



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

**Diseño de perforación y voladura para mejorar el avance lineal en
la Galería NW01- Nivel 2670 – Contrata Castillo Jara Teresa**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero de Minas

AUTORES:

Quispe Monsalve, Stefany Edith (orcid.org/0000-0002-6934-4237)

Santamaria Asalde, Brayan Abel (orcid.org/0000-0003-0411-7911)

ASESORES:

Dra. Salazar Cabrejos, Rosa Eliana (orcid.org/0000-0002-1144-2037)

Dr. Ing. Arango Retamozo, Solio (orcid.org/0000-0003-3594-0329)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Perforación y Voladura de Rocas

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHICLAYO – PERÚ

2022

DEDICATORIA

A mi padre Tito Quispe Rodrigo que desde el cielo guía mis pasos.

Su ejemplo ha sido para mi una fuente de inspiración para salir adelante y sus palabras siempre perdurarán en mi mente.

Stefany Quispe

A mis padres Jesús Santamaria y Magdalena Asalde, por su apoyo incondicional en este proceso.

A mis hermanos por ser mis compañeros en todas las etapas de mi vida.

Brayan Santamaria

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por permitirnos lograr el objetivo de culminar con esta investigación. Agradecer a nuestros asesores la Dr. Rosa Eliana Salazar Cabrejos y el Dr. Solio Arango Retamozo, por sus enseñanzas brindadas a lo largo de este proceso.

Agradecemos también a nuestro amigo el Ing. Jhon Erick Cabellos Requejo quien nos permitió desarrollar la presente investigación en la contrata Castillo Jara Teresa.

Los autores

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras y gráficos.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y diseño de la investigación.....	11
3.2. Variables y Operacionalización.....	11
3.3. Población, muestra y muestreo.....	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	13
3.5. Procedimientos.....	14
3.6. Método de análisis de datos.....	16
3.7. Aspectos éticos.....	16
IV. RESULTADOS.....	18
4.4.14. Análisis económico.....	40
V. DISCUSIÓN.....	41
VI. CONCLUSIONES.....	44
VII. RECOMENDACIONES.....	46
REFERENCIA.....	47
ANEXOS.....	54

Índice de tablas

Tabla 1: Perfil Estratigráfico Regional de Pataz	18
Tabla 2: Composición Geológica Local de Pataz.....	20
Tabla 3: Características geológicas del yacimiento	21
Tabla 4: Ensayos de resistencia a la Matriz Rocosa.....	22
Tabla 5: Resultados de la calidad del macizo rocoso (RQD)	23
Tabla 6: Resultados de la calidad del macizo rocoso (RMR).....	24
Tabla 7: Dimensiones del frente de la labor	25
Tabla 8: Parámetros actuales de perforación y voladura	26
Tabla 9: Distribución de taladros y su carga explosiva actual (empírico).....	27
Tabla 10: Valores del Espaciamiento y Coeficiente de la roca.....	29
Tabla 11: Cálculo del diámetro del taladro de alivio	30
Tabla 12: Especificaciones Técnicas del Emulnor 3000	36
Tabla 13: Distribución de taladros y su carga explosiva	38
Tabla 14: Tabla RMR de Bieniawski	75
Tabla 15: Datos obtenidos producto de la voladura empírica	77
Tabla 16: Datos obtenidos producto de la voladura con la nueva malla	81
Tabla 17: Volumen diferencial (Malla empírica/Malla propuesta).....	82
Tabla 18: Costos de perforación y voladura (Malla empírica)	83
Tabla 19: Costos de perforación y voladura (Malla propuesta)	84

Índice de Figuras

Figura 1: Dimensiones de la sección	28
Figura 2: Diseño de los taladros de alivio.....	31
Figura 3: Diseño de arranque.....	33
Figura 4: Mapa Geológico del Cuadrángulo de Pataz, Hoja 16-h	71
Figura 5: Mapa Geológico Local de Pataz	72
Figura 6: Perforación diamantina y extracción de testigos	73
Figura 7: Testigos obtenidos producto de la perforación diamantina	73
Figura 8: Ensayo de Carga Puntual	74
Figura 9: Malla de perforación empírica usada actualmente en el frente 1.6 x 2.0 m.	76
Figura 10: Malla de perforación propuesta.....	79
Figura 11: Delimitación empírica de los taladros de perforación.....	79
Figura 12: Unión de explosivo Emulnor 3000 con Carmex de 1.8 metros	80
Figura 13: Colocación de explosivos en los taladros del frente de la labor	80

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo diseñar la perforación y voladura para mejorar el avance lineal en la galería NW01 de la contrata Castillo Jara Teresa. Esta investigación nace de la necesidad de dar solución al déficit en los metros avanzados producto de la perforación y voladura. Es por ello que se seleccionó como muestra al frente de la labor que se encuentra en la galería NW01, además se utilizó una investigación del tipo aplicada y el diseño fue pre experimental. De la misma manera se usó a la observación y análisis documental como técnicas para el recojo de información. Por lo tanto, se obtuvo como resultado una optimización en el avance lineal del 45% y una reducción del 30% en el factor de carga. Dichos resultados han sido expuestos mediante tablas y gráficos con su respectivo análisis. Finalmente concluimos que el correcto diseño de perforación y voladura logró optimizar el avance lineal y otros parámetros producto de la perforación y voladura lo cual se vio reflejado en la reducción de costos.

Palabras clave: perforación, voladura, avance lineal, factor de carga, explosivos.

ABSTRACT

The objective of this investigation was to design the drilling and blasting to improve the linear advance in the NW01 gallery of the Castillo Jara Teresa contractor. This research stems from the need to solve the deficit in advanced meters as a result of drilling and blasting. That is why it was selected as a sample in front of the work that is in the NW01 gallery, an applicative type investigation was used, the pre-experimental design. In the same way, observation and documentary analysis were used as techniques for collecting information. Therefore, an optimization in the linear advance of 45% and a reduction of 30% in the load factor were obtained as a result. These results have been exposed through tables and graphs with their respective analysis. Finally, we conclude that the correct drilling and blasting design will optimize the linear advance and other parameters resulting from drilling and blasting, which will be reflected in cost optimization.

Keywords: drilling, blasting, linear advance, load factor, explosives.

I. INTRODUCCIÓN

La industria minera nacional ha ido evolucionando a lo largos de los años, dedicándose a la explotación de distintos tipos de yacimientos minerales metálicos y no metálicos. Esto mediante la aplicación de diversos métodos de minado que van adaptándose a las características de los yacimientos que son considerados económicamente explotables. Dentro de esta actividad minera se realizan diferentes procesos unitarios como son la perforación y voladura, cuya finalidad es extraer el material de interés económico para luego ser procesado en las plantas de tratamiento.

La presente investigación se desarrolló en la galería NW 01- Veta Samy -Nivel 2670, cuyas dimensiones son de 2m x 1.6m. La explotación de dicha labor se encuentra a cargo de la contrata Castillo Jara Teresa, ubicada en el distrito de Pataz, provincia de Pataz, región de La Libertad entre los 2100 a 3000 m.s.n.m., encontrándose a 320 kilómetros de la ciudad de Trujillo. Teniendo una producción de 40 toneladas de mineral al mes entre oro, cuarzo y pirita siendo el primero el de mayor relevancia. Dicha producción sirve para abastecer a la Unidad Minera Santa María de la Compañía La Poderosa S.A.

La **realidad problemática** que atraviesa la empresa es que el avance lineal producto de la voladura es deficiente. Dando como resultado una eficiencia de perforación del 83% de la longitud del barreno, es decir 1 metro. La eficiencia de la voladura es del 90%, lo que representa un avance de 0.9 metros. Que el avance está por debajo de lo esperado que debería ser 95 % de la longitud del taladro. Esto genera costos elevados en la perforación y voladura. Cabe señalar también, que se viene utilizando la máquina perforadora RNP Jack Leg RN-250X, barrenos de 4 pies y brocas de 34 mm. Además, se está utilizando, para la voladura, cartuchos de Emulnor 3000 de 1" x 8".

La primera **causa** que se detectó en la realidad problemática es la falta de evaluación geomecánica de la labor. **Generando** un desconocimiento de las características de la roca que conforman el frente de trabajo, trayendo consigo un diseño inadecuado de la malla de perforación y voladura. Correa y Martínez (2017) dicen que para el diseño adecuado de una malla de perforación y voladura es necesario conocer el

comportamiento de la roca mediante las características geomecánicas, litológicas y estructurales de esta. De la misma manera Adeoluwa, Noa y Quevedo (2017) afirman que conocer las características del macizo rocoso tiene una marcada influencia en el desarrollo de la explotación y posterior sostenimiento de las labores.

La segunda **causa** que se identificó es la poca preparación de los perforistas, ya que cuentan con poca experiencia en ese rubro. **Generando** la desviación de algunos taladros, ocasionados por el mal posicionamiento del personal y/o de la máquina perforadora. Además, el número de taladros perforados se realiza de acuerdo con el criterio del maestro perforista de turno, por lo que no existe una malla de perforación definida de acuerdo con las características de la roca. Molina y Rincón (2017) nos dicen que a medida que las desviaciones sean mayores por falta de paralelismo entre barrenos, se producirán pérdidas en la voladura, lo cual se verá reflejado en el incremento de costos de perforación. Así mismo, Hogan (2017) afirma que para disminuir las desviaciones de los taladros es necesario combinar una buena práctica de perforación y la correcta selección de un equipo.

Otra **causa** del problema es la mala distribución de la carga explosiva, ya que esta se realiza a criterio del trabajador. Lo que **ocasiona** sobre excavación en el contorno de la galería y también una mala fragmentación del mineral. Lo cual se ve reflejado en costos adicionales en sostenimiento y uso de explosivos. Cano (2019) nos dice que la correcta selección del explosivo y su distribución de carga por taladro permitirá que se eviten problemas de estabilidad y una adecuada fragmentación lo que permitirá que se minimicen los costos en las operaciones posteriores como son carguío, acarreo, chancado y molienda.

Conociendo las causas y consecuencias expuestas, la presente investigación buscó dar respuesta a la formulación del problema, mediante la siguiente pregunta: ¿De qué manera el diseño de perforación y voladura puede mejorar el avance lineal en la Galería NW01 – Nivel 2670- Contrata Castillo Jara Teresa?

La presente investigación se justificó desde un plano **teórico**, porque tuvo como base las ciencias geológicas y geomecánicas para determinar las características del macizo rocoso que conforma la galería. También las ciencias matemáticas para el

cálculo del número de taladros en el diseño de una malla de perforación y voladura. Se justificó también a través del criterio **práctico**, ya que la investigación buscó mejorar el avance lineal en la galería NW-01 y así optimizar su desarrollo. De la misma manera, esta investigación tuvo justificación **social**, ya que, al desarrollar una buena malla de perforación y voladura, se logró reducir las sobre excavaciones en la roca, que generan inestabilidad. Esto podría desencadenar en accidentes e incidentes del personal dentro de la galería. Por último, esta investigación tuvo una justificación **económica**, ya que se logró la disminución del factor de carga, generando una reducción de costos en explosivos. Además, se redujo el tiempo de trabajo de las máquinas, disminuyendo así los gastos en consumo de combustible.

Teniendo como base lo expuesto anteriormente se presentó como **objetivo general** de la investigación, diseñar la perforación y voladura para mejorar el avance lineal en la Galería NW01 – Nivel 2670- Contrata Castillo Jara Teresa. Entre los **objetivos específicos** se planteó, **describir** las características geológicas y geomecánicas que conforman el macizo rocoso de la galería. Luego, **identificar** los parámetros de perforación y voladura que son usados actualmente en la Galería NW01. Por último, **diseñar** una malla perforación y voladura adecuada a los parámetros de la roca de la galería NW-01.

La **hipótesis** generada ante la formulación del problema es que: Al realizar un correcto diseño de perforación y voladura, se logrará mejorar el avance lineal en la Galería NW01- Nivel 2670 – Contrata Castillo Jara Teresa.

II. MARCO TEÓRICO

Para la realización de esta investigación se han recolectado investigaciones hechas con anterioridad, teniendo en cuenta la meta de nuestro estudio que es mejorar el avance lineal mediante el correcto diseño de perforación y voladura.

En el ámbito **internacional** se encuentra la tesis realizada por Buele (2017) “Optimización de los parámetros de perforación y voladura en el avance del túnel de la mina Cabo de Hornos”. Planteó como **objetivo** optimizar los parámetros que se usan en la perforación y voladura, mediante el estudio de la geomecánica del macizo rocoso. Obteniendo como **resultado** un aumento en el avance lineal del 83% al 95%. **Concluyó** que con el nuevo diseño de malla se redujo el número de cartuchos de explosivo, reduciendo el factor de carga. Esta investigación **sirvió** como guía ya que enseña la importancia del estudio geomecánico del macizo rocoso con el que se trabajará. Todo ello con la finalidad de conocer las características y fallas de la labor. Para así evitar inestabilidades en la roca y facilitar su posterior sostenimiento.

También se encontró el estudio realizado por Cruz (2018) “Evaluación del proceso de perforación y voladura en la explotación de yeso de la Mina El Toro, Los Santos-Santander”. Teniendo como **objetivo** analizar la ejecución de los procesos de perforación y voladura, teniendo en cuenta los parámetros que intervienen. Se obtuvo como **resultado** que, en la labor se realizan 4 taladros en cuña de 2,4 metros de longitud y con un ángulo de 45°. Sin embargo, al presentarse dificultades en los frentes no se llega a dar cumplimiento a este parámetro. **Concluyendo** que en la Mina El Toro, no se da cumplimiento al Programa de Perforación y Voladura establecido por la empresa, debido a la falta de seguimiento y supervisión del personal. **Esta tesis** muestra la importancia del cumplimiento de los parámetros de perforación y voladura establecidos por cada empresa. Esto se vio reflejado en el avance lineal de cada labor, como también en el tiempo en que demora cada operación. Es por ello la necesidad de un personal bien capacitado para la ejecución de las labores unitarias como la perforación y voladura.

En el ámbito **nacional** se encontró el estudio realizado por Mostacero y Rodríguez (2017), Huacho (2018), Diaz y Sotelo (2019). Tuvieron como **objetivo** identificar como

influye el diseño de perforación y voladura con el fin de aumentar los avances en la labor, mediante el cálculo de la cantidad de taladros y la cantidad de explosivo por cada taladro. Sus estudios dieron como **resultado** que hubo un aumento de casi el 10% en los avances de las labores. Llegaron a la **conclusión** que para mejorar los avances las labores, es necesario tener en cuenta factores como las características geológicas, número de taladros y carga explosiva. **Estas investigaciones son importantes** ya que enseñaron cómo los parámetros de perforación y voladura determinan un correcto diseño de la malla y como esta es proporcional al avance de producción lineal. Es decir, si se diseña de manera correcta la malla, el avance será eficiente, optimizando costos y tiempo en su ejecución.

Se encontró también el estudio realizado por Ricse (2020), Inga (2020) y Alvarado (2020). Se plantearon como **objetivo** mejorar la granulometría de la roca en la labor y reducir la dilución del mineral mediante el diseño de una nueva malla de perforación y voladura. Obteniendo como **resultado** la reducción de aproximadamente el 20% del factor de carga. Por último, la optimización en un 22% del factor de potencia de explosivo. Llegaron a la **conclusión** de que mediante la teoría de Roger Holmberg se diseñó una nueva malla en donde se mejoraron los parámetros de perforación y voladura. Estas investigaciones sirvieron como guía para establecer los parámetros usados en la perforación y voladura, como el cálculo del burden y espaciamiento, número y distribución de los taladros, tipo de roca, factor de carga, tipo de explosivo a emplear, diámetro de la broca, longitud del barrenado, etc. La correcta identificación de estos parámetros permitirá una buena fragmentación de la roca.

Rivera (2019) en su tesis "Optimización de perforación y voladura aplicando el modelo matemático de Roger Holmberg en el proyecto central Hidroeléctrica SanGabán III". Propuso como **objetivo** mejorar la perforación y voladura, aplicando el método de Holmberg. Obteniendo como **resultados** una reducción en el número de taladros de 65 a 52 taladros. El avance lineal por disparo aumentó de 3 a 3.7 metros. También se disminuyó la cantidad de explosivo usando por m³. Llegando a la **conclusión** que la estandarización de la malla de perforación y voladura se logra por medio del método de Holmberg. Es necesario hacer énfasis en esta investigación ya que ayudó a diseñar una malla de perforación y voladura, usando el modelo matemático de Holmberg. Lo que permitió hallar el número de taladros necesarios para nuestra sección teniendo en

cuenta el tipo de roca, el espaciamiento y el coeficiente de la roca. También indicó que la aplicación de este modelo matemático ayuda a tener una voladura controlada, reduciendo así la sobre excavación en la labor.

También están las tesis de Palomino (2016) y Tarrillo (2021). Tuvieron como **objetivo** mejorar la eficiencia del proceso de perforación y voladura en las labores de desarrollo mediante el estudio geológico del macizo rocoso. Como **resultado** se obtuvo que la litología de Pataz está formada por rocas volcánicas de la era cenozoica y dicha unidad minera se encuentra sobre el denominado Batolito de Pataz. Además, con el estudio geológico de la zona se determinó que el tipo de roca en la zona es Granodiorita. Se **concluyó** que la eficiencia de la perforación pasó del 90% a un 97%, por lo tanto, el factor de carga se redujo de 3.03 a 2.44 Kg/m³. Estas investigaciones sirvieron como base para demostrar la importancia del estudio geológico en el diseño y perforación y voladura. Para ello es necesario considerar las características de la geología regional, local y del yacimiento, con la finalidad de conocer el tipo de roca que conforma la labor a explotar.

En el ámbito **local**, se tomó en cuenta el trabajo realizado por Salazar (2020) "Análisis del corte cilíndrico sobre el corte quemado para aumentar la producción en la unidad de producción Pallasca". Teniendo como **objetivo** aumentar la producción mediante el análisis del avance lineal obtenido en la comparación del análisis de la malla de perforación de corte cilíndrico respecto a la de corte quemado. Como **resultados** se obtuvo que con el diseño de corte quemado y empleando una barra de 6 pies de longitud se obtiene una eficiencia de perforación de un 95% es decir 1.74 metros de perforación efectiva. Para el diseño de la malla con corte cilíndrico, se considera un diámetro de taladro de 38 milímetros y una barra de 8 pies de longitud, manteniéndose la eficiencia de perforación de un 95%. Se **concluye** que el diseño de malla de corte cilíndrico es una opción para acrecentar la producción y reducir los riesgos operacionales de la empresa. Este trabajo de investigación sirvió como base para demostrar la importancia del tipo de malla de perforación y voladura que se usará. Para ello se tuvo en consideración la distribución de los taladros y su carga explosiva. Lo que demuestra que es importante conocer las características y parámetros de la labor en donde se trabajará, para seleccionar el tipo de malla ya sea de corte quemado o cilíndrica.

Por último, están las investigaciones realizadas por Estela y Estela (2020), Arbulú y Carrasco (2021). Tuvieron como **objetivo** diseñar la malla de perforación y voladura de acuerdo con parámetros del macizo rocoso. Obteniendo como **resultado** una optimización en la fragmentación de la roca, y en el avance lineal de la labor. **Concluyeron** que a través del conocimiento de la geología del lugar a trabajar se puede diseñar la perforación y voladura adecuada, lo que permitió una adecuada fragmentación del macizo rocoso. Estas investigaciones sirvieron como guía para el diseño de la perforación y voladura por medio del conocimiento geológico y geomecánico de la labor y a través de cálculos matemáticos.

