



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Prevención de la Saturación de Taludes en Vías de Acarreo
Mediante un Sistema Eficiente de Regadío - Unidad de
Producción Pallasca**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE MINAS

AUTORES:

Br. Cárdenas Cueva, Jefferson Franklin (ORCID: 0000-0001-9502-8353)

Br. Monteza Llampén, Harvy Brayan (ORCID: 0000-0002-4307-0637)

ASESORES:

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

Mg. Salazar Ipanaque, Javier Ángel (ORCID: 0000-0002-7909-6433)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Estabilidad de Taludes

CHICLAYO — PERÚ

2020

Dedicatoria

Dedico mi tesis a mi abuelo Presentación Monteza, pieza clave en el desarrollo de mis estudios, quien siempre anheló lo mejor para mí y lo sigue haciendo desde donde está.

Dedico esta tesis a mi madre Rosana por haberme guiado por un buen camino y siempre aconsejarme para seguir adelante, a ser una gran persona, trazándome nuevas metas y seguir siendo el mejor.

Agradecimiento

En primer lugar, agradecer a Dios por darnos la oportunidad de seguir adelante y obtener nuevos logros, a su vez agradecer a mi familia entre ellos a mi madre y a mis tíos que siempre estuvieron en constante apoyo y a los Ingeniero por sus conocimientos y enseñanzas dadas en el transcurso de este camino.

Gracias a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas, gracias a mi madre Jessica por siempre estar dispuesta a invertir en mi educación; gracias a mi padre Víctor por siempre desear y anhelar lo mejor para mi vida, gracias por cada consejo y por cada una de sus palabras que me guiaron durante mi vida.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	12
II. MARCO TEÓRICO	16
III. METODOLOGÍA.....	24
3.1. Tipo y diseño de investigación	24
3.2. Variables y operacionalización.....	24
Definición conceptual.....	24
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.	25
Criterios de inclusión.....	25
Criterios de exclusión.....	25
Muestra.....	25
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	25
3.5. Procedimientos	27
3.6. Método de análisis de datos.....	28
3.7. Aspectos éticos	28
IV. RESULTADOS	30
V. DISCUSIÓN.....	54
VI. CONCLUSIONES.....	57
VII. RECOMENDACIONES	59
REFERENCIAS.....	60
ANEXOS.....	68

Índice de tablas

Tabla 1. Factor de seguridad	21
Tabla 2. Continuidad de las discontinuidades	33
Tabla 3. Espaciado	35
Tabla 4. Rugosidad	37
Tabla 5. Relleno	38
Tabla 6. Grado de alteración.....	39
Tabla 7. Resistencia	40
Tabla 8. Condición hidrogeológica.....	41
Tabla 9. Resultado de RMR básico	42
Tabla 10. Relación grado de saturación – Factor de seguridad.....	51
Tabla 11 Ventajas y desventajas de los sistemas de regadío.....	52

Índice de figuras

Figura 1 RQD en función al J_v , propuesto por Palmstrom	20
Figura 2 Ecuación del factor de seguridad	20
Figura 3 Eficiencia de riego	22
Figura 4 Eficiencia de conducción	23
Figura 5 Ecuación para determinar la eficiencia de un canal de distribución	23
Figura 5.1 Ecuación para determinar la eficiencia de varios canales de distribución.....	20
Figura 6 Ecuación para determinar la eficiencia de aplicación.....	23
Figura 7. Declinación magnética de Pallasca	30
Figura 8. Representación estereográfica de las discontinuidades.....	31
Figura 9. Representación estereográfica de las familias de discontinuidades. ...	32
Figura 10. Geometría del talud en el software SLIDE2 – 9.0.....	43
Figura 11. Factor de seguridad del talud	44
Figura 12. Remodelación geométrica del talud	45
Figura13. Factor de seguridad del talud con geometría modificada	46
Figura 14. Factor de seguridad del talud modificado con saturación al 25% (simulación 1).....	47
Figura 15. Factor de seguridad del talud modificado con saturación al 50% (simulación 2).....	48
Figura 16. Factor de seguridad del talud modificado con saturación al 75% (simulación 3).....	49
Figura 17. Factor de seguridad del talud modificado totalmente saturado (simulación 4).....	50

Resumen

La presente investigación tuvo por finalidad prevenir la saturación de taludes en vías de acarreo mediante un sistema eficiente de regadío en la Unidad de Producción Pallasca. La investigación surgió de la observación del problema vinculado a la saturación de taludes de las vías de acarreo en la Unidad de Producción Pallasca. Para dicha investigación se trabajó con 20 metros de talud de la principal vía de acarreo como muestra, utilizando como enfoque de investigación cuantitativa y con un diseño de investigación no experimental, transversal explicativo. Asimismo, para el procesamiento de información se utilizaron métodos analíticos y técnicas como observación, análisis documental con sus respectivos instrumentos; además se utilizó los softwares Roscience DIPS 8.0, SLIDE2 9.0 y Ms Excel. Toda esta metodología le da a este informe de investigación el respaldo, sustento y seriedad respectiva. Finalmente, como resultados, en términos globales el regadío por aspersión es el más eficiente debido a que es un sistema automático y se tiene mayor control sobre este, todos estos resultados se presentan por medio de tablas e imágenes con sus respectivos análisis que contribuyeron a comprobar la hipótesis: que mediante un sistema eficiente de regadío se puede prevenir la saturación de vías de acarreo.

Palabras clave: Saturación, taludes, aspersión, regadío.

Abstract

The present investigation had the purpose of preventing the saturation of slopes in haulage roads by means of an efficient irrigation system in the Pallasca Production Unit. The investigation arose from the observation of the problem linked to the saturation of slopes of the haulage roads in the Pallasca Production Unit. For this research, we worked with 20 meters of slope of the main road as a sample, using a quantitative research approach and a non-experimental, transverse explanatory research design. Likewise, for information processing, analytical methods and techniques such as observation and documentary analysis with their respective instruments were used; in addition, Roscience DIPS 8.0, SLIDE2 9.0 and MS Excel software were used. All this methodology gives this research report the respective support, sustenance and seriousness. Finally, as results, in global terms, spray irrigation is the most efficient due to the fact that it is an automatic system and there is more control over it. All these results are presented through tables and images with their respective analysis that contributed to prove the hypothesis: that through an efficient irrigation system, saturation of haul roads can be prevented.

Keywords: Saturation, slope, aspersion, irrigation

I. INTRODUCCIÓN

La minería es una actividad que se da día a día la cual está en constante renovación, desde tiempos remotos cuando se iniciaba la extracción de minerales hasta la actualidad. De acuerdo a que existe un mundo competitivo donde se logra la optimización de los recursos, este sector no queda atrás, aplicando tecnologías desarrolladas para tener mejor eficiencia en los procesos productivos.

La finalidad de taludes tanto naturales como diseñados tienden a la estabilización del terreno, donde no sea posible la realización de excavaciones con alturas y ángulos que se requieran, por motivos económicos o de otro fin. En minería el diseño de taludes dependerá de la disposición o profundidad del yacimiento. A pesar que existen taludes estables por largos tiempos pueden llegar a deslizarse a causa de la presencia de agua que se da en su mayoría, en períodos de lluvia. En el fenómeno de deslizamiento no solo influye características geométricas, mecánicas y litológicas del talud, sino también la presencia de lluvias/evaporación/infiltración en el lugar donde el agua se infiltra en los taludes, pudiendo llegar a saturarlos, generando un proceso de desestabilización.

La investigación se realizó en la Unidad de Producción Pallasca (concesión minera Luz Angelina I) ubicado en el distrito de Lacabamba, provincia de Pallasca, departamento de Ancash a 3 km de la comunidad de Chora a una altura de 3650 m.s.n.m. (ver anexo 21). La accesibilidad a la mina desde la ciudad de Chiclayo se realiza por tierra tomando la carretera panamericana norte hasta el km 425 (Chimbote), para luego tomar la vía a Santa (15 km), desde ese punto se toma la carretera a Chuquicara (61 km), para luego llegar al poblado de Pallasca (68 km) y tomar la vía al distrito de Lacabamba (36 km), internamente posee un camino urbano rural hacia el anexo de Chora (4 km) y finalmente llegar a la mina (3 km). En el lugar se presenta una climatología semiseca, templada y húmeda con variaciones de temperatura entre 4°C hasta 24°C, con temporada de lluvia que dura 6,2 meses del 21 de octubre al 29 de abril, siendo alrededor del 16 de marzo los días con más lluvia (ver anexo 23).

Existen problemas relacionados con la saturación de taludes en vías de acarreo de la Unidad de Producción Pallasca. Una de las razones por la que estas se generan

radica en la presencia de agua en el macizo rocoso, siendo la causa principal de la falla de los taludes, sobre todo al encontrarse en épocas de lluvias. Además, también se suma el hecho de que las vías de acarreo están en constante irrigación para combatir la polución, esto generalmente se desarrolla haciendo uso tradicional de camiones cisternas donde se utilizan grandes volúmenes de agua y se tiene poco control al momento de su aplicación sobre las vías, lo cual sumado a las lluvias generan que los taludes fallen debido a su saturación, y que es provocado por diversas causas como: precipitaciones, uso excesivo de agua en el regadío y uso tradicional de riego de agua mediante camiones cisterna.

Las precipitaciones generadas (mayormente en las temporadas de verano) en el distrito de Pallasca son las causantes de la meteorización en gran parte del terreno que conforma los taludes presentes. Esto fue apreciado con facilidad en la zona de estudio, en donde, debido a lo meteorización en gran parte del talud se presenciaron deslizamientos de rocas. Por lo que Suarez (2013) se refiere a precipitaciones como al agua de lluvia que cae sobre algún área durante un tiempo, que influye directamente en la infiltración y en el régimen del agua subterránea, asimismo perturbando la estabilidad de taludes, generando procesos de desestabilización como los deslizamientos. Una evidencia clara es lo que ocurrió en Chiapas, México en 2007, según Mora y Rojas (2012) en donde durante un periodo de lluvias intensas se produjo un deslizamiento de aproximadamente 5 millones de metros cúbicos de suelo viéndose afectado el río Grijalva, al hacer el análisis de estabilidad se observó la variación de la cohesión producto del humedecimiento causado por las lluvias intensas.

Por otro lado, el uso excesivo del agua en el regadío genera la saturación parcial o total del suelo y consigo también escurrimiento superficial del agua sobre el talud. Debido a que la Unidad de Producción Pallasca ha comenzado sus operaciones recientemente (en temporada de lluvias moderadas), aún no se ha registrado consumo de agua como tal para el regadío de las vías, sin embargo, culminando dicha temporada, se tendrá que combatir la polución mediante el regadío. Por otra parte, en Cochilco, Chile, dicho caso pudo ser evidenciado según la Comisión Chilena del Cobre (2015), donde el consumo de este recurso llegó hasta los 14800 litros por segundo, una cantidad muy alta, la cual pronostica aumentar hasta un

66% para el año 2025. Una de las causas sería según FAO (2002) uso excesivo de agua en el regadío, el cual es uno de los grandes problemas, no solo de la minería, si no del mundo entero, ya que este recurso llega a ser sobreexplotado cuando el suministro de recursos renovables es superado por el consumo, empezando una situación insostenible, presenciándose cauces secos y generando problemas en otras áreas que necesitan el agua.

El uso tradicional de riego de agua mediante camiones cisterna es otra de las causas principales que genera la saturación de taludes debido a que no se tiene un control adecuado sobre la cantidad de agua al momento de su aplicación. En vista de que la Unidad de Producción Pallasca se encuentra en temporada de lluvias, aún no es necesario el uso de algún sistema para combatir la polución. Por lo cual, esta causa no ha sido presenciada en el lugar, sin embargo, todo apunta a que su método para combatir la polución será mediante camiones cisternas, por lo que se cree que esta causa será evidenciada en un futuro. Por su parte Hernández (2014) señala que otro factor del problema es el uso tradicional de riego mediante camiones cisternas, limitando el control de polvo en esta actividad permanente, lo cual, si bien es una solución efectiva, pero puede resultar muy costosa. Además, tampoco resulta eficiente en términos globales ya que mediante este método no se tiene un control adecuado en su aplicación, excediendo el uso del recurso hídrico sobre las vías de acarreo. Una evidencia concreta es lo señalado por Cavada (2016) quien habla de la Unidad Minera los bronces en Chile el cual combate la polución a través de métodos tradicionales que es el de regadío con agua, y debido a su ineficiencia y altos costos por las circunstancias meteorológicas desfavorables, el gran flujo vehicular y por contar con solo un acceso principal a la faena se ven obligados a implementar un mejor control de la polución con el uso de otros métodos.

Frente a todo lo expuesto se planteó la siguiente interrogante: ¿De qué manera un sistema eficiente de regadío puede prevenir la saturación de taludes en vías de acarreo? De esta manera, en la presente investigación se pretende, prevenir la saturación de taludes en vías de acarreo mediante un sistema eficiente de regadío, para lo cual, se formularon los siguientes objetivos específicos: Emplear la clasificación geomecánica RMR para analizar la calidad del macizo rocoso; Utilizar

el software SLIDE2 – 9.0 para establecer la relación entre el grado de saturación del suelo y el factor de seguridad de taludes de vías de acarreo y estudiar los diferentes sistemas de riego para prevenir el exceso de agua aplicada sobre vías de acarreo.

Con el cumplimiento de los objetivos planteados, se logró constatar la hipótesis que, mediante un sistema eficiente de riego, se podrá prevenir la saturación de taludes en vías de acarreo.

Así mismo la justificación del estudio del presente informe de investigación tuvo como objetivo ofrecer una prevención de la saturación de taludes mediante un sistema eficiente de riego, con el fin de prevenir procesos de desestabilización de taludes. La idea central se basó en la adquisición de datos de taludes de la vía de acarreo de la Unidad de Producción Pallasca que, combinados con conocimientos previos, ayudó a identificar los puntos específicos en el talud, tales como discontinuidades, presencia de agua, buzamiento y dirección de buzamiento del talud.

Desde un punto de vista social la empresa minera Los Andes S.A.C ayudara al desarrollo de la educación a través de la construcción de escuelas para niños que no cuenten con este beneficio, programas de apoyo educativo y de capacitación técnica, salud, proyectos de desarrollo sostenible entre otros. Por otra parte, en lo económico se tuvo en cuenta la demanda laboral importante para el distrito de Pallasca y sus alrededores, generando ingresos económicos y disminuyendo la pobreza de las poblaciones aledañas a la Minera.

Con respecto a lo teórico, se recurrió a material bibliográfico, como base principal para realizar un estudio de los diferentes sistemas de riego con el objetivo de prevenir la saturación en los taludes de vía de acarreo. En la parte práctica se tuvo en cuenta a la saturación de taludes como indicador clave en el estudio realizado, ya estando en campo se observó y tomó datos del talud presente de la vía de acarreo, las cuales al ser procesados dieron mejores resultados y consigo conocimiento exacto del talud.

II. MARCO TEÓRICO

Entre los antecedentes internacionales encontramos Giraldo Y Tejada (2016), Cali – Colombia realizaron una investigación sujeta al “Análisis de estabilidad de taludes bajo condiciones de infiltración por lluvia” teniendo como objetivo estudiar la relación lluvia – infiltración como agente detonante de inestabilidad de taludes, en la que concluyó que el suelo de la zona es susceptible a mayor infiltración, además de que presenta una conductividad hidráulica mayor, por ello el deslizamiento se produjo por la relación lluvia – infiltración. Por lo cual se resalta en dicha investigación que en un ambiente tropical existen agentes detonantes naturales, dentro de estos las lluvias intensas, generando infiltración de agua sobre el terreno, por ende, será directamente proporcional a la lluvia y a la inestabilidad de taludes, aunque cabe rescatar que también va a depender en gran parte del tipo de material que se encuentra en la zona.

Chávez (2015) realizó en Guayaquil una investigación sujeta a la “Incidencia del agua en los procesos de inestabilidad de taludes y laderas en el centro y norte de la ciudad de Guayaquil”, teniendo como objetivo general describir, evaluar y cuantificar la acción negativa del agua en diferentes condiciones, situaciones y mecanismos de desestabilización, relacionados a casos reales, para al mismo tiempo visualizar soluciones prácticas, en lo cual se estableció que las incidencias por precipitaciones son mayores cuando se realizan acciones antrópicas (deforestación) en especial en las obras ingenieriles. Por lo cual indudablemente el agua generará procesos de desestabilización de taludes y laderas, tanto que las escorrentías superficiales (por infiltración) llegan a generar meteorización, y que son captados a simple vista obteniendo los diferentes cambios físico-químicos. Tal cual cabe resaltar que el agua es uno de los factores naturales que más influye en la estabilidad de los taludes, pero también influyen algunos factores en el mismo proceso que actúa el agua tales como las discontinuidades, la climatología, el tipo de suelo, entre otros factores.

Sánchez (2009) realizó en Ambato una investigación referida a un “Modelo de aplicaciones tecnológicas para la protección de taludes desestabilizados por exceso de humedad en el distrito metropolitano de Quito a fin de disminuir la

accidentalidad y congestión vehicular”, con el objetivo de elaborar un modelo de aplicaciones tecnológicas para proteger los taludes desestabilizados en sus coberturas visible por exceso de humedad a fin de reducir la accidentalidad y congestión vehicular. Para lo cual, realizaron un análisis de la zona (topográfico, estabilidad de taludes y análisis de suelo) encontrándose saturación de suelos y a su vez deslaves, por lo cual se propuso como aplicaciones tecnológicas el revestimiento en pórticos de hormigón, recubrimientos en base a hidrosiembra o soluciones mixtas, hormigón lanzado. En particular en la serranía del Ecuador existe una topografía de tipo montañosa de donde el problema yace en los taludes de las vías de dicho lugar, en donde debido a un mal diseño de estas mismas existe saturación debido a las intensas lluvias en este lugar, lo cual ocasiona inestabilidad y se ve reflejado en los deslaves producidos.

Según los antecedentes nacionales encontramos a Velazco (2019) realizó en Lima una investigación titulada “Factibilidad de la implementación de un sistema de aspersores para la reducción del consumo de agua en vías de acarreo de una mina a tajo abierto”, con el propósito de reducir el gasto de agua implementando un sistema de aspersores de gran alcance, regando vías de acarreo de alto tránsito para camiones de gran capacidad, concluyendo que al implementar un sistema de aspersores de gran alcance se logra el ahorro de agua hasta en 37 % en las pruebas guía que se realizaron en mina y si es llevado a nivel de toda la unidad minera representaría un ahorro de 22 L/s a diferencia de 59 L/s que es utilizado en el regadío de vías. Acorde con lo mencionado, uno de los problemas que existen es la polución, que es combatida con agua por medio de camiones cisternas siendo el método de aplicación más usado. A su vez existen otros más efectivo como es el de aspersion el cual se ha demostrado que tiene un ahorro en agua obteniendo los mismos resultados con la polución, sin embargo, este sistema demanda de más inversión por lo que muchos empresarios optan por el sistema tradicional.

Sackschewski (2017) realizó en Lima – Perú una investigación titulada “Soluciones para la estabilidad de taludes de la carretera Canta-Huayllay entre las progresivas del km 102 al km 110” con el propósito de proporcionar soluciones que sean seguras – eficaces – económicas y la viabilidad para así asegurar la estabilidad de las laderas en el que obtuvo resultados del factor de seguridad con ayuda del

programa Slide v6.0 influenciado por la aceleración sísmica, concluyendo que la inestabilidad fue a causa de la construcción de trincheras de excavación además de filtraciones de agua entre las laderas. Así mismo la infiltración de agua desencadena muchos procesos de desestabilización como derrumbes, deslizamientos rotacionales y reptación de suelos, etc., para lograr estabilizar taludes afectados por la gran cantidad de agua. Lo primero que se debe hacer es controlar este recurso hídrico a través del drenaje, para posteriormente reformar los taludes sobre todo su inclinación.

Toro (2014) realizó en Jaén una investigación ligada a “Evaluación de la inestabilidad de taludes en la carretera Las Pirias – Cruce Lambayeque, San Ignacio”, con la intención de evaluar la inestabilidad de los taludes en la carretera Las Pirias – Cruce Lambayeque, San Ignacio, donde evaluaron 8 taludes inestables de los cuales se tomaron 2 como muestra las cuales se identificaron de acuerdo a los ensayos de laboratorio, obteniendo como resultado una geometría incorrecta en taludes inestables, falta de medidas de protección y mal drenaje de aguas en los 8 taludes inestables y un factor de seguridad menor a 1. Por lo cual, el factor de seguridad es una variable técnica que da una idea a lo que se enfrenta, siendo tan importante en cualquier obra ingenieril, del cual se debe tener un valor mayor o igual a 1, si no, este tendrá que rediseñarse para su ejecución.

En cuanto a las teorías relacionadas al tema, se presenta como variable dependiente a la saturación de taludes en vías de acarreo. Ramírez Y Alejano (2004) refieren a la presencia de agua en los macizos rocosos que siempre estará presente, pero en lo general encontrándose de diferentes formas, entre ellas al agua intergranular, las ocupan aberturas y poros entre los granos de las rocas y su almacenamiento va a depender su porosidad. En el caso de agua interfractural, estas ocupan las aberturas originadas por las discontinuidades en el macizo rocoso. Esta dependerá de las características y condiciones de las discontinuidades. Por otra parte, el agua en fallas actúa como redes hidrológicas subterráneas condicionados por aberturas y tipos de rellenos presentes, y pueden enlazar o aislar diferentes sistemas acuíferos. Por último, tenemos al agua en karsts las cuales constituye un sistema importante de almacenaje de agua. Creadas por disolución de materiales como caliza o yeso, generando ríos subterráneos.

