estudios universitarios.*

*Por otra parte, al Dr. Anibal Sucari León director de Tesis y a los miembros del jurado que con sus aportes se ha podido concluir mi trabajo de investigación.*

*A la Sociedad Minera el Brocal S.A.A. que facilita a los profesionales realizar las diferentes investigaciones en las áreas de trabajo.*

**Roger.**



# ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE ANEXOS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 12**

**ABSTRACT..... 13**

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ..... 14**

**1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA ..... 14**

1.2.1. Problema general ..... 14

1.2.2. Problemas específicos..... 15

**1.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS ..... 15**

1.3.1. Hipótesis general ..... 15

1.3.2. Hipótesis específicas..... 15

**1.4. JUSTIFICACIÓN ..... 15**

**1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN..... 16**

1.5.1. Objetivo general..... 16

1.5.2. Objetivos específicos ..... 16

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1. ANTECEDENTES ..... 17**

**2.2. MARCO TEÓRICO ..... 24**



2.2.1. Costos .....	24
2.2.2. Tipos de costos .....	25
2.2.3. Perforación.....	25
2.2.4. Características de las rocas que afecta en la perforación.....	26
2.2.5. Malla de perforación.....	30
2.2.6. Explosivos.....	30
2.2.7. Voladura .....	31
2.2.8. Altos explosivos sensibles al detonador .....	31
2.2.9. Agentes de voladura, no sensibles al detonador .....	34
<b>2.3. MARCO CONCEPTUAL .....</b>	<b>37</b>

### CAPÍTULO III

#### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1. UBICACIÓN DEL ESTUDIO .....</b>	<b>38</b>
3.1.1 Accesibilidad .....	38
<b>3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO .....</b>	<b>38</b>
<b>3.3. PROCEDENCIA DEL MATERIAL UTILIZADO.....</b>	<b>39</b>
<b>3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO .....</b>	<b>39</b>
3.4.1. Población .....	39
3.4.2. Muestra .....	39
3.4.3. Muestreo .....	39
<b>3.5 DISEÑO METODOLÓGICO Y ESTADÍSTICO .....</b>	<b>39</b>
3.5.1. Enfoque de la investigación.....	39
3.5.2. Tipo de investigación.....	40
3.5.3. Diseño de la investigación .....	40
<b>3.6. PROCEDIMIENTO .....</b>	<b>40</b>
<b>3.7 VARIABLES .....</b>	<b>41</b>
3.7.1. Variable independiente .....	41
3.7.2. Variable dependiente .....	41



<b>3.8. Técnica de recolección de datos .....</b>	<b>41</b>
<b>3.9. MATERIALES Y MÉTODOS POR OBJETIVO .....</b>	<b>42</b>
3.9.1. Materiales y métodos para el primer objetivo específico .....	42
3.9.2. Materiales y métodos para el segundo objetivo específico .....	43
3.9.3. Materiales y métodos para el objetivo general .....	44
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
<b>4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>45</b>
4.1.1. Resultados para el primer objetivo específico: .....	45
4.1.2. Resultados para el segundo objetivo específico: .....	47
4.1.4. Resultado para el objetivo general:.....	50
4.1.5. Contraste de hipótesis .....	53
<b>4.2. DISCUSIÓN .....</b>	<b>55</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>57</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>58</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>59</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>63</b>

**Área:** Ingeniería de Minas

**Tema:** Análisis de costos mineros y comercialización de minerales

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 25 de abril del 2023



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Dureza de las rocas según Mohs.....	26
<b>Tabla 2.</b> Clasificación de las rocas según a la resistencia a la compresión .....	27
<b>Tabla 3.</b> Explosivos comerciales y principales componentes.....	36
<b>Tabla 4.</b> Factores que influyen en la performance de los explosivos .....	37
<b>Tabla 5.</b> Acceso a la Mina Marcapunta Sur.....	38
<b>Tabla 6.</b> Operacionalización de variables .....	41
<b>Tabla 7.</b> Costo por disparo en la RP 990S malla anterior.....	45
<b>Tabla 8.</b> Avance lineal por disparo con la malla anterior en la Rp 990S.....	46
<b>Tabla 9.</b> Costo por disparo en la Rp 990S malla nueva.....	48
<b>Tabla 10.</b> Avance lineal por disparo con la malla nueva en la Rp 990S.....	49
<b>Tabla 11.</b> Comparación de costos de perforación y voladura en la Rampa 990S.....	51
<b>Tabla 12.</b> Resumen de comparación de PU Rp 990S .....	52
<b>Tabla 13.</b> Estadística descriptiva del costo en el PU de la Rp 990 S.....	54
<b>Tabla 14.</b> Prueba “t” de student para el PU de la Rp 990 S.....	54



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Curvas de tensión - deformación de diferentes tipos de rocas .....	28
<b>Figura 2.</b> Ubicación del arranque.....	30
<b>Figura 3.</b> Malla de perforación en Rp 990 S 4x4 malla anterior .....	47
<b>Figura 4.</b> Malla de perforación en Rp 990 S 4x4 malla nueva .....	50
<b>Figura 5.</b> Comparación de costos de perforación y voladura .....	51
<b>Figura 6.</b> Comparación de costos \$/disparo en la Rp 990S .....	52
<b>Figura 7.</b> Comparación del costo total \$/m en la Rp 990S malla anterior y nueva .....	53



## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Precio unitario de la Rp 990 S con malla anterior .....	64
<b>Anexo 2.</b> Precio unitario de la Rp 990 S malla nueva .....	65
<b>Anexo 3.</b> Marcado de malla de perforación en la Rp 990 S .....	66
<b>Anexo 4.</b> Equipo de perforación .....	67
<b>Anexo 5.</b> Base de datos para la prueba de hipótesis .....	68
<b>Anexo 6.</b> Prueba de hipótesis utilizando el SPSS V.25 .....	69
<b>Anexo 7.</b> Declaración jurada de autenticidad de tesis .....	70
<b>Anexo 8.</b> Autorización para la publicación en tesis en el repositorio institucional.....	71



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

<b>PU</b>	: precio unitario
<b>RP</b>	: Rampa
<b>S.A.</b>	: Sociedad anónima
<b>S.A.C.</b>	: Sociedad Anónima Cerrada
<b>UTM</b>	: Universal Transversal Mercator.



## RESUMEN

La presente investigación se realizó en la mina Marcapunta Sur de la Sociedad Minera el Brocal, donde se encontró problemas de costos elevados en perforación y voladura en la Rp 990 S, debido a que existe diferencia entre las tres guardias respecto a la cantidad de taladros y consumo de explosivo, revisando 30 disparos en promedio se tiene 42 taladros cargados y 5 taladros de alivio. Motivo por el cual se planteó como objetivo Reducir el costo de perforación y voladura mediante un nuevo diseño de malla de perforación en la Rp 990 S de la Sociedad Minera el Brocal S.A.A. Siguiendo los pasos de un enfoque cuantitativo con un tipo de investigación experimental y con el diseño pre experimental ya que las mediciones se realizó en una sola labor, primeramente se analizó el costo de perforación y voladura para tener un diagnóstico posteriormente se implementó el nuevo diseño de malla de perforación y finalmente se analizó los costos anteriores con el nuevo costo del diseño nuevo que se implementó. Obteniendo como resultado principal respecto al costo de perforación y voladura en la Rp 990 S con su diseño tradicional se encontró el costo en perforación igual a 108,04 \$/m \$/m, por otra parte, el costo en voladura igual a 310,85 \$/m donde se tiene 5 taladros de alivio y 41 taladros cargados en el frente de la galería. Concluyendo que se logró reducir de los costos de perforación y voladura mediante un nuevo diseño de malla de perforación en la Rp 990 S en la sociedad el Brocal S.A.A. respecto a la perforación la reducción fue de 3.27 \$/m que viene a ser el 3,03 % sin embargo en la voladura la reducción fue de 47,02 \$/m que viene a ser el 15,13 %.

**Palabras clave:** Costos, diseño, minería, perforación, voladura.



## ABSTRACT

This research was carried out at the Marcapunta Sur mine of Sociedad Minera El Brocal, where high drilling and blasting costs were found in Rp 990 S, due to the difference between the three guards regarding the number of drills and explosive consumption, reviewing 30 shots on average there are 42 loaded drills and 5 relief drills. For this reason it was proposed as an objective to reduce the cost of drilling and blasting through a new design of drilling mesh in the Rp 990S of Sociedad Minera El Brocal S.A.A. Following the steps of a quantitative approach with a type of experimental research and with a pre-experimental design since the measurements were performed in a single work, first the cost of drilling and blasting was analyzed to have a diagnosis, then the new drilling mesh design was implemented and finally the previous costs were analyzed with the new cost of the new design that was implemented. The main result obtained with respect to the cost of drilling and blasting in RP 990S with its traditional design was the cost in drilling equal to 108.04 \$/m \$/m, on the other hand, the cost in blasting equal to 310.85 \$/m where there are 5 relief drills and 41 drills loaded in the front of the gallery. In conclusion, it was possible to reduce drilling and blasting costs by means of a new drilling mesh design in Rp 990S in the company El Brocal S.A.A. With respect to drilling, the reduction was 3.27 \$/m, which is 3.03 %; however, in blasting, the reduction was 47.02 \$/m, which is 15.13 %.

**Keywords:** Costs, design, mining, drilling, blasting.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la Sociedad Minera el Brocal tuvo en su programa mensual de avances lineales avanzar la Rp 990 S 150 metros, sin embargo, se encontró un el problema respecto al costo elevado de perforación y voladura en dicha labor, ya que se encuentra por encima del precio unitario de avance lineal de una rampa.

Según los análisis en las tres guardias se tiene 47 taladros perforados en promedio de las cuales 42 taladros cargados y 5 taladros de alivio, existiendo una diferencia en la cantidad de taladros perforados y en la cantidad de explosivo que se utiliza para realizar el disparo en cada guardia, los operadores de Jumbo tienen diferente malla de perforación por lo tanto diferente consumo de explosivo, careciendo la uniformidad de una malla estándar.

De continuar el problema en esta área se tendrá consecuencias como el elevado costo de aceros, incremento del costo en el consumo de explosivos, afectaría al presupuesto asignado para el avance de la Rp 990 S y mayor tiempo dedicado a la perforación en lugar de mejorar los estándares de orden y limpieza.

### 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

#### 1.2.1. Problema general

¿En qué porcentaje reduce el costo de perforación y voladura el nuevo diseño de malla de perforación en la Rp 990 S de la Sociedad Minera el Brocal S.A.A.?



### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cuál es el costo de perforación y voladura antes de aplicar el nuevo diseño de malla de perforación en la Rp 990 S de la Sociedad Minera el Brocal S.A.A.?
- ¿Cuál es el costo de perforación y voladura después de aplicar el nuevo diseño de malla de perforación en la Rp 990 S de la Sociedad Minera el Brocal S.A.A.?

## **1.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS**

### **1.3.1. Hipótesis general**

El porcentaje de reducción del costo de perforación y voladura es significativo mediante el nuevo diseño de malla de perforación en la Rp 990 S de la Sociedad Minera el Brocal S.A.A.

### **1.3.2. Hipótesis específicas**

- El costo de perforación y voladura antes de aplicar el nuevo diseño de malla de perforación en la Rp 990 S es superior al precio unitario de la Sociedad Minera el Brocal S.A.A.
- El costo de perforación y voladura después de aplicar el nuevo diseño de malla de perforación en la Rp 990 S es inferior al precio unitario de la Sociedad Minera el Brocal S.A.A.

## **1.4. JUSTIFICACIÓN**

Según el análisis del costo de perforación y voladura en el avance lineal de la Rp 990 S, se pudo detectar que existe diferencia entre las tres guardias respecto a la cantidad de taladros y el consumo de explosivos esto repercute en un costo elevado por encima del precio unitario de la Rp 990 S, ya que no se tiene una malla de perforación estándar para las tres guardias.



El trabajo de investigación se presenta una justificación práctica porque ayuda a solucionar el problema, diseñando una malla de perforación estándar para así tener una cantidad de taladros definido del mismo modo el consumo de explosivo equitativo por las tres guardias que se utiliza para realizar el avance de la Rp 990 S.

El trabajo de investigación es importante porque reduce el costo de perforación y voladura mediante un nuevo diseño de malla de perforación en la Rp 990 S, esta reducción de perforación y voladura permite llevar un buen control del explosivo, aceros y presupuesto designado para dicha labor.

