

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**“OPTIMIZACIÓN DE PERFORACIÓN Y VOLADURA MEDIANTE EL DISEÑO DE
MALLA Y CARGA EXPLOSIVA EN LA MINA POMASI”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

PRESENTADO POR:

Bach. MISHAEL ZAPATA LARICO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PUNO, PERÚ

2019

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



**“OPTIMIZACIÓN DE PERFORACIÓN Y VOLADURA MEDIANTE EL DISEÑO DE
MALLA Y CARGA EXPLOSIVA EN LA MINA POMASI”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PRESENTADO POR:

Bach. MISHAEL ZAPATA LARICO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

APROBADO POR LOS JURADOS:

PRESIDENTE

:



M.Sc. ESTEBAN MARÍN PAUCARA

PRIMER MIEMBRO

:



Ing. AGUSTÍN PÉREZ QUISPE

SEGUNDO MIEMBRO

:



M.Sc. LUCIO RAÚL MAMANI BARRAZA

TEMA: Diseño y Planeamiento en Minería

ÁREA: Ingeniería de Minas

FECHA DE SUSTENTACIÓN: Puno, 14 de noviembre de 2019

DEDICATORIA

Dedico a mis queridos padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, por su gran apoyo incondicional que me brindaron en cada etapa de mi vida por sus esfuerzos y motivaciones llegaron a ser mis tres pilares, los cuales me ayudaron alcanzar mis objetivos.

Consortio Ingenieros Ejecutores Mineros S.A. (CIEMSA), por darme de la oportunidad de desarrollarme tanto profesionalmente como personalmente.

Mishael

AGRADECIMIENTOS

Mi reconocimiento y gratitud a:

 Mi alma mater la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional del Altiplano Puno, y a todos los docentes de la facultad.

 Mis compañeros que conocí a lo largo de mi permanencia en la facultad por los momentos de alegrías, tristezas y felicidad que compartimos en todos los semestres.

 Consortio Ingenieros Ejecutores Mineros S.A. (CIEMSA), por haberme permitido pertenecer a esta gran empresa y conocer personajes de gran índole por haberme permitido trabajar.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

	Pág.
Resumen	9
I. INTRODUCCIÓN	10
II. MATERIALES Y MÉTODOS	11
III. RESULTADOS Y DISCUSIONES	14
IV. CONCLUSIONES	15
REFERENCIAS	16

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Factor de carga	10
Tabla 2: Factor de carga explosiva	14
Tabla 3: Datos para galería de 2,1mx2,1m	15
Tabla 4: Costo por metro avance	15

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Carguío por taladros	12
Figura 2: Malla de voladura	12
Figura 3: Ratios de voladura	13
Figura 4: Secuencia de carguío de explosivos.....	13
Figura 5: Malla de perforación en tajeo	13
Figura 6: Carguío de explosivos en tajeo.....	14

LISTA DE ACRÓNIMOS

CIEMSA : Consorcio Ingenieros Ejecutores Mineros Sociedad Anónima

NW : Norte Oeste

RMR : Clasificación de Macizo Rocoso

S.A.C. : Sociedad Anónimo Cerrado

SE : Sur Este

UTM : Universal transversal de Mercator

WGS 84 : Sistema geodésico mundial 1984

“Optimización de perforación y voladura mediante el diseño de malla y el factor de carga explosiva en la Mina Pomasi”

“Optimization of drilling and blasting through mesh design and explosive load factor at the Pomasi Mine”