Para Toro (2014), los parámetros básicos que afectan la estabilidad de talud que se presentan son; Parámetros geométricos las cuales indican que un talud está conformado por: altura, pendiente, curvatura, largo y ancho y áreas de infiltración arriba del talud. Los parámetros geológicos definirán las características o propiedades del suelo. Entre los elementos principales encontramos, a la formación geológica, en donde el comportamiento del terreno se dará a causa del origen de los materiales sea tanto ígneo metamórfico tendrán diferente comportamiento a suelos de origen sedimentario. En cuanto a la estructura y discontinuidades, son conductores de corrientes de agua subterránea que son formados por las discontinuidades que actúan también como planos de debilidad. Por otra parte, la meteorización se da cuando la roca o suelo sufre alteraciones por descomposición física o química, modificando su resistencia y permeabilidad. Por último, mencionamos a los parámetros hidrológicos, los deslizamientos de taludes, se da a causa de los cambios que se puedan generar en las aguas subterráneas. Estos pueden estar relacionados con la hidrología superficial, parámetros relacionados con la hidrogeología entre ellos las características de las lluvias.

Chávez (2015) menciona sobre los procesos de desestabilización relacionados al agua, los cuales se dividen en 3, entre ellos los deslizamientos, los cuales no son más que movimientos de masa (suelo) ya sea por naturaleza propia, flujos, hundimientos, entre otros. Generados por comportamientos geodinámicos de un área (zonas meteorizadas y deterioradas o grandes masas). En su mayoría es dada por acción climatología de la zona (presencia de lluvias frecuentes). Se denomina erosión a la anomalía generada por acciones antrópicas como son: la eliminación de vegetación, excavaciones, corte y rellenos sin control, entre otros factores. Se inicia con la colisión o choque entre las gotas de lluvia y la roca generando desgaste en esta. La erosión puede aumentar cuando se generan grandes acumulaciones de agua producto de grandes precipitaciones. Los procesos de desestabilización mixtos son tratados en el caso de desestabilización iniciado por el proceso de erosión interna y externa, que se dan en masas de suelo, previamente al deslizamiento. Este tipo de erosiones pueden generar zanjas profundas, formando paredes de socavación las cuales colapsan gradualmente, generando remoción de material gradualmente.

Carrillo [et al.] (2002) menciona que la clasificación geomecánica del macizo rocoso fue desarrollado originalmente en 1972 por el ingeniero Bieniawski, de forma sencilla la cual ayuda a evaluar la calidad del macizo rocoso, por medio de la cuantificación de parámetros de fácil medición. A su vez, Bonet [et al.] (2018) habla sobre las diferentes clasificaciones geomecánicas, entre las cuales se destaca el Q de Barton el cual toma en cuenta al RQD, al número de familias de discontinuidades, rugosidad, meteorización, la presencia de agua y los esfuerzos, por lo que es un método que se usa en trabajos de excavación. Para el GSI el cual tiene como objetivo estimar el límite de resistencia al corte del macizo rocoso, por lo cual no es un método completo. Por otro lado, menciona al RMR, un método muy usado hoy en día el cual se ha utilizado en el presente informe de investigación, por lo parámetros que toma en cuenta y al tratarse de un talud, los esfuerzos del macizo rocoso son omitidos.

(OSINERGMIN, 2017), GEOCONTROL hizo una modificación para la clasificación RMR de 1989, la cual consistió en reemplazar la valoración del RQD y del espaciado de las discontinuidades por la valoración de la cantidad de juntas por metro cúbico (J_v). Entre los parámetros podemos encontrar según Bongiorno y Norly (2012) mencionan, orientación de las discontinuidades, naturaleza de las Diaclasas y resistencia a la compresión simple de la roca intacta. (Ver anexo 11), además Muñoz y Gonzales (1987) indica a las condiciones hidrogeológicas y juntas por metro cúbico (J_v).

$$RQD=115 - 3.3 * J_v$$

Figura 1 RQD en función al J_v , propuesto por Palmstrom

Sánchez (2009) menciona que el análisis de estabilidad de taludes está definido en términos de factor de seguridad (ver anexo 15), el cual es la relación de fuerzas internas con las externas, donde se analiza la resistencia al corte causado por agentes externos e internos.

$$FS = \frac{FUERZA RESISTENTE}{FUERZAS ACTUANTES}$$

Figura 2 Ecuación del factor de seguridad

Cuando el factor de seguridad es igual o similar a 1, se dice que es una condición de equilibrio límite, cuando las fuerzas que resisten son mayores a las fuerzas actuantes, el talud está estable. La inestabilidad se dará, cuando sea lo contrario.

Tabla 1. Factor de seguridad

NORMATIVO	TALUD TEMPORAL		TALUD PERMANENTE	
	ESTÁTICA	SÍSMICA	ESTÁTICA	SÍSMICA
AASHTO LRFD	1.33-1.53	1.1	1.33-1.53	1.1
NAVFAC-DM7	1.3-1.25	1.2-1.15	1.5	1.2-1.115
FHWA-NHI-11-032	-	1.1	-	1.1
CE 020	-	-	1.5	1.25

Fuente: Alagón 2018

Según la variable Independiente, los sistemas de regadío según Cuello [et al.] (1989) menciona que, las condiciones físicas del terreno en el nivel litológico como en el climatológico, establecen que el rendimiento de agua no será el mismo para todas las zonas ya que a veces no se podrá contar con grandes cantidades de la misma o estables. Cabe resaltar según Gerencia regional de agricultura de Lambayeque (2009), se debe tener un diagnóstico de recurso hídrico permitiendo determinar la demanda de agua en cada sistema de regadío, teniendo en cuenta la necesidad hídrica que se requiera.

Fernández [et al.] (2010) indica que el riego por aspersión, es el método en donde el agua va a ser aplicado sobre la superficie de un terreno a través de forma de lluvia, dicho elemento saldrá a gran velocidad y fuerza y cubrirá la superficie del suelo hasta las capas más profundas. Por otra parte, Pérez [et al.] (2020) precisa que dicho método ayuda a mantener un uso eficiente del agua disponible y a su vez tener un aprovechamiento favorable de la energía eléctrica, para obtener resultados eficientes.

Fernández [et al.] (2010) indica que los aspersores son elementos instalados para el riego por aspersión. El movimiento giratorio de los aspersores será provocado por la presión de agua, dispersándose en forma de gotas que mojan la superficie. Además, Huamaní y Ruiz (2016) recalca un elemento esencial a tener en cuenta referente a la liberación de agua en forma de lluvia, la cual debe ser igual o menor a la velocidad de infiltración básica del suelo, con el fin de generar encharcamiento

o escurrimiento superficial del agua aplicada. Como resultado, se obtendrá un perfil de humedecimiento uniforme del suelo.

Santiago (2016) señala que los cañones de riego comprenden sistemas rotativos de riego a gran escala desarrollándose a gran presión, mojando grandes áreas y superficies. En su mayoría se encuentran montadas sobre carros o patines, que se adaptan a anchos y altos requeridos, desplazándose a lo largo de los caminos mientras estos son regados.

Alcalde (2017) hace referencia a los camiones cisternas como un medio de transporte de agua rápido para zonas que requieran dicho suministro de este recurso. No obstante, dichas operaciones de camión cisterna son de elevado costo y alto requerimiento de tiempo, para organizar y administrar los tipos de distribución, asimismo las cantidades de agua que son distribuidas tienen ciertos límites. Por otra parte, Grimaldo (2017) menciona que el uso de cisternas en el regado de vías será usado para aplacar polvos, evitar incendios entre otros.

Ministerio de Agricultura y Riego (2015) detalla que la eficiencia de un sistema de regadío es la relación de la cantidad de agua empleada en las vías de acarreo y la cantidad de agua suministrada desde la bocatoma. Esta eficiencia es medida a través de otras 3 eficiencias.

$$E_f = E_{f_c} \times E_{f_d} \times E_{f_a}$$

Figura 3 Eficiencia de riego

Dónde:

E_f = Eficiencia de sistema de riego

E_{f_c} = Eficiencia de conducción del canal principal

E_{f_d} = Eficiencia de distribución en canales laterales

E_{f_a} = Eficiencia de aplicación a nivel de vías de acarreo

La eficiencia de conducción permite determinar las pérdidas de caudal de agua que va por el canal principal, desde la bocatoma hasta el punto final del mismo canal.

$$E_{fc} = \frac{\text{Caudal que llega al final del Canal Principal} + \Sigma \text{ caudales de distribución}}{\text{Caudal de agua que entra al canal principal}} \times 100$$

Figura 4 Eficiencia de conducción

La eficiencia de distribución es la medida de todos los canales de distribución con los que cuenta el sistema, de 1er, 2do, etc. orden, los cuales permiten distribuir el recurso hídrico hacia distintas zonas. Esto permite medir la pérdida de caudal de agua entre las tomas de agua laterales del canal principal y el punto final del canal lateral (2do, 3er, etc. orden).

$$E_{fd} = \frac{\text{Caudal que llega al final del canal de distribución} + \Sigma \text{ caudales de los laterales}}{\text{Caudal de agua que entra al canal lateral}} \times 100$$

Figura 5 Ecuación para determinar la eficiencia de un canal de distribución

$$E_{fd} = \frac{\text{Sumatoria de eficiencias de Distribución de 1er. 2do. 3er. 4to... "n" orden}}{\text{Número total de canales de Distribución}}$$

Figura 5. 1 Ecuación para determinar la eficiencia de varios canales de distribución.

La eficiencia de aplicación es la cantidad de agua útil que permanece en las vías de acarreo después del riego, está en relación a la cantidad de agua que se aplicó.

$$E_{fa} = \frac{V_a}{V_d} \times 100$$

Figura 5 Ecuación para determinar la eficiencia de aplicación.

Dónde:

E_{fa}= Eficiencia de aplicación

V_a= Volumen almacenado en las vías de acarreo

V_d= Volumen derivado hacia las vías de acarreo

Huamán y Huamán (2018) a su vez detalla los diferentes aspersores a tener en cuenta, según el mecanismo de giro tenemos a los aspersores de impacto, aspersores de turbina o engranajes y aspersores rotativos o de reacción; según el área mojada es dividida de dos formas, aspersores circulares y los aspersores sectoriales.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El informe de investigación según CONCYTEC (2018) el tipo de estudio es básico; según Sampieri, Fernández y Baptista (2014) es de diseño no experimental, transversal explicativo, ya que se recolectará datos en un único momento en el lugar de estudio.

3.2. Variables y operacionalización

Variable Dependiente: Saturación de taludes en vías de acarreo

Variable Independiente: Sistema eficiente de regadío

Definición conceptual

- **Saturación de taludes de vías de acarreo:** Meza (2012) comenta que esto ocurre cuando las lluvias por infiltración ocupan todos los vacíos existentes en el terreno, haciendo que la presión de los poros aumente, induciendo a la disminución de la resistencia al corte, asimismo pudiendo activar un deslizamiento
- **Sistema eficiente de regadío:** Demin (2014) Hace referencia a la reposición que se realiza mediante el riego utilizando diferentes métodos, cada uno con ventajas y desventajas, todo esto cuando el contenido de agua en el lugar que se necesita es bajo. Lo importante es que el sistema de riego llegue a ser lo más eficiente posible, para que de esta forma el agua abarque más terreno.

Definición operacional

- **Saturación de taludes de vías de acarreo:** Esta variable será evaluada a través de los siguientes aspectos: clasificación geomecánica de Bieniaswki (RMR), factor de Seguridad y parámetros de diseño.
- **Sistema eficiente de regadío:** Esta variable será evaluada a través de los siguientes aspectos: eficiencia de conducción, eficiencia de distribución y eficiencia de aplicación.

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.

Población

De acuerdo al informe de investigación la población está conformada por la Unidad de Producción Pallasca.

Criterios de inclusión

Vías de acarreo con mediano tránsito.

Vías de acarreo a las que se puede acceder.

Vías de acarreo de fácil acceso.

Criterios de exclusión

Vías sobre taludes inestables.

Vías cerradas o que no se utilizan.

Muestra

La muestra lo constituyen 20 metros de talud de la principal vía de acarreo de la Unidad de Producción Pallasca.

Muestreo

Se utilizó un muestreo aleatorio o probabilístico simple.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas

Se entiende como el conjunto de reglas y procedimientos que le permiten al investigador establecer, la relación con el objeto o sujeto de investigación, esto se hace con el fin de recolectar datos, los cuales más adelante se pueden usar como herramienta de análisis.

- **Técnica de análisis documental:** Muñoz (2015) menciona que nos permite la recuperación de información para su posterior transformación, en el que un documento inicial sometido a operaciones de análisis se convierte en un documento secundario de más fácil acceso y difusión. Castillo (2004). Se usó la técnica de análisis documental para documentar información de

trabajos previos con la finalidad de estudiar los diferentes sistemas de regadío.

- **Técnica de observación:** Díaz (2010) es una técnica esencial en un trabajo de investigación, ya que de esta se extrae la mayor cantidad de datos, y consiste en observar fenómenos, personas, casos, hechos, objetos, acciones, etc., con el propósito de conseguir la información requerida para una investigación. Esta técnica fue usada para la realización de dos objetivos, para la obtención de datos para el RMR y para obtener datos para el software SLIDE2 9.0.

3.4.2. Instrumentos

Los instrumentos son aquellos que se aplican en un momento en particular con el objetivo de buscar información que será de mucha importancia para la investigación. Para este trabajo de investigación se tuvo en cuenta los siguientes instrumentos:

- a) **Fichas de investigación:** Se revisó diferentes documentos a analizar como base para este trabajo de investigación, con los cuáles se elaboraron diversas fichas de investigación entre ellas estudio de los diferentes sistemas de regadío.
- b) **Guía de observación de campo:** para la obtención de datos para el RMR, se utilizó un formato el cual consta de los siguientes ítems: zona, orientación, familia, tipo de discontinuidad, continuidad, rugosidad, resistencia, relleno, grado de meteorización, efecto del agua y observaciones, que fueron llenadas de acuerdo a la información obtenida en campo. (ver anexo 3). Y otro para la obtención de datos para el software SLIDE2 9.0, caracterizando tanto el terreno como el talud.

3.5. Procedimientos

Etapa 1: Etapa de la planificación.

Esta etapa consistió en la elaboración del proyecto y en la observación in-situ de la realidad problemática, para la cual como primer punto se obtuvo los permisos, las cuales fueron otorgados tanto por la universidad César Vallejo filial Chiclayo como por la Empresa Minera los Andes (Ver anexo 31), esta última por medio de su gerente general Gilberto Donayres Quispe, facilitando su aceptación para dirigirse hacia su ubicación (Laquibamba, Pallasca, Áncash) y realizar las siguientes actividades: Emplear la clasificación geomecánica RMR para analizar la calidad del macizo rocoso, Utilizar el software SLIDE2 9.0 para establecer la relación entre el grado de saturación del suelo y el factor de seguridad de taludes de vías de acarreo, usando como instrumento la guía de análisis documental y estudio de los diferentes sistemas de regadío, como alternativa para prevenir el exceso de agua, aplicada sobre vías de acarreo, utilizando como instrumento la guía de análisis documental.

Etapa 2: Etapa de la ejecución de la investigación y aplicación de instrumentos para el recojo de datos.

Se viajó desde la ciudad de Chiclayo hacia el distrito de Pallasca, de la región Áncash, en donde se ubica la Unidad de Producción Pallasca. Luego se procedió en primer lugar a reconocer el terreno, para luego emplear las técnicas de análisis documental y observación, que aplican para la obtención de datos referidos a la estabilidad de taludes, la muestra fue 20 metros de la principal vía de acarreo, en donde se tomaron diferentes mediciones de discontinuidades elegidas aleatoriamente. Los datos obtenidos en campo fueron analizados en gabinete mediante diferentes softwares (Microsoft Excel, DIPS 8.0 y SLIDE2 9.0), para lograr cumplir los objetivos de la presente investigación y comprobar la hipótesis planteada.

3.6. Método de análisis de datos

Calduch (2014). En cuanto al análisis de datos, se tomó como reseña el método de análisis inductivo, este método se basa en lo particular y concreto hacia lo general y abstracto. Por lo cual se afirmará que la inferencia inductiva es un razonamiento orientado hacia el fin.

Se usó el programa Excel como base para el análisis de los datos obtenidos en campo, la información analizada fue utilizada y aplicada en los softwares (DIPS 8.0 y SLIDE2 9.0), interpretando los resultados a través del método deductivo. Rodríguez y Pérez (2017) se refieren a deductivo como un proceso del pensamiento en donde a partir de afirmaciones generales se llegan a otras particulares aplicando las reglas de la lógica, en cual permite extraer conclusiones a partir de la organización de hechos conocidos. La información que se procesa, ayuda a ordenar las ideas, teniendo en cuenta los diferentes tipos de investigaciones y descifrar toda la información recaudada con base a los planteamientos teóricos, que es la base de la investigación realizada.

3.7. Aspectos éticos

Según las normas establecidas por la Universidad Cesar Vallejo, las cuales regulan las buenas prácticas y aseguran los principios éticos de un proyecto de investigación, garantizando el bienestar y autonomía de los participantes, los aspectos éticos a tomar en cuenta son los siguientes: Autonomía, Honestidad, Responsabilidad.

- **Autonomía**

Acopio de información de diferentes fuentes, teniendo en cuenta los autores correspondientes a sus investigaciones, haciendo uso de citas textuales y citas parafraseadas, de modo que se diferencian las aportaciones ajenas a la investigación de las aportaciones propias.

- **Honestidad**

Ya que la transparencia de la investigación, en la difusión de los hechos investigados, de tal manera que sea posible la obtención de resultados

repetitivos en caso de que otros investigadores deseen corroborar los hechos conocidos mediante nuevos estudios.

- **Responsabilidad**

El trabajo de investigación se ha elaborado con el cumplimiento de las condiciones éticas, de seguridad y legales, respetando las condiciones y términos que se han establecido en los proyectos de investigación.

IV. RESULTADOS

Los datos recopilados fueron procesados, analizados y estructurados teniendo en cuenta cada objetivo planteado en la investigación, de esta manera se evidencian de la siguiente forma.

4.1. Empleo de la clasificación geomecánica RMR para analizar la calidad del macizo rocoso.

Se midió un total de 50 discontinuidades (ver anexo 3) en un talud de la principal vía de acarreo de la Unidad de Producción Pallasca. La litología que predomina en el lugar es un gran cuerpo intrusivo (ver anexo 24), caracterizada por una graniodorita fresca. También hay presencia de rocas volcánicas (andesitas) que pertenecen al grupo Calipuy (ver anexo 25). El grupo Goyllarisquizga también está presente con litología sedimentaria que está constituida por estratos de areniscas fuertemente litificadas, lutitas abigarradas y calizas (ver anexo 26). En las zonas de contacto con el intrusivo hay rasgos de metamorfismo por la formación de hornfels abigarrados y calizas silicificadas con granate.

Con respecto a la geología del yacimiento, este presenta estructuras mineralizadas de betas hidrotermales, actualmente se explota la veta el “Inca” (ver anexo 27) que cuenta con una potencia de 1.5 metros (ver anexo 28), cuyo valor económico en general son sulfuros de hierro, arsénico, cobre y considerable contenido de oro. De acuerdo a esto se extrajo los parámetros que requiere el RMR tales como la orientación, caracterización de las discontinuidades, efecto del agua, etc. Los datos obtenidos fueron analizados en Excel.

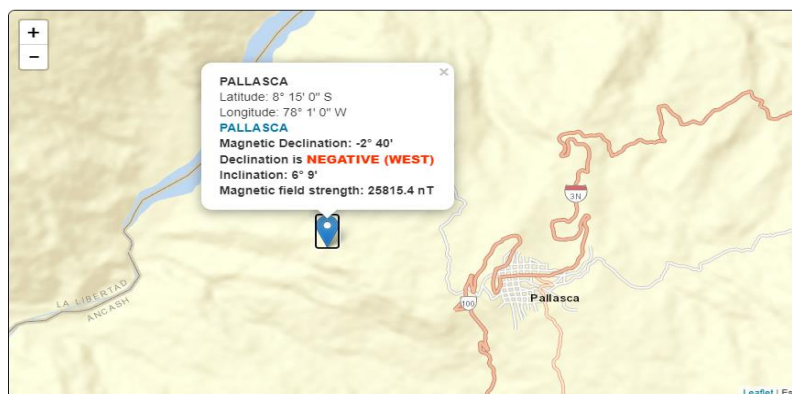


Figura 6. Declinación magnética de Pallasca

En cuanto a la orientación de las discontinuidades se tuvo que hacer una corrección. Pallasca se encuentra con una declinación magnética de -2° aproximadamente hacia el oeste, esto significa que el norte magnético está alejado 2° hacia el oeste del norte verdadero debido a que la brújula trabaja con el norte magnético, por lo cual, para obtener datos más exactos sobre la orientación de las discontinuidades, se corrige esta declinación, para alinear la orientación de las discontinuidades con el norte verdadero (ver anexo 17).