## **1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. Objetivo general**

Reducir el costo de perforación y voladura mediante un nuevo diseño de malla de perforación en la Rp 990 S de la Sociedad Minera el Brocal S.A.A.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Determinar el costo de perforación y voladura antes de aplicar el nuevo diseño de malla de perforación en la Rp 990 S de la Sociedad Minera el Brocal S.A.A.
- Determinar el costo de perforación y voladura después de aplicar el nuevo diseño de malla de perforación en la Rp 990 S de la Sociedad Minera el Brocal S.A.A.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES

Gómez (2021) manifiesta que el diseño de la malla de perforación utilizando el algoritmo de Holmberg optimiza el avance de la Rampa Yumpag del nivel obteniéndose un avance promedio por disparo de 4.4 metros con el Bommer M de 2 brazos con 16 pies de barra, obteniéndose también hastiales y corona uniformes por sobre excavación, esto optimiza también los tiempos de desate y sostenimiento, mediante el método excavación a sección completa, Al evaluar el costo de construcción de la Rampa Yumpag, determinamos que el costo por metro de la rampa es de \$ 2 577,11, el costo total de construcción de la Rampa Yumpag será de \$ 8,448,774.59 sin embargo solo el cuerpo Camila tiene un Valor en Ag de \$ 565 914'15,00, la relación de Beneficio/Costo es de 66,98, lo que nos indica la factibilidad del proyecto.

Dávila (2021) señala que se logró optimizar los factores operativos en perforación y voladura mediante la implementación de la malla de perforación, el factor de carga se redujo de 1,31 kg/m<sup>3</sup> a 1.15 kg/m<sup>3</sup>, el factor de avance se redujo de 23,15 kg/ml a 20,53 kg/ml y por último el factor de potencia se logró reducir de 0,49 kg/tn a 0,43 kg/tn. Se logró reducir el tiempo de perforación de un frente de 4,29 hr/frente a 4,01 hr/frente una vez aplicado la nueva malla de perforación con respecto al tiempo promedio estándar con el que se venía trabajando. Respecto al costo total en voladura, se logró reducir el costo de disparo de s/. 2 903,55 soles a S/. 2 802,17 soles, lo que significa un ahorro de s/. 101,4 soles y se proyecta un ahorro de S/. 38 337,86 soles al año.

Panduro (2021) señala que el espaciamiento en los taladros de los hastiales con taladros de 7/8", de acuerdo al criterio de Persson es 0,352 m, en la simulación se obtiene



un espaciamiento promedio de 0,20 m, el cual es un valor menor que lo calculado, esto reducirá la sobrerotura en el perímetro de la labor, En la implementación de la nueva malla de perforación y voladura en el tajo 240 del Nivel 3 390 se ha reducido los indicadores factor de avance en 14%, factor de carga en 15% y en el mismo valor el Factor de potencia.

Morales (2020) afirma que con la empleabilidad de la nueva malla de perforación y una supervisión minuciosa durante el carguío de los taladros de la rampa (-) 940 de sociedad minera Austria Duvaz, el consumo de explosivos fue 44,09 kg por disparo y un factor de carga de 16,09 kg/m<sup>3</sup>; así mismo el consumo de los explosivos se minimizó considerablemente el daño del macizo rocoso ya que se redujo a 36 taladros a 32 taladros en la nueva malla. Estos valores hicieron una reducción de costos de perforación por disparo en la que cumplió un rol muy importante para el desarrollo de la rampa (-) 940.

Luciano (2019) realizó un diseño de la malla de perforación y voladura, aplicando el método Holmberg, y se optimizó costos en la construcción de la Rampa (+) 995, Se demostró que si se puede involucrar la variable geomecánica (RMR, GSI O RQD) en las ecuaciones de diseño de mallas de perforación y voladura, Se redujo el costo operativo de 232,80 US\$/hora a 225,32 US\$/hora, Se logró un ahorro de 7,49 US\$/hora.

Alcos (2019) manifiesta que, con el nuevo diseño de malla de perforación, se obtiene 464,82 US\$/ml, con una reducción de costo por disparo de 26,98 US\$/ml, lo que nos indica que el modelo matemático de Exsa es favorable.

Morales (2019) argumenta que con la utilización del modelo matemático HOLMBERG se pudo determinar el diseño de la malla de perforación y la carga explosiva adecuada, se ha reducido los costos en la ejecución del inclinado -180 de Valeria Norte de la empresa minera Vicus S.A.C. de US\$ 352,35 a US\$ 246,53. Al



optimizar el diseño de la nueva cuadrícula de perforación adecuada, el costo de perforación se redujo de \$ 91,61 a \$ 79,17. Medio para homologar carga y distancia a Vicus Mining Company Valeria Norte talud -180. Con el adecuado cálculo de la carga explosiva se ha reducido los costos de voladura de US\$ 246,23 a US\$ 178,32.

Gago (2019) consigue reducir el costo por metro avanzado de 232,68 US\$/m a 218,88 US\$/m. En comparación con una malla estándar de 3,0 m x 3,0 m. Segunda mano; al reducir el número de pozos de 28 a 27 y el factor de carga de 2,64 kg/m<sup>3</sup> a 2,54 kg/m<sup>3</sup>, el precio del medidor mejorado se redujo de \$170,53/m a \$170,00/m. Por otro lado, reducir el número de taladros en la nueva red de perforación tiene un impacto positivo en la reducción de costos, ya que reducir el número de taladros significa menos perforación, menos explosivos y, por lo tanto, menos. Tripulaciones horas de perforación y trabajo en el sitio. Tiempo de carga. Por otra parte, con respecto a la malla estándar de 4,0 m. x 4,0 m. utilizada; al disminuir la cantidad de taladros de 43 a 38 y el factor de carga de 2,21 kg/m<sup>3</sup> a 2,00 kg/m<sup>3</sup>.

De la cruz (2019) manifiesta que la resistencia a la compresión, etc. influyen directamente en la optimización de recursos, fundamentalmente en el consumo de explosivos y accesorios de voladura puesto que en la Unidad de producción Yauricocha se presenta cambios bruscos de terreno, en la caliza predominantemente ( macizo rocoso de calidad regular a macizo rocoso de calidad mala) debido a la presencia de discontinuidades tales como: fallas, fracturas, diaclasas alteraciones hidrotermales lo cual hacen que el tesista por la experiencia vivida replantee las mallas de perforación; replanteando así el arranque, los número de taladros, la distribución de burden y espaciamiento los cuales influirán directamente en el consumo de carga explosiva; el cual se logró gracias a la investigación con los modelos matemáticos, aplicación de Softwares y la experiencia laboral que se adquiere con trabajos INSITU en la Sociedad Minera



Corona S.A. Tales como: ayudante cargador de frentes y tajos, ayudante jumbero (BOOMER 02), ayudante del (HAMMER) taladros largos, ayudante perforista, bodeguero de polvorín de explosivos y accesorios de voladura, ayudante cimbreo en el SLC, etc. El tesista logró exitosamente un nuevo diseño geométrico de mallas de perforación y voladura por el método Roger Holmberg modificado para implementarlo en la Unidad de Producción Yauricocha de la Sociedad Minera Corona S.A.

Barzola (2019) afirma que, a través de la optimización del estándar de perforación y voladura, se logró reducir el costo unitario total de mina de 871,93 S/m a 756,31 S/m es decir una reducción del 13,26% en comparación con lo que se venía obteniendo, además se controla mejor la sobre rotura; esto nos permite cumplir mejor el programa mensual de avance. El nuevo diseño de malla perforada introdujo tres orificios de escariado de 64 mm de diámetro y tres orificios de carga de 38 mm de diámetro en el cilindro, lo que permitió una mejor superficie libre para la etapa de detonación. Se logró una mejor distribución de bits utilizando el modelo matemático de Holmberg, que redujo tres bits de 41 bits a 38 bits y mejoró el rendimiento de cada guardia en un promedio de 0,55 m/Hgd. Estos indicadores están dentro de los parámetros del precio unitario y afectan la reducción del precio unitario. Con la introducción del nuevo diseño de malla, explosivos de S/ 271,96 a S/ 216,04 y el factor de carga disminuyeron a 1,94 kg/m<sup>3</sup> a 1,79 kg/m<sup>3</sup>.

Lopez (2018) afirma que la caracterización del macizo rocoso es fundamental para realizar cualquier diseño y para la continuidad de las operaciones de la construcción de la rampa Positiva 050 de la mina Arequipa M, Se diseñó los estándares de perforación y voladura de rocas y se normalizo la fragmentación del material resultante de la voladura.



Romero (2018) afirma que el costo mensual de perforación y voladura (S/ / m<sup>3</sup>) programada fue de S/. 111 375,26 y después de la optimización se logró reducir a S/ 109 038,72, esto significa un ahorro durante el mes de S/ 2 336,54, lo que significa un ahorro en un año la cantidad de S/ 28 038,48, así mismo un avance efectivo de 95,76m anuales más llegando al 95% del avance programado.

De acuerdo con Quispe (2018), se tenía anteriormente un costo total por disparo de 491,80 US\$/ml y con el nuevo diseño de malla de perforación, se obtiene 464,82 US\$/ml, con una reducción de costo por disparo de 26,98 US\$/ml. Donde se ahorró un porcentaje de los explosivos porque se mejoró una adecuada distribución de los taladros en el frente Crucero 340 NW.

Rojas & Flores (2017) consideran que mejorando el diseño de la malla de perforación con un taladro de alivio de mayor diámetro de 38mm a 55mm, se ha reducido los costos en los meses Agosto, Setiembre y octubre del 2016 de S/ 70 128,265 a S/ 61 168,27, \$8,959,995 Reducción de Costo Mensual Operando el Capitán Cruise 520 de la U.E.A. - Corporation Laces S.A.C. Minería y Construcción - Caraveli - Arequipa. Crucero 520 Capitán U.E.A. - Corporación Cordones S.A.C. Minería y construcción, tramo 2,50 m 2,50m, utilizando un nuevo diseño de malla, se reduce de 34 taladros a 31 taladros de acuerdo a las condiciones geomecánicas del macizo rocoso y cálculos matemáticos basados en el método de Holmberg. El costo de perforación y voladura por metro lineal de avance se ha reducido de S/ 609,811 a S/ 531,898, obteniendo un porcentaje de reducción de costos en un 12,78%.

Gómez (2017) indica para disminuir los costos de perforación voladura se propone un plan de mejora en perforación es: paralelismo y simetría de los taladros, control de la longitud de perforación, diseño de la malla de perforación según el RMR hallado. El



Costo de explotación anteriormente fue de 17,67  $\$/m^3$  y con la mejora de 13,99  $\$/m^3$ , obteniéndose un ahorro de 3,88  $\$/m^3$ .

Abanto & Vasquez (2016) consiguieron reducir el costo de perforación en 4% equivalente a 6,4 $\$/m$ , de 162,5 $\$/m$  a 156 $\$/m$  promedio logrando un ahorro en tres meses de 6770,2\$ meses, así mismo se redujo el costo de voladura en 9,6%, de 106,7 $\$/m$  a 96,54 $\$/m$  promedio logrando un ahorro en tres meses de 11137,7  $\$/tres$  meses; que fue un ahorro muy positivo.

Ayamamani (2016) destaca que el diseño de malla de perforación mejorada reduce en 5 taladros del barreno de 5 pies, los costos unitarios en mina se obtuvo un incremento de 4,86 US $\$/m$ , que nos indica el nuevo esquema de diseño de malla es favorable para la Galería 325 de Balcón III de la Corporación Minera Ananea S.A.

Correa & Iparraguirre (2016) señalan que con el diseño propuesto de la malla de perforación tiene un costo total por metro de avance es de 290 260,8  $\$/año$ ; donde se concluye que la optimización genera un ahorro de 50 666,4  $\$/año$  respecto a lo planificado en las 04 labores de investigación, de igual manera el nuevo diseño de malla de perforación y voladura tiene un resultado en avance de 3,34 m., en comparación con los 2,92 m. referente al avance anterior; concluyen que la eficiencia incrementó en un 10 %, pero no es importante el uso de mayor cantidad de explosivos para lograr un mejor avance, con un factor de carga de 49,55 kg/m, donde el avance fue de 2,92 m; ahora con un factor de carga 37,04 kg/m el avance es de 3,34m, pero sin la optimización de la malla de perforación el costo total por metro de avance sería 340 927,2  $\$/año$ .

