



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Análisis geomecánico en zonas críticas para determinar el tipo de sostenimiento en la labor principal Minera Sirius Alfa – Pátapo

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

AUTORES:

Bravo Huamuro, Henry (orcid.org/0000-0001-9730-5326)

Ventura Uchofen, Víctor Junior (orcid.org/0000-0002-7939-2494)

ASESORES:

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

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

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Análisis de Estabilidad de Taludes

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Trabajo decente y crecimiento económico

CHICLAYO – PERÚ

2022

DEDICATORIA

Henry Bravo Huamuro

A mis padres por su constante sacrificio y apoyo incondicional que día a día me brindaron para ser mejor a pesar de todas las dificultades.

Víctor Junior Ventura Uchofen

A mis abuelos María y Jose, a mi padre.

AGRADECIMIENTO

Henry Bravo Huamuro

Agradezco a mis padres por todo su amor y trabajo que me dedican a mí y a mis hermanos. A mis asesores de tesis Dra. Salazar Cabrejos, Rosa Eliana y al Dr. Ing. Arango Retamozo, Solio Marino, por siempre apoyarme durante estos dos últimos ciclos en la culminación de mi carrera y finalmente a mis amigos y compañeros de estudios de la Universidad César Vallejo.

Víctor Junior Ventura Uchofen

A mis abuelos y padres, gracias por su apoyo y comprensión. A mis asesores, los cuales fueron pieza fundamental para el desarrollo de esta investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	9
3.1. Tipo y diseño de la Investigación.	9
3.2. Variables y operacionalización	9
3.2.1. Definición Conceptual	10
3.2.2. Definición Operacional	10
3.3. Población, Muestra y Muestreo	11
3.3.1. Población	11
3.3.2. Muestra	11
3.3.3. Muestreo	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	12
3.5. Instrumentos de recolección de datos	13
3.6. Procedimientos	13
3.7. Método de análisis de datos	14
3.7.1. Método de procesos	15
3.7.2. Método analítico-sintético	15
3.8. Aspectos Éticos	15
IV. RESULTADOS	17
4.1. Geología regional, local, estructural y económica de la minera Sirius Alfa - Pátapo	17
4.1.1. Geología Regional	17
4.1.2. Geología Local	19
4.1.2.1. Composición de la roca	20
4.1.2.1.1. Diorita	20
4.1.2.1.2. Granodiorita	20
4.1.2.1.3. Tonalita	21
4.1.3. Geología Estructural	21
4.1.3.1. Avance	21
4.1.3.2. Fallas	21

4.1.4. Geología Económica	21
4.1.4.1. Tiempo de vida útil	22
4.1.4. Parámetros de la geología estructural	22
4.2. Ensayos geomecánicos en las zonas críticas de la labor principal de la Minera Sirius Alfa – Pátapo.	23
4.2.1. Macizo Rocosó y su clasificación con el RQD	24
4.2.2 Clasificación del Macizo Rocosó según el RMR	25
4.2.3. Índice de Esfuerzo Geológico (GSI)	31
4.2.4. Ensayo de compresión uniaxial	33
4.2.5. Ensayo de carga puntual	34
4.2.6 Q de Barton	35
4.3. Tipo de sostenimiento en las zonas críticas de la labor principal mediante el análisis geomecánico en la Minera Sirius Alfa - Pátapo	37
4.3.1. Elección del tipo de sostenimiento de la labor principal en la Minera Sirius Alfa - Pátapo	38
4.3.1 Presión Uniforme vertical sobre la bóveda.	43
4.3.2 Presión uniforme sobre los Hastiales	44
4.4. Costos para el tipo de sostenimiento seleccionado para las zonas críticas de la Minera Sirius Alfa - Pátapo	45
4.4.2. Implementación del tipo de sostenimiento elegido para las zonas críticas de la labor principal Minera Sirius Alfa-Pátapo	48
4.4.2.1. Cantidad de cuadros a utilizar por zonas críticas de la labor principal Minera Sirius Alfa-Pátapo	48
4.4.3. Ventajas y desventajas del uso de madera	51
4.4.3.1. Propiedades de la madera	51
4.4.3.2. Duración de la madera	51
4.4.3.3. Vida útil de la madera	51
4.4.4. Instalación de cuadros de madera	52
V. DISCUSIÓN	54
VI. CONCLUSIONES	58
VII. RECOMENDACIONES	59
REFERENCIAS	60
ANEXOS	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Coordenadas UTM pertenecientes a la entrada de la labor principal de la minera Sirius Alfa.....	19
Tabla 2: Generalidades de la labor principal Minera Sirius Alfa	19
Tabla 3: Parámetros de la geología estructural de la labor principal de la minera Sirius Alfa - Pátapo	22
Tabla 4: Tipo de roca según el RQD.....	24
Tabla 5: Muestras extraídas	24
Tabla 6: Para evidenciar el valor del RQD se aplicó la siguiente fórmula.....	25
Tabla 7: Clasificación del Macizo rocoso según el RMR	25
Tabla 8: Parámetros de clasificación RMR	27
Tabla 9: Tipo de roca GSI.....	31
Tabla 10: Resultados del GSI.....	31
Tabla 11: Resultados del ensayo de comprensión uniaxial de las muestras 01, 02 y 03 .	33
Tabla 12: Resultados del ensayo de carga puntual de las muestras 01, 02 y 03.....	34
Tabla 13: Clasificación q de Barton.....	35
Tabla 14: Resultados del Q de Barton	37
Tabla 15: Resultados del análisis geomecánico de las zonas críticas para determinar el tipo de sostenimiento en la labor principal Minera Sirius Alfa – Pátapo	38
Tabla 16: Resultados del análisis geomecánico de las zonas críticas para determinar el tipo de sostenimiento en la labor principal Minera Sirius Alfa – Pátapo	39
Tabla 17: Resultados del análisis geomecánico de las zonas críticas para determinar el tipo de sostenimiento en la labor principal Minera Sirius Alfa – Pátapo	40
Tabla 18: Resultados del análisis geomecánico de las zonas críticas para determinar el tipo de sostenimiento en la labor principal Minera Sirius Alfa – Pátapo	41
Tabla 19: Datos para el cálculo.....	43
Tabla 20: Fórmula para la presión uniforme vertical sobre la bóveda	43
Tabla 21: Cálculo de la presión uniforme vertical sobre la bóveda	44
Tabla 22: Cálculo de la presión uniforme sobre los hastiales	44
Tabla 23: Costos de instalación de cuadro de madera para los tramos 0+008 al 0+012; 0+062 al 0+064 y 0+066 al 0+074	45
Tabla 24: Sostenimiento para el tramo 0 + 008 al 0 + 012.....	48
Tabla 25: Sostenimiento para el tramo 0 + 062 al 0 + 064	49
Tabla 26: Sostenimiento para el tramo 0 + 066 al 0 + 074	50
Tabla 27: Costo total de los cuadros de madera en las zonas críticas de la minera Sirius Alfa – Pátapo.....	51

RESUMEN

El trabajo de investigación tuvo como objetivo general determinar el tipo de sostenimiento en las zonas críticas mediante el análisis geomecánico en la labor principal de la Minera Sirius Alfa - Pátapo. Esta investigación fue de tipo aplicada y su diseño fue no experimental. La población abarcó la labor principal de la Minera Sirius Alfa - Pátapo, la muestra estuvo comprendida por las zonas críticas de la labor principal y presentó un muestreo de tipo no probabilístico de criterio. Se obtuvo como resultado que se determinó el tipo de sostenimiento por los ensayos realizados en el laboratorio de Universidad César Vallejo, resultando que en los tramos analizados 0+008 al 0+012, 0+062 al 0 +064, 0+066 al 0 +074, se implementara sostenimiento con cuadros de madera. Llegando a una conclusión, que la selección de cuadros de madera ya que es el tipo de sostenimiento más adecuado para la labor donde se aplicará un total de 10 cuadros distribuidos respectivamente en las zonas críticas de la labor. Ello fue elegido por los ensayos geomecánicos realizados se determinó el tipo de roca y así se eligió el tipo de sostenimiento requerido.

Palabras clave: Ensayos geomecánicos, cuadros de madera, zonas críticas

ABSTRACT

The general objective of the research work was to determine the type of support in critical areas through geomechanical analysis in the main work of the Sirius Alfa - Pátapo Mining. This research was of an applied type and its design was non-experimental. The population covered the main work of the Minera Sirius Alfa - Pátapo, the sample was comprised of the critical areas of the main work and presented a sampling of non-probabilistic criteria. The result was that the type of support was determined by the tests carried out in the laboratory of the César Vallejo University, resulting in the sections analyzed 0+008 to 0+012, 0+062 to 0+064, 0+066 to 0 +074, support with wooden frames will be implemented. Reaching a conclusion that selected wooden frames since it is the most suitable type of support for the work where a total of ten frames distributed respectively in the critical areas of the work will be applied. This was chosen by the geomechanical tests carried out, the type of rock was determined and thus the type of support required was chosen.

Keywords: geomechanical tests, wooden frames, critical zones

I. INTRODUCCIÓN

La minería tanto en el mundo como en el Perú es una de las actividades esenciales y fuente de desarrollo económico. Uno de los procesos principales dentro de la minería es la evaluación geomecánica del macizo rocoso, puesto que es el proceso que puede determinar la calidad, resistencia y características del macizo rocoso. Todo ello con el fin de seleccionar el tipo de sostenimiento adecuado, para así mantener la seguridad de los trabajadores y equipos.

Cabe mencionar que la concesión minera se encontró localizada en la región de Lambayeque, provincia de Chiclayo, distrito Pátapo, sector Garrapiña; ubicada a 450 m.s.n.m. con coordenadas UTM: Norte:9257014 limitando con la provincia de Ferreñafe y Este:664844 limitando con el distrito de Chongoyape. Así mismo limita al Oeste con el distrito de Tután, la labor principal de la mina tiene una dimensión de 2.0 x 2.0 metros y para llegar al punto oficial se toma la carretera Chiclayo – Chongoyape hasta el desvío aproximadamente 45 km y finalmente 3 kilómetros de la pluma a la labor, siendo estos últimos kilómetros una trocha carrozable, lo que quiere decir que es 1 hora 45 minutos en movilidad hasta la labor principal.

La realidad problemática que se presentó en la concesión Minera Sirius Alfa – Pátapo, fue la falta de un sistema de sostenimiento en la labor principal, en **consecuencia**, esto provocó caída de rocas en la labor y riesgo de accidentes laborales. Y a su vez generó un ambiente inseguro en el que los trabajadores y equipos se encontraban vulnerables a desprendimientos de roca dentro de la labor. Por lo que se necesitó realizar un estudio geomecánico para determinar el tipo de sostenimiento adecuado según la caracterización del macizo rocoso.

Una de las **causas** de la problemática expuesta fue que no contaba con un estudio geomecánico adecuado para realizar la explotación subterránea en la labor principal en la Minera Sirius Alfa. En **consecuencia**, esto generó inestabilidad en la labor por presencia de rocas sueltas. Chuquimia (2019), mencionó que los diferentes problemas que surgen en las etapas de ciclo minero, es debido a que no

hay una buena investigación geotécnica que permita realizar el diseño y la explotación de un yacimiento.

Así mismo, otra **causa** del problema que se planteó fueron las malas condiciones geomecánicas de la roca. Es decir, las rocas presentaban fracturas a lo largo del avance de la labor. En **consecuencia**, esto provocó caídas de rocas y planchones de manera constante. Tal como manifestó Condori (2021), la estabilidad del macizo rocoso depende de la calidad que presente la roca, las discontinuidades y las fallas. Debido a que cuando estos factores influyen sobre la misma lo vuelve inestable generando desatado de rocas en la labor.

Como tercera **causa** del problema planteado fue que el personal no estaba capacitado para identificar las zonas críticas en la labor principal. Como **consecuencia** se evidenció la falta de sostenimiento en zonas donde había constantes desprendimientos de rocas, ocasionando que se paralicen las labores. Tal como lo manifestó Cecenario (2020), que la falta de identificación de zonas críticas por personal especializado no permite la selección adecuada del tipo de sostenimiento; esto ocasiono problemas de estabilidad en la labor provocando constantes paralizaciones en las operaciones.

Ante la **realidad problemática** expuesta anteriormente se planteó la siguiente pregunta de investigación. ¿De qué manera el análisis geomecánico en zonas críticas podrá determinar el tipo de sostenimiento en la labor principal de la Minera Sirius Alfa – Pátapo?, para ello se formuló la siguiente **hipótesis** de investigación: Si se realiza un correcto análisis geomecánico del macizo rocoso en zonas críticas, entonces se podrá determinar el tipo de sostenimiento adecuado en la labor principal de la Minera Sirius Alfa - Pátapo.

Esta investigación fue justificada de acuerdo a un criterio teórico, práctico y metodológico. Fue de carácter **teórico** debido a que se utilizaron fundamentos teóricos y criterios expuestos acerca de la realización de un análisis geomecánico. Esto con la finalidad de precisar el tipo de sostenimiento adecuado, a fin de mejorar la estabilidad en la labor principal de la minera Sirius Alfa - Pátapo. Así mismo, la

justificación fue **práctica** ya que de acuerdo con los objetivos que se propusieron se logró obtener resultados frente a la problemática planteada como fue la falta de un sistema de sostenimiento en la labor principal de la minera Sirius Alfa - Pátapo. Finalmente, la justificación fue **metodológica** porque la investigación sugirió estudios geomecánicos para así realizar estrategias válidas y confiables en el tipo de sostenimiento propuesto. Además, esta investigación será entregada a la Universidad César Vallejo, para que sea subido al repositorio de la misma, generando que nuevos investigadores puedan tener como guía esta investigación.

Ante lo expuesto, se planteó el siguiente **objetivo general: Determinar** el tipo de sostenimiento en las zonas críticas mediante el análisis geomecánico en la labor principal de la Minera Sirius Alfa - Pátapo. Así mismo, se planteó como **primer objetivo** específico **analizar** la geología regional, local, estructural y económica de la Minera Sirius Alfa - Pátapo. Como **segundo objetivo** específico se planteó **realizar** los ensayos geomecánicos en las zonas críticas de la labor principal en la Minera Sirius Alfa – Pátapo. Además, como **tercer objetivo** se propuso **calcular** los costos para el tipo de sostenimiento para las zonas críticas de la labor principal de la Minera Sirius Alfa - Pátapo.

II. MARCO TEÓRICO

Como antecedentes a nivel **internacional** se tuvo a Águila (2019), Sarmiento (2020), Breda (2021) y Morocho (2020), en sus estudios sobre la aplicación de la geomecánica al sostenimiento en obras subterráneas. Tuvieron como **objetivo** determinar la calidad geotécnica de la roca para lograr un sostenimiento adecuado. Los **resultados** obtenidos del análisis geomecánico efectuado en cada avance ayudó a resolver los diversos problemas de inestabilidad de las labores. Así mismo, **concluyeron** que en las clasificaciones geotécnicas en distintos ambientes geológicos se debe tener en cuenta la génesis y deposición del yacimiento. Estas investigaciones fueron de **utilidad** ya que dieron a conocer la importancia de los ensayos geomecánicos, los cuales permitieron determinar el tipo de roca y así seleccionar un tipo de sostenimiento adecuado.

Fernández (2018), Mucuta (2019), Ochoa (2020) y Drogo (2021), en sus investigaciones acerca de los estudios de sistemas de fortificación para una mina subterránea teniendo en cuenta la geología. Presentaron como **objetivo** optimizar el sistema de sostenimiento para asegurar la estabilidad y seguridad de las labores con la geología local y regional. Obteniendo como **resultados** que la geología abarca el cenozoico donde se presenta una formación Alfabamba la cual está constituida por andesitas y riolitas; además se presentaron fallas regional con orientación andina que va de NO-SE y la falla local la cual pasa por la parte superior del borde izquierdo del dique de la presa con dirección NO-SE, además se evidencian dos fallas, la más importante es la segunda la cual causa la caída de rocas, por ello se tuvo que determinar cuál es el mejor tipo de sostenimiento para mejorar la estabilidad. Cabe señalar que estas investigaciones fueron de **importancia** ya que brindaron una amplia información acerca de la geología para determinar los sistemas de sostenimiento, fue de gran utilidad ya que permitió describir los sistemas de fortificación dando a conocer sus ventajas y desventajas.

Cisterna (2018), Carmona (2019), Cabezas (2019), Hizo (2021), en sus averiguaciones acerca de la caracterización geomecánica en operaciones subterráneas de pequeña minería. Tuvieron como **objetivo** conocer las

características geomecánicas de las labores en una mina subterránea para mejorar su estabilidad. Logrando como **resultado** que la roca estudiada en dichas minas es regular de tipo III y con presencia de silicatos. **Concluyeron** que, debido a la mala condición de la roca, se debe implementar un sistema de fortificación en las labores para asegurar la integridad de los trabajadores. De esta manera, el sistema de sostenimiento con cuadros de madera no fue el apropiado para el tipo de roca que se presenta en las labores. Así mismo, estas investigaciones **aportaron** información importante sobre las características geomecánicas de las rocas lo que permitió seleccionar un tipo de sostenimiento adecuado.

Así mismo, como antecedentes **nacionales** se tuvo a Duran (2019), Montoya (2018), García (2018) y Cajicá (2018), en sus investigaciones acerca del análisis del macizo rocoso y la determinación del sostenimiento para el control de zonas críticas propensas por el estallido de rocas. Presentaron como **objetivo** identificar las diferentes zonas críticas para la caracterización del macizo rocoso teniendo en cuenta el RMR, RQD, GSI y Q de Barton, ya que estas están propensas a sufrir desprendimientos por el estallido de rocas. Los **resultados** fueron que el macizo rocoso tuvo una calidad de RMR de 55 a más, también presentó una compresión simple mayor a 80 Mpa. Debido a dichos resultados se dedujo que están ante una roca rígida, la cual requiere refuerzo de pernos dinámicos. **Concluyendo** que, para determinar el sostenimiento correcto ante el estallido causado por la voladura, se tuvo en cuenta el RMR, RQD entre otras características del macizo rocoso. Estos trabajos de investigación **ayudaron** a describir un análisis geomecánico para poder determinar el sostenimiento de las zonas críticas, teniendo en cuenta la resistencia, acoplamiento y la instalación de este.

Nieto (2019), Gamma (2018), Nogel (2018), Cartaya (2018), en sus investigaciones sobre la selección de un adecuado sostenimiento teniendo en cuenta la caracterización geomecánica de la roca. Tuvieron como objetivo en común determinar el tipo de macizo rocoso mediante un estudio geomecánico para elegir el sostenimiento a utilizar. Así mismo, los resultados que presentaron se centran en las labores de operación, ya que estas contaban con zonas muy estables, con una calidad de la roca regular a buena de tipo III y II según el RMR, con los siguientes

valores 63, 55 y 51 respectivamente. Se **concluyó** que contaban con un macizo rocoso bueno y regular, lo cual permitió optar por un sostenimiento con madera de una galería de 110 metros calculando a unos 20 años un promedio de 143 910.19 soles. Estas investigaciones fueron de gran importancia porque se brindó información de cómo reconocer la dureza y el tipo de la roca, lo que permitió elegir un sostenimiento adecuado y prevenir futuros desprendimientos de roca.

Para Chura (2016), Monsalve (2019), Bernal (2019), Caicedo (2019) en sus averiguaciones acerca de la caracterización geomecánica de la roca y su aplicación en los diseños de sostenimiento en las labores. Tuvieron como **objetivo** especificar las características geomecánicas y diseñar un sostenimiento adecuado para las labores de desarrollo. Se obtuvo como **resultados** según la clasificación geomecánica RMR una roca regular de tipo III con presencia de pizarra; así como también una roca buena de tipo II con presencia de cuarcita, con ello se seleccionó un sostenimiento adecuado con pernos helicoidales con resina y lechada de cemento. **Concluyeron** que las muestras tomadas en cada sección de las labores en estudio presentaron un tipo de roca III y II, con ello se seleccionó el correcto sostenimiento para cada una de ellas. Estas investigaciones sirvieron como base ya que permitieron determinar el sostenimiento correcto de acuerdo a la caracterización geomecánica de la roca.

Entre las **teorías y los enfoques** que complementaron la investigación, para Aranda (2015), la disciplina de la geomecánica se encarga de una investigación minuciosa de la clasificación geomecánica que son aplicadas a la caracterización del macizo rocoso que se manifiesta en las labores mineras. Además, dicha disciplina estuvo basada por las distintas posturas sobre la mecánica de suelos y de rocas.

Además, en esta clasificación geomecánica según Condori (2021), se tiene el Rock Quality Designation sus siglas son RQD este es un parámetro que se relaciona directamente con el macizo rocoso. Cabe mencionar que la estimación puede variar significativamente y el valor va a depender principalmente de la medida de los testigos extraídos. En cambio, el RMR para Abanto (2021), es un sistema de

clasificación geomecánica de la roca que fue introducido por el Ingeniero Bieniawski. Este permite evaluar la competencia de la roca o el macizo rocoso a través de diferentes parámetros como la resistencia de la roca, el RQD, el grado de fracturamiento, la orientación de las discontinuidades, la longitud de las discontinuidades y la presencia de agua.

Además del RMR y el RQD se tiene otras clasificaciones geomecánicas como el Q de Barton, según Guevara (2021), es la clasificación del macizo rocoso el cual ayuda a obtener el valor de la roca para determinar el tipo de sostenimiento que se deberá utilizar. Para el Q de Barton se tienen en cuenta 6 parámetros como el RQD, el índice del grado de fracturación de la roca (J_n), índice de la rugosidad (J_r), el índice de la alteración de las discontinuidades (J_a) y por último el coeficiente reductor con la presencia de agua. Otra clasificación geomecánica es el GSI o también conocido como Índice de Resistencia Geológica, el cual es un sistema que va a caracterizar las propiedades geomecánicas de la roca, el cual se podrá identificar mediante la evaluación de las propiedades geológicas que se presenta en las labores a evaluar (Cartaya, Ruiz y Otaño, 2018).

Teniendo en cuenta la clasificación geomecánica Alfaro (2021), refiere que la estabilidad es la resistencia de una estructura, talud o un socavón en minería subterránea se tiene en cuenta la geología del yacimiento (formación), la geología estructural, cargas paralelas que son provocadas por las diversas excavaciones, perforación y voladura, se presenta inestabilidad por el deslizamiento o colapso bajo condiciones normales. Para que se genere estabilidad se debe de tener en cuenta la condición de la roca por lo tanto se realizan ensayos geomecánicos para determinar el tipo que se presenta en la labor y así seleccionar el tipo de sostenimiento que se requiere o por el contrario no se requiere sostenimiento.

Costos se entiende como la suma de esfuerzos y recursos que es necesario invertir para producir un artículo, o bien, costos es lo que se sacrifica para obtener un producto elegido. Los costos resultan de la unión de los materiales directos e insumo físico aplicado a la producción de un bien o servicio. Mano de obra directa: es el esfuerzo humano que se realiza en la producción de un bien o servicio y costos

indirectos de fabricación insumos que además de los indicados, demanda la producción de un bien o servicio. (Nogel 2018).