Mishael Zapata Larico

Facultad de Ingeniería de Minas - UNA - PUNO

mining.zapata@gmail.com

Resumen

Esta investigación se realizó en la Unidad Minera Pomasi - Empresa CIEMSA en el mes de Setiembre del 2019, se encuentra ubicado en el distrito de palca, provincia de Lampa, Región de Puno, con el método de explotación shirinkage dinámico. En la perforación y voladura se encontró deficiencia en el frente 454 de sección (2,10m x 2,10m), avance lineal 1,36 m, volumen roto 6 m³, toneladas roto 21kg/t, la cantidad de explosivo 29,6kg por disparo, factor carga lineal 21,71kg/m y factor carga 4,94kg/m³ de la misma forma en el tajo 715 el factor de potencia es 0,66 kg/t con taladro de rendimiento de 0,88 t/disparo. El objetivo es mejorar las ratios de perforación-voladura y el costo de avance por disparo, se utilizó material de estudio datos de campo, y la metodología es de tipo descriptivo. Con la investigación se logra el siguiente resultado; avance lineal 1,55m, volumen roto 6,84 m³, toneladas roto 23,94 t, la cantidad de explosivo 24,55kg por disparo, factor carga lineal 15,84 kg/m y factor carga 3,59 kg/m³, y de igual forma en el tajeo 715 se logra el factor potencia 0,52kg/t y taladro por rendimiento 1,11 t/disparo. Se concluye con estos resultados nuevos la optimización de perforación y voladura mediante el diseño de malla y así mismo se logra a reducir el costo de 327,39 \$/m a 299,44 \$/m, logrando un ahorro de 27,95 \$/m para la empresa.

Palabras claves: Diseño, Emulnor, Indicadores, Reducir y Costos.

Abstract

This research was carried out in the Mining Unit Pomasi - Empresa CIEMSA in the month of September 2019, it is located in the district of Palca, province of Lampa, Puno Region, with the dynamic shirinkage exploitation method. In drilling and blasting, deficiency was found in the front section 454 (2,10m x 2,10m), linear feed 1,36m, broken volume 6m³, broken tons 21kg/t, the amount of explosive 29,6kg per shot, linear load factor 21,71kg / m and load factor 4,94kg/m³ in the same way in the 715 pit the power factor is 0,66 kg/t with a 0,88 t performance drill / shot. The objective is to improve drilling-blasting ratios and the cost of advance per shot, field data study material was used, and the methodology is descriptive. The following result is achieved with the investigation; linear feed 1,55m, broken volume 6,84m³, broken tons 23,94t, the amount of explosive 24,55kg per shot, linear load factor 15,84 kg/m and load factor 3,59 kg/m³, and the same in the 715, the power factor 0,52kg/t and the performance drill 1,11 t /shot. The drilling and blasting optimization is concluded with these new results by means of the mesh design and the cost of 327,39 \$/m to 299,44\$/m is also reduced, saving 27,95\$/m for the company.

Keywords: Design, Emulnor, Indicators, Reduce and Costs.

I. INTRODUCCIÓN

En la mayoría de las empresas mineras, en sus operaciones enfrentan como principal problema el diseño de malla de perforación y voladura, como es el caso de la empresa CIEMSA. Para esto se hará el nuevo diseño de mallas de perforación y voladura en frentes de avance.

Díaz, M.(2012) menciona el diseño de las voladuras es necesario realizar ciertos cálculos matemáticos y tener en cuenta varias consideraciones, que hacen de este, una operación compleja. Debido a lo anterior, es necesario idear un método que permita obtener un diseño de voladura más sencillo y en menor tiempo. La operación de perforación depende directamente de la dureza y abrasividad de la roca. La fragmentación de la roca se considera el parámetro más importante en las operaciones de minería a causa de sus efectos directos sobre los de perforación y voladuras. La resistencia de la roca determina el método o medio de perforación a emplear: rotación simple o roto-percusión. Por lo general cuanto más blanda sea la roca mayor debe ser la velocidad de perforación. Por otro lado, cuanto más resistente sea a la compresión, mayor fuerza y torque serán necesarias para perforarla.

Los alcances de la investigación mostrarán resultados que obtengan del diseño de mallas de perforación influir de manera óptima dentro de las operaciones y además será de

vital importación ir modificando de acuerdo al tipo y la sección que presenta en las labores de profundización.

Pino, R.(2019) según su tesis la cantidad de carga (factor de perforación y voladura) de acuerdo a las secciones del túnel y dureza de la roca, se obtiene el promedio en kg de explosivo utilizado por m³ de roca movida para cada metro de avance, teniéndose los siguientes casos para roca intermedia:

Tabla 1: Factor de carga

Área	Factor de carga
1 a 5 m ²	: 2,2 a 1,8 kg/m ³
5 a 10 m ²	: 1,8 a 1,4 kg/m ³
10 a 20 m ²	: 1,4 a 1,0 kg/m ³
20 a 40 m ²	: 1,0 a 0,8 kg/m ³

Fuente: (Pino,R 2019)

Paz, A.(2018) en su tesis menciona que, para los diferentes tipos de terreno y las diferentes secciones de las labores que se tiene en la mina Animón se han diseñado los diferentes tipos de malla de perforación para así poder evitar no realizar el sobre rotura en los frentes de trabajo y de avance ver planos.