Chipana (2015) manifiesta que con el nuevo diseño de malla de perforación, redujo los costos de perforación de US\$ 98,48 a US\$ 87,25. Esto significa la estandarización del burden y espaciamiento en la Galería Progreso de la contrata minera



Cavilquis, por otra parte respecto a la determinación de la carga explosiva se ha minimizado los costos de voladura de US\$ 196,42 a US\$ 148,39. La implementación del diseño de la malla de perforación y la carga explosiva óptimo, se minimizó los costos en la ejecución de la Galería Progreso de US\$ 294,9 a US\$ 235,64.

Garrido (2015) demostró que al mejorar los estándares de operación de los equipos de perforación y voladura se reduce el costo unitario total de la mina en \$4,19/t, que es un 18,50% inferior al original. Esto representa una reducción en los costos operativos de la mina de \$3 771'000,00 por año. La reducción total del costo operativo es de \$3 925'570,00 por año debido a las mejoras en la unidad minera y los ahorros por la eliminación de las voladuras secundarias y el aumento de la vida útil del acero de perforación. La mayor reducción de costo operativo se obtuvo en la operación unitaria de sostenimiento 2,35 US \$/TM (56,08% de la reducción total), seguido por la Perforación 1,10 US\$/TM (26,25% de la reducción total).

Pacahuala (2015) da a conocer el incremento de los estándares, de 6 pies a 8 pies, en la operación unitaria de perforación y voladura influyó positivamente para la disminución de 348 a 311 US\$/ML en frente de avance. Con la nueva malla actualizada, los costos unitarios de perforación y voladura se pueden reducir en un 10 %, lo que permite a las empresas ahorrar en gastos de capital. Para una empresa que se especializa en perforación y voladura en torno al 41%, tanto la producción como la productividad se han visto afectadas muy positivamente; esto se refleja en el consumo razonable de boro y explosivos.

Churata (2013) afirma que el diseño de la malla de perforación y voladura tomando en cuenta la clasificación geomecánica permite optimizar la distribución de



energía, con mucha más precisión que la empleabilidad empíricamente de algún modelo matemático.

Jáuregui (2009) sostiene la optimización de los estándares de las operaciones unitarias de perforación y voladura, se logró la reducción del costo unitario total de Mina en 1,51 \$/TM es decir una reducción del 7% en comparación con lo que se venía obteniendo. Representando esto una reducción en costos operativos de Mina de 1 359 000 \$ al año. La mayor reducción de costo operativo se obtuvo en la operación unitaria de sostenimiento 0,96 \$/TM (56% de la reducción total), seguido por la Perforación 0,37 \$/TM (21,76% de la reducción total), Voladura 0,28 \$/TM (16,47% de la reducción total) y la limpieza-acarreo 0.09 \$/TM (5,3% de la reducción total).

Yanac (2001) encontró los resultados donde muestra que se puede ahorrar un 46,62% por optimización mediante el cálculo de la malla perforada, y un 29,62% por voladura. Se puede reducir de USD 3,78 por tonelada a USD 2,58 por tonelada debido al diseño optimizado de malla perforada y voladura de piedra. Los factores más importantes para lograr una buena optimización de perforación y voladura son la supervisión, el control estricto y la capacitación.

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. Costos**

Son los gastos que se realizan durante la ejecución del trabajo, el mismo debe ser controlado con exactitud y oportunamente, para tomar las correcciones que fueran necesarias (Iriarte, 2012).

#### **a) Objetivos de los costos**

Según (Taddey Diez, 2004) planteo los objetivos de los costos en las operaciones mineras.



- Proporcionar información para medir los ingresos y evaluar el inventario
- Proporcionar información para el mejor control y gestión de las operaciones y actividades mineras.
- Suministrar toda la información según se base la gestión para el planeamiento y la toma de decisiones.

### 2.2.2. Tipos de costos

#### a) Según la actividad

- **Costo variable:** Los costos variables son variables porque solo se incurren en ellos cuando se les necesita así mismo cambian con la producción (Iriarte, 2012).
- **Costo fijo:** Los costos fijos son fijos porque se incurren en ellos así no se les necesite así mismo no cambian con la producción (Iriarte, 2012).

#### b) Según su asignación

- **El costo directo:** conforman los gastos que son posibles identificar directamente con un servicio o una producción. Ejemplo: insumos, salarios de los obreros directos a la producción, etc.(Durant Broden, 2017).
- **El costo indirecto:** Están formados por los gastos que no se pueden identificar con un servicio dado o una producción, relacionándose entre si en forma indirecta. Ejemplo: reparación y mantenimiento (Durant Broden, 2017).

### 2.2.3. Perforación

(Sucari-León, 2018) manifiesta que es la primera operación en la preparación de una voladura. Donde su objetivo es el de aperturar en la roca huecos de forma cilíndrica con la finalidad de alojar al explosivo y sus accesorios, denominados barrenos, taladros, hoyos, o blast hole.

**Jumbo:** Es una máquina de perforación electro hidráulico específicamente diseñado para perforar taladros horizontales, verticales ascendentes y descendentes.

- **Aceros de perforación:** son accesorios que sirven para transmitir la energía mecánica de la perforadora hacia la roca
- **Taladro de rotura:** Es un orificio generado para colocar explosivo
- **Paralelismo:** Es la distancia entre taladros en toda su longitud que tiene la finalidad de asegurar la simetría y mantener el burden entre los taladros.

#### 2.2.4. Características de las rocas que afecta en la perforación

##### a) Dureza

La dureza se define a la resistencia de una capa superficial respecto a una penetración por un objeto de mayor resistencia. Las rocas se clasifican según la escala de Mohs.

**Tabla 1.**

*Dureza de las rocas según Mohs*

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

Fuente: (FAMESA, 2019)

##### b) Resistencia

(FAMESA, 2019) La resistencia mecánica de una roca es la propiedad de oponerse a su destrucción bajo la aplicación de una carga exterior, estática o

dinámica. La resistencia de una roca depende de su composición mineralógica, por otra parte, la resistencia de los minerales disminuye conforme aumenta el tamaño de los cristales.

Las rocas generalmente oponen una resistencia máxima a la compresión, la resistencia a la tracción o pasa de 10% a un 15% de la resistencia a la compresión. Esto se debe a la fragilidad que presenta y a la cantidad de defectos locales e irregulares que presenta.

**Tabla 2.**

*Clasificación de las rocas según a la resistencia a la compresión*

Resistencia a la compresión (Mpa)	Resistencia de la roca
$120 = < \sigma_C$	Muy alta
$80 = < \sigma_C > 120$	Alta
$50 = < \sigma_C < 80$	Media
$20 = < \sigma_C < 50$	Baja
$\sigma_C < 20$	Muy baja

Fuente: (FAMESA, 2019)

$$I_s = \frac{F}{D^2}$$

Donde:

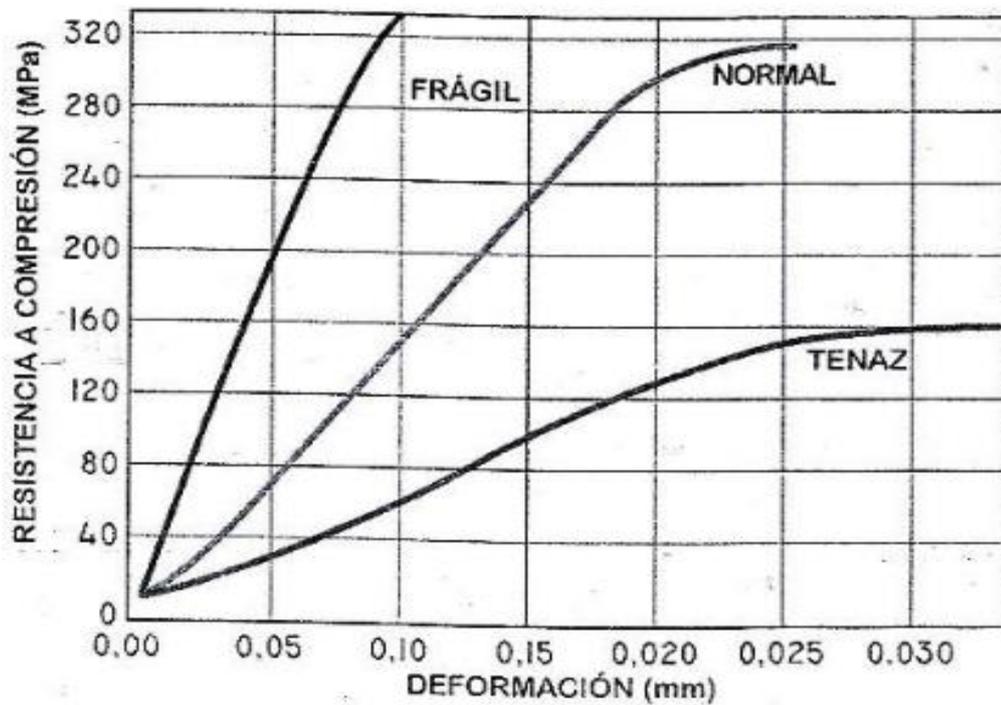
$I_s$  = Resistencia bajo carga puntual

F = Carga

D = Diámetro del testigo

### c) Elasticidad

(FAMESA, 2019) La mayoría de los minerales constituyentes de la roca tienen un comportamiento elástico – frágil que obedece a la ley de Hooke, y se destruyen cuando las tensiones superan el límite de elasticidad.



**Figura 1.** Curvas de tensión - deformación de diferentes tipos de rocas

Fuente: (FAMESA, 2019)

### d) Plasticidad

En algunos tipos de rocas, la deformación plástica ocurre antes de la falla. Comienza cuando la tensión en la roca excede el límite elástico. La plasticidad depende de la composición mineral de la roca y disminuye a medida que aumenta el contenido de cuarzo, feldespato y otros minerales de alta resistencia. Las arcillas húmedas y algunas rocas homogéneas son muy plásticas (FAMESA, 2019).



### **e) Abrasividad**

(FAMESA, 2019) La abrasividad se define como la capacidad de las rocas para desgastar su superficie de contacto de otro cuerpo más duro, o de herramientas útiles, en el proceso de rozamiento durante el movimiento. Algunos factores que elevan la capacidad abrasiva de las rocas son:

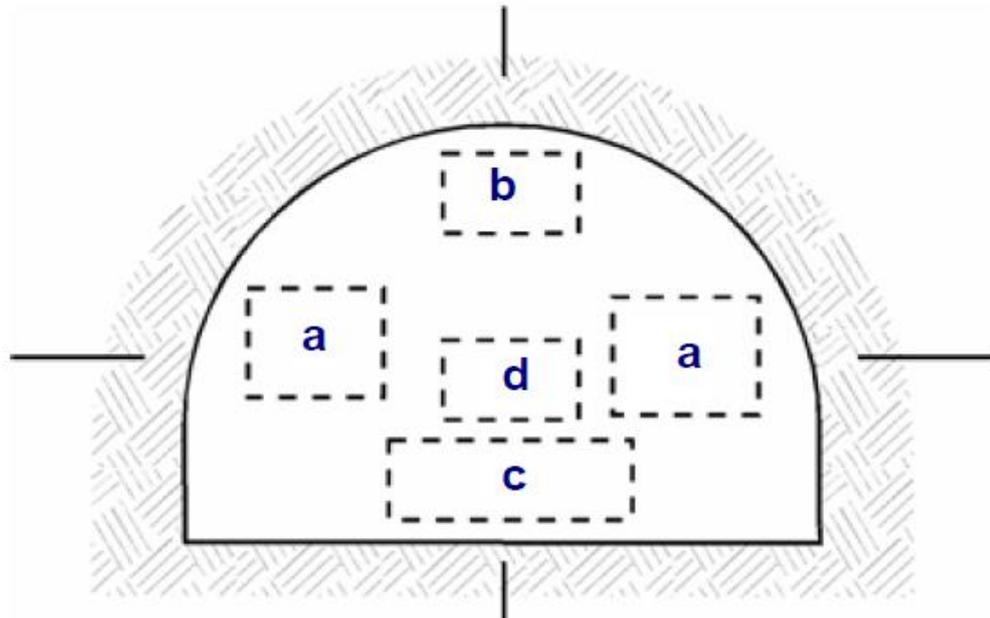
- La dureza de los granos constituyentes de la roca, las rocas que contienen granos de cuarzo.
- La forma de granos: los más angulosos son más abrasivos que los redondeados.
- El tamaño de los graos
- La porosidad de la roca. Este factor da lugar a superficies de contacto rugosas como concentraciones de tensiones locales.
- La heterogeneidad. Las rocas poliminerales, aunque tengan la misma dureza, son más abrasivas, pues van dejando superficies ásperas con presencia de granos duros.

