



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Análisis de Control de Voladura para Reducir la Sobrerotura de Roca
Caja En la Unidad de Producción Pallasca

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero de Minas**

AUTORES:

Estela Yomona, Jimmy (ORCID: 0000-0003-3702-5749)

Estela Yomona, Kenji (ORCID: 0000-0002-6312-0101)

ASESORES:

Mg. Salazar Cabrejos, Rosa Eliana (ORCID: 0000-0002-1144-2037)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Perforación y Voladura de Rocas

CHICLAYO – PERÚ

2020

Dedicatoria

A mi hermano y a mis padres que nos dieron el respaldo incondicional para poder lograr con éxito esta hermosa carrera.

Los autores

Agradecimiento

A la Universidad César Vallejo y a la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas que trataron de darnos un buen servicio en nuestra formación académica.

A los ingenieros y docentes que influyeron en nuestra formación y dieron su aporte para seguir adelante, en la cual siempre los tendremos presente en nuestra vida.

A nuestros compañeros de estudio y amigos quienes permitieron la preparación de esta tesis y a todas aquellas personas que influyeron directa e indirecta y poder llegar así a la meta.

Los autores

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas	viii
Índice de figuras	ix
Resumen	x
Abstract	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación	11
3.2. Variables y operacionalización.....	11
3.3. Población, muestra.....	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	12
3.5. Procedimiento	13
3.6. Método de análisis de datos.....	14
3.7. Aspectos éticos	14
IV. RESULTADOS	15
V. DISCUSIÓN	22
VI. CONCLUSIONES.....	26
VII. RECOMENDACIONES	27
REFERENCIAS.....	28
ANEXOS	36

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Cálculo del índice de la calidad de la roca (RQD)</i>	15
Tabla 2. <i>Clasificación de Rock Mass Rating (RMR) – Galería Ga 700 SW.</i>	16
Tabla 3. <i>Parámetros de perforación utilizados para la sección 3.5 m x 3.5 m</i>	17
Tabla 4. <i>Distribución de carga explosiva por cada grupo de taladros</i>	19
Tabla 5. <i>Resultados de la voladura aplicada por la empresa</i>	19
Tabla 6. <i>Especificaciones técnicas dinamita Exsablock y Pulverulenta 65</i>	20
Tabla 7. <i>Análisis comparativos con la dinamita pulverulenta 65</i>	21

Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Longitud de testigo para la evaluación RQD.	15
<i>Figura 2.</i> Diseño de malla de perforación y la secuencia de la voladura.....	17
<i>Figura 3.</i> Diseño de los taladros de arranque.....	18
<i>Figura 4.</i> Distribución de la carga explosiva según su potencia.	20

Resumen

Nuestra tesis tuvo como objetivo general, analizar el control de voladura para reducir la sobrerotura de roca caja en la Unidad de Producción Pallasca. La investigación surgió de la observación de un problema vinculado a la sobrerotura existente en la galería por el exceso de carga explosiva en los taladros de contorno, para dicha investigación se tomó como muestra la galería Ga 700 SW, con tipo de investigación básica descriptiva y con el diseño no experimental transversal.

Con el uso de los instrumentos, software AutoCAD y el programa Excel2016 se obtuvo como resultado un RMR de tipo III donde se aplicó la malla de perforación y la carga explosiva con Anfo Exsamon - P, originando una sobrerotura del 13.62%. El error identificado fue por el exceso de carga la cual se propuso usar el explosivo pulverulento 65 que según las evidencias de su aplicación de este explosivo reduce a un 5.73% la sobrerotura, todos estos resultados se presentan por medio de tablas y figuras enumeradas, todo este trabajo permitió concluir que para tener una reducción en la sobrerotura se debe tener un control en la carga de explosivo en los taladros de contorno y mantener el paralelismo en la perforación.

Palabras claves: Control de voladura, sobrerotura, perforación.

Abstract

Our thesis had the general objective of analyzing blast control to reduce box rock overbreak in the Pallasca Production Unit. The investigation arose from the observation of a problem related to the existing overbreak in the gallery due to the excess explosive charge in the contour holes, for this investigation the Ga 700 SW gallery was taken as a sample, with a type of descriptive basic research and with non-experimental cross-sectional design. With the use of the instruments, AutoCAD software and the Excel2016 program, a type III RMR was obtained, where the perforation mesh and the explosive charge were applied with Anfo Exsamon - P, causing an overbreak of 13.62%. The error identified was due to the excess charge, which was proposed to use the powdery explosive 65 which, according to the evidence of its application of this explosive, reduces the excess burst to 5.73%, all these results are presented by means of tables and enumerated figures, all This work allowed us to conclude that in order to have a reduction in overbreak, it is necessary to control the explosive charge in the contour holes and maintain parallelism in the drilling.

Keywords: Blast control, overbreak, drilling.

I. INTRODUCCIÓN

La minería en el Perú es muy importante considerado uno de sus pilares económicos, donde sus mayores yacimientos se sitúan en la Cordillera de los Andes. Estos yacimientos son explotados y representados por sus grandes empresas líderes a nivel internacional, realizando sus extracciones con métodos ya sea a tajo abierto o subterráneo. Sus explotaciones se realizan de distintos tipos ya sea de forma mecanizada aplicando máquinas modernas, convencional para pequeñas mineras y artesanal.

En la minería subterránea las labores ayudan a extender la producción y recursos facilitando la extracción de los minerales. Para su proceso se realiza excavaciones que al ser aplicados sin contar con el diseño óptimo se produce la sobrerotura del macizo rocoso afectando su sostenimiento natural y así elevando más los costos a la empresa, esto conlleva a requerir un diseño de malla adecuado y con un rendimiento del avance mayor al 95%.

La realidad problemática que se genera dentro de las operaciones de perforación y voladura en las labores de minería subterránea es la sobrerotura, donde dependerá de la forma de ejecución del diseño de las mallas para tener resultados óptimos. Por ello en la Unidad de Producción Pallasca ubicada en la comunidad de Chora, distrito de Lacabamba, provincia de Pallasca región Ancash a una altitud de 3600 msnm. La explotación de sus minerales se realiza de manera subterránea, donde al hacer la excavación de sus labores existe la sobrerotura, donde la principal causa es por el exceso de carga explosiva en los taladros de contorno y como consecuencia conlleva a la sobrerotura de la roca caja afectando el macizo rocoso.

Donde Romani (2018) indica que las causas que genera la sobrerotura es el mal diseño de la malla de perforación por la incorrecta clasificación geomecánica y el tipo de explosivo seleccionado. Esto llevará como consecuencia la inadecuada distribución de los taladros y el incorrecto uso de los explosivos.

Considerando que otra causa que produce la sobrerotura es el posicionamiento incorrecto de la perforadora para los taladros en la labor subterránea, la cual al tener una mala perforación trae como consecuencia la desviación de taladros la

cual al momento de la voladura se produce la sobrerotura. Para Molina y Rincón (2017) considera que la perforación ineficiente producida por el mal uso de la perforadora y la falta de experiencia del perforista, que trae como consecuencia la desviación de los taladros y la falta del paralelismo llegando a tener la longitud irregular de los taladros y que llevaría al mayor consumo de explosivo.

Es muy importante que el diseño de malla de perforación sea el correcto para el tipo de roca, ya que de acuerdo al mismo se designa el número de taladros, pero algunos maestros perforistas no realizan adecuadamente la perforación a causa de su exceso de confianza por sus años de experiencia y como consecuencia conlleva a realizar taladros muy unidos o separados y la sobrecarga de explosivos trayendo consigo mayor uso de los explosivos. Según Uyaguari (2018) se da el caso que algunos técnicos de perforación no proyectan correctamente la distribución de los taladros más aún cuando la Geomecánica es variada conforme se realiza el avance de la labor subterránea.

Otra causa que produce la sobre rotura es el exceso de carga de explosivos o el uso de explosivos con mayor densidad y poder rompedor que se utiliza en los taladros de contorno la cual trae como consecuencia la sobrerotura y el daño a al macizo rocoso de tal manera que luego esto conlleva hacer uso de sistemas de sostenimiento. Según Chipana (2015) existe el caso en la explotación convencional la aplicación del exceso de carga de columna explosiva con el objetivo de alcanzar mayor fragmentación de la roca.

También se considera que, al realizar un incorrecto estudio geológico para saber el tipo de roca, esto llevará a elaborar un mal diseño de malla de perforación y voladura. Para Silva (2017), indica que al perforar los taladros muy cercanos los explosivos con mayor densidad liberan mayor energía abarcando mayor área de perturbación dañando el macizo rocoso.

Frente a lo expuesto se planteó la siguiente formulación del problema ¿De qué manera el análisis de control de voladura permitirá reducir la sobrerotura de la roca caja en la Unidad de Producción Pallasca?

Por otra parte, la justificación para esta investigación de acuerdo a las operaciones unitarias en minería subterránea como perforación y voladura es analizar el control de la voladura con la finalidad de reducir la sobrerotura en las galerías. Como justificación teórica, la investigación se basó en teorías científicas, así mismo basándose en el análisis de documentos que ayudó a la estructuración del análisis para un control de voladura que permitió reducir la sobrerotura de la Unidad de Producción Pallasca, además aportando conocimientos, donde los resultados o conclusiones serán usados para investigaciones futuras.

También se tiene como justificación metodológica donde se aplicó instrumentos de recolección de datos tales como la guía de observación y la guía de análisis documental, siendo procesados para su confiabilidad y validez. Estos servirán de guía para investigadores interesados brindándoles información referente a la problemática. Como relevancia social, la investigación basada en un control de voladura ayudó a reconocer los factores que afectan a una sobrerotura las cual estas pueden ser modificadas y siendo beneficiados los perforistas para tener resultados más eficientes. Como aspecto económico al tener un control en la voladura se reducirá la sobrerotura o la dilución, por lo tanto, no generaría un sobredimensionamiento de equipos, reduciendo costos para la empresa.

De acuerdo a la investigación se plantea como objetivo general: “Analizar el control de voladura para reducir la sobrerotura de roca caja en la Unidad de Producción Pallasca”, y los objetivos específicos son: Identificar las características geomecánicas del macizo rocoso para delimitar la sobrerotura de roca caja en la Unidad de Producción Pallasca, analizar el diseño de la malla de perforación y voladura utilizado, para determinar el exceso de sobrerotura de roca caja en la Unidad de Producción Pallasca, describir los tipos de explosivos requeridos para la voladura en galería Ga 700 SW para acortar la sobrerotura de roca caja en la Unidad de Producción Pallasca.

De acuerdo a los objetivos planteados se tiene la siguiente hipótesis que, al analizar el control de voladura, esto ayuda a disminuir la sobrerotura de la roca caja en la Unidad de Producción Pallasca.

II. MARCO TEÓRICO

Para la elaboración de esta investigación se contó con antecedentes de nivel internacional y asimismo a nivel nacional, los cuales nos permitió darle una valoración a la información recopilada.

A nivel internacional Uyaguari (2018) en su tesis “Diseño de malla de perforación y voladura basado en clasificaciones Geomecánicas para optimizar el consumo de sustancia explosiva en las galerías del nivel 2 ½ del Proyecto Minero El Inca”. Tuvo como objetivo establecer un diseño de malla con un coeficiente para el consumo específico de explosivo a través de la clasificación geomecánica, concluyendo que es muy importante tener conocimiento sobre el levantamiento geomecánica la cual ayudó a identificar la calidad del macizo rocoso. Esta investigación nos permitió entender la importancia de realizar la clasificación geomecánica (RMR) conforme se realiza el avance de la galería y con los resultados obtenidos hacer la planificación de la perforación y voladura.

Así mismo Guamán (2016) en su tesis “Optimización de los procesos de perforación y voladura en el túnel fase A-B de interconexión del proyecto sopladora”, cuyo objetivo general es optimizar todos los procesos que se dan en las perforaciones y voladuras. Concluyó que el diseño de malla para la perforación basado en el método de Rune Gustafsson, obtuvo menos carga de explosivo para la voladura utilizando Explogel Amon Anfo encartuchado para tener mejor fragmentación de la roca y para un buen arranque aplicó fanel con micro-retardo. Esta investigación ayudó a ver la existencia de otras alternativas en la aplicación de explosivos con menor poder rompedor para evitar la sobrerotura en las labores subterráneas.