Para el desarrollo de la presente investigación fue necesario definir diferentes términos y conceptos, como lo es el **diseño de perforación y voladura**, que es la representación de estas operaciones unitarias, mediante cálculos. Con la finalidad de determinar el avance de producción lineal dentro de una labor. El diseño de la malla variará en función a diversos factores y parámetros como la geología de la labor, número de taladros, explosivos, etc. Chinchay (2018), dice que es el plan de distribución geométrica de cada uno de los taladros calculados, para ser perforados. Estos taladros son distribuidos en relación con el burden y espaciamiento.

La **perforación y voladura** son las operaciones unitarias dentro del ciclo de minado que tiene como objetivo fragmentar la masa rocosa con mineral de interés económico, para luego ser procesada. Diaz, Guarín y Jiménez (2020) afirman que la perforación es aquella acción en la que se abren cavidades cilíndricas en donde se alojará el explosivo. Mientras que la voladura es la acción que tiene como fin fragmentar la roca. Para ello se tomaron en cuenta diversas teorías como la **geomecánica**. Arana y Cueva (2019) afirman que la geomecánica se encarga de determinar la calidad del macizo rocoso, a través de la identificación de deformaciones, cunatas, puntos de presiones, tensiones y aberturas dentro de las labores. El autor indica que a través de la geomecánica se puede identificar el tipo de roca, su clase y calidad. Siendo estos parámetros importantes al momento de diseñar la perforación y voladura en las labores subterráneas. Además, Cartaya, Cuni y Mucuta (2019) señalan la necesidad de realizar una evaluación geomecánica antes de ejecutar una malla de perforación, con la finalidad de evitar deslizamientos del macizo rocoso.

En el ámbito minero se hace uso de algunos parámetros para la evaluación de la roca como el **Rock Mass Rating (RMR)**. Para Alvarado (2020) el RMR sirve para la clasificación geomecánica del macizo rocoso, que es calculada en función a la suma de parámetros hidrogeológicos y condición de discontinuidades. Es decir, se asigna un rango de puntuación a estos parámetros según sus características, para luego ser sumados. El puntaje arrojado determina la clase y calidad del macizo rocoso, que después es usado para determinar el ancho de excavación y el sostenimiento que debe usarse.

Otro parámetro geomecánico importante es el **Índice de Esfuerzo Geológico (GSI)**, que fue propuesta por Hoek Brown. Según Jaramillo, Molina y Ortega (2016) dicen que por medio de este parámetro se realiza la evaluación de la roca para determinar el nivel de fractura y su resistencia a la compresión uniaxial. Además, afirman que este sistema de medición geomecánica es muy utilizada ya que brinda resultados más confiables que otros métodos. El índice de **Q de Barton** es otro sistema de medición de la calidad del macizo rocoso, mediante la cual se puede determinar las características de la roca. Para Cajica et al. (2018) el uso de este sistema está en función del esfuerzo activo, el esfuerzo cortante que es la interacción existente entre fracturas de la roca y por último el tamaño de bloques del macizo rocoso.

Otra teoría en la que se basó esta investigación es en la aplicación del **modelo matemático de Holmberg**. Según Correa y Vidal (2017) este modelo matemático es un método empleado en la ejecución de diseños óptimos de mallas de perforación y voladura, en donde no se requiere realizar muchas pruebas de campo, con la finalidad de lograr un avance lineal del 95%. Los autores indican lo beneficioso que resulta el uso de este modelo matemático en el diseño de mallas de perforación. Es necesario recalcar que para el uso de este modelo matemático se toman en cuenta factores como el tipo de roca, las dimensiones de la sección, coeficiente de la roca y espaciamiento.

El primer parámetro para el diseño de la malla de perforación es el cálculo del **número de taladros**. Flores y Rojas (2017) afirman que el número de taladros estará en función al tipo de roca a volar y el grado de fragmentación que se desea obtener. Es por

ello que según como indican los autores para este cálculo existen un sinnúmero de fórmulas en función de diversos parámetros a trabajar; sin embargo, las más usadas son dos: por el método empírico y usando el modelo de Holmberg.

En todo diseño de mallas de perforación y voladura es fundamental conocer el **espaciamento (E)**, que es la distancia que existe entre taladros pertenecientes a una misma fila. Para Canchari y Ortiz (2016) el cálculo de este parámetro es importante ya que los espaciamentos muy cortos generan excesos de trituración, mientras que los espaciamentos muy grandes provocan una trituración inadecuada de la roca. Es por ello por lo que el espaciamento debe estar en función a la longitud del burden, al tiempo de retardos entre taladros y secuencia de encendido. También es importante identificar el **Burden (B)**, Oviedo (2017) lo denomina espacio o línea de menor distancia a la cara libre. Es decir, es la distancia que existe entre el centro del taladro a la cara libre más próxima. Su cálculo por medio del método de Holmberg varía dependiendo de su ubicación en la sección.

Otro parámetro importante que se tuvo en cuenta es el tipo de **explosivo** a usar en la voladura. Blandón, Fuentes y Molina (2018), dicen que los explosivos son compuestos químicos que genera combustión rápida, produciendo una gran cantidad de gas y calor. Para la elección del explosivo a usar se debe tener en cuenta dos características importantes, primero la potencia sobre el material en el que se trabajará. Por último, el costo del explosivo, el mejor explosivo no necesariamente es el de mayor costo.

El correcto cálculo y elección de los parámetros explicados en los párrafos anteriores influirán en el mejoramiento del **avance lineal**. Oviedo (2017) definió al avance lineal como la cantidad de metros avanzados por disparo, producto de haber realizado operaciones como perforación y voladura en operaciones horizontales. Por lo tanto y basándonos en lo dicho por el autor se considera que para el mejoramiento del avance de producción lineal es necesario incrementar el rendimiento en la perforación y voladura. Para ello se debe tener en cuenta la **longitud del barreno**, Peña (2019), dice que esta se encuentra directamente relacionada con el diseño previsto para la excavación. A mayor profundidad del barreno, mayor tamaño del equipo de perforación. Complementando lo dicho por el autor, se debe tener cuidado al momento de selección la profundidad de perforación de los barrenos, ya que cuando

estas son muy largas, suelen ocurrir desviaciones, reduciendo el paralelismo entre los taladros.

El **paralelismo y desviación de taladros**, el paralelismo es considerado como la igualdad de distancia que debe existir entre los taladros. Sin embargo, en la perforación es muy frecuente que se generen desviaciones, que genera la disminución de la eficiencia de la voladura. Rolg (2020) afirma que la desviación de los taladros son el resultado del incorrecto posicionamiento de la perforadora usada.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de la investigación

La presente investigación fue del **tipo aplicada** ya que la hipótesis indicó la solución de la realidad problemática a través del diseño de perforación y voladura que tuvo como finalidad mejorar el avance lineal en la Galería NW01- Nivel 2670 – Contrata Castillo Jara Teresa. Con el fin de cumplir con los objetivos se realizó el diseño de la malla de perforación teniendo en cuenta las características físicas y químicas de la roca. Gutiérrez, Ramos y Viña (2020) definieron que la investigación es de tipo aplicada cuando se plantea como objetivo conseguir un conjunto de nuevos conocimientos con el fin de solucionar problemas prácticos.

En cuanto al **diseño de investigación** fue **pre experimental**, ya que el grado de manipulación de las variables fue mínima. Esto debido a que se realizaron ensayos geo mecánicos de laboratorio con la finalidad de determinar la calidad del macizo rocoso que conforma la galería NW 01. Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) dice que la investigación pre experimental es aquel diseño que está constituido por un solo grupo en la cual se ejerce un grado mínimo de control en las variables. Dicho diseño es útil para realizar un acercamiento preliminar al problema planteado en la investigación.

3.2. Variables y Operacionalización

Como se mencionó en el apartado anterior la investigación tuvo 2 variables. La primera es el diseño de perforación y voladura (variable independiente) y la segunda el avance lineal (variable dependiente).

Definición Conceptual

Diseño de perforación y voladura. Respecto a esta variable, Chinchay (2018) lo define como el plan de distribución geométrica de cada uno de los taladros, para ser perforados. Lo mencionado por el autor se realizó mediante el uso del modelo matemático de Holmberg para calcular número de taladros, burden, espaciamento,

teniendo en cuenta la geología de la labor en donde se desarrollarán las operaciones unitarias.

Avance lineal. Respecto a esta variable, Oviedo (2017) el avance lineal está definido como la cantidad de metros avanzados por disparo, producto de haber realizado operaciones como perforación y voladura en operaciones horizontales. Para ello fue necesario la correcta selección de la longitud del barreno, del diámetro de la broca y la correcta selección del explosivo y su distribución de carga en los taladros.

Para la operacionalización de variables se realizaron dos tablas (para tratar por separado cada una de ellas, en dicha tabla se indicó su respectiva escala de medición, dimensiones e indicadores.

3.3. Población, muestra y muestreo

Se identificó como **población** al conjunto de galerías que forman parte del Nivel 2670. Para, Ventura (2017) se denomina a la población como el grupo de elementos que contienen ciertas características que se pretenden estudiar. Es decir, la población es el universo de elementos u objetos de estudios, que tienen características en común.

Para la selección de la población se consideraron como **criterios de inclusión** al tipo de roca, área y perímetro de la sección. Teniendo en cuenta sus indicadores como el RMR, RQD, Q de Barton, coeficiente de la roca y espaciamiento. Siendo estos criterios e indicadores vitales para el diseño y simulación de la malla de perforación y voladura. Por lo tanto, se consideró como **criterios de exclusión** a cualquier actividad y elementos que no influyan en el diseño de la malla de perforación y voladura. Según Manterola y Otzen (2017) los criterios de inclusión son el conjunto de características en común que existen entre los componentes del objeto de estudio. Mientras que los criterios de exclusión son aquellas características que pueden interferir en la calidad de los datos obtenidos

La **muestra** que constituye esta investigación estuvo compuesta por la galería NW-01, que es explotada por la contrata Castillo Jara Teresa. Por lo tanto, Arias y Miranda (2016) afirmaron que la muestra es un grupo secundario dentro de la población de

interés, la cual se analizará para recolectar datos. Además, la muestra debe ser una parte representativa de la población

El **muestreo** se realizó a través de una selección no probabilística en la técnica de muestreo por conveniencia ya que la galería NW-01 de la Veta Samy fue seleccionada teniendo en cuenta sus características geológicas, geomecánicas y estructurales. Para Taherdoost (2016) el muestreo no probabilístico por conveniencia es la técnica en la que se seleccionan participantes de acuerdo con la disponibilidad. Esta técnica es ventajosa ya que resulta ser económica y de poca dificultad

La **unidad de análisis** de la investigación estuvo compuesta por el frente de la labor seleccionada de la galería NW-01 que forma parte de la muestra. En dicha labor se realizaron las operaciones de perforación y voladura, con el fin de mejorar el avance lineal. Li, Xiang, Xie y Chen (2017) definen a la unidad de análisis como el ente u objeto que se está estudiando y está determinado por el lugar donde el tratamiento o intervención ocurre.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

Análisis documental:

Se utilizó la técnica del análisis documental ya que se hizo una revisión de los documentos que fueron proporcionados por la empresa, con la finalidad de obtener datos que sirvan para el desarrollo de la investigación. Además, se hizo la revisión de tesis realizadas con anterioridad que sirvieron como guía en el desarrollo de la investigación. Para Ríos (2017) esta técnica tiene como objetivo recaudar información que se encuentren registradas en documentos que pueden ser expedientes, registros, etc. Dichos datos deben guardar relación con el objeto de estudio.

Observación:

Para el desarrollo de la investigación se utilizó la técnica de la observación, ya que

viamos hasta el lugar en donde se realizan las operaciones de perforación y voladura, lo que permitió conocer el objeto de estudio de manera directa. Registramos los datos en notas de campo y en una base de datos de Excel. Este método fue de mucha ayuda, ya que permitió recolectar los datos de manera más precisa. Díaz, Fernández y Sánchez (2019) afirmaron que, en la técnica de la observación, el investigador se involucra de manera directa con el objeto de estudio y su realidad; además, es en donde se apoya el autor o investigador para obtener datos más precisos.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Guía de análisis documental:

Se utilizó la guía de análisis documental ya que permitió llevar un registro ordenado de los datos proporcionados por la empresa contratista. Además, este instrumento permitió la organización de la información obtenida del análisis que se realizó a las diversas tesis que han servido como base de la presente investigación. De tal manera, Baena (2017) afirma que esta guía sirve como una base de datos en donde se organiza la información obtenida del análisis documental.

Guía de observación de campo:

Al utilizar la observación directa, el instrumento a usar en esta investigación fue la guía de observación de campo, ya que esta permitió la revisión y organización de datos e indicadores que observaremos durante la ejecución de la perforación y voladura. Así mismo, Díaz, Fernández y Sánchez (2019) dicen que en esta guía se registran los datos, tareas, acciones, procesos, productos de aprendizaje, o conductas positivas observadas en campo.

3.5. Procedimientos

Etapa 1: Planificación de la investigación

En esta fase se procedió a decidir el tema de investigación, así como la elaboración del título. También se realizó la explicación de la realidad problemática en donde se identificaron las causas y consecuencias. Además, se realizó el planteamiento de los objetivos del proyecto de investigación. De la misma manera se describió la justificación de la investigación tanto teórica, práctica, económica, social y metodológica. Luego se hizo el planteamiento de la hipótesis en función a la formulación del problema. Además, se hizo la elaboración del marco teórico en donde se mencionaron trabajos e investigaciones realizadas con anterioridad y también se definieron conceptos que guardan relación con el objeto de estudio. Se describió también el tipo y diseño de la investigación. Por último, se gestaron los instrumentos de recolección de datos teniendo como fundamento la metodología de la investigación y las técnicas con las cuales se recoge la información. Para la elaboración de los instrumentos se tuvo en cuenta el cuadro de operacionalización de variables.

Etapa 2: Ejecución / Aplicación

Para el desarrollo de esta etapa se recibió primero las cartas de aceptación que fueron brindados por la empresa contratista Castillo Jara Teresa. Además, en esta etapa se aplicaron los instrumentos que hemos propuesto, con la finalidad de obtener los parámetros adecuados para el diseño de la malla de perforación y voladura. De esta manera se aplicaron como instrumentos: la guía de análisis documental y la guía de observación de campo. La aplicación de los instrumentos antes mencionados se realizó con la finalidad de recolectar los datos e información necesarios para cumplir con los objetivos propuestos que es diseñar la perforación y voladura para mejorar el avance lineal en la galería NW01 del nivel 2670.

Etapa 3: Procesamiento, análisis e interpretación

En el desarrollo de esta etapa se realizó el procesamiento, análisis e interpretación de los resultados obtenidos aplicando los instrumentos antes mencionados. Esto se llevó a cabo a través de los métodos de análisis de datos que son analítico – sintético y de procesos. Dichos métodos permitieron procesar los datos obtenidos acerca de los parámetros de perforación y voladura necesarios para el correcto diseño de la nueva

mallas. Estos resultados fueron contrastados con los antecedentes que se vieron reflejados en las discusiones de la presente investigación.

3.6. Método de análisis de datos

Método analítico – sintético

Para lograr los objetivos propuestos se utilizaron el método analítico-sintético, el cual permitió analizar los datos geomecánicos, geológicos y los parámetros de perforación y voladura. Estos datos fueron obtenidos del análisis documental y de la observación de campo, con la finalidad de dar solución a la realidad problemática de la investigación que es el deficiente avance lineal. De esta manera se pudieron sintetizar los datos analizados. Lo cual se vio reflejado en una idea general que permitieron describir los resultados de los parámetros que son necesarios para el diseño de la perforación y voladura. Todo esto con la finalidad de mejorar el avance lineal de la galería NW-01 de la Veta Samy. Por ello, Pérez y Rodríguez (2017) afirman que mediante el **análisis** se pretende descomponer un todo en sus partes con la finalidad de estudiar el comportamiento de cada una de ellas. Mientras que la **síntesis** es lo inverso del análisis ya que en esta se estableció la unión de las partes previamente analizadas lo que permite descubrir la relación que existe entre las partes.

Método de procesos

Teniendo en cuenta las técnicas como son la observación y análisis documental para el recojo de datos. Además de los instrumentos propuestos por cada técnica como son la guía de análisis documental y guía de observación de campo, se procedió a usar el método de procesos. Este método sirvió para relacionar los objetivos planteados en la presente investigación que tuvo como finalidad diseñar una nueva malla de perforación y voladura. Dichos objetivos guardaron relación con los obtenidos de la aplicación de los instrumentos de evaluación antes mencionados. Salazar (2021) señala que en el método de procesos los objetivos deben guardar relación con los resultados que se obtendrán mediante la aplicación de los instrumentos.

3.7. Aspectos éticos

De acuerdo con los reglamentos expuestos por la Universidad César Vallejo, los principios que se tuvieron en cuenta para toda investigación científica fueron los siguientes:

Beneficencia, a través de este principio ético asumimos la responsabilidad de aportar un beneficio para la empresa contratista Castillo Jara Teresa. Dicho beneficio fue mejorar el avance lineal de la galería NW-01 del nivel 2670. Lo cual se vio reflejado en la optimización de la malla de perforación y voladura.

No maleficencia, realizamos el compromiso de realizar un correcto uso de los datos brindados por la empresa además asumimos la responsabilidad de la publicación de cualquiera de estos datos y de los resultados obtenidos previo consentimiento de dicha empresa.

Autonomía, el tema de investigación fue seleccionado por voluntad propia de los investigadores, es decir sin influencia alguna de la empresa u otra persona ajena a ella. La selección del tema ha sido en base a una realidad problemática muy recurrente en el campo minero que es el déficit del avance lineal dentro de las labores.

Justicia, mediante este principio asumimos la responsabilidad moral de exponer los resultados de la investigación con veracidad, es decir sin cambiar los resultados para conveniencia propia o de la empresa.



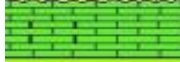




IV. RESULTADOS

4.1. Características geológicas que conforman el macizo rocoso de la galería NW01

4.1.1. Geología Regional

El área de estudio se encuentra en el distrito de Pataz, provincia de Pataz, la cual se ubica en la Cordillera Occidental y Central de los andes peruanos, ubicada en el cuadrángulo 16-h de las Cartas Geológicas Nacionales del INGENMET. **(Ver Anexo 18)**

Tabla 1: Perfil Estratigráfico Regional de Pataz

ERA	SISTEMA	UNIDAD	LITOLOGIA	DESCRIPCIÓN	
Cenozoico		Depósitos Reciente		Material eluvial, coluvial y aluvial	
Mesozoico	Cretáceo	Formación Chota		Lutitas intercaladas con areniscas, limolitas	
		Formación Crisnejas		Calizas macizas intercaladas con margas de color gris.	
		Formación Goyllarisquizga		Areniscas y conglomerados de color blanco	
	Jurásico	Grupo Pucará		Calizas y dolomitas intercaladas de color gris oscuro.	
Paleozoico	Pérmico	Grupo Mitú		Areniscas intercaladas con lutitas y limolitas.	
		Volcánicos Lavasen		Piroclásticos, riolitas, colados de lavas acidas y andesitas.	
	Carbonífero	Grupo Ambo		Areniscas con lutitas y conglomerados de color negro.	
		Ordovícico		Formación Contaya	Pizarras de gris a negro
Pre Cámbrico		Complejo Marañón		Andesitas, riolitas y riodacitas	
				Filitas	Filitas intercaladas con tobas cuarcitas y margas mica esquistos.
				Mica - esquistos	

Fuente: Cia. Minera Poderosa

En la secuencia litoestratigráfica del área de estudio se identificó el afloramiento de tres ciclos: Pre – Cámbrico, Hercínico (Paleozoico hasta Mesozoico) y Andino (Cenozoico).