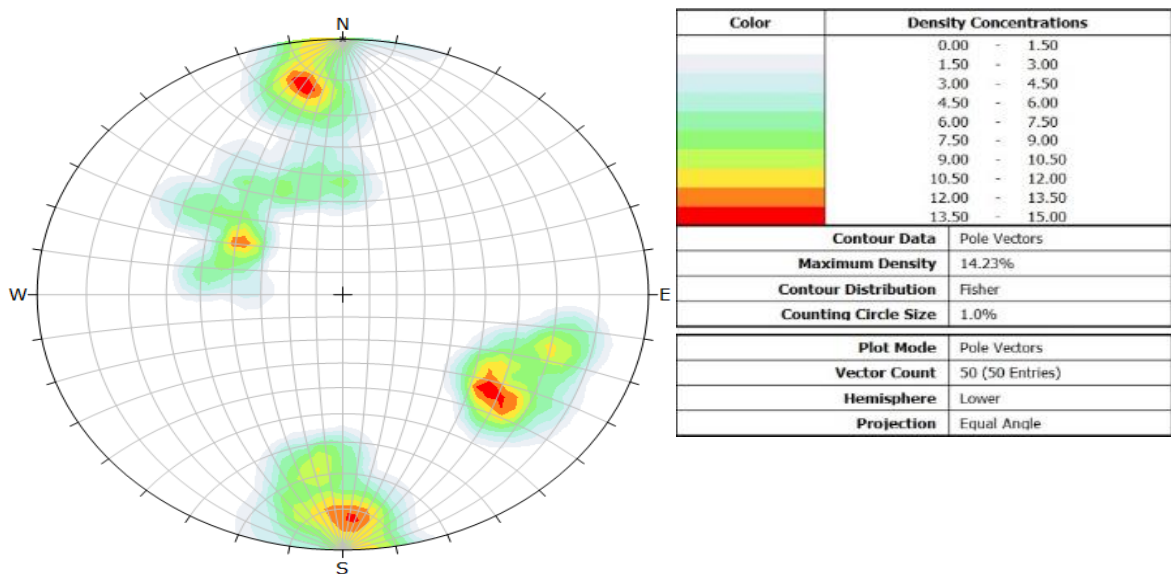


Figura 7. Representación estereográfica de las discontinuidades

Para el análisis de las discontinuidades, se trabajó en el software DIPS 8.0 utilizando su orientación de cada una. Al obtener su representación estereográfica, se pudo apreciar convergencias en diferentes puntos (fig. 7).

Según la densidad de concentraciones, las zonas más rojas son en las que convergen más discontinuidades, mientras que en las más blancas o claras, son en las que no hay presencia de discontinuidades con esa orientación.

Esta convergencia significa una similitud o igualdad en la orientación de las discontinuidades, esto va a facilitar su análisis debido a que son varios datos, por lo que se procede a agruparlos aprovechando la similitud que poseen en denominados sets o familias de discontinuidades como se aprecia en la figura 9.

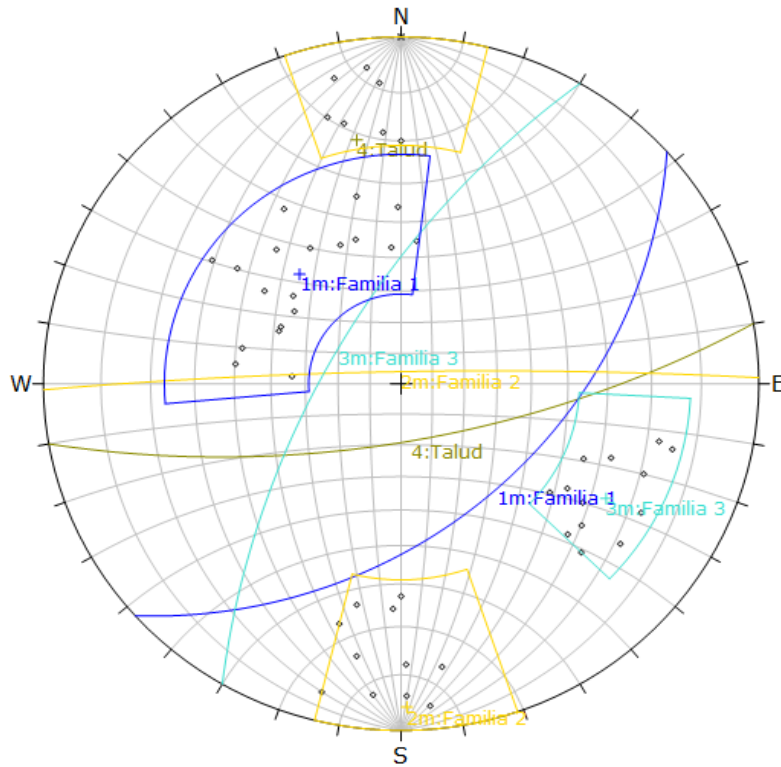


Figura 8. Representación estereográfica de las familias de discontinuidades.

Al agrupar las discontinuidades en la figura 8, se puede apreciar la representación estereográfica de las discontinuidades ya agrupadas por familias, en esta representación se diferencia los polos de cada discontinuidad, así como el círculo máximo de cada familia y el del talud.

A partir de la representación estereográfica podemos obtener varios datos, en primer lugar, al contrastar los círculos máximos de las familias con el del talud, se puede determinar el tipo de discontinuidad que existe en el talud, en este caso los ángulos que forman las familias de discontinuidades con el del talud no conforman ningún tipo de falla. Por otro lado, con un estudio más profundo también se puede llegar a obtener el factor de seguridad del talud. De esta forma las familias 1, 2 y 3, fueron agrupadas y analizadas por separado en Microsoft Excel (ver anexos 18, 19 y 20)

Respecto a la naturaleza de las diaclasas, cada parámetro de cada familia fue evaluado independientemente para llegar a un valor medio de cada uno.

Tabla 2. Continuidad de las discontinuidades

FAMILIA	CONTINUIDAD (en m.)					FAMILIA	CONTINUIDAD (en m.)				
	según rumbo		Según Buzamiento				según rumbo		Según Buzamiento		
	>20	10_20	3_10	1_3	<1		>20	10_20	3_10	1_3	<1
1				x	x	2				x	x
1			x		x	2				x	x
1			x		x	2				x	x
1				x		x				x	x
1			x		x	2	x				x
1			x	x		2			x	x	
1				x	x	2			x	x	
1			x	x		2			x		x
1				x	x	2			x		x
1		x				x			x		
1		x	x			2			x		x
1				x	x	2			x	x	
1				x	x	2			x		x
1				x	x	2			x	x	
1			x	x		2	x			x	
1			x	x		2			x	x	
1			x	x		2		x		x	
1			x	x		2			x	x	
1			x	x		2			x	x	
1			x	x		2			x	x	
V1=	0	1	7	9.5	1.5	V2=	30	15	6.5	2	0.5
V2=	30	15	6.5	2	0.5	V3=	30	7.5	29.25	17	1.8
V3=	0	15	45.5	19	0.75	V4=	86				
V4=	80					18			Nº discont.		
	19					4.8			Nº discont.		
	40.1								continuidad media		
									continuidad media		

FAMILIA	CONTINUIDAD (en m.)				
	según rumbo				
	Según Buzamiento				
	>20	10_20	3_10	1_3	<1
3			x		x
3				x	x
3			x	x	
3				x	x
3			x		x
3			x		x
3				x	x
3			x	x	
3				x	x
3				x	x
3			x	x	
3			x	x	
V1=	0	0	5.5	5.5	2
V2=	30	15	6.5	2	0.5
V3=	0	0	35.8	11	1
V4=	48				
	13		Nº discont.		
	3.7		continuidad media		

Fuente: Adaptado de RMR de GEOCONTROL por Javier Arzúa, 2019

Para la continuidad, cada marca o “x”, tiene un valor de 0.5, cada columna fue sumada de esta forma (V1), luego cada suma de cada columna fue multiplicada por los promedios de cada valor de este parámetro (V2), todos esos resultados (V3) fueron sumados (V4) para que finalmente esa suma se divida entre el número de discontinuidades. Se obtuvieron las continuidades medias de 40m, 4.8m y 3.7m de las familias 1, 2 y 3 respectivamente.

Se obtuvieron las continuidades medias de 40m, 4.8m y 3.7m de las familias 1, 2 y 3 respectivamente, siendo la familia 1 las más continua, por lo que está denominada con una continuidad muy alta (>20 m.), mientras que las familias 2 y 3 se encuentran en una continuidad media (3-10 m.), esta notable diferencia no significa nada.

FAMILIA	ESPACIADO (en m.)				
	>2	0,6 a 2	0,2 a 0,6	0,06 a 0,2	< 0,06
3			x		
3			x		
3	x				
3			x		
3			x		
3			x		
3			x		
3				x	
3				x	
3			x		
3					x
3				x	
3				x	
V1=	1	6	5	1	0
V2=	3	1.3	0.4	0.1	0.03
V3=	3	7.8	2	0.1	0
V4=	13			Jv	1.01
	13			Nº descont.	
	3.7			continuidad media	

Fuente: Adaptado de RMR de GEOCONTROL por Javier Arzúa, 2019

En cuanto al espaciado, fue trabajado de igual manera, en este caso cada “x” es igual a 1, de esta forma cada marca fue sumada de cada columna (V1), esta suma multiplica a los valores de medio de este parámetro (V2), el producto (V3) de todas las columnas es sumado (V4) y luego es dividido entre el número de discontinuidades de cada familia. Se obtuvieron espaciados medios de 0.54m, 0.48 y 0.99m de las familias 1, 2 y 3 respectivamente. Así mismo se halló las juntas por metro cúbico (Jv) para esto, el número de discontinuidades divide a la suma general de todas las columnas que se halló (V4).

El espaciado de las familias 1 y 2 se encuentran dentro del rango espaciado moderado (20 - 60 cm) mientras que la familia 3 es un espaciado denominado abierto (60 cm – 1 m). Por otro lado, el índice volumétrico de juntas (Jv) se encuentra en el rango de 1 – 3 que se refiere a bloques grandes.

Tabla 4. Rugosidad

FAMILIA	RUGOSIDAD		FAMILIA	RUGOSIDAD		FAMILIA	RUGOSIDAD	
	JRC	Descripción		JRC	Descripción		JRC	Descripción
1	14		2	4		3	12	
1	4		2	10		3	6	
1	14		2	16		3	4	
1	6		2	20		3	14	
1	16		2	12		3	14	
1	14		2	12		3	14	
1	10		2	10		3	16	
1	10		2	8		3	20	
1	12		2	4		3	6	
1	8		2	6		3	16	
1	20		2	8		3	4	
1	10		2	6		3	18	
1	4		2	8		3	8	
1	18		2	10		Media	12	
1	14		2	10				
1	8		2	8				
1	4		2	6				
1	12		2	14				
1	10		Media	10				
Media	11							

Fuente: Adaptado de RMR de GEOCONTROL por Javier Arzúa, 2019

Para la rugosidad solo se obtuvieron valores medios de cada familia, estos fueron 11, 10 y 12 para cada familia, 1, 2 y 3 respectivamente.

Para hallar la rugosidad se caracteriza tanto la ondulación como la aspereza de la discontinuidad, esto se hace in-situ con el tacto, los resultados que se han obtenido en este caso son similares, dentro de los perfiles normalizados las 3 familias se encuentran en el rango JRC de 10 a 12 (perfil 6) (Ver anexo 12).

Tabla 5. Relleno

FAMILIA	RELLENO		FAMILIA	RELLENO		FAMILIA	RELLENO	
	Espesor o Abertura	Mineral o Material		Espesor o Abertura	Mineral o Material		Espesor o Abertura	Mineral o Material
1	1 mm	blando	2	1 cm	blando	3	5 mm	blando
1	1 mm	blando	2	1 mm	blando	3	3 cm	
1	1 mm	blando	2	5 mm	blando	3	1 cm	
1	1 cm	blando	2	5mm	blando	3	1 mm	blando
1	1 mm	blando	2	3 cm		3	2 cm	blando
1	3 cm		2	cerrada		3	1 cm	blando
1	1 cm	blando	2	5 cm		3	1 mm	blando
1	1 mm	blando	2	1 cm	blando	3	5 mm	blando
1	1 cm	blando	2	3 mm		3	1 cm	
1	1 cm	blando	2	1 mm	blando	3	1 mm	blando
1	1 mm		2	2 cm	blando	3	1 mm	blando
1	1 cm		2	1 mm	blando	3	1 cm	
1	1 mm	blando	2	1 mm		3	1 mm	
1	1 mm		2	1 cm		Promedio	1mm a 3cm	Blando
1	1 mm		2	1 cm	blando			
1	1 cm	blando	2	1 mm	blando			
1	1 mm	blando	2	1 mm	blando			
1	1 mm	blando	2	5 mm	blando			
1	1 cm	blando	Promedio	0 a 3cm	Blando			
Promedio	1mm a 3cm	Blando						

Fuente: Adaptado de RMR de GEOCONTROL por Javier Arzúa, 2019

En cuanto al **relleno**, se encontró en su mayoría material blando, material fácil de desbrozar presente entre las aberturas, esto quiere decir que de cierta manera permeabiliza la salida o entrada de agua.

El relleno blando si bien es fácil de que se limpie, de cierta manera permeabiliza la salida o entrada de agua, aumentando la presión de poros y disminuyendo la resistencia al corte del talud.

Tabla 6. Grado de alteración

FAMILIA	Grado de alt.					FAMILIA	Grado de alt.					FAMILIA	Grado de alt.				
	I	II	III	IV	V		I	II	III	IV	V		I	II	III	IV	V
1			x			2			x		3				x		
1			x			2		x			3				x		
1			x			2			x		3	x					
1			x			2			x		3	x					
1			x			2			x		3				x		
1			x			2		x			3				x		
1	x					2		x			3				x		
1	x					2		x			3	x					
1			x			2		x			3				x		
1			x			2	x				3	x					
1		x				2		x			3				x		
1	x					2			x		Puntaje	4	5	4	0	0	
1	x					2			x		resultado					II	
1			x			2			x								
1			x			2			x								
1			x			2			x								
1			x			Puntaje	2	7	9	0	0						
Puntaje	4	2	13	0	0	resultado										III	
resultado						III											

Fuente: Adaptado de RMR de GEOCONTROL por Javier Arzúa, 2019

El **grado de alteración** de cada familia se obtuvo sumando las “x” de cada columna, dando como resultado un grado de alteración III para las familias 1 y 2, y un grado de alteración II para la familia 3.

Un grado de alteración III es una roca moderadamente meteorizada, significa sobre todo que la roca tiene presencia de manchas de óxido y además menos de la mitad del macizo rocoso aparece descompuesto o transformado en suelo, lo cual sí fue presenciado en el lugar.

Tabla 7. Resistencia

FAMILIA	RESISTENCIA			FAMILIA	RESISTENCIA			FAMILIA	RESISTENCIA		
	rango	JCS (MPa)			rango	JCS (MPa)			rango	JCS (MPa)	
1	25	50	38	2	5	25	15	3	5	25	15
1	50	100	75	2	50	100	75	3	100	250	175
1	25	50	38	2	50	100	75	3	100	250	175
1	25	50	38	2	50	100	75	3	100	250	175
1	25	50	38	2	50	100	75	3	25	50	38
1	100	250	175	2	100	250	175	3	5	25	15
1	25	50	38	2	25	50	38	3	100	250	175
1	25	50	38	2	25	50	38	3	1	5	3
1	5	25	15	2	5	25	15	3	1	5	3
1	25	50	38	2	25	50	38	3	25	50	38
1	5	25	15	2	25	50	38	3	100	250	175
1	5	25	15	2	25	50	38	3	5	25	15
1	25	50	38	2	50	100	75	3	50	100	75
1	100	250	175	2	5	25	15	Media	83		
1	50	100	75	2	50	100	75				
1	100	250	175	2	25	50	38				
1	25	50	38	2	25	50	38				
1	50	100	75	2	50	100	75				
1	50	100	75	Media	56						
Media	64										

Fuente: Adaptado de RMR de GEOCONTROL por Javier Arzúa, 2019

La **resistencia** fue obtenida a través de uso de una picota, su uso fue interpretada a través de una tabla (ver anexo 11) posteriormente, se trabajó con el promedio de todos los valores de cada familia.

Se han obtenido resultados de 64 Mpa, 56 Mpa y 83 Mpa respectivamente para las familias 1, 2 y 3, según estos resultados obtenidos, todas las familias de discontinuidades cuentan con una resistencia media, ya que se encuentran en el rango de 56 – 112 MPa

Tabla 9. Resultado de RMR básico

Parámetros	Valor	Unidades	Valoración
Resistencia a compresión simple	68	MPa	7
Jv	6		26
Continuidad	16.2	m	1
Apertura	0 a 3	cm	0
Rugosidad	11		6
Relleno	blando		0
Grado de meteorización	III		3
Efecto del agua	seco		12
		RMR básico	55

Fuente: Adaptado de RMR de GEOCONTROL por Javier Arzúa, 2019

Finalmente se obtuvo la media de todos los parámetros de cada familia, para que luego se les asigne una valoración según la clasificación geomecánica de Bieniawski (criterio modificado por GEOCONTROL) (ver anexo 16). Para obtener finalmente un RMR básico de 55 en un talud inestable, conformado por rocas calizas y andesitas, con presencia de óxidos, medianamente fracturado y meteorizado lo cual está catalogado como un tipo de roca regular de clase III, que en este rango cuenta con cohesión de 200 – 300 Kpa y ángulo de fricción de 25° - 35°.

De esta forma se puede decir que para hallar el RMR es necesario caracterizar el macizo rocoso lo cual afirma la hipótesis específica planteada.

4.2 Utilización del software SLIDE2 – 9.0 para establecer la relación entre el grado de saturación del suelo y el factor de seguridad de taludes de vías de acarreo.

Para hallar la relación que existe entre el grado de saturación del suelo y el factor de seguridad se utilizó el software ROSCIENSE SLIDE2 – 9.0, con el cual se simularon diferentes grados de saturación (estos fueron aproximaciones con ayuda del software) para analizar el factor de seguridad en cada caso. Para el cálculo del factor de seguridad el software brinda el método de equilibrio límite, en donde compara fuerzas estabilizadoras y desestabilizadoras, teniendo en cuenta los parámetros del criterio de rotura de Morh-Coulomb. En campo se obtuvieron datos necesarios para describir el terreno y el talud para este trabajo con una guía de observación (ver anexo 4). Cabe rescatar que, al no notar la presencia de agua en el talud, no se consideró un nivel de agua para el análisis, por lo que se trabajó con un talud no saturado.

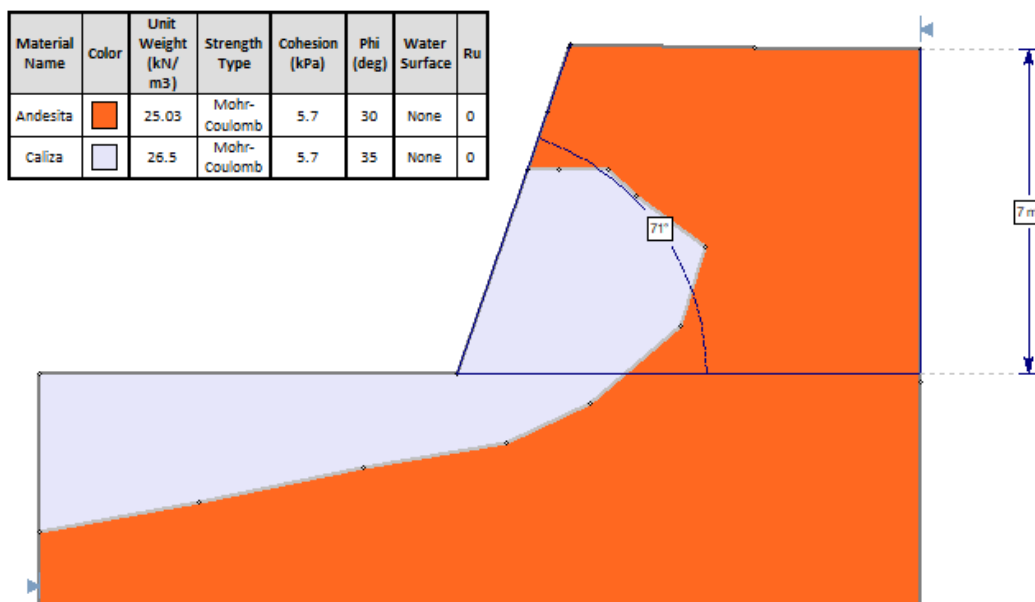


Figura 9. Geometría del talud en el software SLIDE2 – 9.0

En cuanto a la geometría del talud, tiene una altura de 7m, un ancho de 20m, y una pendiente de 71° (hallado con ayuda de una brújula de tipo Brunton); Respecto a la geología, en el talud están presentes 2 tipos de materiales que son la andesita de color blanco y la caliza de color anaranjado de orígenes ígneo volcánico y sedimentario respectivamente; al ser una representación en caso seco, no se ve afectado por parámetros hidrológicos. Esta representación da una idea visual del talud, ya que los parámetros geométricos (excepto la pendiente), son omitidos por el software a la hora de calcular el factor de seguridad.