Ortega [et al] (2016) en su investigación titulada “Modificación de las mallas de perforación de voladuras a partir del índice de esfuerzo geológico (GSI), caso mina “La Maruja”, Colombia”. Como objetivo fue elaborar una tabla con datos Geomecánicos basados en la aplicación del (GSI) y poder realizar configuraciones en las mallas de perforación que se aplicará para cada tipo de macizo rocoso. Concluyendo que la elaboración de las tablas geomecánicas basadas en el GSI facilitó el mejoramiento de las etapas en la producción y disminuyendo los

kilogramos de explosivos para la voladura. Esta investigación ayudó a entender que los taladros de contorno son importantes para controlar las sobreroturas.

Como antecedente nacional Silva (2017) en su investigación “Mejoramiento de los indicadores de perforación y voladura mediante la aplicación de tecnología de diseño láser en el marcado de las mallas y voladura controlada en los frentes de avance de la mina Consuelo – Unidad de Producción Marañón de la Compañía Minera Poderosa S.A.”. Como objetivo general fue realizar el mejoramiento de la precisión del diseño de malla de perforación. Concluyó que el tiempo promedio para el marcado de la malla con máquina láser es de 8.3min reduciéndose un 64.4% del tiempo perdido. La implementación de tecnología en el marcado de las mallas permite mejor precisión en la perforación para una voladura controlada y así disminuir el porcentaje de sobrerotura.

Barriga (2015) tesis cuyo título “Diseño e implementación de malla de perforación para optimizar la voladura en la mina San Genaro de la CIA. Minera Castrovirreyna”, con el objetivo de evaluar los resultados de un nuevo diseño de malla de perforación y concluyó que al obtener resultados eficientes se realizó la capacitación a los perforistas y dando a conocer los datos obtenidos del antes y después del nuevo diseño. Así mismo llevando un control a todos los operadores de los Jumbos para que se cumpla el diseño de la malla de perforación, donde esta investigación ayudó a entender que se tiene que realizar una correcta carga de explosivo en los taladros y la aplicación de una voladura controlada en los taladros de contorno.

Castañeda (2019) en su investigación titulada “Reducción de la sobrerotura mediante la mejora de los parámetros de voladura en la profundización de la rampa 2705, en la Unidad Minera de Parcoy de Consorcio Minera Horizonte S.A. – La Libertad”. Cuyo objetivo general es reducir la sobrerotura, minimizando costos unitarios. Concluyó que con una voladura controlada de precorte con espaciados de los taladros de contorno y con carga desacoplada, logró disminuir la sobrerotura del 15% a 6% y modificando la malla de perforación la eficiencia alcanzó un 94%, reduciendo los tiempos y costos de las operaciones unitarias. Esta investigación permitió conocer que al aplicar carga desacoplada en los taladros de contorno reduciendo la potencia rompedora y así obtener menos sobrerotura.

En cuanto a la teoría relacionada al tema de investigación donde Adeoluwa, Noa y Quevedo (2017) indica que la clasificación del macizo rocoso es muy importante para dar inicio al modelamiento de las mallas de perforación y la cantidad de explosivo requerido para efectuar la voladura. Dentro de ellos tenemos la clasificación (RQD) que se determina en (%) con el estudio de testigos que tengan medidas mayores a 10 cm y con \varnothing 55 mm, no se considera a los testigos que no sean duros o firmes. También se determina observando el número de juntas “jv” que se da por m³ en un afloramiento. En el primer caso se indica la primera fórmula. “ $R.Q.D = [\sum(\text{testigo} > 10 \text{ cm})/(\text{total de perforación})] * 100$ ”. Y en el segundo caso se formula de la siguiente manera “ $R.Q.D = (115 - 3.3 * jv)$ ”

Los valores obtenidos en ambas fórmulas que son el índice de calidad RQD en % son: del 0 a 25% es considerado muy mala, 25 a 50% mala, 50 a 75% regular, 75% a 90% buena y del 90 a 100% es excelente. Así mismo Ochoa, Cartaya y Blanco (2020) indican que el índice Q de Barton también es considerado una de las clasificaciones geomecánicas más usadas para los macizos rocosos en conjunto con la clasificación R.Q.D. Los 6 parámetros que lo conforman se pueden estimar desde la cartografía geológica del área o de los testigos obtenidos del sondeo permitiendo diseñar sostenimiento de taludes y en excavaciones subterráneas. Se representa con la siguiente fórmula conformada con 6 parámetros: $Q = (R.Q.D/Jn) * (Jr/Ja) * (Jw/SRF)$

La cual cada expresión representa lo siguiente, $(R.Q.D/Jn)$ son los tamaños de los bloques, (Jr/Ja) es la firmeza a la cortadura entre bloques, (Jw/SRF) es la influencia del estado tensional.

Para Osinergmin (2017) la clasificación Rock Mass Rating (RMR), permite evaluar e indicar la calidad del macizo rocoso basándose en 6 parámetros: tenacidad intacta de la roca, índice de calidad de la roca (RQD), espaciado entre diaclasas, naturaleza de las diaclasas, acuíferos y dirección de buzamiento. Los 5 primeros parámetros y el parámetro 6 son considerados desfavorable lo cual, al obtener su valor de la orientación de las discontinuidades, se debe restar con la suma de los 5 parámetros, teniendo como resultado el índice RMR.

Así mismo Yang [et al]. (2020) sostiene que las condiciones actuantes en la categorización son la tenacidad a la compresión de la roca que se pueden determinar en cuatro procedimientos, resistencia compresiva mediante el martillo schmidt, ensayo de carga puntual, ensayo de compresión simple o uniaxial y ensayo de compresión triaxial; (RQD); espacio entre estratos; situación de discontinuidades y corrección por orientación.

Zhu [et al]. (2018) resalta que hoy en día los recursos minerales son una base del desarrollo económico y el agotamiento del mismo en zonas poco profundas obliga a explotar los yacimientos a profundidades cada vez mayores de manera subterránea haciendo perforaciones de acuerdo al tipo de la malla de perforación. Según Seccatore [et al]. 2020 señala que en la mayoría de las pequeñas mineras subterráneas sus operaciones son convencionales y el riesgo de accidente es muy grande para sus operadores.

Para el proceso de perforación y voladura se debe aplicar los estándares que consiste en ventilar la zona de trabajo antes de realizar la perforación, regar la roca fragmentada, desatado, limpieza y aplicar sostenimiento. Revisar la existencia de tiros cortados en el frente, si existiera se debe recargar y disparar los taladros tomando las medidas de seguridad. Para el inicio de la perforación verificar la correcta conexión del aire y agua en la máquina perforadora. En la etapa de carguío de explosivo en los taladros se debe aplicar con su respectivo PETS.

Chávez (2019) indica la importancia en los perforistas conocer a fondo el funcionamiento y manejo de las perforadoras, limitaciones, posibilidades y captar la distribución geométrica de los taladros de perforación para entender la finalidad de la tronadura a realizar. Al tener esos conocimientos los perforistas de esa manera podrán controlar la perforación en toda la zona del frente y especialmente en los taladros de contorno ya que estos producirían la sobrerotura en la galería.

Dado este caso Herrero (2017) indica que las múltiples desviaciones que se dan en la perforación de los taladros de contorno son responsables de originar resultados de sobrerotura en la galería, haciendo falta tener un control en el paralelismo de los taladros y la carga explosiva. Respecto a las perforadoras con martillo en cabeza

Parra (2018) explica que son perforadoras manuales pequeñas que funcionan por accionamiento de aire comprimido con diámetros que varían entre 25-50 mm. Estos son utilizados para trabajos horizontales y los modelos más comunes tenemos el Jack-leg para perforación horizontal, Stopper para hacer perforaciones en chimenea y la Jack-Hammer que se utiliza en perforaciones de piques; estas perforadoras utilizan barrenos de acero con broca fija o broca acoplable.

Carbajal (2018) indica que para una mayor exactitud en el marcado se debe realizar con una proyección láser, que ya son calculados con anterioridad para el tipo labor, sirviendo como guía al maestro de perforación. Para cada clase de roca se diseña una malla de perforación, todas las distribuciones de taladro presentan en el techo taladros de alivio para un mejor acabado y control del terreno. Con respecto al diseño de perforación para una minería subterránea López (2014) permite conocer que uno de los métodos aplicados es el postulado de Roger Holmberg, la cual al frente de disparo lo divide en cinco secciones diferentes para que así ser calculado de forma especial cada una de ellas. Las secciones son área de arranque, área de tajeo, área de alza, área de contorno y el área de arrastre.

Para Exsa (2019) la voladura en galerías consiste en abrir inicialmente un orificio denominado corte o arranque con la función de crear un espacio vacío permitiendo el fracturamiento de la roca por los taladros con carga explosiva, entre los cortes tenemos el de tipo angular, corte en v, corte en pirámide, corte en paralelo, corte quemado y corte cilíndrico. La longitud del avance de la sección está limitada por la condición del tipo de macizo rocoso de acuerdo a la clasificación de Bieniawski (RMR), Ocampo (2018) define que el límite de avance está ligado con el tiempo de su auto sostenimiento después de producirse la voladura. El límite de avance para el tipo de roca II son de 4.5 m; para una roca de tipo III, su límite es 4.3 m; en roca tipo IV su límite es 2.5 m y para la roca tipo V su límite de avance es 1.5 m.

Según Konya [et al]. (2017) la distancia que existe entre el orificio central vacío y los taladros del primer cuadrante no debe superar los 1.7 veces el diámetro (\varnothing_2) y así obtener una buena rotura y limpieza satisfactoria de la cavidad resultante. Las situaciones de desintegración de la roca se modifican de acuerdo a la clase de explosivo, estructura rocosa y espaciamiento del barreno cargado en el vacío.

Para el primer cuadrante según Persson, Holmberg y Lee (1994) indica que cuando el burden es mayor al $2\phi_2$, el ángulo queda muy pequeño produciéndose entre los dos taladros la deflagración plástica de la roca. De forma contraria cuando el burden es menor al ϕ_2 existe un alto confinamiento de carga que se produciría la sinterización de la fracturación de la roca y que el arranque falle, en tal sentido es recomendable que el burden se estime considerando la siguiente expresión ($B_1 = 1.7 * \phi_2$). Así mismo Ttica (2018) define que en la práctica se recomienda hacer uso del 70% de carguío de columna en la carga de fondo, particularmente se usa una igualdad entre longitud de carguío de base y columna; pero es importante que cumpla con la condición ($B \leq 0.6L$), y el taco de arrastre se fija en $T_A = 10 * \phi_1$.

Por otra parte, XIE [et al]. (2018) explica que al realizarse las operaciones de voladura se generan las ondas de choque y la existencia de estas ondas hace que influya con la estructura interna de la masa rocosa, al exceder el valor crítico de la velocidad de vibración puede generar la formación de grietas. Según Szumni [et al]. (2020) afirma que dentro de la mina subterránea la exposición al peligro es muy latente relacionados con los estallidos de roca más aún al profundizar. Estos casos se relacionan con los eventos sísmicos, la cual está relacionado con la voladura. Con detonadores electrónicos se puede lograr el retardo en la detonación de explosión entre los taladros, para así reducir los daños al macizo rocoso.

Por otra parte, Wang (2018) señala que los métodos aplicados tales como la perforación y voladura son muy utilizados en la actualidad en cualquier parte del mundo logrando hacer excavaciones en el macizo rocoso. Estos métodos son aplicados en obras civiles, en minería, canteras, túneles, etc., gracias a su bajo costo. Las desventajas que presenta la voladura es que genera el daño al macizo rocoso de la periferia por los efectos de las vibraciones. Para el control de la voladura según Ruiz (2017) corresponden espaciar de tal forma que los fragmentos se inclinen hacia las zonas resistencia reducida de barrenos a barrenos, las técnicas más utilizadas son la voladura de precorte, recorte, y amortiguada.