Pre – Cámbrico, Era geológica con más antigüedad

Este compuesto principalmente por un complejo metamórfico denominado “Complejo del Marañón”, en cuya unidad inferior se encuentra compuesta por mica y esquistos, cuya afloración se presenta como una roca foliada de color gris verdosa. Debido a la segregación de esquistos en esta zona durante el metamorfismo, se han ido formando vetas de cuarzo que llegan hasta los 20 cm.

También se distingue el afloramiento de meta – andesitas verdosas, que son rocas volcánicas cuyo afloramiento se da en forma de una larga faja que se encuentra en el lado sur occidental del cuadrángulo. Además, en el Complejo Marañón se distingue el afloramiento de filita negra y pizarras, las cuales sobre yacen sobre la mica y esquistos, cuya presentación se encuentran en laminas delgadas bien contorsionadas.

Hercínico

Este ciclo está representado por las eras del Paleozoico y Mesozoico, en donde se encuentran las unidades sedimentarias, metamórficas y volcánicas como: los grupos Ambo, Mitu y Pucara, además se encuentran las formaciones Contaya, Goillarisquisga, Crisnejas y Chota. Además, como unidad plutónica se encuentra el Batolito de Pataz. En estas unidades afloran gran cantidad de metros de lutitas y pizarras oscuras o grises, areniscas y conglomerados. Así también una capa de 150 metros de caliza gris. En el Grupo Pucará afloran 320 metros de oscura y bituminosa y 140 metros de caliza clara.

Andino

Se encuentra la Formación Condebamba, que está compuesta por grupos de

conglomerados y arenas, los cuales fueron depositados en la zona por los ríos de la era Cenozoica. Además, se encuentran depósitos aluviales y glaciares, este último compuesto por una faja de pequeñas colinas de glaciares cerca de los 3600 m.s.n.m. con un grosor promedio de 20 m.

4.1.2. Geología Local

La zona donde se encuentra la Veta Samy está formada por un conjunto de rocas sedimentarias e intrusivas, las cuales se encuentran sobre el Batolito de Pataz. Además, cubriendo el cuerpo rocoso inferior se hallan materiales formados por depósitos de la era cuaternaria, que van acompañados por conglomerados y suelos que han sido formados en la era reciente. (**Anexo 19**)

Tabla 2: Composición Geológica Local de Pataz

Rocas Sedimentarias	Complejo Marañón	Filitas verdosas con 250 metros de ancho, micas esquistos y rocas foliadas grisáceas.
	Formación Contaya	Rocas arcillosas metamorfozadas pertenecientes al Ordovícico superior.
Rocas Intrusivas	Granodiorita	Albita, ortoclasa y cuarzo
	Diorita microdiorita	Plagioclasas, biotita y hornblenda.
	Tonalita	Rocas intermedias entre granodioritas y dioritas.
	Aplitas	Cuarzo, feldespato y plagioclasa

Fuente: Elaboración Propia

En su estructura local la zona presenta fallas NW – SE con buzamiento de 45° E. Las vetas que se han identificado en la zona en su mayoría pertenecen a las rocas intrusivas que se encuentran en el Batolito de Pataz.

4.1.3. Geología del Yacimiento

Tabla 3: Características geológicas del yacimiento

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN Y/O VALOR	
Forma	Sistema de Vetas	
Potencia	0.8 m – 0.3 m	
Rumbo	280° a 290° N	
Buzamiento	20° 30° NE	
Coordenadas UTM	N: 9141091	N: 9140360
	E: 215613	E: 217004
Ley	14 gr Au/TM	
Tipo de roca	Granodiorita	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 3, se ha podido identificar que la forma del yacimiento viene dada por un conjunto de vetas y vetillas. Siendo la de más importancia para nuestra investigación la veta denominada Samy. La potencia de dicha veta varía entre 0.8 metros en las partes más extensas y 0.3 metros en las zonas más angostas, en el frente de la labor que viene siendo explotada por la Contrata Castillo Jara Teresa.

El Rumbo de la Veta varía entre 280° a 290° N, mientras que el buzamiento tiene una variación de 20° a 30° NE. También se han podido determinar las coordenadas UTM que hacia el Norte varía entre 9141091 y 9140360 y hacia el Este varía entre 215613 y 217004.

De los documentos proporcionados por la empresa se ha identificado variaciones graduales en la ley de la veta debido a las variaciones en la potencia, por lo tanto, las leyes se han distribuido zonalmente, por lo que se estima que la ley promedio es de 14 gr Au/TM.

4.2. Características geomecánicas que conforman el macizo rocoso de la galería NW 01

4.2.1. Resistencia a la Matriz Rocosa

Tabla 4: Ensayos de resistencia a la Matriz Rocosa

RESISTENCIA A LA MATRIZ ROCOSA				
MUESTRA	CARGA PUNTUAL		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE	
	Forma	Valor	Mpa	Estimación de resistencia
1	Axial	8.5 KN/cm ²	87 Mpa	Media
2	Axial	8.3 KN/cm ²	85 Mpa	Media
3	Axial	8.2 KN/cm ²	84 Mpa	Media
Promedio Total		8.3 KN/cm²	85 Mpa	

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 4, se presentan los resultados de Resistencia a la Matriz Rocosa, para ello las muestras fueron sometidas a dos pruebas una de Carga Puntual y otra de Resistencia a la Compresión Simple. Primero llevó a cabo una visita a Unidad Minera Santa María, específicamente a la Galería 2670, la cual viene siendo explotada por la contrata Castillo Jara Teresa. Se recolectaron 3 muestras de 30 cm x 30 cm x 20 cm. Estas muestras fueron llevadas al laboratorio de Geomecánica de la Universidad Cesar Vallejo – Chiclayo, en donde se realizaron perforaciones diamantinas para extraer testigos de 15 cm (**Anexo 20**).

Los 3 testigos obtenidos fueron sometidos a los ensayos de Carga Puntual de forma axial, obteniendo como resultado promedio 8.3 KN/cm² (**Anexo 21**) y a ensayos de Resistencia a la compresión simple, dando como resultado promedio 85 Mpa. Estos resultados indican que la calidad de la roca que conforma la galería 2670 es intermedia.

4.2.2. Calidad del macizo rocoso bajo el parámetro RQD

$$RQD = 100e^{-0.1(\lambda)} (0.1(\lambda) + 1)$$

Donde:

$\lambda = 1/\text{Espaciamiento promedio por metro lineal}$

Tabla 5: Resultados de la calidad del macizo rocoso (RQD)

Rock Quality Designation					
Punto	Espaciamiento promedio entre fisuras	λ	Porcentaje	Calidad de la Roca	Macizo Rocosos
1	0.07	14.3	60%	Media (III)	Granodiorita
2	0.063	16	55%	Media (III)	Granodiorita
3	0.07	14.3	60%	Media (III)	Granodiorita
<i>Promedio</i>			60%		

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 5, se observan los resultados del RQD en función al número de fisuras o juntas identificadas por metro lineal en el macizo rocoso. Para ello marcamos con pintura una línea de un metro de longitud en tres puntos de la labor. El primer punto al inicio de la labor, el segundo punto a 10 metros y el tercer punto a 18 metros del inicio de la labor. Luego calculamos el espaciamento promedio entre fisuras de cada punto, dando los siguientes resultados: P1= 0.07 m, P2= 0.063 m y P3 = 0.07 m. Por último, encontramos el valor de λ para cada punto.

Por último los valores obtenidos fueron reemplazados en la fórmula de Huddson, dando los siguientes resultados: P1 = 60%, P2 = 55% y P3 = 60%. Como se sabe por teoría el resultado debe ser aproximado al múltiplo de 5 más cercano obteniendo un RDQ promedio de 60%. Lo que indica que se trata de una roca tipo III ya que su valor se encuentra entre 51-75%, tratándose así de un macizo rocoso levemente meteorizado.

4.2.3. Calidad del macizo rocoso bajo el parámetro RMR

Tabla 6: Resultados de la calidad del macizo rocoso (RMR)

ROCK MASS RATING			
	Parámetro	Resultado	Puntuación
Resistencia de la roca intacta	Carga puntual	8.3 KN/cm ²	7
	Compresión simple	85	
RQD		50-75%	13
		<0.07m	5
Separación de diaclasas			
Estado de la discontinuidad	Longitud de la discontinuidad	1-3m	4
	Abertura	>5mm	0
	Rugosidad	Ligeramente Rugosa	3
	Relleno	Relleno duro > 5mm	2
	Alteración	Moderadamente alterada	3
Agua freática	Caudal por 10m de túnel	< 10 L/min	10
	Estado general	Ligeramente húmedo	
PUNTAJE			47

Fuente: Adaptado de Bieniawski R. (1989)

En la tabla 6 se muestran los resultados de los parámetros que son necesarios para calcular el RMR, la cual es el resultado de la suma de las puntuaciones que se han dado a cada uno de los parámetros presentados. Dando como resultado una valoración de 47, encontrándose entre los valores de 41 – 60. Por lo tanto, podemos

afirmar que el resultado es correspondiente al macizo rocoso de tipo III, lo que significa que el macizo rocoso es de calidad regular.

4.2.4. Calidad del macizo rocoso bajo el parámetro GSI

$$GSI = RMR - 5$$

$$GSI = 47 - 5$$

$$GSI = 42$$

Se estimó la medición del macizo rocoso bajo el parámetro del Índice de Esfuerzo Geológico (GSI), utilizando la fórmula de Hooke y Brown. Para ello, se restó el valor de 5 al RMR calculado con anterioridad, arrojando un valor de 42. Este resultado se interpreta que la roca es de tipo III, es decir regular a mala con un macizo rocoso muy fracturado.

4.3. Parámetros de perforación y voladura que son usados actualmente en el frente de la galería NW-01

4.3.1. Dimensiones del frente de la labor

Tabla 7: Dimensiones del frente de la labor

ÍTEMS	VALOR	UNIDAD
<i>Ancho</i>	2	<i>M</i>
<i>Altura</i>	1.6	<i>M</i>
<i>Radio</i>	1	<i>M</i>
<i>Perímetro</i>	7	<i>M</i>
<i>Area</i>	3.1	<i>M2</i>

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 7 se muestran las dimensiones del frente de la labor que viene siendo explotada por la Contrata Castillo Jara Teresa, dentro de la galería NW 01, nivel 2670. El ancho de la labor es de 2 metros, mientras que la altura es de 1.6. metros, dando

como resultado un área de 3.1 m². Para el cálculo del perímetro aplicamos la fórmula $P = 4\sqrt{\text{Área}}$, dando como resultado 7 metros.

Tabla 8: Parámetros actuales de perforación y voladura

ÍTEM	VALOR	UNIDAD	OBSERVACIÓN
Longitud del barreno de perforación	4	Ft	
Diámetro de brocas	34	mm	
Numero de taladros cargados	Mineral	13	UND.
	Desmonte	3	
Taladros de alivio	1	UND.	
Eficiencia de la perforación	83	%	
Longitud del taladro	1	M	
Eficiencia de la voladura	90	%	
Avance por disparo	0.9	M	
Volumen por disparo	2.7	M3	
Tonelaje por disparo	7.3	Ton	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 8 se han registrado los parámetros que son usados para el diseño de la malla de perforación y voladura que se viene utilizando actualmente en el frente de la labor que opera la Contrata Castillo Jara Teresa. Se vienen usando barras de perforación de 4' de longitud y brocas de 34 mm de diámetro, tanto para los taladros de producción como el de alivio.

La eficiencia de perforación es de 83% que, al ser multiplicado por la longitud del barreno, da como resultado una longitud de taladro de 1 metro. La eficiencia de la voladura es del 90% que, al ser multiplicada por la longitud del taladro, da como resultado 0.9 metros de avance por disparo.

El volumen por disparo calculado es de 2.7 m³, para ello se multiplico el área de la sección y la longitud del avance por disparo. El tonelaje por disparo fue de 7.3 Ton, este resultado es producto de la multiplicación del volumen y la densidad de la roca

que en este caso es granodiorita cuya densidad es de 2.7 Ton/m³.

Tabla 9: Distribución de taladros y su carga explosiva actual (empírico)

ÍTEM	N° Taladros	EMULNOR 3000		
		Largo	Diámetro	Peso
		20 cm	2.5 cm	0.11 Kg
		Cartuchos por taladro	Total, de cartuchos	Kg de explosivo
Arranque	04	03	12	1.32
Ayudas	02	03	06	0.66
Cuadradores	04	03	12	1.32
Alzas	03	03	09	0.99
Arrastres	02	03	06	0.66
Alivio	01	-	-	-
Total	16		45	4.84
	Factor de Carga	Kg de explosivo/Volumen		1.8 Kg/m ³
	Factor de Potencia	Kg de explosivo/Tonelaje		0.66 Kg/ Ton

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 9 se observa la distribución de los 16 taladros en la malla de perforación, de los cuales 15 van cargados y 1 vacío (**Ver Anexo 22**). Todos los taladros de producción van cargados por 3 cartuchos de Emulnor 3000, dando un total de 45 cartuchos usados en el frente de la labor.

Teniendo en cuenta el peso de cada cartucho se ha calculado la cantidad de explosivo usado en el frente, que da como resultado 4.84 Kg. Con este último resultado, se ha procedido a calcular el factor de carga y el factor de potencia, dando como resultado 1.8 Kg/m³ y 0.66Kg/Ton, respectivamente. Cabe recalcar que el diseño de la malla de perforación y la distribución de los taladros viene realizándose de manera empírica, y a criterio del maestro perforista o capataz.

Cabe indicar que los resultados obtenidos han sido de manera teórica, mediante

cálculos matemáticos. Sin embargo, debemos señalar que se han obtenido datos reales de campo durante 2 semanas consecutivas las cuales nos han servido en la verificación de los datos obtenidos de manera teórica. Los resultados de campo indican un avance lineal de entre 0.7 a 0.9 metros y un factor de carga de entre 1.8 Kg/m³ a 2 Kg/m³. **(Ver Anexo 24)**

4.4. Diseño de la perforación y voladura adecuada para el tipo de roca de la galería NW 01

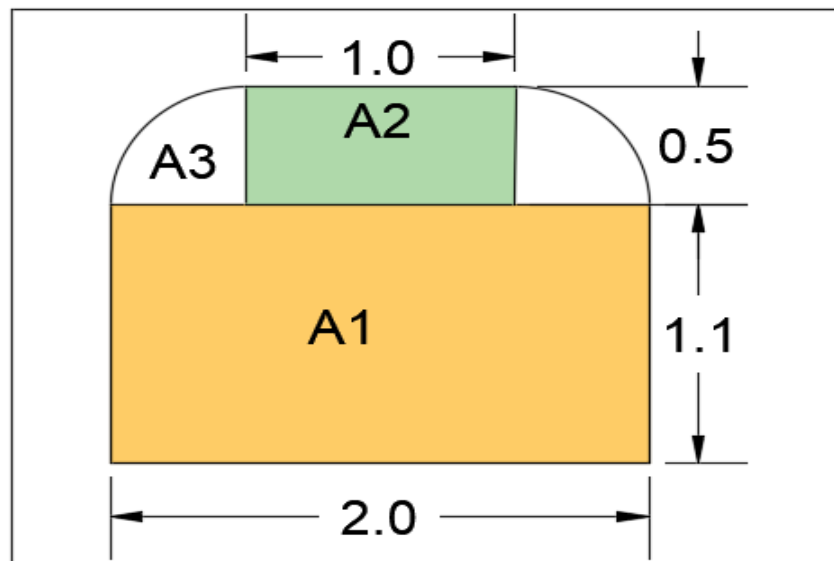


Figura 1: Dimensiones de la sección

Fuente: Elaboración Propia en AutoCAD

4.4.1. Cálculo del número de taladros

Para hallar el número de taladros existen diversas fórmulas, en esta investigación hemos considerado la siguiente fórmula, teniendo en cuenta que el área de la sección es menor a 6 m². además, se ha tenido en cuenta la dureza de la roca, que es de tipo III, es decir roca intermedia.

$$N_t = \frac{P}{E} + (S * K)$$

Donde:

P = Perímetro de la sección

E = Espaciamiento

S = Área de la sección

K = coeficiente o factor de la roca

Tabla 10: Valores del Espaciamiento y Coeficiente de la roca

Parámetros	Dura	Intermedia	Suave
Espaciamiento	0.50 – 0.55	0.60 – 0.65	0.70 – 0.75
Coeficiente de la roca	2	1.5	1

Fuente: Manual Práctico de Voladura – EXSA

Cálculo del área:

$$S = A_1 + A_2 + 2A_3$$
$$S = (2 * 1.1) + (1 * 0.5) + 2\left(\frac{3.1416 * 0.5^2}{4}\right)$$
$$S = 3.1 \text{ m}^2$$

Cálculo del Perímetro:

$$P = 4\sqrt{S}$$
$$P = 4\sqrt{3.1}=7.04 \text{ m}$$

Por lo tanto,

$$N_t = \frac{7.04}{0.6} + (3.1 * 1.5)$$
$$N_t = 17$$

4.4.2. Longitud de perforación

Para determinar la longitud de la barra ideal para nuestra sección, determinaremos primero la longitud de perforación, que según fórmula no debe ser mayor a la raíz cuadrada del área de la sección.

$$L_{perf} \leq \sqrt{S}$$
$$L_{perf} \leq 1.7 \text{ m}$$

Conociendo que la longitud de perforación no debe exceder el 1.7 m, y que la

eficiencia de la perforación debe ser del 95%, entonces utilizaremos la siguiente fórmula para hallar la longitud del barreno.

$$L_p = L_{\text{Barreno}} \times \text{Eficiencia}$$

$$L_{\text{Barreno}} \leq \frac{1.7}{0.95}$$

$$L_{\text{Barreno}} \leq 1.78 \text{ m.}$$

Según el cálculo la longitud del barreno no debe exceder el 1.78 metros, por lo tanto, el barreno más adecuado para la perforación sería de 5 pies de longitud ya que equivaldría a 1.52 metros.

4.4.3. Diámetro del taladro de alivio

Actualmente se viene usando el mismo diámetro de broca tanto para el taladro de alivio como para los taladros de producción que son de 34 mm. Sabiendo que la longitud del taladro debe ser el 95% la longitud de la barra de perforación, por lo tanto, debe ser 1.44 metros, aplicamos la siguiente fórmula.

$$L_{\text{taladro}} = 0.15 + 34.1 DTH - 39.4 DTH^2$$

$$L_{\text{taladro}} = 0.15 + 34.1 (0.034) - 39.4(0.034)^2$$

$$L_{\text{taladro}} = 1.26 \text{ m.}$$

Conociendo los resultados, podemos comprobar que, usando el diámetro actual de la broca para el taladro de alivio, no llegaríamos a la longitud de taladro esperada que es de 1.44 metros. Por lo tanto, se realizó el cálculo con otros diámetros con la finalidad de encontrar el más adecuado.

Tabla 11: Cálculo del diámetro del taladro de alivio

Diámetro	Taladros de Alivio	Longitud del Taladro
36mm	1	1.32 m
38mm	1	1.38 m
39mm	1	1.41 m

40mm	1	1.44 m
-------------	---	--------

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados obtenidos, afirmamos que el único diámetro que cumple con la longitud de taladro deseada es el de 40 mm.

