



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

**Diseño de malla de perforación para optimizar la fragmentación
de roca caliza en calera ALSABE**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero de Minas

AUTORES:

Luzon Canelo Juan Cristhofer Anderson (orcid.org/0000-0002-4542-0995)

Montenegro Bonilla Christian Jonathan (orcid.org/0000-0001-7243-296X)

ASESORES:

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

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

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Perforación y Voladura de Rocas

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHICLAYO-PERÚ

2022

i

Dedicatoria

La investigación está dedicada a dos grandes personas mis padres Luzón Pejerrey Juan y Canelo Silva Isis ellos me han educado, apoyado durante mi formación universitaria y me han brindado todo su amor. A ellos estoy totalmente agradecido.

A mi hermano, abuelos y familia en general, porque ellos me han influenciado a ser mejor persona y a enfocarme a lograr todas mis metas propuestas.

Finalmente dedico la tesis a mi persona, por mi perseverancia y esfuerzo, porque a pesar de las dificultades siempre he logrado salir adelante y concretar mis metas.

Cristhofer Luzón canelo

Esta investigación está dedicada a mis padres Víctor Montenegro H. y Patricia Bonilla F. Por su apoyo incondicional lo largo de mi carrera de formación académica.

También se la dedico a mis abuelos por haberme dado el aliento de seguir adelante y lograr mis objetivos, también por acompañarme en este largo proceso.

Finalmente está dedicada a mi persona, por todo el esfuerzo del día a día para sacar adelante esta investigación, pese a muchos inconvenientes hoy me siento orgullo se haber cumplido los objetivos.

Christian Montenegro Bonilla

Agradecimiento

En primer lugar, agradecer a nuestro Dios todo poderoso, por brindarme la oportunidad de culminar esta investigación, por brindarme las fuerzas de rendirme en el proceso, por el apoyo incondicional y su misericordia. También agradecer a mis padres y abuelos, por la confianza en mí y ser parte de mi formación a lo largo de mis 22 años.

Finalmente agradecer a nuestros docentes que, con la larga experiencia, nos han guiado y capacitado de la mejor manera Ing. Carla Mena Nevado, Ing. Solio Arango Retamozo y Dr. Rosa Eliana Salazar Cabrejos, quienes estuvieron dispuestos ayudarnos ante cualquier duda durante la elaboración de la tesis.

Christian Montenegro Bonilla

Agradezco a Dios por brindarme la oportunidad de lograr una meta de suma importancia para mí, la cual es culminar con éxito mi carrera universitaria, por otorgarme fortaleza en los momentos difíciles, por siempre estar presente en el transcurso de mi vida.

Agradezco a mis padres y familia por siempre confiar en mí, por formarme con buenos valores y por siempre alentarme a ser mejor persona.

Agradezco a los docentes e ingenieros que me brindaron sus conocimientos en el transcurso de mi vida universitaria, en especial a la Ing. Mena Nevado Carla, Dra. Salazar Cabrejos Rosa y al Ing. Solio Arango Retamozo, los tengo presentes por su apoyo ante las dudas durante la investigación y por su paciencia.

Cristhofer Luzón Canelo

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	vi
Índice de cuadros	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA	14
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	14
3.2. Variable y operacionalización	15
3.3. Población y Muestra	16
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	17
3.5. Procedimiento.....	18
3.6. Método de análisis de datos	19
3.7. Aspectos Éticos	20
IV. RESULTADOS.....	22
4.1. Geología de la empresa calera ALSABE	22
4.1.1. Geología Regional.....	22
4.1.2. Geología Local.....	22
4.1.3. Geología Estructural	24
4.2. Caracterización del macizo rocoso	27
4.2.1. Medición de la resistencia mediante el esclerómetro	27
4.2.2. Rugosidad de la roca caliza mediante el Peine de Barton	29
4.2.3. Ensayo a compresión simple.....	32
4.3. Implementación de modelos matemáticos	35
4.3.1. Perforación antes de la investigación.....	35
4.3.2. Modelo matemático de Andersen	36
4.3.3. Modelo matemático de Langefors	37
4.3.4. Modelo matemático de C. Konya.....	38
4.3.5. Modelo matemático de ASH	39

4.3.5. Cálculo para el diseño de la malla de perforación mediante modelos matemáticos	41
V. DISCUSIÓN	50
VI. CONCLUSIONES	53
VII. RECOMENDACIONES	54
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
IX. ANEXOS	64

Índice de tablas

Tabla 01: Geología estructural del yacimiento de la empresa calera ALSABE.....	25
Tabla 02: Datos del testigo	27
Tabla 03: Resultados del esclerómetro.....	28
Tabla 04: Resistencia basada en ISRM	29
Tabla 05: Datos del testigo 01	30
Tabla 06: Datos del testigo 02	31
Tabla 07: Ensayo de forma horizontal.....	32
Tabla 08: Ensayo de forma vertical.....	33
Tabla 09: Ponderación para hallar el RMR	33
Tabla 10: Clasificación de la roca Caliza.....	34
Tabla 11: Datos de la perforación empírica.....	35
Tabla 12: Características del nuevo banco con modelo matemático.....	43
Tabla 13: Perforadora y compresora a utilizar.....	44
Tabla 14: Explosivo – Dinamita FAMESA Semigelatina 65%.....	45
Tabla 15: Perforación con la implementación de un modelo matemático	45
Tabla 16: Comparación de explotación actual y proyectada	48
Tabla 17: Beneficio económico de producción actual y proyectada	49

Índice de cuadros

Cuadro 01: Columna estratigráfica.....	23
Cuadro 02: Propiedades geotécnicas de rocas en Cajamarca.....	26
Cuadro 03: Modelo matemático de Andersen	36
Cuadro 04: Modelo matemático de Langefors	37
Cuadro 05: Modelo matemático de C. Konya.....	38
Cuadro 06: Modelo matemático de ASH.....	39

Resumen

La presente investigación tuvo por finalidad el reemplazo del diseño de perforación actual que es de manera empírica, mediante una aplicación de modelos matemáticos, siendo estos más eficientes en el dimensionamiento de los taladros. La investigación surgió por la observación de la problemática, la misma que se encuentra vinculada con el diseño de malla de perforación empírica de la empresa calera ALSABE.

Para dicha investigación se trabajó como muestra los bancos actuales de la empresa, haciendo uso de un enfoque diseño cuantitativo y un diseño de investigación pre-experimental descriptivo. Cabe recordar, que en las etapas de procesamiento de datos se tomó los métodos analíticos, las técnicas de observación y análisis documental que fueron validados; además se realizó un análisis de laboratorio a la muestra extraída para poder obtener los datos geomecánicos de la estructura rocosa de la empresa.

Estos procedimientos utilizan esta metodología como respaldo de la investigación, teniendo un sustento auténtico y serio respectivamente. Finalmente, como resultado de la investigación se obtuvo que el nuevo diseño de malla teniendo en cuenta los modelos matemáticos, presenta una ventaja en el mejoramiento de la fragmentación y producción que se genera actualmente, con lo cual se puede concluir que el diseño de malla es óptimo para la empresa calera ALSABE.

Palabras clave: Malla de perforación, modelos matemáticos, clasificación geomecánica, roca caliza.

Abstract

The purpose of this research was to replace the current drilling design, which is empirical, through the application of mathematical models, these being more efficient in the dimensioning of the drills. The investigation arose from the observation of the problem, which is linked to the design of the empirical perforation mesh of the ALSABE lime company.

For this research, the current banks of the company were worked as a sample, using a quantitative design approach and a non-experimental descriptive research design. It should be remembered that in the data processing stages, the analytical methods, the observation techniques and the documentary analysis that were validated were taken; In addition, a laboratory analysis was carried out on the extracted sample in order to obtain the geomechanical data of the rock structure of the company.

These procedures use this methodology as a support for the investigation, having an authentic and serious basis, respectively. Finally, as a result of the investigation, it was obtained that the new mesh design, taking into account the mathematical models, has an advantage in improving the fragmentation and production that is currently generated, with which it can be concluded that the mesh design is optimal for the lime company ALSABE.

Keywords: Drilling grid, mathematical models, geomechanical classification, limestone.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la minería es factor de suma importancia para el país, ya que el sector minero aporta un 14% al PBI nacional. De tal modo, con la minería se logra realizar proyectos como construcción de hospitales, carreteras, centros de educación etc. A nivel latinoamericano y mundial, el Perú se encuentra entre los mejores productores de minerales de oro, plata, cuarzo, cobre, caliza, plomo, grafito, estaño, hierro, etc. Esto es debido a la gran cantidad de recursos geológicos y a la buena producción de la minería peruana. Los materiales que se originan en el Perú generan gran demanda en el mercado a nivel mundial. Este desarrollo es debido a la producción e industria. Las grandes oportunidades que nos da nuestro país se han visto reflejadas, en que somos uno de los países del continente con mayor inversión en la minería.

La empresa minera ALSABE está localizada en Cajamarca, ciudad de Bambamarca y provincia de Hualgayoc, aproximadamente a 3 716 m.s.n.m. Posee una superficie de 229 km², los distritos que limitan con la provincia de Hualgayoc son Bambamarca a 13.7 km, Chugur a 17.6 km y Catilluc 18.9 km. El tiempo de viaje desde la ciudad de Chiclayo hasta la empresa calera ALSABE es de aproximadamente 8 h 30 min. La empresa es de piedra caliza, la cual obtiene la cal mediante procesos de preparación.

La realidad problemática de este proyecto se basó en la deficiente fragmentación de la roca caliza que se obtiene después de que se realiza la perforación y voladura, la cual origina graves problemas en la etapa tratamiento del material y aumenta el tiempo de trabajo. Por ello se vio la necesidad de realizar un estudio exhaustivo, y así determinar la malla de perforación para mejorar la fragmentación de la roca caliza. Alfaro (2016), nos dice que la perforación y voladura generan gran impacto en la mina, es por ello, que se tiene que diseñar una malla de perforación eficaz, para eso se debe trabajar con modelos matemáticos. Los modelos permiten determinar con mayor exactitud la cantidad de taladros y explosivos a utilizar. Los elementos a tener en cuenta para diseñar las mallas en bancos son geométricos, de perforación, de carga y de tiempo.

Una de las causas de la mala fragmentación de la caliza que se observó en la empresa calera ALSABE, es la falta de capacitación de los encargados del área de perforación, ya sea del maestro perforista y asistente de perforación. Esto genera que, al momento de realizar la perforación, los taladros se desvíen y no estén posicionados en el lugar adecuado. Lo cual conlleva a que la voladura no se realice de forma eficaz. Rincón y Molina (2017), nos menciona que las desviaciones generan grandes impactos en las perforaciones, esto se ve reflejado principalmente en la producción, carga y transporte; así como también en el tratamiento que se le realiza al material en la planta. Debido a que, el material no presenta los tamaños adecuados luego de que se realiza la perforación y voladura. Esto da paso a que se realice nuevamente la perforación.

Otras de las causas identificadas en la empresa calera son los tiros cortados, ya que estos no salen en su totalidad ya sea por problemas de la roca o por mal encendido del explosivo. Esto genera que existan zonas en la que la roca no obtuvo la granulometría deseada, debido a que la explosión no fue 100% eficaz en todos los lugares ubicados. Sanz (2019), nos dice que los problemas a causa de los tiros cortados pueden ser rocas mal fragmentadas, que originan que el macizo rocoso tenga un perfil irregular. Otro problema identificado es que se realicen perforaciones y voladuras secundarias, ello trae un elevado costo y peligro en los trabajadores.

Así mismo, otra de las causas que se observó en el campo es el diseño de malla de perforación que emplean los trabajadores habitualmente, es por ello que optan por realizar de manera empírica su diseño de malla. Esto genera deficiencia en la voladura siendo la granulometría no adecuada para las posteriores actividades. Esto conlleva a que los trabajadores empleen martillos o combas para reducir el tamaño de los fragmentos alargando el ciclo. Aliaga (2018), nos dice que el diseño de malla de perforación influye significativamente en el fracturamiento del material, al igual que el cálculo de taladros para el diseño geométrico de la malla con el uso de un modelo matemático, el cual permite ahorrar tiempo y costos.

Una de las causas es que no se realiza el estudio geomecánico de la roca para determinar la clase de roca o en las condiciones que se encuentra el terreno para poder realizar la perforación. Esto genera pérdida económica al exceder el número de taladros y desgaste de broca. Camarena (2019) nos dice, que aplicando los parámetros geomecánicos o descripción del macizo rocoso se logra reducir las brocas para cierta cantidad de metros perforados, como también la reducción de taladros con exactitud para una buena voladura, reduciendo costos en los estudios correspondientes.

Teniendo en cuenta la realidad problemática que atraviesa la empresa calera ALSABE, se plantea la siguiente interrogante: ¿De qué manera el diseño de malla de perforación puede optimizar la fragmentación de roca caliza en calera ALSABE?

La investigación se justifica teóricamente, ya que, en la actualidad las empresas mineras tienen grandes problemas con respecto a la fragmentación de los materiales, la cual trae consigo el incremento de plan de minado. Para ello las diversas teorías mencionan que los criterios matemáticos de perforación no son aplicados de forma eficaz. Por consiguiente, la investigación busca complementar de forma teórica acerca del diseño de una malla de perforación para un buen fracturamiento de rocas en el cual se fundamenta el estudio. De igual manera se tiene en cuenta la justificación práctica, por el hecho que la mala fragmentación de roca es un problema que sigue aconteciendo y no se ha dado solución a ello. De modo que un buen diseño de malla de perforación ayude a obtener la granulometría de roca deseada. La justificación metodológica se centra en la utilización de técnicas de investigación, la cual ayuda a recopilar datos de la malla de perforación y a crear un nuevo diseño.

Este estudio presenta los siguientes objetivos, el objetivo general es, determinar el diseño de malla de perforación para mejorar la fragmentación en la empresa calera ALSABE. Para ello se han propuestos objetivos específicos planteados como, determinar la geología del yacimiento en la que trabaja la empresa calera ALSABE, para conocer los tipos de minerales presentes en el área de trabajo; así como realizar la caracterización del macizo rocoso, para determinar la

resistencia que posee la roca caliza y el último objetivo es diseñar una malla de perforación mediante modelos matemáticos para una adecuada fragmentación. Teniendo en cuenta los objetivos propuestos se plantea la siguiente hipótesis: Un diseño malla de perforación optimiza la fragmentación de roca caliza en calera ALSABE.

II. MARCO TEÓRICO

Para realizar el marco teórico se considera tener en cuenta antecedentes nacionales como internacionales, los cuales guardan relación con el tema de investigación.

Entre los antecedentes internacionales tenemos, Correa y Martínez (2017) en la investigación “Diseño del sistema de perforación y voladura en los bancos D, E y F en la mina de caliza EL TESORO, Contrato de concesión ILI-16111 ubicada en la vereda las caleras del municipio de Nobsa - Boyaca”; cuyo objetivo es diseñar un sistema de perforación teniendo en cuenta criterios técnicos y seguros, que brinden una eficiente extracción en los bancos de la mina. Teniendo como resultado que la matriz rocosa está conformada por tres familias de diaclasas con características que ayudan a mantener la estabilidad del talud. Gracias a los estudios realizados se observó que los tres bancos poseen características parecidas con un GSI de 80 y RMR de 80. En conclusión, el nuevo diseño de voladura programado logrará una notoria reducción de un aproximado de 50.99 % por m³ volado en las actividades que se utilice la perforación y voladura. Por ello se considera que es un diseño sumamente rentable ya que el antiguo sistema tenía un costo de 74% por m³ volado. Esta investigación resaltó la realización de ensayos en la matriz rocosa de los taludes, para recolectar las características de los bancos y establecer un eficaz sistema de perforación y voladura.

Chugá (2017) en su investigación “Análisis comparativo entre el método de voladura convencional y gasificada utilizada en la mina Cuajone – Southern Perú”. La cual su objetivo es elaborar un estudio relacionando los Métodos de Voladura Gasificada y Convencional los cuales, se utilizan en la mina. Como resultado de la investigación tenemos que las cámaras de aire Taponex ayuda a que se genere una buena repartición de energía que se libera en la voladura y por ello se produce una rotura eficaz. El valor ideal de la fragmentación es menor a 51 pulgadas ya sea para voladura convencional o gasificada. En conclusión, la opción más recomendada en relación con los costos, es la mezcla del anfo pesado HA28 (0.29US\$/TON) y un insumo de explosivo, el cual debe tener un

porcentaje entre 0.36 o 0.94 kg/ton. Esta investigación fue de mucha ayuda, ya que ayudó a tener en cuenta el explosivo que se utilizará en el nuevo sistema de perforación y voladura, teniendo en cuenta la capacidad y un tema muy importante que es el costo del explosivo.