Según Chávez (2021), la estabilidad del macizo rocoso interviene diferentes componentes como lo es: Su formación, la litología, estructura, cargas paralelas que son provocadas por las diversas excavaciones, perforación y voladura. Es por ello que cuando se realiza un avance es necesario reforzar las labores mineras. Además, para que se genere estabilidad es necesario hacer un análisis geomecánico a lo largo de toda la labor, teniendo en cuenta su dirección, orientación, forma y tamaño.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de la Investigación.

El tipo de investigación **fue aplicada**, ya que se buscó realizar un análisis geomecánico de las zonas críticas en la labor principal de la concesión minera Sirius Alfa - Pátapo para determinar un sostenimiento adecuado de la labor. Para Nieto (2018), se refiere a aquella que enlaza de manera drástica a la práctica con la teoría. Debido a que, trata de buscar una solución a la problemática mediante los resultados o también llamados productos.

En lo que respecta al **diseño de investigación** fue **no experimental cuantitativo** por lo que no se manipularon las variables, a su vez se mostraron los datos específicos que fueron detallados en los instrumentos de evaluación y los cuales dieron respuesta a los objetivos propuestos. Según Galarza (2021), el diseño no experimental es aquel donde no se manipulan las variables, sino que se manejan tal y como se suscita el fenómeno de forma in situ.

Además, los niveles de investigación **fueron explicativos**, debido a que cuando se realizó solo se mostró una descripción del problema, además que también se expusieron y se explicaron los diversos argumentos, las cuales se pudieron determinar mediante causas y consecuencias de dicha realidad problemática. Tal como lo dijo Hernández, Ramos y Placencia (2018), la investigación explicativa es aquella que averigua cómo se puede resolver la realidad problemática, haciendo uso de las variables y dando respuesta a la formulación del problema.

3.2. Variables y operacionalización

Esta investigación constó de dos variables: Análisis geomecánico (Variable independiente) y tipo de sostenimiento (variable dependiente).

3.2.1. Definición Conceptual

Variable Independiente: Para Barrios (2019), un análisis geomecánico es aquella investigación específica acerca del comportamiento del macizo rocoso ante las diferentes alteraciones que sufre la roca. Cabe mencionar que las excavaciones ya sean superficiales o subterráneas generan una inestabilidad en la labor.

Variable Dependiente: Para Pflucker, Ruiz, Linares, Buiza (2019), tipo de sostenimiento en minería es aquel refuerzo que se realiza en las diferentes labores mineras, debido a que estas cuando tienen excavaciones o aperturas suelen quedar inestables, por lo que se necesita de diferentes tipos sostenimiento para que puedan prevenir futuros desprendimientos de rocas.

3.2.2. Definición Operacional

Variable Independiente: El análisis geomecánico se midió en función de los métodos geomecánicos como fueron los parámetros el RMR, RQD, Q de Barton y GSI. Así mismo, tiene una relación directa debido a que dichos datos fueron los resultados de los análisis y ensayos realizados para determinar la calidad, clasificación y resistencia del macizo rocoso y así caracterizarlo para determinar un sostenimiento adecuado. Estos datos fueron medidos con las tablas geomecánicas.

Variable Dependiente: Para determinar que implica el tipo sostenimiento fue necesario evaluar la estabilidad de las labores mineras, debido a que se relacionó la calidad del macizo rocoso que tienen las labores mineras con la fortificación que necesita. Debido a que, en la mina Sirius Alfa - Pátapo hay zonas críticas que presentaron más desprendimientos y debilidad de la roca. Estos datos fueron medidos mediante una guía de observación en campo.

Dimensión: Para la variable independiente las dimensiones fueron clasificación geomecánica y estudios geológicos. Y para la variable dependiente su dimensión es tipo de sostenimiento.

Indicadores: Para la variable independiente sus indicadores de acuerdo a la primera dimensión fueron: ensayo de compresión uniaxial, ensayo de carga puntual, Q Barton, RQD, RMR, GSI y para la segunda dimensión sus indicadores fueron geología regional, local, económica y levantamiento topográfico; para la variable dependiente sus indicadores fueron el sostenimiento con cuadro de madera, sostenimiento con shotcrete, sostenimiento con malla electrosoldada y por último el sostenimiento con pernos de anclaje .

Escala de medición: Se tomaron en cuenta las escalas de mediciones ordinal y nominal para este trabajo de investigación.

3.3. Población, Muestra y Muestreo

3.3.1. Población

Esta investigación tuvo como población la labor principal de la Minera Sirius Alfa - Pátapo. Para Arias (2020), una población es aquel conjunto de sujetos en donde el autor estuvo interesado en identificar y estudiar su problemática.

- **Criterio de inclusión**

- Se incluyó la labor principal de la concesión minera Sirius Alfa- Pátapo, debido a que las hay otras dos labores se encuentran en desarrollo y tiene pocos metros de avance.

- **Criterio de exclusión**

- Fueron excluidas las otras dos labores de la concesión minera Sirius Alfa- Pátapo por encontrarse aún en fase de desarrollo.

3.3.2. Muestra

La muestra estuvo comprendida por las zonas críticas de la labor principal de la Minera Sirius Alfa - Pátapo, debido a que se determinó los tipos de sostenimiento

para dichas zonas mediante un análisis geomecánico. Polo (2020), manifestó que la muestra es aquella parte o subconjunto de una población específica y que es de gran interés.

3.3.3. Muestreo

El tipo de muestreo utilizado en esta investigación fue el **muestreo no probabilístico** ya que estuvo de acorde a la accesibilidad de la labor y de los tramos a ser analizados. Este tipo de muestreo es una técnica en la cual el investigador en base a su criterio procede a seleccionar las muestras a ser estudiadas (Polo, 2020).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas utilizadas fueron las siguientes:

Observación de campo no experimental, ya que se realizó una visita a la Mina Sirius Alfa y así se recolectaron datos específicos acerca de las zonas críticas de la labor, las dimensiones de la labor, sus accesos y la problemática que fue la falta de sostenimiento. Tal como lo manifestó Breda (2021), una investigación es no experimental, cuando no se realiza la manipulación de las variables de un proyecto, mismos que son de gran importancia para que se realice la investigación.

Así mismo, se utilizó la **técnica de análisis documental** la cual ayudó a obtener información acerca de los tipos de sostenimiento en minería y sobre los ensayos geomecánicos. Cabe señalar, que los datos utilizados fueron proporcionados por la empresa minera en la cual se detallaron los diversos trabajos realizados en la labor. Tal como manifestó Chávez (2021), la técnica de análisis documental es aquel procedimiento donde se hace una revisión de documentos que sirven como fuente principal de diferentes datos que van a permitir obtener resultados.

3.5. Instrumentos de recolección de datos

Se utilizó **la guía de observación de campo**, la cual fue elaborada con el fin de recolectar información acerca de la falta de sostenimiento en las zonas críticas en la Mina Sirius Alfa - Pátapo. Además, fue respaldada por la operacionalización de las variables en estudio. Según Balestrini (2020), la guía de observación de campo es aquel documento en el cual se registraron los diversos fenómenos que se observan en el campo.

Así como también se utilizó **ficha de registro de análisis documental**, la cual fue utilizada para poder registrar los diferentes datos obtenidos de las diversas bases de datos entre los datos que se obtuvieron fueron los métodos geomecánicos como: Q-Barton, RQD, GSI y RMR. Morocho (2020), describe que el instrumento sirve como matriz para monitorear la calidad de toda la información adjuntada. Así mismo, se realizó una hoja que sea codificada, para llevar un orden de los datos que se requieran en la investigación.

Cabe subrayar, que dichos instrumentos fueron validados por expertos o profesionales especializados en la materia de investigación. Además, esta investigación se elaboró de acuerdo a la normativa ISO 690 y con la ayuda de la guía de investigación brindada por la Universidad César Vallejo.

3.6. Procedimientos

Se tuvo como **primera etapa la planificación de la investigación**, en la cual se planteó la problemática, el título, y los objetivos a desarrollar. Además, se obtuvo información proporcionada por el gerente de la Unidad Minera Sirius Alfa - Pátapo, en donde se evidenció las causas y consecuencias de la problemática. Así mismo, se planteó una hipótesis y un marco teórico que estuvo conformado por las diferentes bibliografías y antecedentes que permitieron definir conceptos como: geomecánica, sostenimiento y métodos geomecánicos.

Además, es importante recalcar que para poder conocer acerca de la geología local y regional de Pátapo fue necesario utilizar la página web de INGEMMET (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico) y para extraer las cartas geológicas se utilizó el Geocatmin.

La **segunda etapa de investigación fue la elaboración de instrumentos**, durante esta etapa, se desarrollaron herramientas de recopilación de datos basadas en métodos de investigación y técnicas de recopilación de información. Para ello, fue necesario utilizar instrumentos que permitieron operacionalizar las variables y correlacionarlos con los objetivos planteados.

Como tercera, en esta se tuvo la aplicación de instrumentos y recolección de datos, en la cual se realizó una visita a la mina de 1 día, aquí se utilizaron las herramientas creadas, como la ficha de análisis documental y el manual de monitoreo de campo, para recolectar los datos requeridos para las metas planteadas. Cabe señalar que también se tomaron muestras de materiales rocosos para su análisis.

Finalmente, en la cuarta etapa de procesamiento y conclusión, los datos recolectados en la aplicación de instrumentos fueron procesados mediante análisis, teoría, postulados matemáticos y aplicación de software en el laboratorio. De igual manera, las muestras recolectadas en campo fueron trasladadas al laboratorio para su posterior registro y análisis. Con los resultados obtenidos del procesamiento se pudo realizar la discusión para posteriormente realizar las conclusiones y recomendaciones.

3.7. Método de análisis de datos

Fue de gran importancia utilizar métodos de análisis de datos en esta investigación, para poder responder a los objetivos planteados. Se aplicaron el método de procesos y el método analítico-sintético.

3.7.1. Método de procesos

Se aplicó el método de procesos debido a que se tuvo por finalidad obtener los resultados partiendo de los objetivos trazados por medio las técnicas que fueron la observación de campo y el análisis documental. Así mismo, los instrumentos de recolección de datos que se utilizaron fueron la guía de observación de campo y guías de análisis documental que permitieron realizar una evaluación geomecánica. Este método de análisis representa el camino a seguir en la investigación, constituido por una secuencia de pasos, los cuales debe de seguir para alcanzar el objetivo de la investigación. (Hernández, Duana 2020)

3.7.2. Método analítico-sintético

Se utilizó el método analítico-sintético porque se analizaron los parámetros de la evaluación geomecánica utilizando el Q-Barton, RQD, GSI y RMR. Esto hizo posible organizar datos geomorfológicos como la dureza de la roca, la resistencia a la compresión y la influencia del agua subterránea. Así mismo, fue sintético ya que se realizó una síntesis de un conjunto de conceptos, teorías y datos, que permitieron la descripción resultante de los factores que se tomaron en cuenta para optar por un sostenimiento óptimo para la labor principal de la mina Sirius Alfa - Pátapo. Según el método analítico-sintético consiste en la descomposición de un todo, en diversas partes o elementos para poder examinar sus causas y efectos, para posteriormente elaborar síntesis general del tema en estudio (Rodríguez, Pérez, 2017)

3.8. Aspectos Éticos

La Universidad César Vallejo, norma que toda investigación científica debe contener los siguientes principios éticos:

- **Beneficencia**, porque mejoró los resultados del sostenimiento en la labor principal de la empresa minera en estudio, teniendo como base los principios de la mecánica de rocas. Esta mejora tuvo un impacto económico ya que se logró reducir

costos para la empresa, y finalmente se solucionó el problema de la inestabilidad en el trabajo, y brindó mayor seguridad a los trabajadores.

- **No maleficencia**, ya que esta investigación se realizó de manera responsable, para garantizar la seguridad de todos los involucrados, así como los datos proporcionados por la empresa Sirius Alfa en dirección del centro poblado Desaguadero fueron manejados en total confidencialidad.
- **Justicia**, debido a que los datos proporcionados por la empresa, así como los resultados obtenidos fueron actuados con honestidad, ética y responsabilidad.
- **Autonomía**, los temas se eligieron voluntariamente sobre la base de encontrar una solución a un problema que a menudo tuvo un impacto significativo en la minería y se resolvió al menor costo posible. No hubo influencias de terceros antes, durante y después de la realización de la investigación.

IV. RESULTADOS

Los resultados de la investigación se presentan a partir de los objetivos planteados que han sido desarrollados a través de guías utilizadas en campo y laboratorio.

4.1. Geología regional, local, estructural y económica de la minera Sirius Alfa - Pátapo

4.1.1. Geología Regional

De acuerdo con el reconocimiento al yacimiento minero Sirius Alfa - Pátapo, se encontró la presencia de representaciones litológicas a nivel de toda la zona. Así mismo, se pudo observar y verificar aspectos de rocas intrusivas volcánicas, las cuales tienden a manifestar diversos grados de alteración, acompañado de fallas y discontinuidades. Además, durante el recorrido hacia el yacimiento se logró apreciar cortes sobre la roca, aspectos de rocas compactadas y en otros sectores presencia de macizo rocoso fracturado y poco compactado.

Así mismo, se logró identificar a través del INGEMMET (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico), que el material que acompaña a las rocas volcánicas como la granodiorita fresca, tonalita y diorita; en cuanto a la presencia de fallas y discontinuidades, estas han sido provocadas por los diversos desplazamientos verticales en dicho yacimiento. Tal que, de acuerdo con el tiempo de su deposición perteneció a una era mesozoica del cretácico superior con formaciones de calizas grisáceas y lutitas grises oscuras.

- Cenozoico

En la era del Cenozoico presentó la era del Cuaternario Holoceno compuesto por un depósito fluvial reciente el cual estuvo constituido por sedimentos, bloques, cantos, grava, gravilla, arena y matriz arena limosa; así como por un depósito eólico reciente compuesto por arenas cuarzosas de grano fino a medio formando balcanes en movimiento. Además, estuvo conformada por un depósito aluvial constituido por

acumulaciones de canto, arenas y limos depositados en los márgenes de los ríos formando terrazas. También estuvo constituida por el sistema Neógeno Plioceno y Mioceno, conformado por la formación Huambos, la cual presentó tobas y brechas fácticas con fragmentos de pómez. En cuanto al sistema paleógeno estuvo conformado por las series oligoceno, eoceno y paleoceno, constituidos por la formación Llama, compuesto por conglomerados, clastos de cuarcita, caliza y volcánicos rojizo intercalados con tobas andesíticas y tobas moradas. Teniendo una potencia de 500 a 1000 metros, según el estudio geológico del departamento de Lambayeque en el año 2013.

- **Mesozoica**

En cuanto a la era mesozoica estuvo conformada por el sistema Cretácico Superior compuesto por la formación Cajamarca, la cual presentó calizas grisáceas o blanquecinas con estratificación regular y uniforme. Así mismo, estuvo conformada por el Grupo Pulluicana Quilquián, constituido por intercalaciones de calizas grises, lutitas friables gris oscuras a negras y niveles de margas; además de la Formación Inca Chulec Pariatambo, conformado por calizas negras bituminosas y lutita gris con calizas lutáceas delgadas y nodulares de color marrón a crema. Además, en el sistema Cretácico Inferior se evidenció la presencia del grupo Goyllarisquizga, conformado por areniscas y cuarcitas blanquecinas y marrones bien estratificadas en capas medianas e intercaladas con capas horizontales de lutitas grises, marrones y rosadas. Por otro lado, estuvo compuesta por la Formación Tinajones, la cual presentó una secuencia de tobas grauvacas, lutitas, cuarcitas y conglomerados.

En el sistema jurásico Superior y Medio estuvo constituido por la Formación Oytún, con presencia de lavas andesíticas, andesitas basálticas masivas gris a oscuro, intercaladas con tobas, grauvacas y areniscas feldespáticas. Por último, en el sistema Triásico Superior, Medio e Inferior estuvo compuesta por la formación la Leche, la cual estuvo conformada por calizas grisáceas bien estratificadas en capas delgadas a medianas y niveles de cenizas de composición andesítica. Estas rocas

afloran una potencia aproximadamente de 1240 metros de acuerdo con el estudio geológico del departamento de Lambayeque, realizado en el año 2013.

4.1.2. Geología Local

Tabla 1: Coordenadas UTM pertenecientes a la entrada de la labor principal de la minera Sirius Alfa

Galería Nivel 1			
UTM WGS 84 Zona 17			
Entrada galería	Punto	Este	Norte
	1	664844	9257014

Fuente: Coordenadas de la Unidad Sirius Alfa.

En la tabla 1, se puede apreciar las coordenadas de la labor principal del yacimiento minero Sirius Alfa, teniendo en cuenta que expresa resultados de los vértices Este y Norte respectivamente. Es de gran importancia resaltar que dicho yacimiento tuvo una formación polimetálica con presencia de oro (Au) y cobre (Cu), con una producción estimada de 25 toneladas métricas al día, la misma que se puede ir incrementando de acuerdo a los avances y las características de dicha labor.

Tabla 2: Generalidades de la labor principal Minera Sirius Alfa

Generalidades de la concesión minera Sirius Alfa		
	Región	Lambayeque
Ubicación	Distrito	Pátapo/Desaguadero
	Sector	Desaguadero
	Era	Mesozoica
Formación	Grupo	Pulluicana
	Afloramiento	Rocas Volcánicas

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2, se muestran los datos sobre la geología de la labor principal de la concesión minera Sirius Alfa - Pátapo, ubicados en la carta geológica nacional del

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2021). Aquí se describió la ubicación del yacimiento, el cual estuvo ubicado en la región Lambayeque, en el distrito de Pátapo. Además, se encontró a una altura aproximada de 450 m.s.n.m, la misma que presenta una ruta para su acceso poca accidentada. (Anexo N°25).

4.1.2.1. Composición de la roca

De acuerdo con los estudios realizados por parte de la empresa y el reconocimiento que se hizo durante las visitas a campo se pudo apreciar en la labor formaciones de rocas intrusivas volcánicas las cuales estaban muy silicificadas y epidotizadas. Así mismo, se contaba con zonas hidrotermales, las cuales estaban combinadas con metales como el Oro (Au) y el Cobre (Cu), los mismos que contenían un alto grado de interés económico.

4.1.2.1.1. Diorita

En la labor principal se pudo observar una estructura mineralizada con acompañamientos de diorita con una densidad de 2.8g/m³, es una roca de grano grueso con una mezcla contrastante de granos minerales blancos y negros. Cabe mencionar también que hacia el piso presenta una franja cuarzo lechoso de 0.40m – 0.80 m de potencia con cristales muy desarrollados del tipo diente de perro, de hasta 2 metros de espesor.

4.1.2.1.2. Granodiorita

Se evidenció la presencia de granodiorita fresca en la labor principal, en la cual se evidenció un ramal mineralizado de una franja muy alterada de óxidos y con arcillas de 0.50 - 0.80 metros de espesor. La granodiorita es una roca ígnea intrusiva que cuenta con una apariencia gris con tonalidades de color blanco y negro, contiene una gran cantidad de plagioclasa rica en sodio (Na) y calcio (Ca), con una densidad de 2.6g/cm³.

4.1.2.1.3. Tonalita

Al noreste de la labor aproximadamente a 12 metros de distancia de la bocamina y encima de la primera chimenea se observa rasgos de una estructura con un alto grado de oxidación una franja de vetillas de cuarzo de unos 0.50 metros de espesor, acompañada de tonalita. La cuál es una roca plutónica, misma que está compuesta por plagioclasas y cuarzo, tiende a tener un color entre gris claro a oscuro y también se caracteriza por tener un porcentaje de sílice (SiO₂) mayor al 63%, con respecto al óxido de aluminio (Al₂O₃) se acerca al 13% y el óxido de hierro (FeO) es bajo y llega al 1.1%.

4.1.3. Geología Estructural

4.1.3.1. Avance

El avance que presentó la labor fue de 80 m de longitud, en todo este avance que se ha desarrollado se evidenció la falla que se describe a continuación.

4.1.3.2. Fallas

Se evidencio que existe un tipo de falla en la labor principal, de tipo normal mineralizada teniendo una dirección: S62°W y un buzamiento de 55° - 57° NW, tiene una apertura variable de 2 mm - 5 mm con presencia de relleno de arcilla, no hay presencia de humedad. Por ello la roca que se encuentra a su alrededor no tiende a desmoronarse (Anexo N° 29).

4.1.4. Geología Económica

Según los estudios geológicos preliminares realizados por observación del afloramiento de la estructura mineralizada la cual tiene una longitud que supera los 200 m, para la cual se calcula que profundizaría a 150 m, con una potencia de veta promedio de 0.7 m, teniendo unos 63000 TM y la otra estructura que tiene 250 m

por 150 de profundidad con una potencia promedio de 0.7 m, teniendo 79000 TM haciendo un total de 142000 toneladas métricas.

De acuerdo a los diferentes estudios realizados en la estructura mineralizada y los afloramientos de la empresa minera Sirius Alfa, se pudo obtener resultados acerca de la ley de mineral de ley promedio de 6 gr/TM de oro (Au) con 5% de cobre (Cu). Además, de acuerdo con la estimación que se realizó dicho yacimiento tiene un tiempo de vida útil de aproximadamente 20 años, pero teniendo en cuenta que ese tiempo puede variar de acuerdo a los factores de producción, características de la labor y un mejor sostenimiento.

Entonces con los cálculos realizados se tiene 25 toneladas explotadas por día. Haciendo un total mensual de 4.500 gramos de oro (Au), en el cual serían 158 onzas. Cabe mencionar que la onza de oro (Au) en la actualidad tiene un valor estimado 1638,78 USD, con ello se podría dar como resultado mensual de 258.927 dólares por el mineral extraído.

4.1.4.1. Tiempo de vida útil

El tiempo de vida útil de un proyecto se considera al tiempo estimado del cual se va a explotar dicho yacimiento teniendo en cuenta la estimación de las reservas, mismas que van a ir incrementándose de acuerdo con las condiciones en la que se encuentre la labor, así como también, los diferentes factores de producción y el precio internacional de los metales que es un valor que cambia considerablemente a nivel mundial. Cabe mencionar que de acuerdo a los estudios preliminares se estimó que el yacimiento Sirius Alfa – Pátapo tiene 20 años de vida útil. Estos datos fueron obtenidos por parte de la empresa la cual facilitó para la investigación.

4.1.5. Parámetros de la geología estructural

Tabla 3: Parámetros de la geología estructural de la labor principal de la minera Sirius Alfa – Pátapo

Parámetros	Descripción
Avance	80 metros de longitud (labor Principal)
Sección	2 m de ancho por 2 metros de alto
Tipo de yacimiento	Hidrotermal ya que se ha formado por la asociación de filones con contenido de sulfuros con relleno de rocas volcánicas e intrusivas. La veta es perpendicular y tiene una potencia de 25 cm estrangulándose y desapareciendo a lo largo de la excavación, también se comprobó la existencia de mineral de hierro.
Ley promedio	6 gr/ TM de Oro (Au) con 5% de Cobre (Cu)
Toneladas explotadas por día	25 T/día
Falla	Tipo normal de 2mm – 5mm con relleno de caolinita que es un mineral de arcilla a través de toda la labor con una dirección de S62°W y un buzamiento de 55° - 57° NW
Era	Mesozoica
Litología Estratigráfica	Grupo. Pulluicana y Quilquiñan Km- pq
Tipo de Roca (rocas intrusivas)	<ul style="list-style-type: none"> • Granodiorita. • Tonalita. • Diorita.