4.4.4. Diámetro del vacío equivalente

$$DTH_2 = DTH\sqrt{NT}$$

Donde:

DTH_2 = Diámetro del vacío equivalente

DTH = Diámetro del taladro de alivio

NT = Número de taladros vacíos

$$DTH_2 = 0.04\sqrt{2} = 0.06 \text{ m.}$$

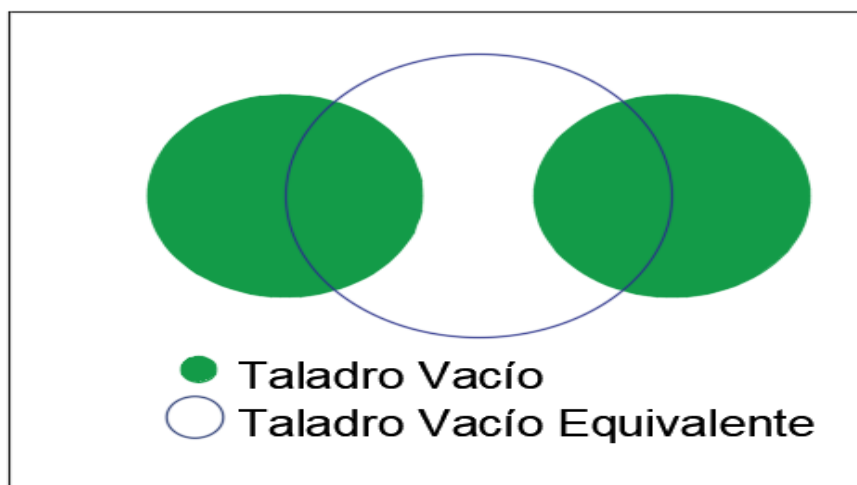


Figura 2: Diseño de los taladros de alivio

Fuente: Elaboración Propia en AutoCAD

Ahora procedemos a hallar el Error de perforación:

$$E_{perf.} = (\alpha \times L) + \epsilon$$

Donde:

α = desviación angular

L= longitud del taladro

ϵ = error de emboquille

$$E_{perf.} = (0.01 * 1.44) + 0.02$$

$$E_{perf.} = 0.03 \text{ m}$$

4.4.5. Cálculo de dimensiones en el arranque

Primer cuadrante

Cálculo del Burden:

$$B_1 = 1.5 * DTH_2$$

$$B_1 = 1.5 * 0.06 = 0.09 \text{ m.}$$

Cálculo del Espaciamiento:

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

$$E = 0.09 * \sqrt{2} = 0.13 \text{ m.}$$

Segundo cuadrante

Cálculo del Burden:

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

$$B_2 = 0.09 * \sqrt{2} = 0.13 \text{ m.}$$

Cálculo del Espaciamiento:

$$E = 1.5 * B_2 * \sqrt{2}$$

$$E = 1.5 * 0.13 * \sqrt{2} = 0.28 \text{ m.}$$

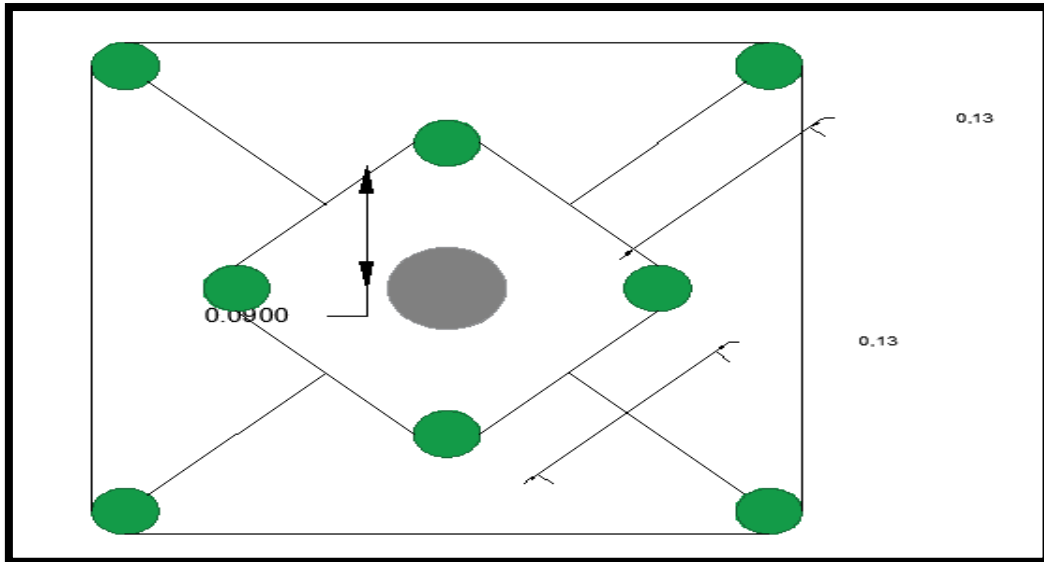


Figura 3: Diseño de arranque

Fuente: Elaboración Propia en AutoCAD.

4.4.6. Taladros Auxiliares

Cálculo del Burden:

$$B = 0.012 \left(\frac{2SG_e}{SG_r} + 1.5 \right) D_e$$

Donde:

SG_e = densidad de explosivo

SG_r = densidad de roca

D_e = diámetro del explosivo (mm)

$$B = 0.012 \left(\frac{2(1.14)}{2.7} + 1.5 \right) * 25.4$$

$$B = 0.64 \text{ m.}$$

Cálculo del Espaciamiento:

$$E = 1.1B$$

$$E = 1.1(0.64) = 0.7 \text{ m.}$$

Cálculo del Taco:

$$T = 0.5B$$

$$T = 0.5(0.71) = 0.4 \text{ m.}$$

4.4.7. Taladros de Arrastre

Cálculo del Burden:

$$B = 0.012 \left(\frac{2SG_e}{SG_r} + 1.5 \right) D_e$$
$$B = 0.012 \left(\frac{2(1.14)}{2.7} + 1.5 \right) 25.4 = 0.71 \text{ m.}$$

Cálculo del Espaciamiento:

$$E = \frac{\text{Ancho} - (2 * 0.1)}{NT - 1}$$
$$E = \frac{2 - (2 * 0.1)}{3 - 1} = 0.9 \text{ m.}$$

Cálculo del Taco:

$$T = 0.2B$$
$$T = 0.2(0.71) = 0.14 \text{ m.}$$

4.4.8. Taladros de Corona

Cálculo del Burden:

$$B = 0.012 \left(\frac{2SG_e}{SG_r} + 1.5 \right) D_e$$
$$B = 0.71$$

Cálculo del Espaciamiento:

$$E = \frac{\pi * r}{NT - 1}$$
$$E = \frac{3.1416 * 0.5}{3 - 1} = 0.8 \text{ m}$$

Cálculo del Taco:

$$T = B$$
$$T = 0.8$$

4.4.9. Taladros Cuadradores

Cálculo del Burden:

$$B = 0.012 \left(\frac{2SG_e}{SG_r} + 1.5 \right) D_e$$
$$B = 0.71m.$$

Cálculo del Espaciamiento:

$$E = \frac{\text{Altura del Hastial}}{NT}$$
$$E = \frac{1.1}{2} = 0.5 m.$$

Cálculo del Taco:

$$T = B$$
$$T = 0.5 m.$$

4.4.10. Cálculo del consumo específico y otros factores

$$C.E. = \frac{0.56 * \rho_r * \tan\left(\frac{GSI + 15}{2}\right)}{\sqrt{\frac{115 - RQD}{3.3}}}$$

Donde:

RQD = 60 %

GSI = 42

$\rho_r = 2.7 \text{ T/m}^3$

Por lo tanto,

$$C.E. = \frac{0.56 * 2.7 * \tan\left(\frac{42 + 15}{2}\right)}{\sqrt[3]{\frac{115 - 60}{3.3}}}$$

$$C.E. = 0.32 \text{ Kg/m}^3$$

Con el resultado del consumo específico, procederemos a calcular la constante de la roca:

$$C = 0.8784 * C.E. + 0.0052$$

$$C = 0.8784 * 0.32 + 0.0052 = 0.29 \text{ Kg/m}^3$$

4.4.11. Cálculo de concentración de Carga

$$Q_1 = 55\phi_1 * \left(\frac{B}{\phi_2}\right)^{1.5} * \left(B - \frac{\phi_2}{2}\right) * \left(\frac{C}{0.4}\right) * \frac{1}{RWS_{ANFO}}$$

Donde:

ϕ_1 = Diámetro de taladros de producción

ϕ_2 = Diámetro de taladro vacío

B = Burden

C = Constante de la Roca

RWS_{ANFO} = Potencia relativa en peso del explosivo a usar respecto al ANFO.

Tabla 12: Especificaciones Técnicas del Emulnor 3000

Ítems	Valor	Unidades
Densidad	1.14	g/cm ³
Velocidad de detonación	4 400	m/s
Presión de detonación	93	Kbar
Energía	920	Kcal/Kg
Volumen de gases	880	l/Kg
Potencia relativa en peso	102	%
Potencia relativa en volumen	142	%
Resistencia al agua	Excelente	---
Categoría de humos	Primera	---

Fuente: Famesa Explosivos

Por lo tanto,

$$Q_1 = 55(0.034) * \left(\frac{0.09}{(0.06)}\right)^{1.5} * \left(0.09 - \frac{0.06}{2}\right) * \left(\frac{0.29}{0.4}\right) * \frac{1}{1.02}$$

$$Q_1 = 0.15 \text{ Kg/m}$$

Ahora calcularemos la longitud de carga

$$L_c \leq \text{longitud del taladro} - \text{longitud del taco}$$

$$L_c \leq \text{longitud del taladro} - (10 * \phi_1)$$

$$L_c \leq 1.44 - (10 * 0.034)$$

$$L_c \leq 1.1 \text{ m.}$$

4.4.12. Cálculo del número de cartuchos

Arranque y Ayuda

$$N_{cart.} \leq \frac{LC}{\text{longitud de cartucho}}$$

$$N_{cart.} = \frac{1.1}{0.203} \leq 5$$

Arrastres y Cuadradores

$$N_{cart.} = \frac{\frac{2}{3}(\text{long. perforación})}{\text{longitud de cartucho}}$$

$$N_{cart.} = \frac{\frac{2}{3}(1.44)}{0.203} = 4$$

Coronas

$$N_{cart.} = \frac{(90 * \phi_2^2) * \text{long. perf.}}{\text{long. cartucho}}$$

$$N_{cart.} = \frac{(90 * 0.06^2) * 1.44}{0.203} = 3$$

Tabla 13: Distribución de taladros y su carga explosiva

Ítems	N° Taladros		Cartuchos por taladro	Total, de cartuchos	Kg explosivo
	Cargados	Vacíos			
Alivio		1	-	-	-
Arranque	8	0	4	32	3.5
Ayudas	3	0	3	9	0.9
Corona	2	1	3	6	0.66
Arrastre	3	0	4	12	1.3
Cuadradores	2	2	4	8	0.8
Total				67	7.1

Fuente: Elaboración Propia

4.4.13. Cálculo de Volumen y otros factores

Volumen por disparo

$$V = \text{Área del frente} * \text{longitud efectiva de avance}$$

$$V = 3.1 \text{ m}^2 * 1.44 \text{ m.}$$

$$V = 4.5 \text{ m}^3$$

Tonelaje por disparo

$$T = V * \text{densidad de la roca}$$

$$T = 4.5 \text{ m}^3 * 2.7 \frac{\text{T}}{\text{m}^3}$$

$$T = 12.15 \text{ Ton.}$$

Factor de carga

$$FC = \frac{\text{Kg explosivo}}{\text{Volumen por disparo}}$$

$$FC = \frac{7.1 \text{ Kg}}{4.5 \text{ m}^3}$$

$$FC = 1.57 \text{ Kg/m}^3$$

Factor de potencia

$$FP = \frac{Kg \text{ explosivo}}{\text{Tonelaje por disparo}}$$

$$FC = \frac{7.1 Kg}{12.15 Ton}$$

$$FC = 0.58 Kg/Ton$$

Metros perforados

$$Mp = \text{Longitud de perforación} * N_{\text{taladros}}$$

$$Mp = 1.44 * 22$$

$$Mp = 31.7 m.$$

Con los resultados obtenidos, hemos diseñado la nueva malla de perforación y voladura, la cual está conformada por 18 taladros de producción, 1 taladro es de alivio y 3 taladros de precorte (**Ver Anexo 26**). El taladro de alivio tiene un diámetro de 40 mm, mientras que los de producción seguirán siendo de 34 mm. También se cambió la longitud del barrenado de 4 pies por uno de 5 pies.

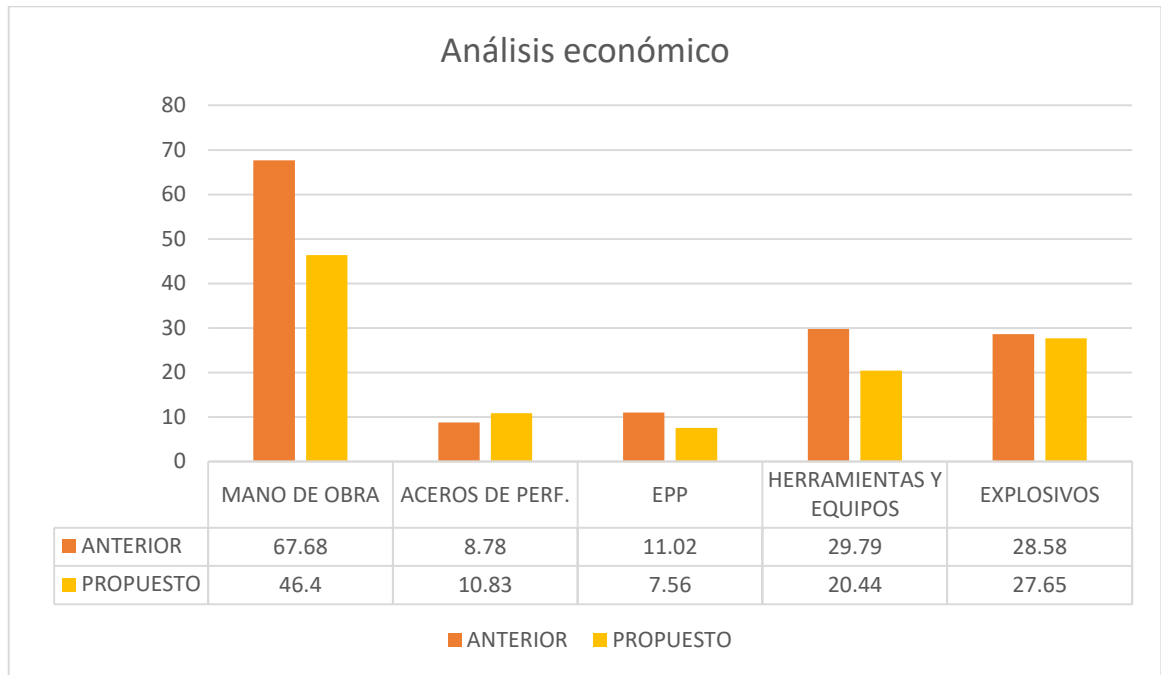
El arranque está compuesto por 2 cuadrantes de 4 taladros cada uno, que van cargados por 4 cartuchos por taladro, con un burden de 0.09 metros y un espaciamiento de 0.13 metros. En cuanto al explosivo se seguirá usando el Emulnor 3000 de dimensiones 1" x 8". Además, se usará Carmex de 1.8 metros y mecha rápida Z-18 de 2mm de diámetro (**Ver Anexo 27**). El carguío de los taladros se realiza de manera manual por el personal autorizado, en donde se insertará el fulminante común con ayuda de un guiador, dentro del explosivo Emulnor, esto servirá como sebo para la voladura.

Cabe indicar que los resultados obtenidos han sido de manera teórica, mediante cálculos matemáticos. Sin embargo, debemos señalar que se han obtenido datos reales de campo durante 11 días consecutivos los cuales nos han servido en la verificación de los datos obtenidos de manera teórica. Los resultados de campo indican que con el nuevo diseño de perforación y voladura se logra un avance lineal promedio de 1.35 metros, la cual representa un 93.5% de eficiencia de la voladura.

De igual manera el factor de carga promedio en campo ha sido de 1.64 Kg/m3. **(Ver Anexo 28)**

4.4.14. Análisis económico

Gráfico 1: Análisis económico (Malla empírica / Malla propuesta)



Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico 1, se observa el análisis económico que se ha hecho a partir de la comparación de los costos entre la malla empírica y la malla propuesta para el frente de la labor que viene siendo explotada por la Contrata Castillo Jara Teresa. Con la malla empírica el costo en U\$/Mt asciende a 157.53, mientras que en la malla propuesta el costo asciende a 121.96 U\$/Mt. **(Ver Anexos 30 y 31)**

V. DISCUSIÓN

Con los resultados obtenidos del objetivo planteado que fue proponer el diseño de perforación y voladura para mejorar el avance lineal en la galería NW01 del nivel 2670 de la contrata Castillo Jara Teresa. Podemos afirmar que el avance lineal en las labores resulta eficiente siempre y cuando se cumpla con el correcto diseño de perforación y voladura. Para ello se deben tener en cuenta diversos parámetros como la geología y la aplicación de modelos matemáticos.

De acuerdo con el primer objetivo específico se buscó describir las características geológicas y geomecánicas que conforman el macizo rocoso de la galería. Se obtuvo como resultados que el yacimiento se encuentra ubicado en el denominado “Batolito de Pataz”, cuya composición viene dada por rocas intrusivas de la era precámbrica hasta la cenozoica. Estos resultados concuerdan con las tesis desarrolladas por Palomino (2016) y Tarrillo (2021) quienes plantearon como objetivo, mejorar la eficiencia del proceso de perforación y voladura en las labores de desarrollo mediante el estudio geológico del macizo rocoso y concluyó que la litología de Pataz está formada por rocas volcánicas de la era cenozoica y dicha unidad minera se encuentra sobre el denominado Batolito de Pataz. Además, con el estudio geológico de la zona se determinó que el tipo de roca en la zona es Granodiorita la cual es una roca intrusiva compuesta por cuarzo y feldespatos parecido al granito. Dichos resultados ayudaron a conocer la geología regional y local.

De la misma manera se determinó las características geomecánicas del macizo rocoso en la galería NW01. Donde se obtuvo como resultado que el macizo rocoso de la labor es de tipo III, es decir roca intermedia. El RQD de la labor es de 60%, mientras que el RMR arrojó un valor de 47, dando como resultado un GSI de 42. Dichos valores fueron importantes para el diseño de la nueva malla de perforación y voladura. Los resultados que fueron obtenidos concuerdan con la tesis desarrollada por Buele (2017) quien planteó como objetivo, optimizar los parámetros que se usan en la perforación y voladura, mediante el estudio de la geomecánica del macizo rocoso. Dicha investigación demostró la importancia de aplicar la geomecánica para el correcto diseño de perforación y voladura.

De acuerdo con el segundo objetivo específico se identificó los parámetros de perforación y voladura que son usados actualmente en la Galería NW01. Los resultados obtenidos del análisis de los parámetros de perforación y voladura son mostrados en la tabla 08. En donde se identifican las deficiencias que existen para el diseño de perforación y voladura en el frente de la labor de la veta Samy. Esto debido a que el diseño se realiza de manera empírica, basándose solamente en el criterio del maestro perforista o del capataz. Estos resultados fueron contrastados con la investigación realizada por Cruz (2018) quien se propuso analizar la ejecución de los procesos de perforación y voladura, teniendo en cuenta los parámetros que intervienen. El autor demostró la importancia que tiene la preparación del personal que ejecuta la perforación y voladura. Además, demostró la necesidad de seguir los procedimientos para la ejecución de estas operaciones unitarias, con la finalidad de optimizar la perforación y voladura.

De igual manera se contrastaron los resultados con las investigaciones realizadas por Estela y Estela (2020) quienes se propusieron analizar los parámetros de perforación y voladura, con la finalidad de identificar las deficiencias. Los autores determinaron que realizar mallas de perforación y voladura de manera empírica crean muchas deficiencias en el avance lineal y la fragmentación del macizo rocoso. Esto debido a que no se toman en cuenta cálculos matemáticos ni características geológicas de la labor. Esto concuerda con los resultados obtenidos en el segundo objetivo, en donde identificamos parámetros deficientes en la perforación y voladura, como un factor de carga de 1.8 Kg/ m³, la cual es elevado para el tipo de roca III.