La finalidad de una voladura controlada según Exsa (2019) es reducir o evitar la sobrerotura “overbreak”, obteniendo superficies lisas y reduciendo el exceso de agrietamiento. La carga explosiva lineal es de baja energía en los taladros de

contorno. En la actualidad las técnicas más aplicadas para una voladura controlada son la “voladura de precorte” que consiste en crear un plano de fractura o grieta continua que es disparado antes de la voladura principal, “voladura de recorte” los taladros de contorno son disparados después de la voladura principal, con el espaciado mayor que el de precorte, carga desacoplada en toda la longitud del taladro y la “voladura amortiguada” es la modificación del diseño de la voladura convencional en su última fila, carga desacoplada y disparo simultáneo.

Asimismo, Sulcacondor (2018), indica que reduciendo los factores de acople perimetral se limita la sobre excavación, teniendo un control regular y terreno estable; las condiciones importantes son el uso de carga explosiva directa de reducida potencia, ubicación de taladros de manera correcta de acuerdo a las condiciones del terreno y el perfil planeado, el disparo de los taladros de manera simultánea para crear un plano de rotura continua. Para Vilca (2019) el espaciamiento del burden es menor $E= 0.5$ a 0.7 , donde los disparos se realizan de manera simultánea en los taladros de contorno sin hacer uso de retardos en sí, se emplea tacos inertes para mayor eficiencia de los explosivos.

En su aporte Guamán (2016) da a conocer que las propiedades de los explosivos son muy importantes, que para un control en la voladura se tiene que tener en cuenta su celeridad de estallido, densidad, potencia, sensibilidad y resistencia al agua. Tener en cuenta que el incremento masivo de la densidad del explosivo causaría deficiencias en la detonación y no se activaría el estallido. Este régimen de consistencia se designa como densidad crítica, y esto es muy frecuente en los explosivos desintegrados que se utiliza en orificios de gran profundidad o con la presencia de aguas subterráneas por este motivo se utilizan a profundidades considerables para realizar exploraciones geofísicas en progresos específicos.

Por otro lado, Romero (2016) indica que, para la adecuada consideración de un cierto cartucho, dependerá del esbozo de tronadura, tomando en cuenta los criterios de elección tales como el precio del cartucho, tipologías geomecánicas, presencia de agua en los taladros, dimensiones de carguío, espesor del material a fragmentar.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación: Se consideró una investigación básica descriptiva, la cual ayudó a puntualizar las características y describir el comportamiento de la muestra a analizar sin influir sobre él. Según Ñaupas [et al] (2018) la investigación básica descriptiva tiene como propósito describir los eventos y situaciones de un determinado fenómeno, busca indicar las propiedades más relevantes de la muestra a investigar.

Diseño de investigación: Se optó por un diseño no experimental de tipo transversal, que será realizado con la observación de los fenómenos en su ambiente natural sin la manipulación intencional de sus variables. Según Hernández [et al]. (2014) explica que la investigación no experimental se da cuando las variables no llegan a ser controladas ni manipuladas, donde solo se observa los hechos tal cual suceden en su ambiente natural, asimismo obteniendo los datos de forma directa para posteriormente ser estudiados.

3.2. Variables y operacionalización

Las variables que conforman a esta investigación son las siguientes, como variable independiente que es la cualidad o característica de la realidad que tiene la capacidad de influir o afectar a la variable dependiente, dentro de ello se ha considerado al control de voladura. Como variable dependiente que puede ser modificada por el investigador para determinar el comportamiento del fenómeno la cual se consideró la sobrerotura de roca caja.

Mediante la operacionalización de variables ayudó a descomponer de manera deductiva de lo general a lo específico dividiéndose de manera concreta con sus dimensiones, indicadores y escala de medición, incluyendo su definición conceptual y operacional. (Ver anexo 1)

3.3. Población, muestra

Población: Como población se consideró a todas las labores que se desarrollan en la mina subterránea de la Unidad de Producción Pallasca. Según Arias [et al]. (2016) la población que considera para el estudio está conformada por un conjunto o la totalidad de los elementos que tienen las mismas características y sobre el que estamos interesados en investigar y que a partir de ello saldrá la muestra.

Muestra: La muestra seleccionada está conformada por la galería GA 700 SW que se desarrolla en las labores subterráneas de la Unidad de Producción Pallasca. Según Otzen y Manterola (2017) considera que la muestra es el subconjunto o una parte de la población la cual se selecciona con el propósito para tener información específica que será sujeto del estudio de la investigación.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Como primera técnica se utilizó el análisis documental, la cual permitió recopilar información de documentos otorgado por el área de perforación y voladura de la Unidad de Producción Pallasca, con la finalidad del desarrollo del informe de investigación. Según Ríos (2017) la técnica del análisis documental se aplica para la obtención de información que se encuentran en los documentos tales como libros, revistas, boletines, etc.

También se consideró la técnica de observación, esto ayudó a inspeccionar los hechos reales y visualizar las características que lo conforma el desarrollo de la galería Ga 700 SW. Según Gómez (2012) la técnica de la observación es considerada una de las más importantes ya que permite hacer un examen de manera pausada dentro del ambiente donde se desarrolla, identificando el comportamiento o características del fenómeno de estudio.

Los instrumentos que fueron utilizados para la recolección de datos para el desarrollo de la investigación están conformados por la guía de análisis

documental. Se utilizó para la recopilación de información con documentos otorgados por el área de perforación y voladura, tratándose de especificaciones técnicas de los explosivos según su fabricante. La guía de observación de campo, aplicado para la recolección de datos en la operación de perforación y voladura.

Según Arias (2016) las técnicas que se aplican en una investigación son formas de cómo obtener los datos, en el caso de los instrumentos puede estar constituido por cualquier tipo de recurso ya sea papel o de forma digital donde se pueda almacenar la información para luego ser procesado y analizado.

3.5. Procedimiento

Para el procedimiento de la primera etapa se realizó la planificación del proyecto asimismo se envió una carta de presentación al gerente de la Unidad de Producción Pallasca solicitando el permiso para la ejecución del proyecto de investigación.

En la segunda etapa se aplicó los instrumentos para el recojo de datos y como primer procedimiento se realizó la clasificación del macizo rocoso (RMR), recopilando datos del área de geomecánica realizado por la Unidad de Producción Pallasca. En el segundo procedimiento se realizó el recojo de datos de los parámetros de la malla de perforación y voladura asimismo los tipos de explosivos utilizados. El tercer procedimiento para la descripción de los explosivos se acudió a las especificaciones técnicas de los explosivos de acuerdo al fabricante.

En la tercera etapa una vez concluida la recopilación de datos de campo con la ayuda de los instrumentos se procedió a la tabulación, procesamiento y análisis de los datos haciendo uso del software AutoCAD y el programa Excel.

3.6. Método de análisis de datos

Como parte del procesamiento en las etapas de recolección de datos se aplicó el método analítico la cual permite analizar a detalle los procesos que conforman a cada objetivo planteado. También se aplicó el método de procesos, el cual ayudó a darle coherencia y relación tanto a los objetivos como a los resultados.

En base al primer objetivo sobre la clasificación del macizo rocoso se utilizó como instrumentos la guía de observación de campo la cual permitió obtener el tipo de roca con que viene trabajando la mina. En el segundo objetivo sobre el análisis de la malla de perforación y voladura se aplicó la guía de observación de campo donde permitió recolectar todos los parámetros que conforman el diseño de la malla, asimismo la distribución y carga del explosivo. Para el tercer objetivo sobre la descripción de los explosivos requerido para una voladura controlada se utilizó el análisis documental donde nos permitió analizar documentos otorgados por la empresa.

3.7. Aspectos éticos

Esta investigación está elaborada en base a la guía de productos observables y respetando los parámetros que están establecidos por la Universidad César Vallejo, y haciendo uso del ISO 690 respetando los derechos de autor.

IV. RESULTADOS

Para los siguientes resultados se procesó datos recopilados de campo, donde se analizó y se estructuró en base al orden de cada objetivo planteado en el informe de investigación, las cuales se presentan a continuación.

Para el primer objetivo sobre la identificación de las características geomecánicas del macizo rocoso se indica las siguientes tablas y figuras.

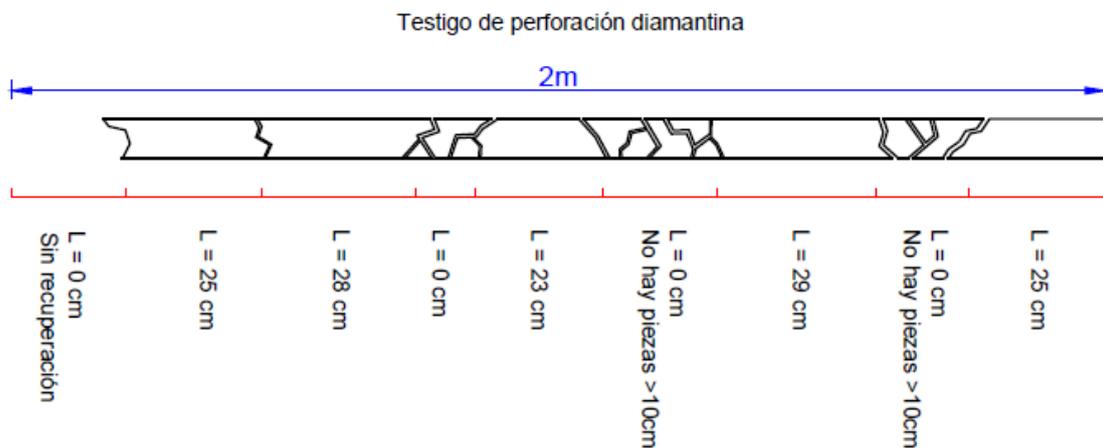


Figura 1. Longitud de testigo para la evaluación RQD.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1. Cálculo del índice de la calidad de la roca (RQD)

$$RQD = \frac{\sum(\text{longitud de pedazos} > 10 \text{ cm})}{\text{longitud total del testigo}} \times 100$$

$$RQD = \frac{25 \text{ cm} + 29 \text{ cm} + 23 \text{ cm} + 28 \text{ cm} + 25 \text{ cm}}{200 \text{ cm}} \times 100$$

$$RQD = 65\%$$

RQD	Calidad de la roca
<25%	Muy mala
25% - 50%	Mala
50% - 75%	Regular
75% - 90%	Buena
90% - 100%	Muy buena

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 1 el testigo de 2 m con \varnothing 54 mm la que se trabajó para calcular el RQD considerando las piezas mayores a 10 cm y la tabla 1 representa el cálculo de la muestra dando como resultado el índice de calidad de la roca de 65%.

Tabla 2. Clasificación de Rock Mass Rating (RMR) – Galería Ga 700 SW.

Parámetros	Valoración	Puntuación	
Resist. Comp. Simple (Mpa)	50-100	7	
Índice de calidad de roca (RQD %)	50-75	13	
Espaciamiento de las discontinuidades (m)	<0.06	5	
Estado de las discontinuidades	Long. Discontinuidad (m)	1-3	4
	Abertura (mm)	1-5	1
	Rugosidad	Rugosa	5
	Relleno	Relleno duro	4
	Alteración	Ligeramente alterada	5
Agua subterránea	Ligeramente húmedo	10	
Orientación de la discontinuidad (túnel)	Favorable	-2	
Suma total (RMR)		52	
Clasificación del macizo rocoso	RMR	41 - 60	
	Clase N°	III	
	Descripción	Media	

Fuente: Adaptado de Z. Bieniawski 1989.

La tabla 2 representa las puntuaciones designados a cada uno de los parámetros que conforman a la clasificación de Rock Mass Rating (RMR), que de acuerdo a las características que presentó el macizo rocoso, en el parámetro de la resistencia de compresión simple dio un valor entre 40 a 100 MPa, presentado un índice de calidad de roca (RQD) del 50% al 75%, asimismo para las condiciones de aguas subterráneas se encontró ligeramente húmedo. Con respecto último parámetro la orientación de las discontinuidades el rumbo es S55°E perpendicular al eje de la excavación con buzamiento de 37°. Esto quiere decir que el puntaje total obtenido es de 52 puntos la cual conforme a las clasificaciones RMR, el macizo rocoso es de calidad regular del tipo III.

Como resultado para el segundo objetivo que consistió en el análisis de la malla de perforación y voladura, se presentan los estándares de perforación y voladura para el tipo de roca III en una sección de 3.5 m x 3.5 m representado mediante el uso de tablas y figuras.