Fuente: elaboración propia

En la tabla 3, se muestra todos los parámetros como la descripción detallados de la estructura geológica de la minera Sirius Alfa – Pátapo.

4.2. Ensayos geomecánicos en las zonas críticas de la labor principal de la Minera Sirius Alfa – Pátapo.

Los resultados presentados a continuación se basaron en la realización de ensayos geomecánicos para determinar el tipo de roca que se presenta en las zonas críticas

de la labor principal en la Minera Sirius Alfa - Pátapo. Teniendo en cuenta la clasificación RQD, RMR, GSI y Q de Barton, además de los ensayos de carga puntual y uniaxial de compresión simple.

4.2.1. Macizo Rcoso y su clasificación con el RQD

Tabla 4: Tipo de roca según el RQD

TIPO DE ROCA RQD					
RQD %	90-100	75-90	50-75	<u>25-50</u>	<25
PUNTAJE	20	17	13	<u>8</u>	3
Tipo	Muy Buena	Buena	Mediana	<u>Mala</u>	Muy mala

Fuente: Ingeniería Geológica. Excavaciones subterráneas (U.P.C. Madrid)

Tabla 5: Muestras extraídas

MUESTRAS	LONGITUD
Muestra 1 tramo: 0+008 al 0+012	
Testigo #01	13 cm
Testigo #02	13 cm
Muestra 2 tramo: 0+062 al 0+064	
Testigo #03	13 cm
Testigo #04	13 cm
Muestra 3 tramo: 0+066 al 0+074	
Testigo #05	13 cm
Testigo #06	13 cm

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 5 se evidencia las muestras obtenidas de la mina, las cuales fueron tres y de cada ellas se extrajo 2 testigos, dando un total de 6 muestras; las cuales fueron

utilizadas en los ensayos de carga puntual y el ensayo de compresión uniaxial para calcular el RMR.

Tabla 6: Para evidenciar el valor del RQD se aplicó la siguiente fórmula.

Fórmula de RQD	$(\Sigma \text{ core pieces } \geq 10 \text{ cm} / \text{ Total length of core run}) \times 100\%$
Analizando el RQD	$(13+13+13+13+13+13/200) \times 100\% = 39$
Resultado del RQD	39% roca mala

Fuente: Elaboración propia.

Resultó un valor de 39% demostrando que el tipo de roca es mala, lo cual ayudó a determinar el RMR que nos indicará el tipo de sostenimiento a realizar.

4.2.2 Clasificación del Macizo Rocoso según el RMR

Tabla 7: Clasificación del Macizo rocoso según el RMR

Muestras	Puntuación (RMR)	Clasificación (RMR)	Tipo de roca
Muestra 1 tramo: 0+008 al 0+012			
Testigo #01	41	Regular	III
Testigo #02	35	Mala	IV
PROMEDIO	38	Mala	IV
Muestra 2 tramo: 0+062 al 0+064			
Testigo #03	39	Mala	IV
Testigo #04	37	Mala	IV
PROMEDIO	38	Mala	
Muestra 3 tramo: 0+066 al 0+074			
Testigo #05	37	Mala	IV
Testigo #06	38	Mala	IV
PROMEDIO	37.5	Mala	IV

**PROMEDIO GENERAL
(RMR)**

**37.8
38**

Mala

IV

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7 se evidenció los resultados del RMR de los 6 testigos que se extrajeron, con ayuda de la máquina perforadora que se encuentra en el laboratorio de la Escuela de Minas en la Universidad César Vallejo. Los cuales pasaron por ensayos de compresión uniaxial simple y de carga puntual.

Tabla 8: Parámetros de clasificación RMR

PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN CON SUS VALORES									
Parámetros			Rango de Valores						
1	Resistencia de la Roca Intacta	Índice de la Resistencia de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Para estos rangos es recomendable ensayos de resistencia a la compresión uniaxial		
		Resistencia a la compresión Uniaxial	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa
		PUNTAJE	15	12	7	4	2	1	0
2	RQD %		90-100	75-90	50-75	25-50	<25		
		PUNTAJE	20	17	13	8	3		
		Tipo	Muy buena	Buena	Mediana	Mala	Muy mala		
3	Espaciamiento de las discontinuidades		>2 m	0,6 m-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm		
		PUNTAJE	20	15	10	8	3		

4	Longitud de las discontinuidades (Persistencia)	<1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
	PUNTAJE	6	4	2	1	0
	Abertura	Ninguna	<0,1 mm	0,1-1 mm	1-5 mm	> 5mm
	PUNTAJE	6	5	4	1	0
	Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Lisa	Superficies Pulidas
	PUNTAJE	6	5	3	1	0
	Relleno	Ninguno	Duro <5 mm	Duro >5 mm	Blando <5 mm	Blando > 5mm
	PUNTAJE	5	4	2	2	0
	Meteorización	Inalterada	Ligeramente Meteorizada	Mod. Alterada	Altamente Alterada	Descompuesta
	PUNTAJE	6	5	3	1	0
5	Nivel Freático					
	Flujo por cada 10 m de longitud de túnel	Ninguno	10	10-25	25-125	>125
	Presión de agua	0	<0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	>0,5

	Condiciones Generales	Completamente seco	Húmedo	Mojado	Goteo	Flujo
PUNTAJE		15	10	7	4	0
		TIPO DE ROCA RMR				
RMR		100-81	80-61	60-41	40-21	<21
CLASE		I	II	III	IV	V
DESCRIPCIÓN		Muy Buena	Buena	Regular	Mala	Muy Mala

Fuente: Bieniawski 1989

En la tabla 8 se utilizó los parámetros de Bieniawski 1989 para todos los testigos, **en la muestra 1** - testigo 1 se obtuvo como resultado 41 esto evidenció que es una roca regular de tipo III, para obtener ese resultado se sumó los puntajes dados en la tabla 07. Así mismo, en el caso de la resistencia de la roca dio un puntaje de 07, el RQD que se presentó fue de 39% lo cual en el cuadro de Bieniawski es un puntaje de 08. En cuanto al espaciamiento de las discontinuidades tuvo un puntaje de 03, en cambio la longitud de las discontinuidades presentó un puntaje de 02. En el parámetro de la abertura se tuvo de puntaje 01, la rugosidad presentó el valor de 03; en cambio el relleno obtuvo el puntaje de 02, la meteorización el puntaje de 0 y finalmente el nivel freático presentó un puntaje de 15.

La muestra 1 - testigo 2 presentó una resistencia de la roca de puntaje 7, en el RQD el puntaje obtenido fue de 08, mientras que el factor de espaciamiento de las discontinuidades arrojó un puntaje de 03. Además, la longitud de las discontinuidades, la abertura y el relleno tuvieron como puntaje 0; la rugosidad y la meteorización presentaron un puntaje de 1. Por último, el nivel freático de 15, todos estos puntajes sumados dieron 35 lo que significó que es una roca mala de tipo IV.

La muestra 2 - testigo 3 en el que respecto a la resistencia de la roca tuvo el puntaje de 12, el RQD 8 puntos, el espaciamiento de las discontinuidades tuvo un puntaje 3. La longitud de las discontinuidades, la abertura, la rugosidad, relleno y la meteorización presentaron un puntaje de 0. La rugosidad tuvo un puntaje de 01 y el nivel freático tuvo como puntaje 15. Este testigo presentó un puntaje de 39 lo que evidenció que es una roca mala tipo IV.

Además, se presentó la **muestra 2** - testigo 4 que en su resistencia de la roca el puntaje evidenciado fue de 07, el RQD fue de 08 puntos, el espaciamiento presentó un puntaje de 03 y la meteorización un puntaje de 2. La longitud de las discontinuidades y la rugosidad presentaron un puntaje de 1, la abertura tuvo 0 a igual que el relleno y el nivel freático 15 puntos, dando un puntaje final de 37 lo cual significó que fue una roca mala tipo IV.

El testigo 5 de la **muestra 3**, presentó 07 puntos en el factor de la resistencia de la roca, RQD tuvo 08 puntos, el espaciamiento obtuvo 03 puntos, la longitud de la discontinuidad presentó 0 puntos. La abertura, rugosidad, relleno y la meteorización tuvieron 1 punto por último el nivel freático fue de 15 puntos. Estos puntajes que se obtuvieron se sumaron e indicaron que el valor del testigo fue de 37 esto quiere decir que es una roca mala tipo IV.

Por último, el testigo 6 de la muestra 3 presentó una roca de 38 lo que evidencia que es una roca mala y de tipo IV, la resistencia de la roca obtuvo 07 de puntaje, en el RQD se obtuvo un puntaje de 08 y el espaciamiento arrojó como puntaje 03. Así mismo, la longitud de las discontinuidades tuvo 02 puntos; la abertura, rugosidad y meteorización es de un punto. Mientras que el relleno tuvo 0 puntos y por último el nivel freático presentó 15 puntos.

4.2.3. Índice de Esfuerzo Geológico (GSI)

Tabla 9: Tipo de roca GSI

TIPO DE ROCA GSI						
GSI	GSI>80	60<GSI<80	40<GSI<60	30<GSI<40	20<GSI<40	GSI<20
CLASE	I	II	III	<u>IV</u>	V	VI
DESCRIPCIÓN	Muy Buena	Buena	Regular	<u>Mala</u>	Muy mala	Excepcionalmente mala

Fuente: Ingeniería Geológica. Excavaciones subterráneas (U.P.C. Madrid)

Tabla 10: Resultados del GSI

MUESTRAS	FÓRMULAS GSI=RMR-5	PUNTUACIÓN	TIPO DE ROCA
Muestra 1 tramo 0+008 al 0+012			
Testigo #01	GSI= 41-5	36	Mala IV
Testigo #02	GSI= 35-5	30	Mala IV

	PROMEDIO	33	Mala IV
Muestra 2 tramo 0+062 al 0 +064			
Testigo #03	GSI= 39-5	34	Mala IV
Testigo #04	GSI= 37-5	32	Mala IV
	PROMEDIO	33	Mala IV
Muestra 3 tramo: 0+066 al 0+074			
Testigo #05	GSI= 37-5	32	Mala IV
Testigo #06	GSI= 38-5	33	Mala IV
	PROMEDIO	33	Mala IV
	PROMEDIO GENERAL	33	Mala IV

Fuente: Elaboración propia

Se llevó a cabo la realización del Índice de Esfuerzo Geológico, teniendo en cuenta la fórmula planteada por Hooke y Brown, en ella se debe restar 5 al valor obtenido del RMR. Con ello se obtuvo 6 valores, en la muestra uno el primer testigo dio un valor de 36 y de tipo roca mala IV, el segundo testigo 30 roca mala IV, en cambio la muestra 2 del tercer testigo presentó un GSI de 34 y el cuarto obtuvo un resultado de GSI 32 siendo una roca mal tipo IV. Y por último la muestra 3 testigo 5 presentó un valor de GSI 32 siendo una roca mala tipo IV y por último el testigo 6 presentó un valor de 33 lo cual es mala tipo IV. Así mismo según la tabla de GSI (Anexo N° 28) es una roca muy fracturada ya que se logro evidenciar 15 fracturas por metro lineal. En la labor principal de la minera Sirius Alfa – Pátapo.

Además, con esta clasificación GSI se pudo determinar el tipo de sostenimiento que requiere este tipo de roca, teniendo en cuenta el RQD que es 39% y que la Roca es Mala. Se seleccionó el sostenimiento con cuadros de madera para los tramos siguientes: 0+008 al 0 +012, 0 +062 al 0 +064 y el tramo 0+066 al 0 +074

4.2.4. Ensayo de compresión uniaxial

Tabla 11: Resultados del ensayo de compresión uniaxial de las muestras 01, 02 y 03

ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL	
Muestra 01: tramo 0+008 al 0 +012	
Testigo 01 resistencia máxima	5,753 MPa
Testigo 02 resistencia máxima	6,340 MPa
Muestra 02: tramo 0 +062 al 0 +064	
Testigo 03 resistencia máxima	7,983 MPa
Testigo 04 resistencia máxima	5,346 MPa
Muestra 03: 0+066 al 0 +074	
Testigo 05 resistencia máxima	5,241 MPa
Testigo 06 resistencia máxima	5,130 MPa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 11 se muestran los resultados del ensayo de compresión uniaxial de las muestras 01, 02 y 03 que se aplicó a cada testigo extraído de la muestra en este caso fueron 2. Se extrajeron testigos de 13 cm en total fueron 6, dos por cada muestra; este ensayo de compresión uniaxial se desarrolló en el laboratorio de la Universidad César Vallejo. Se llevaron las muestras con las medidas solicitadas al laboratorio para realizar la perforación para extraer los testigos. Este ensayo ayudó para la clasificación del RMR al igual que el ensayo de carga puntual ya que es un indicador que presenta el cuadro de Bieniawski 1989, además permitió saber el máximo de carga que soporta cada testigo.

4.2.5. Ensayo de carga puntual

Tabla 12: Resultados del ensayo de carga puntual de las muestras 01, 02 y 03

ENSAYO DE CARGA PUNTUAL	
Muestra 01: tramo 0+008 al 0 +012	
Testigo 01 máximo de carga	4,052 kN/cm ²
Testigo 02 máximo de carga	3,540 kN/cm ²
Muestra 02: tramo 0+062 al 0 +064	
Testigo 03 máximo de carga	5,574 kN/cm ²
Testigo 04 máximo de carga	4,210 kN/cm ²
Muestra 03: 0+066 al 0 +074	
Testigo 05 máximo de carga	3,373 kN/cm ²
Testigo 06 máximo de carga	4,853 kN/cm ²

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 12 se evidencian los resultados del ensayo de carga puntual de las muestras 01, 02 y 03 que se aplicó a cada testigo extraído de la muestra en este caso fueron 2. Se extrajeron testigos de 13 cm en total fueron 6, dos por cada muestra; este ensayo se realizó en el laboratorio de la Universidad César Vallejo. Se llevaron las muestras del macizo rocoso con las medidas solicitadas al laboratorio a realizar la perforación para la extracción del testigo, los cuales se utilizaron en el ensayo de carga puntual. Este ensayo ayudó para la clasificación del RMR ya que es un indicador que presenta el cuadro de Bieniawski 1989, además permitió saber el máximo de carga que soporta cada testigo.

4.2.6 Q de Barton

Tabla 13: Clasificación q de Barton

TIPO DE ROCA Q DE BARTON						
Q DE BARTON	Q>10	5<Q<10	1<Q<5	0,1<Q<1	0,1<Q<0,001	Q<0,01
CLASE	I	II	III	IV	V	VI
DESCRIPCIÓN	Muy Buena	Buena	Regular	Mala	Muy mala	Excepcionalmente mala

Fuente: Ingeniería Geológica. Excavaciones subterráneas (U.P.C. Madrid)

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$$

Donde:

J_n = Indica el grado de fracturación del macizo rocoso.

J_r = Índice de rugosidad de las discontinuidades o juntas.

J_a = Indica la alteración de las discontinuidades.

J_w = Coeficiente reductor por la presencia de agua.

SRF = Coeficiente que tiene en cuenta la influencia del estado tensional del macizo rocoso.

- MUESTRA 1

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$$

$$Q = \frac{39}{3} \times \frac{2}{2} \times \frac{1}{2.5}$$

Q = 5,2 es una roca regular tipo III

- **MUESTRA 2**

$$Q = \frac{RQD}{Jn} \times \frac{Jr}{Ja} \times \frac{Jw}{SRF}$$

$$Q = \frac{39}{3} \times \frac{2}{2} \times \frac{1}{2.5}$$

Q = 5.2 es una roca regular tipo III

- **MUESTRA 3**

$$Q = \frac{RQD}{Jn} \times \frac{Jr}{Ja} \times \frac{Jw}{SRF}$$

$$Q = \frac{39}{3} \times \frac{1.5}{2} \times \frac{1}{2.5}$$

Q = 3.9 es una roca regular tipo III

La clasificación geomecánica del Q de Barton permitió saber el tipo de roca que se presentó y que tipo de sostenimiento se puede aplicar según los resultados. Para realizar el Q de Barton se utilizó varios parámetros uno de ellos fue el RQD el cual tuvo un valor de 39 %, otro parámetro fue el número de contactos (Jn) que en la muestra 1, 2 y 3 presentaron un valor de 3. Así como también, el número de rugosidades (Jr) en la muestra 1 y muestra 2 fue de 2 en cambio en la muestra 3 fue de 1.5. El número de alteraciones (Ja) en la muestra 1, 2 y 3 tuvieron un valor 2. Por otro lado, en la condición de agua subterránea (Jw) las muestras tuvieron el valor de 1 y por último el factor de reducción de esfuerzo (SRF) en dichas muestras fue de 2.5.

Tabla 14: Resultados del Q de Barton

MUESTRAS	RESULTADO	TIPO	SOSTENIMIENTO
Muestra 1: tramo 0+008 al 0+012	5.2	III Regular	El sostenimiento que se requiere cuadros rectos de madera, ya que se presenta discontinuidades y roca suelta
Muestra 2 tramo 0 +062 al 0 +064	5.2	III Regular	En lo que respecta a la muestra 2 se requiere cuadros de madera, ya que presenta discontinuidades
Muestra 3 tramo 0+066 al 0+074	3.9	III Regular	En este tramo se requiere cuadros de madera, además cuenta con presencia de una vetilla de hierro (Fe) y plata (Ag)

Fuente: Elaboración propia

Se tuvo en cuenta la zona del gráfico sostenimiento recomendado (Anexo N° 28) para ambas muestras, en este cuadro se detalló el tipo de sostenimiento con los valores obtenidos del Q de Barton de la muestra 1 que fue 5.2 y de la muestra 2 que dio un valor de 3.9 el mismo resultado que en la muestra 3. Posteriormente con el índice de Q de Barton arrojó un sostenimiento con pernos. Pero no se podrá realizar este tipo sostenimiento porque la dimensión de la sección no permite ubicar de manera correcta la perforadora para realizar la perforación y así colocar los pernos. Además, el terreno es fracturado y al momento de perforar podría existir desprendimiento de la roca de la parte del techo. Es por ello que se colocara cuadros de madera para las zonas críticas según el Índice de Resistencia Geológica (GSI), que nos arroja una roca de tipo IV.

4.3. Tipo de sostenimiento en las zonas críticas de la labor principal mediante el análisis geomecánico en la Minera Sirius Alfa - Pátapo

Este resultado se enfocó en determinar el tipo de sostenimiento a aplicar en las zonas críticas de la labor principal, a través del análisis geomecánico realizado en la Minera Sirius Alfa - Pátapo.

4.3.1. Elección del tipo de sostenimiento de la labor principal en la Minera Sirius Alfa - Pátapo

La elección del tipo de sostenimiento se realizó según el Índice de Resistencia Geológica (GSI) manual de sostenimiento donde se eligió por las características que presentaba la labor y el macizo rocoso. Se optó por un tipo de sostenimiento con cuadro de madera ya que se aplica para los terrenos fracturados.

A continuación, se muestra el tipo de sostenimiento elegido por cada tramo de zona crítica de la labor principal en Minera Sirius Alfa -Pátapo, donde se tuvo en cuenta los resultados de los ensayos geomecánicos.

Tabla 15: Resultados del análisis geomecánico de las zonas críticas para determinar el tipo de sostenimiento en la labor principal Minera Sirius Alfa – Pátapo

TIPO DE SOSTENIMIENTO	PARÁMETROS	VALORES	SELECCIÓN
Sostenimiento con madera	MUESTRA 0+008 al 0 +012		
	RQD	39%	
	RMR	38 mala tipo IV	
	GSI	33 mala	
	Q de Barton	5.2 regular tipo III	
	MUESTRA 0+062 al 0 +064		
	RQD	39%	SI
RMR	38 mala tipo IV		
GSI	33 mala		

Q de Barton 5.2 regular tipo III

**MUESTRA 0+066 al
0 +074**

RQD 39%

RMR 38 mala tipo IV

GSI 33 mala

Q de Barton 3.9 regular tipo III

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 15 se evidenció que el sostenimiento con madera ya que es más común las labores mineras convencionales específicamente cuadros rectos ya que son usados cuando la mayor presión procede del techo. Está compuesto por tres piezas, un sombrero y dos postes; los postes forman un ángulo de 90 con el sombrero.

Estos cuadros están unidos por los tirantes, los cuales determinan el espaciamiento de los mismos. Finalmente se adiciona el encribado en el techo, generalmente con redondos y el enrejado en los hastiales con madera redonda, semi redonda o entablado y es por eso que es el más adecuado para los tramos que representa las zonas críticas, el control de calidad deberá dirigirse a verificar la correcta instalación de los elementos de sostenimiento y a realizar inspecciones constantes acerca del rendimiento del sostenimiento.

Tabla 16: Resultados del análisis geomecánico de las zonas críticas para determinar el tipo de sostenimiento en la labor principal Minera Sirius Alfa – Pátapo

TIPO DE SOSTENIMIENTO	PARÁMETROS	VALORES	SELECCIÓN
	MUESTRA 0+008 al 0 +012		
	RQD	39%	
	RMR	38 mala tipo IV	

Sostenimiento con pernos	GSI	33 mala	NO
	Q de Barton	5.2 regular tipo III	
	MUESTRA 0 +062 al 0 +064		
	RQD	39%	
	RMR	38 mala tipo IV	
	GSI	33 mala	
	Q de Barton	5.2 regular tipo III	
	MUESTRA 0+066 al 0 +074		
	RQD	39%	
	RMR	38 mala tipo IV	
	GSI	33 mala	
	Q de Barton	3.9 regular tipo III	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 16 el sostenimiento de pernos no es el más adecuado ya que la labor presenta una roca muy fracturada en la parte de la corona y al momento de perforar. Para la colocación de los pernos puede desprenderse con facilidad y además se debe tener en cuenta un control periódico para verificar su estado la cual generaría costos adicionales.

Tabla 17: Resultados del análisis geomecánico de las zonas críticas para determinar el tipo de sostenimiento en la labor principal Minera Sirius Alfa – Pátapo

TIPO DE SOSTENIMIENTO	PARÁMETROS	VALORES	SELECCIÓN
Sostenimiento con Cimbra	MUESTRA 0+008 al 0 +012		NO
	RQD	39%	
	RMR	38 mala tipo IV	
	GSI	33 mala	
	Q de Barton	5.2 regular tipo III	
	MUESTRA 0+062 al 0 +064		
	RQD	39%	
	RMR	38 mala tipo IV	

GSI	33 mala
Q de Barton	5.2 regular tipo III
MUESTRA 0+066 al 0 +074	
RQD	39%
RMR	38 mala tipo IV
GSI	33 mala
Q de Barton	3.9 regular tipo III

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 17 el sostenimiento con cimbras no es el más adecuado por la dimensión y por el tipo de macizo rocoso que se presenta en la labor ello impide la aplicación. De acuerdo al GSI el tipo de sostenimiento más adecuado para la labor que presenta un terreno fracturado es el sostenimiento con madera ya que es de menor costo, larga duración y resistencia.