Lara, B.(2013) en su tesis menciona que. Las propiedades macizo rocoso son muy importantes en las operaciones de perforación y voladura, por ser el medio en el que actuará los explosivos. Existen diferencias significativas aún entre rocas de la misma zona en una determinada mina por lo que necesario cuantificar algunas de sus propiedades. Por lo que, en esta parte se

estudiará las principales propiedades del macizo rocoso.

Iparraguirre, G.(2017) define la malla de perforación. Es la forma en la que se distribuyen los taladros de una voladura, considerando básicamente a la relación del burden y espaciamiento y su directa vinculación con la profundidad de taladros. La selección adecuada del burden es una de las decisiones más importantes que hay que hacer en cualquier diseño de una malla de voladura. Depende básicamente del diámetro de perforación, de las propiedades de la roca.

Caceres, N.(2017) menciona en su tesis. El ancho mínimo utilizado en la cubicación es 1,0 m; este ancho es el que se considera posible para explotar una veta. Está en relación directa al buzamiento y competencia de las cajas. Las muestras cuyas potencias están por debajo de 1,0m, se le ha diluido al ancho mínimo.

Mendoza, M.(2014) menciona en su tesis. Producto de la optimización de la perforación y voladura, se obtuvo un incremento en los indicadores de productividad tales como toneladas rotas por disparo ,TM/disparo, toneladas rotas por taladro (TM/taladro), metros avanzados por disparo(m/disparo), factor de carga (kg/m³), factor de avance (kg/m), toneladas rotas por metro perforado (TM/m), eliminación de la posibilidad de la existencia de tiros cortados o soplados, eliminación de bancos o bolones que

necesitan ser movidos y corregidos mediante voladura secundaria; y eliminación de tacos.

Diéguez, G.(2014) concluye que. La inclusión de las propiedades de las sustancias explosivas y de la acción de la explosión sobre el macizo de rocas a la metodología para el diseño de voladuras de contorno en túneles hace más eficiente el resultado de la voladura porque disminuye la sobreexcavación y, por consiguiente, los gastos de laboreo por concepto de sostenimiento al conseguir una mayor estabilidad en la obra subterránea.

El estudio resultaría factible, nuevas ratios de perforación y voladura para optimizar las utilidades de la empresa minera y reducir el tiempo de operación, de esta investigación es mejorar los ratios de perforación y voladura.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La Empresa CIEMSA, se encuentra ubicado en el distrito de palca, provincia de Lampa, Región de Puno. Geográficamente se encuentra en la cordillera occidental de los Andes del Perú, a una altitud promedio de 4974 m.s.n.m. De la Concesión Minera Logroño S.A.C, localizado en el Sector Suatia. Con sistema de coordenadas UTM, Datum WGS 84, Zona 19 S. La estructura denominada Veta A tiene potencial económico emplazada de SE a NW con un Rumbo ondeante de 70° SE y con un buzamiento de 80° NW, la potencia media de la veta es de 0,15 m a 1m. En la unidad

Minera Pomasi. Los materiales utilizados en presente investigación son: toma datos con instrumentos de medición, flexómetro, vernier, Pintura, brújula. El estudio es de tipo descriptivo, con el nuevo diseño de malla de perforación y voladura se logrará optimizar la eficiencia del ciclo de minado, optimización de tiempos, reducción de costos, y mejorar de ratios voladura. Los datos que se obtuvieron en los frentes de exploración y tajos, tales como: avance lineal 1,36 m, volumen roto 6 m³, toneladas roto 21kg/t, la cantidad de explosivo 29,6 kg por disparo, factor carga lineal 21,71kg/m y factor carga 4,94 kg/m³ de la misma forma en el tajo 715 el factor de potencia es 0,66kg/t con taladro de rendimiento de 0,88 t/disparo anteriormente y con el nuevo diseño de malla de perforación se obtuvo: avance lineal 1,55 m, volumen roto 6,84 m³, toneladas roto 23,94 t, la cantidad de explosivo 24,55 kg por disparo, factor carga lineal 15,84 kg/m y factor carga 3,59 kg/m³ ver la Figura 1, y el nuevo diseño de malla de perforación con el corte quemado con 5 taladros de alivio, 4 taladros de arranque, 4 taladros en primera ayuda, 4 taladros en segunda ayuda, 4 taladros en tercera ayuda, 6 taladros en los cuadradores o hastiales, 3 taladros en la corana, 2 taladros en ayuda de corona, 2 taladros en ayuda de arrastre y 5 taladros en arrastre en total 39 taladros perforados y 34 taladros cargados. Ver la Figura 2.