Para el análisis del talud se pueden utilizar entre uno u otro criterio de rotura, el software brinda varios entre ellos, Barton – Bandis, Hoek – Brown, Mohr – Coulomb, entre otros, siendo este último el que se ha utilizado, ya que los parámetros que necesita son la cohesión y el ángulo de fricción, los cuáles se pueden obtener fácilmente de las tablas preestablecidas (ver anexos 9 y 10); la andesita y la caliza presentan igual cohesión, mientras que en el ángulo de fricción, la caliza es mayor que la andesita ($35^\circ > 30^\circ$), esto quiere decir que la andesita desliza más fácilmente que la caliza dependiendo de la inclinación del talud. Por otro lado, se descarta la presencia de karst debido a que el talud se encuentra seco.

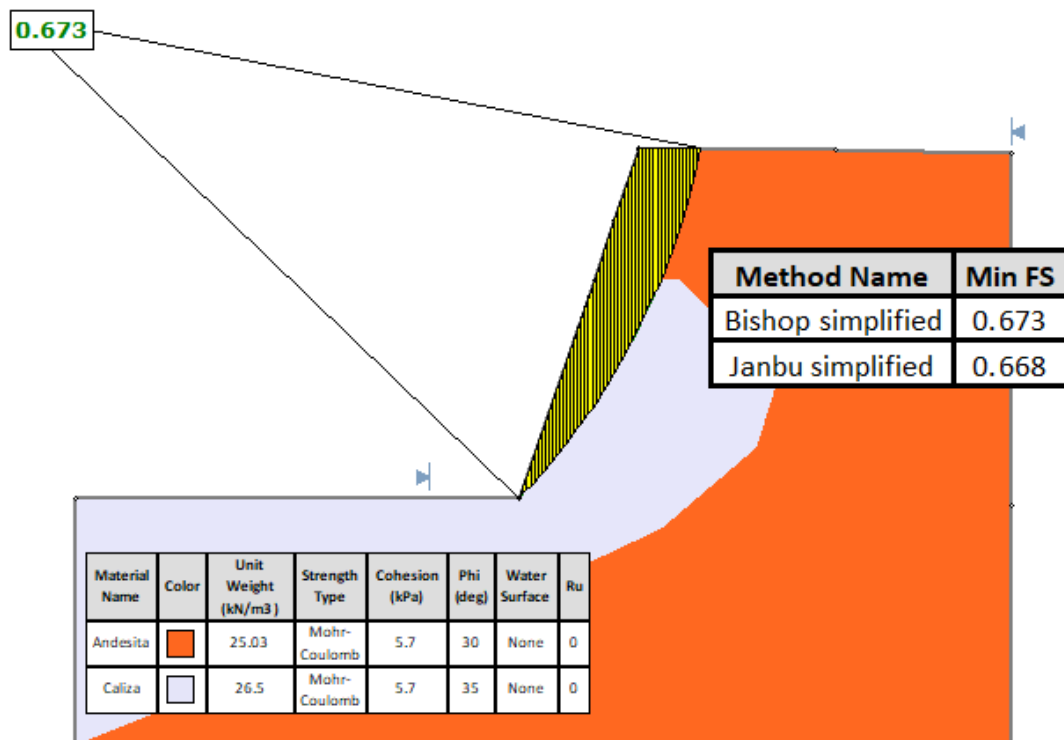


Figura 10. Factor de seguridad del talud

Para el análisis del factor de seguridad del talud se utilizó el Criterio de Mohr-Coulomb el cual requiere la cohesión y el ángulo de fricción de los materiales, se analizó sin presencia de agua (caso seco). El factor de seguridad del talud es de 0.67 aproximadamente, lo cual significa que no es estable, por lo tanto, fallará, en donde al no haber presencia de agua, esta desestabilización se debe tanto a geología como a la geometría del talud. La parte del talud sombreada de color amarillo (fig. 10), es el material que se deslizará.

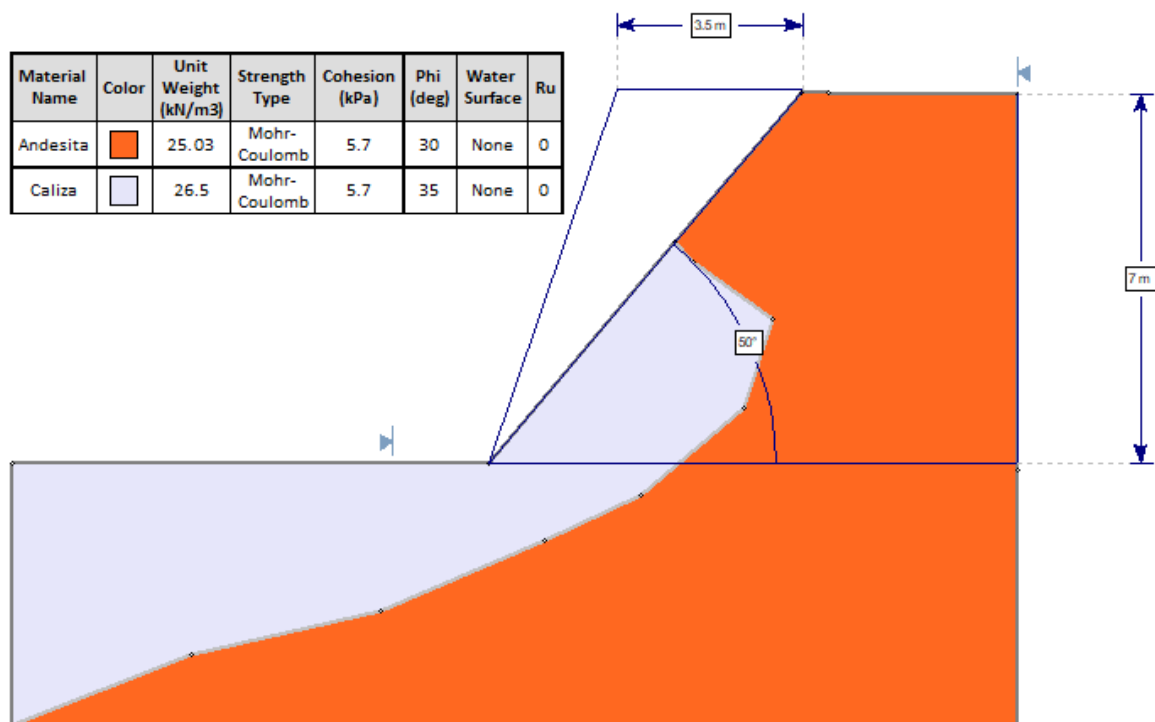


Figura 11. Remodelación geométrica del talud

Con el fin de simular la saturación del talud, se procedió primero a estabilizarlo con ayuda del software cortando toda la parte del material que desliza (figura 11). Este corte superior fue de 3.5 metros, lo cual es la distancia necesaria para conseguir extraer el material a deslizar, de tal forma que se consiga un talud uniformemente inclinado, obteniendo como nuevo ángulo del talud de 50°.

La acción de disminuir la pendiente del talud es un método para estabilizar taludes (remodelación de la geometría), sin embargo, para optar por este método se tienen que hacer estudios técnicos y económicos, ya que existen otros métodos como la fortificación que hoy en día es muy usada.

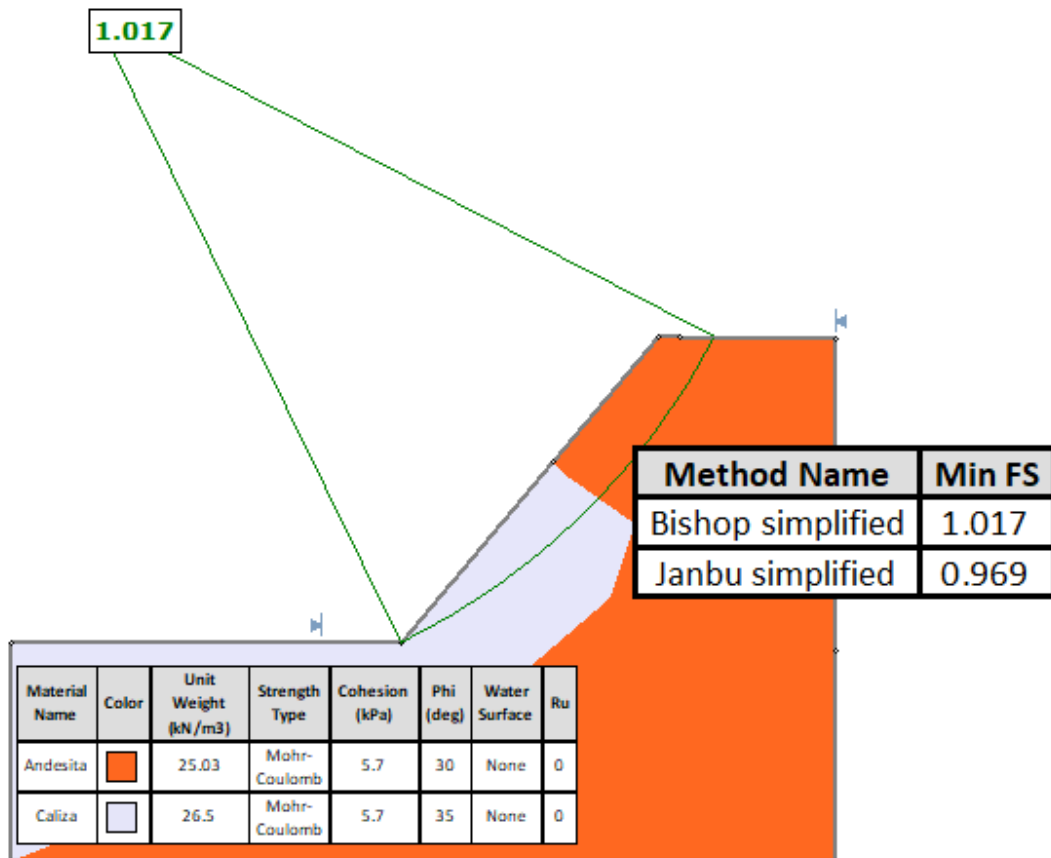


Figura12. Factor de seguridad del talud con geometría modificada

El factor de seguridad del talud con geometría modificada es de aproximadamente 1, logrando así su estabilización (caso seco). Cabe rescatar que lo único que se modificó de su geometría es la pendiente, el resto de parámetros se mantienen.

Un talud con factor de seguridad igual a 1 quiere decir que las fuerzas estabilizadoras con las desestabilizadoras son aproximadamente iguales, por lo que se dice que el talud es estable debido a que hay un equilibrio entre estas fuerzas.

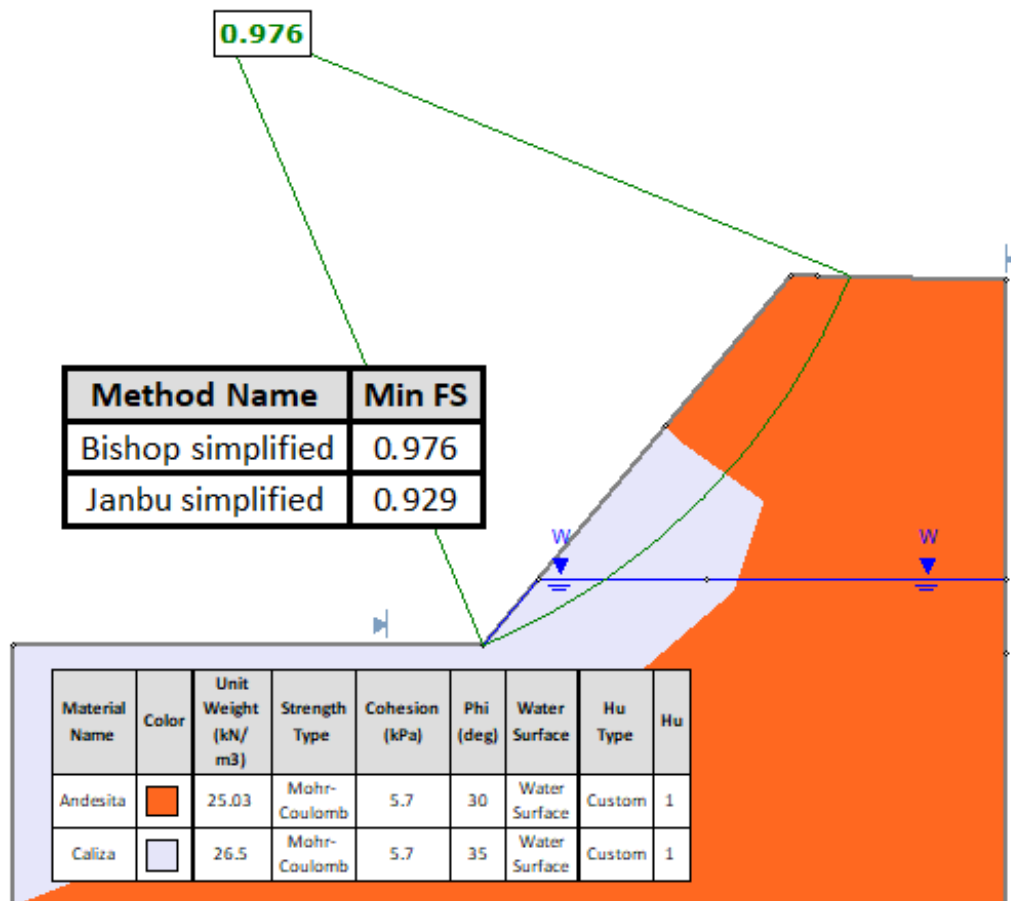


Figura 13. Factor de seguridad del talud modificado con saturación al 25% (simulación 1)

En cuanto a la simulación (1), con una saturación del talud al 25% el factor de seguridad disminuye, ahora es poco menos que 1, por lo tanto, ahora las fuerzas desestabilizadoras son ligeramente mayores a las estabilizadoras, es muy probable que el talud falle ya que el equilibrio entre las fuerzas ya no existe.

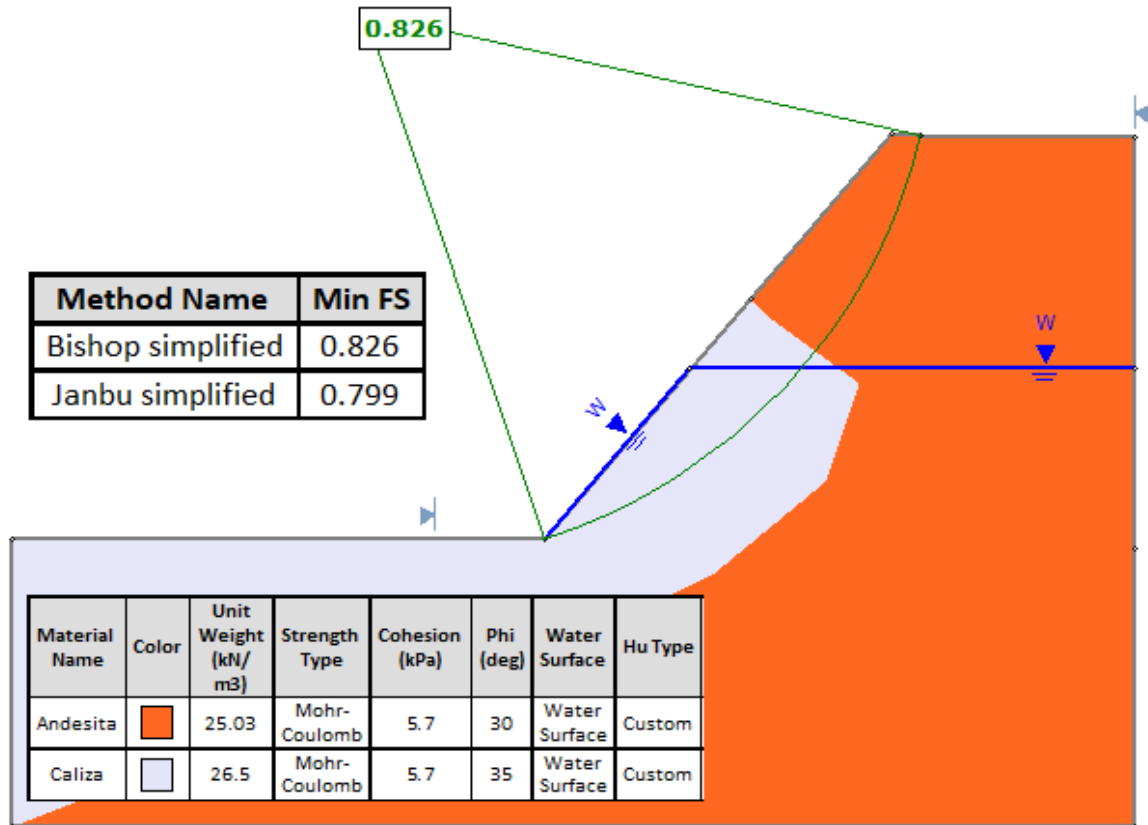


Figura 14. Factor de seguridad del talud modificado con saturación al 50% (simulación 2)

Para la Simulación (2), con una saturación al 50% del talud, el factor de seguridad cae a 0.826, lo cual significa que este talud ya no es estable y fallará producto de la cantidad considerable de agua que se ha infiltrado en él. El agua ingresa a los poros del macizo rocoso y aumenta la presión de ellos disminuyendo la resistencia al corte, por lo cual las fuerzas estabilizadoras se ven superadas por las desestabilizadoras por lo que se produce un deslizamiento.

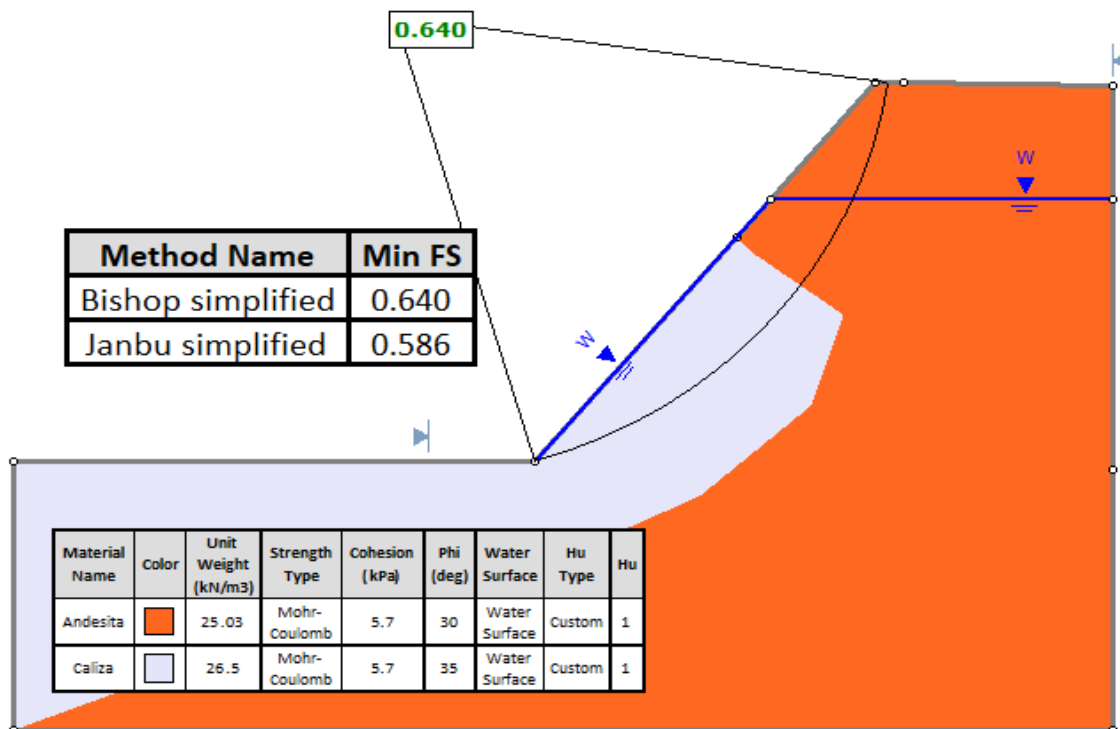


Figura 15. Factor de seguridad del talud modificado con saturación al 75% (simulación 3)

De acuerdo a la simulación (3), con una saturación aproximada del 75% del talud, el factor de seguridad es 0.64, las fuerzas desestabilizadoras en este punto ya son muy superiores, por lo que este talud indudablemente fallará. Con una saturación así, se podrían observar flujos de agua en el talud a simple vista, para estabilizar a este talud, se debería en primer lugar bombear el agua en su interior.