Tabla 18: Resultados del análisis geomecánico de las zonas críticas para determinar el tipo de sostenimiento en la labor principal Minera Sirius Alfa – Pátapo

TIPO DE SOSTENIMIENTO	PARÁMETROS	VALORES	SELECCIÓN
	MUESTRA 0+008 al 0 +012		
	RQD	39%	
	RMR	38 mala tipo IV	
	GSI	33 mala	
	Q de Barton	5.2 regular tipo III	
Sostenimiento Shotcrete	MUESTRA 0+062 al 0 +064		
	RQD	39%	
	RMR	38 mala Tipo IV	
	GSI	33 mala	
	Q de Barton	5.2 Regular Tipo III	NO

MUESTRA 0+066 al 0

+074

RQD	39%
RMR	38 mala Tipo IV
GSI	33 mala
Q de Barton	3.9 Regular Tipo III

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 18 el sostenimiento con shotcrete no es el adecuado de acuerdo al Q de Barton y a especificaciones como el tipo de terreno que es fragmentado, ya que la dimensión de la sección no permite el ingreso del camión mixer el cual lanza el shotcrete a las paredes de la labor por lo cual no se podría utilizar. Por lo tanto, no se podría utilizar este tipo de sostenimiento por ello se debe aplicar el sostenimiento con madera que es el más factible por la dimensión de la labor, GSI y el tipo de macizo rocoso.

En las tablas se evidenció los resultados obtenidos de la evaluación geomecánica en las muestras extraídas en las zonas críticas de la labor principal de la Minera Sirius Alfa - Pátapo. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio de Universidad César Vallejo, y los resultados en los tramos analizados fueron que en los tramos **0+008 al 0+012, 0+062 al 0 +064, 0+066 al 0 +074**, donde se determinó que el sostenimiento adecuado es con cuadros de madera. Según los valores obtenidos se pudo identificar que el tipo de sostenimiento a aplicar fueron cuadros de madera teniendo en cuenta los resultados que presentaron en el Q de BARTON y el GSI los cuales indicaron estos tipos de sostenimiento y descartaron el tipo de sostenimiento con pernos helicoidales más malla electrosoldada y sostenimiento con cimbras y shotcrete.

4.3.1 Presión Uniforme vertical sobre la bóveda.

Tabla 19: Datos para el cálculo

Parámetros	Unidas	Valor	Nota adicional
B = Ancho de la labor	m	2	
H1 = Altura del túnel	m	2	Según la clasificación propuesta por Terzagui. V. Muy blocosa y agrietada (0.35 a 1.10) (B+H1) pequeña y sin presión lateral.
Densidad (ρ)	t/m ³	2.6	
Gravedad (g)	m/s ²	9.8	
RQD = 39 %	%	39	
Profundidad	m	80	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20:Fórmula para la presión uniforme vertical sobre la bóveda

$P_v = y \cdot H_p$
P_v = Presión de soporte
H_p = Factor de carga de roca
y = Peso Unitario
P_v = Presión de soporte

Fuente: Elaboración propia

$$y = \text{densidad} \times g \times 100$$

$$y = 2.6\text{t/m}^3 \times 9.8 \times 100$$

$$y = 2548 \text{ N/m}^3$$

$$H_p = 0.4 (B+H1)$$

$$H_p = 0.4 (2\text{m} + 2\text{m})$$

$$H_p = 1.6\text{m}$$

$$P_v = y \cdot H_p$$

$$P_v = 2548 \text{ N/m}^3 \times 0.4 (2\text{m}+2\text{m})$$

$$P_v = 4076,8 \text{ N/m}^2$$

Esta fórmula (tabla 18) ayudo para la obtención de la presión uniforme la cual aporta para el sostenimiento con cuadros de madera en lo que respecta a la presión para saber la carga máxima. Además, el anexo 28 nos indicó el concepto de carga de roca.

Tabla 21: Cálculo de la presión uniforme vertical sobre la bóveda

Tramos	RMR	ρ	B	Pv	Unidad
Tramo 1: 0+008-0+012	100	38	2.6	2	3.224 N
Tramo 2: 0+062-0+064	100	38	2.6	2	3.224 N
Tramo 3: 0+066-0+074	100	37.5	2.6	2	3.25 N

Fuente: Elaboración propia

$$P_v = (100 - \text{RMR} / 100) \times \rho \times B$$

En la tabla 20 respecto a la presión de las zonas críticas de los tramos que se seleccionaron, la presión de soporte (P_v) del tramo 1 que abarca 0+008 al 0+012 al igual que el tramo 2 0+062 al 0+064 donde el P_v resultó en ambos 3.224 N y finalmente el tramo 3 del 0+066 al 0+074 la presión de soporte fue 3.25 N. Esto significo para el auto soporte del cuadro de madera, teniendo en cuenta que 2 tramos tienen 38 de RMR y un tramo de 37.5 lo cual sirvió para el auto soporte de los tramos que se encuentra en las zonas críticas.

4.3.2 Presión uniforme sobre los Hastiales

Tabla 22: Cálculo de la presión uniforme sobre los hastiales

Ph > 0.3*Pv		
Tramos	Formula	Resultado
Tramo 1: 0+008-0+012	Ph > 0.3*3.22	0.96 N
Tramo 2: 0+062-0+064	Ph > 0.3*3.22	0.96 N
Tramo 3: 0+066-0+074	Ph > 0.3*3.25	0.97 N

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de la presión uniforme sobre los hastiales se realizó el cálculo mediante la fórmula de presión de corte multiplicado por el factor de 0.3, este cálculo fue realizado teniendo en cuenta los tres tramos en estudio. Además, se consideró el RMR promedio obtenido para cada tramo, así pudo realizar la operación y obtener los resultados de la tabla 21.

4.4. Costos para el tipo de sostenimiento seleccionado para las zonas críticas de la Minera Sirius Alfa - Pátapo

Estos resultados se enfocaron en calcular los costos del tipo de sostenimiento seleccionado de acuerdo a la evaluación geomecánica realizada a las muestras extraídas de la empresa minera Sirius Alfa- Pátapo.

Tabla 23: Costos de instalación de cuadro de madera para los tramos 0+008 al 0+012; 0+062 al 0+064 y 0+066 al 0+074

ESTRUCTURA DE COSTOS ARMADO DE CUADRO DE MADERA						
Avance	1.5 m	Cuadro Completo	Sección	2.0 m x 2.0 m		
Guardias	1	Horas	8			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	COST. UNIT (S/.)	COST. PARC (S/.)	COST(S/.CP.)
MANO DE OBRA						
Enmaderador	Tarea	0.4	100%	100	40	
Ayudante enmaderador	Tarea	0.4	100%	85	34	
Capataz	Tarea	0.2	100%	175	35	72.67
MATERIALES						
Clavo de alambre con cabeza 6"	Kg	2	100%	3.93	7.86	
Madera Redonda P/Mina 8" diámetro X 2.10 m (POSTE)	unidad	2	100%	35	70.00	
Madera Redonda P/Mina 7" diámetro X 1.8 m (SOMBRERO)	Unidad	1	100%	29.18	29.18	
madera redonda Eucalipto 8" de diámetro X 5'(TIRANTE)	Unidad	2	100%	14.37	28.74	

Tabla Eucalipto 2" espesor X 8" de ancho 5' longitud (ENCOSTILLADO)	Unidad	14	100%	7	98
Madera redonda 8"diámetro x 30cm de largo (bloque)	Unidad	2	100%	5	10
Madera redonda 7" diámetro x 20 a 30 cm(tope)	Unidad	2	100%	4	8
Madera redonda 7" diámetro x 1.5metros (encribado)	Unidad	4	100%	8	32
					283.78

HERRAMIENTAS Y OTROS

Pico	Pieza	2	60	162.71	5.42
Lampa minera	Pieza	2	60	42.36	1.41
Comba de 6 Lb.	Pieza	1	75	53.22	0.71
Barretillas	Jgo.	2	60	305	10.17
Corvina	Pieza	1	90	350	3.89
Azuela	Pieza	1	90	100	1.11
Plomada	Und	1	180	50	0.278
Nivel y escuadra	Und	1	180	35	0.194
Pintura	Galones	1	7	7.76	1.109
Mochila	Pieza	1	75	120	1.600
Flexómetro 5 m	Pieza	1	28	18	0.643
					26.54

IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD

Botas de jebe con punta de acero	Par	1	75	68.9	0.9
Guantes de neoprene	Par	1	5	35	7.0
Mameluco	Pieza	1	180	85	0.5
Pantalón Drill	Pieza	1	90	50	0.6
Polo de Algodón	Pieza	1	90	60	0.7
Protector (casco)	Pieza	1	270	47.7	0.2
Tafilete	Pieza	1	180	14.7	0.1
Respirador Survivair	Pieza	1	180	90.02	0.5
Cartucho P-100 Survivair (filtro)	Pieza	1	7	28.74	4.1
Lámparas eléctricas + mantenimiento	Pieza	1	270	435	1.6
Correa portalámparas de Seguridad	Pieza	1	180	25	0.1

Tapón de oídos	Pieza	1	60	3.33	0.1	
Lentes policarbonato c/impactos	Pieza	1	90	27.63	0.3	
Barbiquejo	Pieza	1	90	2.46	0.0	
Botín Minero c/punta de acero	Par	1	180	65	0.4	
Filtro para respirador	c/u	1	2	0.95	0.5	11.64
Planilla de costos fijos						0
TOTAL, COSTOS DIRECTOS (S/.)						394.62
COSTOS INDIRECTOS						
GASTOS GENERALES		40.18%				158.56
UTILIDAD IMPREVISTOS		10.00%				39.5
		0.00%				0
TOTAL, COSTOS INDIRECTOS (S/.)						198.02
COSTO TOTAL S/./C.COMPLETO						592.64

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 23 se muestra el costo por cada cuadro completo de madera sin soleras más la instalación con un total de S/. 592.64, en este caso se calculó que en total son 10 cuadros completos sin soleras y para la instalación del avance de un cuadro a otro cuadro se tendrá que utilizar marchavantes, con espaciamiento de 1.5 m cada cuadro. En el tramo 0+008 al 0 +012 se calculó 3 cuadros rectos, en el tramo 0+062 al 0 +064 se calculó 2 cuadros y en el tramo del 0+066 al 0 +074 se necesitó 5 cuadros. El costo total por los 10 cuadros rectos completos es de S/ **5,926.4**

4.4.2. Implementación del tipo de sostenimiento elegido para las zonas críticas de la labor principal Minera Sirius Alfa-Pátapo

4.4.2.1. Cantidad de cuadros a utilizar por zonas críticas de la labor principal Minera Sirius Alfa-Pátapo

Tabla 24: Sostenimiento para el tramo 0 + 008 al 0 + 012

CUADRO DE MADERA TRAMO 0+008 al 0 +012			
PARTES	CANT. MADERA	LONGITUD	UNIDAD
Sombrero 7" diámetro	4	1.80	m
Postes 8" diámetro	8	2.10	m
Tirante 7" diámetro	6	1.50	m
Encostillado. 7.5cm de espesor x 20cm de ancho	56	1.50	m
Espaciamiento entre cuadros terreno fracturado	-	1.50	m
Tope, 2 por cada cuadro (7" diámetro)	8	20 -30	cm
Cuña para estabilizar los bloques, 2 por cada cuadro	8	-	
Encribado (4 piezas), 7" de diámetro x 1.5 m de longitud	16	1.5	m
Bloque, 2 por cada cuadro (8" diámetro)	8	20- 30	cm
Metros totales de tramo	-	4	m
Cuadros completos de madera a utilizar	3	.	-

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 24 se evidenció la cantidad de cuadros completos a utilizar en el tramo 0+008 al 0+012, donde se tuvo que son 4 metros de distancia, se realizó la división de los metros que se tuvo entre el espaciamiento respecto al terreno fracturado en

este caso es 1.5 m. Esto dio como resultado 3 cuadros rectos completos de madera sin solera más la instalación, un total de **S/.1,777.92** en los metros que abarca el tramo 0+008 al 0 +012.

Tabla 25: Sostenimiento para el tramo 0 + 062 al 0 + 064

CUADRO DE MADERA TRAMO 0+062 al 0 +064			
PARTES	CANT. MADERA	LONGITUD	UNIDAD
Sombrero 7" diámetro	3	1.80	m
Postes 8" diámetro	6	2.10	m
Tirante 7" diámetro	4	1.5	m
Encostillado. 7.5cm de espesor x 20cm de largo	42	1.5	
Espaciamiento entre cuadros terreno fracturado	-	1.5	m
Tope, 7" diámetro 2 por cada cuadro	6	20-30	cm
Cuña para estabilizar los bloques, 2 por cada cuadro	6	-	
Encribado 4 piezas, 7" de diámetro x 1.5 m de longitud	12	1.5	m
Bloque, 8" diámetro 2 por cada cuadro	6	20-30	cm
Metros totales del tramo	-	2	m
Cuadros completos de madera a utilizar	2	-	-

Fuente: Elaboración propia

Se mostró en la tabla 25 la cantidad de cuadros completos de madera a utilizar en el tramo 0+062 al 0 +064, donde se presentó que son 2 metros de distancia, se realizó la división de los metros que se tuvo entre el espaciamiento respecto al terreno fracturado, en este caso es 1.5 m. Esto dio como resultado 2 cuadros rectos completos de madera sin solera más la instalación, un total de **S/. 1,185.28** que abarca el tramo 0+062 al 0 +064.

Tabla 26: Sostenimiento para el tramo 0 + 066 al 0 + 074

CUADRO DE MADERA TRAMO 0+066 al 0 +074			
PARTES	CANT.MAD ERA	LONGITUD	UNIDAD
Sombrero 7" diámetro	6	1.80	m
Postes 8" diámetro	12	2.10	m
Tirante 7" diámetro	10	1.5	m
Encostillado. 7.5cm de espesor x 20cm de largo	84	1.5	
Espaciamiento entre cuadros terreno fracturado	-	1.5	m
Tope, 2 por cada cuadro (7" diámetro)	12	20-30	cm
Cuña para estabilizar los bloques, 2 por cada cuadro	12	-	
Encribado 4 piezas, 7 pulgadas de diámetro x 1.5 m de longitud	24	1.5	m
Bloque, 2 por cada cuadro (8" diámetro)	12	20-30	Cm
Metros totales del tramo	-	8	m
Cuadros completos de madera a utilizar	5		

Fuente: Elaboración propia

La tabla 26 se detalló la cantidad de cuadros de madera a utilizar en el tramo 0+066 al 0 +074, donde se presentó que son 8 metros de distancia, se realizó la división de los metros que se tuvo entre el espaciamiento respecto al terreno que es 1.5 m. Esto dio como resultado 5 cuadros rectos completos de madera sin solera más la instalación, un total de **S/2,963.2** en los 8 metros que abarca el tramo 0+066 al 0 +074.

Tabla 27: Costo total de los cuadros de madera en las zonas críticas de la minera Sirius Alfa – Pátapo

Tramo	Costo. S/.	Total. S/.
0 + 008 al 0 + 012	1,777.92	
0 + 062 al 0 + 064	1,185.28	
0 + 066 al 0 +074	2,963.2	5,926.4

Fuente: Elaboración propia

4.4.3. Ventajas y desventajas del uso de madera

4.4.3.1. Propiedades de la madera

- Tensión paralela a las fibras
- Compresión paralela a las fibras
- Resistencias perpendiculares a las fibras

4.4.3.2. Duración de la madera

- La madera en una zona ventilada tiene mayor duración
- La madera sin corteza es más duradera
- La madera curada es mejor, con impregnantes.

4.4.3.3. Vida útil de la madera

Esta fluctúa entre uno a cinco años, pero en minas peruanas existen minas que superan los 20 años. Como los impregnantes ya que penetran en la madera y así controla la humedad, además algunos impregnantes incluyen insecticidas que repelan las termitas o polillas y otros conflictos, aunque tiene un costo adicional.

4.4.4. Instalación de cuadros de madera

Para el caso de los cuadros de madera, el cual es uno de los sostenimientos más utilizado en la minería peruana, se debe tener en cuenta los siguientes pasos:

- **Paso N°1.** Preparación de patillas. Estas tienen que ser abiertas en roca dura con una profundidad no menor de 0.20 m, las patillas deben de conservar la sección de la labor según los estándares.
- **Paso N°2.** Preparación de madera, los tamaños y empalmes con destajes deben ser los adecuados.
- **Paso N°3.** Colocado de postes, linear con el cordel y medir la distancia entre postes para obtener la sección requerida.
- **Paso N°4.** Preparar el andamio, con tablas apoyadas sobre las tablas de amarre.
- **Paso N°5.** Colocar el sombrero, colocar un extremo y luego el otro, revisar con la plomada para que coincidan los centros del sombrero y el pie del poste.
- **Paso N°6.** Bloquear el sombrero, usar 1 bloque y 2 cuñas a cada lado, colocar los bloques horizontalmente y en sentido de las fibras, agarrando 2" del poste.
- **Paso N°7.** Colocar los tirantes, asegurándose de conservar la separación entre los cuadros.
- **Paso N°8.** Encribar el techo, para encribar se usa redondos, primero 2 longitudinales sobre los apoyos del sombrero o lo más cerca posible. Luego los transversales separados; enseguida otros 2 longitudinales y así sucesivamente hasta llegar a la caja techo.

- **Paso N°9.** Encostillado o enrejado de los costados, se acomodan las tablas especiales rellenas con terreno molido, la separación aproximada es de 4".
- **Paso N°10.** Finalmente se desarma el andamio y se hace orden y limpieza de la zona trabajada.

El espaciamiento de cuadros depende de la clase de terreno que determina mecánica de rocas, en terreno fracturado es de 5' a 6' pies de distancia, terreno quebrado es de 3' a 4' pies de distancia y en terreno molido es de 2' a 3' pies de distancia.

Es muy importante para no tener problemas con el sostenimiento de madera, que toda unión esté bien ajustada y bloqueada al terreno. Si esta condición no es cumplida, las presiones del terreno pueden desviar la estructura de madera, pudiendo llevarla al colapso. En tal sentido, es recomendable hacer un buen uso de los elementos accesorios de sostenimiento. En el caso del sostenimiento con madera, el control de calidad deberá dirigirse a verificar la correcta instalación de los elementos de sostenimiento y a realizar inspecciones constantes acerca del rendimiento del sostenimiento.

V. DISCUSIÓN

De acuerdo al **primer objetivo específico** se analizó la geología regional, local, estructural y económica de la Minera Sirius Alfa - Pátapo. Las limitaciones que se tuvieron al realizar los antecedentes se presentaron que no se encontraba mucha información para seleccionar nuestros antecedentes, y se debió realizar una ardua búsqueda en distintos repositorios. En lo que respecta a los resultados, fueron que al momento de investigar sobre la geología regional, local, estructural y económica no se encontraban la suficiente información al respecto

Obteniendo como resultados que la geología regional se presenta en el cenozoico específicamente en el cuaternario, neógeno y paleógeno además del mesozoico que se presenta el cretácico, jurásico y triásico.

La geología local las coordenadas 664844 E y 9257014 N, además se presentó un afloramiento de rocas volcánicas como la andesita y rocas intrusivas como la granodiorita y la tonalita. Así mismo, se tuvo que la geología estructural mostró el avance de la galería, el cual fue de 80 m, teniendo en cuenta la falla que se presenta: Con una dirección en S 62° W con un buzamiento de 55° - 57° NW.

La geología económica presentó una ley promedio de 6 gr/TM de oro (Au) con 5% cobre (Cu), además su explotación fue de 25 toneladas por día y su vida útil de 20 años. Estos resultados fueron contrastados con Fernández (2018), Mucuta (2019), Ochoa (2020) y Drogo (2021) quienes optimizaron el sistema de sostenimiento para asegurar la estabilidad y seguridad de las labores teniendo como base la geología local y regional, llegando a su resultado que la geología abarca el cenozoico donde se presenta una formación Alpabamba que está constituida por andesitas y riolitas, se presentaron fallas regionales con orientación andina que va de NO-SE y una falla tipo normal.

Finalmente se contrasto con Alfaro (2021), refiere que la estabilidad es la resistencia de una estructura, talud o un socavón en minería subterránea se tiene en cuenta la geología del yacimiento (formación), la geología estructural, cargas

paralelas que son provocadas por las diversas excavaciones, perforación y voladura, Para que se genere estabilidad se debe de tener en cuenta la condición de la roca.

En tanto al **segundo objetivo específico** se realizaron los ensayos geomecánicos en las zonas críticas de la labor principal Minera Sirius Alfa-Pátapo. Se calculó el RQD, dando como resultado un 39%, lo que significó que la muestra fue una roca mala. Respecto al cálculo del RMR se obtuvo un promedio de puntaje de 39, es decir una roca mala de tipo IV. Así mismo, otra clasificación geomecánica que se desarrolló fue el GSI, dando como resultado 33, lo cual indicó que fue una roca mala. Finalmente, la última clasificación geomecánica fue el Q de Barton que dio un promedio 4.76, esto evidenció que la roca era mala III.

Estos resultados se contrastaron con los siguientes autores Cisterna (2018), Carmona (2019), Cabezas (2019), Hizo (2021) los cuales tuvieron como objetivo conocer las características geomecánicas de las labores en una mina subterránea para mejorar su estabilidad, llegaron como resultado que la roca estudiada en dichas minas es regular de tipo III y con presencia de silicatos esto indicó que a la mala condición de la roca, se debe implementar un sistema de fortificación en las labores para asegurar la integridad de los trabajadores.

Según Condori (2021) se tiene el Rock Quality Designation sus siglas son RQD este es un parámetro que se relaciona directamente con el macizo rocoso. Cabe mencionar que la estimación puede variar significativamente y el valor va a depender principalmente de la medida de los testigos extraídos. En cambio, el RMR para Abanto (2021), es un sistema de clasificación geomecánica de la roca que fue introducido por el Ingeniero Bieniawski. Este permite evaluar la competencia de la roca o el macizo rocoso a través de diferentes parámetros como la resistencia de la roca, el RQD, el grado de fracturamiento, la orientación de las discontinuidades, la longitud de las discontinuidades y la presencia de agua.

El **tercer objetivo específico** se calculó los costos para el tipo de sostenimiento seleccionado para las zonas críticas de la Minera Sirius Alfa Pátapo, se calculó los costos para implementar el sostenimiento con cuadros de madera seleccionado de acuerdo a la geomecánica de la roca. A su vez, se tuvo en cuenta la cantidad de cuadros a utilizar que fueron 10, dando un costo total de S/.**5,926.4**.

Los resultados se compararon con las investigaciones de Nieto (2019), Gamma (2018), Nogel (2018), Cartaya (2018) los cuales tuvieron como objetivo determinar el tipo de macizo rocoso mediante un estudio geomecánico para elegir el tipo de sostenimiento. Donde los resultados fueron que contaban con un macizo rocoso bueno y regular, lo cual permitió optar por un sostenimiento con madera de una galería de 110 metros calculando a unos 20 años un promedio de 143 910.19 soles. Teniendo en cuenta que los costos son la suma de esfuerzos y recursos que es necesario invertir para producir un artículo, o bien, los costos es lo que se sacrifica para obtener un producto elegido. Los costos resultan de la unión de los materiales directos insumo físico aplicado a la producción de un bien o servicio. Mano de obra directa: es el esfuerzo humano que se realiza en la producción de un bien o servicio (Nogel 2018).

