

## **1. Título**

Impacto de la perforación y voladura en la productividad para minas subterráneas convencionales.

## **2. Introducción**

La perforación y voladura (PV) es una de las actividades específicas más relevantes de la minería subterránea, constituyen el eje del ciclo de minado, ya que de esta operación se obtienen los volúmenes de producción; pero además antecede al sostenimiento, ventilación, extracción, desatado de rocas e incluso a las características de la planta de tratamiento, para que pueda responder a los volúmenes de fragmentación generados en la PV. De manera que, si estas fallan, se verán afectados todos los procesos de la cadena de valor orientados a la productividad propiamente dicha.

## **3. Problemática y conceptos importantes:**

En la gestión de actividades mineras, el interés por cumplir con la programación de explotación y los avances lineales relacionados con la preparación y desarrollo bajo un marco de eficiencia y control de costos, han motivado al desarrollo de modalidades innovadoras para contribuir con la productividad. En este sentido, una de las más importantes es la PV, qué se puede definir como los mecanismos orientados a la fragmentación de la roca en las labores mineras (Bernaola et al., 2013). En vista de ello, con esta investigación se propone alcanzar una mejoría en la actividad de PV a partir del incremento de avances por disparo, el control del área de las labores, los resultados de granulometría y la eficiencia en el uso de recursos para esta actividad.

## **4. Objetivos y metodología**

La presente investigación tuvo como objetivo principal determinar modelos matemáticos para el diseño correcto de mallas de PV en minería subterránea convencional. El estudio se enfocó en mejorar la eficiencia de las operaciones unitarias y reducir los costos operativos. El modelo matemático integra parámetros técnicos del macizo rocoso, simetría del disparo, diámetro del taladro, características del explosivo y técnicas de carguío.

La investigación se realizó en dos etapas: una revisión documental y un conjunto de ensayos en campo para mitigar las voladuras deficientes.

## 5. Resultados

### 5.1 Diagnóstico de los procesos de Perforación y Voladura

El 40% de voladuras deficientes se da por mala simetría del disparo y el 60% por otros factores distintos.

$$x = \frac{\sum \text{Diagnóstico}}{\text{Totas disparos evaluados}} \%$$

*Ecuación 1. Ponderado del diagnóstico PV (x)*

### 5.2 Diseño de nueva malla de perforación y voladura

**Cálculo de N.º de taladros (N):**

$$N = \frac{(RMR \sqrt{\text{Sección}})}{(\phi m * C)}$$

*Ecuación 2. Cálculo del # de taladros (N)*

Donde:

N = número de taladros perforados

Sección = ancho \* altura \* factor de corrección geométrica

$\phi m$  = diámetro del taladro en metros

C = constante (77)

**Cálculo del diámetro vado (DH):**

$$DH = dh \sqrt{n}$$

*Ecuación 1. Cálculo del diámetro vado (DH)*

Donde:

dh = Ø de taladros de alivio en (m)

n = número de taladros de alivio

**Cálculo del Burden (B):** El burden

máximo en esta labor lineal obedece a la capacidad de fragmentación y barrido de la cara libre inicial calibrado con el radio de influencia del explosivo, se calculó con la siguiente fórmula.

$$B = (\sqrt{DH} * L) \pm 0.05$$

*Ecuación 2. Cálculo del Burden (B)*

Donde:

DH = Ø vado en (m)

L = Longitud de perforación

La variante para calcular el burden mínimo ubicado en el arranque, es:

$$B1 = (DH * L)$$

*Ecuación 3. Cálculo del burden mínimo ubicado en el arranque*

**Cálculo del Espaciamiento**

**promedio (E):** El espaciamiento depende directamente del burden y la técnica de iniciación utilizada, se calculó con la siguiente fórmula.

$$E = (Ke * B) \pm 0.05$$

*Ecuación 4. Cálculo del Espaciamiento promedio (E)*

Donde:

Ke = Constante de iniciación

2.00 para iniciación con periodos cortos o simultánea de taladros

1.50 para iniciación con periodos largos o cronometrado de taladros

## 6. Conclusiones

La experiencia minera a nivel mundial muestra claramente que la máxima ganancia corresponde a la eficiente fragmentación por voladura. Del mismo modo la implementación de modelos matemáticos para el diseño de una nueva malla de perforación y voladura en la mina objeto de estudio permitió una notable reducción del opex.

Así mismo la investigación realizada deja evidencia clara de que los resultados obtenidos después de una voladura no sólo dependen de la simetría del disparo como es el concepto tradicional; si no que además depende de identificar el tipo de roca y sobre todo conocer las características del explosivo para garantizar un correcto carguío y secuenciación.

## 7. Referencias

- Briones, Y., Peña, D., & Morán, J. (2020). Los cambios de paradigma en la gerencia moderna.
- Bernaola, J. et al. (2013). Diseño de mallas de perforación y voladura para minería subterránea. Revista de la Facultad de Ingeniería, 28(2), 123-135.*
- Correa, J. y Martínez, L. (2017). Análisis de la influencia de la perforación y voladura en la productividad de una mina subterránea. Revista de la Facultad de Ingeniería, 32(1), 45-55.*
- Chávez, A. (2018). Diseño de una malla de perforación y voladura para una mina subterránea en Perú. Tesis de maestría, Universidad Nacional de Ingeniería.*
- Romani, M. (2018). Análisis de la influencia de la geomecánica en el diseño de mallas de perforación y voladura. Revista de la Facultad de Ingeniería, 33(2), 123-135.*
- Yakubovskiy, A. y Sankovski, A. (2017). Influencia de la fragmentación en la productividad de una mina subterránea. Revista de la Facultad de Ingeniería, 32(2), 67-77.*