También se tienen los resultados obtenidos por Arbulú y Carrasco (2021), quienes se propusieron diseñar la perforación y voladura acorde al macizo rocoso, identificando las deficiencias en los parámetros actuales de perforación y voladura. Los resultados concuerdan con los obtenidos en nuestra investigación ya que se identificaron deficiencias en el avance lineal producto de la perforación y voladura que se viene realizando actualmente. Debido a que la eficiencia de la perforación es del 83% dando como avance lineal 0.9 metros, la cual está por debajo del promedio que debe ser del 95%. Esto debido a que no se han tenido en cuenta el cálculo adecuado para la selección de la longitud del taladro acorde a la sección de la labor. Con estos resultados podemos afirmar la importancia que tiene el conocer la geología de la labor

con la finalidad de hacer la correcta selección de los equipos, materiales y accesorios de perforación y voladura con la finalidad de optimizar estas actividades unitarias.

Como tercer objetivo específico, nos propusimos diseñar una malla perforación y voladura adecuada a los parámetros de la roca de la galería NW-01. Pudimos calcular los parámetros de perforación y voladura de acuerdo con las características geológicas y geomecánicas de la labor. Los resultados obtenidos demuestran que con el nuevo diseño de perforación y voladura se logra mejorar el avance lineal y reducir la cantidad de explosivo utilizado por metro cubico removido.

Estos resultados concuerdan con Mostacero y Rodríguez (2017), Huacho (2018), Diaz y Sotelo (2019). Quienes se plantearon identificar como influye el diseño de perforación y voladura con el fin de aumentar los avances en la labor, mediante el cálculo de la cantidad de taladros y la cantidadde explosivo por cada taladro. Sus estudios dieron como resultado unaumento de casi el 10% en los avances de las labores. Con estos resultados se verifico la importancia de la aplicación de modelos matemáticos como el de Holmberg para el cálculo del número de taladros, además demostró como la geología es trascendental para el diseño de perforación y voladura de cualquier labor.

Los datos también concuerdan con los obtenidos por Ricse (2020), Inga (2020) y Alvarado (2020). Se plantearon mejorar la granulometría de la roca en la labor y reducir la dilución del mineral mediante el diseño de una nueva malla de perforación y voladura. Obteniendo como resultado la reducción de aproximadamente el 20% del factor de carga. Con dichos resultados podemos demostrar que el correcto diseño de la perforación y voladura reduce el factor de carga que se obtiene producto de la voladura, la cual indica la cantidad de explosivo usado en el frente de la labor para remover un determinado volumen.

VI. CONCLUSIONES

- La definición de las características geológicas tanto regional, local y del yacimiento, permitió concluir en cuanto a la composición litológica del área que viene siendo estudiada la cual está compuesta por rocas intrusivas como la Granodiorita pertenecientes al Batolito de Pataz. Además, está formado por un sistema de vetas y vetillas destacando la veta Samy, la cual viene siendo explotada en una de sus labores por la contrata Castillo Jara Teresa, con una ley promedio de 14 gr. Au/Ton.
- De acuerdo con la evaluación de la geomecánica del área de estudio se ha concluido que la calidad del macizo rocoso es intermedia de tipo III, según el parámetro del RMR, la cual fue calculado a través de la Resistencia a la Matriz Rocosa, RQD y GSI. El cálculo del RMR dio un puntaje de 47, encontrándose en el rango de 41– 60, dicho calculo fue de vital importancia para el diseño de la malla de perforación y voladura.
- En la descripción de los parámetros que vienen siendo utilizados para la perforación y voladura en la galería NW 01, se ha concluido que dichas actividades se vienen realizando de forma empírica, lo que no permite hacer una correcta selección de los equipos y accesorios de perforación y voladura de acuerdo con las dimensiones de la labor y el tipo de roca. La cual quedó evidenciado en el déficit de la eficiencia de perforación (83%) y de la voladura (90%), dando como resultado 0.7 a 0.9 metros de avance lineal por disparo. Dichos resultados generan un factor de carga de 1.8 Kg/m³ a 2.0 Kg/m³, la cual es elevado para el tipo de roca con la que se viene trabajando.
- El diseño de perforación y voladura se realizó teniendo en cuenta las características geológicas y geomecánicas de la labor que viene siendo explotada por la contrata Castillo Jara Teresa. Dicha evaluación permitió realizar el cálculo del número de taladros y distribución de estos bajo el modelo matemático de Holmberg para la sección de 2.0 x 1.6 metros en donde se

perforaron 22 taladros de las cuales 21 fueron de producción y 1 de alivio. Además, se utilizaron barrenos de 5 pies de longitud y brocas de perforación de 34 mm para los taladros de producción y 40 mm para el taladro de alivio. En cuanto a la voladura se sigue usando Emulnor 3000 de 1" x 8", Carmex de 1.8 metros y mecha rápida Z-18.

- Por último, se concluyó que con la aplicación del nuevo diseño de perforación y voladura se logró aumentar el avance lineal en un 45 ya que paso de 0.9 a 1.38 metros. Además, se logró reducir el factor de carga en un 30% pasando de 2 Kg/m³ a 1.64 Kg/m³. La optimización de dichos parámetros demostró que el nuevo diseño de perforación y voladura es la adecuada para la galería NW01.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la empresa contratista Castillo Jara Teresa, aplicar el diseño de perforación y voladura acorde al tipo de roca con la que se trabaje, con la finalidad de hacer la correcta selección de los accesorios de perforación y voladura.
- Se recomienda a la empresa realizar constantes capacitaciones al personal encargado de la perforación y voladura, con la finalidad de optimizar dichas operaciones.
- A los futuros investigadores se recomienda realizar un estudio geomecánico más a detalle de las labores de la galería NW01 del nivel 2670, con la finalidad de conocer las características del macizo rocoso de manera más precisa.
- Recomendamos a la Universidad Cesar Vallejo implementar programas o cursos del uso de software especializados para la simulación de perforación y voladura, ya que serían de gran ayuda en el desarrollo de las futuras investigaciones.

REFERENCIAS

1. ADEOLUWA, Olowaseyi, NOA, Rafael Y QUEVEDO, Gilberto. Caracterización estructural del macizo rocoso de la mina subterránea OroDescanso. *Minería y Geología* [en línea]. Octubre – diciembre, 2017, vol.33 n.º 4. [Fecha de consulta: 1 de noviembre de 2021]. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S199380122017000400007&lng=es&nrm=iso&tlng=es ISSN 1993-8012
2. ALVARADO, Fabiola. Modelamiento geoestadístico de la clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR). Tesis (Magister en Minería). Santiago de Chile: Universidad de Chile, 2020. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/176858/Modelamiento-geoestad%3%adstico-de-la-clasificaci%3%b3n-geomec%3%a1nica-de-Bieniawski-%28RMR%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
3. ARANA, Alex y CUEVA, Gerardo. Caracterización geomecánica del macizo rocoso y su influencia en el tipo de sostenimiento en el nivel 05 de la mina subterránea Paredones, San Pablo, Cajamarca, 2019. Tesis (Ingeniero de Minas). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2019. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23834/Arana%20Cabrera%20Jhonny%20Alex%20%20Cueva%20Romero%20Jimmy%20Gerardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
4. ARIAS, Jesús, MIRANDA, María, VILLASIS, Miguel. El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia México* [en línea]. Abril-junio, 2016, vol. 63, n.º 2. [Fecha de consulta: 1 de noviembre de 2021]. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755023011.pdf> ISSN: 0002-5151
5. BAENA, Guillermina. Metodología de la Investigación [en línea]. 3º ed. México: Grupo Editorial Patria, 2017. [Fecha de consulta: 29 de octubre de 2021]. Disponible en http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiaes_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf ISBN: 978-607-744-748-1
6. BLANDÓN, Astrid, FUENTES, Rafael y MOLINA, Jorge. Parámetros explosivos para muestras de carbón. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín* [en línea]. Julio-diciembre 2018, vol. 17, n.º 33. [Fecha de consulta: 29 de octubre de 2021]. Disponible en <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=137010410&lang=es&site=eds-live> ISSN: 1692-3324
7. BUELE, Juan. Optimización de los parámetros de perforación y voladura en el

- avance del túnel de la mina Cabo de Hornos. Tesis (Ingeniero de Minas). Cuenca: Universidad del Azuay, 2017. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/7439>
8. CAJICA, Leonardo [et al]. Estudio comparativo entre sistemas de clasificación geomecánica en un depósito tipo Pórfido. *Boletín de Ciencias de la Tierra* [en línea]. Noviembre, 2018, n.º 43. [Fecha de consulta: 1 de noviembre de 2021]. Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/1695/169555640004/html/> ISSN: 2357-3740
 9. CALZADILLA, Aracelis, DIAZ, Víctor. Artículos científicos, tipos de investigación y productividad científica en las Ciencias de la Salud. *Revista Ciencias de la Salud* [en línea]. Mayo, 2016, vol. 14, n.º 1. [Fecha de consulta: 1 de noviembre de 2021]. Disponible en <https://revistas.urosario.edu.co/index.php/revsalud/article/view/4597> ISSN: 1692-7273
 10. CANCHARI, Godelia, ORTIZ, Oswaldo. Espaciamiento óptimo de niveles y chimeneas en la explotación minera subterránea. *Revistas del Instituto de Investigación (RIIGEO), FIGMMG-UNMSM* [en línea]. Enero – junio, 2016, vol. 19, n.º 37. [Fecha de consulta: 1 de noviembre de 2021]. Disponible en <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/download/12965/11581/45168> ISSN: 1682-3087
 11. CARTAYA, Maday, CUNI, Julio y MUCUTA, Helder. Evaluación geomecánica del macizo rocoso en frentes de explotación del yacimiento polimetálico Castellanos. *Minería y Geología* [en línea]. Octubre –diciembre, 2019, vol. 35, n.º 4. [Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2021]. Disponible en http://revista.ismm.edu.cu/index.php/revistamg/article/view/art5_No4_2019 ISSN: 1993 8012
 12. CHEN, Yung-Ju, LI, Weidong, XIANG, Ping, XIE, Xiuye. Unit of Analysis: Impact of Silverman and Solmon's Article on Field-Based Intervention Research in Physical Education in the U.S.A. *Journal of Teaching in Physical Education* [en línea]. 2017, vol. 36, n.º 2. [Fecha de consulta: 20 de noviembre de 2021]. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/31471694_Unit_of_Analysis_Impact_of_Silverman_and_Solmon's_Article_on_Field-Based_Intervention_Research_in_Physical_Education_in_the_USA/link/592dded8a6fdcc89e755a98c/download ISSN: 1303 – 1733

13. CHINCHAY, Carlos. Diseño de malla de perforación basado en los modelos geomecánicos para optimizar la voladura en minería subterránea – 2018. Tesis (Ingeniero de Minas). Huaraz: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, 2018. Disponible en: <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4073>

14. CORREA, Pedro y MARTINEZ, Andrés. Diseño del sistema de perforación y voladura en los bancos D, E Y F en la mina de caliza El Tesoro, contrato de concesión ILI-16111 ubicada en la vereda Las Caleras del municipio de Nobsa-Boyacá. Tesis (Ingeniero de Minas). Boyacá: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2017. Disponible en: <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2242/1/TGT-782.pdf>

15. CORREA, Ibett y VIDAL, Camilo. Modelo matemático de Holmberg para mejorar la perforación y voladura en la zona alta de la compañía Minera Lincuna S.A – 2017. Tesis (Ingeniero de Minas). Huaraz.: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, 2017. Disponible en: http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2137/T033_46138891_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

16. CRUZ, Nancy. Evaluación del proceso de perforación y voladura en la explotación de yeso de la mina El Toro, Los Santos- Santander. Tesis (Ingeniero de Minas). Sogamoso: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2018. Disponible en: <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2512/1/TGT-1098.pdf>

17. DIAZ, Juan, FERNANDEZ, Mariela, SANCHEZ, Maream. Técnicas e instrumentos de recolección de información: análisis y procesamiento realizado por el investigador cualitativo. *Uisrael Revista Científica* [en línea]. Enero – abril, 2021, vol. 8, n.º1. [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2021]. Disponible en <https://revista.uisrael.edu.ec/index.php/rcui/issue/view/29/29>
ISSN: 2631 – 2786

18. DÍAZ, Carlos, GUARÍN, Melissa y JIMÉNEZ, Jovani. Análisis y diseño de la operación de perforación y voladuras en minería de superficie empleando el enfoque de la programación estructurada. *Boletín de Ciencias de la Tierra* [en línea]. Diciembre, 2012, vol. 32. [Fecha de consulta: 4 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rbct/article/view/30381/39245> ISSN: 40 012-3630.

19. FLORES, Paola y ROJAS, Kevin. Diseño de malla de perforación y voladura para la reducción de costos en el nivel 1590 cruce 520 de la U.E.A. capitana - Corporación Laces S.A.C. Minería y Construcción - Caraveli – Arequipa. Tesis (Ingeniero de Minas). Huancavelica: Universidad Nacional de

- Huancavelica, 2017. Disponible en:
<https://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/1080/TP%20-%20UNH%20MINAS%200024.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
20. GABRIEL, Julio. Cómo se genera una investigación científica que luego sea motivo de publicación. *Journal of the Selva Andina Research Society*[en línea]. Julio, 2017, vol. 8, n.º 2. [Fecha de consulta: 30 de octubre de 2021]. Disponible en http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S207292942017000200008
 ISSN: 2072-9294
21. GEOLOGÍA, litoestratigrafía, determinación de la calidad y clasificación de carbones de El Espino-Boyacá, Colombia por Jesús Delgado [et al]. *Boletín de Ciencias de la Tierra* [en línea]. Julio, 2016, n.º 40. [Fecha de consulta: 30 de octubre de 2021]. Disponible en <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rbct/article/view/40198/56972>
 ISSN 0120 – 3630
22. GUERRA, Esmilka, MONTES, Alexis. Relación entre la productividad, el mantenimiento y el reemplazo del equipamiento minero en la gran minería. *Boletín de Ciencias de la Tierra* [en línea]. Agosto, 2019, n.º 45. [Fecha de consulta: 30 de octubre de 2021]. Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/1695/169559150002/html/>
 ISSN: 2357-3740
23. GUTIERREZ, Nicolas, RAMOS, Ricardo, VIÑA, María. Investigación aplicada en tiempos de COVID-19. *Revista de la Ofil Ibero Latin American Journal of Health System Pharmacy* [en línea]. 2020, vol. 30, n.º 2. [Fecha de consulta: 30 de octubre de 2021]. Disponible en https://redib.org/Record/oai_articulo3117934-investigaci%C3%B3n-aplicada-en-tiempos-de-covid-19/Citing#tabnav
 ISSN: 1131-9429
24. Hogan, Jeff. Cómo reducir la desviación del agujero de perforación. *Rock Products* [en línea]. 18, abril, 2017. [Fecha de consulta: 28 de octubre de 2021]. Disponible en <https://www.boartlongyear.com/es/insite/how-to-reduce-drill-hole-deviation/>
 ISSN: 1003 – 1852
25. HUACHO, Michael. Diseño de mallas de perforación y voladura para mejorar avances en Nv. 12 – veta Oroya - Compañía Minera Casapalca S.A. Tesis (Ingeniero de Minas). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2018. Disponible en: https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5050/T010_70427151_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

26. JARAMILLO, Andrés, MOLINA, Jorge, ORTEGA, Camilo. Modificación de las mallas de perforación de voladuras a partir del índice de esfuerzo geológico (GSI), caso mina "La Maruja", Colombia. *Boletín de Ciencias de la Tierra* [en línea]. Julio, 2016, n.º 40. [Fecha de consulta: 30 de octubre de 2021]. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6212137>
ISSN: 2357-3740
27. MANTEROLA, Carlos, OTZEN, Tamara. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology* [en línea]. Marzo, 2017, vol. 35, n.º 1. [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2021]. Disponible en https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022017000100037
ISSN: 0717-9502
28. Métodos de análisis de datos [videograbación] por Eliana Salazar. Chiclayo: Universidad César Vallejo, 2021. 1 videograbación (300 min): son., col.
29. MOLINA, Jorge, RINCÓN, Juan. Mejoramiento del arranque mediante el control de las desviaciones de perforación, caso mina "El Roble", Colombia. *Boletín de Ciencias de la Tierra* [en línea]. Julio, 2017. [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2021]. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/318891089_Mejoramiento_del_arranque_mediante_el_control_de_las_desviaciones_de_perforacion_caso_mina_El_Roble_Colombia/link/5983d2b6aca272a947c731ce/download
ISSN: 2357-3740
30. OVIEDO, Luis. Diseño de mallas de perforación y voladura haciendo uso del software Drill and Blast Vulcan 8.0 para obtener una óptima fragmentación en E.E. Ajani Unidad Minera Anabi. Tesis (Ingeniero de Minas). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2017. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3007/Miovnil.pdf?>
31. PEÑA, Manuel. Calidad en el cálculo del Burden (B) basado en el modelo matemático de López Jimeno para contribuir en la gestión del riesgo en las voladuras, en cantera de roca caliza. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas* [en línea]. Enero – junio 2019, vol. 22, n.º 43. [Fecha de consulta: 30 de octubre de 2021]. Disponible en <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/issue/view/137>
ISSN: 1561-0888
32. RICSE, Kevin. Diseño de malla de perforación y voladura para mejorar la fragmentación de roca en Mina Paola de Compañía Minera San Lucas S.A.C. Tesis (Ingeniero de Minas). Huancayo: Universidad Nacional del

- Centro del Perú, 2020. Disponible en: https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6191/T010_70117412_T%20%20Ricse%20jeremias.pdf?sequence=1&isAllowed=y
33. RIOS, Roger. Metodología para la Investigación y redacción [en línea]. Málaga: Servicios Académicos Intercontinentales S.L., 2017. [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2021]. Disponible en https://issuu.com/mayrodriguez5/docs/metodolog_a_para_la_inves_y_re_d ISBN: 978-84-17211-23-3
34. RIVERA, Alex. Optimización de perforación y voladura aplicando el modelo matemático de Roger Holmberg en el proyecto central hidroeléctrica San Gabán III. Tesis (Ingeniero de Minas). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2019. Disponible en: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/10556/Rivera_Huirse_Harry_Alex.pdf?sequence=1&isAllowed=y
35. RODRIGUEZ, Hubert. Influencia de los parámetros geomecánicos en el diseño geométrico de mallas de perforación para optimizar la voladura de rocas en Unidad de Producción Yauricocha-2019. Tesis (Ingeniero de Minas). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2019. Disponible en: https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6013/T010_70303586_T_1.pdf?sequence=3&isAllowed=y
36. ROIG, Mauro. Riesgos asociados al método de minado “taladros largos”. *Seguridad Laboral* [en línea]. Enero – marzo 2020, n.º 9. [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2021]. Disponible en <https://www.seguridad-laboral.es/revistas/fsl/latam/009/4/index.html> ISSN: 2530 – 8556
37. SALAZAR, Jairo. Análisis del corte cilíndrico sobre el corte quemado para aumentar la producción en la unidad de producción Pallasca. Tesis (Ingeniero de Minas). Chiclayo: Universidad César Vallejo, 2020. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/58388/B_Salazar_SJJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
38. SARGENTÓN, Gilberto. Diseño de voladuras de contorno por recorte con cordón detonante de alto gramaje en la excavación de túneles. *Minería y Geología* [en línea]. Octubre – diciembre, 2018, vol. 34, n.º 4. [Fecha de consulta: 10 de noviembre de 2021]. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1993801220180004 ISSN 1993-8012
39. TAHERDOOST, Hamed. Sampling Methods in Research Methodology; How to Choose a Sampling Technique for Research. *International Journal of Academic Research in Management* [en línea]. 2016, vol. 5, n.º 2. [Fecha de consulta: 10

de noviembre de 2021]. Disponible en
https://www.researchgate.net/publication/319998246_Sampling_Methods_in_Research_Methodology_How_to_Choose_a_Sampling_Technique_for_Research/link/59c5f8c2a6fdccc719164f0b/download
ISSN: 2296-1747