En el **objetivo general** se determinó el tipo de sostenimiento en las zonas críticas mediante el análisis geomecánico en la labor principal de la Minera Sirius Alfa - Pátapo. El cual fue cuadros de madera con un total de 10 cuadros distribuidos respectivamente por cada tramo donde se presentó las zonas críticas. En el tramo 0+008 al 0 +012 se colocó 3 cuadros, en el tramo 0 +062 al 0 +064 se implementó 2 cuadros y el tramo 0+066 al 0 +074 se instaló 5 cuadros. Se seleccionó este tipo de sostenimiento ya que con los ensayos geotécnicos realizados se determinó el tipo de roca y así se eligió el tipo de sostenimiento requerido.

Se contrastó este resultado con los siguientes autores Águila (2019), Sarmiento (2020), Breda (2021) y Morocho (2020), en sus estudios sobre la aplicación de la geomecánica al sostenimiento en obras subterráneas. Los cuales tuvieron como **objetivo** determinar la calidad geotécnica de la roca para lograr un sostenimiento adecuado. Los **resultados** obtenidos del análisis geomecánico efectuado en cada

avance ayudó a resolver los diversos problemas de inestabilidad de las labores. Así mismo, **concluyeron** que en las clasificaciones geotécnicas en distintos ambientes geológicos se debe tener en cuenta la génesis y deposición del yacimiento. Estas investigaciones fueron de **utilidad** ya que dieron a conocer la importancia de los ensayos geomecánicos, los cuales permitieron determinar el tipo de roca y así seleccionar un tipo de sostenimiento adecuado.

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo al análisis de la geología regional, local, estructural y económica se analizó la geología regional, local, estructural y económica de la Minera Sirius Alfa - Pátapo concluyendo que se ubicó en el cenozoico específicamente en el cuaternario, neógeno y paleógeno además del mesozoico que se presenta el cretácico, jurásico y triásico. Además, se presentó un afloramiento de rocas volcánicas como la andesita y rocas intrusivas como la, granodiorita, la diorita y la tonalita. Finalmente, la geología económica presentó una ley promedio de 6 gr/TM de oro (Au) con 5% cobre (Cu), además su explotación fue de 25 toneladas por día y su vida útil de 20 años.

En tanto la realización de los ensayos geomecánicos en las zonas críticas de la labor principal Minera Sirius Alfa – Pátapo, se concluye que el RQD promedio fue de 39%, lo que significó que la muestra fue una roca mala, el RMR obtuvo un promedio de puntaje de 39, es decir una roca mala de tipo IV. En tanto el GSI dio un resultado de 33 y el Q de Barton dio un promedio de 4.76 con un tipo de roca mala.

Respecto al cálculo de los costos para el tipo de sostenimiento seleccionado para las zonas críticas de la Minera Sirius Alfa - Pátapo, se realizó el cálculo de los costos para implementar el sostenimiento con cuadros de madera seleccionado de acuerdo a la geomecánica de la roca. El costo total por los 10 cuadros de madera resultó **S/.5,926.4**

De acuerdo a la determinación del tipo de sostenimiento en la labor principal de la Minera Sirius Alfa - Pátapo. Se seleccionó cuadros de madera ya que es el tipo de sostenimiento más adecuado para la labor donde se aplicará un total de 10 cuadros distribuidos respectivamente en las zonas críticas de la labor. Ello fue elegido por los ensayos geomecánicos realizados se determinó el tipo de roca y así se eligió el tipo de sostenimiento requerido.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda a la empresa realizar un análisis más a fondo de un mapeo geológico de la concesión y así tener un estudio detallado que permita describir correctamente la geología de todo el terreno.

Se recomienda que para los estudios geomecánicos se deba de tomar las muestras cada un metro para tener un mayor detalle sobre el comportamiento del macizo rocoso que presenta la labor.

También se recomienda para realizar el costo total de la implementación del sostenimiento con cuadros de madera, se debe tener los costos actuales de diferentes empresas proveedoras y así seleccionar cual es el más factible.

REFERENCIAS

1. CONDORI, Erik. Calidad del macizo rocoso en incremento de la capacidad de soporte de Split set corrugado y cartuchos de cemento respecto a Split set convencional en By Pass 815NE de la Unidad Minera Las Águilas-CIEMSA. 2021.

Disponible en:

http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/14718/Condori_Cahui_Erik.pdf?sequence=3&isAllowed=y

2. MEDINA, Víctor. Diseño de cámaras y pilares basado en las características geomecánicas del macizo rocoso en la corporación minera Ananea SA-2016. 2017.

Disponible en:

http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6510/Medina_Aguilar_Victor_Hugol.pdf?sequence=1&isAllowed=y

3. BARRIOS, Elmer. Aplicación de la geomecánica en la minería subterránea. 2019.

Disponible en:

http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/14039/Barrios_Apaza_Elmer_Antonio.pdf?sequence=3&isAllowed=y

4. AGUILA AGUILERA, Gabriel Armando, et al. Síntesis y Metodología de mapeo geológico geotécnica aplicado al sostenimiento de túneles, en obras subterráneas, Codelco-Andina. 2019.

Disponible en:

<http://repositorio.udec.cl/handle/11594/427>

5. FERNÁNDEZ GUTIERREZ, César Ignacio, et al. Estudio de sistemas de fortificación para la mina subterránea" Olkusz-Pomorzany" de Polonia. 2018.

Disponible en:

<http://repositorio.udec.cl/handle/11594/3390>

6. CISTERNA VALDEBENITO, Carolina Andrea, et al. Caracterización Geomecánica en faenas Subterráneas de pequeña minería, caso de estudio Mina Los Pequeños, Región de Coquimbo, Chile. 2018.

Disponible en:

<http://repositorio.udec.cl/handle/11594/3135>

7. BARRIOS APAZA, Elmer Antonio. Aplicación de la geomecánica en la minería subterránea, Perú. 2019.

Disponible en:

<http://tesis.unap.edu.pe/handle/UNAP/14039>

8. CONDORI CAHUI, Erik. Calidad del macizo rocoso en incremento de la capacidad de soporte de Split set corrugado y cartuchos de cemento respecto a Split set convencional en By Pass 815NE de la Unidad Minera Las Águilas-CIEMSA. 2021.

Disponible en:

<http://tesis.unap.edu.pe/handle/UNAP/14718>

9. ABANTO TOLENTINO, Jayr Andree; CRUZ URRUNAGA, Walter Ivan Kenneth. Análisis comparativo de los parámetros de entrada Q de Barton y RMR de Bieniawski para identificar la dilución de mineral en el macizo rocoso de una empresa minera de Cajamarca 2021. 2021.

Disponible en:

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/28868>

10. GUEVARA MENDOZA, Jean Carlo; VIGO CASANOVA, Oscar Jhancarlos. Estudio geomecánico-geotécnico para el diseño de estabilidad de taludes, entre la progresiva del 07+ 580 al km 08+ 970, de la carretera Choropampa-Asunción, sector Salabamba, Cajamarca-2021. 2021.

Disponible en:

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/27910>

11. ALFARO OLASCUAGA, Victor Jorge; MUGUERZA ANDUAGA, Sergio. Caracterización geomecánica para el diseño de sostenimiento de túneles en minería: una revisión de la literatura científica. 2021.

Disponible en:

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/25891>

12. CHÁVEZ DÍAZ, Juan José; GARCÍA CAMPOS, Edwin Alexis. Análisis geomecánico y diseño de estabilidad física e hidrológica de labores mineras subterráneas en Santillana, Ayacucho 2020. 2021.

Disponible en:

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/26309>

13. ESTEBAN NIETO, Nicomedes. Tipos de investigación. 2018.

Disponible en:

<https://core.ac.uk/download/pdf/250080756.pdf>

14. GALARZA, Carlos Alberto Ramos. Diseños de investigación experimental. CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica, 2021, vol. 10, no 1, p. 1-7.

Disponible en:

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7890336>

15. IBARRA, Gabriel A. Bernal; BERNAL, A. Análisis documental de las Metodologías de Enseñanza. Revista Electrónica Desafíos Educativos-Redeci, 2018, p. 38-53.

Disponible en:

<http://ciinsev.com/web/revistas/2017-2018/primeraEdicion/REVISTA4/03.pdf>

16. BALESTRINI, M. Marco Metodológico. Caracas. Venezuela: BL Consultores Asociados. pdf, 2020.

Disponible en:

<http://virtual.urbe.edu/tesispub/0092313/cap03.pdf>

17. ARIAS GONZÁLES, José Luis; COVINOS GALLARDO, Mitsuo. Diseño y metodología de la investigación. 2021.

Disponible en:

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/65207>

18. CHUQUIMIA QUISPE BRAYAN SALVADOR, Evaluación de compactación-contenedor número seis del proyecto minero Tacaza. 2019.

Disponible en:

<http://tesis.unap.edu.pe/handle/UNAP/14838>

19. CECENARRO QUISPE, Jose Junior. Evaluación de la capacidad de soporte de los pernos split set y su distribución, para la prevención de accidentes por desprendimiento de rocas, en la UEA Heraldos Negros de la Compañía Minera San Valentín SA–Huancavelica 2019. 2020.

Disponible en:

<https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3280677>

20. FERNÁNDEZ GUTIERREZ, César Ignacio, et al. Estudio de sistemas de fortificación para la mina subterránea" Olkusz-Pomorzany" de Polonia. 2018.

Disponible en:

<http://repositorio.udec.cl/handle/11594/3390>

21. DURAN BARRIOS, Rolando. Análisis del macizo rocoso y la determinación de sostenimiento para el control de zonas críticas propensas al estallido de rocas. 2019.

Disponible en:

<http://tesis.unap.edu.pe/handle/UNAP/12539>

22. CHURA LOPE, Wilberth. Caracterización geomecánica del macizo rocoso y su aplicación en el diseño de sostenimiento en labores de desarrollo de la unidad económica administrativa Ana María–La Rinconada. 2016. Disponible en:

<http://tesis.unap.edu.pe/handle/UNAP/4489>

23. ARANDA ROJAS, Pedro. Evaluación geomecánica para el diseño de una labor de exploración, al sistema de vetas de la Mina Orión Chala Arequipa. 2015.

Disponible en:

<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/3845>

24. HERNÁNDEZ-SAMPIERI, Roberto; TORRES, Christian Paulina Mendoza. Metodología de la investigación. México: McGraw-Hill Interamericana, 2018.

Disponible en:

<https://dspace.scz.ucb.edu.bo/dspace/bitstream/123456789/21401/1/11699.pdf>

25. PFLUCKER MENDOZA, Otto Martin, et al. Sostenimiento de labores subterráneas: una revisión de la literatura científica. 2019.

Disponible en:

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/21335>

26. ARIAS GONZÁLES, José Luis. Técnicas e instrumentos de investigación científica. 2020.

Disponible en:

<http://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/2238>

27. POLO SARMIENTO, Bruno Roldán; POLO SARMIENTO, Luis Rodrigo. Propuesta de guía de intervención ante deslizamientos para asegurar la transitabilidad en carreteras vecinales. 2020.

Disponible en:

<http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/3898>

28. BREDÁ, Adriana, et al. El papel de la fase de observación de la implementación en la metodología estudio de clases. Bolema: Boletim de Educação Matemática, 2021, vol. 35, p. 263-288.

Disponible en:

<https://www.scielo.br/j/bolema/a/cBgXc4SFrjPwgpR9MP5Jnpd/?lang=es&format=html>

29. MOROCHO ARCELA, Stephany Cristina. Plan de gestión de adquisiciones orientado mediante la metodología PMI para la optimización del proceso de construcción de manifolds de campo en la empresa servicios metal mecánica Hnos. Benites SRL, El Alto-2020. 2020.
Disponible en:
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/65207>
30. MUCUTA-LITO, Helder Vemba; CARTAYA-PIRES, Maday y CUNI-CALZADA, Julio. Evaluación geomecánica del macizo rocoso en frentes de explotación del yacimiento polimetálico Castellanos. Min. Geol. [online]. 2019, vol.35, n.4 [citado 2022-05-26], pp.430-440.
Disponible en:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1993-80122019000400430&lang=es
31. RODRÍGUES-JIMÉNES, Andrés; PEREZ JACINTO, Omar. Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. [online]. 2017 [citado 2022-05-26], pp.179-200.
Disponible en:
<http://www.scielo.org.co/pdf/ean/n82/0120-8160-ean-82-00179.pdf>
32. HERNÁNDEZ-MENDOZA, Sandra. DUANA-AVILA, Danae. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. [online]. 2020, vol9, No. 17 [citado 2020-05-26], pp.50-64.
Disponible en:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1993-80122020000100050&lang=pt
33. OCHOA-QUESADA, Alexander; CARTAYA-PIRES, Maday y BLANCO-BLAZQUEZ, Jorge Luis. Clasificación geomecánica óptima para evaluar el macizo rocoso en el frente de arranque del Tramo IV del túnel Levisa-Mayarí. Min. Geol. [online]. 2020, vol.36, n.1 [citado 2022-05-26], pp.50-64.
Disponible en:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1993-80122020000100050&lang=pt

34. IDROGO CABRERA, Caroline Nicole. Evaluación geotécnica para el diseño de estabilidad de taludes en carreteras: una revisión sistemática de la literatura científica. 2021. Disponible en:

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/25967>

35. NINA CONDORI, Gilmer Jesús. Evaluación geomecánica y estabilidad de labores en el proyecto San Gabriel CIA de minas Buenaventura. 2017.

Disponible en:

<http://tesis.unap.edu.pe/handle/UNAP/8179>

36. CARLOS CARMONA, Jorge Luis. Evaluación geomecánica del macizo rocoso para proponer, el tipo de sostenimiento en el Túnel Sulluscocha del nivel 001. 2019.

Disponible en:

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/22084>

37. DIAZ CABEZAS, Kenyi Antonio; PÉREZ GONZALES, Andrés Enrique. Aplicación del método de estabilidad gráfica mediante el mapeo geomecánico para el diseño de una labor, Tingo Grande-Hunter, 2019.

Disponible en:

<https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/4544>

38. HIZO JAMANCA, Jhordy Gardel. Evaluación geomecánica para la elección del tipo de sostenimiento en la rampa principal de la mina “flor de lirio” sociedad comercial importadora y exportadora dicave limitada–2020. 2021.

Disponible en:

<http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4606>

39. Estudio comparativo entre sistemas de clasificación geomecánica en un depósito tipo Pórfido Jhon Alfonso, Juan Montoya, Edwin García, Leonardo Cajicá, Carlos

Vega, Pablo Noriega, Manuel Pérez Boletín de Ciencias de la Tierra 2018.

Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169555640004>

40. Caracterización geomecánica de las rocas ornamentales del yacimiento Bottichino I, provincia de Granma Lázaro Ruiz-Batistapau, José Otaño-Nogel, Maday Cartaya-Pire Minería y Geología 2018.

Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223555432004>

41. Diseño geotécnico de pilares en minas subterráneas de vetas auríferas en casos de Colombia Juan E. Monsalve, Leandro R. Alejano, Alejandro Bernal, Alvaro J. Castro-Caicedo Dyna 2019.

Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49662418040>

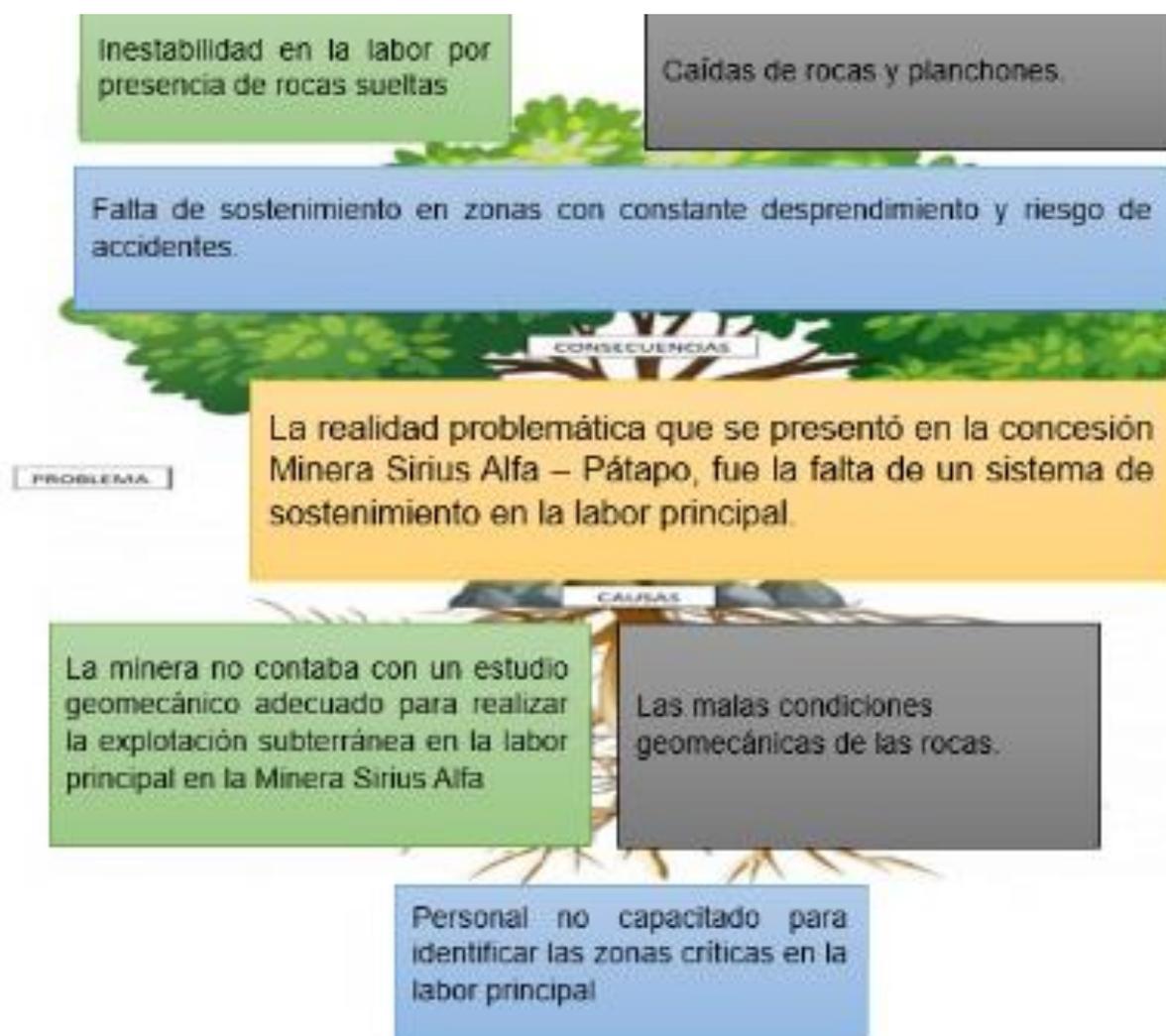
ANEXOS

Anexo 01: Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
DEPENDIENTE: Tipo de sostenimiento	(Pflucker, Ruiz, Linares, Buiza, 2019) Un sostenimiento en minería es aquel refuerzo que se realiza en las diferentes labores mineras, debido a que estas cuando tienen excavaciones o aperturas suelen quedar inestables, por lo que se necesita de dicho sostenimiento para que puedan prevenir futuros desprendimientos de rocas.	Para determinar el sostenimiento es necesario evaluar la estabilidad de las labores mineras.	Tipos de Sostenimientos	Sostenimiento con Cuadro de Madera	Razón
				Sostenimiento con Shotcrete	
				Sostenimiento con Malla Electrosoldada	
				Sostenimiento con Pernos de Anclaje	
	(Barrios, 2019) Un análisis geomecánico es aquella investigación específica acerca del	El análisis geomecánico se midió en función del método geomecánico como fueron	Clasificación Geomecánica	Ensayo de Compresión Uniaxial	Nominal
				Ensayo Carga Puntual	

INDEPENDIENTE: Análisis geomecánico	comportamiento del macizo rocoso ante las diferentes alteraciones que sufre la roca. Cabe mencionar que las excavaciones ya sean superficiales o subterráneas generan una inestabilidad en la labor.	parámetros.RMR, RQD, Q de Barton y GSI		RMR	
				RQD	
				Q de Barton	
				GSI	
				Condición de la Discontinuidades	
		Estudios Geológicos	Geología Regional	Nominal	
			Geología Local		
			Geología Económica		
			Levantamiento Topográfico		

Anexo 02: Árbol de problemas



Anexo 03: Guía de observación de campo no experimental del primer objetivo específico

Análisis geomecánico en zonas críticas para determinar el tipo de sostenimiento en la labor principal Minera Sirius Alfa - Pátapo

Objetivo Específico 01: Analizar la geología local, regional, estructural y económica de la minera Sirius Alfa - Pátapo.

GEOLOGÍA	DESCRIPCIÓN		OBSERVACIÓN
Geología Regional	Cenozoico	Cuaternario, Neógeno y Paleógeno	Se evidenció que la geología regional se ubicaba en el cenozoico y mesozoico, de acuerdo al INGEMMET
	Mesozoico	Cretácico, Jurásico, Triásico	
Geología Local	Entrada Galería	664844 E / 9257014 N	La información de la geología local fue proporcionada por la empresa Minera Sirius Alfa, donde se evidenció las coordenadas en las que se encuentra y el afloramiento de minerales.
	Ubicación	Región: Lambayeque Distrito: Pátapo Sector: Desaguadero	
	Afloramiento	Rocas Volcánica (Caliza, Granodiorita y Tonalita)	
Geología Estructural	Avance	80 m	Se evidenció el avance de la empresa, el que fue medido in situ. Además, se pudo observar la presencia de fallas en la concesión.
	Fallas	Falla 1: Dirección: S 62 W Buzamiento: 55 - 57 NW	
	Ley Promedio	6 gr/TM con 5% de cobre	La información acerca de la geología económica fue

Geología Económica	Explotación	25 toneladas por día	facilitada por la empresa Minera Sirius Alfa, la misma que contaba con los datos acerca de la ley de los minerales explotados, el ritmo de producción diaria y la vida útil del yacimiento.
	Vida útil	20 años	

Anexo 04: Guía de observación de campo no experimental del segundo objetivo específico

Objetivo Específico 02: Realizar los ensayos geomecánicos en las zonas críticas de la labor principal en la Minera Sirius Alfa – Pátapo.

PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN CON SUS VALORES									
Parámetros			Rango de Valores						
1	Resistencia de la Roca Intacta	Índice de la Resistencia de Carga Puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Para estos rangos es recomendable ensayos de resistencia a la compresión uniaxial		
		Resistencia a la compresión Uniaxial	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	< 1 MPa
	PUNTAJE		15	12 <u>(T3)</u>	7 <u>(T1, T2, T4, T5 y T6)</u>	4	2(M1, M2, M3)	1	0
2	TIPO DE ROCA RQD								
	RQD %		90-100	75-90	50-75	25-50	<25		
	PUNTAJE		20	17	13	8 <u>(M1, M2 y M3)</u>	3		

3	Espaciamiento de las discontinuidades		>2 m	0,6 m-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm
	PUNTAJE		20	15	10	8	3 (M1. M2 y M3)
4	Longitud de las discontinuidades (Persistencia)		<1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
	PUNTAJE		6	4	2 (M1 y M3)	1 (M2)	0
	Abertura		Ninguna	<0,1 mm	0,1-1 mm	1-5 mm	> 5mm
	PUNTAJE		6	5	4	1 (M1 y M3)	0 (M2)
	Rugosidad		Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Lisa	Superficies Pulidas
	PUNTAJE		6	5	3 (T1)	1 (T2, T3, T4 y M3)	0
	Relleno		Ninguno	Duro <5 mm	Duro>5 mm	Blando <5 mm	Blando> 5mm
	PUNTAJE		5	4	2 (M1)	1 (M3)	0
	Meteorización		Inalterada	Ligeramente Meteorizada	Mod. Alterada	Altamente Alterada	Descompuesta
	PUNTAJE		6	5	3	1 (T2, T4, T5 y T6)	0
5	Nivel Freático	Flujo por cada 10 m de longitud de túnel	Ninguno	10	10-25	25-125	>125

	Presión de agua	0	<0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	>0,5
	Condiciones Generales	Completamente seco	Húmedo	Mojado	Goteo	Flujo
PUNTAJE		15 (<u>M1, M2 y M3</u>)	10	7	4	0
TIPO DE ROCA RMR						
RMR		100-81	80-61	60-41	40-21	<21
CLASE		I	II	III	<u>IV</u>	V
DESCRIPCIÓN		Muy Buena	Buena	Regular	<u>Mala</u>	Muy Mala
TIPO DE ROCA Q DE BARTON						
GSI	Q>10	5<Q<10	1<Q<5	0,1<Q<1	0,1<Q<0,001	Q<0,01
CLASE	I	II	<u>III</u>	IV	V	VI
DESCRIPCIÓN	Muy Buena	Buena	<u>Regular</u>	Mala	Muy mala	Excepcionalmente mala
TIPO DE ROCA GSI						

Q DE BARTON	GSI>80	60<GSI<80	40<GSI<60	<u>30<GSI<40</u>	20<GSI<40	GSI<20
CLASE	I	II	III	<u>IV</u>	V	VI
DESCRIPCIÓN	Muy Buena	Buena	Regular	<u>Mala</u>	Muy mala	Excepcionalmente mala

Fuente: Elaboración propia

Anexo 05: Valores de Jn, Jr, Ja, Jw, SRF

Descripción	Valor
Número por Cantidad de Discontinuidades (Jn)	
Masiva (Sin Discontinuidades)	0.5 - 1
Un set de discontinuidades	2
Un set de discontinuidades más random	<u>3</u>
Dos sets de discontinuidades	4
Dos sets de discontinuidades más random	6
Tres sets de discontinuidades	9
Tres sets de discontinuidades más random	12
Cuatro o más sets de discontinuidades más random, material grueso, "cubos de azúcar"	15
Roca Triturada, tierra	20
DESCRIPCIÓN	Valor
Número por Rugosidad de Discontinuidades (Jr)	
Contacto con la Pared de la roca	
Contacto de la Pared de la roca antes de 10 cm de espesor de relleno	
Discontinuidades discontinuas	4
Rugosas e Irregulares, onduladas	3
Lisas y Onduladas	<u>2</u>
Superficie deslizante y plana (No hay contacto con la pared de la roca)	1.5
Rugosa e Irregular, plana	1.5
Lisa y Plana	1
Superficie deslizante y plana (No hay contacto con la pared de Roca)	0.5

Zonas que contienen minerales arcillosos con espesores suficientes para no permitir el contacto entre paredes de las rocas.	1 (nominal)
Arena, grava o zona tritura con espesor suficiente para no permitir el contacto entre las paredes de la roca	1 (nominal)
DESCRIPCIÓN	Valor
Número por Alteración de las Discontinuidades (Ja)	
A. Contacto con la Pared de la Roca	
Fuertemente curada, dura, relleno impermeable	10
Paredes inalteradas, superficies manchadas	1
Paredes ligeramente alteradas, partículas arenosas, sin presencia de arcilla, roca desintegrada, etc.	<u>2</u>
Sílice, o rellenos areno arcilloso, pocas cantidades de arcilla	3
Materiales suaves, o minerales arcillosos con una fricción. Caolinita, mica, clorita, talco, grafito y pequeñas cantidades de arcillas expansivas (capas discontinuas, 1-2 mmm o menos)	4
B. Contacto con la pared de roca antes de 10 cm de espesor de relleno	
Partículas arenosas, sin arcilla, roca desintegrada	4
Extremadamente preconsolidadas, rellenos minerales suaves (continuo <5mm de espesor)	6
Mediana a Baja preconsolidadas, rellenos minerales suaves (continuo <5mm de espesor)	8
Arcillas expansivas, por ejemplo, montmorillonita, (continua < 5 mm de espesor). Valores de Ja dependiendo del porcentaje de arcillas expansivas y el acceso del agua	8-12
C. No hay contacto con la pared de la roca	
Zonas o franjas desintegradas o trituradas	6
Rocas y arcilla (mirar condiciones G. H e I)	8

K & (mirar condiciones G,H e i)	8-12
Zonas de franjas con rellenos de sílice, o areno arcillosos, con una baja fracción de arcilla	5
Franjas o zonas continuas de arcilla	10-13
Zonas gruesas y continuas con franjas de arcilla (mirar condiciones G, H e I para las condiciones de arcilla)	13-20
Descripción	Valor
Reducción por presencia de agua (Jw)	
Excavación seca o flujos menores (ejemplo <5 l/m localmente)	1
Flujo o presiones medias, lavado ocasional de los rellenos de las discontinuidades	0.66
Presiones o flujos altos en buenas rocas sin rellenos en las discontinuidades	0.5
Presiones o flujos altos	0.33
Excepcionalmente altas presiones o flujos al calor, decaen con el tiempo	0.2 - 0.1
Excepcionalmente altos flujos y presiones	0.1 - 0.05
Descripción	Valor
Reducción por estado de esfuerzos (SRF)	
A. Zonas débiles de excavación, que pueden ocasionar pérdidas de masas rocosas cuando se está excavando.	
Múltiples zonas con arcillas o rocas químicamente desintegradas, pérdida de rocas a la excavación a cualquier profundidad.	10
Una zona con arcillas o rocas químicamente desintegradas (profundidad de excavación <50m)	5
Una zona con arcillas o rocas químicamente desintegradas (profundidad de excavación >50m)	<u>2.5</u>

Múltiples zonas con rellenos de roca competente (sin arcilla), pérdidas de rocas cercanas a la excavación a cualquier profundidad.	7.5
Una zona con rellenos de roca competente (sin arcilla), (profundidad de excavación <50m)	5
Una zona con rellenos de roca competente (sin arcilla), (profundidad de excavación >50m)	2.5
Pérdida de discontinuidades abiertas, cubo de azúcar (cualquier profundidad)	5
B. Buena roca, problemas con esfuerzos en la roca	
Esfuerzos bajos, cerca de la superficie	2.5
Esfuerzos medios	1
Esfuerzos altos, estructura muy unida (usualmente favorable, pero puede ser desfavorable para la estabilidad de la pared)	0.5-2
Rockburst suave (roca masiva)	5-10
Rockburst fuerte (roca masiva)	10-20
C. Rocas asentadas (squeezing), flujo plástico de roca incompetente bajo la influencia de altas presiones de roca	
Squeezing suave por presión de roca	5-10
Squeezing fuerte por presión de roca	10-20
D. Rocas expansivas, actividad química dependiendo de la presencia de agua	
Swelling suave por presión de roca	5-10
Swelling fuerte por presión de roca	10-15

Fuente: Índice Q. de Barton (2000)

Anexo N°6 Valores de la relación de Sostenimiento de la Excavación (ESR)

TIPO DE EXCAVACIÓN	ESR
Excavaciones mineras provisionales	2,0 - 5,0
Excavaciones Mineras permanentes, túneles de conducción de agua para obras hidroeléctricas, túneles piloto, excavaciones parciales para cámara subterráneas grandes	<u>1,6 - 2,0</u>
Cámaras de almacenamientos, plantas subterráneas para el tratamiento de aguas, túneles carreteros y ferrocarriles pequeños, cámaras de alta presión, túneles auxiliares	1,2 - 1,3
Casas de máquinas, túneles carreteros y ferrocarriles mayores, refugio de defensa civil, portales y cruces de túnel	0,9 - 1,1
Estaciones nucleares eléctricas subterráneas, estaciones de ferrocarril, instalaciones para deportes y reuniones, fábricas	0,5 - 0,8

Fuente: Índice Q. de Barton (2000)

Anexo 07: Guía de observación de campo no experimental del tercer objetivo específico

Análisis geomecánico en zonas críticas para determinar el tipo de sostenimiento en la labor principal Minera Sirius Alfa - Pátapo

Objetivo 3: Calcular los costos para el tipo de sostenimiento para las zonas críticas de la labor principal de la Minera Sirius Alfa - Pátapo.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	INCIDENCIA	COST. UNIT (S/.)	COST. PARC (S/.)	COST(S/.CP.)	
MANO DE OBRA							
Enmaderador	Tarea	0.4	100%	100	40	72.67	
Ayudante enmaderador	Tarea	0.4	100%	85	34		
Capataz	Tarea	0.2	100%	175	35		
MATERIALES							
Clavo de alambre con cabeza 6"	Kg	2	100%	3.93	7.86	283.78	
Madera Redonda P/Mina 8" diámetro X 2.10 m (POSTE)	unidad	2	100%	35	70.00		
Madera Redonda P/Mina 7" diámetro X 1.8 m (SOMBRERO)	Unidad	1	100%	29.18	29.18		
madera redonda Eucalipto 8" de diámetro X 5'(TIRANTE)	Unidad	2	100%	14.37	28.74		
Tabla Eucalipto 2" espesor X 8" de ancho 5' longitud (ENCOSTILLADO)	Unidad	14	100%	7	98		
Madera redonda 8"diámetro x 30cm de largo (bloque)	Unidad	2	100%	5	10		
Madera redonda 7" diámetro x 20 a 30 cm(tope)	Unidad	2	100%	4	8		
Madera redonda 7" diámetro x 1.5metros (encribado)	Unidad	4	100%	8	32		

COSTOS INDIRECTOS						
GASTOS GENERALES		40.18%				158.56
UTILIDAD		10.00%				39.5
IMPREVISTOS		0.00%				0
TOTAL, COSTOS INDIRECTOS (S/.)						198.02
COSTO TOTAL S/./C.COMPLETO						592.64

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 08: Guía de observación de campo no experimental del objetivo general

Objetivo General: Determinar el tipo de sostenimiento en las zonas críticas mediante el análisis geomecánico en la labor principal de la Minera Sirius Alfa - Pátapo

TIPO DE SOSTENIMIENTO	PARÁMETROS	VALORES	SELECCIÓN	OBSERVACIONES
Sostenimiento con madera	MUESTRA 0+008 al 0 +012		SI	Se evidencio que el sostenimiento con madera ya que es más común las labores mineras convencionales específicamente cuadros rectos es el más adecuado para los tramos que representa las zonas críticas, en el caso del sostenimiento con madera, el control de calidad deberá dirigirse a verificar la correcta instalación de los elementos de sostenimiento y a realizar inspecciones constantes acerca del rendimiento del sostenimiento.
	RQD	39%		
	RMR	38 mala tipo IV		
	GSI	33 mala		
	Q de Barton	5.2 regular tipo III		
	MUESTRA 0+062 al 0 +064			
	RQD	39%		
	RMR	38 mala tipo IV		
	GSI	33 mala		
	Q de Barton	5.2 regular tipo III		
	MUESTRA 0+066 al 0 +074			
	RQD	39%		
RMR	38 mala tipo IV			

	GSI	33 mala		
	Q de Barton	3.9 regular tipo III		
Sostenimiento con pernos	MUESTRA 0+008 al 0 +012		NO	el sostenimiento de pernos no es el más adecuado ya que la labor presenta una roca muy fracturada, en la parte de la corona y al momento de perforar, para la colocación de los pernos puede desprenderse con facilidad y además se debe tener en cuenta un control periódico para su verificar su estado.
	RQD	39%		
	RMR	38 mala tipo IV		
	GSI	33 mala		
	Q de Barton	5.2 Regular Tipo III		
	MUESTRA 0+062 al 0 +064			
	RQD	39%		
	RMR	38 mala tipo IV		
	GSI	33 mala		
	Q de Barton	5.2 regular tipo III		
	MUESTRA 0+066 al 0 +074			
	RQD	39%		
	RMR	38 mala tipo IV		
	GSI	33 mala		
Q de Barton	3.9 regular tipo III			

Sostenimiento Cimbra	MUESTRA 0+008 al 0 +012		NO	El sostenimiento con cimbras no es el más adecuado de acuerdo al Q de Barton y a especificaciones como el tipo de terreno que es fragmentado y para ello se debe aplicar el sostenimiento con madera y también su sostenimiento es de mayor costo, duración y resistencia
	RQD	39%		
	RMR	38 mala tipo IV		
	GSI	33 mala		
	Q de Barton	5.2 regular tipo III		
	MUESTRA 0+062 al 0 +064			
	RQD	39%		
	RMR	38 mala tipo IV		
	GSI	33 mala		
	Q de Barton	5.2 regular tipo III		
	MUESTRA 0+066 al 0 +074			
	RQD	39%		
	RMR	38 mala tipo IV		
	GSI	33 mala		
Q de Barton	3.9 Regular Tipo III			
	MUESTRA 0+008 al 0 +012			El sostenimiento con shotcrete no es el más adecuado de acuerdo al Q de
	RQD	39%		

Sostenimiento con Shotcrete	RMR	38 mala tipo IV	NO	Barton y a especificaciones como el tipo de terreno que es fragmentado y para ello se debe aplicar el sostenimiento con madera ya que por otra parte es muy peligroso para una labor corta por la distancia y además los aglomerantes mezclados como la cal blanca o hidráulica puedes causar quemaduras a los trabajadores mientras se aplica el Shotcrete.
	GSI	33 mala		
	Q de Barton	5.2 regular tipo III		
	MUESTRA 0+062 al 0 +064			
	RQD	39%		
	RMR	38 mala tipo IV		
	GSI	33 mala		
	Q de Barton	5.2 regular tipo III		
	MUESTRA 0+066 al 0 +074			
	RQD	39%		
	RMR	38 mala tipo IV		
	GSI	33 mala		
	Q de Barton	3.9 Regular Tipo III		

Fuente: Elaboración propia

Anexo 09: Carta de autorización de empresa minera Sirius Alfa para la investigación

“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

CARTA DE AUTORIZACIÓN: USO DE DATOS DE EMPRESA CON FINES DE INVESTIGACIÓN

Presente.

Reciba un cordial saludo y expresarle mi estima personal, se ha recibido el oficio N° 009-2022-UCV-CH/EPIM de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas de UCV – Filial Chiclayo, solicitando las facilidades para la investigación y Prácticas.

Yo, Romil Martínez Hoyos, identificado con N° DNI 44112793, RUC. 10441127931, en calidad de Operador Minero con código 640003520 para ser desarrollada en la Concesión la cual se ubica en centro poblado El Desaguadero, distrito de Pátapo, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque; autorizo utilizar los datos de la empresa SIRIUS ALFA dando las facilidades para la investigación y prácticas desde el mes de abril hasta el mes de diciembre del presente año, para ser desarrollada en el proyecto de investigación titulada “Análisis geomecánico en zonas críticas para determinar el tipo de sostenimiento en la labor principal Minera Sirius Alfa - Pátapo”, a los investigadores **Bravo Huamuro Henry**, identificado con N° DNI 47234845 y **Ventura Uchofen Victor Junior**, identificado con N° DNI 74814542, para que hagan uso de la misma con fin de investigación.

Atentamente.



Romil Martínez Hoyos.

N° DNI 44112793

Chiclayo, 10 de septiembre de 2022.

Anexo 10: Validación de instrumentos

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

- Apellidos y Nombres del experto:Castro Zavaleta Liliana.
- Grado Académico: Magister en Dirección de Proyectos
- Institución donde labora:Universidad Cesar Vallejo – Chiclayo.
- Dirección: Teléfono:940148424. Email:
- Autor (es) del Instrumento: - Bravo Huamuro Henry (ORCID: 0000-0001-9730-5326)
- Ventura Uchofen Junior Víctor (ORCID: 0000-0002-7939-2494)

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD: Fecha: 01/06/2022

IV. Promedio de Valoración: 56



Liliana Castro Zavaleta

Mg. Castro Zavaleta Liliana.
DNI N.º 43803365

Anexo 11: Validación de instrumentos

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

1. DATOS GENERALES:

1.1. Título Del Trabajo De Investigación:

Análisis Geomecánico de roca en zona crítica para determinar el sostenimiento en Minera Sirius Alfa – Pátapo

1.2. Investigador (a) (es):

- Bravo Huamuro Henry (ORCID: 0000-0001-9730-5326)
- Ventura Uchofen Junior Víctor (ORCID: 0000-0002-7939-2494)

1. 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				65	
Objetividad	Está expresado en conductas observables				65	
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología			50		
Organización	Existe una organización lógica				65	
Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad				61	
Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de la estrategias				65	
Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos				65	
Coherencia	Existe coherencia entre los índices, dimensiones e indicadores				65	
Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico			50		
Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación				65	

PROMEDIO DE VALORACIÓN

61.6

2. OPINION DE APLICABILIDAD:

Es aplicable.

3. Datos del Experto:

Nombre y apellidos:Liliana Castro Zavaleta..... DNI 43803365

Grado académico:Magister..... Centro de Trabajo: ...Universidad Cesar Vallejo - - Chiclayo.

Firma:



Fecha: 01/06/2022

Anexo 12: Validación de instrumentos

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

(Nombre del instrumento)

Experto: Dr. (Mg)Liliana Castro Zavaleta.....

Centro de Trabajo y cargo que ocupa: Universidad Cesara Vallejo - Chilayo...

Dirección:

e-mail: Teléfono:940148424.

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

Opinión de Aplicabilidad:



Nombre y firma del Experto Validador

Mg. Liliana Castro Zavaleta

DNI N.º 43803365

Fecha: 01/06/2022

Anexo 13: Validación de instrumentos

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

- Apellidos y Nombres del experto: Paico Salvador Mauro
- Grado Académico: Magister en Ingeniería de Geológica Aplicada a Obras Civiles y Geotécnicas.
- Institución donde labora: Universidad César Vallejo
- Dirección: Pimentel Km 3.5 Teléfono: 947801456 Email: maurosalmi@hotmail.com
- Autor (es) del Instrumento: - Bravo Huamuro Henry (ORCID: 0000-0001-9730-5326)
- Ventura Uchofen Junior Víctor (ORCID: 0000-0002-7939-2494)

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

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

OPINIÓN DE APLICABILIDAD: Fecha: 26/06/2022

III. Promedio de Valoración: 4.8


MAURO SALVADOR PAICO
 INGENIERO GEOLOGO
 Reg. CIP N° 199593
 Mg
 DNI N°45454682

Anexo 14: Validación de instrumentos

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

2. DATOS GENERALES:

2.1. Título Del Trabajo De Investigación:

Análisis Geomecánico de roca en zona crítica para determinar el sostenimiento en Minera Sirius Alfa – Pátapo

2.2. Investigador (a) (es):

- Bravo Huamuro Henry (ORCID: 0000-0001-9730-5326)
- Ventura Uchofen Junior Víctor (ORCID: 0000-0002-7939-2494)

3. ASPECTOS A VALIDAR:

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

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 92

4. OPINION DE APLICABILIDAD:

5. Datos del Experto:

Nombre y apellidos: Mauro Salvador Paico

DNI: 45454682

Grado académico: Magister

Centro de Trabajo: SERGEOING SRL

Firma: Fecha: 27/06/2022

MAURO SALVADOR PAICO
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP N° 199593

Anexo N°15: Validación de instrumentos

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

(Nombre del instrumento)

Experto: Dr. (Mg) : MAURO SALVADOR PAICO

Centro de Trabajo y cargo que ocupa: EMPRESA SERGEOING SRL

Dirección: Mz. I-Lt.06 Urbanización San Antonio

e-mail: maurosalpai@hotmail.com

Teléfono:947801456

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

Opinión de Aplicabilidad:


MAURO SALVADOR PAICO

INGENIERO GEOLOGO

Reg. CIP N° 199593

Nombre y firma del Experto Validador

DNI N° 45454682

Fecha: 27/06/2022

Anexo 16: Validación de instrumentos

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

I. DATOS GENERALES

- Apellidos y Nombres del experto: Vilca Pérez Jesús Gabriel
- Grado Académico: Magister en Gestión Minera
- Institución donde labora: Universidad Cesar Vallejo, filial Chiclayo.
- Dirección:Av 28 de julio N° 339 Trujillo..... Teléfono: 975459036 Email: jvilcape01@ucvvirtual.edu.pe
- Autor (es) del Instrumento: - Bravo Huamuro Henry (ORCID: 0000-0001-9730-5326)
- Ventura Uchofen Junior Víctor (ORCID: 0000-0002-7939-2494)

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD: Fecha: 09/09/202 Promedio de Valoración: 54



Jesús Gabriel Vilca Pérez
MAG. DE MINAS
R/CIP. N° 185681

Mg. Jesús Gabriel Vilca Pérez
DNI N.º 41779520

Anexo 17: Validación de instrumentos

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

6. DATOS GENERALES:

6.1. Título Del Trabajo De Investigación:

Análisis Geomecánico de roca en zona crítica para determinar el sostenimiento en Minera Sirius Alfa – Pátapo

6.2. Investigador (a) (es): - Bravo Huamuro Henry (ORCID: 0000-0001-9730-5326)

- Ventura Uchofen Junior Víctor (ORCID: 0000-0002-7939-2494)

7. ASPECTOS A VALIDAR:

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

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 93

8. OPINION DE APLICABILIDAD:

9. Datos del Experto:

- Nombre y apellidos: ...Jesús Gabriel Vilca Pérez..... DNI41779520.
- Grado académico: ...Magister en gestión minera Centro de Trabajo:Universidad



Jesús Gabriel Vilca Pérez
ING. DE MINAS
R. CIP. N° 189681

Cesar Vallejo..... Firma:

- Fecha: 09/09/2022

Anexo 18: Validación de instrumentos

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

(Nombre del instrumento)

Experto: (Mg) Jesús Gabriel Vilca Pérez.....

Centro de Trabajo y cargo que ocupa: Universidad Cesar Vallejo.....

Dirección: Av 28 de julio N° 339, Trujillo.....

e-mail: jvilcape@ucvvirtual.edu.pe..... Teléfono: 975459036.....