Cisternas (2016) en su investigación “Implementación de lean al proceso de perforación & tronadura del rajo sur - división el teniente-Codelco Chile”, el cual dentro de sus objetivos tenemos aplicar el método de gestión LEAN en el área de perforación, cuyo propósito es minimizar gastos extras en la operación. Como resultado tenemos que los gastos en la perforación y voladura han disminuido considerablemente, ya que se evitó que se perforen zonas de más. En conclusión, según los estudios realizados han logrado mejorar el tiempo de los aceros en la perforación, por ello se ha disminuido los gastos unitarios en el área de perforación. Dicha investigación ayudó en que para poder disminuir los gastos en el área de perforación se debe de aplicar mejores prácticas para así mejorar las condiciones de dichas operaciones.

Como antecedentes nacionales tenemos, Novoa (2021) en su investigación “Estudio Geomecánico para Diseñar Malla y Optimizar Costos en Voladura en Concesión Minera Los Chancas III 5 Hnos - Bambamarca” el cual tiene como objetivo determinar cómo influye un estudio del macizo rocoso para la creación de la malla para potencializar los gastos generados en la voladura de la mina. Obteniendo como resultado que la malla de perforación consta con 35 taladros en el área de trabajo, se trabajará con Semexa 65% para poder cargar taladros. En conclusión, el análisis geomecánico de la matriz rocosa ayudó a determinar la malla de perforación, es por ello, que la voladura resultó ser mucho más eficiente, debido a que los costos de operación disminuyeron y aumentó la producción a 34.63 TM al diseño anterior. Este trabajo de investigación sirvió para determinar el cálculo de los taladros que debe de tener la malla de perforación del frente de trabajo, para ello se realizó un estudio geomecánico del macizo rocoso.

Miranda y Vergara (2019) en la investigación “Diseño de un sistema de perforación y voladura de rocas aplicando modelos matemáticos para optimizar

la fragmentación de la roca caliza en la cantera PROVEN III en cerro Collique – Zaña”. Tiene como objetivo plantear un nuevo sistema de perforación y voladura teniendo en cuenta criterios matemáticos para así arreglar la fragmentación de la roca en la cantera. Como resultado se obtuvo que el modelo matemático más conveniente teniendo en cuenta las características de la roca es el modelo de Konya; la cual permitió diseñar la malla de perforación, es por ello que la granulometría de la roca fue la deseada. Por conclusión, el nuevo sistema de malla de perforación teniendo como base los criterios de Konya ayudó al mejoramiento del tamaño de la roca ya que se presentaba en dimensiones inapropiadas de 50 cm, y con el nuevo criterio matemático se logró una granulometría de 17.04 cm. La investigación de Miranda y Vergara ayudó debido a que si se desea una granulometría de roca deseada se debe de trabajar con criterios matemáticos, ya que estos permiten determinar la cantidad de taladros, para que así la perforación y voladura sea eficaz.

Díaz (2017) en su investigación “Optimización de la perforación y voladura de rocas para maximizar utilidades en la mina Panulcillo de minera Cruz Ltda. – 2016”; presenta como objetivo incrementar utilidades de perforación en la mina. Se obtuvo como resultado que la perforación se realiza con una Jumbo BOOMER E1C – DH, la cual en el área de trabajo posee una eficacia de un 65% debido a que tiene muchas horas de pérdida operacional. En conclusión, se logró planificar capacitaciones para que los trabajadores tengan mayor información acerca de la salud y seguridad, así también la utilización de jumbos. Dicha investigación sirvió para tener en cuenta el estudio de RMR de la matriz rocosa, debido a que esto es de envergadura para la creación de malla de perforación y voladura.

Vaca y Hinostroza (2021) en la investigación “Diseño de la malla de perforación y voladura para el control y estabilidad del macizo rocoso en la Unidad Minera San Cristóbal”, cuyo propósito es especificar una malla de perforación donde se logre controlar y estabilizar la matriz rocosa en la unidad minera. Donde el resultado de la investigación es que, en la actividad del carguío de taladros, no son cargados de forma adecuada en relación con la longitud del taladro, otro punto es que no se ponen los tubos de PVC. En conclusión, el uso de

detonadores (fanel) es un instrumento indispensable para poder reducir la carga operante. Los detonadores influyen en gran proporción a que todas las cargas detonen en el tiempo establecido. La tesis contribuyó a la investigación en que si se desea tener una voladura exitosa se debe tener en cuenta muchos criterios, uno de ellos es el carguío de taladros, la cual si no se realiza de forma correcta la producción no será la misma que la estimada; además que influye negativamente en la estabilidad del banco.

Vilca (2019), en la investigación “Reducción de costos mediante la optimización de las variables del diseño de perforación y voladura para la explotación de caliza - Cantera Mercedes” cuyo objetivo es minimizar los precios de perforación y voladura, mediante la optimización de las variables en el diseño para la explotación. Como resultado de la investigación se logró la modificación de las variables como burden y espaciamento para diseño de malla cuadrada, realizando menor cantidad de metros perforados para reducir costos. En conclusión, la optimización de variables para el diseño de perforación consistió en modificar el burden y espaciamento a través del método de Pearse, para el diseño de una malla cuadrada. Donde el diseño de malla cuadrada se reduce en un 44%, generando un ahorro mensual en perforación. La tesis contribuyó en que se tiene que tener en cuenta el espaciamento y burden para la eficiencia del diseño de una malla, y disminuir los metros perforados bajando los costos.

Chavez (2018) en su investigación “Mejora de la granulometría mediante el diseño de malla de perforación y voladura aplicando el modelo de Holmberg en la galería 370 de la zona Coturcan en la mina Huancapeti” cuyo objetivo es optimizar la granulometría, con ayuda de una eficaz eficiente malla de perforación, teniendo como referencia el criterio de Holmberg. Donde el resultado nos indica que, al obtener las características de la labor de exploración, la granulometría no debe presentar características finas ni fragmentos de rocas grandes, para evitar retraso en el transporte. En conclusión, el diseño de malla se basa en el criterio de Holmberg, pero con algunas mejoras para disminuir las anomalías y efectos negativos en la voladura. Se aumentó 7 taladros con relación a la antigua malla empírica, pero favorecido por el aumento del 7.78% de avance lineal y reducción de taco de un 12.5%. La tesis sirvió que para

obtener una mejor granulometría se debe tener en cuenta las características de la labor, para así plantear el diseño de malla adecuado.

Alfaro (2016) en su investigación “Diseño de malla de perforación y voladura en la cantera sur para producción de roca escollera en la Cía Minera el Brocal Cerro de Pasco” cuyo propósito es proponer una malla de perforación y voladura en la cantera Sur con el objetivo de producir roca escollera en Cía. Como resultado se obtuvo las características de la fragmentación, donde se opta por usar el modelo de Kuz-Ram y la ecuación de Kuznetsov que ayuda a estimar el tamaño medio de la roca. En conclusión, con los criterios geomecánicos encontrados en la cantera se diseñó la malla de perforación para que se genere una granulometría gruesa. Mejorando los resultados anteriores ahora se tiene el tamaño adecuado de 0.8 a 1.2 m. La tesis contribuyó en que los modelos matemáticos proporcionan un mejor modelo de malla, generando una óptima granulometría.

Chancasanampa (2019) en la investigación “Diseño de la malla de perforación y voladura para incrementar la productividad de tajeos en la Compañía Minera Great Panther Coricancha S.A.” cuyo objetivo es especificar de qué manera influye una malla de perforación y voladura para incrementar la producción de tajeos. Como resultado se obtuvo que para la malla utilizaron el criterio de Konya. Respecto a la malla el burden era de 0.40 m y 0.50m de espaciamiento, corrigiendo a 0.50m el burden y 0.50m de espaciamiento. En conclusión, el nuevo burden y espaciamiento de acuerdo a Konya mejoró la producción con un rango de diferencia de 84.5 Tm de mineral, también reduciendo insumos de perforación y explosivos. La tesis sirvió en la investigación en que si se desea plantear una malla se tiene que considerar el espaciamiento y burden, obtenidos a través de los modelos matemáticos. Para mejorar la producción y reducir costos.

Vega (2021) en su investigación “Implementación del diseño de perforación y voladura para optimizar los parámetros de avance en galerías del nivel 3990 de la mina Uchucchacua” cuyo objetivo es optimizar los parámetros de avance con ayuda de una malla de perforación y voladura. Como resultados obtenidos en los parámetros de factor de avance, con la nueva malla se redujo el coeficiente de

carga de 9.04 kg/m menos que el factor utilizado. La longitud de avance aumento 0.15 m/disparo. En conclusión, el factor de carga disminuyó con la nueva implementación de malla, porque ahora son 4 taladros menos con carga explosiva. La longitud de avance incrementó, lo que más ayudó fue la colocación de taladros y carga explosiva. La tesis contribuyó en que para mejorar los parámetros de avance y reducir la carga del explosivo, es importante la malla de perforación.

Oviedo (2017) en su investigación “Diseño de mallas de perforación y voladura haciendo uso del software drill and Blast Vulcan 8.0 para obtener una óptima fragmentación en E.E. Ajani unidad minera Anab” cuyo propósito explicar que se puede obtener una deseada fragmentación utilizando Drill and Blast de Vulcan 8.0. Como resultado se obtuvo que, a través de los cambios se logró mejorar la granulometría. A falta de explosivo en la zona de arriba del taco, se pudo emparejar la granulometría con ayuda de un doble deck. En conclusión, el software Vulcan permitió mejorar los procedimientos, ya que este cuenta con una herramienta que facilita su uso. La tesis sirvió que, para una óptima roptura de roca, también se aplican software para automatizar la malla.

Peña (2019) en su investigación “Calidad en el cálculo del Burden (B) basado en el modelo matemático de López Jimeno para contribuir en la gestión del riesgo en las voladuras, en cantera de roca caliza” cuyo objetivo es calcular el burden teniendo los parámetros de Lopez Jimeno como referencia. Como resultado se obtuvo que, a través del criterio de López Jimeno, el burden de 1.10m genero una fragmentación promedio de 33cm. En conclusión, con el nuevo dimensionamiento de burden se diseñó la malla de perforación, generando una mejor fragmentación de la roca. La tesis contribuyó en cómo obtener los parámetros de burden y espaciamiento, a través de los modelos matemáticos para obtener un buen diseño de la malla.

Figuroa (2017) en su investigación “diseño de perforación y voladura aplicando la teoría de Richard Ash, para la mejora de la fragmentación en la compañía minera Antamina s.a.” cuyo objetivo es aplicar el diseño de perforación según Ash, para maximizar el fracturamiento en la Compañía Minera. Como resultado

se obtuvo que existe deficiencia en la fragmentación, ya que no cumple con los estándares de la empresa. Es por ello que se estableció un nuevo diseño de malla a través del modelo matemático Ash. En conclusión, pese que el comportamiento de cada tajo era diferente, el modelo matemático de Ash generó una distribución correcta de los taladros generando la fragmentación adecuada. La tesis contribuyó en que el modelo matemático de Ash es eficiente en la distribución de taladros pese a las condiciones del terreno.

Así mismo, Palacios (2019) menciona que, la malla de perforación se basa en la ubicación y separación de taladros que tienen carga explosiva. Esta repartición se toma en cuenta parámetros muy importantes, como el buden y espaciamiento. La secuencia de salida en el trazo de taladros en voladuras en bancos originar mallas de tipos cuadrangulares, rectangulares y alternas. En la voladura se debe tomar en cuenta las diversas formas del atado de los accesorios y también el tiempo del encendido para que el fracturamiento de la roca sea el que deseemos.

Cabe resaltar que, El Servicio Nacional de Geología y Minería (2018), señala que el fracturamiento en la matriz rocosa en cualquier área de una mina genera una alteración dinámica; la cual origina un desorden en el equilibrio y da paso a transformaciones tras superar cierto punto de resistencia dentro del macizo rocoso. Estos procesos de transformación generan aberturas, fallas, discontinuidades, la cual ocasiona que se libere una cantidad de energía.

Del mismo modo, La Secretaría de Transporte y Comunicaciones (2016) señala que el encargado del desarrollo y explotación de una labor debe tener en cuenta los procesos de redistribución de esfuerzos y deformaciones que se van a ocasionar en todo el desarrollo de la excavación. Lo mencionado tendrá relación con la litología de la roca, a los esfuerzos en el terreno, al tipo de discontinuidades que conforma al macizo rocoso, a la resistencia de la roca, deformabilidad, espaciamiento, tipo de suelo, etc.

También, Chinchay (2018) alude que la malla de perforación se encarga de colocación geométrica, donde los taladros se colocan en un cierto orden establecido mediante cálculos, para luego ser perforados en el proceso de

voladura. La distribución de los taladros se basa principalmente en el espaciamiento, burden y a su dirección teniendo como referencia a la profundidad que posee el taladro.

Cabe señalar que, Calua (2018) menciona que el peine de Barton es un instrumento que se encarga de estudiar las discontinuidades, principalmente en el interior de la roca, debido a que en ese lugar la masa rocosa tiene una menor compresión y resistencia al corte. Para el cálculo de resistencia de la matriz rocosa, las cuales poseen características gracias a las discontinuidades geológicas, es importante conocer y estudiar la mecánica de la roca. También se debe tener en cuenta la caracterización de las discontinuidades y el comportamiento estructural de la matriz rocosa.

Por su parte, Mejía (2016) recalca que el desarrollo y avance son criterios los cuales ayudan a determinar la capacidad de uno o múltiples procesos productivo, para así crear ciertos bienes. Por ello si se incrementa se obtendrá resultados más favorables, teniendo en cuenta los criterios utilizados para crearlos. Romero (2016), nos dice que hay 3 maneras de poder aumentar el avance y desarrollo en una mina: incrementando el producto pero conservando el insumo; disminuyendo el insumo y conservando el producto y el último incrementando el producto y disminuyendo el insumo de forma simultánea y proporcional.

Según Coa (2018), un sistema de resistencia de materiales, relaciona criterios como desplazamiento, esfuerzos y fuerzas aplicadas. Mayormente las reducciones geométricas y restricciones generadas al método de ejecución de las cargas, hacen que la zona de tensión y deformación sean fáciles de calcular. La resistencia de los materiales se encarga de estudiar las deformaciones que se encuentran en un cuerpo cuando es expuesto a diversas cargas exteriores. La desigualdad en la resistencia de materiales y la mecánica teórica, en donde la resistencia de materiales toma como criterio fundamental las propiedades físicas de los cuerpos que se deforman, por otro lado, la mecánica teórica no los toma en cuenta.

Es conveniente resaltar que, Proyectos Integrales de Ingeniería (2018), dice que el ensayo de resistencia a compresión simple es el método o técnica más intuitivo y fácil de trabajar, ya que ayuda a calcular la resistencia que posee un material sin realizar mucho trabajo. Se trata en someter a un material a un esfuerzo axial, hasta que éste entre en estado de rotura. Mayormente, este método se usa de gran manera para áreas de ingeniería, y con mucha más razón en aquellas zonas donde existe compresión de materiales

Es relevante decir que, Lozano (2020) señala que, el martillo de Schmidt principalmente se inventó para hallar la resistencia que tienen a compresión los materiales de concreto. Pero a medida que pasan los años ha mejorado creando modelos matemáticos que permiten hallar la resistencia a compresión simple de matrices rocosas. El uso de este instrumento es muy frecuente, ya que, puede ser aplicable sobre la matriz rocosa o en las discontinuidades. Se basa en hallar la resistencia en el exterior de la matriz rocosa. La resistencia se puede medir gracias al gráfico de Miller, la cual tiene criterios como la densidad y orientación del martillo.