### **f) Textura**

La tesxtura de la roca está definida a la estructura de los granos de minerales que la constituyen. Se manifiesta en el tamaño de granos, la forma, la porosidad y entre otros aspectos los cuales influyen en el rendimiento de la perforación (FAMESA, 2019).

### **g) Diseño de corte**

Es la apertura inicial, conocida como corte, arranque o cuele que tiene la finalidad de generar una segunda cara libre, respecto a la profundidad debe ser igual a la longitud de avance que se propone.



**Figura 2.** Ubicación del arranque

Fuente: (EXSA, 2005)

### 2.2.5. Malla de perforación

(Sucari-León, 2018) Es la forma en la que se distribuyen los taladros de una voladura, considerando básicamente a la relación de burden y espaciamiento y su dirección con la profundidad de taladro.

### 2.2.6. Explosivos

Es un compuesto químico, mezcla de materiales donde su finalidad es funcionar por la explosión de un iniciador.

- **Factor de carga:** Es la cantidad de explosivo que se utiliza por una unidad de roca para realizar la detonación.
- **Densidad de carga:** Es el peso de un explosivo cargado por metro de taladro
- **Velocidad de detonación:** Velocidad a la cual progresa la detonación a través de un explosivo.
- **Retardos:** es la pausa de tiempo determinado entre detonaciones e impulso de detonación para permitir la iniciación de cargas explosivas separadamente.



### **2.2.7. Voladura**

Es un proceso tridimensional, donde las presiones que se generan por los explosivos que se encuentran confinados en el taladro perforado en roca, originando una alta concentración de energía produciendo efectos dinámicos; fragmentación y desplazamiento de la roca lo menciona (Sucari-León, 2018).

### **2.2.8. Altos explosivos sensibles al detonador**

#### **a) Dinamitas**

(EXSA, 2005) Altos explosivos mayormente compuestos por un elemento sensibilizador (nitroglicerina u otro éster estabilizado con nitrocelulosa), combinada con aditivos portadores de oxígeno (nitratos) y combustibles no explosivos (harina de madera) más algunos aditivos para corregir la higroscopicidad de los nitratos, todos en las proporciones adecuadas para mantener un correcto balance de oxígeno. En ellas todos sus componentes trabajan contribuyendo energéticamente en la reacción de detonación.

El porcentaje de nitroglicerina-nitrocelulosa en los explosivos modernos (también conocidos como gel de dinamita) se estima entre un 30% y un 35%, debido a su consistencia plástica, facilidad de uso y manejo, y el resto corresponde a oxidantes y otros aditivos. Cuanto menor es el porcentaje, menos plástico y resistente al agua es el explosivo, llamado semigelatina y polvo.

#### **Ventajas de la dinamita**

- Sensibles al fulminante N° 6, 8 y otros iniciadores como el cordón detonante, directamente.
- Potencias elevadas, gran efecto triturador.
- Altas densidades, de 1,05 hasta 1,5 g/cm<sup>3</sup>
- Elevadas velocidades de detonación, entre 3 500 y 6 000 m/s.



- Gran resistencia al agua y estabilidad química.
- Insustituible en casos de trabajo en condiciones de alta presión hidrostática, en condiciones donde el efecto canal es muy crítico, donde se desea una propagación de taladro a taladro por simpatía, para trabajos en condiciones de temperaturas extremadamente bajas y otras más donde los demás explosivos no garantizan respuesta adecuada o eficiente.
- Larga vida útil en almacenaje adecuado (shelf life: más de un año).
- Muy raras fallas por insensibilidad a la iniciación.
- Muy buena capacidad de transmisión de la detonación (simpatía) para carguío espaciado.
- Adaptables a casi toda condición de voladura existente y gran facilidad de carguío aun en taladros de condiciones difíciles como los de sobre cabeza.

#### **Desventaja de la dinamita**

- Su sensibilidad a estímulos subsónicos con riesgo de reacción al impacto o calor extremo y otros.
- Cefalea transitoria al inhalar su aroma o vapores (por la acción vaso dilatadora de la nitroglicerina, aunque sin efectos tóxicos) (EXSA, 2005).

#### **b) Gelatinas**

Gelatina Especial 75 y 75 BN; Gelatina Especial 90 y 90 BN; Gelignita y Gelatina Explosiva (con densidades de 1,3 a 1,5 g/cm<sup>3</sup> y velocidades de 5 000 a 6 500 m/s) de consistencia plástica, elevado poder triturador para rocas duras y gran resistencia al agua para trabajos subacuáticos (EXSA, 2005).



### **c) Semigelatinas**

Semexsa 45, Semexsa 60, Semexsa 65 y Semexsa 80 (con densidades de 1,08 a 1,2 g/cm<sup>3</sup> y velocidades de 3 500 a 4 500 m/s), de consistencia granular o pulverulenta, adecuada para rocas semiduras y húmedas (EXSA, 2005).

### **d) Pulverulentas**

Exadit 45, Exadit 60 y Exadit 65 con densidades de 1,00 a 1,05 g/cm<sup>3</sup> y velocidades de 3 400 a 3 600 m/s), de consistencia granular fina, adecuada para rocas friables, blandas, en taladros secos (EXSA, 2005).

### **e) Dinamitas Especiales**

Exsacorte para voladura controlada y Geodit para sísmica.

Las gelignitas y gelatinas tienen alta capacidad de trituración y resistencia al agua, empleándose en rocas duras y en condiciones difíciles. Las semigelatinas son ampliamente usadas en rocas de condiciones intermedias; las pulverulentas en rocas relativamente suaves y secas; y las especiales en trabajos determinados como el precorte y en exploración para prospección sísmográfica de hidrocarburos (EXSA, 2005).

### **f) Explosivos permisibles**

Especialmente preparados para uso de minas de carbón con ambiente inflamable, su principal característica es la baja temperatura de explosión, la que se obtiene con la adición de componentes o aditivos inhibidores de llama, como algunos cloruros (EXSA, 2005).

### **g) Explosivos acuosos**

El hidrogel consta de una fase continua que es una solución acuosa de sales oxidadas saturada a temperatura ambiente y gelificada con una goma soluble en agua; fase dispersa mediada por partículas sólidas, gotitas o ambas. En el caso de



líquidos dispersos, la composición también pertenece al grupo de las emulsiones "aceite en agua" (EXSA, 2005).

#### **h) Explosivos especiales**

Este grupo incluye productos fabricados para propósitos especiales o para uso en condiciones ambientales inusuales. Sus ingredientes básicos pueden ser explosivos, hidroganos, explosivos moleculares como TNT, mezcla de nitrato de amonio, etc., con suficiente envoltura o envoltura de sus funciones o aplicaciones.

### **2.2.9. Agentes de voladura, no sensibles al detonador**

#### **a) Agentes de voladura acuosos**

##### **–Hidrogeles o slurries**

Los hidrogeles que no contienen IED no reaccionan con explosivos y se clasifican como "explosivos de hidrogel, lodos o suspensiones de voladura" y requieren cebadores avanzados o refuerzos de cebado para estabilizar la velocidad una vez que entra en un estado explosivo. De lo contrario, no se lanzarán o se lanzarán a baja velocidad con un transitorio, lo que resultará en un bajo rendimiento energético, razón por la cual originalmente también se denominaron explosivos de seguridad. También se les llama hidrogeles.

##### **–Emulsiones**

Además, los detonadores de emulsión carecen de elementos explosivos (después de todo, están sensibilizados con microesferas), por lo que también deben detonarse con un refuerzo con una alta presión de detonación. Su aplicación también está pensada para pozos de mediano y gran diámetro en minas a cielo abierto, como carga de suelo de alta densidad o



carga de columna (completa o separada) en estratos de montaña o para perforar en roca altamente calificada.

**–Agentes mixtos (emulsión/ANFO o ANFOs pesados):**

Son mezclas de emulsión y ANFO en diferentes proporciones, que permiten:

1°. Bajar el costo y potencia de una emulsión pura, para voladura en rocas difíciles, secas o húmedas.

2°. Darle resistencia al agua al ANFO, al saturar con emulsión los espacios libres entre los prills o perlas del nitrato.

Estos ANFOs pesados se pueden preparar en diferentes relaciones de acuerdo a los requerimientos de la voladura y la presencia de agua, entre 10% a 90% de emulsión y la diferencia ANFO, siendo las ratios más difundidas 30 – 70, 50 – 50, 60 – 40 y 80 – 20.

En general, las mezclas con menos del 50% de emulsión no son hidrofugantes, pero el poder del explosivo aumenta mucho, mientras que las mezclas con más del 50% de emulsión son progresivamente más hidrofugantes.

**b) Agentes de voladura NCN granulares, secos, ANFO y similares**

Suelen consistir en nitrato de amonio sensibilizado con agregados orgánicos, líquidos o sólidos, y no suelen ser explosivos. Los nitratos deben tener un color nacarado y ser lo suficientemente porosos para permitir la absorción y retención de los aditivos del combustible.

**Tabla 3.**

*Explosivos comerciales y principales componentes*

<b>Tipo</b>	<b>Oxidantes</b>	<b>Combustibles</b>	<b>Sensibilizador</b>
Dinamitas	Sólidos	Sólidos	Líquido
	Nitrato de amonio y otras sales	de Materiales absorbentes, pulpa de madera, celulosa	Nitroglicerina y otros
ANFO y otros nitrocarbonitratos granulares	Sólidos	Sólido – Líquido	Aire
	Nitrato de amonio granulados	Petróleo diesel, carbon y otros aceites.	Poros vacíos de aire en los prills de nitrato de amonio
Hidrogeles (slurry)	Sólido – líquido	Sólido - Líquido	Sólido – líquido
Dispersión de aceite en agua	Nitrato de amonio y otras sales (soluciones salinas)	de Petróleo, aluminio, sensiilizantes orgánicos, gomas.	Nitrato de monometil, amina, mononitrato de etileno glicol, aluminio en polvo y otros gasificantes.
Emulsiones (dispersión en agua en aceite)	Líquido	Líquido	Gasificantes
	Soluciones de nitrato de amonio y otras sales	de aceites, emulsificantes, parafinas.	Aire contenido en microesferas de vidrio y otros gasificantes.

Fuente: (EXSA, 2005)

**Tabla 4.**

*Factores que influyen en la performance de los explosivos*

<b>Explosivos</b>	<b>Tamaño de partículas (mm)</b>	<b>de Estado</b>	<b>Velocidad de detonación (m/s)</b>
ANFO	2,0	Sólido	3200
Dinamita	0,2	Sólido	4000
Hidrogel	0,2	Sólido – líquido	3300
Emulsión	0,001	Líquido	5000 a 6000

Fuente: (EXSA, 2005)

### 2.3. MARCO CONCEPTUAL

- **Perforación:** Es un proceso de generar un agujero en la roca producto de corte, empuje y rotación a base de una fuerza mecánica.
- **Taladro:** es el agujero generado en la roca producto de la perforación.
- **Malla de perforación:** Es la distribución de los taladros en un área determinado de perforación.
- **Voladura:** Es el proceso de liberación de los gases, producto de la explosión de una carga explosiva.
- **Explosivo:** Son composiciones químicas que tienen la capacidad de explosionar a causa de un iniciador.
- **Costo:** es el valor económico de un servicio, producto o bien.
- **Minería:** es un conjunto de actividades que se dedica a la explotación de un recurso minero ya sea metálico y no metálico.
- **Rampa:** es una labor minera que se ejecuta en desmonte o estéril, puede ser de forma inclinada positivo o negativo, esta labor sirve para ingreso de equipos, personas a interior mina.