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:



Jesús Gabriel Vilca Pérez
ING. DE MINAS
R/CIP. N° 189681

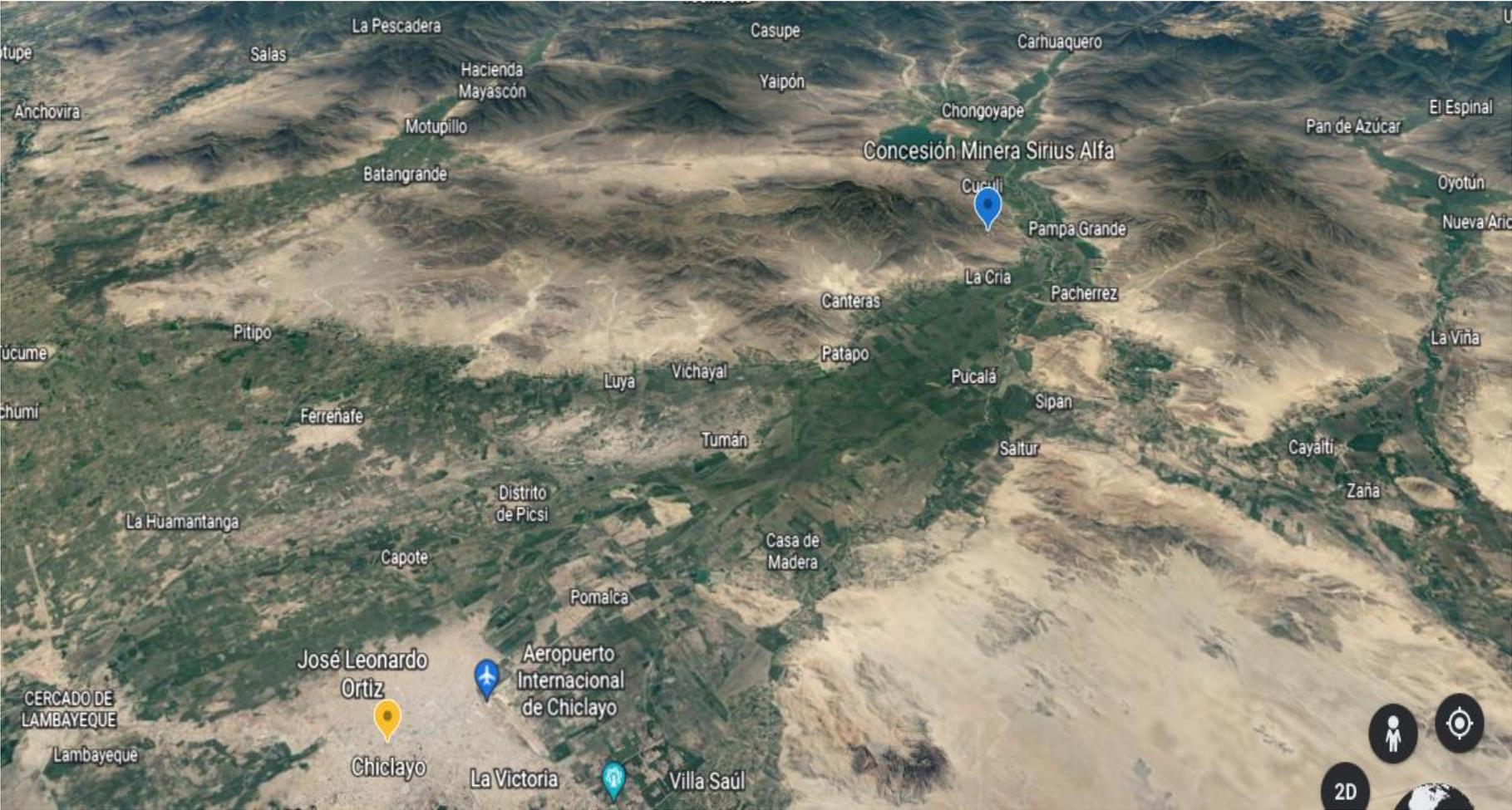
Nombre y firma del Experto Validador

Mg. Jesús Gabriel Vilca Pérez

DNI N.º 41779520

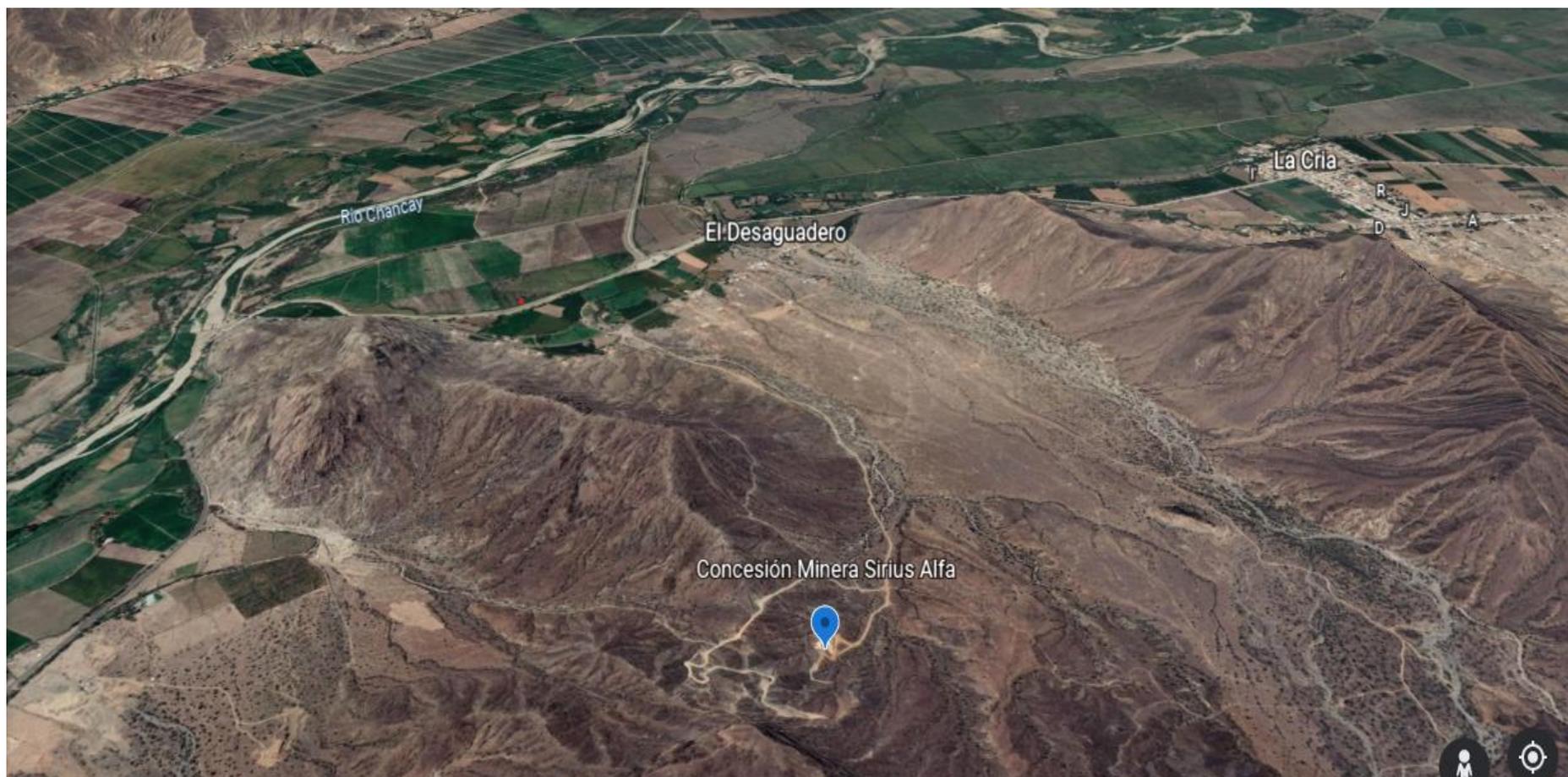
Fecha: 09/09/2022

Anexo 19: Trayectoria de Chiclayo a la concesión minera



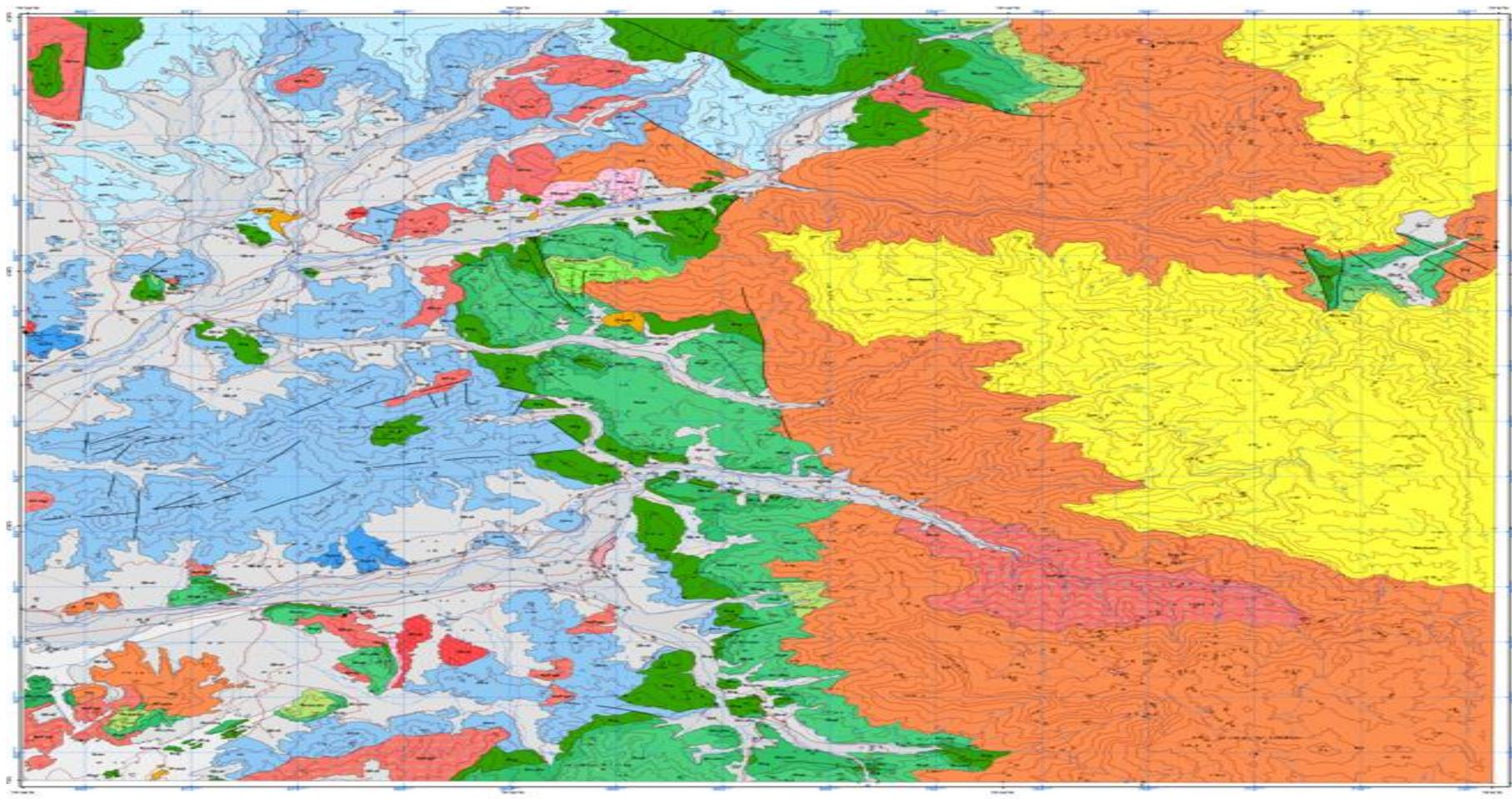
Fuente: Google Earth (trayectoria de Chiclayo a la Concesión Minera Sirius Alfa.) 2022.

Anexo 20: Ubicación de minera Sirius Alfa-Pátapo



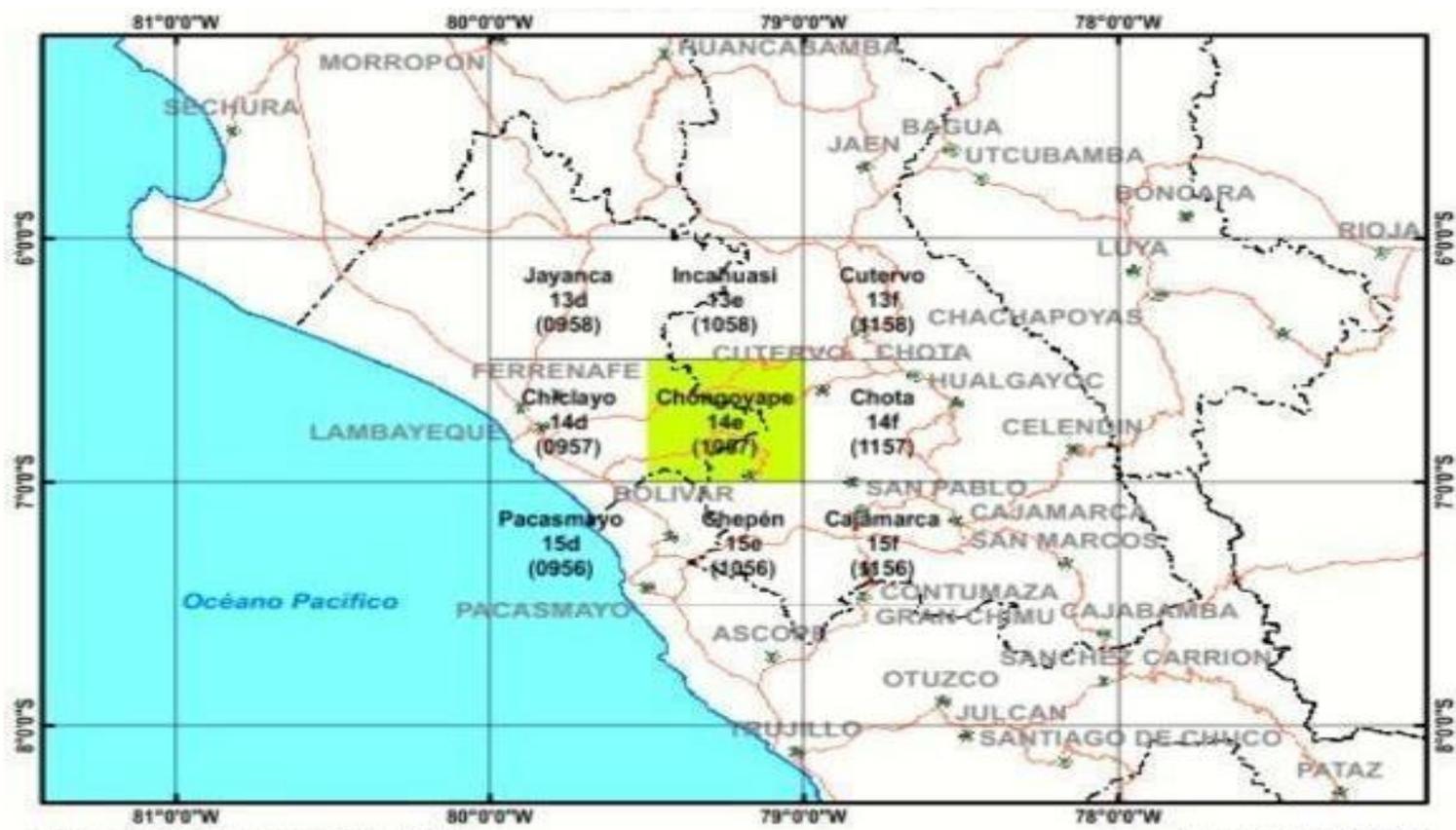
Fuente: Google Earth (concesión minera Sirius alfa – Pátapo) 2022.

Anexo 21: Mapa geológico regional



Fuente: INGEMMET (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico) 2022.

Anexo 22: Mapa de Ubicación Regional



Fuente: Extracción del Igafon entregado por la empresa Sirius Alfa

Anexo 23: Geología Estructural Regional

ERA	SISTEMA	SERIE	EDAD	UNIDADES LITOSTRATIGRÁFICAS	ROCAS INTRUSIVAS Y SUBVOLCÁNICAS	
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOGENO	Depósito fluvial	Q-fl Grava con clastos redondeados envueltos en una matriz arenosa, con pequeños lentes arenosos. Se presentan en los ríos.		
			Depósito eólico formando	Q-eo Constituidos por arenas cuarzosas de grano fino y medio barcanes en movimiento, dunas gigantes o mantos delgados de arena.		
			Depósito aluvial	Qh-al Acumulaciones de cantos, arenas y limos depositados en los márgenes de los ríos formando terrazas,		
		PLEISTOCENO	-----			
	NEÓGENO	PLIOCENO	Formación presenta Huambos	Nm-huam Tobas y brechas pacificadas con fragmentos de pómez, niveles de tobas andesíticas rojizas. Estratos medios a gruesos Bien estratificados.		Pórfido Cuarcífero PN-pcz
		MIOCENO		-----		
	PALEÓGENO	OLIGOCENO	Grupo rojizos Calipuy	Formación Llama P-LI Conglomerados, clastos de cuarcita, caliza y volcánicos intercalado con tobas andesíticas moradas o violáceas.		Andesita P-and
		EOCENO				Monzogranito KP-mgr
		PALEOCENO				Granodiorita KsP-gd

MESOZOICO	CRETÁCICO	SUPERIO	Formación Cajamarca Ks-ca Calizas grisáceas o blanquecinas con estratificación regular y uniforme. Espesor aproximado de 200 metros.	Tonalita KP-tn
		INFERIOR	Grupo Pulluicana, Quilquen Ks-pu.qu Intercalaciones de calizas grises, lutitas friables gris oscuras a negras y niveles de mangas. Espesor aproximado de 200 metros.	Diorita KP-di
			de Formación Ks-pu Grupo Pulluicana Ks-pu Intercalaciones de calizas grises, lutitas friables gris oscuras a negras y niveles mangas.	
		JURÁSICO	SUPERIO	Inca, Chulec, Pariatambo Ki-l, chu, pt Formación Inca Ki-pt Calizas negras, bituminosas, con olor fetico intercalada con delgados niveles de lutitas negras.
	MEDIO		lutáceas Ki-i, chu Formación Inca, Chulec. Ki-i, chu Lutita gris, manga amarillenta y calizas delgadas y modulares de color marrón crema	
	INFERIO		Grupo Goyllarisquiza Ki-g Areniscas, cuarcitas blanquecinas y marrones bien estratificadas en capas medianas e intercaladas con horizontes de lutitas grises, marrones y rosadas.	
			Formación Tinajones Jski-t Secuencia de tobas, grauvacas, lutitas, cuarcitas y conglomerado, secuencia bien estratificada.	
	TRIÁSICO	SUPERIOR	Formación Oyotún Jm-o Lavas andesíticas, andesíticas basálticas masivas gris oscuro, intercaladas con tobas, grauvacas y areniscas feldespáticas.	
		MEDIO	Formación la Leche Ts.Li-LI Calizas grisáceas algo salificadas y bien estratificada en capas delgadas o medianas, intercaladas con niveles pelíticos y niveles de cenizas de composición andesítica a dacita.	
		INFERIOR		

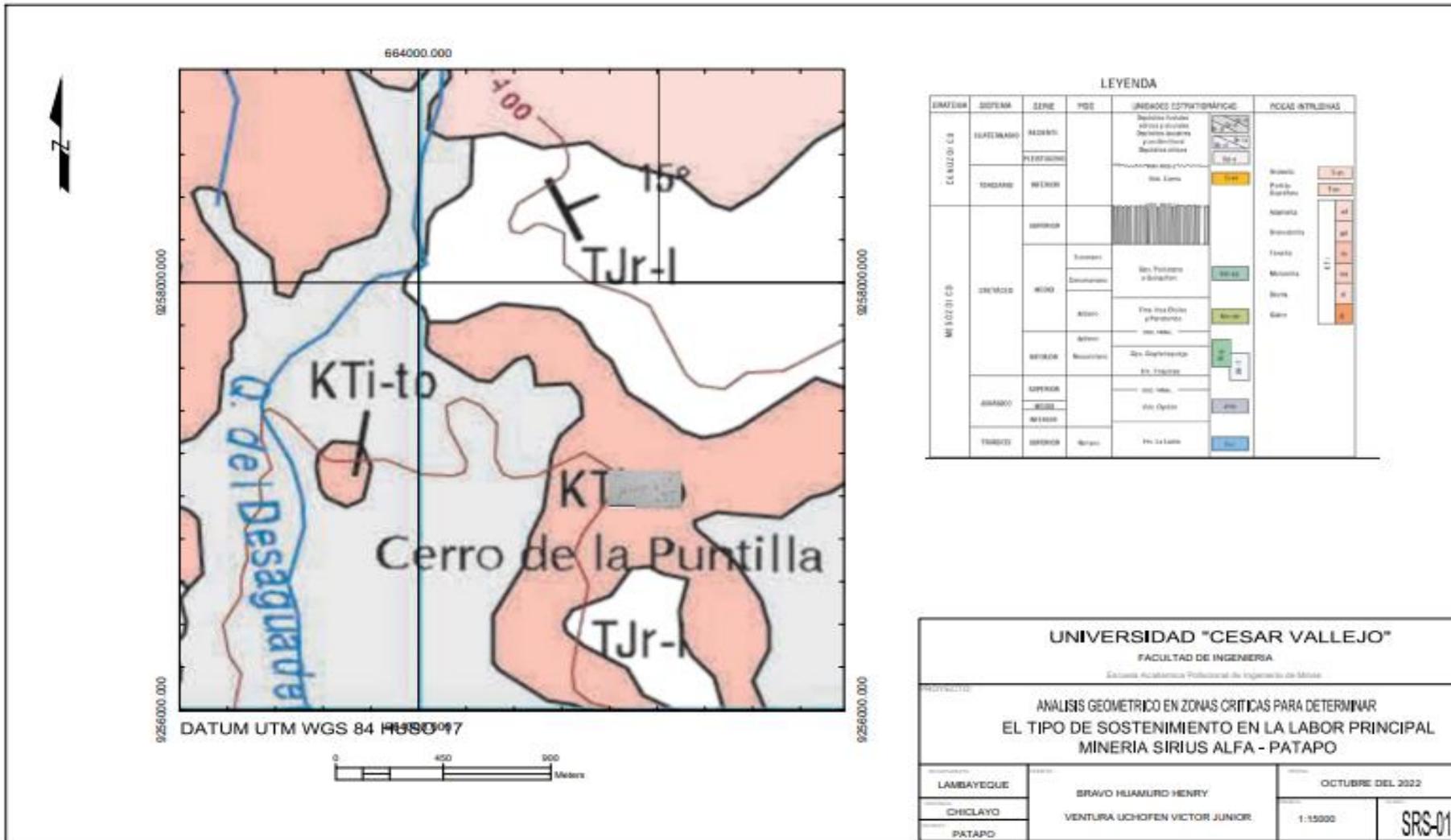
Fuente: INGEMMET (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico) 2022.

Anexo 24: Simbología de mapa regional

SÍMBOLOS			
	Dataciones radiométricas		Río principal
	Rumbo y buzamiento de estratos		Río secundario
	Rumbo y buzamiento de estratos fotointerpretados < 30°		Quebrada
	Falla normal		Carretera asfaltada ó Dos o mas vías
	Falla inferida		Carretera afirmada, transitable
	Eje de anticlinal		Camino carrozable
	Eje de sinclinal		Camino de herradura
	Eje de anticlinal inferido		Curva de nivel - primaria
	Contacto geológico		
	Contacto geológico inferido		
	Línea de sección geológica		
	Señal geodésica de primer orden		
	Señal geodésica de segundo orden		
	Cota comprobada		
	Localidad común		
	Capital de distrito		
	Mina activa		
	Mina abandonada		
	Contorno de ciudad		

Fuente: INGEMMET (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico) 2022.