Anwar y Airton (2019) menciona que, para una malla de perforación se debe tomar como base modelos matemáticos, los cuales ayudan a determinar la ubicación y la cantidad de los taladros. Pero existen modelos matemáticos usados en minería subterránea y superficial. Cabe recalcar que los modelos matemáticos en minería superficial son: Modelo matemático de Andersen, es un método aplicable para minas superficiales. La fórmula que emplea es para determinar el burden. Modelo matemático de Langefors, es un criterio muy complejo debido a que tiene en cuenta muchos parámetros los cuales se extraen mediante estudios. Modelo matemático de C. Konya se basa principalmente en el modelo de Ash. Este modelo no es tan utilizado para el cálculo del burden. Modelo matemático de Ash toma en cuenta criterios como la clase de roca del banco y el explosivo que se empleara en la actividad.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Conforme al entorno de la investigación y a los objetivos planteados, el tipo de investigación es aplicada, debido a que en el desarrollo de la tesis se tiene en cuenta información bibliográfica para plantear un nuevo sistema de perforación en la empresa ALSABE. Escudero y Cortez (2017), afirma que la investigación aplicada se basa en resolver los problemas que acontecen en la sociedad. Está relacionada con la investigación básica, ya que usa teorías, pero con la diferencia que logra convertirla en práctica, en otras palabras transforma la teoría para aplicarla en la sociedad.

La investigación es de enfoque cuantitativo, Perez y Rodríguez (2017), nos menciona que el enfoque cuantitativo se concentra en los hechos de un fenómeno que sucede en la sociedad. Se trabaja con inventarios y cuestionarios, los cuales sirven para ser analizados de forma estadística para así rechazar o aprobar la relación que pueda existir entre las variables. Cabe recalcar que los resultados que se obtienen de las investigaciones cuantitativas son expresados mediante análisis numérico y estadísticas.

También tenemos en cuenta que el diseño de la investigación es pre-experimental, ya que se alteró la variable de la investigación, tal es el caso de la malla de perforación. Chavez, Esparza y Riovelasco (2020) nos dice que el diseño pre-experimental es aquel que presenta una mínima adulteración de variables. El investigador analiza la problemática de manera natural, y modifica la variable en pequeña magnitud. Cabe recalcar que la investigación pre-experimental a comparación del experimental no es muy confiable.

3.2. Variable y operacionalización

- **Diseño de malla de perforación**

Definición conceptual:

Seguridad minera (2017), nos dice que el diseño de una malla de perforación es la primera actividad que se ejecuta, y a la vez la operación más importante del ciclo de minado. Por ello los diseños de voladura de funcionamientos defectuosos traen consecuencias a lo largo del ciclo de minado, retrasando las operaciones posteriores de carguío, acarreo y chancado.

Definición operacional:

La malla de perforación ayuda para la buena distribución y posición de los taladros, este diseño sirve para que después de la voladura, las rocas tengan la granulometría deseada, esto es de mucha importancia para que no se alargue el tiempo de trabajo.

- **Fragmentación de roca caliza**

Definición conceptual:

Según Minería Chilena (2021), la fragmentación de la roca caliza es esencial en el plan de minado ya que si esta no se realiza de forma correcta, se tendrá que realizar nuevamente la voladura y eso traerá consigo que los costos de operación incrementen.

Definición operacional:

La fragmentación de la roca se encarga de distribuir de forma pareja el tamaño de la roca, las cuales podrán pasar a otras etapas con mucha más

facilidad y eficiencia, estas etapas son de carguío, transporte y tratamiento de la roca.

3.3. Población y Muestra

3.3.1. Población

La población está constituida por toda la estructura de perforación de la empresa calera ALSABE.

Sánchez (2017) nos dice que la población es el conjunto de caracteres que forman parte del fenómeno a estudiar. De igual manera, la población es el total de donde se extraerá la muestra de la investigación.

Criterios de exclusión

Operación unitaria de sostenimiento, de carguío, de transporte, de limpieza y de actividades administrativas.

Criterios de Inclusión

Para la elección de la muestra se consideró ciertos criterios de inclusión, tales como: El tipo de roca, debido a que una de las finalidades del estudio fue caracterizar el macizo rocoso de la calera. Dimensiones del banco, importante para dimensionar la malla de perforación y voladura. Tipos de criterios matemáticos para el diseño de la malla, ya que gracias a esos modelos facilitaran la creación de la malla.

3.1.2. Muestra

La muestra está constituida por los bancos de la empresa calera ALSABE. Para Rojas (2019) señala que es una parte de la población y se puede definir como un subgrupo de esta; por lo cual se selecciona sus características de la población.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnica de recolección de datos

- **Análisis Documental**

Una de las técnicas que se aplicó para la tesis de investigación es el análisis documental. Mediante esta técnica se recaudó información de los sistemas de perforación y voladura de la empresa calera ALSABE. Gálvez (2016) indica que esta técnica consiste en seleccionar ideas resaltantes de un documento real ya que es un método más técnico que intelectual, que sirve para recuperar la información contenida en él. Esta técnica fue de mucha ayuda al momento de elaborar trabajos de investigación, debido a que ayudó a obtener información de mayor relevancia.

- **Observación**

De igual manera se utilizó la observación de campo, para recoger información acerca de los sistemas de perforación de la empresa calera ALSABE. Manrique (2019) nos dice que la observación se encarga de describir fenómenos presentes en la naturaleza para analizarla, con la finalidad de obtener información. Se emplea en el momento que se realiza la visita de campo, en el lugar donde se realizará la investigación.

3.4.2. Instrumento de recolección de datos

- **Lista de Cotejo**

Se empleó el instrumento de lista de cotejo para evaluar y analizar la información obtenida sobre los sistemas de perforación y voladura. Según La universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (2019) la lista de cotejo es un instrumento la cual posee una serie de criterios de evaluación. Sirve para evaluar tareas, productos de aprendizaje, conductas y acciones. Se le considera un instrumento de evaluación dentro de la observación.

- **Guía de análisis documental**

Se utilizó la guía de análisis de documentos para adquirir información de mayor importancia de los documentos referentes a la perforación en bancos. Según Godoy (2021) en la etapa de recojo de datos, la lectura juega un rol importante, por el hecho que es un instrumento que ayuda a conseguir la mayor información sobre un tema de investigación, las fuentes de información para el análisis pueden ser de carácter institucional, documental, formal o informal.

3.5. Procedimiento

- **Etapa de planificación**

En esta parte de la investigación se eligió con criterio de los autores la línea de investigación adecuada y se planteó el título correspondiente. También se realizó el árbol de problemas y se describió la realidad problemática, debido a ellos se obtuvieron las causas y consecuencias. Al tener conocimiento de la problemática se buscó soluciones mediante una pregunta, a través de ello se obtuvieron las justificaciones teóricas, prácticas y metodológicas. Se resalta que también en esta fase se elaboró los objetivos y por último la hipótesis proponiendo solución. Se analizó el tipo, diseño y enfoque de la investigación que se empleó, para así trabajar de una forma más eficaz. También se evaluó y describió las técnicas e instrumentos las que sirvieron para la recolección de información. Teniendo en cuenta todos los aspectos relatados se redactaron los resultados y las conclusiones, para finalizar el proyecto.

- **Etapa de ejecución**

Esta etapa se inició por la solicitud del permiso de visita de estudio hacia la empresa calera ALSABE. La visita se realizó con la finalidad de aplicar la técnica de observación y análisis de datos, para así poder tener la suficiente cantidad de datos que nos ayude a establecer un buen

diagnóstico del sistema de perforación. En el viaje de estudio se puso a prueba todas las técnicas e instrumentos, ya que fueron de suma importancia en la elaboración de la investigación, ya que, proporcionaron solución a la problemática con los resultados que se obtuvieron.

- **Etapa de procesamiento, análisis e interpretación de datos**

En la etapa de procesamiento, análisis e interpretación se procesaron datos recolectados en la ejecución. Para ello hemos tomado en cuenta la observación, la cual se basa en recoger la suficiente información cuando hemos realizado el viaje de estudio a la empresa calera. El análisis documental utilizado se basó en recolectar la información de mallas de perforación aplicadas en empresa y en las bases teóricas. La recolección de datos puede ser a través de libros, tesis, artículos, etc. La información obtenida, ya sea de campo o a través de libros, se analizó con los instrumentos, lo cual sirvió para dar los resultados y las conclusiones.

3.6. Método de análisis de datos

- **Método de procesos**

La investigación aplicó el método de procesos, teniendo en cuenta las técnicas e instrumentos. A través de este método se buscó establecer relación entre el objetivo propuesto con el resultado que se alcanzó al establecer una malla de perforación de la empresa calera ALSABE. Ramos (2018), nos dice que el método de procesos es un elemento muy esencial para la ciencia, ya que sin ayuda de éste no se lograría determinar la validez o negación de un argumento o investigación. Además, nos dice que es la unión de procesos lógicos, en la cual se formulan problemas de forma científicos y se demuestran los instrumentos e hipótesis de los trabajos de investigación.

- **Método Analítico-sintético**

La investigación utilizó el método analítico, debido que se estudió de manera específica el sistema perforación y voladura, sus causas, efectos, etc., de forma más concisa. Teniendo en cuenta lo descrito, se buscó las debilidades que posee el actual sistema de perforación, para así poder establecer una malla de perforación teniendo como base la caracterización de los bancos. Según Pérez y Rodríguez (2017), el método analítico explica o se basa en dos procedimientos llamados síntesis y análisis. Se dice que el análisis es un procedimiento que ayuda a mejorar la descomposición mental en partes de un todo, la descomposición puede ser basada en sus propiedades, cualidades, relaciones múltiples y componentes. La síntesis es de opuesta operación, debido a que une de manera mental la información que antes ha sido analizada, la cual ayuda a relacionar las propiedades y características de los elementos estudiados.

3.7. Aspectos Éticos

- **Beneficencia**

En la investigación se tuvo en cuenta este aspecto ético, por el hecho que se brindó información sobre un nuevo sistema de perforación. Dicho sistema se adecuó a las características y necesidades que requiere la empresa calera ALSABE. El diseño de perforación trajo consigo el buen fracturamiento de roca y reducción de tiempos, para que así las demás actividades se desarrollaron con mayor eficiencia.

- **No maleficencia**

La investigación tuvo en cuenta el aspecto de no maleficencia, por el hecho de que no buscamos beneficio económico con los resultados que se obtuvieron. Además, con los resultados y conclusiones no se buscó afectar en ningún sentido a la empresa minera.

- **Justicia**

La justicia se centró en los resultados brindados a la empresa sin ser alterados, para poder mejorar su sistema de perforación y voladura. Los resultados fueron planteados respetando todos los criterios de veracidad.

- **Autonomía**

Este principio ético se basó en que se trabajó la investigación a criterio de los dos investigadores, teniendo en cuenta su propósito y objetivo. Este principio se ve reflejado en el planteamiento del tema, del título y de los resultados de investigación.

IV. RESULTADOS

4.1. Geología de la empresa calera ALSABE

4.1.1. Geología Regional

Dentro de la geología regional, en otras palabras, geología de Cajamarca, en todo su territorio encontramos rocas de procedencia metamórfica, sedimentaria, volcánica e intrusiva. Se encuentran rocas formadas desde el proterozoico hasta el neógeno que van desde el proterozoico, en donde los más característicos o típicos son las rocas volcánicas en el cenozoico y las sedimentarias en el cretáceo.

4.1.2. Geología Local

4.1.2.1. Formación Cajamarca (ks-ca)

La formación Cajamarca mayormente está conformada por calizas de color azulado o gris oscuro y fuerte, las cuales poseen zonas de estrechos lechos de margas y lutitas de similares colores. La lutita generalmente se encuentra en bancos gruesos con presencia mínima de fósiles, por otro lado, la marga se puede encontrar acompañada de mucha vegetación. Dicha formación se encuentra encima de la formación Quilquiñan, por otro lado está debajo de la formación Celendín.

Mayormente el grosor de esta formación oscila entre los 600 y 700 metros. Muchos estudios geológicos mencionan que la formación Cajamarca pertenece a la edad del Turoniano superior. Esta altamente relacionada a la parte de arriba de la formación Jumasha y la parte de debajo de la formación Otuzco.

Cuadro 01: Columna estratigráfica

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA	Grosor (m)	LITOLOGIA	DESCRIPCION	
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Dep. fluviales y aluviales Dep. lagunares y glaciares			<p>Limos, gravas, arcillas y arenas. Areniscas, conglomerados y arcillas rojas. Lodolitas, lutitas y areniscas delgadas blanco. Traquiandesíticas blanquecinas y tobas dacíticas</p> <p>Tobas amarillentas con areniscas rojizas. Piroclastos y aglomerados</p> <p>Dacita</p> <p>Derrames andesíticos y tobas blanquecinas. Conglomerados lenticulares</p> <p>Diorita</p> <p>Tobas blanquecinas con finos lechos de lutitas tobáceas y areniscas . Brechas y derrames andesíticos</p> <p>Conglomerados de cuarcita. Conglomerados de areniscas rojizas y caliza. Lutitas gris amarillentas, margas y calizas. Caliza gris azuladas, con finas presencia de margas y lutitas.</p> <p>Margas, lutitas fosilíferas y calizas nodulares macizas, Calizas fosilíferas, escasos niveles de lutitas y margas.</p> <p>Grises o negras lutitas, calizas bituminosas.</p> <p>Calizas arenosas, Lutitas calcáreas y margas. Limolitas ferruginosas y areniscas. Cuarцитas y areniscas blancas. Areniscas rojizas y cuarcitas blancas intercaladas con Lutitas grises. Lutitas grises y calizas margosas.</p> <p>Lutitas, areniscas y carbón en la parte de abajo, y cuarcita arriba.</p> <p>Laminares y deleznales lutitas, con presencia de areniscas grises y arcilla.</p> <p>Derrames andesíticos Y tobas. Granodiorita/ Tonalita Caliza gris azulada con síliceo</p> <p>Conglomerados rojizos, limonitas y areniscas.</p> <p>Filitas tobáceas y pelíticas de color Negruzco y marron con cuarcitas en la parte de arriba.</p> <p>Filitas tobáceas y pelíticas de color Negruzco y marron con cuarcitas en la parte de arriba.</p>	
		PLEISTOCENO	Formación Condebamba	150			
		PLIOCENO	Formación Cajabamba	200			
	NEOGENO	MIOCENO	Sup.	Formación Bambamarca			300
			Inf.				
	PALEOGENO	OLIGOCENO	Grupo Calipuy	Formación Porculla			2100
				Formación Llama			600
				Formación Chota			500
		EOCENO PALEOCENO	Formación Celendín	200			
				Formación Cajamarca			600-700
150-MESOZOICO	CRETACEO	SUPERIOR	Grupo Quilquiñán	500			
			Grupo Pulluicana	700			
			Formación Pariatambo	150-200			
			Formación Chúlec	200-250			
			Formación Inca	150			
		INFERIOR	Grupo Goyllarisquizga	Formación Farrat	500		
				Formación Carhuáz	500		
				Formación Santa	150-100		
				Formación Chimú	80-600		
				Formación Chicama	500		
	JURASICO	SUPERIOR	Formación Chicama	500			
		MEDIO	Formación Oyotún	500			
		INFERIOR	Grupo Pucará	700-800			
	TRIASICO	SUPERIOR					
	PALEOZOICO	SUP.	PERMIANO	SUPERIOR	Grupo Mitú	300	
INF.		ORDOVICIANO		Formación Salas	?		
PROTEROZOICO				Complejo Olmos	?		

Fuente: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico

4.1.2.1. Formación Celendín (ks-ce)

La formación de Celendín posee zonas de calizas margosas un poco nodulosas con pequeñas proporciones, pueden ser lumaquelicas, también calizas areniscosas con coloración gris amarillento, mayormente en la parte de arriba. Así mismo se logra visualizar muchas láminas de yeso disperso en la zona arcillosa, creando así costras en los estratos calcáreos. Con 300 m de grosor aproximadamente. La unión que existe entre las formaciones de Cajamarca y Celendín es notorio, por el contrario, la unión con la formación de chota es poco notoria.

Esta es la última formación de sedimentos marinos de cretáceo, empezando la sedimentación continental zonas rojas. Es considerada una formación demasiada fosilífera, mayormente en el área media e inferior, la fauna la encontramos en las zonas de limoarciliticos, tal es el caso de los calcáreos, que pertenecen a equinodermos, pelecípodos. Esta formación se visualiza que se desplaza hasta la región central del Perú.

4.1.3. Geología Estructural

El yacimiento de la empresa calera ALSABE, presenta una extensión de 100 hectáreas, se encuentra ubicada en la provincia de Hualgayoc, el yacimiento está netamente vinculada con la evolución y origen sedimentario presenta calizas micríticas, cuyo color es gris azulado. Además presenta pequeñas vetas de calcita muy compactadas. Su superficie está un poco alterada, con estratos que van de 0.2 a 0.5 m, ello se ve reflejado en los procesos tectónicos las cuales se desencadenan en su superficie, por ello podemos decir que presenta una geomorfología escalonada-rugosa.