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. UBICACIÓN DEL ESTUDIO

El proyecto de investigación se realizó en la mina Marcapunta Sur de la Sociedad Minera el Brocal S.A.A. que está ubicada en el distrito de Colquijirca, provincia de Cerro de Pasco y departamento de Pasco aproximadamente a una altitud de 4300m.s.n.m. está delimitado por las siguientes coordenadas UTM:

**Coordenadas UTM, en el sistema WGS84, son:**

- Norte 8811271
- Este 361760

##### 3.1.1 Accesibilidad

Su accesibilidad está definida siguiendo la siguiente ruta:

**Tabla 5.**

*Acceso a la Mina Marcapunta Sur*

<b>Tramo</b>	<b>Distancia (km)</b>	<b>Tiempo (h)</b>	<b>Tipo de vía</b>
Lima - Casapalca	123	3.5	Asfaltada
Casapalca – Oroya	63	1.5	Asfaltada
La oroya – Cerro de Pasco	135	2.5	Asfaltada
Cerro de Pasco - Colquijirca	20	0,5	Asfaltada
Total	341	0.5	Afirmada

#### 3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO

El tiempo de la investigación fue en el segundo semestre del año 2021.



### **3.3. PROCEDENCIA DEL MATERIAL UTILIZADO**

El material que fue utilizado en el procesamiento de los datos proviene netamente del área de operación mina de la mina Marcapunta Sur de la Sociedad Minera el Brocal S.A.A.

### **3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO**

#### **3.4.1. Población**

La población de estudio está conformada por 3 rampas que tienen la misma sección 4mx4m además que se encuentran en diferentes niveles de la Sociedad Minera el Brocal S.A.A. Con base en Hernández et al., (2014) donde define a la población de estudio como un conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones.

#### **3.4.2. Muestra**

La muestra de estudio para el proyecto de investigación es la Rampa 990S con una sección de 4mx4m. Como señala Hernández et al., (2014) que la muestra es un sub grupo de la población donde se recogen los datos y debe ser representativo de la población.

#### **3.4.3. Muestreo**

El tipo de muestreo es no probabilístico según a los intereses del investigador debido a los costos que se pone en la experimentación de perforación y voladura en una Rampa de 4x4m.

### **3.5 DISEÑO METODOLÓGICO Y ESTADÍSTICO**

#### **3.5.1. Enfoque de la investigación**

El trabajo de investigación presenta un enfoque cuantitativo porque los datos que se recolectarán se podrán cuantificar, ya sea en la perforación y voladura los datos son numéricos.



### 3.5.2. Tipo de investigación

El trabajo de investigación está dentro del tipo de investigación experimental porque se pretende manipular la variable independiente para reducir los costos, se plantea modificar el diseño de la malla de perforación de la Rp 990S. Por otra parte, Hernández et al., (2014) señala que los experimentos manipulan tratamientos, estímulos influencias o intervenciones para observar sus efectos sobre otras variables de una situación de control.

### 3.5.3. Diseño de la investigación

El trabajo de investigación presenta un diseño de investigación preexperimental longitudinal-comparativo porque se realizarán las mediciones en un solo grupo que es la Rp 990S, antes del nuevo diseño de la malla de perforación y después de la implementación del nuevo diseño de la malla de perforación. Así como define Hernández et al., (2014) que los preexperimentos se llaman porque su grado de control es mínimo, ya que consiste en administrar un estímulo o tratamiento a un grupo y después aplicar una medición de una o más variables para observar cuál es el nivel del grupo en éstas.

## 3.6. PROCEDIMIENTO

Los pasos que se siguieron en la investigación fueron de la siguiente manera.

- Se revisó el costo en perforación y voladura ya que la malla de perforación que realizan los jumberos fue de manera empírica.
- Se analizó la cantidad de explosivo que utiliza en cada disparo de la rampa
- Se diseñó una nueva malla de perforación y una nueva distribución de carga explosiva
- Se analizó el nuevo costo en perforación y voladura de la rampa por disparo

- Se realizó la comparación de costos en perforación y voladura.

### 3.7 VARIABLES

#### 3.7.1. Variable independiente

Diseño de malla de perforación de la Rp 990S

#### 3.7.2. Variable dependiente

Costos en perforación y voladura de la Rp 990S

**Tabla 6.**

*Operacionalización de variables*

Variables	Indicadores	Escala de medición
<b>Variable Independiente:</b> Diseño de malla de perforación en la Rp 990S.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sección de la labor</li><li>• Numero taladros</li><li>• Burden</li><li>• Espaciamiento</li><li>• Factor de carga</li><li>• Factor de potencia</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• m<sup>2</sup></li><li>• N°</li><li>• cm</li><li>• cm.</li><li>• kg/m<sup>3</sup></li><li>• kg/TM</li></ul>
<b>Variable Dependiente:</b> Costo de perforación y voladura.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Costo de perforación</li><li>• Costo de Voladura</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• US\$/m</li><li>• US\$/m</li></ul>

### 3.8. Técnica de recolección de datos

La técnica para la recolección de datos será la observación directa en la labor y la medición in situ ya sea en la guardia día y noche, por otra parte, se recurrirá a la revisión



de documentos reportes de operaciones, historial de perforación y voladura en dicha labor.

#### **Reporte diario de operación.**

- Control de tiempos de perforación
- Costos de avances lineal
- N° de taladros perforados
- N° de taladros disparados
- Consumo de explosivos
- Tipo de explosivo
- Consumo de accesorios

### **3.9. MATERIALES Y MÉTODOS POR OBJETIVO**

#### **3.9.1. Materiales y métodos para el primer objetivo específico**

- Determinar el costo de perforación y voladura antes de aplicar el nuevo diseño de malla de perforación en la RP 990S de la Sociedad Minera el Brocal S.A.A.

#### **Materiales**

- Cantidad de taladros perforados por guardia
- Cantidad de explosivo consumido por guardia
- Variables que intervienen en el cálculo del precio unitario
- Reporte de operación malla de perforación
- Computadora de escritorio
- Calculadora
- Libreta de apuntes



## Métodos

- Para este objetivo se recogió los datos de perforación y voladura que corresponden a la Rp 990S, los datos fueron de las tres guardias y se trabajó con el promedio.
- Se calculó el precio unitario con las variables que intervienen directamente en la perforación y voladura de la Rp 990S.

### 3.9.2. Materiales y métodos para el segundo objetivo específico

- Determinar el costo de perforación y voladura después de aplicar el nuevo diseño de malla de perforación en la RP 990S de la Sociedad Minera el Brocal S.A.A.

## Materiales

- Cantidad de taladros perforados por guardia
- Cantidad de explosivo consumido por guardia
- Variables que intervienen en el cálculo del precio unitario
- Diseño de una nueva malla de perforación
- Computadora de escritorio
- Calculadora
- Libreta de apuntes
- Modelo matemático

## Métodos

- Para el segundo objetivo se recogió los datos de perforación y voladura que corresponden a la Rp 990S una vez aplicado el nuevo diseño de malla



de perforación, los datos fueron de las tres guardias y se trabajó con el promedio.

- Se calculó el precio unitario con las variables que intervienen directamente en la perforación y voladura de la Rp 990S.

### **3.9.3. Materiales y métodos para el objetivo general**

Reducir el costo de perforación y voladura mediante un nuevo diseño de malla de perforación en la Rp 990S de la Sociedad Minera el Brocal S.A.A.

#### **Materiales**

- Computadora de escritorio
- Calculadora
- Libreta de apuntes
- Resultados del primer objetivo específico
- Resultado del segundo objetivo específico

#### **Métodos**

- Una vez que se tiene el resultado de los objetivos específicos, se le aplica una diferencia o comparación de los resultados para determinar el porcentaje que se redujo el costo de perforación y voladura en la Rp 990S de la Sociedad Minera el Brocal S.A.A.

### **3.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Para el análisis de datos se utilizó el software Excel y SPSS v.25, respecto al estadístico a utilizar fue la estadística descriptiva y la estadística inferencial, se realizó la prueba de la hipótesis con el t de student con la diferencia de medias.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

##### 4.1.1. Resultados para el primer objetivo específico:

Determinar el costo de perforación y voladura antes de aplicar el nuevo diseño de malla de perforación en la RP 990S de la Sociedad Minera el Brocal S.A.A.

**Tabla 7.**

*Costo por disparo en la RP 990S malla anterior*

Descripción	Unid.	Cant.	Costo	Vida	Costo x
			Unit.\$	Util	Disp. \$
<b>1. Explosivos</b>					
Emulex 80 1 1/2" x 12"	Kgr.	28,90	7,02		202,95
Emulex 65 1 1/2" x 12"	Kgr.	62,00	7,54		467,62
Emulex 45 1 1/8" x 12"	Kgr.	9,00	7,94		71,47
Din. Semexsa 65 7/8x7 (cuneta)	Kgr.	2,44	7,37		17,94
Fanel	Pza.	41,00	3,71		151,91
Pentacord 5P	Mts.	25,00	0,43		10,79
Carmex (para cuneta)	Pza.	17,00	1,48		25,13
Guía Impermeable	Mts.	0,91	0,29		0,27
<b>Total</b>					<b>948,08</b>
<b>2. Aceros de perforación</b>					
Shank Adapter COP1238xT38	P.P.	496,80	593,54	6,560	44,95
Acople T38/R38	P.P.	496,80	189,38	4,920	19,12
Barra Ext. R38-H35-R32x12'	P.P.	496,80	629,54	4,920	63,57
Broca R32x45mm.	P.P.	442,80	449,64	1,200	165,92
Adaptador Piloto R32x6°	P.P.	54,00	612,75	1,640	20,18
Broca Rimadora R32x102mm	P.P.	54,00	479,40	1,640	15,79
<b>Total</b>					<b>329,52</b>

En la tabla 7 podemos visualizar el costo en perforación se tiene 329,52\$/disp. Por otra parte, el costo en voladura se tiene 948,08\$/disp. Esto afecta al cálculo del precio unitario en la RP 990S así como se muestra en el **anexo 1** donde el PU de la RP 990S se tiene 1611,52 \$/disp. Con volquete y 1187,39 \$/disp. Sin volquete.

**Tabla 8.**

Avance lineal por disparo con la malla anterior en la Rp 990S

Guardia	Disparos	Avance con malla anterior (m)
A	1	3
	2	3,02
	3	2,95
	4	2,9
	5	3,05
	6	3,1
	7	3
	8	2,94
	9	3,1
	10	2,91
B	11	3,02
	12	3,05
	13	3,02
	14	3,1
	15	3,03
	16	3
	17	3,01
	18	3,2
	19	3
	20	2,9
C	21	2,95
	22	2,98
	23	2,9
	24	2,97
	25	3
	26	3
	27	3,2
	28	3,4
	29	3,1
	30	3,6
<b>Promedio</b>		<b>3,05</b>

$$\text{Costo en explosivos} = 948,08 \frac{\$}{\text{disp}} * \frac{1\text{disp}}{3,05\text{m}} = 310,85 \frac{\$}{\text{m}}$$

$$\text{Costo en aceros de perforación} = 329,52 \frac{\$}{\text{disp}} * \frac{1\text{disp}}{3,05\text{m}} = 108,04 \frac{\$}{\text{m}}$$



**Tabla 9.***Costo por disparo en la Rp 990S malla nueva*

Descripción	Unid.	Cant.	Costo	Vida	Costo x
			Unit.\$	Util	Disp. \$
<b>1. Explosivos</b>					
Emulex 80 1 1/2" x 12"	Kgr.	47,00	7,02		330,05
Emulex 65 1 1/2" x 12"	Kgr.	33,00	7,54		248,89
Emulex 45 1 1/8" x 12"	Kgr.	11,00	7,94		87,35
Din. Semexsa 65 7/8x7 (cuneta)	Kgr.	2,44	7,37		17,94
Fanel	Pza.	34,00	3,71		125,97
Pentacord 5P	Mts.	20,00	0,43		8,64
Carmex (para cuneta)	Pza.	17,00	1,48		25,13
Guía Impermeable	Mts.	0,91	0,29		0,27
	<b>Total</b>				<b>844,25</b>
<b>2. Aceros de perforación</b>					
Shank Adapter COP1238xT38	P.P.	510,32	593,54	6,560	46,17
Acople T38/R38	P.P.	510,32	189,38	4,920	19,64
Barra Ext. R38-H35-R32x12'	P.P.	510,32	629,54	4,920	65,30
Broca R32x45mm.	P.P.	465,95	449,64	1,200	174,59
Adaptador Piloto R32x6°	P.P.	44,38	612,75	1,640	16,58
Broca Rimadora R32x102mm	P.P.	44,38	479,40	1,640	12,97
	<b>Total</b>				<b>335,26</b>

La tabla 9 evidencia el cálculo de costos en perforación y voladura considerando el nuevo diseño de la malla, donde en perforación se tiene 335,26\$/disp. Y en voladura el costo es de 844,25\$/disp. Así mismo esto afecta al cálculo del precio unitario como se evidencia en el anexo 2 donde se tiene 1575,31\$/m con volquete y 1151,17\$/m sin volquete.