40. VENTURA, José. ¿Población o muestra?: Una diferencia necesaria. *Revista Cubana de Salud Pública* [en línea]. Octubre, 2017, n.º 4. [Fecha de consulta: 1 de noviembre de 2021]. Disponible en <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=768>
ISSN: 1561-312

ANEXOS

ANEXO 01: Matriz de operacionalización de la variable independiente

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN		
Diseño de perforación y voladura	“Esquema en donde se hace una representación de la distribución de taladros, teniendo en cuenta los parámetros de perforación y voladura, con el objetivo de atacar un frente o labor subterránea”. Chinchay (2018)	La variable será evaluada mediante las siguientes dimensiones: la geología, geomecánica del yacimiento, número de taladros, de parámetros de perforación y de voladura.	Geología	Geología local	Nominal		
				Geología regional			
				Geología del yacimiento			
			Parámetros de perforación	Geomecánica del yacimiento	RMR	Intervalo	
					Q de Barton		
					GSI		
					RQD		
				Espaciamiento			
					Área de la sección		Razón
					Perímetro de la sección		
Coficiente de la roca							
Parámetros de voladura		Número de taladros	Razón				
		Burden					
		Longitud de carga					
		Cantidad de explosivo por taladro	Razón				
		Factor de Carga					

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 02: Matriz de operacionalización de la variable dependiente

<i>VARIABLE DEPENDIENTE</i>	<i>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</i>	<i>DEFINICIÓN OPERACIONAL</i>	<i>DIMENSIÓN</i>	<i>INDICADOR</i>	<i>ESCALA DE MEDICIÓN</i>	
<i>Avance Lineal</i>	“Cantidad de metros avanzados por disparo, producto de haber realizado operaciones como la perforación y voladura, en operaciones horizontales como galerías”. Oviedo (2017)	La variable será evaluada mediante las siguientes dimensiones: longitud de avance y material a remover.	Longitud de avance	Longitud del barrenos	<i>Razón</i>	
				Diámetro de la broca (mm)		
				Ángulo de desviación		
				Longitud de perforación		
				Eficiencia de perforación (%)		
			Material a remover	Volumen teórico	<i>Razón</i>	
				Volumen real		
				Tonelaje teórico		
				<i>Tonelaje real</i>		

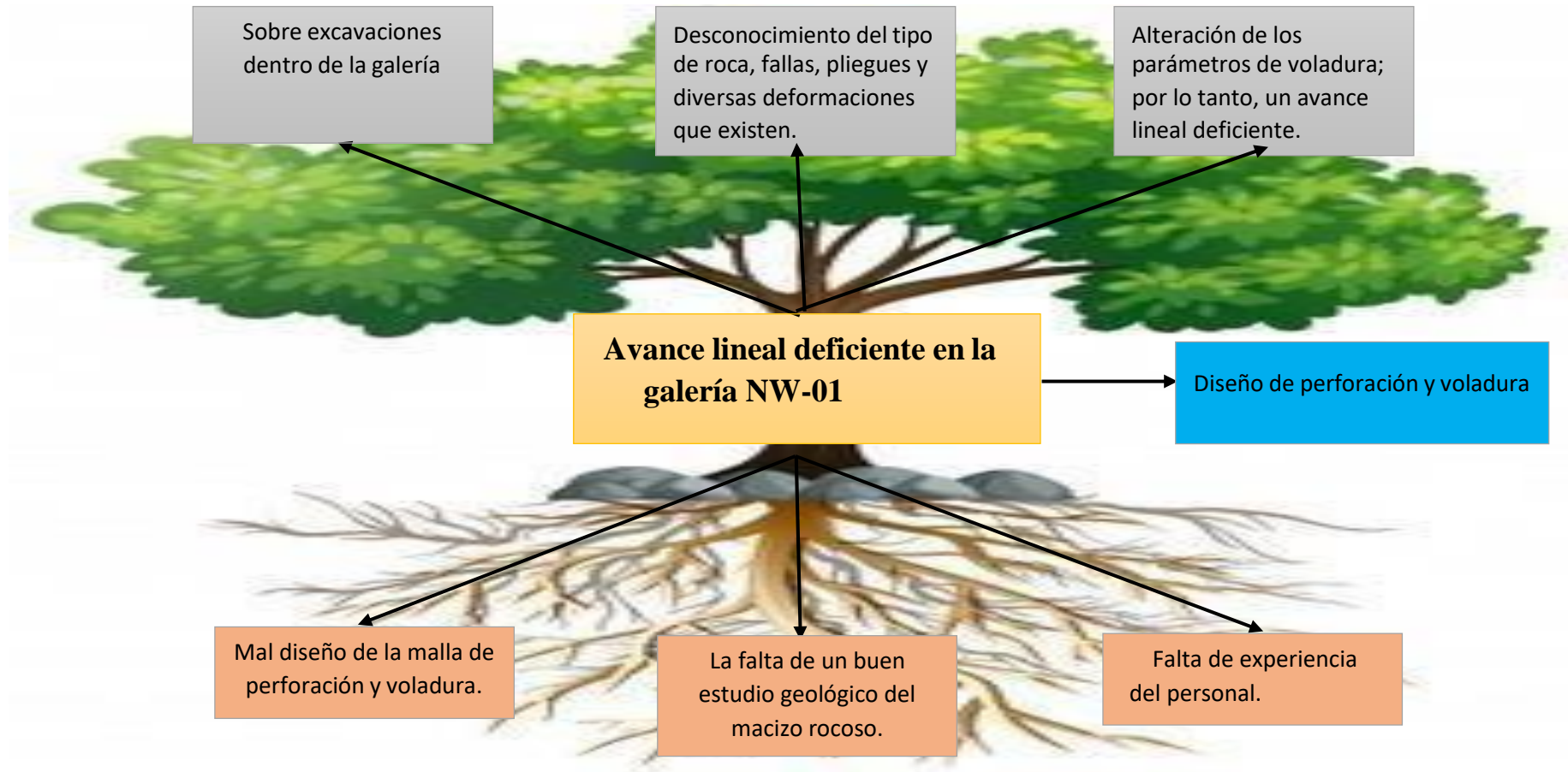
Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 03: Matriz de consistencia

DISEÑO DE PERFORACIÓN Y VOLADURA PARA MEJORAR EL AVANCE LINEAL EN LA GALERÍA NW01 – VETA SAMI- CONTRATA CASTILLO JARA TERESA							
PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS	VARIABLE INDEPENDIENTE	TIPO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN	TÉCNICA	MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS
¿De qué manera el diseño de perforación y voladura puede mejorar el avance lineal en la Galería NW01 – Nivel 2670- Contrata Castillo Jara Teresa?	Diseñar la perforación y voladura para mejorar el avance lineal en la Galería NW01 – Nivel 2670- Contrata Castillo Jara Teresa.	Al realizar un correcto diseño de perforación y voladura, se logrará mejorar el avance lineal en la Galería NW01- Nivel 2670 – Contrata Castillo Jara Teresa.	Diseño de perforación y voladura	Aplicativa	Galerías que conforman el Nivel 2670	Análisis documental	Método analítico – sintético
	OBJETIVOS ESPECÍFICOS					Observación	
	<p>Describir las características geológicas y geomecánicas que conforman el macizo rocoso de las galerías.</p> <p>Identificar los parámetros de perforación y voladura que son usados actualmente en la Galería NW01 – Nivel 2670- Contrata Castillo Jara Teresa.</p> <p>Diseñar una malla perforación y voladura adecuada a los parámetros de la roca de la galería NW-01.</p>		Entrevista	Método de procesos			
			VARIABLE DEPENDIENTE	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	MUESTRA	INSTRUMENTOS	
			Avance lineal	Explicativa – Descriptiva	Galería NW-01	Guía de análisis documental Guía de observación de campo Cuestionario de entrevista	Método de procesos

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 04: Árbol de Problema



Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 05



GUÍA DE ANÁLISIS DOCUMENTAL

Diseño de perforación y voladura para mejorar el avance lineal en la Galería NW01 – Nivel 2670- Contrata Castillo Jara Teresa

Objetivo: **Describir las características geológicas que conforman el macizo rocoso de la galería.**

Lugar:

Fecha:

ÍTEMS		DESCRIPCIÓN Y/O VALOR		OBSERVACIÓN	
Características geológicas del yacimiento	Forma	Sistema de Vetas			
	Potencia	0.8 m – 0.3 m			
	Rumbo	280° a 290° N			
	Buzamiento	35° 40° NE			
	Coordenadas UTM	N: 9141091	N: 9140360		
		E: 215613	E: 217004		
Ley	14 gr Au/TM				
Geología Regional	En la secuencia litoestratigráfica del área de estudio se identificó el afloramiento de tres ciclos: <ul style="list-style-type: none"> - Pre – Cámbrico, - Hercínico (Paleozoico hasta Mesozoico) - Andino (Cenozoico). 				
Geología Local	Rocas Sedimentarias	Complejo Marañón			
		Formación Contaya			
	Rocas Intrusivas	Granodiorita			
		Diorita microdiorita			
		Tonalita			
	Aplitas				

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 06

GUÍA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO

Diseño de perforación y voladura para mejorar el avance lineal en la Galería NW01 – Nivel 2670-Contrata Castillo Jara Teresa

Objetivo: Describir las características geomecánicas que conforman el macizo rocoso de la galería.

Lugar:		Fecha:		
ÍTEMS		DESCRIPCIÓN Y/O VALOR	PUNTUACIÓN	OBSERVACIÓN
Resistencia a la matriz rocosa	Carga Puntual	33.5 Kg/m ²	7	
	Compresión Simple	85 MPa		
RQD		50-75%	13	
Separación de diaclasas		<0.07m	5	
Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	1-3 m	4	
	Abertura	>5mm	0	
	Rugosidad	Ligeramente rugosa	3	
	Relleno	Relleno duro	2	
	Alteración	Moderadamente alterada	3	
Agua Freática	Caudal por 10m de túnel	< 10 L/min	10	
	Estado general	Ligeramente húmedo		
RMR	Clase de roca	Intermedia	47	
	Tipo de roca	III		
GSI		42		

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 07

GUÍA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO Diseño de perforación y voladura para mejorar el avance lineal en la Galería NW01 –Nivel 2670- Contrata Castillo Jara Teresa

Objetivo: Identificar los parámetros de perforación y voladura que son usados actualmente en la galería NW-01

EMPRESA		SAN BENITO S.A.C.		
FECHA			LUGAR	
ÍTEMES		VALOR	UNIDAD	OBSERVACIÓN
Dimensiones de la labor	Ancho	2	M	
	Altura	1.6	M	
	Radio	1	M	
	Perímetro	7	M	
	Área	3.0	M2	
Longitud del barreno de perforación		4	Ft	
Diámetros de las brocas		34	mm	
Número total de taladros	Mineral	13	UND.	
	Desmante	3		
Taladros de alivio o vacíos		1	UND	En la malla usada para mineral
Porcentaje de la eficiencia de perforación		83%	%	
Longitud de perforación		1	M	
Porcentaje de la eficiencia de voladura		90%	%	
Avance real por disparo		0.90	M	
Volumen real por disparo		2.7	M3	
Explosivo usado		EMULNOR 3000	1" X 8"	
Cantidad en kilogramos de explosivo por disparo		4.84	kg	
Factor de carga		1.8	Kg/m3	
Carmex		1.80	M	

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 08

GUÍA DE ANÁLISIS DOCUMENTAL

Diseño de perforación y voladura para mejorar el avance lineal en la Galería NW01 – Nivel 2670 - Contrata Castillo Jara Teresa

Objetivo: Diseñar la perforación y voladura adecuada para el tipo de roca de la galería NW 01.

ÍTEMS		ESPECIFICACIONES	OSERVACIONES
S E C C I Ó N	Tipo de roca	Intermedia – Tipo III	
	Área	3 METROS	
	Perímetro	6.9 METROS	
	RMR	47	
	RQD	60%	
P E R F O R A C I Ó N	Máquina perforadora	RNP Jack Leg RN-250X	
	Velocidad de perforación		
	Longitud de barreno	5 Ft	
	Diámetro de broca	40 mm, 34 mm	
	Burden	0.09 m	
	Espaciamiento	0.13 m	
	Error de perforación		
	Eficiencia de perforación	95%	
	Número de taladros	22	
Distribución de taladros			
V O L A D U R A	Explosivo	Emulnor 3000	
	Largo de cartucho explosivo	20 cm	
	Diámetro de cartucho explosivo	2.4 cm	
	Peso explosivo	0.11 Kg	
	Eficiencia de voladura	95 %	
	Avance por disparo	1.44	
	Volumen	4.5 m3	
	Tonelaje		
Factor de carga	1.57 Kg/m3		

ANEXO 09

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES


- Apellidos y Nombres del experto: SALVADOR PAICO MAURO
- Grado Académico: MAGISTER
- Institución donde labora: UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIUAR
- Dirección: MZ.C., LT.06 URBANIZACIÓN SAN ANTONIO Teléfono: 947801456 Email: maurosalpai@hotmail.com
- Autor (es) del Instrumento:

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Nº	INDICADORES	Deficiente	Bajo	Regular	Bueno	Muy Bueno
		1	2	3	4	5
1	El instrumento considera la definición conceptual de la variable					▲
2	El instrumento considera la definición procedimental de la variable					▲
3	El instrumento tiene en cuenta la operacionalización de la variable					▲
4	Las dimensiones e indicadores corresponden a la variable					▲
5	Las preguntas o ítems derivan de las dimensiones e indicadores					▲
6	El instrumento persigue los fines del objetivo general				▲	
7	El instrumento persigue los fines de los objetivos específicos					▲
8	Las preguntas o ítems miden realmente la variable					▲
9	Las preguntas o ítems están redactadas claramente					▲
10	Las preguntas siguen un orden lógico					▲
11	El Nº de ítems que cubre cada indicador es el correcto					▲
12	La estructura del instrumento es la correcta					▲
13	Los puntajes de calificación son adecuados					▲
14	La escala de medición del instrumento utilizado es la correcta					▲

I. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:.....Fecha: 01/08/2018

II. Promedio de Valoración: 4.9


 MAURO SALVADOR PAICO
 INGENIERO GEÓLOGO
 Mg. Mauro Salvador Paico
 DNI N°45454682

ANEXO 10

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

1. DATOS GENERALES:

1.1 Título Del Trabajo De Investigación:

Diseño de perforación y voladura para mejorar el avance lineal en la Galería NW01 – Nivel 2670- Contrata Castillo Jara Teresa

1.2 Investigador (a) (es):

Quispe Monsalve,
Stefany Edith
Santamaria Asalde,
Brayan Abel

2. ASPECTOS A VALIDAR:

Indicadores	Criterios	Deficiente 0-20	Baja 21-40	Regular 41-60	Buena 61-80	Muy buena 81-100
Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado					↙
Objetividad	Está expresado en conductas observables					↙
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					↙
Organización	Existe una organización lógica					↙
Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					↙
Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de la estrategias				↙	
Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos					↙
Coherencia	Existe coherencia entre los índices, dimensiones e indicadores					↙
Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					↙
Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación					↙

PROMEDIO DE VALORACIÓN : 98

3. OPINION DE APLICABILIDAD:

.....
.....
.....
.....

4. Datos del Experto:

Nombre y apellidos: MAURO SALVADOR PAICO

DNI : 45454686

Grado académico: MAGISTER

Centro de Trabajo: EMPRESA SERGEOING SRL

Firma: Fecha: 24/11/2021

MAURO SALVADOR PAICO
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP N° 199593

ANEXO 11

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

Experto: Dr. (Mg) : MAURO SALVADOR PAICO

Centro de Trabajo y cargo que ocupa: EMPRESA SERGEOING SRL- GERENCIA

Dirección: MZ.C , LT.06 URBANIZACIÓN SAN ANTONIO

e-mail: maurosalspai@hotmail.com

Teléfono: 947801456

Nº	PREGUNTAS	DEFICIENTE 0-25	REGULAR 26-50	BUENA 51-75	MUY BUENA 76-100
01	¿El instrumento responde al título del proyecto de investigación?				↙
02	¿El instrumento responde a los objetivos de investigación?				↙
03	¿Las dimensiones que se han tomado en cuenta son adecuadas para la realización del instrumento?				↙
04	¿El instrumento responde a la operacionalización de las variables?			↙	
05	¿La estructura que presenta el instrumento es de forma clara y precisa?				↙
06	¿Los ítems están redactados en forma clara y precisa?				↙
07	¿Existe coherencia entre el ítem y el indicador?				↙
08	¿Existe coherencia entre variables e ítems?				↙
09	¿El número de ítems del instrumento es el adecuado?				↙
10	¿Los ítems del instrumento recogen la información que se propone?				↙

Opinión de Aplicabilidad:

.....

FECHA: 24/11/2021


 MAURO SALVADOR PAICO
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP Nº 199593

ANEXO 12

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES


- Apellidos y Nombres del experto: ARANGO RETAMOZO, SOLIO MARINO
- Grado Académico: DOCTOR.
- Institución donde labora: UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO - CHICLAYO.
- Dirección: TRUJILLO Teléfono: 914691576. Email: slio777@gmail.com.
- Autor (es) del Instrumento: Quispe Monsalve, Stefany y Santamaria Asalde, Brayan

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

Nº	INDICADORES	Deficiente	Bajo	Regular	Bueno	Muy Bueno
		1	2	3	4	5
1	El instrumento considera la definición conceptual de la variable				X	
2	El instrumento considera la definición procedimental de la variable				X	
3	El instrumento tiene en cuenta la operacionalización de la variable					X
4	Las dimensiones e indicadores corresponden a la variable					X
5	Las preguntas o ítems derivan de las dimensiones e indicadores				X	
6	El instrumento persigue los fines del objetivo general				X	
7	El instrumento persigue los fines de los objetivos específicos					X
8	Las preguntas o ítems miden realmente la variable				X	
9	Las preguntas o ítems están redactadas claramente				X	
10	Las preguntas siguen un orden lógico				X	
11	El Nº de ítems que cubre cada indicador es el correcto				X	
12	La estructura del instrumento es la correcta				X	
13	Los puntajes de calificación son adecuados				X	
14	La escala de medición del instrumento utilizado es la correcta				X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD: Fecha: 30/11/21

PROMEDIO DE VALORACIÓN:


Dr. SOLIO MARINO ARANGO RETAMOZO

DNI Nº 26733726

ANEXO 13

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

1. DATOS GENERALES:

1.1 Título Del Trabajo De Investigación:

Diseño de perforación y voladura para mejorar el avance lineal en la Galería NW01 – Nivel 2670- Contrata Castillo Jara Teresa

1.2 Investigador (a) (es):

Quispe Monsalve,
Stefany Edith
Santamaria Asalde,
Brayan Abel

2. ASPECTOS A VALIDAR:

Indicadores	Criterios	Deficiente 0-20	Baja 21-40	Regular 41-60	Buena 61-80	Muy buena 81-100
Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado				↙	
Objetividad	Está expresado en conductas observables				↙	
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					↙
Organización	Existe una organización lógica				↙	
Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					↙
Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de la estrategias				↙	
Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos					
Coherencia	Existe coherencia entre los índices, dimensiones e indicadores				↙	↙
Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				↙	
Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación					↙

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 88

3. OPINION DE APLICABILIDAD:

.....
.....
.....
.....