La empresa calera ALSABE, de acuerdo a la geología indica que la caliza es abundante por su zona de formación, la concentración de la caliza está a una dirección Noreste cuyas concentraciones indican que son mayores al 90% de carbonato de calcio. También se ha podido determinar las coordenadas UTM que hacia el Norte varía entre 9265637.18 y 9264637.18 y hacia el Este varía

entre 765 743.87 y 764743.89, ubicado en la zona 17 que atraviesa la región Cajamarca.

Según su estratigrafía el yacimiento pertenece a la formación Cajamarca, la cual está en la era del mesozoico y periodo cretáceo superior. Los minerales secundarios presentes en el yacimiento son el yeso, andalucita, alúmina, sílice y hematita. El material presente como relleno es la arcilla. Cabe recalcar que la caliza debe de tener una buena pureza para que se produzca la cal, es por ello que este yacimiento cuenta con una pureza > 90% de CaCO₃. Aparte de la caliza podemos encontrar rocas como la lutita y marga, pero en pequeñas proporciones. Cabe recalcar que la roca del yacimiento se ha visto moderadamente afectada por la acción del agua, ya el agua influye en la superficie de la roca porque le cambia su forma. Otro agente geológico presente es el viento.

Tabla 01: *Geología estructural del yacimiento de la empresa calera ALSABE*

CRITERIOS	DESCRIPCIÓN	
Roca	Caliza-Sedimentaria	
Principal mineral	Calcita	
Grupo	Carbonatos	
Textura	Micrítica	
Tipo	Mudstone	
Pureza	>90% CaCO ₃	
Forma de explotación	Bancos	
Minerales secundarios	Yeso, andalucita, alúmina, sílice y hematita	
Coordenadas UTM	N: 9 265 637.18 E: 765 743.87	N: 9 264 637.18 E: 764 743.89

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 01 se observa los datos del yacimiento, estos datos han sido obtenidos luego de la visita a campo, principalmente describe la geología del yacimiento, en la cual describe términos como el tipo de roca, las coordenadas UTM, los minerales presentes, etc. Los minerales secundarios son el yeso, andalucita, alúmina, sílice y hematita.

Cuadro 02: *Propiedades geotécnicas de rocas en Cajamarca*

PROPIEDADES GEOTÉCNICAS DE ROCAS DE CAJAMARCA						
Por su origen	Roca (tipo)	Peso específico en g/cm ³	Porosidad de la roca en %	Resistencia a compresión simple		Resistencia tracción en Kp/cm ²
				Valores intermedios medios	Rangos de valores	
Origen Volcánico	Andesita	2,2 a 2,35	10 a 15	2.100 a 3.200	1.00 a 5.00	70
	Riolita	2,4 a 2,6	4 a 6			
	Toba	1,9 a 2,3	14 a 40		100 a 460	10 a 40
Origen Sedimentario	Arenisca	2,3 a 2,6	5 a 25	550 a 1.400	300 a 2.350	50 a 200
	Caliza	2,3 a 2,6	5 a 20	600 a 1.400	500 a 2.000	40 a 300
	Limolita				350 a 2.500	27
	Lutita	2,2 a 2,6	2 a 15	200-400	100 a 900	15 a 100 5 a 10*
	Marga			300 a 700	200 a 900	
Origen Metamórfico		2,6 a 2,7	0,1 a 0,5	2.000 a 3.200	1.000 a 5.000	100 a 300

Fuente: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico

4.2. Caracterización del macizo rocoso

4.2.1. Medición de la resistencia mediante el esclerómetro

Se aplica ejerciendo presión sobre la superficie de la roca hasta que vibre el muelle, el golpe es mediante la punta cilíndrica, la cual salta cuando ya se ejerció la presión a la roca. Mientras el salto sea mayor, la resistencia de la roca también será mayor. El instrumento se debe ubicar de forma perpendicular al testigo o al material a calcular.

La superficie de la roca debe de estar totalmente limpia para que así no surja ninguna alteración durante el procedimiento. Para que los resultados del esclerómetro estén más exactos, se tiene que ejercer la mayor cantidad de golpes posibles, como mínimo se recomienda realizar 10 golpes a la roca.

Tabla 02: *Datos del testigo*

Datos del testigo		
Tipo de roca	Caliza	
Altura	8	cm
Ancho	5	cm
Radio	2.5	cm
Área de la superficie	145.299	cm ²
Volumen	157.08	cm ³

Fuente: Elaboración propia

La tabla 02 representa las dimensiones que posee el testigo que fue analizado, teniendo los datos principales como la altura y ancho, se ha calculado el área y volumen.

El testigo se colocó sobre un soporte universal para así ser golpeado de forma vertical con ayuda del esclerómetro. El número de golpes fue de 50 para que así los datos sean mucho más precisos.

Tabla 03: *Resultados del esclerómetro*

Nº	esclerómetro	Unidades	Nº	esclerómetro	Unidades
1	50.5	Mpa	26	55	Mpa
2	52	Mpa	27	53.5	Mpa
3	50	Mpa	28	54.5	Mpa
4	57	Mpa	29	56	Mpa
5	47.5	Mpa	30	55	Mpa
6	50	Mpa	31	55	Mpa
7	53	Mpa	32	54.5	Mpa
8	51.5	Mpa	33	56.5	Mpa
9	50.5	Mpa	34	58	Mpa
10	51.5	Mpa	35	60	Mpa
11	52.5	Mpa	36	59	Mpa
12	50.5	Mpa	37	56	Mpa
13	50.5	Mpa	38	56	Mpa
14	52.5	Mpa	39	57.5	Mpa
15	53.5	Mpa	40	55	Mpa
16	58	Mpa	41	58.5	Mpa
17	52	Mpa	42	53.5	Mpa
18	55	Mpa	43	56	Mpa
19	53.5	Mpa	44	58	Mpa
20	54	Mpa	45	55.5	Mpa
21	56	Mpa	46	58.5	Mpa
22	56	Mpa	47	53	Mpa
23	57	Mpa	48	57.5	Mpa
24	53	Mpa	49	54.5	Mpa
25	51.5	Mpa	50	56	Mpa
			Promedio	54.43	Mpa

Fuente: Elaboración propia

La tabla 03 presenta datos de los golpes hechos por el esclerómetro, para un mejor resultado se realizó un total de 50 golpes realizados, el resultado es en Mpa.

Después de analizar los datos del esclerómetro se saca un promedio de los 50 resultados, el cual es de 54.43 Mpa. Lo que significa es que la roca caliza mediante el esclerómetro posee una resistencia de 54.43 Mpa.

Tabla 04: Resistencia basada en ISRM

DESCRIPCIÓN	RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE
Extremadamente blanda	Menor a 1 MPa
Muy blanda	1 a 5 MPa
Blanda	5 a 25 MPa
Moderadamente blanda	25 a 25 MPa
Dura	50 a 100 MPa
Muy dura	100 a 250 MPa
Extremadamente dura	Mayor a 250 MPa

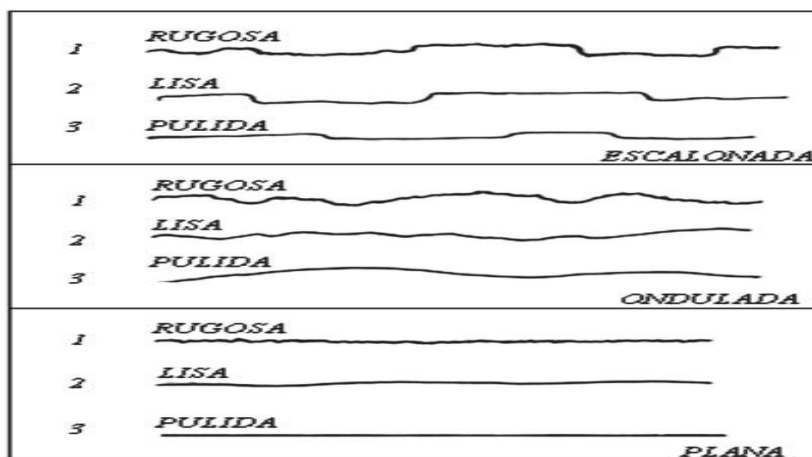
Fuente: Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas

La tabla 04 presenta el tipo de roca, teniendo en cuenta el resultado del esclerómetro. La roca según el ISRM va de extremadamente blanda a extremadamente dura. El rango es de 1 Mpa hasta 250 Mpa.

Teniendo en cuenta los 50 resultados del esclerómetro y obteniendo un promedio el cual es de 54.43 MPa. Este resultado analizando la tabla de ISMR expresa que la caliza que se encuentra en calera de la empresa ALSABE, es considerada dura con un rango entre 50-100 Mpa.

4.2.2. Rugosidad de la roca caliza mediante el Peine de Barton

Figura 01: Escala para obtener la rugosidad



Fuente: Hoek

Para poder realizar la rugosidad de la roca caliza se han tomado en cuenta dos testigos, para ello se colocan los testigos en el peine de Barton y así se determina la rugosidad. El testigo se posiciona en el peine de Barton y se visualiza su rugosidad, luego el mismo testigo se vuelve a colocar en el peine pero con un giro de 90°.

Tabla 05: *Datos del testigo 01*

Datos del testigo 01	
Tipo de roca	Caliza
Altura	8 cm
Ancho	5 cm
Radio	2.5 cm
Área de la superficie	145.299 cm ²
Volumen	157.08 cm ³

Fuente: Elaboración propia

Figura 02: *Rugosidad del testigo 01*



En la figura 02 se ve reflejada la rugosidad del primer testigo de la roca caliza del yacimiento de la empresa calera ALSABE. Esta figura se comparó con la figura 01 y se determina que la roca es de tipo escalonada rugosa.

Tabla 06: Datos del testigo 02

Datos del testigo 02		
Tipo de roca	Caliza	
Altura	8	cm
Ancho	5	cm
Radio	2.5	cm
Área de la superficie	145.299	cm ²
Volumen	157.08	cm ³

Fuente: Elaboración propia

Figura 03: Rugosidad del testigo 02



Figura 03 presenta la rugosidad de la roca caliza. Comparando con la figura 01 se ha llegado a la conclusión que el testigo 02 posee una rugosidad escalonada.

Ambos testigos poseen una rugosidad escalonada, lo podemos verificar gracias al grafico de Hoek, la cual se basa en 3 tipos de rugosidad: escalonada, ondulada y plana.

4.2.3. Ensayo a compresión simple

Otra forma de estimar la resistencia que posee la roca es mediante ensayos a compresión simple. Es por ello que se realizó este ensayo para hallar la resistencia que posee la roca caliza. Muchos autores resaltan que este tipo de ensayo es más preciso que el esclerómetro.

El testigo es colocado entre la placa inferior y superior del equipo. Luego se coloca en "0" el indicador y se aplica la fuerza sobre el testigo, hasta que este tienda a deformarse.

Se realizaron dos ensayos a compresión simple, fueron de forma vertical y horizontal.

Tabla 07: *Ensayo de forma horizontal*

Ensayo de forma horizontal		
Tipo de roca	Caliza	
Altura	8	cm
Ancho	5	cm
Rugosidad	Escalonada	
Densidad	2.65	g/cm ³
Volumen	157.08	cm ³
Resistencia a compresión simple	5.659	KN/cm ²
	56.59	Mpa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 07 se muestran los datos del ensayo de forma horizontal, donde podemos ver que la resistencia compresión simple es de 5.659 KN/cm². Convertido a Mpa es de 56.59, este resultado es muy similar que el hallado por el esclerómetro, esto es debido a que, el esclerómetro también se realizó en forma vertical. Entre los resultados brindados por el esclerómetro y la compresión

simple, el más recomendable es el segundo, dado que los datos son más exactos.

Tabla 08: *Ensayo de forma vertical*

Ensayo de forma vertical		
Tipo de roca	Caliza	
Altura	8	cm
Ancho	5	cm
Rugosidad	Escalonada	
Densidad	2.65	g/cm ³
Volumen	157.08	cm ³
Resistencia a compresión simple	12.272	KN/cm ²
	122.72	Mpa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 08, se puede visualizar que la resistencia no es igual al ensayo de fuerza horizontal, esto es debido a que el testigo cuando se le aplican fuerzas de forma vertical, su resistencia es mucho mayor. La resistencia de forma vertical es de 122.72 MPa. Entre ambos ensayos existe una diferencia de 66.13 MPa.

Tabla 09: *Ponderación para hallar el RMR*

N°	Descripción del parámetro	Puntuación
1	Resistencia del macizo rocoso (MPa)	12
2	RQD	13
3	Espacio de las diaclasas	10
4	Estado de las discontinuidades	14
5	Presencia de agua	10
Resultado		59

Fuente: Elaboración propia

La tabla 09, expresa los parámetros de la clasificación según Bienawski, en ella encontramos que cada parámetro se encuentra con su puntuación

correspondiente, esta puntuación se puede ver en la tabla 08. Como sumatoria de las puntuaciones tenemos un resultado de 59, el cual será analizado para hallar la calidad.

Tabla 10: *Clasificación de la roca Caliza*

Puntuación	Clase	Calidad
100/81	I	Muy Buena
80/61	II	Buena
60/41	III	Regular
40/21	IV	Mala
<21	V	Muy Mala

Fuente: Elaboración propia

La tabla 10 representa la clase y calidad de la caliza que se encuentra en el yacimiento de la empresa calera ALSABE. Teniendo como referencia el resultado de la tabla 09 de 59 puntos, se puede concluir que la roca pertenece a la clase III con calidad regular.

4.3. Implementación de modelos matemáticos

4.3.1. Perforación antes de la investigación

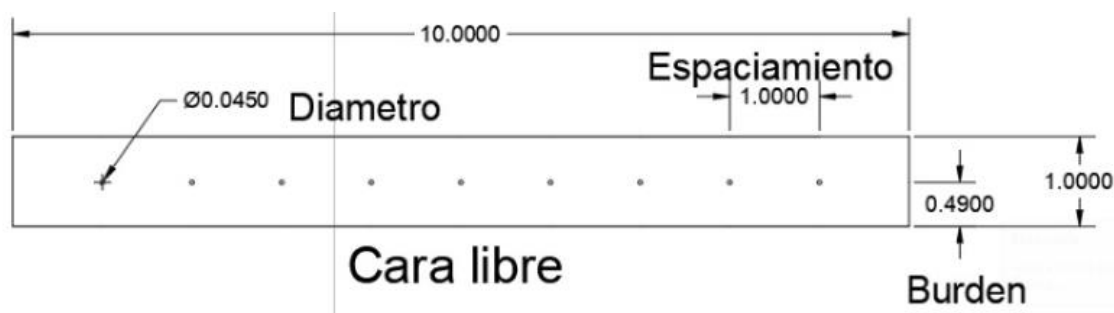
Tabla 11: Datos de la perforación empírica

Perforación empírica		
Criterios	Cantidad	Unidades
Perforadora (Bosch minero)		
Diámetro de broca	45	mm
Altura de banco	1.5	m
Longitud de la perforación	1.5	m
Eficiencia de perforación	80	%
Ancho de banco	1	m
Largo del banco	10	m
N° taladros cargados	9	unidad
N° de taladros total	9	unidad
N° de disparos	3	unidad
Producción	121.5	tn/d

Fuente: Elaboración propia

La tabla 11 expresa datos de la perforación empírica, en donde se puede ver que el área de los bancos es muy pequeña, por ello que la producción por día también es muy baja. Esto se debe a que la perforación se hace con un Bosch minero la cual tiene una longitud de perforación muy pequeña, es por ello que la altura de banco se adapta a esta perforadora.

Figura 04: Malla de perforación empírica



En la figura 6 se aprecia los dimensionamientos de como los trabajadores perforaban de manera lineal, con espaciamento aproximado de 1m y burden no definido de 0.49 m aproximadamente, se utiliza 9 taladros en dicho diseño. Esto

se debe a la poca capacitación de los trabajadores generando poca producción y mayor número de disparos. El tipo de minado en la calera ALSABE, es a través de bancos ya que cuenta con un sistema de malla de perforación empírica.