Una vez aplicado el nuevo diseño de la malla de perforación se hizo seguimiento a las tres gradías durante 10 disparos para así determinar el avance por disparo.

**Tabla 10.**

*Avance lineal por disparo con la malla nueva en la Rp 990S*

<b>Guardia</b>	<b>Disparos</b>	<b>Avance con malla anterior (m)</b>	<b>Avance con malla nueva (m)</b>
<b>A</b>	1	3	3,21
	2	3,02	3,24
	3	2,95	3,16
	4	2,9	3,2
	5	3,05	3,23
	6	3,1	3,26
	7	3	3,25
	8	2,94	3,2
	9	3,1	3,25
	10	2,91	3,17
<b>B</b>	11	3,02	3,16
	12	3,05	3,15
	13	3,02	3,18
	14	3,1	3,23
	15	3,03	3,2
	16	3	3,18
	17	3,01	3,22
	18	3,2	3,2
	19	3	3,22
	20	2,9	3,19
<b>C</b>	21	2,95	3,19
	22	2,98	3,16
	23	2,9	3,06
	24	2,97	3,16
	25	3	3,21
	26	3	3,15
	27	3,2	3,2
	28	3,4	3,25
	29	3,1	3,22
	30	3,6	3,24
<b>Promedio</b>		<b>3,05</b>	<b>3,20</b>

$$\text{Costo en explosivos} = 844,25 \frac{\$}{\text{disp}} * \frac{1\text{disp}}{3,20\text{m}} = 263,83 \frac{\$}{\text{m}}$$

$$\text{Costo en aceros de perforación} = 335,26 \frac{\$}{\text{disp}} * \frac{1\text{disp}}{3,20\text{m}} = 104,77 \frac{\$}{\text{m}}$$

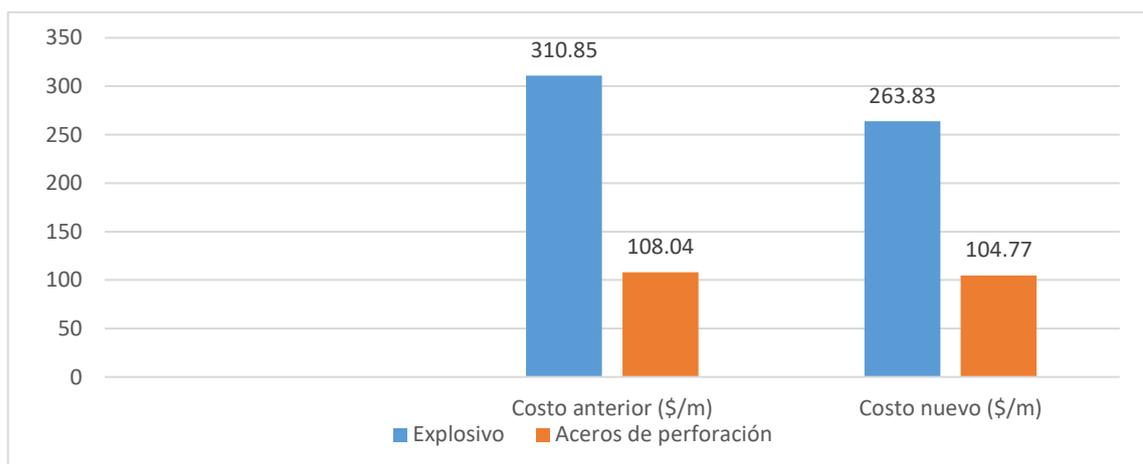


**Tabla 11.**

*Comparación de costos de perforación y voladura en la Rampa 990S*

Descripción	Costo anterior (\$/m)	Costo nuevo (\$/m)
Explosivos	310,85	263,83
Aceros de perforación	108,04	104,77
<b>Subtotal</b>	<b>415,89</b>	<b>368,6</b>

La tabla 11 muestra la comparación de los costos de perforación y voladura entre la malla anterior y la malla nueva, donde existe una reducción del costo de voladura de 310,85 \$/m a 263,83 \$/m de forma similar en la perforación existe una reducción de 108,04 \$/m a 104,77 \$/m.



**Figura 5.** Comparación de costos de perforación y voladura

*Determinando el porcentaje de reducción en el consumo de explosivo*

310,85 \$/m-----> 100 %

263,83 \$/m-----> (x) = 84,87 %, donde el costo de voladura se redujo el 15,13 %

*Determinando el porcentaje de reducción en la perforación*

108,04 \$/m----->100 %

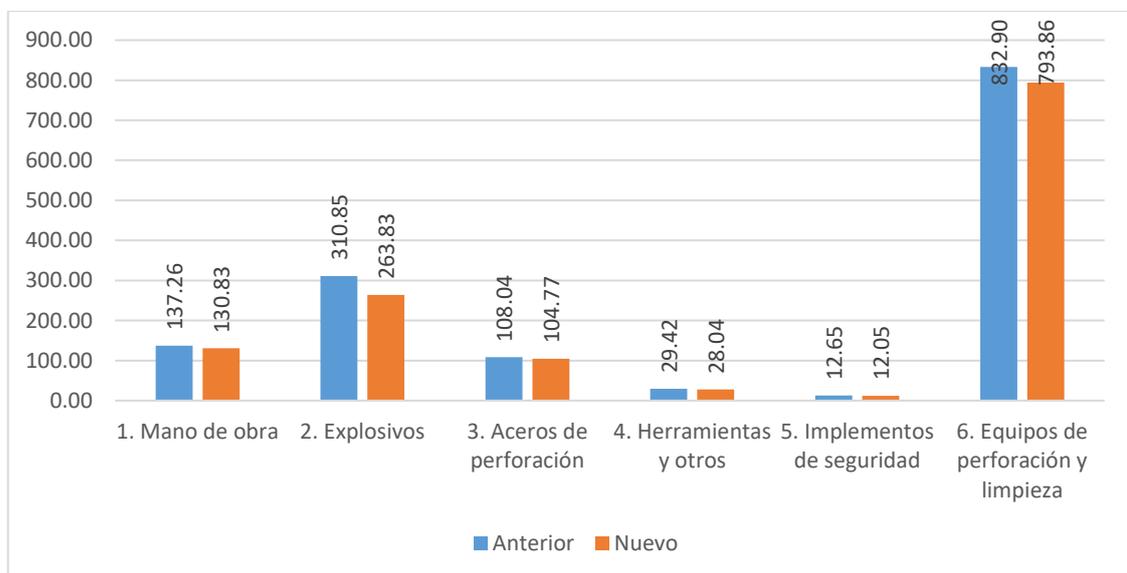
104,77 \$/m-----> (x) = 96,97 %, en este caso el costo de perforación se redujo el 3,03 %

**Tabla 12.**

*Resumen de comparación de PU Rp 990S*

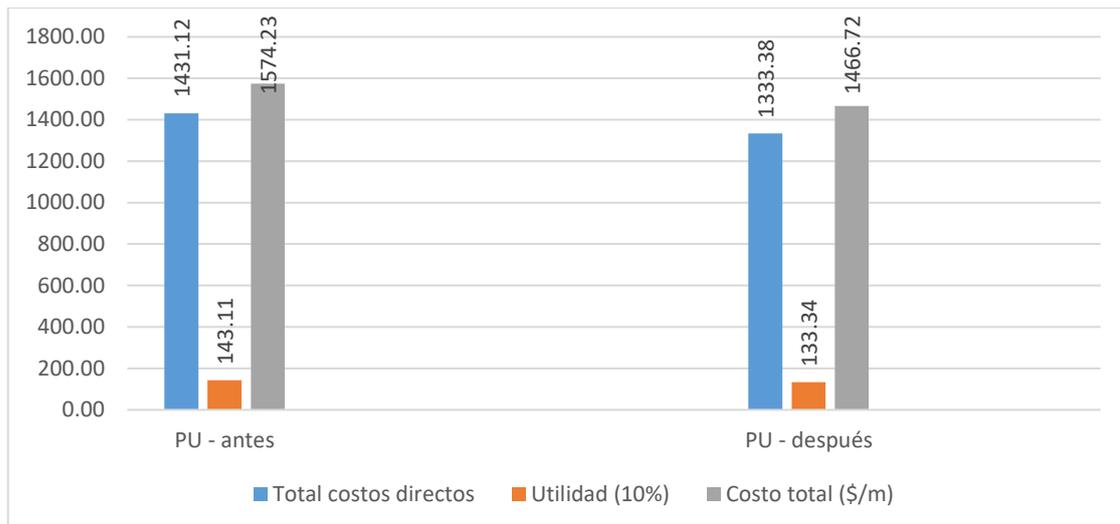
Descripción	Antes \$/disp.	Avance 3.05m \$/m	Nuevo \$/disp.	Avance 3.20 m \$/m
1. Mano de obra	418,65	137,26	418,65	130,83
2. Explosivos	948,08	310,85	844,25	263,83
3. Aceros de perforación	329,52	108,04	335,26	104,77
4. Herramientas y otros	89,73	29,42	89,73	28,04
5. Implementos de seguridad	38,57	12,65	38,57	12,05
6. Equipos de perforación y limpieza	2540,36	832,90	2540,36	793,86
<b>Total costos directos</b>		<b>1431,12</b>		<b>1333,38</b>
Utilidad (10%)		143,11		133,34
<b>Costo total (\$/m)</b>		<b>1574,23</b>		<b>1466,72</b>

La tabla 12 muestra un resumen respecto al Precio Unitario (PU) de la construcción de la Rp 990S entre la malla de perforación anterior con el nuevo diseño, donde anteriormente se tuvo un avance de 3,05 m/disp. donde el costo del PU es igual a 1574,23 \$/m, de forma similar con el nuevo diseño se tiene un avance de 3,20 m/disp. y el costo del PU es igual a 1466,72 \$/m, logrando una reducción de 107,51 \$/m.



**Figura 6.** Comparación de costos \$/disparo en la Rp 990S

La figura 6 muestra una clara reducción de costos en todas las variables que intervienen en el cálculo del PU de avance de la Rp 990S.



**Figura 7.** Comparación del costo total \$/m en la Rp 990S malla anterior y nueva

La figura 7 muestra la comparación de los precios unitarios del avance lineal de la Rp 990 S entre la malla de perforación anterior respecto a la nueva malla de perforación donde el costo total del avance lineal de la Rp 990S se redujo en 107,51 \$/m.

#### 4.1.5. Contraste de hipótesis

Se realiza la prueba “t” de student para verificar si existe diferencia significativa estadísticamente entre el costo de perforación y voladura con la malla anterior y el costo de perforación y voladura de la malla nueva e la Rp 990 S

##### a) Planteamiento de la hipótesis estadística

**H<sub>0</sub>:** El porcentaje de reducción del costo de perforación y voladura no es significativo mediante el nuevo diseño de malla de perforación en la Rp 990S de la Sociedad Minera el Brocal S.A.A.

**H<sub>1</sub>:** El porcentaje de reducción del costo de perforación y voladura es significativo mediante el nuevo diseño de malla de perforación en la Rp 990S de la Sociedad Minera el Brocal S.A.A.

##### b) Nivel de significancia

Alpha = 5% =0,05

Intervalo de confianza = 95%

**c) Criterio de decisión**

Si  $(p\text{-value}) < \text{Alpha} \Rightarrow$  se rechaza la  $H_0$

Si  $(p\text{-value}) > \text{Alpha} \Rightarrow$  se acepta la  $H_0$

**Tabla 13.**

*Estadística descriptiva del costo en el PU de la Rp 990 S*

Malla de perforación	N	Media	Desv.	Desv. Error
			Desviación	promedio
Antiguo diseño	30	1579,3813	69,67126	12,72017
Nuevo diseño	30	1467,0433	18,94084	3,45811

En la tabla 13 se evidencia el promedio de las treinta guardias que se realizó seguimiento a las tres guardias respecto al PU del avance lineal de la Rp 990S, donde se aplicó un diseño antiguo de malla de perforación y un diseño nuevo de malla de perforación en la Rp 990 S.

Se aplicó el estadístico de la prueba de “t” de student para saber si existe una diferencia significativa estadísticamente respecto a los costos de perforación y voladura que afecta directamente al PU de la Rp 990 S.