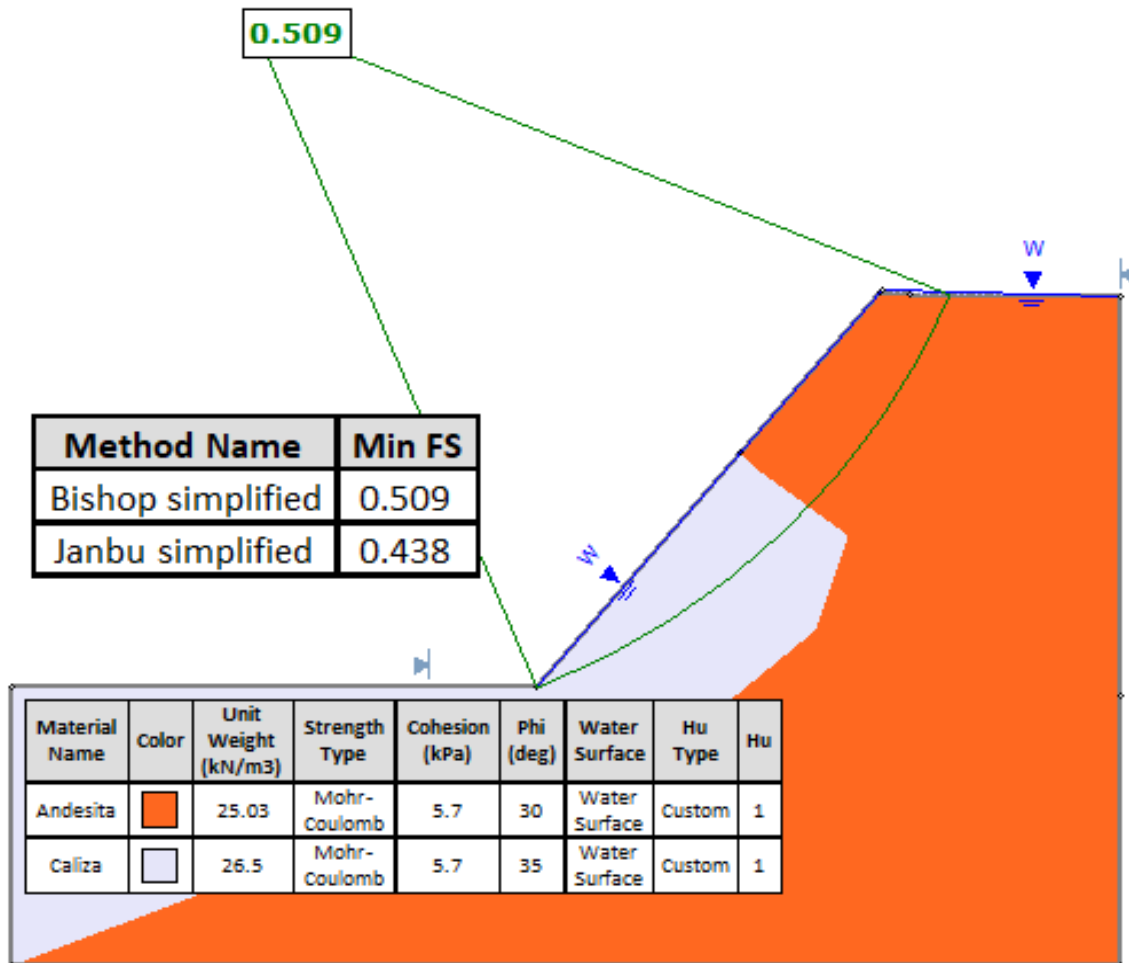


Figura 16. Factor de seguridad del talud modificado totalmente saturado (simulación 4)

Por último, para la simulación (4), con el talud totalmente saturado el factor de seguridad es 0.509, las fuerzas desestabilizadoras son el doble que las estabilizadoras, por lo que no hay duda de que este talud fallará. Un talud por lo general, llega a saturarse completamente en un periodo de lluvias extraordinarias, lo cual además tomo en cuenta a los materiales presentes, a las características que presenten.

Tabla 10. Relación grado de saturación – Factor de seguridad

Saturación (%)	Factor de seguridad
0	1.017
25	0.976
50	0.826
75	0.640
100	0.509

Fuente: Elaboración propia

Al simular diferentes porcentajes de saturación de agua en el talud, se puede notar el cambio en el factor de seguridad, el cual es indirectamente proporcional al nivel de saturación de agua. Por lo que se resalta que el agua es un factor muy importante que afecta directamente en la estabilidad de taludes, debido a que el agua al interior del macizo rocoso, aumenta la presión de los poros, disminuyendo la resistencia al corte y por ende las fuerzas estabilizadoras se ven afectadas negativamente.

4.3 Estudio de un sistema eficiente de riego para prevenir la saturación de taludes

Tabla 11 Ventajas y desventajas de los sistemas de riego

Sistema de riego	Ventajas	Desventajas
Mediante Camiones cisterna	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Medio de transporte rápido. ➤ Puede utilizar aguas residuales o subterráneas. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Elevados costos de operación. ➤ Distribución de agua limitada. ➤ Requiere una flota de vehículos, mantenimiento frecuente, combustible y personal. ➤ Necesita rutas en buenas condiciones. ➤ Tiempos elevados de riego.
Mediante cañones de agua	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Riego de extensas áreas de suelo 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Necesita grandes presiones de agua. ➤ Necesita vías de transporte en buenas condiciones.
Aspersión	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aplicación del agua en forma de lluvia. ➤ Cubre la superficie del suelo hasta capas más profundas. ➤ Diferentes equipos aspersores según se requiera. ➤ Sistema automático de riego. ➤ Gran cobertura para riego. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Necesita una red de distribución. ➤ Se necesita un estudio más profundo de la zona a regar para definir las características del sistema. ➤ Pérdidas de caudales en las redes de distribución.

Fuente: Elaboración propio

En la tabla 11 se presentan ventajas y desventajas de los sistemas de riego para equipos de camiones cisternas, cañones de agua y aspersión, teniendo en cuenta su capacidad de orden de trabajo, su aplicación y distribución sobre el terreno.

Partiendo de dicho estudio se pudo obtener relevancia en su aplicación que es dada sobre el terreno, las cuales pueden realizarse de forma rápida y eficaz. La liberación de agua de cada sistema se da de diferentes formas, a través de chorros de agua que van directamente sobre el terreno (camiones cisternas), liberación de agua a

través de grandes gotas abarcando extensas áreas (cañones de agua) y mediante pequeñas gotas de agua en forma de lluvia (aspersión). La utilización de cañones de agua y aspersores ofrecen ventajas en su adquisición de los equipos, las cuales varían de acuerdo a sus especificaciones técnicas (ver anexos 36, 37, 38).

Así mismo se tiene en cuenta parámetros tales como climatología del lugar, agua disponible y condiciones del terreno de las vías de acarreo. En este caso en la hidrología de zona de estudio resalta la existencia de 3 quebradas (Q. Chorro grande, Q.Suso, Q, Chorro) influentes en el área de la actividad minera, que son afluentes del río Conchucos, en donde el proyecto tiene acción directa con la quebrada Chorro y una acción indirecta con la quebrada Chorro grande (ver anexo 30), por lo cual la distribución de agua estará dada de acuerdo al equipo a utilizar. Al tener un sistema mecanizado tal como los camiones cisternas, se generarán elevados costos de operación, aumentando las horas de trabajo y elevando los tiempos de regadío, a diferencia de los cañones de agua las cuales pueden ofrecer ventajas sobre los camiones cisternas manteniendo un riego estable sobre áreas extensas, usando grandes cantidades de agua, desfavoreciendo dicho recurso para otras actividades en la zona de trabajo.

Consigno, el sistema de riego por aspersión ofrece mayores ventajas sobre estos dos equipos, trabajando con menores cantidades de agua, teniendo gran cobertura de aplicación, pudiendo ser manejadas por solo un operador generando un sistema automático de regadío, y satisfaciendo las mismas necesidades que puedan generar los dos sistemas ya antes mencionados.

Por otro lado, se tuvo en cuenta equipos en el proceso de carguío y acarreo en los cuales se emplean equipos tales como carretillas, lampas, carros mineros y volquetes de 15 m³ (25 TM) de capacidad. Las reservas se explotan por un método de explotación subterráneo (Shirinkage dinámico) a un ritmo promedio de 50 toneladas métricas al día con una relación de desbroce de 2:1 para mineral/desmonte, con una extracción total de 75 TM. La minera solo cuenta con un volquete para el transporte de material desde bocamina, por lo cual al día se realizan 3 viajes por la principal vía de acarreo con una distancia total de 650 metros hasta planta, un ancho de 30 metros y una gradiente de 5.7% (ver anexo 29).

V. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos confirman la hipótesis planteada que mediante un sistema eficiente de regadío se podrá prevenir la saturación de taludes en vías de acarreo, debido a que, al estudiar los diferentes sistemas de regadío, se pueden comparar sus ventajas y desventajas, y si bien es cierto, el regadío mediante camiones cisternas es el más usado, en términos globales no es el más eficiente como lo corrobora Hernández (2014) en la Revista Construcción Minera donde indica que el control de polvo se ha limitado simplemente a esta actividad (riego mediante camiones cisterna) de manera permanente, lo cual si bien es una solución a la polución puede resultar ser muy costosa en caso en esa zona el agua sea escasa y por lo tanto cara, además tampoco resulta ser muy eficiente en términos globales, ya que mediante este método no se tiene un total control en la aplicación, pudiendo exceder en el uso de agua aplicada sobre las vías de acarreo generando saturación en las taludes.

Para el primer objetivo específico, emplear la clasificación geomecánica R.M.R para analizar la calidad del macizo rocoso se obtuvo como resultado un tipo de roca media con un R.M.R de 55 lo cual está catalogado como un tipo de roca regular de clase III, con presencia de dos materiales que son la caliza y la andesita, rocas sedimentaria e ígnea volcánica, en el cual para poder llegar a dicho resultado se tuvo que caracterizar el macizo rocoso, afirmando la hipótesis planteada en este objetivo específico donde el R.M.R es obtenido mediante las características que presenta el macizo rocoso, lo cual confirma lo dicho por Muñoz Y Gonzales (1987) en la Revista Henares en la que señala que para evaluar la calidad del macizo rocoso mediante el R.M.R es necesario sumar cinco magnitudes geológicas que componen el índice R.M.R que, como parámetro de matriz rocosa es evaluada: resistencia de la roca intacta, R.Q.D., espaciado de las discontinuidades y condición de las discontinuidades además de las condiciones hidrogeológicas. Cabe rescatar que estos parámetros componen al R.M.R de 1979, y han seguido sufriendo algunos cambios hasta llegar al que se ha utilizado en este informe de investigación que es el R.M.R 1979 modificado por GEOCONTROL en el año 1999, el cual reemplaza el R.Q.D. por el Jv.

Para el segundo objetivo específico utilizar el software SLIDE2 – 9.0 para establecer la relación entre el grado de saturación del suelo y el factor de seguridad de taludes de vías de acarreo se obtuvo como resultado que el nivel de saturación de suelo es indirectamente proporcional al factor de seguridad, esto quiere decir que mientras más alto sea el nivel de saturación del suelo, el factor de seguridad será menor. Asimismo, las probabilidades de que se produzca un proceso de desestabilización va aumentado, lo cual se relaciona con lo que los autores Giraldo y Tejeda (2016) plasmaron en su investigación sujeta al “Análisis de estabilidad de taludes bajo condiciones de infiltración por lluvia” en donde obtuvieron como resultado que a mayor infiltración de agua de lluvias, es más probable que se produzcan deslizamientos debido a que el suelo de la zona estudiada es susceptible a mayor infiltración, además de que presenta una conductividad hidráulica mayor, por ello el deslizamiento se produjo por la relación lluvia – infiltración como sucedió en su lugar de estudio, Cali – Colombia. Lo cual quiere decir que la infiltración de agua también va a depender del tipo de materiales y características que presente el terreno para facilitar o dificultar la infiltración del agua.

Asimismo, Chávez (2015) en su investigación titulada “Incidencia del agua en los procesos de inestabilidad de taludes y laderas en el centro y norte de la ciudad de Guayaquil” indica que el agua indudablemente generará procesos de desestabilización de taludes y laderas, tanto que las escorrentías superficiales (por infiltración) llegan a generar meteorización, y que son captados a simple vista obteniendo los diferentes cambios físico-químicos, lo cual corrobora los resultados obtenidos, en donde el agua afecta directamente a la estabilidad de taludes.

Para el tercer objetivo específico estudiar los diferentes sistemas de regadío para prevenir el exceso de agua aplicada sobre vías de acarreo se obtuvo como resultado que el regadío por aspersión llega a ser un sistema muy eficiente debido a su fácil adquisición de equipos y bajos costos, a su gran versatilidad a la hora de aplicar el agua sobre el terreno, tener facilidad de manejo de trabajo realizado por un operador generando un sistema automático de regadío, consigo un ahorro de agua mayor a diferencia de lo que puede generarse con los camiones cisternas, ya que estos dependerán de su capacidad máxima para transportar dicho recurso

limitándose a las aplicaciones sobre el terreno, recurriendo a abastecerse nuevamente para seguir cumpliendo la misma función. Por ende el sistema de regadío por aspersión tendrá en cuenta el equipo más adecuado de acuerdo al estudio aplicado sobre la zona de trabajo, para definir las características más apropiadas del equipo, obteniendo mejores resultados sobre la superficie aplicada y prevenir la saturación de taludes, tal como lo afirma Velazco (2019) en su investigación titulada “Factibilidad de la implementación de un sistema de aspersores para la reducción del consumo de agua en vías de acarreo de una mina a tajo abierto” en la cual resalta la eficiencia de los aspersores por encima de los camiones cisterna, llegando a ahorrar un 37% de agua y si es llevado a nivel de toda la unidad minera representaría un ahorro de 22 L/s a diferencia de 59 L/s que es utilizado en el regadío de vías, y además en términos de costos tanto CAPEX como OPEX con las pruebas que realizó en un año, el sistema de aspersores resulta mucho más económico que mediante camiones cisterna, sobre todo en costos de operación.

VI. CONCLUSIONES

1. En este trabajo se empleó la clasificación geomecánica RMR para analizar la calidad del macizo rocoso, de acuerdo al análisis de cada parámetro del RMR básico modificado por GEOCONTROL, se obtuvo como resultado un RMR igual a 55, catalogado como tipo de roca media de clase III, el cual cuenta con una cohesión de 200-300 Kpa y un ángulo de fricción de 25° - 35° , por lo que se concluye que es un talud inestable, con presencia de óxidos, medianamente fracturado y meteorizado, lo cual se determinó a través de las características estructurales y geológicas de la zona de estudio. Este estudio influye significativamente en la estabilidad de taludes, determinación del grado de riesgo y generar medidas necesarias frente a daños que se puedan generar. Las características más relevantes de la zona de estudio son las siguientes: el talud está conformado por dos tipos de roca, rocas calizas (rocas sedimentarias) y andesitas (roca volcánica), con presencia de óxido y además cuenta con un grado de meteorización III.
2. En la utilización del software SLIDE2 - 9.0 para establecer la relación entre el grado de saturación del suelo y el factor de seguridad de taludes de vías de acarreo, se encontró con una geometría de talud de 20 metros de ancho, 7 metros de altura y una pendiente de talud de 71° . Se obtuvo un factor de seguridad de 0.67 aplicando el criterio de Mohr-Coulomb, sin presencia de agua, de lo cual se tiene un terreno inestable. De acuerdo a ello se generó una modificación al talud, para lo cual se realizó un corte del material que desliza de 3.5 m, obteniendo un nuevo ángulo de talud de 50° . De acuerdo a esto se obtuvo un nuevo factor de seguridad de 1.017, logrando su estabilización en caso seco. Logrado su estabilización, se simuló diferentes grados de saturación del talud, al 25%, 50%, 75% y 100% obteniendo factores de seguridad de 0.976, 0.826, 0.64 y 0.509 respectivamente, generando disminución del factor de seguridad progresivamente al aumento de infiltración de agua sobre el talud, generando una disminución de resistencia al corte y por ende las fuerzas estabilizadoras se ven afectadas negativamente.

Por lo cual se concluye que el agua es un factor que afecta directamente en la estabilidad de taludes, para el cual, si no se hace un estudio técnico adecuado, puede llegar a generar procesos de desestabilización como los deslizamientos. En estos estudios, el factor de seguridad da una idea de la seguridad con la que se trabaja ya que no es una variable real, si no técnica y si bien es cierto que un factor de seguridad mayor a 1 quiere decir que ese talud es estable, variando en función al tipo de obra que se realice.

3. En cuanto al tercer objetivo específico, se estudió los diferentes sistemas de regadío para prevenir el exceso de agua aplicada sobre vías de acarreo obteniendo sus ventajas y desventajas del sistema. De acuerdo a su estudio de los 3 sistemas de regadío, se obtuvo mayor relevancia en equipos aspersores, generando mayor aplicación sobre el terreno, obteniendo un control adecuado sobre el recurso hídrico, de fácil manejo a través de un operador generando un sistema de riego prácticamente automático, con bajo costo de inversión, a diferencia de equipos cisternas, las cuales son muy usadas en el ámbito de riego sobre vías mineras, las cuales demandan de grandes inversiones para la obtención de dichos equipos sumándose a esto elevados tiempos de aplicación, altos costos de operación, distribución limitada de recurso hídrico, y mantener vías en buenas condiciones. De acuerdo a ello se debe generar un estudio de la zona de aplicación para definir las características más apropiadas del equipo de aspersores.

VII. RECOMENDACIONES

- Al momento de obtener la resistencia de la roca intacta, en caso de no contar con la posibilidad de hacer ensayos de carga puntual, se recomienda a los siguientes investigadores hacerlo in-situ con ayuda de un esclerómetro y de un ábaco, los resultados van a ser lo más reales posibles.
- Al momento de obtener la pendiente de talud, se recomienda a los siguientes investigadores la utilización del eclímetro (instrumento de medición de ángulos horizontales) para determinar las pendientes con mayor exactitud.
- Para el talud con factor de seguridad 0.67, se recomienda a la Unidad de Producción Pallasca hacer un estudio técnico - económico para determinar la forma más eficiente y factible para estabilizarlo, ya sea remodelándolo por medio de métodos de revestimiento, por estabilización estructural y/o ya sea por control de agua y drenaje.
- Al momento de estabilizar un talud conforme a su factor de seguridad, se recomienda a la Unidad de Producción Pallasca tener en cuenta el fin de ese talud, ya que el factor de seguridad varía en función al tipo de obra que se realice, estabilizar un talud con falla por volcamiento no será lo mismo que estabilizar uno con falla en cuña, los taludes por volcamiento necesitarán más refuerzos, por lo cual un factor de seguridad más alto.
- Para optimizar aún más el uso del agua en el regadío de vías de acarreo, se recomienda a la Unidad de Producción Pallasca hacer uso de supresores en conjunto con el recurso hídrico, los cuales ayudan a combatir la polución reduciendo la emisión de partículas a través de la modificación de las propiedades físicas de la superficie.
- se recomienda a la Unidad de Producción Pallasca instalar sistemas de aspersores en zonas donde no existan demasiado tránsito de equipos, como por ejemplo en zonas de desbroce. Para lo cual la unidad tiene un potencial de 350 metros para colocar el sistema aspersor.

REFERENCIAS.

ABREU, Jose. Hypothesis, Method & Research Desing [en línea]. México, 2012. [Fecha de consulta: 8 de mayo de 2020].

Disponible en: <http://www.spentamexico.org/v7-n2/7%282%29187-197.pdf>

ISSN: 1870-557X

ALCALDE, Geovani. Optimización del riego con cisterna, en los parques y avenidas del distrito de Trujillo. Tesis (Título profesional de Ingeniero Agrícola). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2017.

Disponible en:
<http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/9677/ALCALDE%20LEON%20LUIS%20GEOVANI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Aprovechamiento de la energía empleada en el riego por aspersion por Bonet Pérez Camilo [et al]. Ingeniería agrícola [en línea]. 2020, n°2. [Fecha de consulta: 05 de noviembre de 2020].

Disponible en:
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=143353088&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 2306-1545

AYALA, Francisco. Manual de ingeniería de taludes. Instituto Tecnológico Geominero de España. 1ª ed. Madrid, 1987. 456p.

BONGIORNO, Francisco. BELANDRIA, Norly. Clasificación geomecánica de los macizos rocosos según: Bienawski, Barton, Hoek y Brown, Romana [en línea]. 2012. [Fecha de consulta: 27 de septiembre de 2020].

Disponible en:
https://www.academia.edu/17400474/CLASIFICACIONES_GEOMECA%20DE_DE_LOS_MACIZOS_ROCOSOS_SEGUN_BIENIAWSKI_BARTON_HOEK_Y_BROWN_ROMANA

CARRILLO, Maureen. [et al]. Clasificación geomecánica y análisis de estabilidad de taludes del macizo rocoso Coris, Cartago, Costa Rica. *Revista geológica de américa central*. n° 26 [en línea]. Enero 2002, [Fecha de consulta: 1 de junio de 2020].

Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/242490408_Clasificacion_geomecanica_y_analisis_estabilidad_de_taludes_del_macizo_rocoso_Coris_Cartago_Costa_Rica
a
ISSN: 0256-7024

CHÁVEZ, Miguel. Incidencia del agua en los procesos de inestabilidad de taludes y laderas en el centro y norte de la ciudad de Guayaquil. Tesis (Bachiller en Ingeniería Civil). Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2015.

Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/89844/D-70124.pdf>

Comparative study among rock mass classification systems in a porphyry deposit por Perez Rodriguez Manuel [et al]. *Boletín de ciencias de la tierra* [en línea]. 2018, n° 43. [Fecha de consulta: 01 de diciembre de 2020].

Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/322650112_Estudio_comparativo_entre_sistemas_de_clasificacion_geomecanica_en_un_deposito_tipo_Porfido
ISSN: 2357-3740

DELOITTE. Los 10 principales temas que forjaran la minería en el año venidero [en línea]. 2018. [Fecha de consulta: el 25 de abril del 2020].

Disponible en:
<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/mx/Documents/energy-resources/2018/Tendencias-en-Mineria-2018.pdf>

DEMIN, Pablo. Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego: Métodos de riego: fundamentos, usos y adaptaciones [en línea]. 1ª. Ed. San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca: Ediciones INTA; 2014 [fecha de consulta: 9 de junio de 2020].