Nuevo diseño de malla de perforación

CALIDAD DE ROCA DURA FRENTE 454 SE NV. 4930											
SECCION 2.1m X 2.1m - 6 PIES DE PERFORACION											
DESCRIPCIÓN	N° TALADROS	EMULNOR 5000			EMULNOR 3000			EMULNOR 1000			
		PESO Cargados	Kg Cantidad	0,176 Total	PESO Cargados	Kg Cantidad	0,174 Total	PESO Cargados	Kg Cantidad	0,231 Total	
ALIVIO	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ARRANQUE	4	4	4	16	4	0	0	4	0	0	
ERA AYUDA	4	4	4	16	4	0	0	4	0	0	
DA AYUDA	4	4	2	8	4	2	8	4	0	0	
ERA AYUDA	4	4	2	8	4	2	8	4	0	0	
CUADRADOR	6	6	1	6	6	1	6	6	2	12	
AYUDA DE CORONA	2	2	1	2	2	1	2	2	2	4	
CORONA	3	3	1	3	3	0	0	3	2	6	
AYUDA DE ARRASTRE	2	2	1	2	2	3	6	2	0	0	
ARRASTRE	5	5	3	15	5	1	5	5	0	0	
TOTAL TALADROS	39	34	19	76	34	10	35	34	6	22	
TOTAL DE EXPLOSIVO		Kg					24,55				
AVANCE EFECTIVO		m					1,55				
FACTOR DE CARGA LINEAL		Kg					15,84				
FACTOR DE CARGA		Kg/m³					3,59				

Figura 1: Carguo por taladros

En el siguiente cuadro menciona el carguo de explosivos para un frente de sección 2,1mx2,1m según el departamento de geomecánico de la Unidad Minera Pomasi describe el tipo de roca de I-II su RMR es 75, y recomienda usar explosivos y accesorios de alto potencia y resistente al agua, emulsión de 5000, emulsión de 3000, emulsión de 1000, Carmex de 7 pies, mecha rápida Z-18.