4.3.2. Modelo matemático de Andersen

Cuadro 03: *Modelo matemático de Andersen*

MODELO MATEMÁTICO	CRITERIOS	SÍMBOLO
Modelo Matemático de Andersen	Burden	B
	Diámetro de taladros	\emptyset
	Longitud de taladros	L

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 03 plasma el modelo matemático de Andersen, el cual es muy utilizado para la minería superficial, este modelo matemático tiene en cuenta parámetros como el burden, diámetro. La fórmula que emplea es para determinar el burden.

$$B = \sqrt{\emptyset \times L}$$

B: Burden

L: longitud del taladro (ft)

\emptyset : Diámetro del taladro (pulg)

$$B = \sqrt{\emptyset \times L}$$

$$B = \sqrt{0.44 \times 6}$$

$$B = 1.32$$

4.3.3. Modelo matemático de Langefors

Cuadro 04: *Modelo matemático de Langefors*

MODELO MATEMÁTICO DE LANGEFORS	CRITERIOS	SÍMBOLO
Modelo Matemático de Langefors	Burden	B
	Grado de compactación	P
	Potencia del explosivo	S
	Constante para la roca	C
	Grado de fractura	f
	Espaciamiento entre taladros	E
	Diámetro de broca	Db
	Radio de espaciamento a burden	E/B

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 04 nos menciona que el modelo matemático de Langefors, trabaja con parámetros como el burden, la potencia relativa del explosivo, el espaciamiento del taladro, el grado de compactación. Estos criterios son de suma importancia para determinar el burden.

$$B = \left(\frac{db}{33}\right) \times \sqrt{\frac{(P \times s)}{c \times f \times \left(\frac{E}{B}\right)}}$$

P: grado de compactación - 1,0 ó 1,6 kg/dm³.

B: burden, en metros.

C: constante para la roca (0,45 - 1)

S: potencia relativa del explosivo

F: Grado de fractura, para taladro vertical 1.

E: espaciamiento entre taladros.

Db: diámetro de broca

E/B: radio de espaciamento a burden

4.3.4. Modelo matemático de C. Konya

Cuadro 05: *Modelo matemático de C. Konya*

MODELO MATEMÁTICO DE C. KONYA	CRITERIOS	SÍMBOLO
Modelo Matemático de C. Konya	Burden	B
	Densidad del explosivo	d/e
	Densidad de la roca	d/r
	Diámetro de explosivo	D

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 05 menciona que el modelo matemático de C. Konya se basa en el modelo de Ash. Este modelo tiene como criterios al burden, densidad de la roca y diámetro de explosivo,

$$B = 3,15 \phi_e x \sqrt[3]{\frac{\rho_e}{\rho_r}}$$

Donde:

ρ_r : Densidad de la roca

ρ_e : Densidad de explosivo

ϕ_e : Diámetro de explosivo

B: Burden

$$B = 3,15 \phi_e x \sqrt[3]{\frac{\rho_e}{\rho_r}}$$

$$B = 3,15 (1.77) x \sqrt[3]{\frac{1.2}{1.2}}$$

$$B = 1.85$$

4.3.5. Modelo matemático de ASH

Cuadro 06: *Modelo matemático de ASH*

MODELO MATEMÁTICO DE ASH	CRITERIOS	SÍMBOLO
Modelo Matemático de ASH	Burden	B
	Diámetro de taladros	Ø
	Constante de roca	kb

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 06 nos describe los parámetros que tiene en cuenta, tal es el caso del burden, diámetro del taladro y constante de roca. Para poder realizar el método de Ash se debe de estudiar el tipo de explosivo y roca que se utiliza.

Lo que Ash buscaba era un método de voladura eficaz, la cual emplee la menor cantidad de explosivos, para que la trituración sea la deseada y así evitar tiempos extras. Fue uno de los primeros autores en hablar sobre el fracturamiento de rocas.

$$B = \frac{(kb \times \varnothing)}{12}$$

Donde:

Ø: diámetro de taladro.

B: burden.

Kb: constante, teniendo en cuenta el cuadro

CLASE DE LA ROCA	DENSIDAD (g/cm ³)	CLASE DE ROCA		
		R. BLANDA	R. MEDIA	R.DURA
Baja potencia y densidad	0,8 a 0,9	30	25	20
Media potencia y densidad	1,0 a 1,2	35	30	25
Densidad y potencia alta	1,2 a 1,6	40	35	30

Profundidad de taladro:

$$L = (K_e \times B), (K_e \text{ entre } 1,5 \text{ y } 4)$$

Espaciamiento:

$$E = (k_e \times B)$$

Donde:

Ke: 1 taladros secuenciados - retardos largos.

Ke: 2,0 iniciación simultánea.

Ke: 1,2 a 1,8 taladros secuenciados - retardos cortos.

4.3.5. Cálculo para el diseño de la malla de perforación mediante modelos matemáticos

Donde:

B: burden.

Ø: 42 mm. - 0.042 m

Kb: constante, según el siguiente cuadro

$$B = \frac{(kb \times \phi)}{12}$$
$$B = (0.042 \times 30)$$
$$B = 1.26$$
$$B = 1.3 \text{ m}$$

Profundidad de taladro:

$$L = (Ke \times B), (Ke \text{ entre } 1,5 \text{ y } 4)$$
$$L = (2.77 \times 1.3 \text{ m})$$
$$L = 3.61 \text{ m}$$

Espaciamiento:

$$E = (ke \times B)$$
$$E = (1.2 \times 1.3 \text{ m})$$
$$E = 1.6 \text{ m}$$

Longitud de taco:

$$T = (ks \times B), (Ks \text{ entre } 0,7 \text{ y } 1,6)$$
$$T = (0.7 \times 1.3 \text{ m})$$
$$T = 0.91 \text{ m}$$

Sobre perforación:

$$SP = (ks \times B), (Ks \text{ entre } 0,2 \text{ y } 1)$$
$$SP = (0.3 \times 1.3 \text{ m})$$
$$SP = 0.39 \text{ m}$$

Altura de banco:

$$H = L - SP$$
$$H = 3.61 \text{ m} - 0.39 \text{ m}$$
$$H = 3.22 \text{ m}$$

Carga de fondo:

$$CF = 1.3xB$$
$$CF = 1.3 \times 1.3 \text{ m}$$
$$CF = 1.69 \text{ m}$$

Carga de columna:

$$CC = L - T - CF$$
$$CC = 3.22 \text{ m} - 0.91 \text{ m} - 1.69 \text{ m}$$
$$CC = 0.62 \text{ m}$$

Densidad de carga

$$DC = \frac{\pi(1.65 \times 2.54)^2 \times 1.14}{40}$$
$$DC = 1.57 \text{ kg/m}$$

Longitud de taladro

$$LQ = H + SP - T$$
$$LQ = 3.22 \text{ m} + 0.39 \text{ m} - 0.91 \text{ m}$$
$$LQ = 2.7 \text{ m}$$

Cantidad de explosivo

$$Q = DC \times LQ$$
$$Q = 1.57 \text{ kg/m} \times 2.7 \text{ m}$$
$$Q = 4.239 \text{ Kg/tal}$$

Tonelaje roto por disparo:

$$\frac{Tn}{Disparo} = B \times E \times H \times d$$
$$\frac{Tn}{Disparo} = 1.3 \text{ m} \times 1.6 \text{ m} \times 3.22 \text{ m} \times 2.7 \text{ kg/m}^3$$
$$\frac{Tn}{Disparo} = 16.95 \text{ Tm/tal} = 6.279 \text{ m}^3/\text{tal}$$

Factor de carga

$$FC = \frac{Q}{L}$$
$$FC = \frac{4.239 \text{ kg/tal}}{6.279 \text{ m}^3/\text{tal}}$$
$$FC = 0.6814 \text{ kg/m}^3$$

Factor de potencia

$$D = \frac{Q}{TM/Dis}$$
$$D = \frac{4.239 \text{ kg/tal}}{16.95 \text{ tn/tal}}$$
$$D = 0.2506 \text{ kg/tn}$$

Tabla 12: *Características del nuevo banco con modelo matemático*

Características del nuevo banco con modelo matemático		
Criterios	Cantidad	Medidas
Profundidad de perforación	3.61	m
Altura	3.22	m
Ancho	4	m
Largo	10	m
Área del frente a perforar	32.2	m ²
Ángulo del talud del banco a perforar	80	°

Fuente: Elaboración propia

Se visualiza en la tabla 12 que los datos del banco han cambiado debido a que en la tabla 11 los datos eran totalmente diferentes porque las dimensiones del banco eran menores. Con los modelos matemáticos se ha modificado la altura y el ancho del banco.

Tabla 13: *Perforadora y compresora a utilizar*

Perforadora y Compresora		
Criterios	Cantidad	Medidas
Equipo de perforación		Jackleg YT28
D. de broca	42	mm
D. de manguera de aire	25	mm
D. de manguera de agua	13	mm
Frecuencia de impacto	>37	Hz
Compresora		DrillAir X28
Flujo nominal	28.7	m3/min
Flujo de aire	31	m3/min
Presión nominal	30	bar
Rendimiento del motor	369	Kw

Fuente: Elaboración propia

La tabla 13 plasma información sobre la perforadora y compresora que se utilizará para el nuevo diseño del banco. Es muy importante realizar la perforación con Jackleg, debido a que con la perforadora Bosch no se podía realizar la actividad de forma eficaz. En la tabla se puede ver los flujos de la compresora y el diámetro de broca que utilizará la Jackleg.

Tabla 14: *Explosivo – Dinamita FAMESA Semigelatina 65%*

Explosivo - Dinamita FAMESA Semigelatina 65%		
Criterios	Cantidad	Medidas
Velocidad de detonación s/c	3700	m / s
Densidad relativa	1.14	g / cm ³
Presión de detonación	83	kilobar
Volumen de gases	910	l / kg
Potencia relativa en peso	70	%
Resistencia al agua	Muy buena	m
Mecha lenta		Uni
Detonador eléctrico		m
Cordón detonante 3P		m
Retardo		
Taco		

Fuente: Elaboración propia

La tabla 14 muestra datos referentes al explosivo que se va a utilizar en la voladura el cual es FAMESA Semigelatina 65%. La tabla refleja la densidad del explosivo que es de 1.14 g / cm³ y la velocidad de detonación de 3700 m/s.

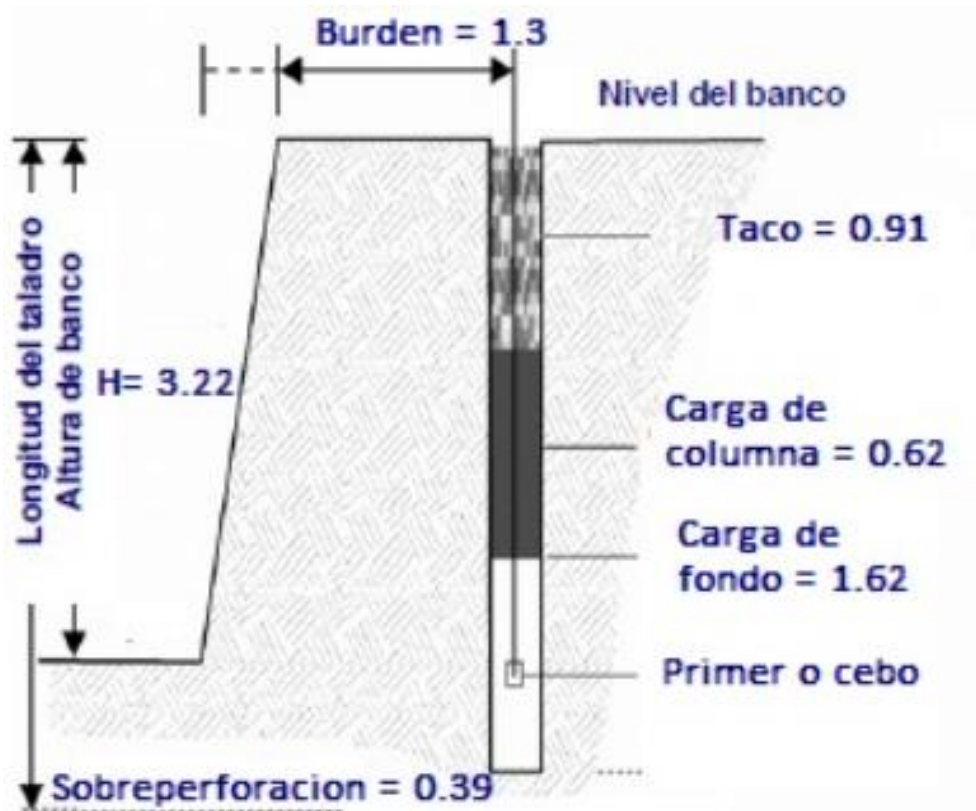
Tabla 15: *Perforación con la implementación de un modelo matemático*

Perforación con modelo matemático		
Criterios	Cantidad	Medidas
Altura de banco	3.61	m
Diámetro de taladro	42	mm
Espaciamiento	1.5	m
Burden	1.3	m
Sobreperforación	0.39	m
Longitud de perforación	3.61	m
Taco	0.91	m
Carga de fondo	1.69	m
Carga de columna	0.62	m

Fuente: Elaboración propia

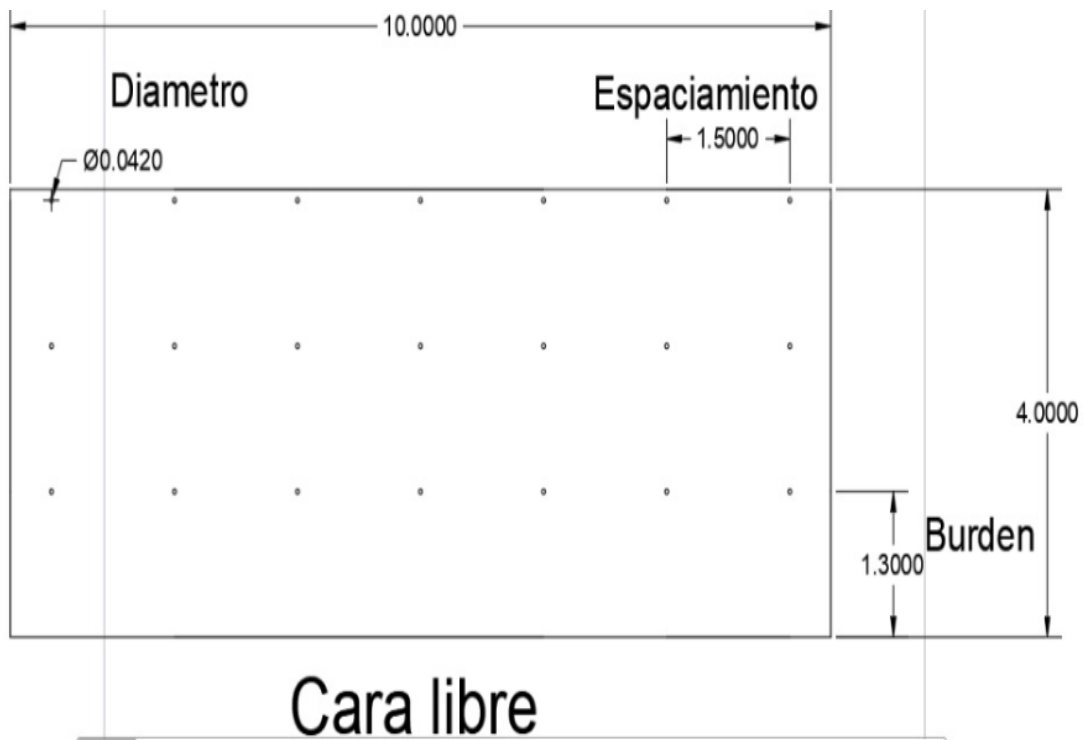
La tabla 15 expresa datos de la perforación, la cual se ha hallado gracias a los modelos matemáticos. En esta tabla se ve las cargas de fondo y la de columna, en donde la primera es de 1.69 m y la segunda es de 0.62 m.

Figura 05: *Parámetros de perforación*



La figura 05, presenta los criterios y medidas de la nueva malla de perforación. Para esta malla se utilizó modelos matemáticos. Entre ellos tenemos la longitud de perforación, carga de columna, taco, etc.

Figura 06: Malla de perforación y ubicación de los taladros



Para el dimensionamiento de la malla de perforación se tomaron en cuenta los resultados obtenidos del modelo matemático de Ash. El diámetro del taladro de 0.042 metros, el burden de 1.3 m y el espaciamiento de 1.5 m que es la relación de burden entre espaciamiento. Se trabaja con un largo de 10 m. Estos criterios se tomaron en cuenta para la distribución de taladros, la cual la nueva malla de perforación consta de 27 taladros. El tipo de minado proyectado se realizará con el sistema de bancos, pero se tendrá en cuenta parámetros para el diseño de una malla de perforación, dichos parámetros han sido obtenidos por cálculos de modelos matemáticos.