Disponible en:
https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_aportes_para_el_mejoramiento_del_man_ejo_de_los_sistemas_de_riego.pdf ISBN: 978-987-521-512-2

DENNIS, Alagón. Análisis del flujo de filtraciones para la estabilidad física del deslizamiento cerro Tumbay Orcco – Lucre – 2018. Tesis (Título profesional de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2018.

Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/25728?show=full>

FAO. Agua y Cultivo, logrando el uso óptimo del agua en la agricultura [en línea]. Roma, 2002. [Fecha de consulta: 30 de octubre de 2020].

Disponible en: http://www.fao.org/3/y3918s/y3918s05.htm#P0_0

FIGUEROA, Adolfo. Determinación del modelo matemático para calcular tiempo efectivo de riego en vías mineras de la unidad minera ANABI SAC. 2013. Tesis (Bachiller en Ingeniería de Minas). Apurímac: Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, 2014.

Disponible en: <http://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/507>

FLORES, Raúl. ALVA, Francisco. LI, Xiangyue. (2003). Considering filtration forces in the stability analysis of granular slopes. [en línea]. Vol XVIII, núm 2. Julio - septiembre 2010, n° 3. [Fecha de consulta: 23 de septiembre de 2020].

Disponible en:
<http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=6&sid=06664677-962d-440c-a4ad-8393e5d51c42%40pdc-v-sessmgr03>

ISSN: 0187-8336

GERENCIA REGIONAL DE AGRICULTURA LAMBAYEQUE. Estudio de pre inversión a nivel de factibilidad del programa de inversión: Instalación de sistemas de riego tecnificado para incrementar la producción y productividad de los cultivos en la región Lambayeque. Gobierno Regional de Lambayeque. 2009. [Fecha de consulta: 23 de noviembre de 2020].

GIRALDO, Katherine. TEJEDA, Alejandro. Análisis de estabilidad de taludes bajo condiciones de infiltración por lluvia. Tesis (título en Ingeniería Civil). Cali: Pontificia Universidad Javeriana de Cali, 2016.

Disponible en: <http://hdl.handle.net/11522/4134>

HERNÁNDEZ, José [et al]. Impacto ambiental de proyectos carreteros en escurrimiento del agua superficial. Instituto mexicano del transporte [en línea]. 2000, n° 141 [Fecha de consulta: 28 de noviembre de 2020].

Disponible en:

<https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt141.pdf>

ISSN:0188-7297

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos, BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. [en línea]. 1° ed. México: McGraw-Hill interamericana de México, S.A. de C.V., 1997 [fecha de consulta: 8 de mayo de 2020].

Disponible en:

[https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/Metodologia-de-la-](https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/Metodologia-de-la-Investigaci%C3%83%C2%B3n_Sampieri.pdf)

[Investigaci%C3%83%C2%B3n_Sampieri.pdf](https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/Metodologia-de-la-Investigaci%C3%83%C2%B3n_Sampieri.pdf) ISBN: 968-442-931-3

HERNÁNDEZ, Victoria. Control de polvo en minería: Tecnología, seguridad y eficiencia. Revista Construcción Minera y Energía [en línea]. Enero 2014. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2020].

Disponible en: <http://www.construccionminera.cl/control-de-polvo-en-mineria-tecnologia-seguridad-y-eficiencia/>

HUAMÁN, Kenji. HUAMÁN, José. Diseño de un sistema automático de riego tecnificado para las áreas verdes de la escuela de ingeniería electrónica y facultad de ciencias físicas y matemáticas-UNPRG. Tesis (Título profesional de Ingeniero Electrónico). Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2018.

Disponible en: <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/2272/BC-TES-TMP-1146.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

HUAMANÍ, Juárez. RUIZ, Salazar. Propuesta del plan de manejo ambiental en sistemas de riego por aspersión-caso de estudio: Ucuscancha- Shullapamarca –

Calzada, distrito de Chicla. Tesis (Título profesional de Ingeniero Agrícola). Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina, 2016.

Disponible en:
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2236/P01-H83-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Manual de riego para agricultores: módulo 1. Fundamentos del riego por Rafael Fernández [et al]. Sevilla: Consejería de agricultura y Pesca, Servicio de Publicaciones y Divulgación, 2010. 104 pp.
ISBN: 978-84-8474-133-6

Ministerio de Agricultura y Riego (2015). Manual para la determinación de la eficiencia de riego. [Fecha de consulta: 24 de agosto de 2020].

Disponible en:
https://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/manualriego/manual_determinacion_eficiencia_riego.pdf

MONTEZ, Camila. CANTALLOPTS, Jorge. Proyección del consumo del agua en la minería del cobre 2018-2029 [en línea]. Comisión Chilena del Cobre. [Fecha de consulta: 1 de junio de 2020].

Disponible en:
<https://www.cochilco.cl/Listado%20Temtico/proyeccion%20agua%20minería%20del%20cobre%202018-2029%20-%20vf.pdf>

MORA-ORTIZ, R.S., ROJAS-GONZÁLEZ, E. The Effect of Saturation on the Slope Sliding in the San Juan de Grijalva Community, Chiapas. *Ingeniería. Investigación y Tecnología* [en línea]. Marzo 2012. [Fecha de Consulta 6 de septiembre de 2020].

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40423210006>

ISSN: 1405-7743.

MUÑOZ, L. y GONZÁLES DE VALLEJO, Luis. Aplicación de las clasificaciones geomecánicas al estudio de excavaciones subterráneas. *Henare: revista de geología* [en línea]. 1987, n°3 [Fecha de consulta: 4 de junio de 2020].

Disponible en: https://eprints.ucm.es/34223/1/aplicacion_munoz_HEN_1987.pdf

ISSN:0214-6088

MUÑOZ, Carlos. Como elaborar y asesorar una investigación de tesis. 2.a ed. México: Pearson education, 2015.

ISBN: 9786073204569

OSINERGMIN. Guía de criterios geomecánicas para diseño, construcción, supervisión y cierre de labores subterráneas [en línea]. Primera edición. Mayo 2017. [Fecha de consulta: 25 de agosto de 2020].

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

RAMÍREZ, Pedro. ALEJANO, Leandro. Mecánica de Rocas: Fundamentos e Ingeniería de Taludes [en línea]. España, 2004. [Fecha de consulta: 25 de agosto de 2020].

Disponible en: <http://oa.upm.es/14183/>

RODRÍGUEZ, Andrés y PÉREZ, Alipio. Scientific methods of surveying and building knowledge. *Revista Escuela De Administración De Negocios* [en línea]. Enero 2017. [Fecha de consulta: 24 de agosto de 2020].

Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-81602017000100179&lng=en&tlng=en

ISSN: 0120-8160

SACKSCHEWSKI, Carlos. Soluciones para la estabilidad de taludes de la carretera Canta – Huayllay entre las progresivas del km 102 al km110. Tesis (Título de Ingeniero Geólogo). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2017.

Disponible en: <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/5743>

SÁNCHEZ, Marco. Modelo de aplicaciones tecnológicas para la protección de taludes desestabilizados por exceso de humedad en el distrito metropolitano de quito a fin de disminuir la accidentalidad y congestión vehicular. Tesis (Maestría en Vías Terrestres). Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2009.

Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/2745>

SANTIAGO, Javier. Modelado y evaluación pluviométrica de un gran aspersor viajero. Tesis (Título en Ingeniero Agrónomo en Irrigación). Buenavista: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 2016.

Disponible en:
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/8168/64168%20SANTIAGO%20LOPEZ%2C%20ERIC%20JAVIER%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sistemas de regadío y ocupación del territorio en la costa de Granada por Antonio Cuello [et al]. Granada. El agua en zonas áridas. I Coloquio de historia y medio físico, 1989. pp. 487-514. [Fecha de consulta: 5 de junio de 2020].

Disponible en: <http://www.biblioarqueologia.com/doc/ARRAIJANA1989.pdf>
ISBN: 8486862221

SUAREZ, Jaime. Análisis Geotécnico – Deslizamientos, 2003. pp. 127-172.

Disponible en: www.erosion.com.co

TAPIA, Raúl. La estabilidad de taludes y la transitabilidad en la carretera longitudinal de la sierra, Provincia de Chota -Cajamarca 2017. Tesis (Título profesional de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2017.

Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/1443>

TORO, Jawer. Evaluación de la inestabilidad de taludes en la carretera Las Pirias – Cruce Lambayeque, San Ignacio. Tesis (Título profesional de Ingeniero Civil). Jaen: Universidad Nacional de Cajamarca, 2014.

Disponible en:
<http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/476/T%20625.7%20T676%202014.pdf?sequence=1>

VALERIANO, Fredy. Caracterización geotécnica y modos de falla estructural en el talud en roca del cerro Espinal Juliaca. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2015.

Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2968>

VÁSCONEZ, Juan. CHAMBA, Felipe. Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado y controlado de forma inalámbrica para una finca ubicada en el sector popular de Balerío Estacio. Tesis (Título de Ingeniero Electrónico con mención en Sistemas Industriales). Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, 2013.

Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/5304>

VELAZCO, Alonso. Factibilidad de la implementación de un sistema de aspersores para la reducción del consumo de agua en vías de acarreo de una mina a tajo abierto. Tesis (título en Ingeniería de Minas). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2019.

Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/15543>

Anexo 1. Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE	TIPO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN	TÉCNICAS
	Prevenir la saturación de taludes en vías de acarreo mediante un sistema eficiente de regadío	A través de un sistema eficiente de regadío se podrá prevenir la saturación de taludes.	Saturación de taludes en vías de acarreo	Cuantitativo	Principal vía de acarreo de la Minera Los Andes	- Observación - Análisis documental
	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE INDEPENDIENTE	DISEÑO	MUESTRA	INSTRUMENTOS
SATURACIÓN DE TALUDES EN VÍAS DE ACARREO POR INFILTRACIÓN DE AGUA.	<ul style="list-style-type: none"> - Emplear la clasificación geomecánica RMR para analizar la calidad del macizo rocoso. - Utilizar el software SLIDE2 - 9.0 para establecer la relación entre el grado de saturación del suelo y el factor de seguridad de taludes de vías de acarreo. - Estudiar los sistemas de regadío, como alternativa para prevenir el exceso de agua, aplicada sobre vías de acarreo. 	<ul style="list-style-type: none"> - El RMR se obtiene mediante las características que presenta el macizo rocoso. - Si aumenta la saturación del suelo, el factor de seguridad disminuirá. - Con el uso de un sistema eficiente de regadío se optimizará el uso de agua aplicada en vías de acarreo. 	Sistema eficiente de regadío	No experimental, transversal explicativo.	20 metros de la principal vía de acarreo	<ul style="list-style-type: none"> - Guías de observación - Guía de análisis documental

Anexo 2. Matriz de Operalización de Variables

Variables de estudio	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición	Unidades
Saturación de taludes en vías de acarreo (V.D.)	Meza (2012) comenta que esto ocurre cuando las lluvias por infiltración ocupan todos los vacíos existentes en el terreno, haciendo que la presión de los poros aumente, induciendo a la disminución de la resistencia al corte, asimismo pudiendo activar un deslizamiento.	Esta variable será evaluada a través de los siguientes aspectos.	Clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR)	<ul style="list-style-type: none"> - Características de las discontinuidades (Orientación, espaciado, rugosidad, etc.) -Efecto del agua - Grado de alteración - RQD 	Intervalo	- Adimensional
		-Clasificación geomecánica de Bieniaswki (RMR).	Factor de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> - Cohesión - Ángulo de fricción - Fuerza normal - Presión de agua 	Intervalo	-Adimensional
		-Factor de Seguridad.	de Parámetros de diseño	<ul style="list-style-type: none"> - Geométricos - Geológicos - Hidrológicos 	Razón	- Metros, ángulo, L/s

Sistema eficiente de regadío (V.I.)	Demin (2014) Hace referencia a la reposición que se realiza mediante el riego utilizando diferentes métodos, cada uno con ventajas y desventajas, todo esto cuando el contenido de agua en el lugar que se necesita es bajo. Lo importante es que el sistema de riego llegue a ser lo más eficiente posible, para que de esta forma el agua abarque más terreno.	Esta variable será evaluada a través de los siguientes aspectos: -Eficiencia de conducción. -Eficiencia de distribución. -Eficiencia de aplicación.	Eficiencia de conducción	- Caudal inicial y final - Red de distribución - Pérdidas de carga	Ordinal	Eficiencia (%)
			Eficiencia de distribución	- Caudal inicial y final (canales laterales)	Ordinal	Eficiencia (%)
			Eficiencia de aplicación	-Volumen de agua (Captado y Suministrado) - Equipos de regadío	Ordinal	Eficiencia (%)

19	5		3	286	64			x	x		x				14		100	250	175	1 mm	blando	X					seco		
20	5		1	159	47			x	x			x			10		25	50	38	1 mm	blando	X					seco		
21	3		1	134	55					x	x			x	12		5	25	15	1 cm	blando			X			seco		
22	3		1	153	47			x						x	8		25	50	38	1 cm	blando			X			seco		
23	3		3	295	75			x		x		x			14		25	50	38	2 cm	blando			X			seco		
24	3		3	279	73			x		x		x			14		5	25	15	1 cm	blando	X					seco		
25	3		3	303	55					x	x		x		16		100	250	175	1 mm	blando			X			seco		
26	3		3	303	75					x	x			x	20		1	5	3	5 mm	blando	X					seco		
27	3		1	182	45			x	x					x	20		5	25	15	1 mm			X				seco		
28	3		2	176	63			x						x	4		5	25	15	3 mm			X				seco		
29	3		3	289	58					x		x			6		1	5	3	1 cm			X				seco		
30	3		1	90	34					x	x				10		5	25	15	1 cm					X			seco	
31	1		2	176	70			x		x				x	6		25	50	38	1 mm	blando	X					seco		
32	1		3	300	63					x		x		x	16		25	50	38	1 mm	blando	X					seco		
33	1		2	181	84			x		x				x	8		25	50	38	2 cm	blando		X				seco		
34	1		2	171	86					x	x				x	6		25	50	38	1 mm	blando		X			seco		
35	1		1	99	49					x	x			x	4		25	50	38	1 mm	blando		X				seco		

36	1	1	110	41	/	/	/	x	x			x			18		100	250	175	1 mm		x				seco	
37	1	2	172	72			/	x		x			x		8		50	100	75	1 mm		x				seco	
38	1	2	172	82				x	x			x			10		5	25	15	1 cm		x				seco	
39	1	1	112	41	/	/	/	x	x			x			14		50	100	75	1 mm		x				seco	
40	1	2	161	77	x		/	x				x			10		50	100	75	1 cm	blando	x				seco	
41	2	1	126	43	/	/	/	x	x			x			8		100	250	175	1 cm	blando		x			seco	
42	2	1	121	40	/	/	/	x	x				x		4		25	50	38	1 mm	blando		x			seco	
43	2	1	175	54	/	/	/	x	x				x		12		50	100	75	1 mm	blando		x			seco	
44	2	1	163	58	/	/	/	x	x				x		10		50	100	75	1 cm	blando		x			seco	
45	2	2	185	77			/	x	x			x			8		25	50	38	1 mm	blando		x			seco	
46	2	2	168	79		x	/	x				x			6		25	50	38	1 mm	blando		x			seco	
47	2	3	310	70				x	x				x		4		100	250	175	1 mm	blando	x				seco	
48	2	3	309	65			/	x	x			x			18		5	25	15	1 cm		x				seco	
49	2	3	299	58			/	x	x			x			8		50	100	75	1 mm			x			seco	
50	2	2	170	85				x	x			x			14		50	100	75	5 mm	blando		x			seco	

Fuente: Adaptado de RMR de GEOCONTROL por Javier Arzúa, 2019

Anexo 4 Guía de observación
Descripción del terreno y talud

DESCRIPCIÓN DEL TERRENO			
TIPO DE MATERIAL	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	TIPO DE ROCA	OBSERVACIONES
Caliza	Color blanco, parte del suelo y baja del talud.	Sedimentaria	oxidado
Andesita	Color rojizo, parte superior del talud.	Sedimentaria	evidente oxidación
DESCRIPCIÓN DEL TALUD			
ALTO (m)	aproximadamente 7		altura uniforme a lo largo del talud
ANCHO (m)	aproximadamente 20		parte media del talud con deslizamiento evidente
PENDIENTE	ángulo interno del talud de 71°		pendiente general del talud, inclinación algo brusca

Fuente: elaboración propia.

Anexo 5. Ficha de investigación

Propuesta de sistema de aspersores

SISTEMAS DE ASPERSORES PARA LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA EN VÍAS DE ACARREO

VELAZCO, Alonso. Factibilidad de la implementación de un sistema de aspersores para la reducción del consumo de agua en vías de acarreo de una mina a tajo abierto. Tesis (título en Ingeniera de Minas). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2019. Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/15543>

El riego por aspersión es una alternativa para optimizar el uso de agua, entre algunas de sus ventajas encontramos a un mayor control de agua a aplicar, reducción de gastos en mantenimiento y operación (en comparación al sistema de camiones cisternas); aunque su inversión inicial es más alta, con un análisis de sensibilidad (15 años) en los costos, un sistema de aspersores es más factible que uno con camiones cisternas.

Anexo 6. Ficha de investigación

Importancia del Sistema de riego por aspersión

EL RIEGO Y SUS TECNOLOGÍAS

SANTOS, Luis; DE JUAN, José; PICORNELL, María & TARJUELO, José. (2004). Riego y sus tecnologías (1ed.). Lisboa: Europa - América. Disponible en: http://crea.uclm.es/crea/descargas/_files/El_Riego_y_sus_Tecnologias.pdf

La importancia del riego por aspersión aún se basa en una red de distribución la cual es trabajada manualmente, pero la falta de mano de obra genera la automatización de dicho sistema por lo cual es complementado con elementos secundarios para el suministro del recurso (agua). En conclusión, la mecanización de dicho sistema permitirá mantener regado áreas específicas sin la operación activa de la mano del hombre

Anexo 7. Ficha de validación del instrumento

(Ficha de observación de campo para la obtención de datos para el RMR)

1. DATOS GENERALES:

1.1 Título Del Informe de Investigación:

Prevención de la saturación de taludes en vías de acarreo mediante un sistema eficiente de regadío - Unidad de Producción Pallasca.

1.2 Investigadores: Cárdenas Cueva Jefferson Franklin.

Monteza Llempén Harvy Brayan.

2. ASPECTOS A VALIDAR:

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

PROMEDIO DE VALORACIÓN

89

3. OPINION DE APLICABILIDAD:

La ficha está formulada adecuadamente, contiene todos los parámetros que requiere el RMR.

4. Datos del Experto:

Nombre y apellidos GILBERTO DONAYRES QUISPE **DNI:** 23992146

Grado académico: Magister (MBA) **Centro de Trabajo:** GERENTE GENERAL – MINERA LOS ANDES S.A.C.

Firma:

Fecha: 03 de octubre de 2020

Ing. Gilberto Donayres Quispe
 GERENTE GENERAL

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO
(FICHA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS PARA EL RMR)

1. DATOS GENERALES:

1.1 Título Del Informe de Investigación:

Prevención de la saturación de taludes en vías de acarreo mediante un sistema eficiente de regadío - Unidad de Producción Pallasca.

1.2 Investigadores: Cárdenas Cueva Jefferson Franklin.
 Monteza Llampén Harvy Brayan.

2. ASPECTOS A VALIDAR:

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

PROMEDIO DE VALORACIÓN

85

3. OPINION DE APLICABILIDAD:

LOS INSTRUMENTOS SON APLICABLES PARA EL ESTUDIOS GEOMECÁNICOS DE ESTABILIDAD DE TALUDES.

4. Datos del Experto:

Nombre y apellidos: Orlando Alex Siccha Ruiz

Grado académico: Magister

Firma:



DNI: 18026960

Centro de Trabajo: Docente UCV

Fecha: 17/10/2020.

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO
(FICHA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS PARA EL RMR)

1. DATOS GENERALES:

1.1 Título Del Informe de Investigación:

Prevención de la saturación de taludes en vías de acarreo mediante un sistema eficiente de regadío - Unidad de Producción Pallasca.

1.2 Investigadores: Cárdenas Cueva Jefferson Franklin.

Monteza Llampén Harvy Brayan.

2. ASPECTOS A VALIDAR:

Indicadores	Criterios	Deficiente 0-20	Baja 21-40	Regular 41-60	Buena 61-80	Muy buena 81-100
Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado					X
Objetividad	Está expresado en conductas observables				X	
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología				X	
Organización	Existe una organización lógica				X	
Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad				X	
Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de la estrategias				X	
Consistencia	Basado en aspectos teóricos científicos					X
Coherencia	Existe coherencia entre los índices, dimensiones e indicadores					X
Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					X
Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación					X
PROMEDIO DE VALORACIÓN						82

3. OPINION DE APLICABILIDAD:

4. Datos del Experto:

Nombre y apellidos CARLA MILAGROS MENA NEUADO **DNI:** 42467125

Grado académico: Mg.

Centro de Trabajo: UNP.

Firma: 

Fecha: 19/12/20

Anexo 8. Ficha de validación del instrumento

(Ficha de observación de campo para la obtención de datos para el SLIDE2 9.0)

1. DATOS GENERALES:

1.1 Título Del Informe de Investigación:

Prevención de la saturación de taludes en vías de acarreo mediante un sistema eficiente de regadío - Unidad de Producción Pallasca.