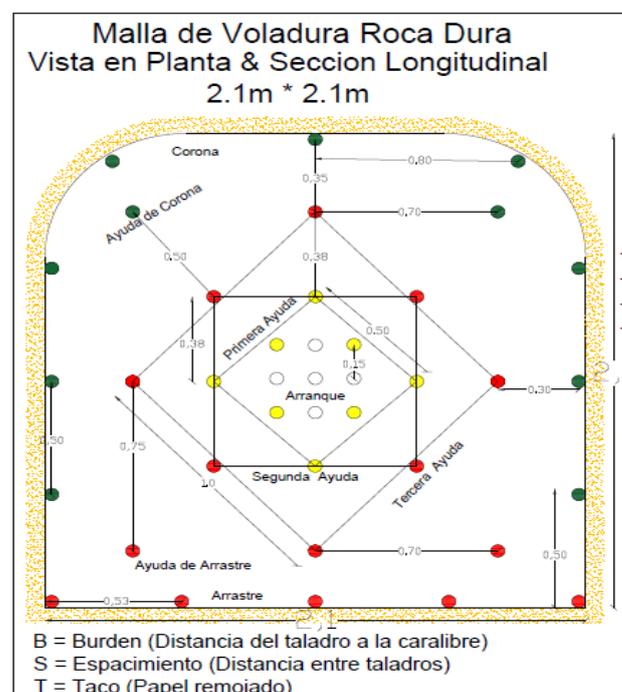


Figura 2: Malla de voladura

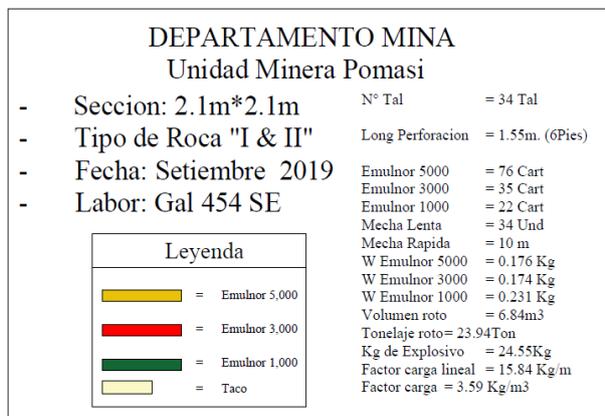


Figura 3: Ratios de voladura

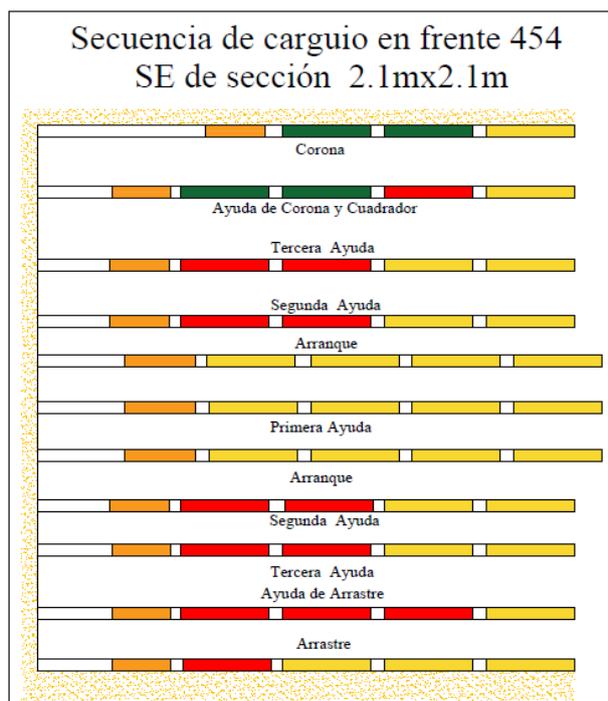


Figura 4: Secuencia de carguio de explosivos

La parte de producción en los tajos que se realizan del método explotación shirinkage dinámico con buzamiento 80° NW y rumbo 70° SE, en el primer corte con 308 taladros con ángulo de inclinación de 85°, burden 0,45m, espaciamento 0,45m y ancho de minado considerable a explotar de 1m, longitud del tajo 50m, avance 1,55m, peso específico mineral considerado es 3,5kg/m³.

En un corte programado y la cantidad de explosivos a utilizar 178,95 kg.

Datos:

- Área de excavación :50 m²
- Volumen roto :77,5 m³
- Toneladas rotas :271,25 t
- Factor de potencia :0,66 kg/t
- Taladro por rendimiento: 0,88 t/disparo.

Con el nuevo diseño de malla de perforación y la distribución de taladros de tres por dos con burden de 0,52m, espaciamento 0,45m con 252 taladros perforados con taladros de inclinación de 85° en el tajeo 715 y la cantidad de explosivo a utilizar 146,41kg.

- Área de excavación :50 m²
- Volumen roto : 80 m³
- Toneladas rotas : 280 t
- Factor de potencia : 0,52kg/t
- Taladro por rendimiento : 1,11 t/disparo.

El diseño esta realizado por cinco taladros por metro cuadrado, la distribución de los taladros es de 3x2 a E: 0,45m, B: 0,52m altura de avance 1,60m con un ángulo de inclinación de taladro 85°.