**Tabla 14.**

*Prueba “t” de student para el PU de la Rp 990 S*

PU de la Rp 990 S	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar
Se asumen varianzas iguales	12,148	0,001	8,522	58	0,000	112,33800	13,18186
No se asumen varianzas iguales			8,522	33,263	0,000	112,33800	13,18186



#### d) Conclusión estadística

En la tabla 14 se muestra que el  $p\text{-value} = 0,000$  siendo  $<$  que  $0.050$  por lo tanto se rechaza la  $H_0$  y se acepta la  $H_1$ , esto quiere decir que estadísticamente el El porcentaje de reducción del costo de perforación y voladura es significativo mediante el nuevo diseño de malla de perforación en la RP 990S de la Sociedad Minera el Brocal S.A.A. afectando directamente al PU del avance lineal de dicha labor.

#### 4.2. DISCUSIÓN

Los resultados respecto al costo de perforación y voladura en la Rp 990 S con su diseño tradicional se encontró el costo en perforación igual a  $108,04$  \$/m. Por otra parte, el costo en voladura igual a  $310,85$  \$/m. donde se tiene 5 taladros de alivio y 41 taladros cargados en el frente de la galería. Sin embargo Gómez (2017) sugiere que para reducir los costos de perforación y voladura propone un plan de mejora respecto al paralelismo, simetría de los taladros, longitud tomando en cuenta el RMR ahorrando  $3,88$ \$/m<sup>3</sup>.

El costos en perforación y voladura respecto al nuevo diseño de la malla de perforación, se logró encontrar que el costo de perforación igual a  $104,77$  \$/m. y en voladura el costo igual a  $263,83$  \$/m, evidenciando 34 taladros cargados, 4 taladros de alivio en el arranque, 8 taladros de alivio en los hastiales y corona, la reducción fue en los taladros cargados. Muy similar a la investigación de Gago (2019) donde redujo la cantidad de taladros cargados de 43 a 38 afectando la reducción respecto al costo de avance lineal de  $232,68$  \$/m a  $218,88$  \$/m.

Respecto a la comparación del costo de perforación y voladura en la Rp 990 S entre la malla antigua de perforación y el nuevo diseño de malla de perforación se tiene los siguientes resultados existe una reducción del costo de voladura de  $310,85$  \$/m a  $263$  \$/m y de forma similar en la perforación existe una reducción de  $108,04$  \$/m a  $104,77$  \$/m. Resultados muy similares que Davila (2021) donde redujo el costo por disparo de



S/. 2903,55 a S/. 2802,17 mediante la implementación de un nuevo diseño de malla de perforación. Así mismo (Morales (2020) logra una reducción del costo de perforación y voladura con la reducción de taladros de 36 a 32 taladros en su nueva malla de perforación reflejándose un reducción en el costo.



## V. CONCLUSIONES

A nivel general se logró reducir de los costos de perforación y voladura mediante un nuevo diseño de malla de perforación en la Rp 990S en la sociedad el Brocal S.A.A. respecto a la perforación la reducción fue de 3,27 \$/m que viene a ser el 3,03 % sin embargo en la voladura la reducción fue de 47,02 \$/m que viene a ser el 15,13 %.

Se logró determinar el costo de perforación y voladura antes de aplicar el nuevo diseño de la malla de perforación en la Rp 990S de la Sociedad Minera el Brocal S.A.A. donde el costo de la perforación fue igual a 108,04 \$/m y el costo en voladura igual a 310,85 \$/m afectando directamente al PU de la RP 990 S siendo un total de 1611,52 \$/m, según el marcado de la malla de perforación sin realizar alguna modificación, donde se tiene 5 taladros de alivio y 41 taladros cargados.

Se logró determinar el costo de perforación y voladura después de aplicar el nuevo diseño de la malla de perforación en la Rp 990S de la Sociedad Minera el Brocal S.A.A. donde el costo de perforación fue igual a 104,77 \$/m y en voladura igual a 263,83 \$/m repercutiendo en el cálculo del PU de la Rp 990S siendo un total de 1575,31 \$/m según el nuevo diseño de la malla de perforación se evidencia 34 taladros cargados, 4 taladros de alivio en el arranque, 8 taladros de alivio en los hastiales y corona.



## VI. RECOMENDACIONES

A nivel general se debe realizar una evaluación del macizo rocoso en un laboratorio y de varias muestras para así tomar en consideración para el diseño de la malla de perforación.

Que es necesario analizar el historial y tener como línea base antes de ejecutar algún cambio en el diseño de la malla de perforación de una labor minera.

Es necesario conocer los diferentes tipos de explosivos que existe en el polvorín para hacer las pruebas respectivas en la voladura de una labor para así mejorar el avance lineal de una labor.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto Cruz, J. O., & Vasquez Valverde, J. (2016). *Reducción de costos en las operaciones unitarias de perforación y voladura optimizando el mantenimiento de brocas de 45Mm, rimadoras de 102Mm y el consumo de Explosivo en las labores de desarrollo que realiza la empresa Conmiciv S.A.C En CMH S.A.* Universidad Nacional de Trujillo.
- Alcos Huarillocla, O. V. (2019). *Reducción de costos en el proceso de perforación y voladura mediante un nuevo diseño de malla* [Universidad Nacional del Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/12904>
- Ayamamani-Pachari, C. (2016). *Diseño de perforación y voladura y su incidencia en los costos unitarios en Balcón III de la Corporación Minera Ananea S. a.* [Universidad Nacional del Altiplano]. [http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2978/Ayamamani\\_Pachari\\_Carlos.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2978/Ayamamani_Pachari_Carlos.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Barzola Ceras, F. (2019). *Optimización de los estándares de perforación y voladura en la reducción de costos operativos en el cruce XC 10654-NW (Gal 10602-N), empresa especializada MINCOTRALL S.R.L. - Minera aurífera Retamas S.A. - 2018.* Universidad Continental.
- Chipana-tito, R. M. (2015). *Diseño de perforación y voladura para la reducción de costos en el frente de la galería progreso de la contrata minera Cavilquis-Corporación Ananea S.A.* [Universidad Nacional del Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/1937>
- Churata Mamani, J. (2013). *Diseño de malla de perforación y voladura aplicando el modelo matemático de áreas de influencia en la Empresa Minera MARSA* [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3850>
- Correa Namoc, L. J., & Iparraguirre Tandaypan, L. A. (2016). *Reducción de costos operativos mediante la estandarización de malla de perforación - Voladura, para labores horizontales: sección 4.0mx4.0m., mina Socorro - Uchucchacua.* Universidad Nacional de Trujillo.



- Davila Candiotti, M. A. (2021). *Optimización del número de taladros mediante la implementación de malla de perforación y voladura en la rampa 440 – Mina Macdesa* [Uniersidad Cotinental]. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/8723>
- De la cruz solano, heidi mireille. (2019). *Influencia de los parámetros geomecánicos en el diseño geométrico de mallas de perforación para optimizar la voladura de rocas en la Unidad de Producción Yauricocha - 2019* [Universidad Nacional Del Centro Del Peru]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/5992>
- Durant Broden, J. (2017). *Ingeniería de costos*.
- EXSA. (2005). *Manual práctico de voladura*.
- FAMESA, E. (2019). *Manual de perforación y voladura* (F. E. S.A.C. (ed.)).
- Gago Orna, G. W. (2019). *Diseño de malla de perforación y voladura en frentes de avance para reducción de costos y optimización de tiempos en la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A.A-Unidad San Vicente, Vitoc Junín, 2018* [Universidad Continental]. [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/6142/2/IV\\_FIN\\_110\\_TE\\_Gago\\_Orna\\_2019.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/6142/2/IV_FIN_110_TE_Gago_Orna_2019.pdf)
- Garrido-Llosa, J. J. (2015). *Mejora y control de estándares en perforación y voladura para la reducción del costo en mina Animón* [Universidad Nacional de Ingeniería]. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/2101>
- Gómez-Roca, J. R. (2017). “Reducción de costos de explotación mediante la mejora de los parámetros de perforación y voladura en la mina Huancapeti.” [Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2198>
- Gomez Medoza, S. A. (2021). *Diseño y construcción de la rampa yumpag para la optimización de las operaciones mineras, compañía de minas Buenaentura, Región de Pasco* [Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. <http://hdl.handle.net/20.500.12918/5652>
- Iriarte, L. (2012). *Gerencia estratégica de costos y presupuestos en Minería*. 1–23.
- 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* [Pontificia Universidad Católica del Perú].



<http://hdl.handle.net/20.500.12404/696>

- Lope Palacín, A. N. (2018). Diseño de estándares de perforación y voladura de rocas, para normalizar la fragmentación del material resultante de la construcción de la rampa positiva 050 de la Mina Arequipa M - Cia Minera AC Agregados S.A.C. [Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo]. In *Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo* (Vol. 1). file:///C:/Users/MEY/Downloads/T033\_46655702\_T.pdf
- Luciano Lazaro, C. A. (2019). *Diseño de la malla de perforación y voladura, aplicando el método Holmberg para optimizar costos en la construcción de la Rampa (+) 995 de la Cia. Ac. Agregados S.A.C. – 2018* [Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo]. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/3360>
- Morales Curo, K. (2019). *Reducción de costos unitarios mediante la optimización de la malla de perforación y voladura en el inclinado -180 valeria norte de la Empresa Minera Vicus SAC* [Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/4942>
- Morales Garcia, A. K. (2020). *Diseño de malla de perforación y voladura para optimizar el avance en la rampa negativa 940 de Sociedad Minera Austria Duvaz S. A. C.* [Universidad Continental]. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/8429>
- Pacahuala-Aguirre, M. C. (2015). *Reducción de costos operativos en desarrollos mediante actualización de estándares en perforacion y voladura, caso de la empresa especializada Mincotrall S.R.L.* [Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/2179>
- Panduro Huamán, J. Q. (2021). *Simulación e implementación de mallas de perforación y voladura para mejorar indicadores - Unidad Orcopampa - Compañía de Minas Buenavetura - 2021* [Universidad Nacional Del Centro Del Peru]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/5992>
- Quispe Cáceres, H. T. (2018). “*Reducción de cotos de la perforación y voladura con nuevo diseño de la malla en el frente crucero 340 NW de la empresa minera Yansur S.A.C. - Rinconada.*” Universidad Nacional del Altiplano.
- Rojas Aparco, K., & Flores Solano, Y. (2017). Diseño de malla de perforaciony voladura para la reduccion de costos en el nivel 1590 crucero 520 de la U.E.a. capitana -



- Corporacion Laces S.A.C. Minería Y Construcción - Caraveli - Arequipa. In *Universidad Nacional de Huancavelica* (Vol. 1). Universidad Nacional de Huancavelica.
- Romero Cadillo, N. S. (2018). *Optimización de la perforación y voladura para minimizar costos en la construcción de la rampa (-) 4640 de la Mina Pallancata, Compañía Minera Santa Luisa S.A.C. - 2018* (Vol. 7, Issue 1) [Universidad Nacional San Antúnez de Mayolo].  
[https://www.researchgate.net/publication/269107473\\_What\\_is\\_governance/link/548173090cf22525dcb61443/download%0Ahttp://www.econ.upf.edu/~reynal/Civilwars\\_12December2010.pdf%0Ahttps://think-asia.org/handle/11540/8282%0Ahttps://www.jstor.org/stable/41857625](https://www.researchgate.net/publication/269107473_What_is_governance/link/548173090cf22525dcb61443/download%0Ahttp://www.econ.upf.edu/~reynal/Civilwars_12December2010.pdf%0Ahttps://think-asia.org/handle/11540/8282%0Ahttps://www.jstor.org/stable/41857625)
- Sucari-León, A. (2018). *Perforación y voladura en minaría subterránea* (Primera). Corporación gráfica JESCO.
- Taddey Diez, L. (2004). *Clasificación de costos*.
- Yanac Yauri, C. U. (2001). *Diseño óptimo de mallas de perforación y voladura de rocas para reducir costos operacionales en la construcción de la rampa (+) 3540 zona Santa Barbara Cía Minera Atacocha S.A.A.* (Vol. 4, Issue 1) [Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo].  
<http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/1931>