1.2 Investigadores: Cárdenas Cueva Jefferson Franklin.
Monteza Llampén Harvy Brayan.

2. ASPECTOS A VALIDAR:

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

PROMEDIO DE VALORACIÓN

85

3. OPINION DE APLICABILIDAD:

Los datos que se recogerán para usarlo en el software Roscience SLIDE 2 -9.0 son pertinentes y guardan relación para hallar el factor de seguridad.

4. Datos del Experto:

Nombre y apellidos GILBERTO DONAYRES QUISPE **DNI:** 23992146

Grado académico: Magister (MBA) **Centro de Trabajo:** GERENTE GENERAL – MINERA LOS ANDES S.A.C.

Firma:



Fecha: 03 de octubre de 2020

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO
(FICHA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS PARA EL SLIDE2 9.0)

1. DATOS GENERALES:

1.1 Título Del Informe de Investigación:

Prevención de la saturación de taludes en vías de acarreo mediante un sistema eficiente de regadío - Unidad de Producción Pallasca.

1.2 Investigadores: Cárdenas Cueva Jefferson Franklin.

Monteza Llempén Harvy Brayan.

2. ASPECTOS A VALIDAR:

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

PROMEDIO DE VALORACIÓN

85

3. OPINION DE APLICABILIDAD:

LOS INSTRUMENTOS SON APLICABLES PARA EL ESTUDIOS GEOMECÁNICOS DE ESTABILIDAD DE TALUDES.

4. Datos del Experto:

Nombre y apellidos: Orlando Alex Siccha Ruiz

Grado académico: Magister

DNI: 18026960

Centro de Trabajo: Docente UCV

Firma:



Fecha: 17/10/2020

**FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO
(FICHA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS PARA EL SLIDE 2 9.0)**

1. DATOS GENERALES:

1.1 Título Del Informe de Investigación:

Prevención de la saturación de taludes en vías de acarreo ~~en~~ ^{con} ~~objetivo~~ un sistema eficiente de regadío - Unidad de Producción Pallasca.

1.2 Investigadores: Cárdenas Cueva Jefferson Franklin.

Monteza Llampén Harvy Brayan.

2. ASPECTOS A VALIDAR:

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

3. OPINION DE APLICABILIDAD:

4. Datos del Experto:

Nombre y apellidos: CARLA MIZAGROS MORA NEVADO **DNI:** 42467125

Grado académico: Mg.

Firma: 

Centro de Trabajo: UNP.

Fecha: 19/12/20

**Anexo 9. Fuerzas cohesivas para suelos y rocas "intactos"
(Robertson, 1971).**

Descripción del material	c (lb/ft²)	c (kg/m²)
Suelo muy suave	35	170
suelo suave	70	340
suelo firme	180	880
suelo rígido	450	2200
suelo muy rígido	1600	7800
roca muy suave	3500	17000
roca suave	11500	56000
roca dura	35000	170000
roca muy dura	115000	560000
roca muy muy dura	230000	1000000

Fuente: Robertson, 1971

Anexo 10. Ángulo de fricción (grados) para materiales de roca típicos (Hoek, 1970)

Roca	Roca intacta Φ	articulación Φ	Residual Φ
Andesita	45	31-35	28-30
Basalto	48-50	47	
Tiza	35-41		
Diorita	53-55		
Granito	50-64		31-33
Graywacke	45-50		
Caliza	30-60		33-37
Monzonita	48-65		28-32
Pórfido		40	30-34
Cuarcita	64	44	26-34
Arenisca	45-50	27-38	25-34
Esquisto	26-70		
Esquisto	45-64	37	27-32
pedra de limo	50	43	
Pizarra	45-60		24-34
Otros materiales	aproximado Φ		
Gubia de arcilla (remodelado)	10-20		
Material de zona de corte calcita	20-27		
material de falla de esquisto	14-22		
Brecha de roca dura	22-30		
Agregado de roca dura compactada	40		
Relleno de roca dura	38		

Fuente: Hoek, 1970

Anexo 11. Determinación de resistencia en campo con picota (Brown, 1981)

*CLASE	RESISTENCIA	RESISTENCIA UNIAxIAL Mpa	ÍNDICE DE CARGA PUNTUAL Mpa	ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA EN EL CAMPO	EJEMPLOS
R6	Extremadamente resistente	>250	>10	Solo se pueden romper esquirlas de la roca con el martillo de geólogo	Basalto, Diabasa, Gneiss, Granito, Cuarzita, Chert.
R5	Muy resistente	100-250	04-10	Se necesitan muchos golpes con el martillo de geólogo para romper la muestra.	Anfibolita, arenisca, Gneiss, Grabo, Granodiorita, Basalto.
R4	Resistente	50-100	02-04	Se necesita más de un golpe con el martillo de geólogo para romper la muestra	Caliza, Mármol, Esquisto, arenisca.
R3	Moderadamente resistente	25-50	01-02	No se puede rayar o desconchar con una navaja, la muestra se puede romper con un golpe firme con el martillo.	Concreto, Esquisto, Carbón, Siltslone.
R2	Débil	5.0-25		Puede desconcharse con dificultad con una navaja, se pueden hacer marcas poca profundas golpeando fuertemente la roca con la punta del martillo	Creta, marga, yeso, esquisto, shale.
R1	Muy débil	1.0-5.0	**	Deleznable bajo golpes fuertes con la punta del martillo de geólogo puede desconcharse con una navaja	Roca alterada, Shale.
R0	Extremadamente débil	0.25-1		Rayado por la uña del dedo pulgar	Falla delgada rígida.

Fuente: Brown, 1981

Anexo 13. Grado de filtración de una discontinuidad sin relleno

Discontinuidades sin relleno	
Grado de Filtración	Descripción
I	La discontinuidad está muy cerrada y seca. El flujo a través de la misma no parece posible.
II	La discontinuidad está seca, sin evidencia de flujo de agua.
III	La discontinuidad está seca, pero muestra evidencia de flujo de agua, p. ej., moho descolorido, etc.
IV	La discontinuidad está húmeda, pero no se observa circulación de agua
V	La discontinuidad indica filtración y gotas ocasionales, pero no flujo continuo.
VI	La discontinuidad muestra un flujo de agua. (Hay que estimar el caudal en litro/min. Y describir la presión, p.ej.: baja, media o alta.

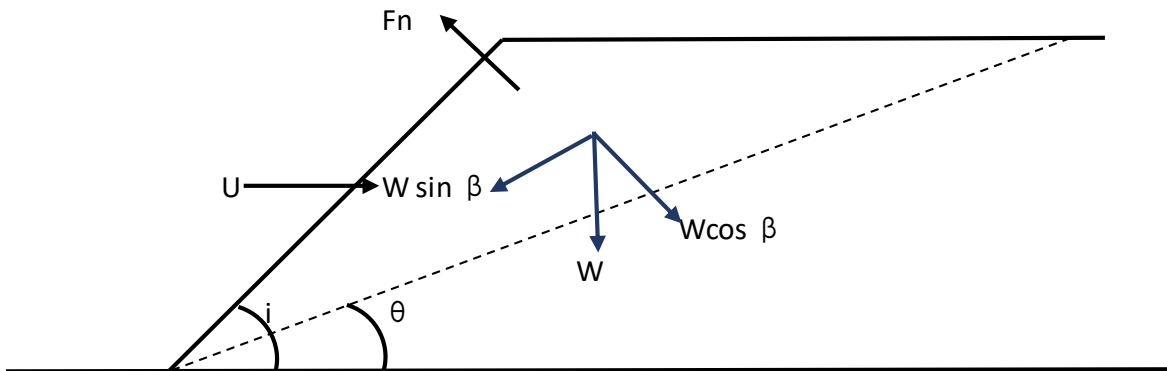
Fuente: Universidad Católica del Norte, 2018

Anexo 14. Grado de filtración de una discontinuidad con relleno

Discontinuidades con relleno	
Grado de Filtración	Descripción
I	Los materiales de relleno están muy consolidados y secos, aparece muy improbable la aparición de un flujo debido a la permeabilidad muy baja.
II	Los materiales de relleno están húmedos, pero no hay agua en circulación
III	Los materiales de relleno están húmedos, con gotas ocasionales de agua.
IV	Los materiales de relleno muestran signos de lavado, con flujo de agua continuo. (Se estima el caudal en litros/minutos).
V	Los materiales de relleno están localmente lavados con considerable flujo de agua a lo largo de los canales de erosión. (Estimación del caudal y de la presión)
VI	Los materiales de relleno están completamente erosionados; existe presión de agua muy elevada especialmente sobre el primer afloramiento. (Estimación del caudal en l/min. y de la presión).

Fuente: Universidad Católica del Norte, 2018

Anexo 15. Representación gráfica y fórmula del factor de seguridad en caso seco.



F	=	$\frac{c \cdot A + W \cos \beta \cdot \tan \theta}{W \sin \beta}$
---	---	---

W: peso de bloque

R: Fuerza de resistencia

c: Cohesión

θ : Ángulo de fricción

$W \cos \beta$: Fuerza normal

$W \sin \beta$: Fuerza de impulso

i: Ángulo de inclinación promedio horizontal

β : Ángulo de la discontinuidad desde la horizontal

Anexo 16. Clasificación de Bieniaswki (1979) – (Criterio modificado por GEOCONTROL S.A. en 1990)

1. PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN

RMR (1) RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE DE LA ROCA INTACTA

VALOR (kg/cm ²)	> 2500	2500–1000	1000–500	500–250	250–50	50–10	< 10
VALORACIÓN	15	12	7	4	2	1	0

RMR (2+3) RQD Y SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS

JUNTAS POR METRO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
VALORACIÓN	40	34	31	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17
JUNTAS POR METRO		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
VALORACIÓN		17	16	15	14	14	13	13	12	12	11	11	10	10	9	9
JUNTAS POR METRO		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
VALORACIÓN		9	8	8	8	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6

RMR (4) RUGOSIDAD DE LAS DIACLASAS

PERSISTENCIA	< 1 m	1–3 m	3–10 m	10–20 m	20 m
	6	4	2	1	0
ABERTURA	0	< 0,1 mm	0,1–1 mm	1–5 mm	5 mm
	6	5	4	1	0
RUGOSIDAD	MUY RUGOSA	RUGOSA	LIGERAMENTE RUGOSA	LISA	ESPEJO DE FALLA
	6	5	4	1	0
RELLENO	NO HAY	DURO		BLANDO	
		< 5 mm	> 5 mm	< 5 mm	> 5 mm
	6	4	2	2	0
GRADO DE METEORIZACIÓN	NO AFECTADO	LIGERO	MODERADO	ALTO	DESCOMPUERTO
	6	5	3	1	0

RMR (5) EFECTO DEL AGUA

ESTADO	SECO	LIGERAMENTE HÚMEDO	HÚMEDO	GOTEANDO	CHORREANDO
VALORACIÓN	15	10	7	4	0

2. CORRECCIÓN SEGÚN LA ORIENTACIÓN DE LA OBRA

Dirección perpendicular al eje del túnel				Dirección paralela al eje del túnel		Buzamiento 0–20 Cualquier dirección
Excavación hacia buzamiento		Excavación contra buzamiento				
Buzam. 45–90	Buzam. 20–45	Buzam. 45–90	Buzam. 20–45	Buzam. 45–90	Buzam. 20–45	
Muy favorable	Favorable	Media	Desfavorable	Muy desfavor.	Media	Media
0	–2	–5	–10	–12	–5	–5

Anexo 17. Dirección de buzamiento corregida

Nº	Dirección de Buzamiento Corregido +2°		
		24	281
		25	305
		26	305
1	180	27	184
2	177	28	178
3	122	29	291
4	124	30	92
5	192	31	178
6	282	32	302
7	123	33	183
8	95	34	173
9	145	35	101
10	192	36	112
11	166	37	174
12	177	38	174
13	307	39	114
14	145	40	163
15	289	41	128
16	166	42	123
17	189	43	177
18	174	44	165
19	288	45	187
20	161	46	170
21	136	47	312
22	155	48	311
23	297	49	301
		50	172

Fuente: Adaptado de RMR de GEOCONTROL por Javier Arzúa, 2019

Anexo 18. Familia de discontinuidades 1

Nº	ZONA O POSICIÓN	TIPO DE PLANO DE DISCON	FAMILIA	ORIENTACIÓN		CONTINUIDAD (en m.)					ESPACIADO (en m.)					RUGOSIDAD		RESISTENCIA		RELLENO		Grado de					Efecto del Agua	Observaciones		
				Dirección de Buzamiento	Buzamiento	según rumbo					>2	0,6 a 2	0,2 a 0,6	0,06 a 0,2	< 0,06	JRC	Descripción	rango	JCS (MPa)	Espesor o Abertura	Mineral o Material	I	II	III	IV	V				
						>20	10_20	3_10	1_3	<1																				
3	4		1	120	65				X	X						14			38	1 mm	blando			X						
4	4		1	122	59				X	X			X			4			75	1 mm	blando			X						
7	4		1	121	50				X	X				X		14			38	1 mm	blando			X						
8	4		1	93	50				X	X				X		6			38	1 cm	blando			X						
9	4		1	143	50				X	X			X			16			38	1 mm	blando			X						
14	5		1	143	62				X	X				X		14			175	3 cm				X						
18	5		1	172	43				X	X			X			10			38	1 cm	blando	X								
20	5		1	159	47				X	X				X		10			38	1 mm	blando	X								
21	3		1	134	55				X	X				X		12			15	1 cm	blando			X						
22	3		1	153	47				X	X				X		8			38	1 cm	blando			X						
27	3		1	182	45				X	X				X		20			15	1 mm				X						
30	3		1	90	34				X	X				X		10			15	1 cm				X						
35	1		1	99	49				X	X			X			4			38	1 mm	blando	X								
36	1		1	110	41				X	X				X		18			175	1 mm		X								
39	1		1	112	41				X	X				X		14			75	1 mm		X								
41	2		1	126	43				X	X			X			8			175	1 cm	blando			X						
42	2		1	121	40				X	X				X		4			38	1 mm	blando			X						
43	2		1	175	54				X	X				X		12			75	1 mm	blando			X						
44	2		1	163	58				X	X				X		10			75	1 cm	blando			X						

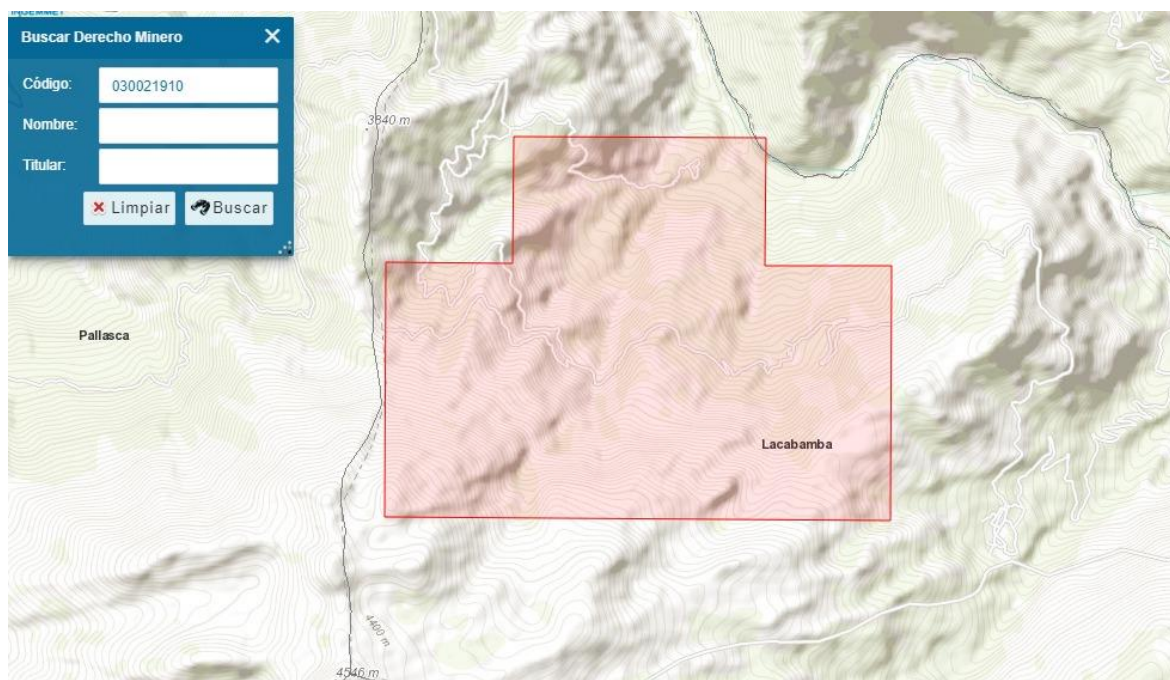
Fuente: Adaptado de RMR de GEOCONTROL por Javier Arzúa, 2019

Anexo 20. Familia de discontinuidades 3

Nº	ZONA O POSICIÓN	TIPO DE PLANO DE DISCON	FAMILIA	ORIENTACIÓN		CONTINUIDAD (en m.)					ESPACIADO (en m.)				RUGOSIDAD		RESISTENCIA		RELLENO		Grado de					Efecto del Agua	Observaciones				
				Dirección de Buzamiento	Buzamiento	según rumbo					>2	0,6 a 2	0,2 a 0,6	0,06 a 0,2	< 0,06	JRC	Descripción	rango	JCS (MPa)	Espesor o Abertura	Mineral o Material	I	II	III	IV			V			
						>20	10_20	3_10	1_3	<1																					
6	4		3	280	76			X										15	5 mm												
13	5		3	305	66				X	X								175	3 cm			X									
15	5		3	287	72			X	X			X						175	1 cm			X									
19	5		3	286	64			X				X						175	1 mm			X									
23	3		3	295	75			X				X						38	2 cm				X								
24	3		3	279	73			X				X						15	1 cm			X									
25	3		3	303	55				X	X		X						175	1 mm				X								
26	3		3	303	75			X	X				X					3	5 mm			X									
29	3		3	289	58				X			X						3	1 cm			X									
32	1		3	300	63				X			X						38	1 mm			X									
47	2		3	310	70				X	X				X				175	1 mm			X									
48	2		3	309	65			X	X				X					15	1 cm			X									
49	2		3	299	58			X	X				X					75	1 mm				X								

Fuente: Adaptado de RMR de GEOCONTROL por Javier Arzúa, 2019

ANEXO 21. Concesión Minera Luz Angelina I.



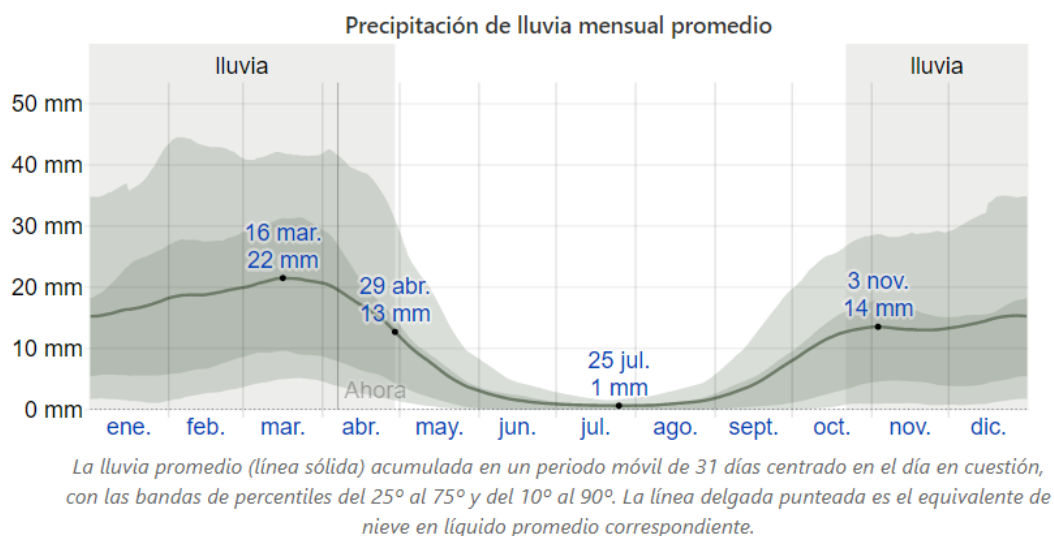
Fuente: GEOCATMIN, 2020

ANEXO 22. Coordenadas Concesión Minera Luz Angelina I.