Tabla 3. *Parámetros de perforación utilizados para la sección 3.5 m x 3.5 m*

Datos técnicos			
Sección	3.5 x 3.5	Longitud de la barra (pies)	8
Diámetro de taladro	39 mm	Diámetro del taladro de Alivio	39 mm
Perforación efectiva	95%	Tipo de roca	III

Fuente: Elaboración propia

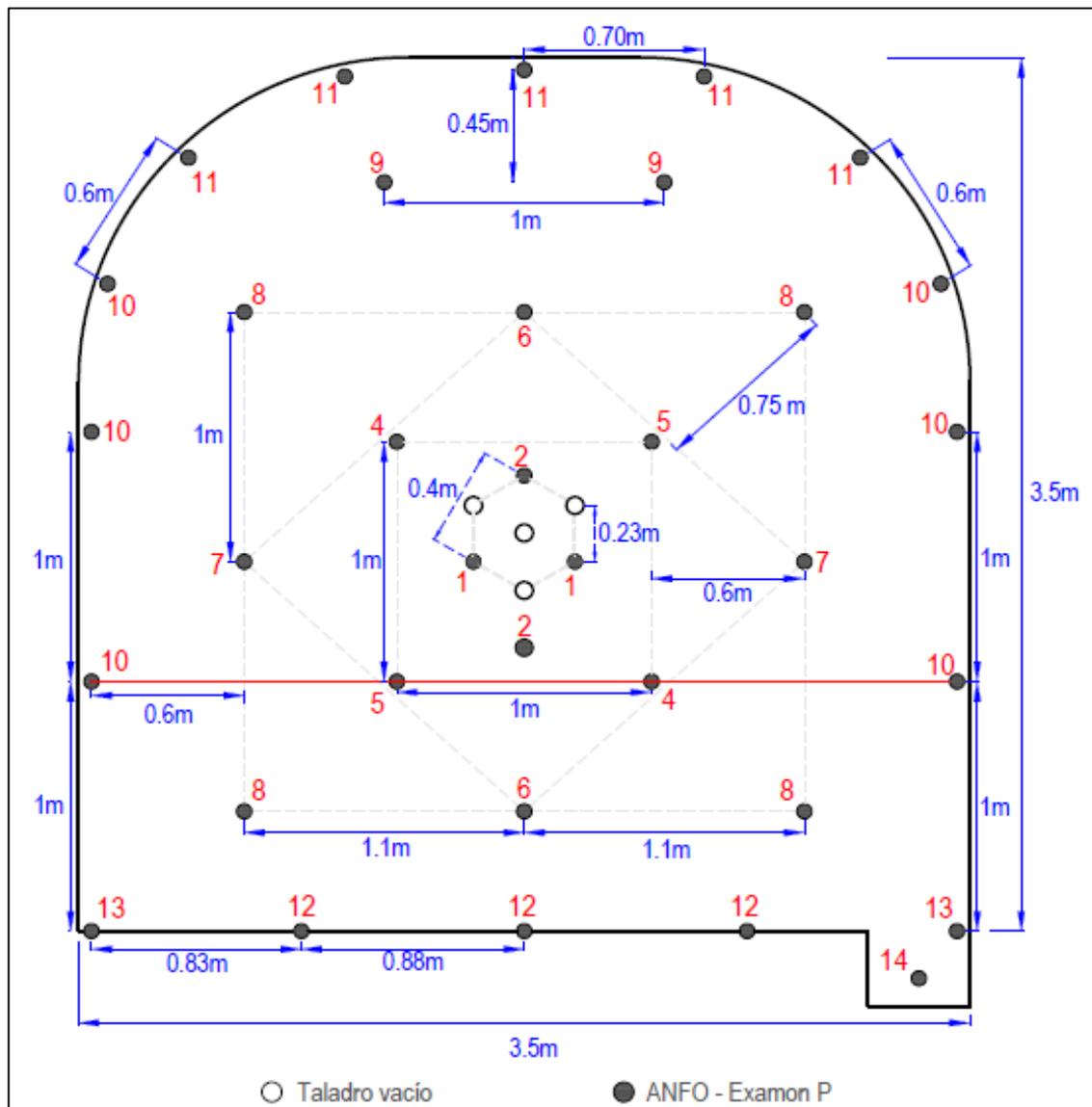


Figura 2. Diseño de malla de perforación y la secuencia de la voladura.

Fuente: Empresa Unidad de Producción Pallasca.

En la tabla 3 se muestra los parámetros de perforación aplicados en la construcción de la galería Ga 700 SW con dimensiones de 3.5 m x 3.5 m, la cual los técnicos de perforación aplicaron dos perforadoras Jack-leg y usando andamios para perforar los taladros de mayor altura. Los barrenos fueron de 8 pies con \varnothing 39 mm con una perforación efectiva del 95% para el tipo de roca III.

En la figura 2 la malla está diseñada en base a la roca tipo III, conteniendo 39 taladros donde 35 son cargados con Anfo Examon - P y 4 taladros vacíos que formarán parte de los taladros de alivio del arranque, el tiempo requerido para la perforación fue de 57 min. El diseño de malla está basado en el método de Roger Holmberg facilitando la correcta distribución de los taladros y la posición de cada cuadrante (ayudas), asimismo conformada por los cuadradores, taladros de corona y arrastre. Con respecto a la numeración que contiene cada taladro es la secuencia de salida de los explosivos en el momento de realizarse chispeo.

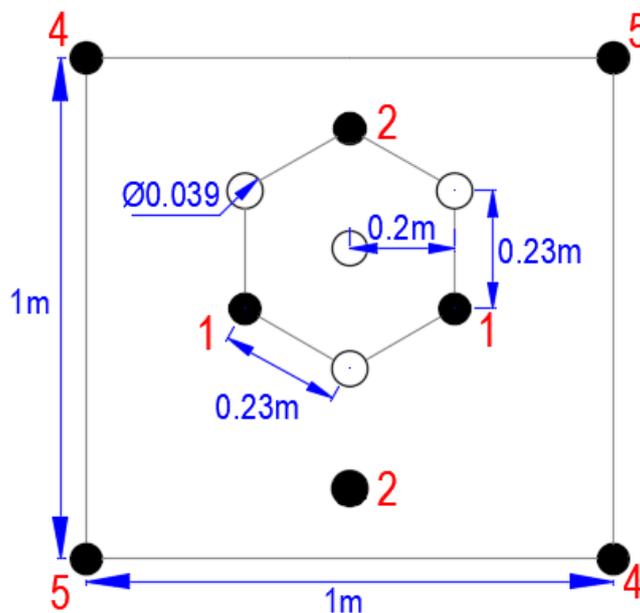


Figura 3. Diseño de los taladros de arranque.

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la figura 3 se muestra el diseño de arranque de tipo corte quemado de forma hexagonal con 4 taladros vacíos y 4 taladros cargados de \varnothing 39 mm, con burden de 17 a 19 cm y espaciamientos de 23 cm manteniendo el paralelismo entre los taladros para su mejor distribución de la energía del explosivo.

Tabla 4. Distribución de carga explosiva por cada grupo de taladros

Tipo taladro	N°	L. taco	L. carga	Examon – p		Dinamita 65 (1 ½ x 12)		Total explosivo (kg)
				kg anfo/tal.	Tota anfo	Total cart.	Peso	
Taladros vacíos	4							
Arranque	4	0.2	1.8	1.6	6.4	4	1.5	7.8
Ayuda	4	0.3	1.7	1.5	6.0	4	1.5	7.5
1° Contra ayuda	4	0.4	1.6	1.4	5.6	4	1.5	7.1
2° Contra ayuda	4	0.4	1.6	1.4	5.6	4	1.5	7.1
Cuadradores	6	0.4	1.6	1.4	8.5	6	2.2	10.1
Ayuda de corona	2	0.4	1.6	1.4	2.8	2	0.7	3.6
Corona	5	0.5	1.5	1.3	6.6	5	1.8	8.4
Arrastres	6	0.3	1.7	1.5	9.0	6	2.2	11.2
Total	39				50.5		12.9	63.4

Accesorios de voladura

Cebo dinamita	35 und	Exsaneles	35 und	Pentacord	20 mts.
Mecha lenta	1 pie	Tacos de arcilla	25 und		

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 4 representa la distribución y cantidad de la carga explosiva que le corresponde a cada taladro, con respecto al arranque son 4 taladros con 20 cm de taco le corresponde 7.8 kg de explosivo. En el caso de los taladros de los 3 cuadrantes que conforman las ayudas son 12 con taco de 30 cm a 40 cm y con un total de explosivo de 21.7 kg, para los cuadradores son 6 taladros con taco de 40 cm y 10.1 kg de explosivo. Para los taladros de corona y ayuda de corona son 6 con taco de 50 cm y 40 cm respectivamente y con 12 kg de explosivo y para los arrastres son 6 taladros con taco de 30 cm y 11.2 kg de explosivo. Esto quiere decir que la cantidad total de explosivo utilizado para el número de taladros es 63.4 kg.

Tabla 5. Resultados de la voladura aplicada por la empresa

Factor de carga (kg/m ³)	2.43	Avance (m)	2.10	Volumen roto (m ³)	29.2
Fact. Poten. (kg/tn)	0.97	Sobrerotura (%)	13.62	Tonelaje (tn)	73

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 5 se muestra los resultados de la voladura con Anfo Examon - P aplica por la empresa, obteniendo una sobrerotura del 13.62% afectado al macizo rocoso y aumentado el tonelaje para limpieza, al realizar un análisis a la malla y la voladura se encontró el error en la sobrecarga de explosivo en los taladros de contorno.

Para el tercer objetivo propuesto sobre la descripción de los tipos de explosivos requeridos para un control de voladura se tiene como resultado las siguientes tablas y figuras.

Tabla 6. Especificaciones técnicas dinamita Exsablock y Pulverulenta 65

Dinamita			
Especificación técnica	Unidad	Exsablock	Pulverulenta 65
Densidad	g/cm ³	0.91	1.10
Velocidad de detonación	m/s	2,800	5,200
Presión de detonación	Kbar	23	74
Resistencia al agua	Horas	Nula	Baja
Categoría de humos	Categoría	1era	1era
Roca	Tipo	Suave - dura	Suave – intermedia

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 6 se indica dos tipos de dinamitas con diferencia entre sus especificaciones técnicas que se adecua al macizo rocoso tipo III, esto quiere decir que se puede dar uso para una voladura controlada aplicando el carguío en los taladros de contorno de forma desacoplada para tener una mejor distribución de la energía liberada.

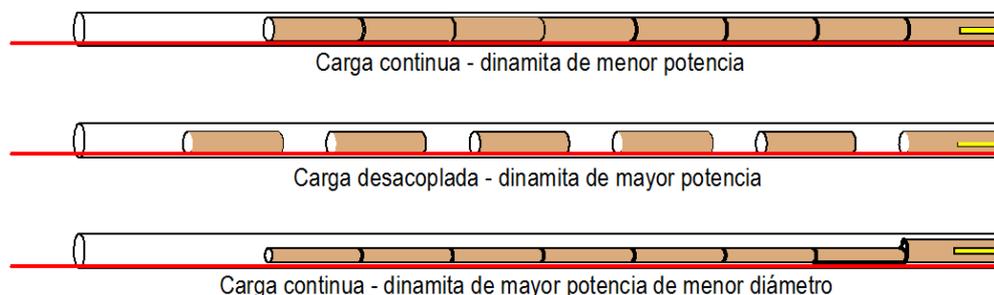


Figura 4. Distribución de la carga explosiva según su potencia.

Fuente: Elaboración propia.

La figura 4 representa las formas de carguío de las dinamitas de acuerdo a su capacidad de potencia, para el caso de la dinamita pulverulenta 65 que se aplica para una roca tipo III, esta se carga de manera desacoplada con espaciado de su misma longitud del cartucho.