4. Datos del Experto:

Nombre y apellidos: ARANGO RETAMOZO, SOLIO _____ DNI: 26733726

Grado académico: DOCTOR

Centro de Trabajo: UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Firma:


Dr. SOLIO MARINO ARANGO RETAMOZO

Fecha: 30/11/2021

ANEXO 14

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

Experto: Dr. ARANGO RETAMOZO, SOLIO

Centro de Trabajo y cargo que ocupa: UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Dirección: TRUJILLO

e-mail: slio777@gmail.com.

Teléfono: 914691576

Nº	PREGUNTAS	DEFICIENTE 0-25	REGULAR 26-50	BUENA 51-75	MUY BUENA 76-100
01	¿El instrumento responde al título del proyecto de investigación?				↙
02	¿El instrumento responde a los objetivos de investigación?			↙	
03	¿Las dimensiones que se han tomado en cuenta son adecuadas para la realización del instrumento?				↙
04	¿El instrumento responde a la operacionalización de las variables?			↙	
05	¿La estructura que presenta el instrumento es de forma clara y precisa?				↙
06	¿Los ítems están redactados en forma clara y precisa?			↙	
07	¿Existe coherencia entre el ítem y el indicador?				↙
08	¿Existe coherencia entre variables e ítems?			↙	
09	¿El número de ítems del instrumento es el adecuado?			↙	
10	¿Los ítems del instrumento recogen la información que se propone?			↙	

Opinión de Aplicabilidad:

.....

Fecha: 24/11/2021


 MAURO SALVADOR PAICO
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 199593

ANEXO 15

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

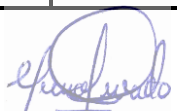
- Apellidos y Nombres del experto: Carla Mena Nevado
- Grado Académico: Magíster
- Institución donde labora: Universidad César Vallejo
- Dirección: Teléfono: Email:
- Autor (es) del Instrumento:

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

Nº	INDICADORES	Deficiente	Bajo	Regular	Bueno	Muy Bueno
		1	2	3	4	5
1	El instrumento considera la definición conceptual de la variable				X	
2	El instrumento considera la definición procedimental de la variable				X	
3	El instrumento tiene en cuenta la operacionalización de la variable				X	
4	Las dimensiones e indicadores corresponden a la variable				X	
5	Las preguntas o ítems derivan de las dimensiones e indicadores				X	
6	El instrumento persigue los fines del objetivo general				X	
7	El instrumento persigue los fines de los objetivos específicos				X	
8	Las preguntas o ítems miden realmente la variable				X	
9	Las preguntas o ítems están redactadas claramente				X	
10	Las preguntas siguen un orden lógico				X	
11	El N° de ítems que cubre cada indicador es el correcto				X	
12	La estructura del instrumento es la correcta				X	
13	Los puntajes de calificación son adecuados				X	
14	La escala de medición del instrumento utilizado es la correcta				X	

I. OPINIÓN DE APLICABILIDAD: Fecha: 5/12/2021

II. Promedio de Valoración:


Mg. Carla Mena Nevado

DNI N° 42467125

ANEXO 16

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

1. DATOS GENERALES:

a. Título Del Trabajo De Investigación:

Diseño de perforación y voladura para mejorar el avance lineal en la Galería NW01 – Nivel 2670- Contrata Castillo Jara Teresa

b. Investigador (a) (es):

Quispe Monsalve,
Stefany Edith
Santamaria Asalde,
Brayan Abel

2. ASPECTOS A VALIDAR:

Indicadores	Criterios	Deficiente 0-20	Baja 21-40	Regular 41-60	Buena 61-80	Muy buena 81-100
Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado				↙	
Objetividad	Está expresado en conductas observables				↙	
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					↙
Organización	Existe una organización lógica				↙	
Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					↙
Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de la estrategias				↙	
Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos					
Coherencia	Existe coherencia entre los índices, dimensiones e indicadores				↙	↙
Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				↙	
Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación					↙

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 88

3. OPINION DE APLICABILIDAD:

.....
.....

4. Datos del Experto:

Nombre y apellidos: Carla Mena Nevado _____ DNI: 42467125

Grado académico: MAGISTER Centro de Trabajo: UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Firma: _____



Fecha: 24/11/2021

ANEXO 17

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

Experto: Dr. (Mg) : Carla Mena Nevado

Centro de Trabajo y cargo que ocupa: Universidad César Vallejo

Dirección:

e-mail:

Teléfono:

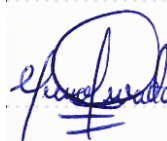
Nº	PREGUNTAS	DEFICIENTE 0-25	REGULAR 26-50	BUENA 51-75	MUY BUENA 76-100
01	¿El instrumento responde al título del proyecto de investigación?			x	
02	¿El instrumento responde a los objetivos de investigación?			x	
03	¿Las dimensiones que se han tomado en cuenta son adecuadas para la realización del instrumento?			x	
04	¿El instrumento responde a la operacionalización de las variables?			x	
05	¿La estructura que presenta el instrumento es de forma clara y precisa?			x	
06	¿Los ítems están redactados en forma clara y precisa?			x	
07	¿Existe coherencia entre el ítem y el indicador?			x	
08	¿Existe coherencia entre variables e ítems?			x	
09	¿El número de ítems del instrumento es el adecuado?			x	
10	¿Los ítems del instrumento recogen la información que se propone?			x	

Opinión de Aplicabilidad:

.....
 ...

 ...

 ...



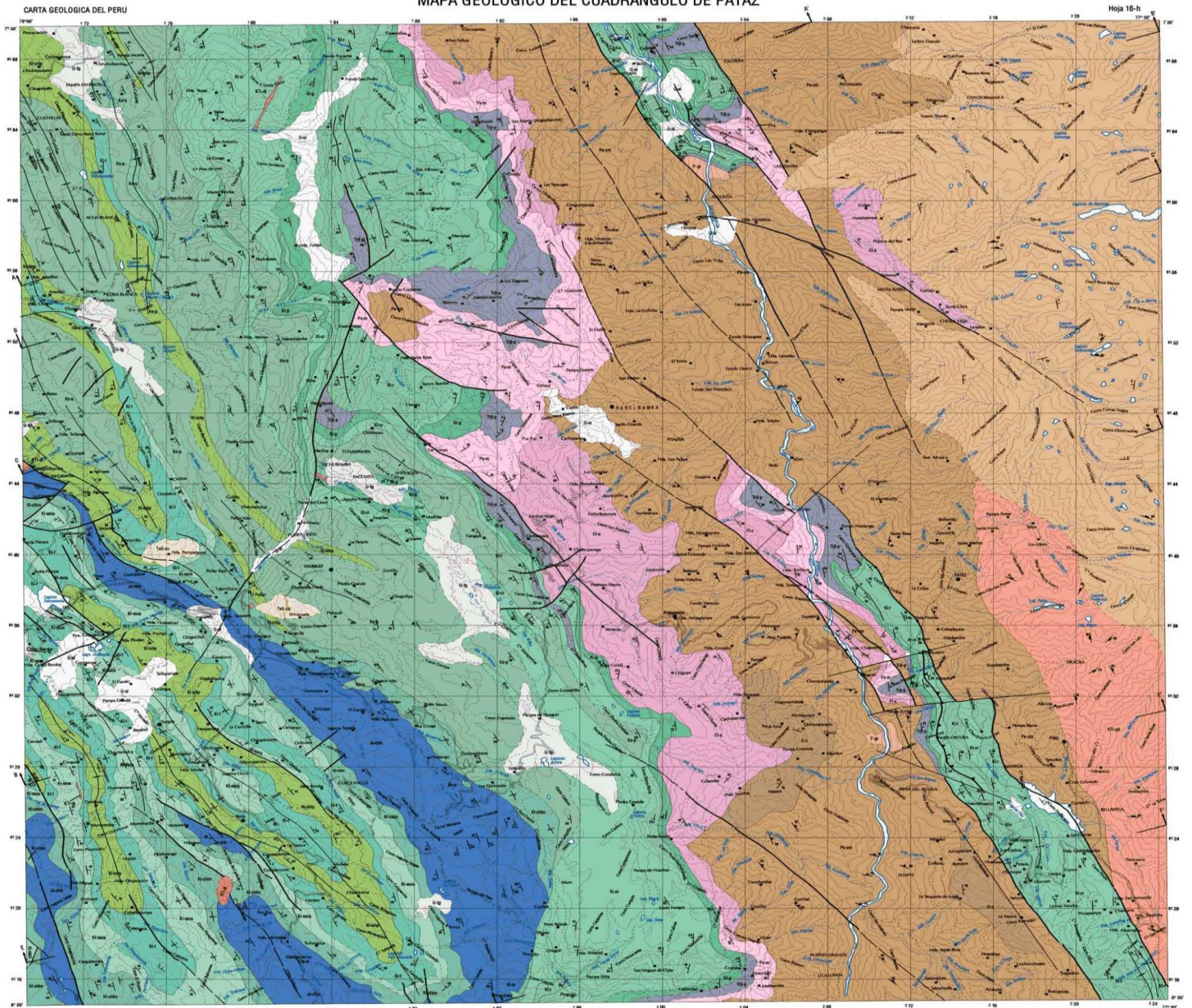
Nombre y firma del Experto

Validador DNI N° 42467125

Fecha: 5/12/2021

ANEXO 18

MAPA GEOLOGICO DEL CUADRANGULO DE PATAZ



LEYENDA

ERA	SISTEMA	GRUPO	UNIDADES ESTADÍSTICAS	SECTOR OCCIDENTAL	SECTOR ORIENTAL	ROCAS METAMORFICAS
MESOZOICO	CRETACEO	Cretácico Superior	Depositos Marinos	Gr-1		
			Depositos Fluvio-glaciares	Gr-2		
	CRETACEO	Cretácico Inferior	Fm. Chichasaca	Gr-3	Gr-4	Gr-5
PALEOZOICO	PERMIANO	Permiano Superior	Fm. Tumbes	Pr-1	Pr-2	Pr-3
	PERMIANO	Permiano Inferior	Fm. Tumbes	Pr-4	Pr-5	Pr-6
MESOZOICO	CRETACEO	Cretácico Inferior	Fm. Tumbes	Pr-7	Pr-8	Pr-9
MESOZOICO	CRETACEO	Cretácico Superior	Fm. Tumbes	Pr-10	Pr-11	Pr-12
MESOZOICO	CRETACEO	Cretácico Superior	Fm. Tumbes	Pr-13	Pr-14	Pr-15
MESOZOICO	CRETACEO	Cretácico Superior	Fm. Tumbes	Pr-16	Pr-17	Pr-18
MESOZOICO	CRETACEO	Cretácico Superior	Fm. Tumbes	Pr-19	Pr-20	Pr-21
MESOZOICO	CRETACEO	Cretácico Superior	Fm. Tumbes	Pr-22	Pr-23	Pr-24
MESOZOICO	CRETACEO	Cretácico Superior	Fm. Tumbes	Pr-25	Pr-26	Pr-27
MESOZOICO	CRETACEO	Cretácico Superior	Fm. Tumbes	Pr-28	Pr-29	Pr-30
MESOZOICO	CRETACEO	Cretácico Superior	Fm. Tumbes	Pr-31	Pr-32	Pr-33
MESOZOICO	CRETACEO	Cretácico Superior	Fm. Tumbes	Pr-34	Pr-35	Pr-36
MESOZOICO	CRETACEO	Cretácico Superior	Fm. Tumbes	Pr-37	Pr-38	Pr-39
MESOZOICO	CRETACEO	Cretácico Superior	Fm. Tumbes	Pr-40	Pr-41	Pr-42
MESOZOICO	CRETACEO	Cretácico Superior	Fm. Tumbes	Pr-43	Pr-44	Pr-45
MESOZOICO	CRETACEO	Cretácico Superior	Fm. Tumbes	Pr-46	Pr-47	Pr-48
MESOZOICO	CRETACEO	Cretácico Superior	Fm. Tumbes	Pr-49	Pr-50	Pr-51
MESOZOICO	CRETACEO	Cretácico Superior	Fm. Tumbes	Pr-52	Pr-53	Pr-54
MESOZOICO	CRETACEO	Cretácico Superior	Fm. Tumbes	Pr-55	Pr-56	Pr-57
MESOZOICO	CRETACEO	Cretácico Superior	Fm. Tumbes	Pr-58	Pr-59	Pr-60
MESOZOICO	CRETACEO	Cretácico Superior	Fm. Tumbes	Pr-61	Pr-62	Pr-63
MESOZOICO	CRETACEO	Cretácico Superior	Fm. Tumbes	Pr-64	Pr-65	Pr-66
MESOZOICO	CRETACEO	Cretácico Superior	Fm. Tumbes	Pr-67	Pr-68	Pr-69
MESOZOICO	CRETACEO	Cretácico Superior	Fm. Tumbes	Pr-70	Pr-71	Pr-72
MESOZOICO	CRETACEO	Cretácico Superior	Fm. Tumbes	Pr-73	Pr-74	Pr-75
MESOZOICO	CRETACEO	Cretácico Superior	Fm. Tumbes	Pr-76	Pr-77	Pr-78
MESOZOICO	CRETACEO	Cretácico Superior	Fm. Tumbes	Pr-79	Pr-80	Pr-81
MESOZOICO	CRETACEO	Cretácico Superior	Fm. Tumbes	Pr-82	Pr-83	Pr-84
MESOZOICO	CRETACEO	Cretácico Superior	Fm. Tumbes	Pr-85	Pr-86	Pr-87
MESOZOICO	CRETACEO	Cretácico Superior	Fm. Tumbes	Pr-88	Pr-89	Pr-90
MESOZOICO	CRETACEO	Cretácico Superior	Fm. Tumbes	Pr-91	Pr-92	Pr-93
MESOZOICO	CRETACEO	Cretácico Superior	Fm. Tumbes	Pr-94	Pr-95	Pr-96
MESOZOICO	CRETACEO	Cretácico Superior	Fm. Tumbes	Pr-97	Pr-98	Pr-99
MESOZOICO	CRETACEO	Cretácico Superior	Fm. Tumbes	Pr-100	Pr-101	Pr-102



- SIMBOLOGIA**
- Contacto concordado
 - Contacto probable
 - Falla principal
 - Falla subordinada
 - Falla probable
 - Sobrescaramiento
 - Falla transcurriente
 - Eje de anticlinal
 - Eje de sinclinal
 - Rumbo y buzamiento de capas
 - Rumbo y buzamiento de capas invertidas
 - Capas verticales
 - Buzamientos observados en la aerofotogrametria:
 - Buzamiento fuerte
 - Buzamiento mediano
 - Rumbo y buzamiento de foliacion
 - Rumbo y buzamiento de juntas
 - Artorias verticales
 - Linea de seccion
 - Prospecto minero o mina abandonada
 - Carretera afirmada
 - Camino carrozable

Figura 4: Mapa Geológico del Cuadrángulo de Patate, Hoja 16-h
Fuente: Instituto Geológico Minero Metalúrgico (INGEMMET)

ANEXO 19

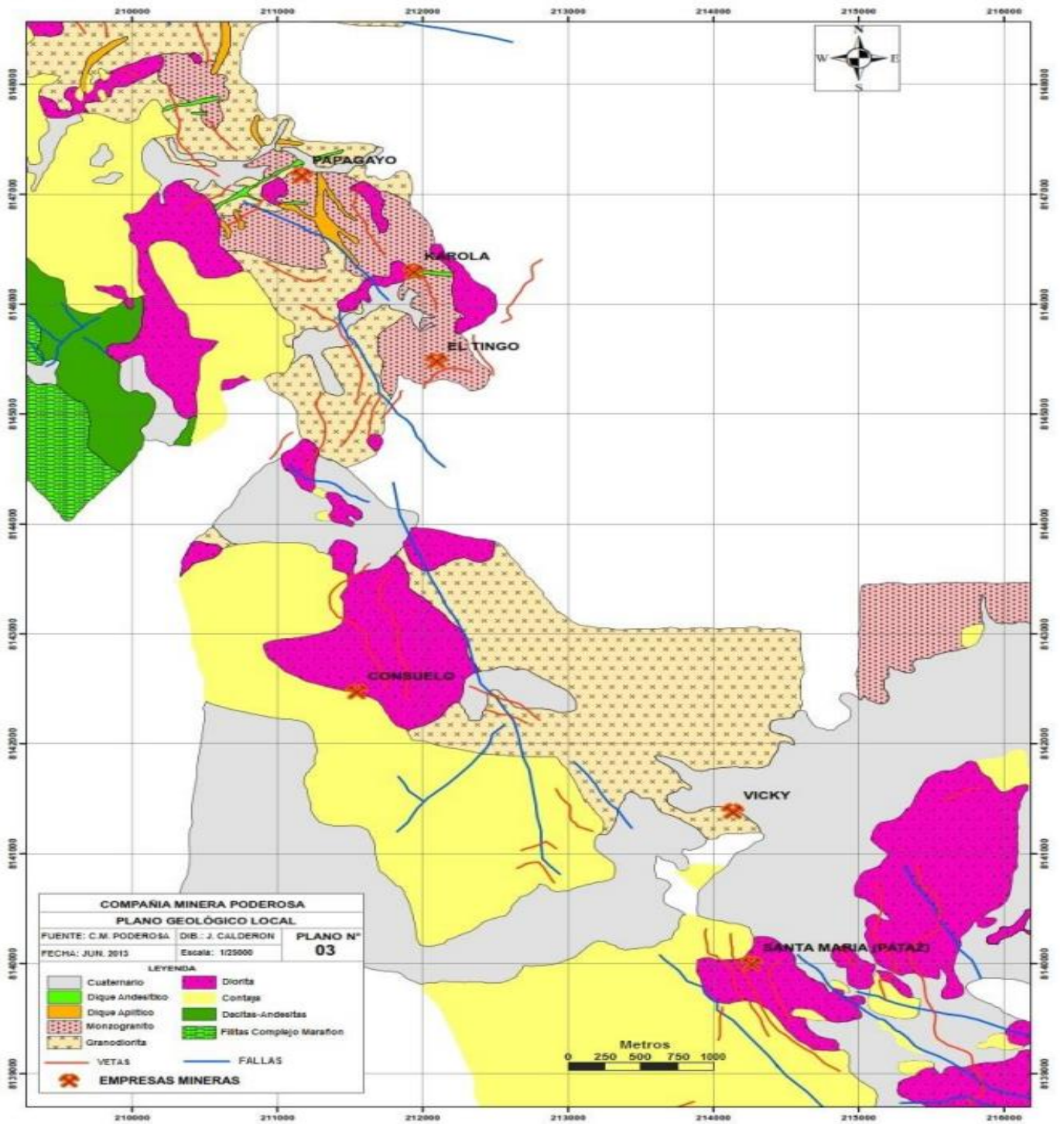


Figura 5: Mapa Geológico Local de Pataz

Fuente: Cia. Minera Poderosa

ANEXO 20



Figura 6: Perforación diamantina y extracción de testigos

Fuente: Elaboración Propia



Figura 7: Testigos obtenidos producto de la perforación diamantina

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 21



Figura 8: Ensayo de Carga Puntual

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 22

Tabla 14: Tabla RMR de Bieniawski

		Parámetros de clasificación							
1	Resistencia de la Matriz Rocosa	Compresión Simple (MPa)	>250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1	<1
		Puntuación	15	12	7	4	2	1	0
2	RQD		100-90%	90-75%	75-50%	20-25%	<25%		
		Puntuación	20	17	13	6	3		
3	Separación entre las diaclasas		>2m	2-0.6m	0.6-0.2m	0.2-0.06m	<0.06m		
		Puntuación	20	15	10	8	5		
4	Estado de las discontinuidades	Persistencia	<1m	1-3m	3-10m	10-20m	>20m		
		Puntuación	6	4	2	1	0		
		Abertura	Cerrada	<0.1mm	0.1-1mm	1-5mm	>5mm		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno duro <5mm	Relleno duro >5mm	Relleno suave <5mm	Relleno suave >5mm		
		Puntuación	6	4	2	2	0		
		Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta		
		Puntuación	6	5	3	1	0		
5	Agua freática	Estado general	Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Agua fluyendo		
		Puntuación	15	10	7	4	0		