Tabla 16: *Comparación de explotación actual y proyectada*

Comparación de la explotación empírica y con modelos matemáticos		
Criterios	Actual	Proyectado
Tipo de minado	Explotación por bancos pero de manera empírica	Explotación por bancos pero con modelos matemáticos
Eficiencia de perforación	80%	94%
Nº de taladros por disparo	9 taladros	21 taladros
Factor de potencia	Colocan la cantidad de explosivo a su criterio	0.2506 kg/tn
Producción	40.5 tn/disp.	347.77 tn/disp.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 16 se puede visualizar las diferencias entre la explotación actual con la proyectada, en ella se puede destacar que existe una gran diferencia entre la producción actual y proyectada, por ello la ganancia económica es mucho mayor con el diseño de malla con modelos matemáticos. En el aspecto de voladura para hallar la cantidad de explosivo a utilizar se usó criterios matemáticos

Tabla 17: Beneficio económico de producción actual y proyectada

Beneficio económico de producción actual y proyectado						
Explotación	Dis. Por día	Piedra Caliza (tn)	Cal viva (tn)	Precio de Cal (tn)	Costo	
Actual	3 dis.	121.5	62	S/445.00	S/27,590.00	
Proyectado	2 dis.	695.5	354.9	S/445.00	S/157,930.50 S/130,340.50	

Costo de perforación actual						
	Horas	Costo por horas	Turnos	Precio por día	Días al mes	Costo por mes
Perforista	8	S/65.00	2	S/130.00	28	S/3,640.00
Ayudante	8	S/50.00	2	S/100.00	28	S/2,800.00

Costo de perforación proyectada						
	Horas	Costo por horas	Turnos	Precio por día	Días al mes	Costo por mes
Perforista	8	S/65.00	2	S/130.00	5	S/650.00
Ayudante	8	S/50.00	2	S/100.00	5	S/500.00

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 17 se refleja el beneficio que se obtiene por la implementación de una malla de perforación, el precio más relevante es en la venta de la cal viva, la cual hay una diferencia de S/. 130,340.50 entre los sistemas de explotación. Con la nueva malla de perforación se reduce el número de días que trabajarán los perforistas, eso quiere decir un aumento en las ganancias. Si se desea obtener más ganancias se recomienda implementar un horno de mayor capacidad.

V. DISCUSIÓN

Los resultados conseguidos aseguran la hipótesis propuesta que un diseño malla de perforación optimiza la fragmentación de roca caliza en calera ALSABE.

Para el primer objetivo específico, determinar la geología del yacimiento en la que trabaja la empresa calera ALSABE, para conocer los tipos de minerales presentes en el área de trabajo, se tuvo que realizar un estudio geológico. Este estudio geológico nos ayudó para saber que minerales se encuentran en el yacimiento mineral, su estructura, los materiales que lo acompañan y su formación. Se obtuvo como resultado que el material que lo acompaña es la arcilla en pequeñas proporciones y referente a su origen, pertenece a la formación Cajamarca.

Los datos presentan similitud con la investigación de Novoa (2021), el cual tuvo como objetivo determinar cómo influye un estudio del macizo rocoso para la creación de la malla para potencializar los gastos generados en la voladura de la mina, señala que hubieron procesos geológicos que alteraron el macizo rocoso. Además, nos dice que los procesos geológicos encontrados en los Chancas, están altamente relacionados a la litología e hidrología, en donde la erosión e intemperismo han modificado el macizo rocoso.

Al igual que Chávez (2018), quien planteo mejorar la fragmentación de la roca mediante un diseño de malla de perforación y voladura, se señala que, al obtener las características geológicas de la labor, nos dice que la estructura contaba con anomalías o fallas, alterando el macizo rocoso. Además, para mejorar la granulometría se debe tener en cuenta las características geológicas de la labor.

La Secretaria de Transporte y Comunicaciones (2016), nos dice que en el desarrollo y explotación de una labor se debe tener en cuenta la geología, litología de la roca que conforma el macizo rocoso, debido a que un buen estudio influye en gran manera ya que estudia los materiales que se encuentran en el yacimiento.

Con respecto al segundo objetivo de realizar la caracterización del macizo rocoso, para determinar la resistencia que posee la roca caliza, se tomó en cuenta datos geomecánicos del yacimiento. Donde el resultado de resistencia del macizo rocoso mediante el esclerómetro es de 54.43 Mpa. Con ayuda del peine de Barton se pudo determinar que la rugosidad es escalonada. Con respecto al RMR, se tiene que es de clase III, buena, con un 59 de puntuación.

Estos hallazgos guardan relación con Correa y Martínez (2017), que tuvieron como objetivo diseñar un sistema de perforación y voladura teniendo en cuenta criterios técnicos y seguros, que brinden una extracción eficaz en los bancos de la mina. Teniendo como resultado que la matriz rocosa está conformada por tres familias de diaclasas con características que ayudan a mantener la estabilidad del talud. Gracias a los estudios realizados se observó que los tres bancos poseen características parecidas con un GSI de 80 y RMR de 80.

Del mismo modo que Díaz (2017), que se planteó como objetivo incrementar las utilidades de la perforación y voladura, obteniendo como resultado una poca eficiencia de los equipos de perforación debido a las condiciones del macizo rocoso. Gracias a los estudios de RMR de la matriz rocosa, se determinó el tipo de roca y la distribución correcta de los taladros para mejorar la eficiencia de la máquina perforadora y el tipo de broca correspondiente.

Así mismo Coa (2018) menciona que un sistema de resistencia de materiales, relaciona criterios como desplazamiento, esfuerzos y fuerzas aplicadas. Mayormente las reducciones geométricas y restricciones generadas al método de ejecución de las cargas, hacen que la zona de tensión y deformación sean fáciles de calcular.

En tanto con el último objetivo de diseñar una malla de perforación mediante modelos matemáticos para una adecuada fragmentación en la calera ALSABE, se demostró que, mediante el modelo matemático Ash se tuvieron en cuenta criterios como índice de la roca y diámetro de taladro. Par obtener como resultado las medidas del burden, espaciamiento, profundidad de perforación,

longitud de taco y la sobre perforación. Esto nos ayuda a sistematizar nuestro diseño de malla con las medidas obtenidas.

Este modelo matemático no concuerda en su totalidad con la investigación de Miranda y Vergara (2019), quienes plantearon una malla de perforación y voladura tomando en cuenta el criterio de Konya, este modelo matemático es la base del método de Ash, pero con menos complejidad, la cual obtuvieron como resultado un mejoramiento del tamaño de la roca ya que se presentaba en dimensiones inapropiadas de 50 cm, y con el nuevo criterio matemático se logró una granulometría de 17.04 cm.

Del mismo modo que Chancasanampa (2019), quien planteo un diseño de malla de perforación y voladura para incrementar la productividad también teniendo en cuenta el modelo matemático Konya, que como resultados corrigió en un 0.10m el burden y espaciamiento respectivamente, mejorando su producción.

Cabe recalcar que Murillo (2020) menciona que, el criterio de Konya se basa principalmente en el modelo de Ash, en el cual halla el burden teniendo como base el explosivo, densidad y diámetro de carga. Por otro lado Ash tiene en cuenta una constante la cual varía según la clase de la roca.

VI. CONCLUSIONES

En conclusión la empresa calera ALSABE está ubicada en Cajamarca, la cual está relacionada por dos formaciones la formación Cajamarca y Celendín, dentro de ellas podemos encontrar caliza con presencia de lutita y marga. En el yacimiento hay presencia de caliza, la cual presenta pequeñas partes de arcilla. El macizo rocoso ha sido alterado por procesos geológicos como el agua, viento, meteorización y erosión.

En esta investigación se determinaron las características del macizo rocoso utilizando la tabla de RMR para determinar la calidad de roca, los ensayos en el laboratorio de carga puntual con la muestra de la calera ALSABE. Se obtuvo un valor de RMR de 41-60, roca regular clase III. La utilidad de este estudio ayudo a encontrar las pequeñas porciones de arcillas que se encuentran junto a la caliza. Para la cual se concluyó los datos de la empresa calera ALSABE ayudó a especificar y determinar las geomecánicas de la roca.

De acuerdo con la comparación del diseño de malla anterior entre el nuevo diseño de malla aplicando los modelos matemáticos, se logró determinar un mejoramiento en el orden del dimensionamiento de los taladros, así como también el mejoramiento de la producción. Con todo esto, se concluyó que la creación de malla aplicando los parámetros de Ash presenta una ventaja en la determinación del dimensionamiento teniendo en cuenta la densidad del explosivo al utilizar. Por otro lado, respecto a la producción se ve un incremento ya que ellos generan 40.5 toneladas por disparo y con el nuevo diseño 347.76 toneladas en un solo disparo, generando en un solo disparo su producción semanal. Motivo por el cual, se determinó la aplicación de los modelos matemáticos en la empresa ALSABE.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda a la empresa calera ALSABE, tener en cuenta los estudios geomecánicos con la finalidad de tener conocimiento de los parámetros y componentes que presenta la matriz rocosa.

Se recomienda una implementación de un sistema de malla de perforación, ya que brinda mejores ventajas tanto en la distribución de taladros generando un orden en los bancos, así como también una mejora en su producción diaria.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABIAN, Edwin y GUERRERO, Jhoel. Aplicación de la geomecánica en los frentes de avances de carbón para prevenir accidentes por desprendimientos de rocas en la Cia. Minera Reyna Cistina – Ancash. Tesis (Título de ingeniero de Minas). Perú: Universidad Nacional De Huancavelica 2017. Disponible en <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/1069/TP%20-%20UNH%20MIN.%200076.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
2. ALFARO, Rene. Diseño de malla de perforación y voladura en la cantera sur para producción de roca escollera en la Cía Minera el Brocal Cerro de Pasco. Tesis (Título de ingeniero de Minas). Perú: Universidad Nacional Del Altiplano 2016. Disponible en http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3477/Alfaro_Sulca_Rene.pdf?sequence=1&isAllowed=y
3. BACA, Mirko y HINOSTROZA, Jack. Diseño de la malla de perforación y voladura para el control y estabilidad del macizo rocoso en la Unidad Minera San Cristóbal. Tesis (Título de ingeniero de Minas). Perú: Universidad Continental De Huancayo 2021. Disponible en https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10099/1/IV_FIN_110_TE_Baca_Hinostroza_2021.pdf
4. CASTILLEJO, Ricardo. Implementación Del Método De Hundimientos Por Subniveles Para Incrementar La Productividad En La Explotación De Los Yacimientos De Carbón Antracita Del Callejón De Huaylas [en línea]. Huaraz: Trabajo de investigación, 2018. [fecha de consulta: 18 de octubre de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/3686/RICARDO%20CAYO%20CASTILLEJO%20MELGAREJO%20-%20IMPLEMENTACI%c3%93N%20DEL%20M%c3%89TODO%20DE%20HUNDIMIENTOS%20POR%20SUBNIVLES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

5. CHANCASANAMPA, Wilber. Diseño de la malla de perforación y voladura para incrementar la productividad de tajeos en la Compañía Minera Great Panther Coricancha S.A. Tesis (Título de ingeniero de Minas). Perú: Universidad Nacional Del Centro Del Perú 2019. Disponible en https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5431/T010_74357222_T.pdf?sequence=1

6. CHAVEZ, ESPARZA Y RIOSVELASCO. Diseños pre-experimentales y cuasi-experimentales aplicados a las ciencias sociales y la educación [en línea]. Octubre-diciembre 2019. n. ° 2. [fecha de consulta: 18 de octubre de 2022]. Disponible en: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/104-Article%20Text-199-1-10-20200424.pdf>
ISSN: 167-178

7. CHAVEZ, Yetson. Mejora de la granulometría mediante el diseño de malla de perforación y voladura aplicando el modelo de Holmberg en la galería 370 de la zona Coturcan en la mina Huancapeti. Tesis (Título de ingeniero de Minas). Perú: Universidad Nacional Santiago Antúnez De Mayolo 2018. Disponible en http://www.repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2240/T033_70839229_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

8. CHUNGA, Alex. Análisis comparativo entre el método de voladura convencional y gasificada utilizada en la mina Cuajone – Southern Perú. Tesis (Título de ingeniero de Minas). Ecuador: Universidad Central Del Ecuacuao 2017. Disponible en <https://docplayer.es/91355383-Universidad-central-del-ecuador-facultad-de-ingenieria-en-geologia-minas-petroleos-y-ambiental-carrera-de-ingenieria-en-minas.html>

9. CISTERNAS, Vladimir. Implementación de lean al proceso de perforación & tronadura del rajo sur - división el teniente-Codelco Chile. Tesis (Grado de maestría en gestión y dirección de empresas). Chiles: Universidad De Chile 2016. Disponible <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Implementaci%C3%B3n-de-Lean-al->

proceso-de-perforaci%C3%B3n-&-tronadura-del-Rajo-Sur-Divisi%C3%B3n-el-Teniente-Codelco-Chile.pdf

10. COA, Christian. Introducción a la resistencia de materiales [en línea]. Arequipa 2018. [fecha de consulta: 20 de octubre del 2021]. Disponible en: <http://repositorio.uasf.edu.pe/bitstream/UASF/122/1/TU%20IRM-CCV.pdf>
11. CORREA, Pedro y MARTINEZ, Andrés. Diseño del sistema de perforación y voladura en los bancos d, e y f en la mina de caliza el tesoro, contrato de concesión ILI-16111 ubicada en la vereda las caleras del municipio de Nobsa-Boyacá. Tesis (Título de ingeniero de Minas). Colombia: Universidad Pedagógica Tecnológica De Colombia 2017. Disponible en <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2242/1/TGT-782.pdf>
12. DIAZ, Esthiben. Optimización de la perforación y voladura de rocas para maximizar utilidades en la mina Panulcillo de minera Cruz Ltda. – 2016. Tesis (Título de ingeniero de Minas). Perú: Universidad Nacional Santiago Antúnez De Mayolo 2017. Disponible en <https://1library.co/document/y65ew85z-optimizacion-perforacion-voladura-rocas-maximizar-utilidades-panulcillo-minera.html>
13. ESCUDERO, Carlos y Cortes Liliana. Técnicas y métodos cualitativos para la investigación científica. Machala, Ecuador. 2017. Editorial UTMACH. ISBN: 978-9942-24-092-7.
14. FIGUEROA, Jesús. Diseño de perforación y voladura aplicando la teoría de Richard Ash, para la mejora de la fragmentación en la compañía minera Antamina s.a. Tesis (Título de ingeniero de Minas). Perú: Universidad Nacional Santiago Antúnez De Mayolo 2017. Disponible en http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ZsATKu4tyq0J:r epositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2890/T033_469682_01_T.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy+&cd=3&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe#60

15. GODOY, Carlos. Guía rápida de investigación documental para principiantes [en línea] 12 febrero de 2021. [fecha de consulta: 18 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://tesisdeceroa100.com/guia-rapida-de-investigacion-documental-para-principiantes/>
16. GRASSELLI, G, et al. Influence of persistence on behaviour of fractured rock masses. ResearchGate [en línea]. Septiembre 2010. [Fecha de consulta: 03 de julio de 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/249552028_Influence_of_persistence_on_behaviour_of_fractured_rock_masses
17. GRASSELLI, G, et al. Influence of persistence on behaviour of fractured rock masses. ResearchGate [en línea]. Septiembre 2010. [Fecha de consulta: 03 de julio de 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/249552028_Influence_of_persistence_on_behaviour_of_fractured_rock_masses
18. HUAMÁN, Armando y ARDILES, Rolando. Guía de criterios geomecánicos para diseño, construcción, supervisión y cierre de labores subterráneas. Revista Osinergmin [en línea]. Mayo 2017, n°01. [fecha de consulta: 3 de Julio de 2021]. Disponible en: https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/mineria/Documentos/Publicaciones/Guia-Criterios-Geomecanicos.pdf
19. HUAMÁN, Armando y ARDILES, Rolando. Guía de criterios geomecánicos para diseño, construcción, supervisión y cierre de labores subterráneas. Revista Osinergmin [en línea]. Mayo 2017, n°01. [fecha de consulta: 3 de Julio de 2021]. Disponible en: https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/mineria/Documentos/Publicaciones/Guia-Criterios-Geomecanicos.pdf
20. INFANTE, Hanshelo. Evaluación del método de explotación en la extracción de carbón de piedra en la mina Tuco – Bambamarca. Tesis (Título de ingeniero de Minas). Perú: Universidad Nacional Santiago