Malla Perforación Tajeo

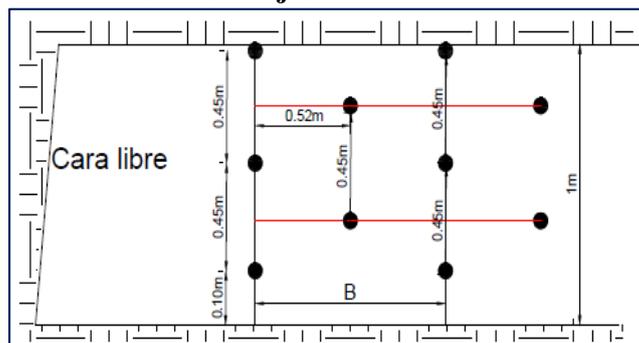


Figura 5: Malla de perforación en tajeo

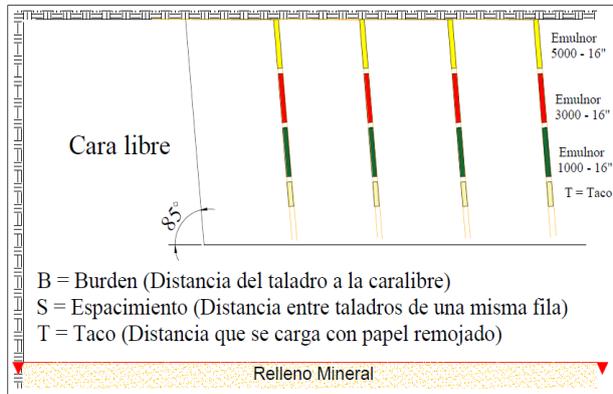


Figura 6: Carguío de explosivos en tajeo

Tabla 2: Factor de carga explosiva

Descripción	Cantidad	U.M.
Nº tal	: 5	tal/m
Altura de corte	: 1,55	m
E-5000	: 5	cart/m
E-3000	: 5	cart/m
E-1000	: 5	cart/m
Mecha lenta	: 5	und/m
Mecha rápida	: 0,5	m/tal
WE-5000	: 0,176	kg
WE-3000	: 0,174	kg
WE-1000	: 0,231	kg
Volumen roto	: 1,6	m ³
Tonelaje roto	: 5,425	t
Cantidad explosivo	: 2,91	kg/m
Factor de potencia	: 0,01	kg/t

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Resultados del Avance

Es una comparación de ratios de perforación durante las operaciones mineras de un frente de exploración y tajos los resultados anteriores son los siguientes:

- Avance lineal 1,36 m
- Volumen roto 6 m³
- Toneladas roto 21t
- Cantidad de explosivo 29,6 Kg por disparo
- Factor carga lineal 21,71 Kg/m y

- Factor carga 4,94 kg/m³ de la misma forma en el tajo 715 el factor de potencia es 0,66kg/t con taladro de rendimiento de 0,88 t/disparo.

Resultados obtenidos con la optimización de perforación y voladura mediante el diseño de malla y el factor de carga explosiva en la empresa CIEMSA S.A.

Se logra los siguientes ratios de perforación y voladura:

- Avance lineal 1,55 m
- Volumen roto 6,84 m³
- Toneladas roto 23,94 t
- Cantidad de explosivo 24,55 kg por disparo
- Factor carga lineal 15,84 kg/m y
- Factor carga 3,59 kg/m³, y de igual forma en el tajo 715 se logra el factor potencia 0,52kg/t y taladro por rendimiento 1,11 t/disparo

Los resultados obtenidos de la investigación realizados en la unidad minera Pomasi, con la aplicación de la optimización de perforación y voladura mediante el diseño de malla y el factor de carga explosiva en la Mima Pomasi. se logra conseguir los resultados óptimos y satisfactorios para la empresa, lo cual permitirá reducir los costos de operación.

Se concluye con estos resultados nuevos la optimización de perforación y voladura mediante el diseño de malla y así mismo se logra a reducir el costo de 327,39 \$/m a

299,44 \$/m, logrando un ahorro de 27,95 \$/m para la empresa.

Caceres, N.(2017)en su tesis concluye. Se reducen los costos operativos de perforación y voladura por metro lineal de avance de US\$ 342,32 a US\$ 247,61, teniendo una diferencia de US\$ 94,71. En la voladura del frente crucero 10014 nivel 2870 se redujo el consumo de explosivos de 21,01 kg a 16,24 kg., prescindiéndose de la gelatina 75% por el Semexa 65% y Exadit 45%. Obteniendo una voladura controlada en la sobrerotura y mayor control de la corona, y además teniendo una buena fragmentación para una mejor limpieza y acarreo de material.

(...) se logró superar el problema principal del bajo rendimiento de avance por disparo en la ejecución de galerías y cruceros y se logró optimizar en un 19%, es decir se incrementó de 1,11m/disparo a 1,32 m/disparo. Al realizar la estandarización de los procesos de perforación y voladura, se logró ahorrar 40,20US\$/m, antes de este proyecto el costo era de 214,60 US\$/m. (Ramos, B. 2016)

Lara, B.(2013) concluye según su tesis, las desviaciones de perforación afectan mucho en el diseño de mallas de perforación, porque varían el burden de diseño dentro de la perforación y afectan mucho en la fragmentación como y el avance del disparo, porque la eficiencia de voladura está relacionada con la desviación porque a mayor

desviación menor será la eficiencia de voladura o viceversa.