Anexo 25: Geología Local



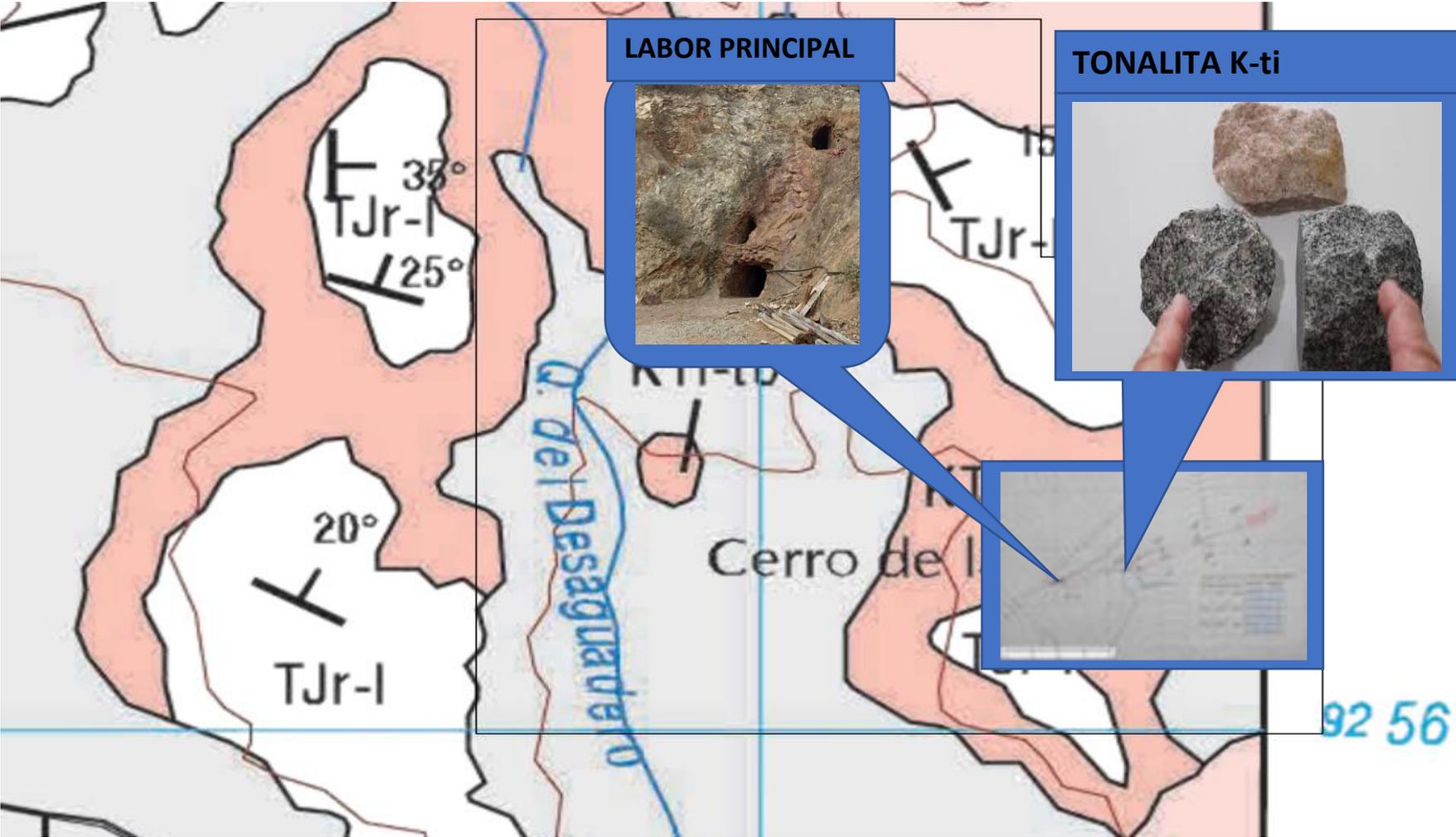
Fuente: INGEMMET (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico) 2022.

Anexo 26: Geología Local Estructural

ERATEMA	SITEMA	SERIE	PISO	UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS	ROCAS INTRUSIVAS	
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE		Deposito fluviales eólicos y aluviales Qr-al Qr-e Dt-fl		
		PLEISTOCENO		Depósitos lacustres y cordón litoral Depósitos eólicos -----DISC ANGUL----- Qr-cl Qr-la Qp- e		
	TERCIARIO	INFERIOR		Volc Lama Ti- vll	Andesita T- an Pórfido Cuarcífero T- pe	
MESOZOICO	CRETÁCEO	SUPERIOR		-----DISC ANGU -----		
		MEDIO	TURONIANO	Grupo. Pullucana y Quilquiñan Km- pq		
			CENOMANIANO			
		ALBIANO	Formaciones, Inca Chulec y Pariatambo Km- ich			
	INFERIOR	APTIANO NEOCOMIANO	-----DISC FLUVIAL----- Gr. Goyllarisquiza Fm Titajones Kl- b Jki- t			
	JURÁSICO	SUPERIOR		-----DISC FLUVIAL-----		
		MEDIO		Volc. Oyotún J- VO		
		INFERIOR		Fm. La Leche Tr- l		
	TRIÁSICO	SUPERIOR	NORIANO			Adamelita ad Granodiorita gd Tonalita to Monzonita K.ti mz Diorita di Gabro g

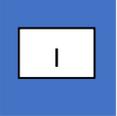
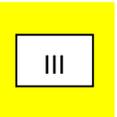
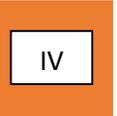
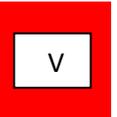
Fuente: INGEMMET (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico).2022

Anexo 27: Estructura Geologica de la labor principal Minera Sirius Alfa.



Fuente: INGEMMET (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico).2022

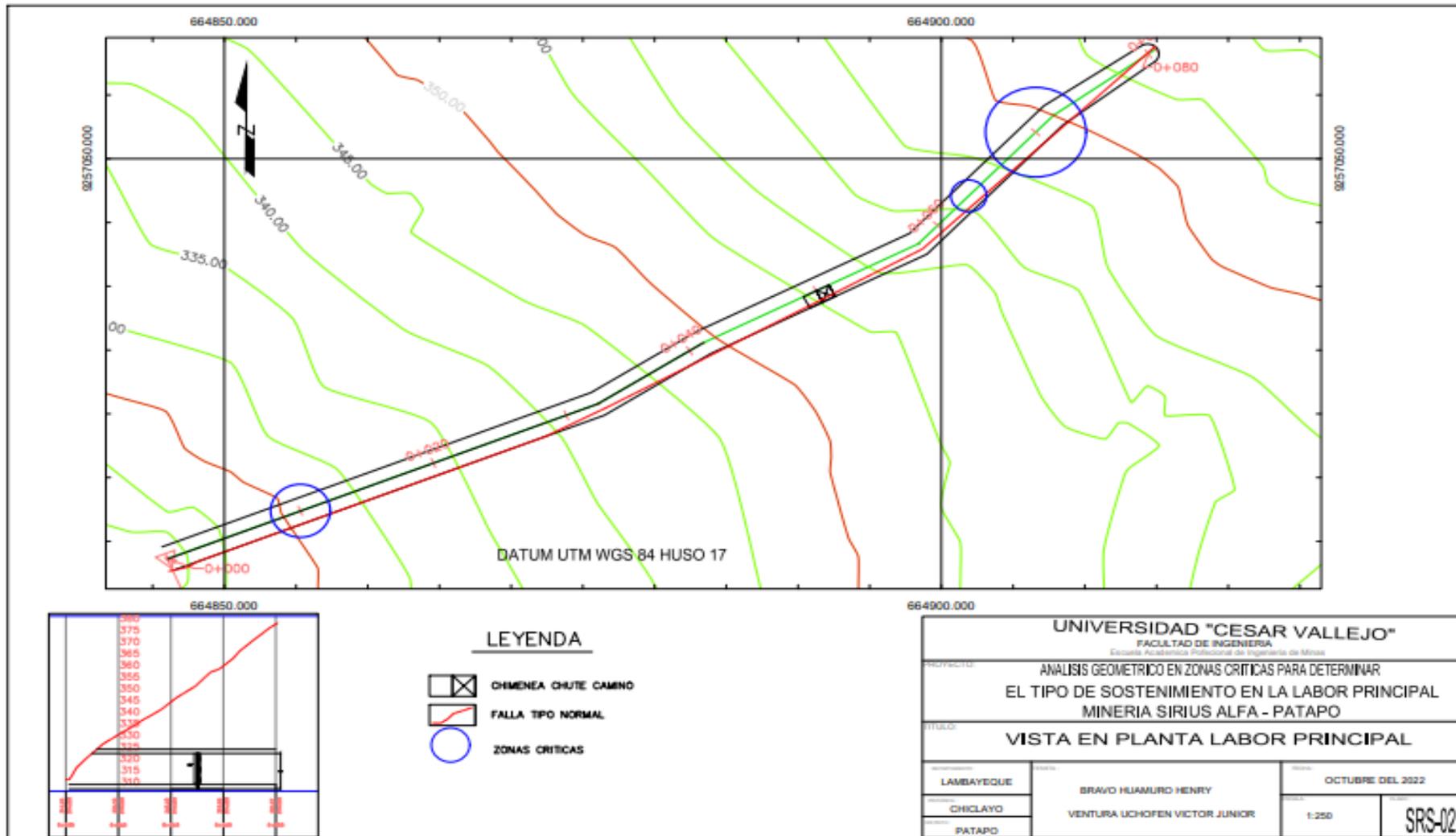
Anexo 28: Índice para determinar el tipo de sostenimiento a utilizar

	MUY BUENA	No requiere de sostenimiento Ocasionalmente puntales en tajos y pernos en GAL y CX.
	BUENA	Sostenimiento con pernos Cementados en labores permanentes Split set en labores temporales a 1.5m. En tajos, perforaciones en Realce Colocar puntales de seguridad y/o split set sistemáticos Espaciados a 2m.
	REGULAR	Sostenimiento sistemático por 1.2 X 1.2m pernos cementados en labores permanentes Split set en Labores temporales (con malla ocasional). EN TAJOS: Colocación de puntales Sistemáticos y/o split set Espaciados a 1.2m (Cajas y coronas) con malla ocasional.
	MALA	Sostenimiento sistemático con cuadros de Madera (1 a 1.5m) Evaluar alternativa con pernos Cementados sistemáticos (1m X 1m) con Malla con en tajos De peroración horizontal Sostenimientos con Cuadros de Madera a 1.52m y puntales de seguridad Sistemáticas con puntales de caja a caja a 1m con guarda cabeza.
	MUY MALA	Sostenimientos con cuadros de madera espaciados a 0.5m Encribado y Topeado Avances con marchavantes en tajos, perforación horizontal sostenimientos con Cuadros completos espaciados a 0.80m buen enrejado y Encribado.

Parámetro de resistencia
Muy buena (MB) (Muy resistente fresca) Superficie de las fracturas muy rugosa. sin alteraciones cerradas (R.C > 250 Mpa.) SE ASTILLA CON GOLPES DE PICOTA (NO SE ROMPE)
Buena B (Resistente levemente alterado) Fracturas rugosas ligeramente alteradas con manchas de oxidación ligeramente abiertas (R.C 100 a 250 Mpa) SE ROMPEN CON TRES O MÁS GOLPES DE PICOTA
Regular(R) (Moder, resistente y alterado) Fracturas ligeramente rugosas a lisas moderadamente alterada, ligeramente abierta (R.C.50 a 100 Mpa.) SE ROMPEN CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA
Mala (M) (Blanda muy alterada) Superficie pulida o con estrías muy alteradas relleno compacto con fragmentos de roca (R.C 25 a 50 Mpa.) SE HUNDE SUPERFICIALMENTE CON UN GOLPE DE PICOTA
Muy mala (MM) (Muy blanda y extremadamente alterada) Superficie pulida y estriada muy abierta con relleno de arcilla blanda (R.C < a 25 Mpa) SE DISREGA O SE HUNDE PROFUNDAMENTE CON PUNTA DE LA PICOTA.

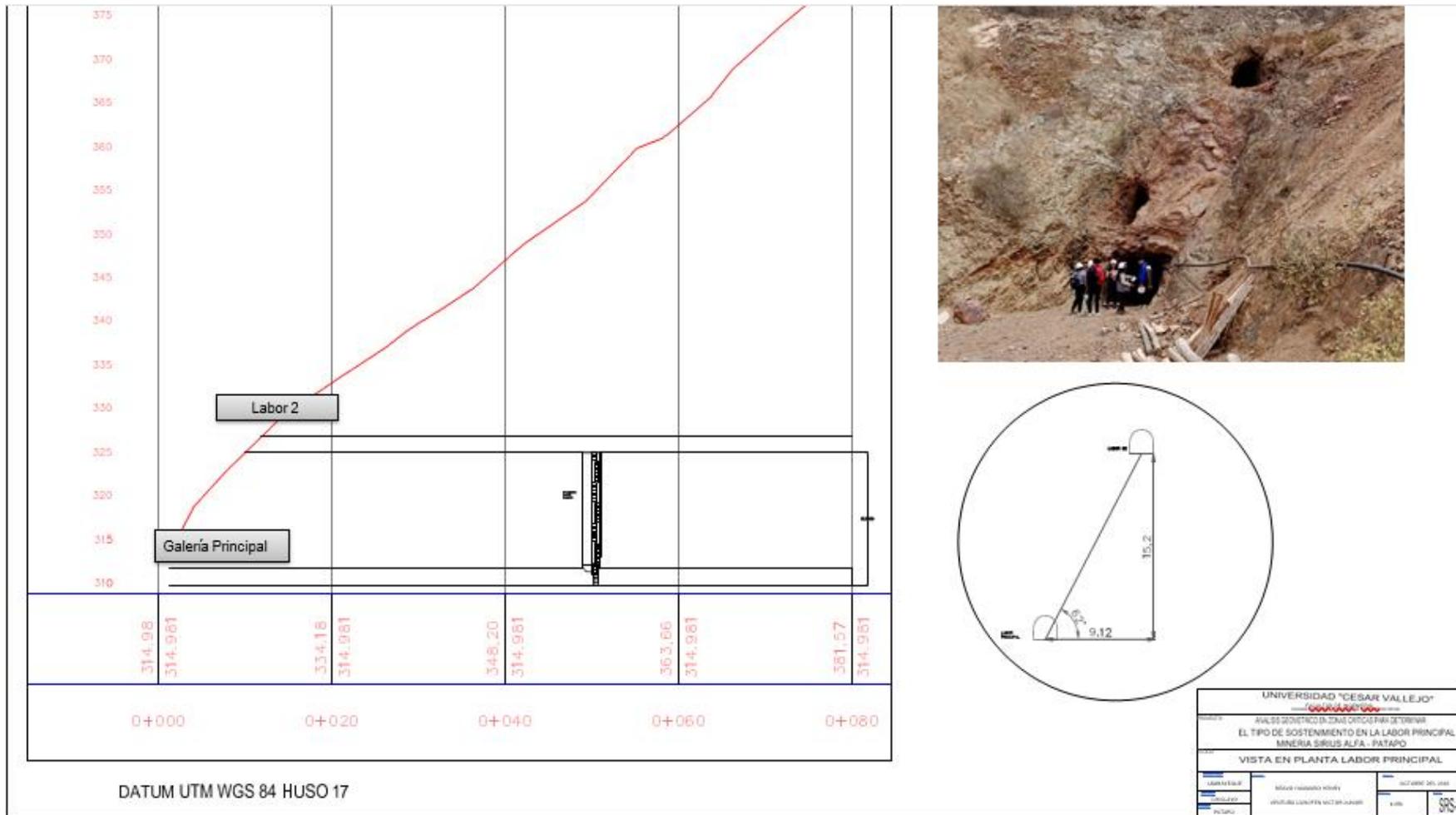
	<p>LEVEMENTE FRACTURADA (LF) DE TRES A MENOS SISTEMAS DE FRACTURAMIENTO MUY ESPACIADA ENTRE SI, DE 2 A 6 FRACTURAS POR METRO LINEAL (RQD 75-90)</p>	I	II	II		
	<p>MODERADAMENTE FRACTURA (F) MUY BIEN AMARRADA, NO ALTERADA, BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE FRACTURAMIENTO. DE 6 A 12 FRACTURAS POR METRO LINEAL (RQD 50 – 75)</p>	I	II	III	IV	
	<p>MUY FRACTURA (MF) MODERAMENTE AMARRADA, PARCIALMENTE ALTERADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO A MAS SISTEMAS DE FRACTURAMIENTO. 12-20 FRACTURAS POR METRO LINEAL (RQD 25 -50)</p>		II	III	IV	V
	<p>INTENSAMENTE FRATURADA -FALLADA (IF) MUCHAS FRACTURAS ENTRECUSADAS 2 A MÁS FALSAS CAJAS, FALLAMIENTO PARALELOS TODAS FORMANDO BLOQUES IRREGULARES O ANGULOSOS. MÁS DE 20 FRACTURAS POR METRO LINEAL (RQD 0 – 25)</p>			III	IV	V
	<p>TRITURADA O BRECHADA (T) POCO AMARRADA, MASA ROCOSA, EXTREMADAMENTE ROTA DELESNABLE CON UNA MESCLA DE FRAGMENTOS FACILMENTE DISGREGABLE, ANGULOSOS Y REDONDEADOS. (SIN RQD)</p>				V	V

Anexo 29: Plano topográfico de la labor principal de la minera Sirius Alfa – Pátapo.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 30: Plano de vista en plata de la minera Sirius Alfa.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 31: Concepto de Carga de Terzaghi

Condición de la roca	RQD (%)	Carga de Roca H_p	Observaciones
I. Dura e Intacta	95 – 100	Cero	Revestimiento ligero, requerido sólo si hay lajamientos o estallidos
II. Dura, estratificada o esquistosa	90 – 99	0 a 0.5 B	Soporte ligero
III. Masiva, estructuras moderadas	85 – 95	0 a 0.25 B	Carga puede cambiar erráticamente de punto a punto
IV. Moderadamente blococosa y agrietada	75 – 85	0.25 B a 0.35 (B+H _t)	Tipos 4, 5 y 6 disminuyen un 50% en los valores de Terzaghi, debido a que la presión freática tiene un pequeño efecto en la carga de roca (Terzaghi, 1946; Brekke, 1968)
V. Muy blocosa y agrietada	30 – 75	(0.2 a 0.6) (B+H _t)	Pequeña o sin presión lateral
VI. Completamente triturada	3 – 30	(0.60 a 1.10) (B+H _t)	Presión lateral considerable. Efecto de reblandecimiento de filtraciones hacia el fondo del túnel requiere soporte continuo para extremos inferiores de las costillas o costillas circulares, cualquiera de las dos.
VI.a. Arena y grava	0 – 3	(1.10 a 1.40) (B+H _t)	
VII. Rocas de compresivas, profundidad moderada	N/A	(1.10 a 2.10) (B+H _t)	Alta presión lateral, requiere puntales invertidos. Costillas circulares son recomendadas
VIII. Rocas de compresivas, gran profundidad	N/A	(2.10 a 4.50) (B+H _t)	
IX. Rocas expansivas	N/A	Hasta 80 m independiente de los valores de (B+H _t)	Costillas circulares requeridas. En casos extremos utilizar soporte cedente

Anexo 32: Zona crítica, progresiva 0+008 - 0+012



Anexo 33: Zona críticas, progresiva 0+062 - 0+074



Anexo 34: Extracción de testigos de las muestras de roca.



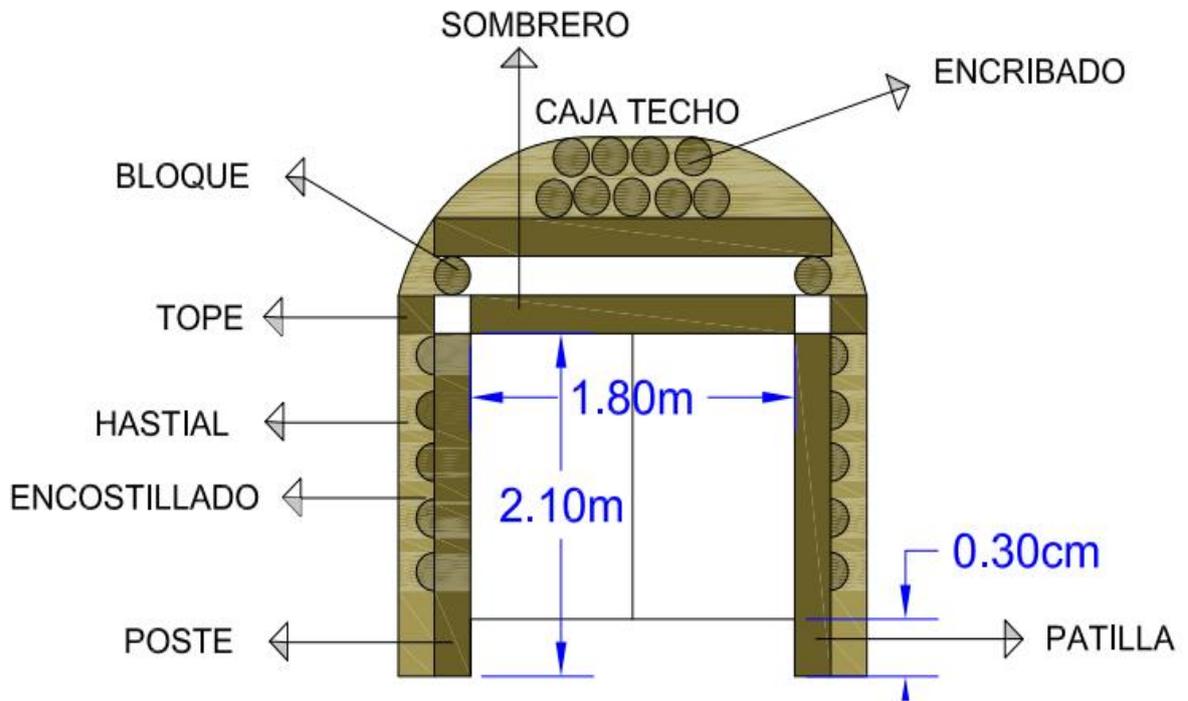
Anexo 35: Testigos extraídos.



Anexo 36: Equipo de compresión uniaxial y triaxial de rocas y equipo de carga puntual.



Anexo 37: Partes de un cuadro de madera recto



Fuente: Elaboración propia.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SALAZAR CABREJOS ROSA ELIANA, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA DE MINAS de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "Análisis Geomecánico en Zonas Críticas para Determinar el Tipo de Sostenimiento en la labor principal Minera Sirius Alfa – Pátapo", cuyos autores son BRAVO HUAMURO HENRY, VENTURA UCHOFEN VICTOR JUNIOR, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 17.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He 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, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 06 de Diciembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
SALAZAR CABREJOS ROSA ELIANA DNI: 41661370 ORCID: 0000-0002-1144-2037	Firmado electrónicamente por: SCABREJOSRE el 06-12-2022 11:25:38

Código documento Trilce: TRI - 0475117