Antúnez De Mayolo 2018. Disponible en http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/3352/T033_47001030_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

21. La universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Catálogo de lista de cotejos [en línea]. 2019. Disponible en: https://www.uaeh.edu.mx/division_academica/educacion-media/docs/2019/listas-de-cotejo.pdf
22. Minería y Geología [en línea]. Clasificación geomecánica óptima para evaluar el macizo rocoso en el frente de arranque del Tramo IV del túnel Levisa Mayarí. Cuba: 2020 [fecha de consulta: 27 de septiembre de 2021]. Disponible en : <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223561647005>
23. MIRANDA, Anwar y VERGARA, Airton. Diseño de un sistema de perforación y voladura de rocas aplicando modelos matemáticos para optimizar la fragmentación de la roca caliza en la cantera PROVEN III en cerro Collique – Zaña. Tesis (Título de ingeniero de Minas). Perú: Universidad Cesar Vallejo 2019. Disponible en https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/45856/Miranda_OAM-Vergara_SAR-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
24. NARANJO, Karla. Estudio Geotécnico para diseño de la fortificación del Pozo 3, de la mina Epifanía, sector la Independencia Alto, cantón Camilo Ponce Enríquez, provincia del Azuay. Quito: Universidad central del Ecuador. 2019. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/20264>
25. NOVOA, Elmer. Estudio Geomecánico para Diseñar Malla y Optimizar Costos en Voladura en Concesión Minera Los Chancas III 5 Hnos – Bambamarca. Tesis (Título de ingeniero de Minas). Perú: Universidad Cesar Vallejo 2021. Disponible en https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/73911/Novoa_CE-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

26. OVIEDO, Luis. Diseño de mallas de perforación y voladura haciendo uso del software drill and Blast Vulcan 8.0 para obtener una óptima fragmentación en E.E. Ajani unidad minera Anab. Tesis (Título de ingeniero de Minas). Perú: Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa 2017. Disponible en <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3007/Miovnil.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

27. PEÑA, Manuel. Calidad en el cálculo del Burden (B) basado en el modelo matemático de López Jimeno para contribuir en la gestión del riesgo en las voladuras, en cantera de roca caliza [en línea]. Enero-junio 2019, Vol. 22 n.º43. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2022]. Disponible en file:///C:/Users/Usuario/Downloads/58238%20(3).pdf

28. PERALTA, German y MOJICA, Rubén, 2017. Características y control de las vibraciones producidas por acción de las voladuras en minas a cielo abierto [en línea]. Disponible en: http://www.uptc.edu.co/export/sites/default/facultades/f_sogamoso/pregrado/minas/documentos/CARATERISTICAS_Y_CONTROL_DE_LAS_VIBRACIONES_PRODUCIDAS_POR_ACCION_DE_LAS_VOLADURAS_EN_MINAS_A_CIELO_ABIERTO.do.pdf

29. ROGHANCHI, Pedram. Application of index test methods for intact rock strength assessment. Tesis (Grado de maestría en ciencias en ingeniería de minas). Reno: Universidad de Nevada, 2013. Disponible en: https://scholarworks.unr.edu/bitstream/handle/11714/3135/Roghanchi_unr_0139M_11326.pdf?sequence=1&isAllowed=y

30. ROGRIGUEZ, Manuel (2017). Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. Centro de Investigación en Mecatrónica y Sistemas Interactivos, Universidad Tecnológica Indoamérica, Quito, Pichincha, Ecuador. 2017

31. ROJAS, Ignacio. Elementos para el diseño de técnicas de investigación: una propuesta de definiciones y procedimientos en la investigación científica [en línea]. Julio-diciembre 2019, nº.24. [fecha de consulta: 18 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/311/31121089006.pdf>
32. ROMANI, María. Manual Investigaciones con fines de graduación y titulación [en línea]. Noviembre, nº.1. [fecha de consulta: 18 de octubre de 2022]. Disponible en: http://repositorio.monterrico.edu.pe/bitstream/20.500.12905/1749/5/Manual%20Investigaciones%20con%20fines%20de%20graduacio%cc%81n%20y%20titulacio%cc%81n_EESPPM_2021.pdf
33. RUSNAK, John y MARK, Christopher. Using the point load test to determine the uniaxial compressive strength of coal measure rock. Enero 2000. [Fecha de consulta: 20 de julio de 2021]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/niosh/mining/userfiles/works/pdfs/utplt.pdf>
34. SANCHEZ. Porqué investigar y cómo conducir una investigación. Chile: universidad de la frontera. 2017. Disponible en : <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v31n4/art56.pdf>
35. Según PEREZ, Alipio y RODRIGUEZ, Andrés. Método científico de indagación y de construcción del conocimiento [en línea]. 1 de marzo de 2017. [fecha de consulta: 18 de octubre de 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/ean/n82/0120-8160-ean-82-00179.pdf>
36. Seguridad Minera, 2017. Medida de seguridad en perforación subterránea y superficial [en línea]. [consulta: 15 de mayo del 2022] Disponible en: <https://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/medidas-de-seguridad-en-la-perforacion-minera-subterranea-y-superficial/>
37. Servicio Geológico Mexicano. Causas, características e impactos [en línea]. Gobierno de México. 22 de marzo de 2017. [Fecha de consulta: 29 de

octubre de 2021]. Disponible en:
<https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Riesgos-geologicos/Causas-caracteristicas-e-impactos.html>

38. Servicio Nacional de Geología y Minería, 2018. Guía metodológica para evaluación de la estabilidad física de instalaciones mineras remanentes [en línea]. Disponible en: <https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2019/06/GUIA-METODOLOGICA.pdf>
39. SOUSA, DRIESSNACK Y MANDES (2017). Metodología de la investigación. 6a.ed. México: MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.. 152 pp. SBN: 978-1-4562-2396-0
40. VARGAS, Carlos. Correlación entre sistemas RMR, Q y CMRR en minas subterráneas de carbón, caso de estudio Sinclinal Checua-Lenguazaque. Tesis (Título de ingeniero Geólogo). Colombia: Universidad Nacional de Colombia sede Medellín 2018. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Mario-Vargas-Mendez/publication/326464621_Correlacion_entre_sistemas_RMR_Q_y_CMRR_en_minas_subterraneas_de_carbon_caso_de_estudio_Sinclinal_Checua-Lenguazaque/links/5c8a95d8a6fdcc3817540d91/Correlacion-entre-sistemas-RMR-Q-y-CMRR-en-minas-subterraneas-de-carbon-caso-de-estudio-Sinclinal-Checua-Lenguazaque.pdf
41. VEGA, Félix. Implementación del diseño de perforación y voladura para optimizar los parámetros de avance en galerías del nivel 3990 de la mina Uchucchacua. Tesis (Título de ingeniero de Minas). Perú: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión 2021. Disponible en http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2335/3/T026_40134720_T.pdf
42. VILCA, Richard. Reducción de costos mediante la optimización de las variables del diseño de perforación y voladura para la explotación de caliza - Cantera Mercedes. Tesis (Título de ingeniero de Minas). Perú:

Universidad Nacional Del Altiplano 2019. Disponible en http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/11498/Vilca_Barrantes_Richard.pdf?sequence=1&isAllowed=y

43. YUCRA, José. Caracterización geomecánica de macizos rocosos en obras subterráneas para estructuras estratificadas unidad minera la rinconada. Puno: Universidad Nacional del Altiplano. 2019. Disponible en: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/13375/Yucra_Quispe_Jos%C3%A9_Ricardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
44. ZUÑIGA, Valeria. Evaluación geomecánica de la rampa de acceso del yacimiento Loma Larga. Quito: Universidad central del Ecuador. 2018. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/15019>

IX. ANEXOS

Anexo 01: Cuadro de operacionalización de variable

DEFINICIÓN OPERACIONAL DE LAS VARIABLES					
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍNDICE
Diseño de malla de perforación	Seguridad minera (2017), nos dice que la malla de perforación es generalmente la primera actividad que se realiza, y a la vez la operación más importante del ciclo de minado. Por ello los diseños de voladura de funcionamiento defectuosos traen consecuencias a lo largo del ciclo de minado, retrasando las operaciones posteriores de carguío, acarreo y chancado.	La malla de perforación ayuda para la buena distribución y posición de los taladros, este diseño sirve para que después de la voladura, las rocas tengan la granulometría deseada, esto es de mucha importancia para que no se alargue el tiempo de trabajo.	Estudio Geológico	Geología regional	Estructuras geológicas (fallas y pliegues) Descripción geomorfológica y litológica
				Geología local	
				Geología estructural	
			Caracterización Geológica	Resistencia a compresión simple	Mpa
				RQD	Porcentaje%
				Separación entre las diaclasas	Metros
				Persistencia	Metros
				Abertura	Milímetros
				Agua freática	Litros
				Relleno	Milímetros
			Modelos Matemáticos	Modelo de Andersen	Burden
	Espaciamiento				

				Modelo de C. Konya	Densidad
				Modelo de Ash	Diametro de taladro Sobreperforacion
Fragmentación de la roca	Según Minería Chilena (2021), la fragmentación de la roca es esencial en el plan de minado ya que si esta no se realiza de forma correcta, se tendrá que realizar nuevamente la voladura y eso traerá consigo que los costos de operación incrementen.	La fragmentación de la roca se encarga de distribuir de forma pareja el tamaño de la roca, las cuales podrán pasar a otras etapas con mucha más facilidad y eficiencia, estas etapas son de carguío, transporte y tratamiento de la roca.	Parámetros de perforación	Diámetro del taladro	Milímetros
				Altura de banco	Metros
				Diámetro de fragmentación de roca	Metro
				Longitud del taladro	Metros
			Parámetros de voladura	Longitud de carga	Metros
				Densidad del explosivo	g/m3
				Tipo de explosivo	Dinamita
				Factor de carga	Kg/m3
				Altura de banco	Metro


Fuente: Elaboración propia

ANEXO 02: Matriz de consistencia

Diseño de malla de perforación para optimizar la fragmentación en roca caliza en calera ALSABE							
PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS	VARIABLE INDEPENDIENTE	TIPO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN	TÉCNICA	MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS
¿De qué manera el diseño de malla de perforación puede optimizar la fragmentación de la roca caliza de la empresa calera ALSABE?	Determinar el diseño de malla de perforación para mejorar la fragmentación en la empresa calera ALSABE	La implementación de un sistema de perforación optimiza la fragmentación de la roca caliza de la empresa calera ALSABE.	Sistema de perforación	Básica	La población está constituida por el sistema de perforación y voladura de la empresa calera ALSABE.	Análisis documental	Método analítico – sintético
	OBJETIVOS ESPECÍFICOS					Observación	
	Determinar la geología del yacimiento en la que trabaja la empresa calera ALSABE, para conocer los tipos de minerales presentes en el área de trabajo.		VARIABLE DEPENDIENTE	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	MUESTRA	INSTRUMENTOS	
Realizar la caracterización del macizo rocoso, para determinar la resistencia que posee la roca caliza.	Fragmentación de la roca	Experimental descriptiva	La muestra está conformada por los bancos de la empresa calera ALSABE	Guía de análisis documental			
Diseñar una malla de perforación mediante modelos matemáticos para una adecuada fragmentación.				Lista de cotejos			

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 03: Guía de observación de campo

	<p>GUÍA DE OBSERVACION DE CAMPO Diseño de malla de perforación para optimizar la fragmentación de roca caliza en calera ALSABE</p>	
OBJETIVO	Realizar la caracterización del macizo rocoso	
EMPRESA	Calera ALSABE	
LUGAR	Bambamarca	
CRITERIOS	VALOR	UNIDAD
PERFORACIÓN		
Tipo de Roca		
RMR		
Altura de banco		
Ancho de banco		
Diámetro de taladro de perforación		
Longitud de la barra		
VOLADURA		
Explosivo		
Densidad		
Alcance		
Peso		

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 04: Guía de observación de campo

	GUÍA DE ANÁLISIS DOCUMENTAL Diseño de malla de perforación para optimizar la fragmentación de roca caliza en calera ALSABE		
OBJETIVO	Diseñar una malla de perforación y voladura mediante modelos matemáticos para una adecuada fragmentación		
EMPRESA	Calera ALSABE		
LUGAR	Bambamarca		
MODELOS MATEMÁTICOS	CRITERIOS	SÍMBOLO	ANÁLISIS
Modelo Matemático de Andersen	Burden	B	
	Diámetro de taladros		
	Longitud de taladros	L	
Modelo Matemático de Langefors	Burden	B	
	Grado de compactacion	P	
	Potencia relativa del explosivo	S	
	Constante para la roca	C	
	Grado de fractura	f	
	Espaciamiento entre taladros	E	
	Radio de espaciamiento a burden	E/B	
	Diámetro de broca	db	
Modelo Matemático de C. Konya	Burden	B	
	Diámetro del explosivo		
	Densidad del explosivo		
	Densidad de la roca		
Modelo Matemático de Ash	Burden	B	
	Diámetro de taladros		
	Constante de roca	Kb	

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 05: Guía de observación de campo

 GUÍA DE ANALISIS DOCUMENTAL Diseño de malla de perforación para optimizar la fragmentación de roca caliza en calera ALSABE			
OBJETIVO	Diseñar una malla de perforación y voladura mediante modelos matemáticos para una adecuada fragmentación		
EMPRESA	Calera ALSABE		
LUGAR	Bambamarca		
CRITERIOS		RESULTADOS	ANÁLISIS
Criterios Geomecanicos	Número de discontinuidades		
	Distancia de las discontinuidades		
	Espacio entre las discontinuidades		
	Abertura entre las discontinuidades		
	Relleno		
	Presencia de agua		
	Rugosidad		
Ángulos	Buzamiento		
	Rumbo		
Resistencia	Resistencia de carga puntual		
	Resistencia a compresión simple		

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 06: Ficha de validación de instrumentos

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

- Apellidos y Nombres del experto: Antonio Araujo, Eusebio
- Grado Académico: Doctor
- Institución donde labora: Universidad Cesar Vallejo - Chiclayo
- Dirección: Av. Los Incas 726 Teléfono: 949696706. Email: eantonioar@ucvvirtual.edu.pe.
- 1.1 Autor (es) del Instrumento: Luzón Canelo Juan Cristhofer Anderson
Montenegro Bonilla Christian Jonathan

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD: Es aplicable los instrumentos planteados al problema en estudio Fecha: 02/12/2021

IV. Promedio de Valoración: 17



Doc. Antonio Araujo, Eusebio

DNI N°18188430

ANEXO 07: Ficha de validación de instrumentos

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (FICHA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO)

1. DATOS GENERALES:

1.1 Título Del Trabajo De Investigación:

Diseño de malla de perforación para optimizar la fragmentación en roca caliza en calera

ALSABE

1.2 Investigador (a) (es): Luzón Canelo Juan Cristhofer Anderson

Montenegro Bonilla Christian Jonathan

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 estrategias				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

17

3. OPINION DE APLICABILIDAD:

Los instrumentos tienen gran relación al fenómeno de estudio. Si es aplicable.

4. Datos del Experto: Antonio Araujo, Eusebio

Nombre y apellidos:

Grado académico: Doctor

Centro de Trabajo: Universidad Cesar Vallejo

Firma:

Fecha: 02/12/2021



ANEXO 08: Ficha de validación de instrumentos

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO (Guía de análisis documental)

Experto: Dr. Antonio Araujo, Eusebio

Centro de Trabajo y cargo que ocupa: Docente en la Universidad Cesar Vallejo - Chiclayo

Dirección: Av. Los Incas 726 Teléfono: 949696706

e-mail: antonioar@ucvvirtual.edu.pe.

Teléfono: 949696706

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

Opinión de Aplicabilidad:

Los instrumentos de validación representan de forma correcta lo que se desea representar, ayuda a responder los objetivos propuestos en el trabajo de investigación.