Fuente: Engineering Rock Mass Classifications. Bieniawski R. (1989)

ANEXO 23

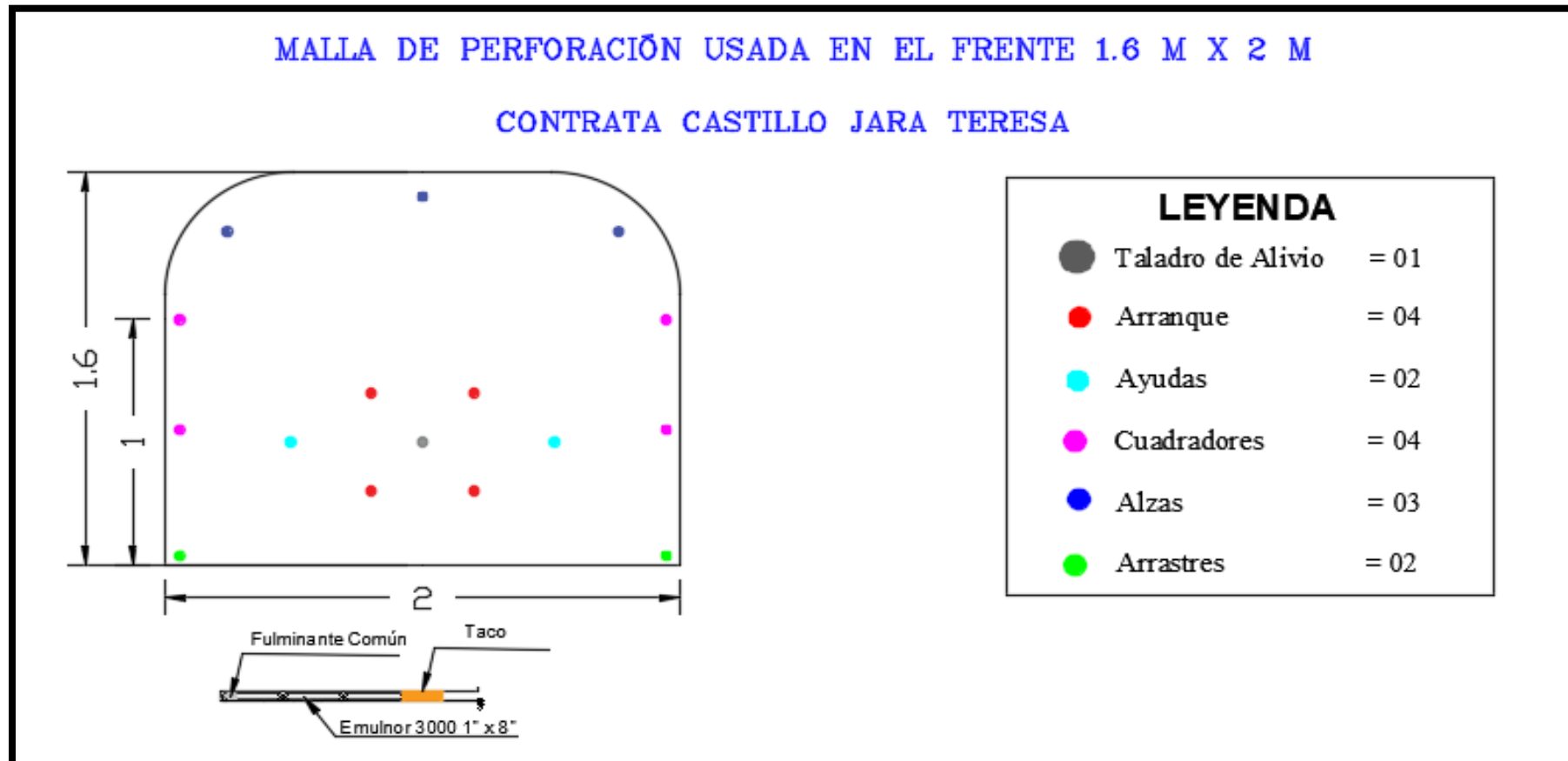


Figura 9: Malla de perforación empírica usada actualmente en el frente 1.6 x 2.0 m.

Fuente: Elaboración Propia en AutoCAD

ANEXO 24

Tabla 15: Datos obtenidos producto de la voladura empírica

DATOS OBTENIDOS PRODUCTO DE LA VOLADURA									
FECHA	SECCION			AVANCE POR DISPARO		Volúmen	TONELADAS/DIA		Factor de Carga
MAYO	ANCHO(m)	ALTO(m)	ÁREA (m)	DIA(mt)	Noche(mt)	m3	TEORICO(ton)	REAL(ton)	Kg/m3
2/05/2022	2	1.6	3.1	0.80	0.74	2.48	7.3	6.70	1.95
3/05/2022	2	1.6	3.1	0.85	0.86	2.64	7.3	7.11	1.84
4/05/2022	2	1.6	3.1	0.75	0.74	2.33	7.3	6.28	2.08
5/05/2022	2	1.6	3.1	0.78	0.79	2.42	7.3	6.53	2.00
6/05/2022	2	1.6	3.1	0.8	0.77	2.48	7.3	6.70	1.95
7/05/2022	2	1.6	3.1	0.82	0.83	2.54	7.3	6.86	1.90
9/05/2022	2	1.6	3.1	0.77	0.78	2.39	7.3	6.44	2.03
10/05/2022	2	1.6	3.1	0.79	0.77	2.45	7.3	6.61	1.98
11/05/2022	2	1.6	3.1	0.87	0.85	2.70	7.3	7.28	1.79
12/05/2022	2	1.6	3.1	0.83	0.82	2.57	7.3	6.95	1.88
13/05/2022	2	1.6	3.1	0.81	0.83	2.51	7.3	6.78	1.93
14/05/2022	2	1.6	3.1	0.88	0.89	2.73	7.3	7.37	1.77
15/05/2022	2	1.6	3.1	0.83	0.85	2.57	7.3	6.95	1.88
16/05/2022	2	1.6	3.1	0.84	0.86	2.60	7.3	7.03	1.86
17/05/2022	2	1.6	3.1	0.86	0.87	2.67	7.3	7.20	1.82

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 25

Carta de aceptación

Trujillo, 08 de Abril del 2022

CARTA DE ACEPTACIÓN

La contrata minera **CASTILLO JARA TERESA** con número de **RUC 10071689994**, la cual desempeña roles de extracción de minerales metalíferos no ferrosos.

CERTIFICA

Que, la Srta. **QUISPE MONSALVE STEFANY EDITH**, con número de DNI 73444099, y el Sr. **SANTAMARIA ASALDE BRAYAN ABEL**, con número de DNI 73107460, quienes son estudiantes del X ciclo de la carrera de INGENIERIA DE MINAS de la UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO, han sido aceptados para realizar el trabajo de investigación titulado "Diseño de perforación y voladura para mejorar el avance lineal en la Galería NW01- Nivel 2670 – Contrata Castillo Jara Teresa"; dentro de nuestra empresa, esto con el afán que tiene la empresa de apoyar y promover el desarrollo de la educación y la investigación.

Se expide la presente a carta del interesado, para los fines que crea conveniente.

Atentamente



NOMBRE: CASTILLO JARA TERESA

RUC: 10071689994

Fuente: Contrata Castillo Jara Teresa

ANEXO 26

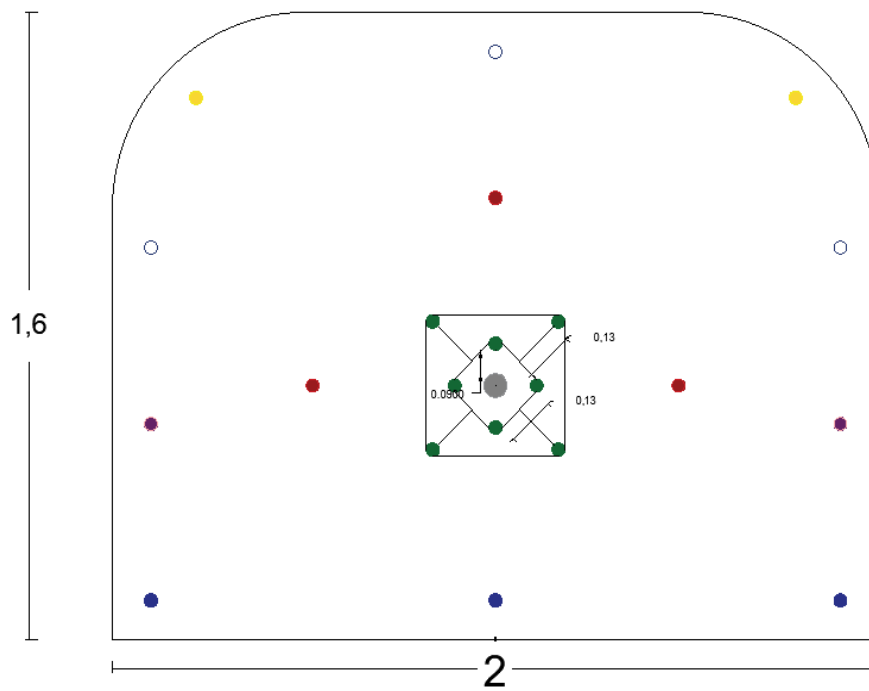


Figura 10: Malla de perforación propuesta

Fuente: Elaboración Propia en AutoCAD



Figura 11: Delimitación empírica de los taladros de perforación

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 27



Figura 12: Unión de explosivo Emulnor 3000 con Carmex de 1.8 metros

Fuente: Elaboración Propia



Figura 13: Colocación de explosivos en los taladros del frente de la labor

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 28

Tabla 16: Datos obtenidos producto de la voladura con la nueva malla

DATOS OBTENIDOS PRODUCTO DE LA VOLADURA CON LA NUEVA MALLA									
FECHA	SECCION			AVANCE POR DISPARO		Volúmen	TONELADAS/DIA		Factor de Carga
MAYO	ANCHO(m)	ALTO(m)	ÁREA (m)	DIA(mt)	Noche(mt)	m3	TEORICO (ton)	REAL(ton)	Kg/m3
6/05/2022	2	1.6	3.1	1.35	1.33	4.19	7.3	11.30	1.67
7/05/2022	2	1.6	3.1	1.38	1.35	4.28	7.3	11.55	1.64
8/05/2022	2	1.6	3.1	1.36	1.33	4.22	7.3	11.38	1.66
9/05/2022	2	1.6	3.1	1.35	1.37	4.19	7.3	11.30	1.67
10/05/2022	2	1.6	3.1	1.39	1.35	4.31	7.3	11.63	1.62
11/05/2022	2	1.6	3.1	1.38	1.38	4.28	7.3	11.55	1.64
12/05/2022	2	1.6	3.1	1.35	1.3	4.19	7.3	11.30	1.67
14/05/2022	2	1.6	3.1	1.35	1.36	4.19	7.3	11.30	1.67
15/05/2022	2	1.6	3.1	1.38	1.36	4.28	7.3	11.55	1.37
16/05/2022	2	1.6	3.1	1.37	1.35	4.24	7.3	11.48	1.35

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 29

Tabla 17: Volumen diferencial (Malla empírica/Malla propuesta)

MALLA EMPÍRICA			MALLA PROPUESTA				VOLUMEN DIFERENCIAL	
VOLADURA	AVANCE LINEAL ANTES		VOLUMEN ANTES	VOLADURA	AVANCE LINEAL ACTUAL			VOLUMEN ACTUAL
MAYO	DIA(mt)	NOCHE(mt)	m/3	JUNIO	DIA(mt)	NOCHE(mt)	m/3	m/3
2/05/2022	0.80	0.74	2.48	6/06/2022	1.35	1.33	4.19	1.71
3/05/2022	0.85	0.86	2.64	7/06/2022	1.38	1.35	4.28	1.64
4/05/2022	0.75	0.74	2.33	8/06/2022	1.36	1.33	4.22	1.89
5/05/2022	0.78	0.79	2.42	9/06/2022	1.35	1.37	4.19	1.77
6/05/2022	0.8	0.77	2.48	10/06/2022	1.39	1.35	4.31	1.83
7/05/2022	0.82	0.83	2.54	11/06/2022	1.38	1.38	4.28	1.74
9/05/2022	0.77	0.78	2.39	13/06/2022	1.35	1.35	4.19	1.80
10/05/2022	0.79	0.77	2.45	14/06/2022	1.35	1.36	4.19	1.74
11/05/2022	0.87	0.85	2.70	15/06/2022	1.37	1.37	4.25	1.55
12/05/2022	0.83	0.82	2.57	16/06/2022	1.36	1.39	4.22	1.64
13/05/2022	0.81	0.83	2.51	17/06/2022	1.39	1.36	4.31	1.80
14/05/2022	0.88	0.89	2.73	18/06/2022	1.36	1.35	4.22	1.49
15/05/2022	0.83	0.85	2.57	19/06/2022	1.37	1.37	4.25	1.67
16/05/2022	0.84	0.86	2.60	20/06/2022	1.38	1.38	4.28	1.67
17/05/2022	0.86	0.87	2.67	21/06/2022	1.39	1.37	4.31	1.64

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 30

Tabla 18: Costos de perforación y voladura (Malla empírica)

CASTILLO JARA TERESA		2.0 X1.6					
		ELABORADO POR :		QUISPE - SANTAMARIA			
Tipo De Roca	III			Sección	2 m X 1.6 m		
Total de taladros	16.00			Eficiencia de voladura	0.90		
Taladros de alivio	1.00			Eficiencia de perforación	0.86		
Long. Barreno	4.00	Ft	1.2192	Long. avance	0.94		
Kg Explosivo	4.90			m3/disparo	2.70		
Factor de Carga	1.81			Total Pp perforados	57.60		Pp
MONEDA	DÓLAR			Tipo De Cambio	3.75		
ITEM	Descripción	Cantidad	Unidad	P.U.(US\$)	Parcial	U\$\$/Mt	TOTAL
1.00	MANO DE OBRA H/G						
	Perforista	1.00	Tarea	26.61	26.61	28.20	
	Ayudante Perforista	1.00	Tarea	21.29	21.29	22.56	
	Peones	1.00	Tarea	15.97	15.97	16.92	
	TOTAL						67.68
2.00	ACEROS DE PERFORACION						
	BARRA CONICA 4'	57.60	Pp	0.09	5.18	5.49	
	BARRA CONICA 3'	2.25	Pp	0.05	0.11	0.12	
	BROCA 34 MM	59.85	Pp	0.05	2.99	3.17	
	TOTAL						8.78
3.00	EPP						
	EPP PERFORACION	3.00	Tarea	3.47	10.40	11.02	11.02
4.00	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS						
	PERF. Y VOL. JACK LEG	1.00	Disp.	13.67	13.67	14.48	
	ACEITE	1.00	gl	12.40	12.40	13.14	
	LAMPARA MINERA CON CARGADOR	3.00	Tarea	0.54	1.62	1.72	
	CARRETILLA	2.00	Disp.	0.21	0.42	0.45	
	TOTAL						29.79
5.00	EXPLOSIVOS						
	EMULNOR 3000 1 1/4" x 8"	45.00	Unid.	0.25	11.25	11.92	
	Det. Ensamblados 7' Carmex	15.00	Unid.	0.60	9.00	9.54	
	Mecha Rápida	12.00	Mts	0.56	6.72	7.12	
	COSTO DE EXPLOSIVOS						28.58
	COSTO DIRECTO						145.86
	UTILIDAD		8.0%				11.67
TOTAL US\$/m CON EXPLOSIVOS							157.53
TOTAL US\$/m SIN EXPLOSIVOS							126.66

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 31

Tabla 19: Costos de perforación y voladura (Malla propuesta)

CASTILLO JARA TERESA		2.0 X1.6						
		ELABORADO POR : QUISPE - SANTAMARIA						
Tipo De Roca	III			Sección		2 m X 1.6 m		
Total de taladros	22.00			Eficiencia de voladura		0.95		
Taladros de alivio	1.00			Eficiencia de perforación		0.95		
Long. Barreno	5.00 Ft	1.524		Long. avance		1.38		
Kg Explosivo	7.00			m3/disparo		4.30		
Factor de Carga	1.63			Total Pp perforados		104.50	Pp	
MONEDA	DÓLAR			Tipo De Cambio		3.75		
ITEM	Descripción	Cantidad	Unidad	P.U.(US\$)	Parcial	U\$\$/Mt	TOTAL	
1.00	MANO DE OBRA H/G							
	Perforista	1.00	Tarea	26.61	26.61	19.35		
	Ayudante Perforista	1.00	Tarea	21.29	21.29	15.48		
	Peones	1.00	Tarea	15.97	15.97	11.61		
	TOTAL						46.44	
2.00	ACEROS DE PERFORACION							
	BARRA CONICA 5'	104.50	Pp	0.09	9.41	6.84		
	BARRA CONICA 3'	2.25	Pp	0.05	0.11	0.08		
	BROCA 34 MM	102.00	Pp	0.05	5.10	3.71		
	BROCA 40 MM	4.75	Pp	0.06	0.29	0.21		10.83
3.00	EPP							
	EPP PERFORACION	3.00	Tarea	3.47	10.40	7.56		7.56
4.00	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS							
	PERF. Y VOL. JACK LEG	1.00	Disp.	13.67	13.67	9.94		
	ACEITE	1.00	gl	12.40	12.40	9.02		
	LAMPARA MINERA CON CARGADOR	3.00	Tarea	0.54	1.62	1.18		
	CARRETILLA	2.00	Disp.	0.21	0.42	0.31		20.44
5.00	EXPLOSIVOS							
	EMULNOR 3000 1 1/4" x 8"	67.00	Unid.	0.25	16.75	12.18		
	Det. Ensamblados 7' Carmex	21.00	Unid.	0.60	12.60	9.16		
	Mecha Rápida	15.50	Mts	0.56	8.68	6.31		
	COSTO DE EXPLOSIVOS							27.65
	COSTO DIRECTO							112.92
	UTILIDAD			8.0%				9.03
TOTAL US\$/m CON EXPLOSIVOS								121.96
TOTAL US\$/m SIN EXPLOSIVOS								92.09

Fuente: Elaboración Propia



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**

Declaratoria de Autenticidad de los asesores

Nosotros, SALAZAR CABREJOS ROSA ELIANA, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA DE MINAS de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesores de Tesis titulada: "Diseño de perforación y voladura para mejorar el avance lineal en la Galería NW01- Nivel 2670 – Contrata Castillo Jara Teresa", cuyos autores son QUISPE MONSALVE STEFANY EDITH, SANTAMARIA ASALDE BRAYAN ABEL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de %, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

Hemos revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 11 de Julio del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
SALAZAR CABREJOS ROSA ELIANA : 41661370 ORCID: 0000-0002-1144-2037	Firmado electrónicamente por: SCABREJOSRE el 11-07-2022 01:09:45
SALAZAR CABREJOS ROSA ELIANA : 41661370 ORCID: 0000-0002-1144-2037	Firmado electrónicamente por: SCABREJOSRE el 13-07-2022 18:36:08
ARANGO RETAMOZO SOLIO MARINO : 26733726 ORCID: 0000-0003-3594-0329	Firmado electrónicamente por: SARANGOR el 13- 07-2022 19:13:11

Código documento Trilce: INV - 0927449