Tabla 7. Análisis comparativos con la dinamita pulverulenta 65

Datos técnicos	Anfo examon – p	Pulverulenta 65
Área de la sección (m ²)	3.5 x 3.5 = 12.25	3.5 x 3.5 = 12.25
Avance (%)	91.3	96.2
Factor de carga (Kg/m ³)	2.43	2.10
Factor de potencia (Kg/tn)	0.97	0.84
Longitud de taco (m)	0.2 a 0.5	0.3 a 0.5
Volumen roto (m ³)	29.2	27.2
Sobrerotura (%)	13.62	5.73
Toneladas	73	65.75

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 7 representa la comparación de los valores como resultado que alcanza el Anfo Examon – P con la dinamita pulverulenta 65, la Unidad de Producción viene aplicando el explosivo Anfo Examon – P, la cual se carga en todos los taladros sin controlar la carga en los taladros de contorno, obteniendo como resultado el 13.62% de sobrerotura y un avance del 91.3%. La dinamita propuesta es la pulverulenta 65 la cual su carguío en los taladros de contorno es de manera desacoplada con espaciado de 20 cm entre cartuchos, tendiendo como posible resultado la disminución de la sobrerotura a un 5.73% con un avance del 96.2% evitando el daño a las paredes del macizo rocoso que conlleva hacer uso de algún tipo de sostenimiento.

V. DISCUSIÓN

En este capítulo se realizó la comparación de los resultados obtenidos con las investigaciones desarrolladas por otros autores, así mismo destacando todas las investigaciones que tienen mayor relación con el tema.

Según el primer objetivo específico, identificar las características geomecánicas del macizo rocoso para delimitar la sobrerotura de roca caja en la Unidad de Producción Pallasca, los resultados obtenidos en la tabla 2 de acuerdo a los datos obtenidos en campo, se evidencia que mediante la clasificación geomecánica del macizo rocoso (RMR) y las características que presentaba el macizo rocoso dio como resultado una roca media de tipo III. Además, con respecto a la orientación de las discontinuidades el rumbo es S55°E perpendicular al eje de la excavación con buzamiento de 37° la cual quiere decir que es favorable para la excavación, pero con respecto al tipo de roca que es regular, posiblemente se requiera hacer uso de sostenimiento en la galería Ga 700 SW.

Estos datos que al ser comparados con lo encontrado por Uyaguari (2018) en su tesis titulada: “Diseño de malla de perforación y voladura basado en clasificaciones geomecánicas para optimizar el consumo de sustancia explosivo en las galerías del nivel 2 ½ del Proyecto Minero El Inca”, quien concluyó que es muy importante tener conocimiento sobre el levantamiento geomecánico la cual ayudó a identificar la calidad del macizo rocoso conforme se realiza el avance de la galería y dando como resultado que la calidad del macizo rocoso es de tipo buena obtenidos por el RQD, Q, GSI, RMR.

Para el segundo objetivo específico, analizar el diseño de la malla de perforación y voladura utilizado, para determinar el exceso de sobrerotura de roca caja en la Unidad de Producción Pallasca, los resultados obtenidos en la tabla 3 se observa que las dimensiones de la sección son de 3.5 m x 3.5 m, la cual los técnicos perforistas antes de realizar las labores reciben las indicaciones para cumplir con los parámetros, de esa manera la perforación se realizó con dos perforadoras Jack-leg usando barrenos de 8 pies con Ø 39 mm y alcanzando una perforación efectiva del 95% manteniendo el paralelismo en la perforación de los taladros.

Estos datos que al ser comparados con lo encontrado por Barriga (2015) en su investigación titulada “Diseño e implementación de malla de perforación para optimizar la voladura en la mina San Genaro de la CIA. Minera Castrovirreyna”, concluyendo que al obtener resultados eficientes al dar indicaciones antes de realizar las operaciones dentro de mina, se llevó a cabo la capacitación a los perforistas y dando a conocer los datos obtenidos del antes y después del nuevo diseño. Así mismo llevando un control a los operadores de los Jumbos para que se cumpla el diseño de la malla de perforación.

Estos resultados resalta que es muy importante realizar las capacitaciones para que las tareas se desarrollen con mayor efectividad y cumplir con lo establecido, además al realizar la perforación los taladros deben mantener el paralelismo caso contrario generaría una sobrerotura afectando las paredes del macizo rocoso. Además, Herrero (2017) indica que las múltiples desviaciones que se dan en la perforación de los taladros de contorno, son responsables de originar resultados de sobrerotura en la galería, haciendo falta tener un control en el paralelismo de los taladros y la carga explosiva.

En la figura 2 el diseño de la malla basado en el método de Roger Holmberg está conformada por 39 taladros donde 35 son cargados y 4 taladros vacíos que forman parte de los taladros de alivio de arranque. En la figura 3 se muestra el diseño del arranque tipo corte quemado de forma hexagonal, este tipo de corte es más efectivo ya que está conformado por mayor número de taladros vacíos, con el mismo diámetro que los taladros de producción. El tiempo de perforación fue de 70 min incluyendo el marcado de la malla, el tiempo dependerá de las habilidades del perforista, el estado de la perforadora, presión de aire y el desgaste de la broca, además se aplicó una numeración a los taladros indicando el orden de salida para cada explosivo de esa manera mejorar la voladura de la galería.

Estos datos al ser comparados por Silva (2017) en su investigación “Mejoramiento de los indicadores de perforación y voladura mediante la aplicación de tecnología de diseño láser en el marcado de las mallas y voladura controlada en los frentes de avance de la mina Consuelo – Unidad de Producción Marañón de la Compañía Minera Poderosa S.A.”. Concluyó que el tiempo promedio para el marcado de la

malla con máquina láser es de 8.3 min reduciéndose un 64.4% del tiempo perdido, teniendo mejor precisión del marcado de malla para una voladura controlada que esto disminuirá el porcentaje de sobrerotura de 21.7% a 11.8%.

Con la comparación de estos resultados se define que al realizar el marcado de la malla de forma manual toma más tiempo con respecto al marcado de la malla de proyección láser. La diferencia de tiempos es muy favorable reduciéndose más de la mitad del tiempo utilizado, también dependerá de las habilidades del perforista y el estado de la perforadora. Para eso Chávez (2019) indica lo importante que es para los perforistas conocer a fondo el funcionamiento y manejo de las máquinas perforadoras y captar la distribución geométrica de los taladros o plan de perforación para entender la finalidad de la tronadura a realizar. La finalidad es poder mantener el control de la perforación en la zona del frente y especialmente los taladros de contorno ya que estos producirían la sobrerotura en la galería.

En la tabla 4 se muestra la distribución y cantidad de la carga explosiva aplicados para cada taladro donde se obtuvo un total de 63.4 kg de explosivo. Con respecto a la tabla 5 representa los resultados obtenidos después de la voladura, lo que generó una sobrerotura de 13.62% y al realizar un análisis se identificó el error en la sobrecarga de explosivo en los taladros de contorno. Estos resultados al ser comparado por XIE [et al]. (2018) explica que al realizarse las operaciones de voladura se generan las ondas de choque y la existencia de estas ondas hace que influya con la estructura interna de la masa rocosa, al exceder el valor crítico de la velocidad de vibración puede generar la formación de grietas.

Asimismo, según Pearton (2015) afirma que el ANFO es un explosivo de baja densidad que resulta ser confiable para la voladura, pero al ser sobrecargado en los barrenos y en el momento de la voladura genera mucho daño a las paredes circundantes teniendo resultados no deseados. La fabricación del ANFO se hace con una densidad baja de 0,8 g/cm³, la cual esta aumenta por la presión del aire al momento de ser cargado, los tamaños del gránulo varían dependiendo de la presión y sistema de carga. Su densidad llega alcanzar entre 0,9 a 1,1 g/cm³.

Para el tercer objetivo específico describir los tipos de explosivos requeridos para la voladura en galería Ga 700 SW para acortar la sobrerotura de roca caja en la Unidad de Producción Pallasca. Los resultados obtenidos en la tabla 6 es el análisis de dos tipos de dinamitas el Exsablock y Pulverulenta 65 que son de menor densidad y que cumplen las condiciones para ser usados en una voladura controlada por su bajo poder rompedor. La figura 4 muestra el resultado del análisis realizado en la forma que debe ser cargado los taladros de contorno con la dinamita Pulverulenta 65 que se realiza de forma desacoplada para que la potencia del explosivo sea la necesaria para el tipo de roca.

Los resultados al ser comparados con Castañeda (2019) investigación titulada “Reducción de la sobrerotura mediante la mejora de los parámetros de voladura en la profundización de la rampa 2705, en la Unidad Minera de Parcoy de Consorcio Minera Horizonte S.A. – La Libertad”. Concluyó que para reducir la sobrerotura aplicó voladura controlada de precorte y con carga desacoplada en los taladros de contorno. Esto logró disminuir la sobrerotura del 15% a 6% y modificando la malla de perforación la eficiencia alcanzó un 94% incrementando la profundización de la rampa, reduciendo los tiempos y los costos de las operaciones unitarias.

La tabla 7 representa la comparación de los resultados propuestos de la dinamita pulverulenta 65 con el Anfo Examon – P, aplicándose en voladura controlada que permitiría reducir la sobrerotura de 11.62% a un 5.73% con avance de 96.2%, reduciendo el daño al macizo rocoso. Por otra parte, Sulcacondor (2018), afirma que al reducir los factores de acople perimetral se limita la sobre excavación, teniendo un control regular y terreno estable. Las condiciones importantes son el uso de carga explosiva de reducida potencia, ubicación de taladros de manera correcta de acuerdo a las condiciones del terreno y el perfil planeado. El disparo de los taladros de manera simultánea para crear un plano de rotura continua.

VI. CONCLUSIONES

1. De acuerdo al análisis de la clasificación del macizo rocoso (RMR) permitió la identificación del tipo de roca, dando como resultado un índice RMR de 41 – 60 de clase III y con una calidad medida. De acuerdo a ello facilitó el diseño adecuado de la malla de perforación y voladura. Lo que más ayudó a identificar la clasificación geomecánica fue reconocer cada uno de sus parámetros porque en base a eso se elige el tipo de explosivo.
2. En el análisis del diseño de la malla de perforación y voladura utilizado, para determinar el exceso de sobrerotura de roca caja en la Unidad de Producción Pallasca, se concluyó que el factor de carga de explosivo fue de 2.43 kg/m^3 Anfo Examon – P, la cual es muy excesivo para la roca tipo III de tal manera que no hubo un control en el carguío de los taladros de contorno, causante de la sobrerotura del 13.62% generando daño al macizo rocoso.
3. En la descripción de los tipos de explosivos requeridos para un control de voladura en galería Ga 700 SW para delimitar la sobrerotura. Dependerá mucho del factor de carga y la potencia del explosivo, la cual se propone hacer uso de la dinamita pulverulenta 65, donde su carguío de forma desacoplada en los taladros de contorno reduce la sobrerotura a un 5.73% generando menos daño al macizo rocoso.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a la Unidad de Producción Pallasca que se debe aplicar siempre la clasificación del macizo rocoso (RMR) para diseñar la malla de perforación y voladura de acuerdo al tipo de roca de esta manera establecer las columnas de carga explosiva en cada sector de la galería.
2. Para las futuras investigaciones se recomienda mantener los factores de perforación, así como el paralelismo de los taladros y aplicar diferentes configuraciones de los explosivos en el carguío de acuerdo al tipo de roca para evitar la sobrerotura, además realizar el seguimiento adecuado para hacer cumplir con los parámetros que conforman a la voladura controlada en la carga desacoplada en los taladros de contorno.
3. La Unidad de Producción Pallasca debe hacer uso de explosivos con su capacidad de potencia según las condiciones y el tipo de roca que se encuentra conforme se realiza el avance de la galería.

REFERENCIAS

ADEOLUWA, Oluwaseyi, NOA, Rafael y QUEVEDO, Gilberto. Caracterización estructural del macizo rocoso de la mina subterránea Oro Descanso. *Minería y Geología* [en línea]. Octubre-diciembre 2017, n.º 4. [Fecha de consulta: 14 de mayo de 2020].

Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1993-80122017000400007&lng=es&nrm=iso

ISSN: 1993-8012

ARIAS, Fidas. El proyecto de investigación introducción a la metodología científica [en línea]. 7.^a ed. Caracas: Editorial Episteme, 2016 [Fecha de consulta: 10 de setiembre de 2020].

Disponible en: https://kupdf.net/download/el-proyecto-de-investigacion-fidas-arias-7ma-edic-2016pdf_5a1b4afde2b6f5e526da642c_pdf

ARIAS, Jesús [et al]. EL protocolo de investigación III: la población de estudio por Investigación. *Revista Alergia México* [en línea]. Abril-junio 2016, n.º 2. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2020].

Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755023011.pdf>

ISSN: 0002-5151

BARRIGA Reynoso, Augusto Hernán. Diseño e implementación de malla de perforación para optimizar la voladura en la mina San Genaro de la CIA. Minera Castrovirreyna. Tesis (Ingeniero de Minas). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2015.

Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/245/B2-M-18433.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CARBAJAL Barreto, Palmiro Pedro. Aplicación de la tecnología láser CAD en el marcado de mallas de perforación y voladura controlada para mejorar la fragmentación en la Compañía San Valentín-Huancavelica. Tesis (Ingeniero de Minas). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2018. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/11056/CARBAJAL%20BARRETO%2c%20PALMIRO%20PEDRO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CASTAÑEDA Rojas, Nilo. Reducción de la sobrerotura mediante la mejora de los parámetros de voladura en la profundización de la rampa 2705, en la Unidad Minera de Parcoy de Consorcio Minero Horizonte S.A. La Libertad. Tesis (Ingeniero de minas). Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, 2019.

Disponible en: <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/UNSAAC/4441>

CHAVEZ Apeña, Frank Eder. Metodología de perforación y voladura controlada en la construcción del Nivel 660, para evitar la sobre excavación en la Mina Acchilla, U.E.A. Julcani, Compañía de Minas Buenaventura S.A.A, 2018. Tesis (Ingeniero de minas). Huaraz: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, 2019.

Disponible en: http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/3358/T033_44396393_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CHIPANA Tito, Rudy Milton. Diseño de perforación y voladura para reducción de costos en el frente de la galería progreso de la Contrata Minera Cavilquis – Corporación Minera Ananea S.A. Tesis (Ingeniero de Minas). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2015. Disponible en:

http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/1937/Chipana_Tito_Rudy_Milton.pdf?sequence=1&isAllowed=y

EXSA. Manual práctico de voladura [en línea]. 5.^a ed. Lima: 2019. [Fecha de consulta: 17 de mayo de 2020].

Disponible en: <https://ctveonline.exsa.net/p/descarga-de-manual>

GÓMEZ, Sergio. Metodología de la investigación [en línea]. 1.^a ed. Estado de México: Red Tercer Milenio S.C., 2012. [Fecha de consulta: 14 de junio de 2020].

Disponible en: http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/Axiologicas/Metodologia_de_la_investigacion.pdf

GUAMÁN Peláez, Marco Vinicio. Optimización de los procesos de perforación y voladura en el túnel fase A-B de interconexión del proyecto sopladora. Tesis (Ingeniero en Geología y Minas). Macas Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2016.

Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4926>

GUÍA de criterios geomecánicos para diseño, construcción, supervisión y cierre de labores subterráneas [en línea]. Lima: Osinergmin. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2017]. Disponible en:

https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/mineria/Documentos/Publicaciones/Guia-Criterios-Geomecanicos.pdf

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Collado y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación [en línea]. 6.^a ed. México: McGRAW-HILL., 2014 [fecha de consulta: 24 de mayo de 2020].

Disponible en: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

ISBN: 978-1-4562-2396-0

HERRERO García, Álvaro. Evaluación y análisis de daño en voladuras subterráneas. Tesis (Máster Universitario en Ingeniería de Minas). Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y Energía, 2017.

Disponible en: <http://oa.upm.es/48712/>

KONYA, Anthony [et al]. Modern Burn Cut Design. *E&MJ - Engineering & Mining Journal* [en línea]. Agosto 2017, v. 218, n.º 8. [Fecha de consulta: 26 de mayo de 2020]. Disponible en:

<http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&sid=fa9dba8a-df87-4fb8-a0b8-080c14c0f8c9%40pdc-v-sessmgr04>

ISSN: 0095-8948

LÓPEZ, Carlos. Manual de perforación y voladura de rocas. 3^a ed. España: Instituto Tecnológico GeoMinero de España, 2014. 541 pp.

ISBN: 8478401644

MOLINA, Jorge y 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]. Mayo 2017 [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2020].

Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bcdt/n42/0120-3630-bcdt-42-00045.pdf>
ISSN: 0120-3630

ÑAUPAS, Humberto, VALDIVIA, Marcelino, PALACIOS, Jesús J. ROMERO, Hugo E. Metodología de la investigación cuantitativa – cualitativa y redacción de la tesis [en línea]. 5.ª ed. Bogotá: Ediciones de la U., 2018 [fecha de consulta: 10 de mayo de 2020].

Disponible en: <https://corladancash.com/wp-content/uploads/2020/01/Metodologia-de-la-inv-cuanti-y-cuali-Humberto-Naupas-Paitan.pdf>
ISBN: 978-958-762-876-0

OCAMPO Rosillo, Kevin Alejandro. Optimización de malla de perforación doble espiral para túnel y reducir costos de perforación y voladura en el proyecto Chavimochic – La Libertad, 2017. Tesis (Ingeniero de Minas). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2018. Disponible en:

<http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/11035/Ocampo%20Rosillo%2c%20Kevin%20Alexandro.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

OCHOA, Alexander, CARATAYA, Maday y BLANCO, Jorge. Clasificación geomecánica óptima para evaluar el macizo rocoso en el frente de arranque del Tramo IV del túnel Levisa-Mayarí. *Minería y Geología* [en línea]. v. 36, n.º 1. Enero-marzo [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2020].

Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1993-80122020000100050
ISSN: 1993-8012

ORTEGA, Camilo [et al]. 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]. n.º 40. Julio 2016 [Fecha de consulta: 30 de junio 2020].

Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-3636302016000200004&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

OTZEN, Tamara y MANTEROLA, Carlos. Técnica de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology* [en línea]. v. 35, n.º 1. Marzo 2017 [Fechas de consulta: 25 de mayo de 2020].

Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-95022017000100037&script=sci_arttext#top

ISSN: 0717-9502

PARRA Murillo, Gean Carlo. Reducción de la carga explosiva con el uso del explosivo emulnor, en la corona de labores de desarrollo para optimizar los costos de voladura en CIA Minera Macdesa. Tesis (Ingeniero de Minas). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2018.

Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7730>

PEARTON, S.P. The application of pumpable emulsions in narrow-reef stoping. *Platinum conference papers* [en línea]. Vol.115, n.º 6. Junio 2015. [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2020].

Disponible en http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2225-62532015000600008

PERSSON, Per-Anders, HOLMBERG, Roger y LEE, Jaimin. Rock Blasting and Explosives Engineering. 1.^a ed. CRC Press LLC, 1994. 540 pp.

ISBN: 084938978X

RÍOS, Roger. Metodología para la investigación y redacción [en línea]. 1.^a ed. España: Servicios Académicos Intercontinentales S.L., 2017 [fecha de consulta: 17 de junio de 2020].

Disponible en: <https://www.eumed.net/libros-gratis/2017/1662/index.html>

ISBN-13: 978-84-17211-23-3

ROMANI Carhuamaca, Ronal. Diseño de mallas de perforación y voladura para optimizar avances y sobre rotura Nv.1255 – Mina Andaychagua – VCM S.A.A. Tesis (Ingeniería de Minas). Huancayo: Universidad del Centro del Perú, 2018.

Disponible en:

http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/5133/T010_44621425_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ROMERO Paucar, Royer. Voladura con detonadores electrónicos para optimizar la fragmentación y seguridad en el tajo Toromocho - Minera Chinalco Perú S.A. Tesis (Ingeniería de Minas). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2016.

Disponible en:

<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3897/Romero%20Paucar.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

RUIZ Vásquez, Trinidad. Reducción de costos usando espaciadores de agua en reemplazo de carrizo y cordón detonante en la voladura controlada de la Mina Marsa-Retamas 2017. Tesis (Ingeniero de Minas). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2017. Disponible en:

<http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/9574/RUIZ%20VASQUEZ%20c%20Trinidad.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SECCATORE, Jacopo, GONZALEZ, Patricio y HERRERA, Miguel. Peculiarities of drilling and blasting in underground small-scale mines. *Mining* [en línea]. Vol.73, n.º 3. Julio-setiembre 2020 [Fecha de consulta: 08 de octubre de 2020].

Disponible en https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-167X2020000300387&lng=en&nrm=iso

SILVA Campos, Edward Apolinar. Mejoramiento de los indicadores de perforación y voladura mediante la aplicación de tecnología de diseño láser en el marcado de mallas y voladura controlada en los frentes de avance de la mina Consuelo - Unidad de Producción Marañón de la Compañía Minera Poderosa S.A. Tesis (Ingeniero de Minas). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2017. Disponible en:

<http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10028/Silva%20Campos%20c%20Edward%20Apolinar.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SULCACONDOR Misarayme, Jeremias. Optimización de operaciones unitarias de perforación y voladura mediante voladura controlada en labores horizontales en la CIA Minera Poderosa S.A. Tesis (Título en Ingeniería de Minas). Ayacucho: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, 2018. Disponible en: http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/3264/TESIS%20M798_Sul.pdf?sequence=1&isAllowed=y

SZUMNY, Marcin [et al]. Blasting Operations Using Different Initiation Methods in Deep Underground Mines. *Geophysics (physics.geo-ph)* [en línea]. 3 de junio 2020. [Fecha de consulta: 07 de junio de 2020]. Disponible en <https://arxiv.org/abs/2006.02125>

TTICA Ccoñislla, Ever. Diseño de malla de perforación y voladura según Holmberg, para reducir los costos unitarios en la cortada sw nivel 2760. Contrata Minera Arca.S.A.C – Unidad de producción Santa María – CIA. Minera Poderosa S.A, 2017. Tesis (Ingeniero de Minas). Abancay: Universidad Nacional Micaela Bastida de Apurímac, 2018. Disponible en: http://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/604/T_0327.pdf?sequence=1&isAllowed=y

UYAGUARI Guachizaca, Wilson Anibal. Diseños de mallas de perforación y voladura basado en clasificaciones geomecánicas para la optimizar el consumo de sustancias explosivos en las galerías del nivel 2 ½ del Proyecto Minero EL Inca. Tesis (Ingeniero en Geología y Minas). Loja: Universidad Técnica Particular de Loja, 2018. Disponible en: <http://dspace.utpl.edu.ec/xmlui/handle/20.500.11962/22126?locale-attribute=en>

VILCA Callata, Yhonny Ely. Voladura controlada y reducción porcentual de dilución y costos en tajeo con uso de exsablock en la Minera Aurífera Retamas S.A. – 2019. Tesis (Ingeniero de Minas). Puno: Universidad Nacional Del Altiplano, 2019. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/12914>

WANG, Yixian. [et al]. Blast induced crack propagation and damage accumulation in rock mass containing initial damage. *Hindawi* [en línea]. V. 2018. Enero-junio 2018. [Fecha de consulta: 23 de setiembre de 2020]. Disponible en <https://www.hindawi.com/journals/sv/2018/3848620/>
ISSN: 1070-9622

XIE, Lixiang, Lu, Wendo, Gu, Jincai, Wang, Gaohui. Excavation Method of Reducing Blasting Vibration in Complicated Geological Conditions. *Hindawi* [en línea]. v. 2018. Marzo-mayo 2018. [Fecha de consulta: 26 de mayo de 2020]. Disponible en <https://www.hindawi.com/journals/sv/2018/2518209/>

ISSN: 1070-9622

YANG, Renshu [et al]. In Situ Stress Effects on Smooth Blasting: Model Test and Analysis. *Hindawi* [en línea]. v. 2020. Enero 2020. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2020].

Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/sv/2020/2124694/>

ISSN: 1875-9203

ZHU, Wancheng [et al]. Numerical Simulation on Damage and Failure Mechanism of Rock under Combined Multiple Strain Rates. *Hindawi* [en línea]. v. 2018. Enero-octubre 2018. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2020].

Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/sv/2018/4534250/>

ISSN: 1070-9622

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
X: Independiente Control de la voladura	La finalidad de un control de voladura es evitar o reducir la sobrerotura de la roca y mantenerse en los límites establecidos, la cual son muy importantes en labores subterráneas (Exsa, 2019).	Los instrumentos que se usará para obtención de datos se harán a través de la guía de análisis documental y guía de observación.	Geomecánica del macizo rocoso	Calidad del macizo rocoso	Ordinal
			Diseño de malla de perforación	Número de taladros	Nominal
				Número de taladros de alivio	Nominal
			Diseño de voladura	Burden y espaciamiento	Razón
				Distribución del explosivo por taladro	Razón
				Longitud de carga	Razón
				Secuencia de encendido	Ordinal
			Factor de carga	Razón	
Y: Dependiente Sobrerotura de roca caja	La sobrerotura en las galerías subterráneas es el exceso de fracturamiento que se da a la roca caja y que esto afecta el avance de las operaciones mineras. (Persson, Holmberg y Lee, 1994).	Los instrumentos que se usará para obtención de datos se harán a través de la guía de análisis documental y la guía de observación.	Perforación	Desviación de taladro	Intervalo
				Proximidad de taladros	Razón
			Voladura	Cantidad de explosivo	Razón
				Accesorios de voladura	Nominal
				Volumen de roca fracturada	Razón
			Análisis de sobrerotura	Avance lineal	Razón
				Sobrerotura	Nominal

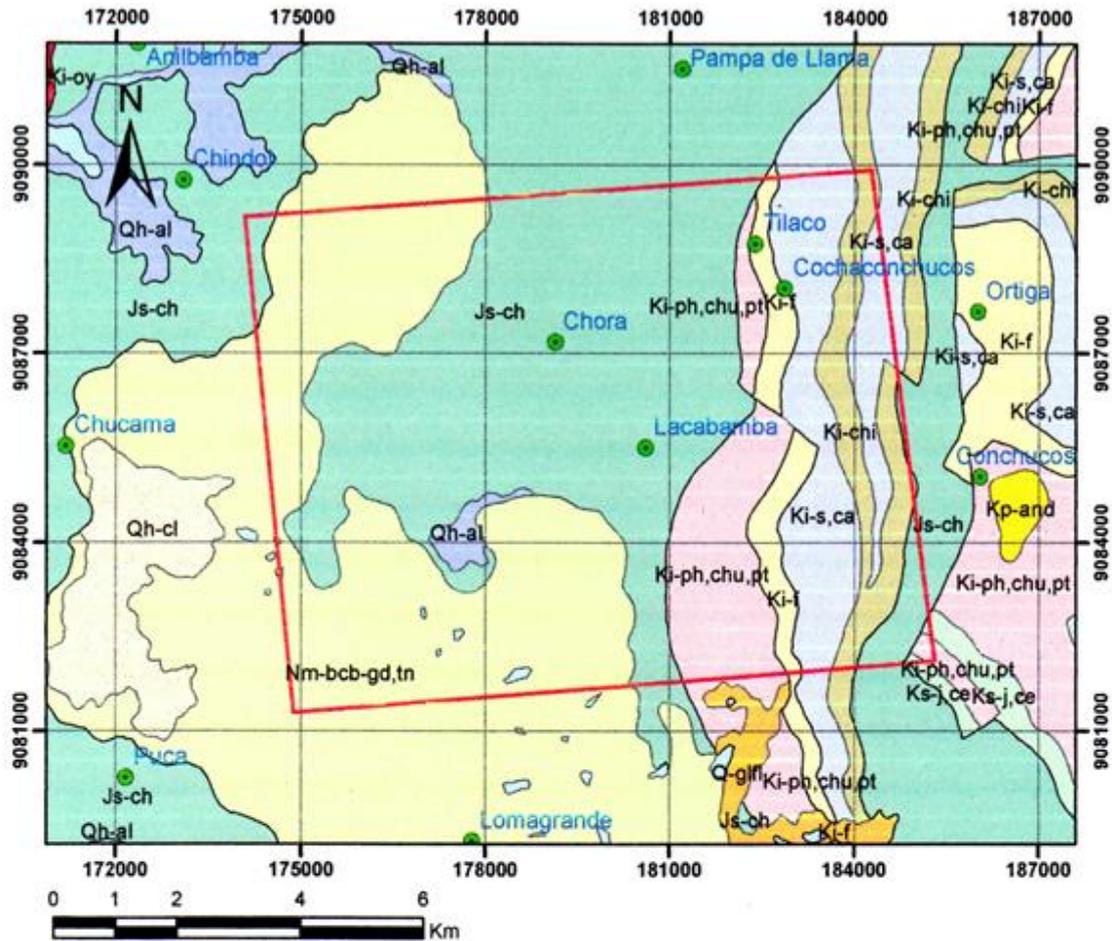
Fuente: elaboración propia

Anexo 2. Matriz de consistencia.

Título	Problemas	Objetivos	Hipótesis
	Problema general	Objetivo general	Hipótesis general
	¿De qué manera el análisis de control de voladura podrá reducir la sobrerotura de la roca caja en la Unidad de Producción Pallasca?	Analizar el control de voladura para reducir la sobrerotura de la roca caja en la Unidad de Producción Pallasca.	Al analizar el control de voladura permitirá reducir la sobrerotura de la roca caja en galería de mina subterránea.
	Problema específico	Objetivo específico	Hipótesis específicas
Análisis de control de la voladura para reducir la sobrerotura de roca caja en la Unidad de Producción Pallasca.	¿Cómo las características geomecánicas del macizo rocoso inciden en la sobrerotura de roca caja en la Unidad de Producción Pallasca?	Identificar las características geomecánicas del macizo rocoso para reducir la sobrerotura de roca caja en la Unidad de Producción Pallasca.	Las características geomecánicas del macizo rocoso reducen la sobrerotura de roca caja en galería de la Unidad de Producción Pallasca.
	¿De qué manera el diseño óptimo de la malla de perforación y voladura influye en la sobrerotura de roca caja en la Unidad de Producción Pallasca?	Analizar el diseño de la malla de perforación y voladura utilizado, para determinar el exceso de sobrerotura de roca caja en la Unidad de Producción Pallasca.	El diseño óptimo de la malla de perforación y voladura disminuye la sobrerotura de roca caja en la Unidad de Producción Pallasca.
	¿De qué manera los tipos de explosivos requeridos para la voladura en galería reducen la sobrerotura de roca caja en la Unidad de Producción Pallasca?	Describir los tipos de explosivos requeridos para la voladura en galería para acortar la sobrerotura de roca caja en la Unidad de Producción Pallasca.	Los tipos de explosivos requeridos para la voladura en galería acortan la sobrerotura de roca caja en la Unidad de Producción Pallasca.

Fuente: Elaboración propia

GEOLOGÍA REGIONAL - COMUNIDAD DE CHORA - ANCASH



LEYENDA	
Formaciones Geológicas	
DESCRIPCIÓN	
	Acumulación de grava, arena, limo y arcilla.
	Andesita.
	Areniscas y limolitas rojizas, microconglomerados con clastos de cuarcitas.
	Areniscas cuarzosas blancas, limoarcillitas grises y niveles de carbón.
	Areniscas cuarzosas, lutitas oscuras pizarrosas.
	Areniscas, capas de carbón, restos de plantas.
	Calizas color azul grises, limoarcillitas color gris a verde, capas de yeso.
	Calizas grises en estratos.
	Calizas masivas de tono azul. calizas y margas color crema.
	Constituida por bloques rocosos heterométricos y homogéneos angulosos a sub angulosos.
	Granodiorita, tonalita.
	Gravas, arenas en matriz limoarenosas. Arenas y materiales residuales no consolidados.
	Laguna.

Fuente: Adaptado de GEOCATMIN – ArcGIS.

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO – CHICLAYO 2020

Instrumento N°01 – Guía de observación de campo

Objetivo: Identificar las características geomecánicas del macizo rocoso.

Clasificación geomecánica RMR							
Resistencia de la roca intacta		Puntuación				Puntaje	
Índice de carga puntual		>250 Mpa (15)	100-250 Mpa (12)	50-100 Mpa (7)	25-50 Mpa (4)		
RQD	Puntuación					Puntaje	
	90%-100				(20)		
	75%-90%				(17)		
	50%-75%				(13)		
	25%-50%				(6)		
<25%				(3)			
Espaciado entre diaclasas		Puntuación				Puntaje	
		>2m (20)	0.6-2m (15)	0.2-0.6m (10)	0.06-0.2m (8)	<0.06m (5)	
Estado de discontinuidades		Puntuación				Puntaje	
Long. Discontinuidad	<1m (6)	1-3m (4)	3-10m (2)	10-20m (1)	>20m (0)		
Abertura	Nada (6)	0.1mm (4)	0.1-1mm (2)	1-5mm (1)	>5mm (0)		
Rugosidad	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Ligeramente Rugosa (3)	Ondulada (1)	Suave (0)		
Relleno	Ninguno (6)	Relleno duro (4)	Relleno duro >5mm (2)	Relleno blando (2)	Relleno blando >5mm (0)		
Alteración	Inalterada (6)	Ligeramente alterada (5)	Moderadamente alterada (3)	Muy alterada (1)	Descompuesta (0)		
Agua freática		Caudal por 10m del túnel				puntaje	
		Nulo (15)	10 lt/min (10)	10-25 lt/min (7)	25-125 lt/min (4)	>125 lt/min (0)	
Corrección por discontinuidades		Puntuación				Puntaje	
Dirección de buzamiento (Túnel)		Muy favorable (0)	Favorable (-2)	Medias (-5)	Desfavorable (-10)	Muy desfavorable (-12)	
Clasificación de RMR	Clase	Calidad de roca		RMR	Puntaje		
	I	Muy buena		81 – 100			
	II	Buena		61 – 80			
	III	Media		41 – 60			
	IV	Mala		21 – 40			
V	Muy mala		0 – 20				

Fuente: Adaptado de Z. Bieniawski 1989

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO – CHICLAYO 2020
(Instrumento N°02 – Guía de observación de campo)

Objetivo: Analizar el diseño de malla de perforación y voladura utilizado.

MALLA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA			
Sección		Ø taladro	
N° taladros cargados		Longitud efectiva	
Tipo de roca RMR		Longitud de barra	

EXPLOSIVOS			
EXAMON - P		SEMEXA 65 (1 ½ x12)	
Densidad (g/cm³)		Densidad (g/cm³)	
Velocidad de detonación (m/s)		Velocidad de detonación (m/s)	
Presión de detonación (kbar)		Presión de detonación (kbar)	
Resistencia al agua		Resistencia al agua	
Categoría de humos		Categoría de humos	

PERFORACIÓN CON JACK-LEG		EXPLOSIVO				
Descripción	N° Taladros	EXAMON - P		DINAMITA 65 (1 ½ x12)		
		Kg ANFO/tal.	Total ANFO	Cart./tal.	Total Cart.	Peso
Taladros vacíos						
Arranque						
Ayuda						
1° contra ayuda						
2° contra ayuda						
Cuadradores						
Ayuda de corona						
Corona						
Arrastres						

Total taladros				
----------------	--	--	--	--

Densidad ANFO		Kilos de explosivo		Avance	
Volumen		Tonelaje		Factor de carga (kg/m³)	
				Fact. Poten. (kg/tn)	

Fuente: Elaboración propia.

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO – CHICLAYO 2020

(Instrumento N°03 – Guía de análisis documental)

Objetivo: Tipos de explosivos requeridos para reducir la sobrerotura de la roca caja.

DINAMITA						
Especificación técnica	Unidad	Exsablock	Pulverulentas		SEMEXSA	
Densidad	g/cm ³					
Velocidad de detonación	m/s					
Presión de detonación	Kbar					
Resistencia al agua	Horas					
Categoría de humos	Categoría					
Roca	Tipo					

EMULSIÓN					
Especificación técnica	Unidad	EMULNOR		EMULEX	
Densidad	g/cm ³				
Velocidad de detonación	m/s				
Presión de detonación	Kbar				
Energía	Kj/kg				
Resistencia al agua	Horas				
Categoría de humos	Categoría				
Roca	Tipo				

Fuente. Elaboración propia

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO
(Instrumento N°01 – Guía de observación de campo)

1. Datos generales:
 - Título del Informe de Investigación:
Análisis de control de voladura para reducir la sobrerotura de roca caja en la Unidad de Producción Pallasca.
 - Investigador (es): Estela Yomona Jimy, Estela Yomona Kenji
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					X
Objetividad	Está expresado en conductas observables					X
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					X
Organización	Existe una organización lógica					X
Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					X
Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de la estrategia				X	
Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos					X
Coherencia	Existe coherencia entre los índices, dimensiones e indicadores					X
Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					X
Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación					X

PROMEDIO DE VALORACIÓN

95

3. Opinión de aplicabilidad:

.....