Dr. Antonio Araujo, Eusebio

DNI Nº 18188430

Fecha: 02/12/2021

ANEXO 09: Ficha de validación de instrumentos

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

- Apellidos y Nombres del experto: Carla Mena Nevado
 - Grado Académico: Magister
 - Institución donde labora: Universidad Cesar Vallejo - Chiclayo
 - Dirección: Av. Los Incas 726 Teléfono: 958118835. Email: mnevadoc@ucvvirtual.edu.pe
- 4.1 Autor (es) del Instrumento: Luzón Canelo Juan Cristhofer Anderson
Montenegro Bonilla Christian Jonathan

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD: Es aplicable los instrumentos planteados al problema en estudio Fecha: 05/12/2020

IV. Promedio de Valoración: 17



Mg. Carla Mena Nevado

ANEXO 10: Ficha de validación de instrumentos

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (FICHA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO)

1. DATOS GENERALES:

1.1 Título Del Trabajo De Investigación:

Diseño de malla de perforación para optimizar la fragmentación en roca caliza en calera ALSABE

1.2 Investigador (a) (es): Luzón Canelo Juan Cristhofer Anderson
Montenegro Bonilla Christian Jonathan

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 estrategias				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

17

3. OPINION DE APLICABILIDAD:

Los instrumentos tienen gran relación al fenómeno de estudio. Si es aplicable.

4. Datos del Experto:

Nombre y apellidos: Carla Mena Nevado DNI

Grado académico: Magister

Centro de Trabajo: Universidad Cesar Vallejo

Firma:  Fecha: 05/12/2021

ANEXO 11: Ficha de validación de instrumentos

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO (Guía de análisis documental)

Experto: Mg. Carla Mena Nevado

Centro de Trabajo y cargo que ocupa: Docente en la Universidad Cesar Vallejo

Dirección:

e-mail: mnevadoc@ucvvirtual.edu.pe

Teléfono: 955818835

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

Opinión de Aplicabilidad:

Los instrumentos de validación representan de forma correcta lo que se desea representar, ayuda a responder los objetivos propuestos en el trabajo de investigación.

Carla Mena Nevado
DNI N° 45454682
Fecha: 05/12/2021

ANEXO 12: Ficha de validación de instrumentos

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

- Apellidos y Nombres del experto: Mauro Salvador Paico
 - Grado Académico: Mg.
 - Institución donde labora: EMPRESA SERGEOING SRL- GERENCIA
 - Dirección: MZ.C. LT.06 URBANIZACIÓN SAN ANTONIO
 - Teléfono: 947801456. Email: maurosalmi@hotmail.com
- 4.2 Autor (es) del Instrumento: Luzón Canelo Juan Cristhofer Anderson
Montenegro Bonilla Christian Jonathan

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD: Es aplicable los instrumentos planteados al problema en estudio Fecha: 02/12/2020

IV. Promedio de Valoración: 17



Doc. Antonio Araujo, Eusebio
DNI Nº45454682

ANEXO 13: Ficha de validación de instrumentos

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO (FICHA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO)

5. DATOS GENERALES:

5.1 Título Del Trabajo De Investigación:

Diseño de malla de perforación para optimizar la fragmentación en roca caliza en calera ALSABE

Investigador (a) (es): Luzón Canelo Juan Cristhofer Anderson

Montenegro Bonilla Christian Jonathan

6. 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 estrategias					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

19

7. OPINION DE APLICABILIDAD:

Los instrumentos tienen gran relación al fenómeno de estudio. Si es aplicable.

8. Datos del Experto: Nombre y apellidos: Mauro Salvador Paico DNI 45454682

Grado académico: Magister

Centro de Trabajo: EMPRESA SERGEOING.SRL- GERENCIA

Firma:



MAURO SALVADOR PAICO
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP N° 199593

Fecha: 08/12/2021

ANEXO 14: Ficha de validación de instrumentos

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO (Guía de análisis documental)

Experto: Mg. Mauro Salvador Paico

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

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

e-mail: maurosalspai@hotmail.com

Teléfono: 947801456

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

Opinión de Aplicabilidad:

Los instrumentos de validación representan de forma correcta lo que se desea representar, ayuda a responder los objetivos propuestos en el trabajo de investigación.



MAURO SALVADOR PAICO
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP N° 199593

Mauro Salvador Paico

DNI N° 45454682

Fecha: 08/12/2021

Anexo 15: Tabla de Bieniawski

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

Figura 07: Mapa Geológico de la empresa calera ALSABE

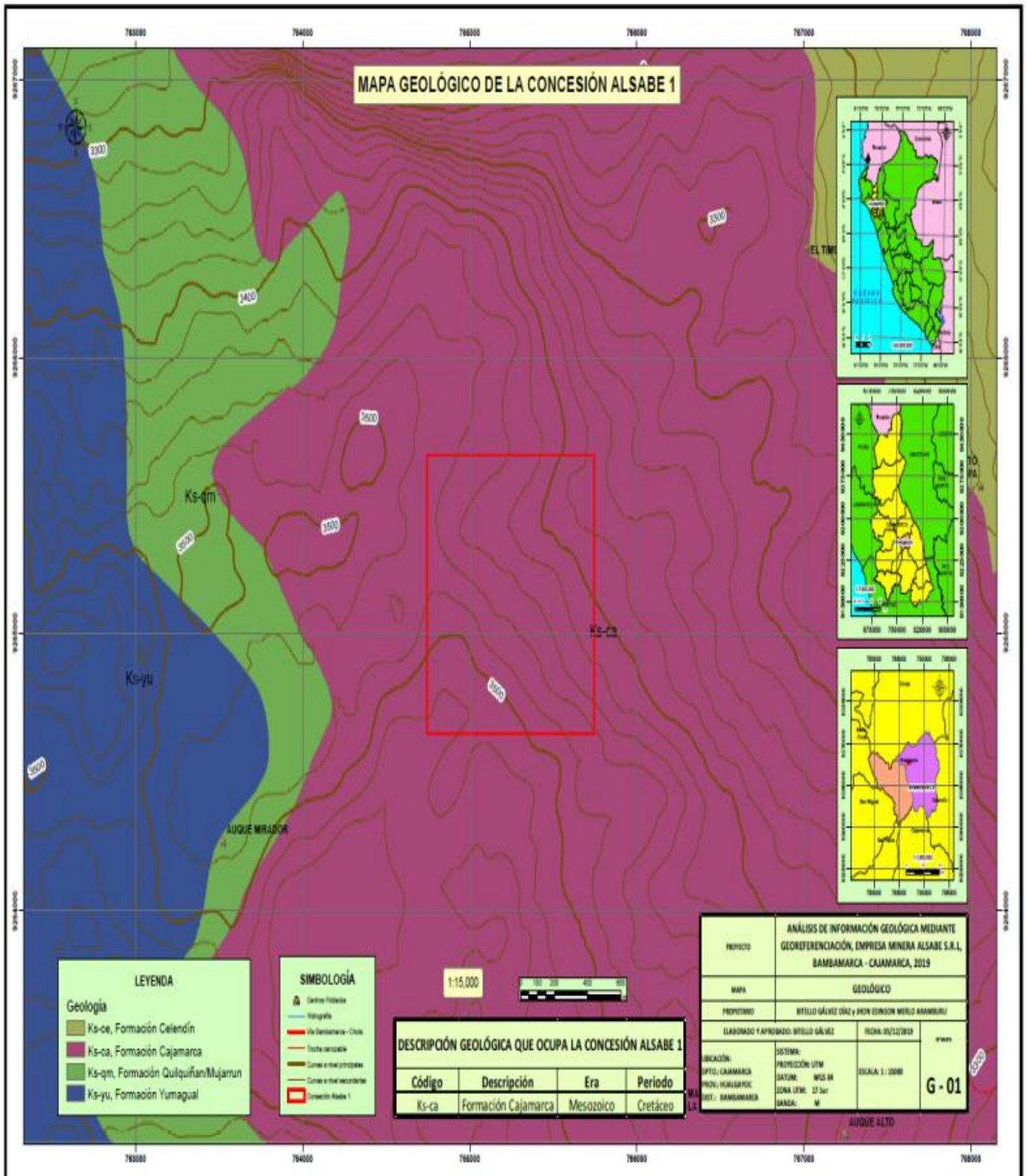


Figura 08: *Yacimiento de la empresa calera ALSABE*



Figura 09: *Produccion de cal*



Figura 10: *Acarreo y transporte de la roca caliza*



Figura 11: *Transporte del material*



Figura 12: *Llegada del carbón para producir la cal*



Figura 13: *Esclerómetro*



Figura 14: Testigo para la compresión simple



Figura 15: Peine de Barton



Figura 16: *Colocación del testigo en el equipo de ensayo*



ESTRUCTURA DE COSTOS (JACKLEG)

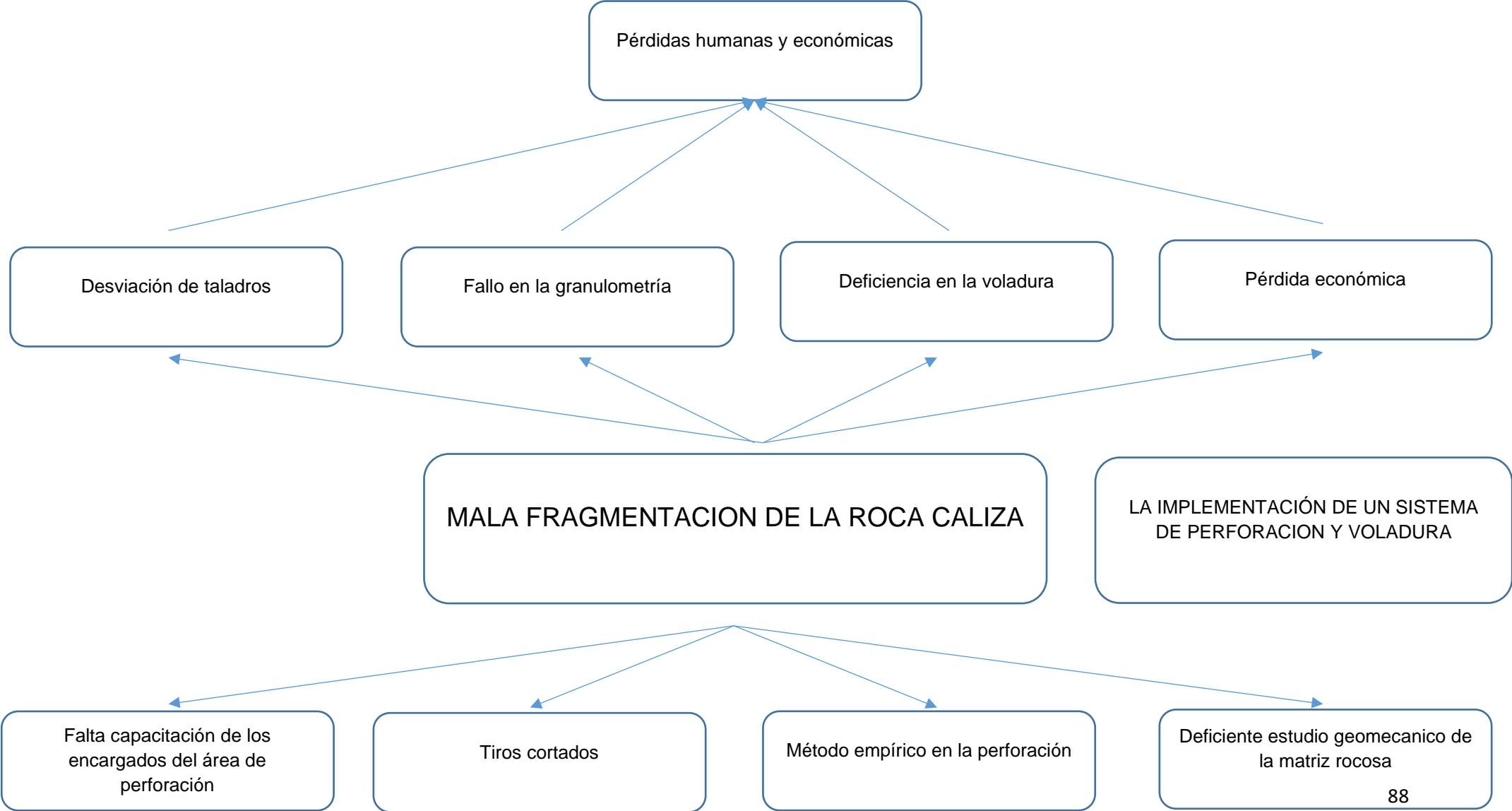
Taladros Perforados /disparo	21.0	Longitud efectiva Perforación mts	2.90
Taládro cargados	21.0	Eficiencia perforación	95%
		Rendimiento (m/disparo):	2.75

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	P.U.	Total S/.	Total
				S/. / Unid	S/.	S/. /MET.
1.1 Mano de Obra						325.86
Capataz	tarea	0.2	0.763	191.06	29.17	
Bodeguero	tarea	0.2	0.763	135.26	20.65	
Mecánico	tarea	0.2	0.763	212.94	32.51	
electricista Mina	tarea	0.2	0.763	169.18	25.83	
Retroexcavadora Jhon Deere	tarea	1.30	25%	191.06	62.09	
Maestro Perforista	tarea	2.60	100%	144.02	374.44	
Ayudante	tarea	2.60	100%	135.26	351.69	
1.2 Aceros de perforación						36.23
Aceite de Perforación	Gln	0.25	100%	21.91	5.48	
Barras de Perforación	pp	199.50	100%	0.29	57.29	
Brocas de perforación 42 mm	pp	199.50	100%	0.19	36.91	
1.3 Herramientas						4.71
Lampa	pieza	2.00	100%	0.53	1.06	
Pico	pieza	2.00	100%	0.59	1.18	
Combo 6 Lbs	pieza	1.00	100%	0.39	0.39	
Llave Stilson de 8"	pieza	1.00	100%	0.27	0.27	
LLave Francesa 8"	pieza	1.00	100%	0.24	0.24	
Barretilla de 6'	pieza	1.00	100%	0.99	0.99	
Barretilla de 8'	pieza	1.00	100%	1.17	1.17	
Barretilla de 10'	pieza	1.00	100%	1.30	1.30	
Disco de jebe	pieza	1.00	100%	0.20	0.20	
Taco de Arcilla	pieza	21.00	100%	0.20	4.20	
Ocre Polvo Rojo	kg	0.13	100%	10.00	1.30	
Arco de sierra + hoja	pieza	1.00	100%	0.65	0.65	
1.4 Implementos de Seguridad						19.33
Tareas sin ropa de agua	tareas	1.30	50%	8.59	5.58	
Tareas con ropa de agua	tareas	5.20	100%	9.15	47.58	
1.5 Equipos en Operación						233.51

Perforadora	pp	199.50	100%	0.38	76.53	
Manguera de jebe de 1"	m	30.00	100%	0.10	2.91	
Manguera de jebe de 1/2"	m	30.00	100%	0.04	1.26	
Retroexcavadora jhon Deere	Hm	2.85	100%	197.07	561.64	
(A) Total Costo Directo						619.64
(B) UTILIDAD						52.67
		8.5%				
(C) Explosivos y Acc. Voladura						12.66
Dinamita Semexa 65% 1 1/4" x 8"	kg	1.32	100%	6.24	8.20	
Carmex	und	2.00	100%	1.50	2.99	
Mecha rapida	m	2.00	100%	1.06	2.13	
Cordon detonante	m	20.00	100%	1.08	21.50	
(D) Combustible						48.40
Petroleo Retroexcavadora	Gln	11.40	100%	11.68	133.15	
COSTO TOTAL POR UNIDAD VALORIZADA (A+B+D)						720.71

Fuente: Elaboración propia

Anexo 17: Árbol de problemas





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad de los Asesores

Nosotros, ARANGO RETAMOZO SOLIO MARINO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA DE MINAS de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesores de Tesis titulada: "Diseño de malla de perforación para optimizar la fragmentación de roca caliza en calera ALSABE", cuyos autores son MONTENEGRO BONILLA CHRISTIAN JONATHAN, LUZON CANELO JUAN CRISTHOFER ANDERSON, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 13.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

CHICLAYO, 11 de Julio del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
ARANGO RETAMOZO SOLIO MARINO DNI: 26733726 ORCID: 0000-0003-3594-0329	Firmado electrónicamente por: SARANGOR el 13- 07-2022 19:13:59
SALAZAR CABREJOS ROSA ELIANA DNI: 41661370 ORCID: 0000-0002-1144-2037	Firmado electrónicamente por: SCABREJOSRE el 19-07-2022 01:31:22

Código documento Trilce: TRI - 0334373