Tabla 3: Datos para galería de 2,1mx2,1m

DETALLE	DATOS
Avance (m)	1,55
T. Cambio (\$/.)	3,24
Nº Taladros cargados	34,00
Nº Taladros de alivio	5,00
Eficiencia de perforación	94%
Eficiencia de disparo	90%
Longitud de perforación (Pies)	6,00

Tabla 4: Costo por metro avance

GALERIA 2,10m x 2,10m	
L. B. Sociales	113,14%
Costos directos	\$ 73,98
Supervisión	\$ 31,21
Implementos seguridad	\$ 5,37
Perforación	\$ 78,09
Voladura	\$ 41,02
Herramientas	\$ 5,86
Equipos varios	\$ 14,01
Costo por metro	\$ 241,40
Gastos generales	10.00% \$ 24,14
Utilidad	10.00% \$ 24,14
Total costo por metro:	\$ 299,44

IV. CONCLUSIONES

- Con la investigación se logra los nuevo ratios de perforación y voladura; avance lineal 1,55m, volumen roto 6,83m³, toneladas roto 23,93t, la cantidad de explosivo 24,87kg por disparo, factor carga lineal 16.04kg/m y factor carga 3,64kg/m³, y de igual forma en el tajo 715 se logra el factor potencia 0,52kg/t y taladro por rendimiento 1,11t por disparo.

- Se concluye con estos resultados nuevos, la optimización de perforación y voladura mediante el diseño de malla y así mismo se logra a reducir el costo de disparo de 327,39\$/m a 299,44\$/m, logrando un ahorro de 27,95\$/m para la empresa.

REFERENCIAS

Caceres, L.(2017) *Optimización de la perforación y voladura con nuevo diseño de malla en el cruce 10014 de la empresa minera MARSA*. Universidad Nacional del Altiplano.

De la Cruz, O.(2017) *Optimización de costos en perforación y voladura estandarizando malla para sección 2.40m x 2.40m en la empresa CANCER E.I.R.L.–MARSA*. Universidad Nacional de Trujillo.

Díaz, J, Guarín, M & Jiménez, J.(2012) Análisis y diseño de la operación de perforación y voladuras en minería de superficie empleando el enfoque de la programación estructurada. *Revista de Ciencias de La Tierra*, vol. N°32, p.p.15–22.

Díaz, E.(2017) *Optimización de la perforación y voladura de rocas para maximizar utilidades en la mina Panulcillo de Minera CRUZ Ltda.-2016*. Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo.

Diéguez, Y, Otaño, J & Sargentón, G. (2014) Diseño de voladuras de contorno en túneles. *Minería y Geología*, vol. N°30(3), p.p. 49–66.

Iparraguirre, E.(2017) *Diseño de mallas de perforación y voladura utilizando la potencia relativa por volumen para mejorar la fragmentación en Tajo Chalarina-Minera Shahuindo-2017*. Universidad Nacional de Trujillo.

Lara, O.(2013) *Diseño de malla de perforación para optimizar la voladura en la unidad Carahuacra de la*

Compañía Minera VOLCAN S.A.A. Universidad Nacional del Centro del Perú.

Mamani, J.(2017) *Optimización de costos de perforación y voladura con nuevo diseño de malla en la chimenea San Andres de la Contrata Minera RUMIJ S.R.L. – La Rinconada* . Universidad Nacional del Altiplano.

Mendoza, N.(2014) *Optimización de la voladura controlada aplicando un modelo matemático en la unidad minera paraíso ecuador*. Universidad Nacional del Centro del Perú.

Paz, R.(2018) *Optimización de la perforación y voladura en la veta Maria Rosa en CHUNGAR S.A.C. Pasco*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

Pino, R.(2019) *Optimización de avance lineal con nuevo diseño de malla en el frente de la galería san jorge en la minera aurífera cuatro de ENERO S.A. – Arequipa*. Universidad Nacional del Altiplano.

Quiroz, J.(2014) *Optimización de los estándares de perforación y voladura para incrementar la producción en la Unidad Andaychagua -Compañía Minera VOLCAN*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

Ramos, L.(2016) *Optimización de la ejecución de galerías y cruceros en la Mina Ana María mediante estandarización de perforación y voladura*. Universidad Nacional del Altiplano.