4. Datos del Experto:

Nombre y apellidos: Mauro Salvador Paico

DNI: 45454682

Grado académico: *Magister en: Ingeniería Geológica con fines Geotécnicos e Ingeniería Civil*

Centro de Trabajo: *Empresa SERGEOING SRL.*

Correo: *maurosalmi@hotmail.com* Teléfono: 947801456 Fecha: 29/10/2020


 MAURO SALVADOR PAICO
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 199593

Ing. Mg. Mauro Salvador Paico
 DNI N°:45454682

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO
(Instrumento N°02 – Guía de observación de campo)

1. Datos generales:
 - Título del Informe de Investigación:
Análisis de control de voladura para reducir la sobrerotura de roca caja en la Unidad de Producción Pallasca.
 - Investigador (es): Estela Yomona Jimy, Estela Yomona Kenji
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					X
Objetividad	Está expresado en conductas observables					X
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					X
Organización	Existe una organización lógica					X
Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					X
Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de la estrategia					X
Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos					X
Coherencia	Existe coherencia entre los índices, dimensiones e indicadores					X
Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				X	
Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación					X

PROMEDIO DE VALORACIÓN

98

3. Opinión de aplicabilidad:

.....

4. Datos del Experto:

Nombre y apellidos: Mauro Salvador Paico

DNI: 45454682

Grado académico: *Magister en: Ingeniería Geológica con fines Geotécnicos e Ingeniería Civil*

Centro de Trabajo: *Empresa SERGEOING SRL.*

Correo: *maurosalpai@hotmail.com* Teléfono: 947801456 Fecha: 29/10/2020


MAURO SALVADOR PAICO
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 199593

Ing. Mg. Mauro Salvador Paico
 DNI N°:45454682

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO
(Instrumento N°03 – Guía de análisis documental)

1. Datos generales:
 - a. Título del Informe de Investigación:
Análisis de control de voladura para reducir la sobrerotura de roca caja en la Unidad de Producción Pallasca.
 - b. Investigador (es): Estela Yomona Jimy, Estela Yomona Kenji
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					X
Objetividad	Está expresado en conductas observables					X
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					X
Organización	Existe una organización lógica					X
Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad				X	
Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de la estrategia					X
Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos					X
Coherencia	Existe coherencia entre los índices, dimensiones e indicadores					X
Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					X
Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación					X

PROMEDIO DE VALORACIÓN

95

3. Opinión de aplicabilidad:

.....

4. Datos del Experto:

Nombre y apellidos: Mauro Salvador Paico

DNI: 45454682

Grado académico: *Magister en: Ingeniería Geológica con fines Geotécnicos e Ingeniería Civil*

Centro de Trabajo: *Empresa SERGEOING SRL.*

Correo: *maurosalmi@hotmail.com* Teléfono: 947801456 Fecha: 29/10/2020


MAURO SALVADOR PAICO
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 199593

Ing. Mg. Mauro Salvador Paico
 DNI N°: 45454682

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO
(Instrumento N°01 – Guía de observación de campo)

1. Datos generales:
 - Título del Informe de Investigación:
Análisis de control de voladura para reducir la sobrerotura de roca caja en la Unidad de Producción Pallasca.
 - Investigador (es): Estela Yomona Jimy y Estela Yomona Kenji
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					X
Objetividad	Está expresado en conductas observables					X
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				X	
Organización	Existe una organización lógica					X
Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad				X	
Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de la estrategia					X
Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos				X	
Coherencia	Existe coherencia entre los índices, dimensiones e indicadores					X
Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico				X	
Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación					X

PROMEDIO DE VALORACIÓN

88

3. Opinión de aplicabilidad:
.....
.....

4. Datos del Experto:
Nombre y apellidos: *Orlando Alex Siccha Ruiz* DNI: 18026960
Grado académico: *Magister en: Gestión de Riesgos Ambientales y Seguridad en las Empresas*
Centro de Trabajo: *Docente UCV* Fecha: 03/10/2020



Ing. Mg. Orlando Alex Siccha Ruiz
DNI N°:18026960

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO
(Instrumento N°02 – Guía de observación de campo)

1. Datos generales:
 - Título Del Informe De Investigación:
Análisis de control de voladura para reducir la sobrerotura de roca caja en la Unidad de Producción Pallasca.
 - Investigador (es): Estela Yomona Jimy y Estela Yomona Kenji
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					X
Objetividad	Está expresado en conductas observables					X
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					X
Organización	Existe una organización lógica					X
Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad				X	
Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de la estrategia					X
Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos				X	
Coherencia	Existe coherencia entre los índices, dimensiones e indicadores					X
Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					X
Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación					X

PROMEDIO DE VALORACIÓN

90

3. Opinión de aplicabilidad:

.....

4. Datos del Experto:

Nombre y apellidos: *Orlando Alex Siccha Ruiz* DNI: 18026960

Grado académico: *Magister en: Gestión de Riesgos Ambientales y Seguridad en las Empresas*

Centro de Trabajo: *Docente UCV*

Fecha: 03/10/2020



Ing. Mg. Orlando Alex Siccha Ruiz
 DNI N°:18026960

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO
(Instrumento N°03 – Guía de análisis documental)

1. DATOS GENERALES:

- Título Del Informe De Investigación:
Análisis de control de voladura para reducir la sobrerotura de roca caja en la Unidad de Producción Pallasca.
- Investigador (es): Estela Yomona Jimy y Estela Yomona Kenji

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					X
Objetividad	Está expresado en conductas observables					X
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					X
Organización	Existe una organización lógica					X
Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad				X	
Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de la estrategia					X
Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos				X	
Coherencia	Existe coherencia entre los índices, dimensiones e indicadores					X
Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					X
Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación					X

PROMEDIO DE VALORACIÓN

88

3. Opinión de aplicabilidad:

.....

4. Datos del Experto:

Nombre y apellidos: *Orlando Alex Siccha Ruiz* DNI: 18026960

Grado académico: *Magister en: Gestión de Riesgos Ambientales y Seguridad en las Empresas*

Centro de Trabajo: *Docente UCV*

Fecha: 03/10/2020



Ing. Mg. Orlando Alex Siccha Ruiz
 DNI N°:18026960

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO
(Instrumento N°01 – Guía de observación de campo)

1. Datos generales:
 - Título del Informe de Investigación:
Análisis de control de voladura para reducir la sobrerotura de roca caja en la Unidad de Producción Pallasca.
 - Investigador (es): Estela Yomona Jimy, Estela Yomona Kenji
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					X
Objetividad	Está expresado en conductas observables			X		
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				X	
Organización	Existe una organización lógica				X	
Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad				X	
Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de la estrategia					X
Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos			X		
Coherencia	Existe coherencia entre los índices, dimensiones e indicadores				X	
Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					X
Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación				X	

PROMEDIO DE VALORACIÓN

85

3. Opinión de aplicabilidad:
.....
.....

4. Datos del experto:

Nombre y apellidos: *Donayres Quispe Gilberto* DNI: 23992146

Grado académico: *Magister en: Administración de Empresas, Medio Ambiente y Liderazgo Internacional*

Centro de Trabajo: *Empresa Minera los Andes S.A.C. y Universidad César Vallejo*

Email: *gilberto122@hotmail.com* Teléfono: 994153877 Fecha: 03/10/2020


 MINERA LOS ANDES S.A.C
 Ing.º Gilberto Donayres Quispe
 GERENTE GENERAL

Ing. Mg. Gilberto Donayres Quispe
DNI N° 23992146

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO
(Instrumento N°02 – Guía de observación de campo)

1. Datos generales:
 - Título Del Informe De Investigación:
Análisis de control de voladura para reducir la sobrerotura de roca caja en la Unidad de Producción Pallasca.
 - Autor (es): Estela Yomona Jimy y Estela Yomona Kenji
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				X	
Objetividad	Está expresado en conductas observables				X	
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología					X
Organización	Existe una organización lógica			X		
Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad				X	
Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de la estrategia				X	
Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos					X
Coherencia	Existe coherencia entre los índices, dimensiones e indicadores				X	
Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					X
Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación			X		

PROMEDIO DE VALORACIÓN

80

3. Opinión de aplicabilidad:

4. Datos del experto:

Nombre y apellidos: *Donayres Quispe Gilberto* DNI: 23992146

Grado académico: *Magister en: Administración de Empresas, Medio Ambiente y Liderazgo Internacional*

Centro de Trabajo: *Empresa Minera los Andes S.A.C. y Universidad César Vallejo*

Email: *gilberto122@hotmail.com* Teléfono: 994153877 Fecha: 03/10/2020


 MINERA LOS ANDES S.A.C.
 Ing. Mg. Gilberto Donayres Quispe
 GERENTE GENERAL

Ing. Mg. Gilberto Donayres Quispe
 DNI N° 23992146

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO
(Instrumento N°03 – Guía de análisis documental)

1. Datos generales:
 - Título Del Informe De Investigación:
Análisis de control de voladura para reducir la sobrerotura de roca caja en la Unidad de Producción Pallasca.
 - Autor (es): Estela Yomona Jimy y Estela Yomona Kenji
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					X
Objetividad	Está expresado en conductas observables					X
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				X	
Organización	Existe una organización lógica					X
Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad			X		
Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de la estrategia				X	
Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos					X
Coherencia	Existe coherencia entre los índices, dimensiones e indicadores				X	
Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					X
Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación					X

PROMEDIO DE VALORACIÓN

90

3. Opinión de aplicabilidad:

.....
.....

4. Datos del experto:

Nombre y apellidos: *Donayres Quispe Gilberto* DNI: 23992146

Grado académico: *Magister en: Administración de Empresas, Medio Ambiente y Liderazgo Internacional*

Centro de Trabajo: *Empresa Minera los Andes S.A.C. y Universidad César Vallejo*

Email: *gilberto122@hotmail.com* Teléfono: 994153877 Fecha: 03/10/2020

MINERA LOS ANDES S.A.C
Ing. Mg. Gilberto Donayres Quispe
GERENTE GENERAL

Ing. Mg. Gilberto Donayres Quispe
DNI N° 23992146



MINERA LOS ANDES S.A.C.

CARTA N° 015-2020-MILANSAC

Pallasca, 12 de setiembre de 2020.

Señor:

Dr. Beder Erasmo Martell Espinoza

Director Nacional de EP de Ingeniería de
Minas UCV- Filial Chiclayo

Presente.

Reciba un cordial saludo y expresarle mi estima personal, se ha recibido 4 cartas de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas de UCV – Filial Chiclayo, solicitando las facilidades para la investigación y Prácticas Pre – Profesionales de estudiantes del Ciclo X, se detalla líneas abajo.

La Empresa Minera Los Andes Sociedad Anónima Cerrada con el espíritu de apoyar en el desarrollo de los futuros profesionales de Ingeniería de Minas acepta brindarles y dar las facilidades necesarias para que puedan cumplir con sus objetivos planeados en la fecha que estimen conveniente sólo tienen que enviar un correo a gilberto122@hotmail.com con copia a gdonayres@mineralosandes.com, con 1 semana de anticipación, dirigido al Ing. Angel Cámac, Superintendente de SSOMA . Las investigaciones y prácticas lo realizarán en la Unidad de Pallasca, estudiantes admitidos son.

- | | | |
|--|---|-----------------|
| 1.- Brenda Alexandra Escobar Gonzales | – | DNI N° 74145935 |
| 2.- Grecia Consuelo Rodas Espiche | – | DNI N° 72680900 |
| 3.- Estela Yomona, Jimmy | – | DNI N° 41948081 |
| 4.- Estela Yomona, Kenji | – | DNI N° 46735896 |
| 5.- Ducep Nuntón Roberto José | – | DNI N° 71983858 |
| 6.- Vera Fernández Luis Orlando | – | DNI N° 72692990 |
| 7.- Cárdenas Cueva, Jefferson Franklin | – | DNI N° 70257937 |
| 8.- Monteza Llampén, Harvy Brayan | – | DNI N° 74805529 |

Atentamente,

MINERA LOS ANDES S.A.C.
Ing. Gilberto Donayres Quipe
GERENTE GENERAL

MBA. Gilberto Donayres Q.
GERENTE GENERAL