## ANEXOS

## Anexo 1. Precio unitario de la Rp 990 S con malla anterior

<b>RAMPA DE 4.00 x 4.00 mts.</b>						
Sección :	4,00 x	4,00 Mts.	barras de 12 pies			
Nro. Taladros Cargados :	41 Tal.	Eficiencia de perf.=90%				
Nro. Taladros Perforados:	45 Tal.	(incluye taladros de pre corte)				
Avance/disp. :	2,98 Mts.					
DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad	Costo Unit. (\$)	Vida Util	Costo x Disp. (\$)	Costo/m. (US\$/m.)
<b>1. MANO DE OBRA</b>						
Operador Jumbo	Tarea	0,50	137,56		68,78	
Ayudante Jumbo	Tarea	0,50	105,66		52,83	
Cargadores disparadores	Tarea	2,00	95,69		191,38	
Perforistas (cuneta)	Tarea	1,00	105,66		105,66	
		4,00			418,65	140,51
<b>2. EXPLOSIVOS</b>						
Emulex 80 1 1/2" x 12"	Kgr.	28,90	7,02		202,95	
Emulex 65 1 1/2" x 12"	Kgr.	62,00	7,54		467,62	
Emulex 45 1 1/8" x 12"	Kgr.	9,00	7,94		71,47	
Dín. Semexsa 65 7/8x7 (cuneta)	Kgr.	2,44	7,37		17,94	
Fanel	Pza.	41,00	3,71		151,91	
Pentacord 5P	Mts.	25,00	0,43		10,79	
Carmex (para cuneta)	Pza.	17,00	1,48		25,13	
Guía Impermeable	Mts.	0,91	0,29		0,27	
					948,08	318,21
<b>3. ACEROS DE PERFORACION</b>						
Shank Adapter COP123&xT38	P.P.	496,80	593,54	6,560	44,95	
Acople T38/R38	P.P.	496,80	189,38	4,920	19,12	
Barra Ext. R38-H35-R32x12	P.P.	496,80	629,54	4,920	63,57	
Broca R32x45mm.	P.P.	442,80	449,64	1,200	165,92	
Adaptador Piloto R32x8"	P.P.	54,00	612,75	1,640	20,18	
Broca Rimadora R32x102mm	P.P.	54,00	479,40	1,640	15,79	
					329,52	110,60
<b>4. HERRAMIENTAS Y OTROS</b>						
Afiladora de brocas	Afilad.	7,84	4,333	20,000	1,70	
Copas afilado	Afilad.	7,42	225,95	50,00	33,53	
Pico	Pza.	2,00	21,52	60,00	0,72	
Mango p' pico	Pza.	2,00	9,12	60,00	0,30	
Lampa minera	Pza.	2,00	23,57	30,00	1,57	
Aceite Hidráulico Tellus T 68	Hrs.	3,50	23,57	8,00	10,31	
Tubo PVC 1.1/2x3m	Pza.	10,00	3,99		39,90	
Llave Stillson	Pza.	2,00	68,06	200,00	0,68	
Llave Crescent	Pza.	2,00	101,89	200,00	1,02	
					89,73	30,12
<b>5.IMPLEMENTOS SEGURIDAD</b>						
Tareas con ropa de agua	Tar.	1,50	10,71		16,06	
Tareas sin ropa de agua	Tar.	2,50	9,00		22,51	
					38,57	12,95
<b>6.EQUIPO PERFORACIÓN-LIMPIEZA</b>						
Jumbo e lectróhidráulico 2 brazo:	Hrs.	2,40	273,66		656,78	
Scooptram de 3.5 Yd3.	Hrs.	3,25	200,90		652,91	
Volquete de 12 m3.	TMH	110,74	10,37		1,148,80	
Pies Perf. (serv. Varios)	p.p.	12,00	1,88		22,57	
Pies Perf. (cuneta)	p.p.	30,00	1,88		56,43	
Manguera de aire 1"	Mts.	30,00	9,58	150	1,92	
Manguera de agua 1/2"	Mts.	30,00	4,76	150	0,95	
					2,540,36	852,64
<b>COSTOS DIRECTOS</b>						<b>1,465,02</b>
Utilidad costo directo		10%				146,50
<b>COSTO TOTAL (US\$/m.)</b>					<b>US\$</b>	<b>1,611,52</b>

## Anexo 2. Precio unitario de la Rp 990 S malla nueva

<b>RAMPA DE 4.00 x 4.00 mts.</b>						
Sección :	4,00 x	4,00 Mts.	barras de 12 pies			
Nro. Taladros Cargados :	34	Tal.	Eficiencia de perf. =92.45%			
Nro. Taladros Perforados:	46	Tal.	(incluye taladros de precorte)			
Avance/disp. :	2,98	Mts.				
DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad	Costo Unit. (\$)	Vida Util	Costo x Disp. (\$)	Costo/m. (US\$/m.)
<b>1. MANO DE OBRA</b>						
Operador Jumbo	Tarea	0,50	137,56		68,78	
Ayudante Jumbo	Tarea	0,50	105,66		52,83	
Cargadores disparadores	Tarea	2,00	95,69		191,38	
Perforistas (cuneta)	Tarea	1,00	105,66		105,66	
		4,00			418,65	140,51
<b>2. EXPLOSIVOS</b>						
Emulex 80 1 1/2" x 12"	Kgr.	47,00	7,02		330,05	
Emulex 65 1 1/2" x 12"	Kgr.	33,00	7,54		248,89	
Emulex 45 1 1/8" x 12"	Kgr.	11,00	7,94		87,35	
Din. Semexsa 65 7/8x7 (cuneta)	Kgr.	2,44	7,37		17,94	
Fanel	Pza.	34,00	3,71		125,97	
Pentacord 5P	Mts.	20,00	0,43		8,64	
Carmex (para cuneta)	Pza.	17,00	1,48		25,13	
Guía Impermeable	Mts.	0,91	0,29		0,27	
					844,25	283,36
<b>3. ACEROS DE PERFORACION</b>						
Shank Adapter COP1238xT38	P.P.	510,32	593,54	6,560	46,17	
Acople T38/R38	P.P.	510,32	189,38	4,920	19,64	
Barra Ext. R38-H35-R32x12'	P.P.	510,32	629,54	4,920	65,30	
Broca R32x45mm.	P.P.	465,95	449,64	1,200	174,59	
Adaptador Piloto R32x6"	P.P.	44,38	612,75	1,640	16,58	
Broca Rimadora R32x102mm	P.P.	44,38	479,40	1,640	12,97	
					335,26	112,53
<b>4. HERRAMIENTAS Y OTROS</b>						
Afiladora de brocas	Afilad.	7,84	4,333	20,000	1,70	
Copas afilado	Afilad.	7,42	225,95	50,00	33,53	
Pico	Pza.	2,00	21,52	60,00	0,72	
Mango p' pico	Pza.	2,00	9,12	60,00	0,30	
Lampa minera	Pza.	2,00	23,57	30,00	1,57	
Aceite Hidráulico Tellus T 68	Hrs.	3,50	23,57	8,00	10,31	
Tubo PVC 1.1/2x3m	Pza.	10,00	3,99		39,90	
Llave Stillson	Pza.	2,00	68,06	200,00	0,68	
Llave Crescent	Pza.	2,00	101,89	200,00	1,02	
					89,73	30,12
<b>5. IMPLEMENTOS SEGURIDAD</b>						
Tareas con ropa de agua	Tar.	1,50	10,71		16,06	
Tareas sin ropa de agua	Tar.	2,50	9,00		22,51	
					38,57	12,95
<b>6. EQUIPO PERFORACIÓN-LIMPIEZA</b>						
Jumbo electrohidráulico 2 brazo	Hrs.	2,40	273,68		656,78	
Scooptram de 3.5 Yd3.	Hrs.	3,25	200,90		652,91	
Volquete de 12 m3.	TMH	110,74	10,37		1,148,80	
Pies Perf. (serv. Varios)	p.p.	12,00	1,88		22,57	
Pies Perf. (cuneta)	p.p.	30,00	1,88		56,43	
Manguera de aire 1"	Mts.	30,00	9,58	150	1,92	
Manguera de agua 1/2"	Mts.	30,00	4,76	150	0,95	
					2,540,36	852,64
<b>COSTOS DIRECTOS</b>						<b>1,432,10</b>
Utilidad costo directo		10%				143,21
<b>COSTO TOTAL (US\$/m.)</b>					<b>US\$</b>	<b>1,575,31</b>

### Anexo 3. Marcado de malla de perforación en la Rp 990 S



#### Anexo 4. Equipo de perforación





### Anexo 5. Base de datos para la prueba de hipótesis

Guardias	Disparos	PU de la Rp 990 S - Antes	PU de la Rp 990 S - Después
<b>A</b>	1	1600,47	1462,15
	2	1589,87	1448,61
	3	1633,13	1485,29
	4	1655,66	1466,72
	5	1574,23	1453,1
	6	1548,84	1439,72
	7	1600,47	1444,15
	8	1633,13	1466,72
	9	1548,84	1444,15
	10	1649,97	1480,6
<b>B</b>	11	1589,87	1485,29
	12	1574,23	1490
	13	1589,87	1475,94
	14	1548,84	1453,1
	15	1584,62	1466,72
	16	1600,47	1475,94
	17	1595,15	1457,61
	18	1500,44	1466,72
	19	1600,47	1457,61
	20	1655,66	1471,32
<b>C</b>	21	1627,59	1471,32
	22	1611,21	1485,29
	23	1655,66	1533,82
	24	1616,63	1485,29
	25	1600,47	1462,15
	26	1600,47	1464,88
	27	1500,44	1466,72
	28	1412,18	1444,15
	29	1548,84	1457,61
	30	1333,72	1448,61

## Anexo 6. Prueba de hipótesis utilizando el SPSS V.25

	Malla de perforacion	Costo de Rp	VAR															
1	1,00	1600,47																
2	1,00	1589,87																
3	1,00	1633,13																
4	1,00	1655,86																
5	1,00	1574,23																
6	1,00	1548,84																
7	1,00	1600,47																
8	1,00	1633,13																
9	1,00	1548,84																
10	1,00	1549,97																
11	1,00	1589,87																
12	1,00	1574,23																
13	1,00	1589,87																
14	1,00	1548,84																
15	1,00	1586,62																
16	1,00	1600,47																
17	1,00	1595,15																
18	1,00	1500,44																
19	1,00	1600,47																
20	1,00	1655,86																
21	1,00	1627,59																
22	1,00	1611,21																
23	1,00	1655,86																
24	1,00	1616,63																
25	1,00	1600,47																
26	1,00	1600,47																
27	1,00	1500,44																
28	1,00	1412,18																
29	1,00	1548,84																
30	1,00	1333,72																
31	2,00	1462,15																
32	2,00	1448,61																
33	2,00	1485,29																
34	2,00	1466,72																
35	2,00	1453,10																
36	2,00	1439,72																

Su periodo de uso temporal para IBM SPSS Statistics caducará en 4807 días.

```
T-TEST GROUPS=Malla_de_perforacion(1 2)
/MISSING=ANALYSIS
/VARIABLES=costo_de_Rp
/CRITERIA=CI(.95).
```

**Prueba T**

[ConjuntoDatos0]

**Estadísticas de grupo**

Malla_de_perforacion	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Costo_de_Rp 1,00	30	1579,3813	69,67126	12,72017
Costo_de_Rp 2,00	30	1467,0433	18,94084	3,45811

**Prueba de muestras independientes**

Costo_de_Rp	Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
Se asumen varianzas iguales	12,148	,001	8,522	58	,000	112,33800	13,18186	85,95165	138,72435
No se asumen varianzas iguales			8,522	33,263	,000	112,33800	13,18186	85,52738	139,14862

IBM SPSS Statistics Processor está listo | Unicode.ON



## Anexo 7. Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo ROGER VALENIA CHURA  
, identificado con DNI 44916557 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA DE MINAS

, informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado  
 Título Profesional denominado:

" REDUCCIÓN DE COSTOS EN PERFORACIÓN Y VOLADURA MEDIANTE  
UN REDESEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN EN LA RP 9905 DE LA SOCIEDAD  
MINERA EL BROCAL S.A.A."  
" Es un tema original."

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 14 de ABRIL del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella



## Anexo 8. Autorización para la publicación en tesis en el repositorio institucional



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

### AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo ROGER VALENTE CHURA  
identificado con DNI 44916557 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA DE MINAS

, informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado

Título Profesional denominado:

"REDUCCIÓN DE COSTOS EN PERFORACIÓN Y VOLADURA MEDIANTE UN DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN EN LA RP 9905 DE LA SOCIEDAD MINERA EL BROCAL S.A.A."

" Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

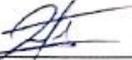
En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 14 de ABRIL del 2023

  
FIRMA (obligatoria)



Huella