CONCESIÓN MINERA "LUZ ANGELINA I"		
Coordenadas UTM - WGS 84 - Zona 18 S		
VÉRTICE	NORTE	ESTE
1	9,088,634.69	178,774.62
2	9,087,634.68	178,774.61
3	9,087,634.69	179,774.61
4	9,085,634.67	179,774.60
5	9,085,634.62	175,774.62
6	9,087,634.64	175,774.62
7	9,087,634.66	176,774.62
8	9,088,634.67	176,774.62

Fuente: GEOCATMIN, 2020

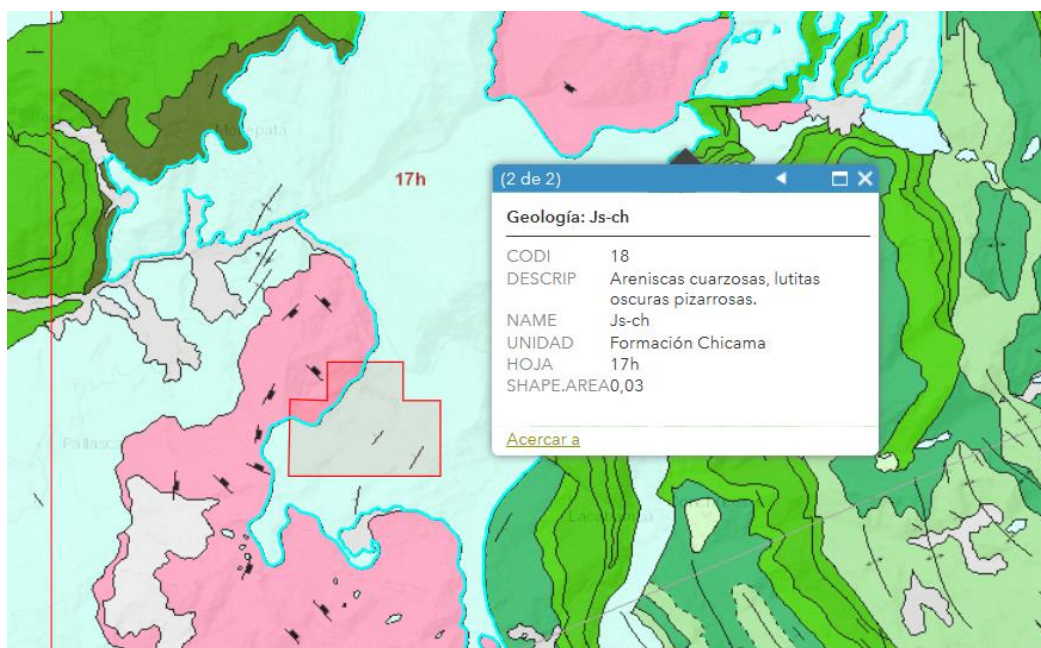
ANEXO 23. Datos de precipitación mensual en mm.



Fuente: reconstrucciones basadas en el modelo MERRA-2-

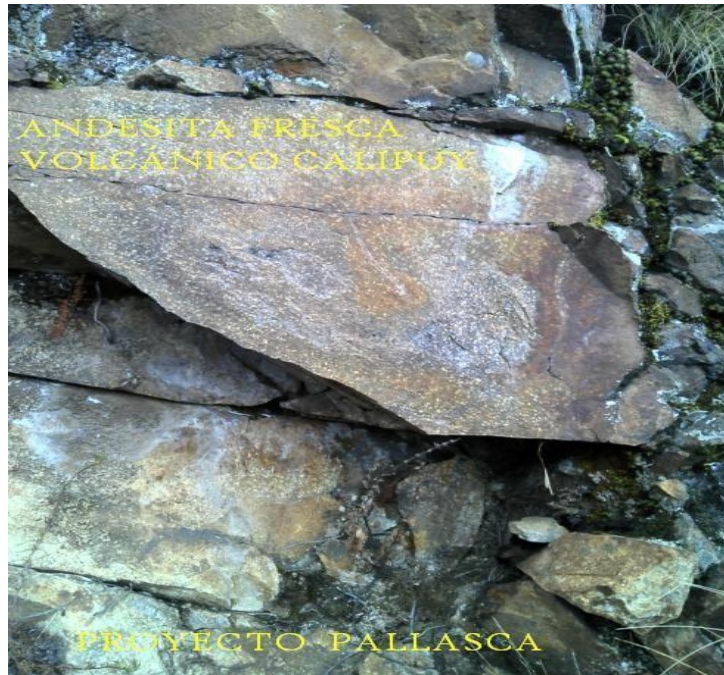
[MERRA-2 Modern-Era Retrospective Analysis](#)

ANEXO 24. Geología de área de influencia de la actividad minera



Fuente: INGEMMET, 2020

ANEXO 25. Identificación de estructuras Grupo Calipuy



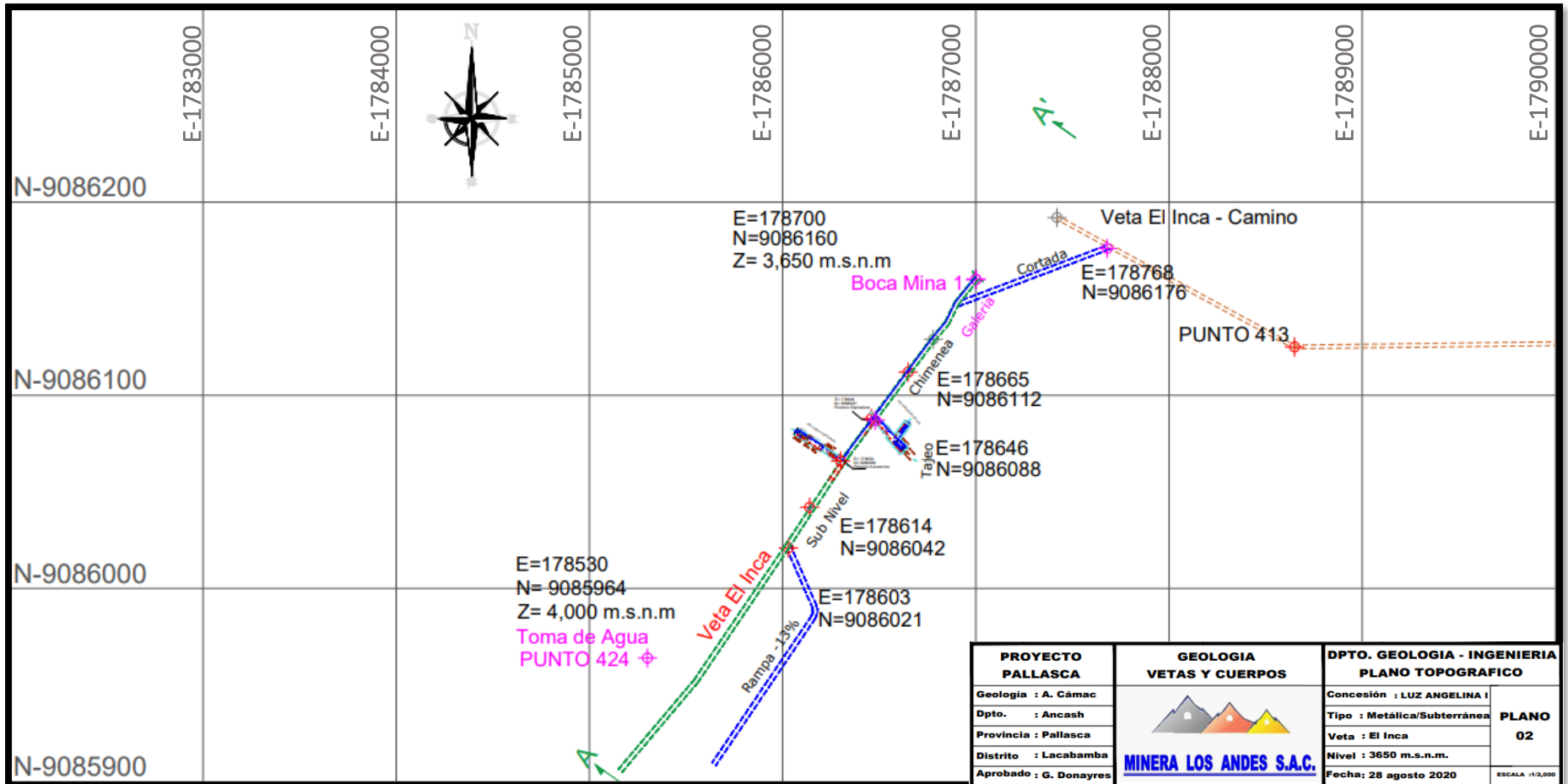
Fuente: Minera Los Andes S.A.C.

ANEXO 26. Identificación de estructuras Grupo Goyllarisquizga

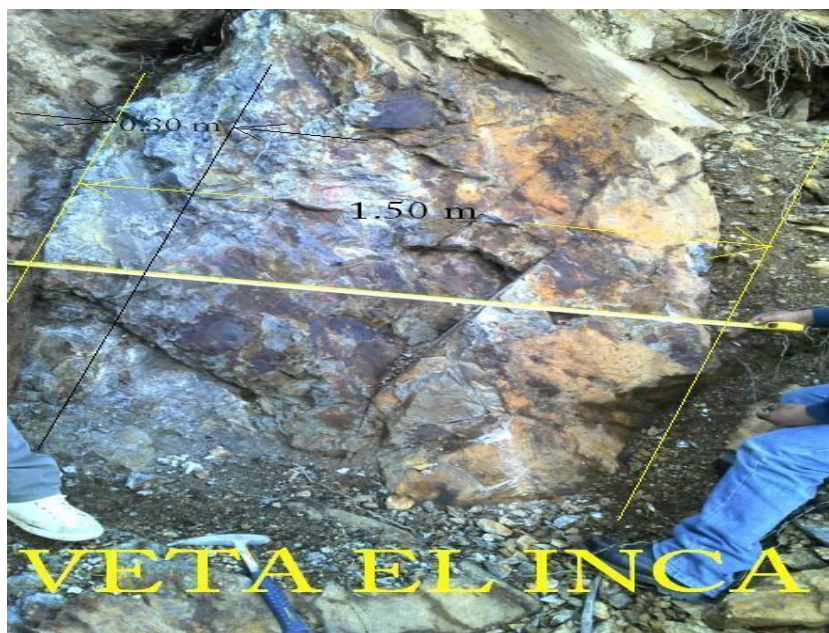


Fuente: Minera Los Andes S.A.C.

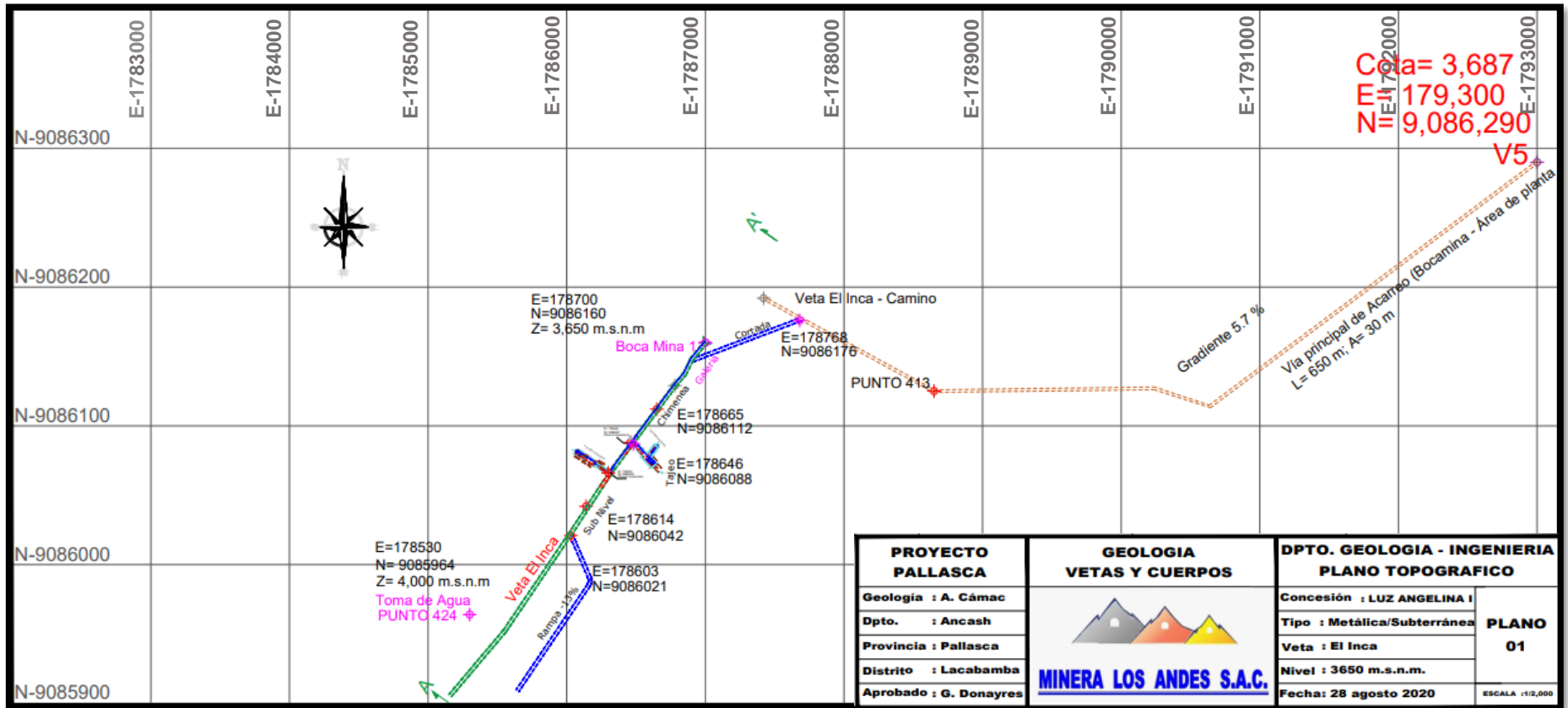
ANEXO 27. Topografía del yacimiento



ANEXO 28. Potencia de veta el Inca

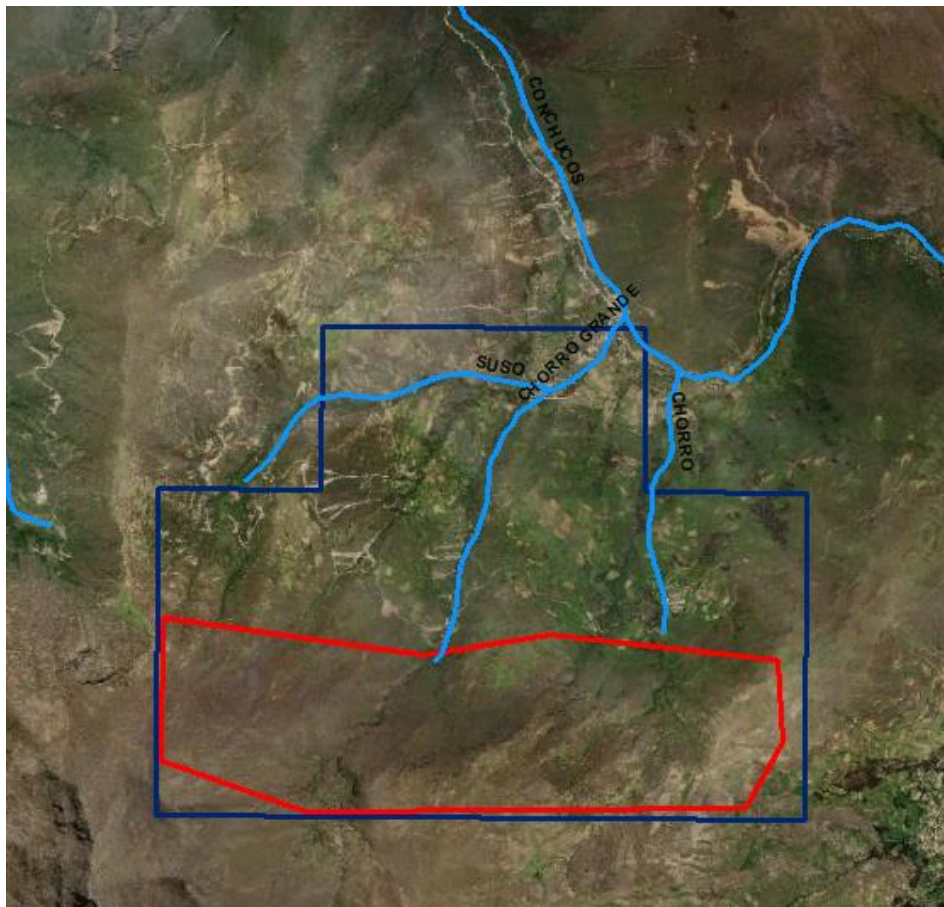


ANEXO 29. Mapa de la vía de acarreo



Fuente: Minera los Andes S.A.C

ANEXO 30. Recurso Hídrico



Fuente: Minera Los Andes S.A.C.

Anexo 31. Documento de aceptación para realización de investigación



MINERA LOS ANDES S.A.C.

CARTA N° 015-2020-MILANSAC

Pallasca, 12 de setiembre de 2020.

Señor:

Dr. Beder Erasmo Martell Espinoza
Director Nacional de EP de Ingeniería de Minas
UCV- Filial Chiclayo

Presente.

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

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

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

Atentamente,

MINERA LOS ANDES S.A.C.
MBA. Gilberto Donayres Quiroga
GERENTE GENERAL

MBA. Gilberto Donayres Q.
GERENTE GENERAL

Anexo 32. Medición de la dirección de manto en zona 3 del talud



Fuente: propia

Anexo 33. Plano general del talud



Fuente: propia

Anexo 34. Medición de la resistencia con picota



Fuente: propia

Anexo 35. Plano general del talud



Fuente: propia

Anexo 36. Especificaciones técnicas aspersor Duplex 25°

U	P	G	Q		○		□			△			
					Dati relativi ad 1 irrigatore Values for a single sprinkler Données pour 1 arros. tout seul Datos para cada rociador technische Daten für Einzelberegner		Disposizione in quadrato Square pattern Arroseur en carré Aspersores en cuadrado Quadratische Disposition			Disposizione in triangolo Triangular pattern Arroseur en triangle Aspersores en triángulo Rechteckposition			
					S	I	D	S	I	D	D ₁	S	I
mm	atm	m	l/min	m ³ /h	m ²	mm/h	m	m ²	mm/h	m	m	m ²	mm/h
12	1,5	20	159	9,5	1256	7,5	28	784	12,1	34	30	1020	9,3
	2	23	184	11,0	1662	6,6	32	1024	10,7	40	34	1360	8,0
	3	27	224	13,4	2289	5,8	38	1444	9,3	46	40	1840	7,3
	4	30	259	15,5	2826	5,4	42	1764	8,8	52	45	2340	6,6
14	2	25	230	13,8	1962	7,0	35	1225	11,2	43	37	1591	8,7
	3	29	280	16,8	2640	6,3	41	1681	9,9	50	43	2150	7,8
	4	32	325	19,5	3217	6,0	45	2025	9,6	55	48	2640	7,4
16	5	34	364	21,8	3629	6,0	48	2304	9,5	59	51	3009	7,2
	2	27	282	16,9	2289	7,3	38	1444	11,7	46	40	1840	9,2
	3	31	344	20,6	3017	6,8	43	1849	11,1	53	46	2438	8,4
18	4	34	399	23,9	3629	6,5	48	2304	10,4	59	51	3009	7,9
	5	37	446	26,7	4298	6,2	52	2704	9,9	64	55	3520	7,6
	2	28	343	20,6	2461	8,3	39	1521	13,5	48	42	2016	10,2
20	3	33	434	26,0	3419	7,6	46	2116	12,3	57	49	2793	9,3
	4	36	506	30,3	4069	7,4	51	2601	11,6	62	54	3348	9,0
	5	40	561	33,6	5024	6,7	56	3136	10,7	69	60	4140	8,1
22	2	29	411	24,6	2640	9,3	41	1681	14,6	50	43	2150	11,4
	3	34	520	31,2	3629	8,5	48	2304	13,5	59	51	3009	10,3
	4	38	606	36,3	4534	8,0	53	2809	12,9	65	57	3705	9,8
8	5	43	657	39,4	5805	6,7	60	3600	10,9	74	64	4736	8,3
	3	34,5	590	35,4	3737	9,5	48	2304	15,3	60	52	3120	11,3
	4	39	682	40,9	4775	8,6	55	3025	13,5	67	58	3886	10,5
8	5	44	766	45,9	6079	7,6	62	3844	12,0	76	66	5016	9,1
	6	46,5	839	50,3	6789	7,4	65	4225	11,9	80	70	5600	9,0

Fuente: catálogo SIME

Anexo 37. Especificaciones técnicas aspersor Atom 35°

U	P	G	Q		○		□			△			
					Dati relativi ad 1 irrigatore Values for a single sprinkler Données pour 1 arros. tout seul Datos para cada rociador technische Daten für Einzelberegner		Disposizione in quadrato Square pattern Arroseur en carré Aspersores en cuadrado Quadratische Disposition			Disposizione in triangolo Triangular pattern Arroseur en triangle Aspersores en triángulo Rechteckposition			
					S	I	D	S	I	D	D ₁	S	I
mm	atm	m	l/m	m ³ /h	m ²	mm/h	m	m ²	mm/h	m	m	m ²	mm/h
4	1,5	13	40	2,4	530	4,5	18	324	7,4	22	19	418	5,7
	2	15	46	2,8	706	4,0	21	441	6,4	25	22	550	5,1
	3	17	56	3,4	907	3,7	24	576	5,9	29	25	725	4,7
	4	18	65	3,9	1017	3,8	25	625	6,2	31	27	837	4,6
8	1,5	14,5	61	3,7	660	5,6	20	400	9,2	25	21	525	7,0
	2	16,5	71	4,3	854	5,0	23	529	8,1	28	24	672	6,4
	3	18	86	5,2	1137	5,1	25	625	8,3	31	27	837	6,2
10	4	19	100	6,0	1014	5,3	26	676	8,9	32	28	986	6,1
	2	17	102	6,1	907	6,7	24	576	10,6	29	25	725	8,4
	3	19,5	124	7,4	1193	6,2	27	729	10,2	33	29	967	7,7
8	4	21	144	8,6	1385	6,2	29	841	10,2	36	31	1116	7,7
	5	23	161	9,7	1661	5,8	32	1024	9,5	39	34	1326	7,3

Fuente: catálogo SIME

Anexo 38. Especificaciones técnicas aspersor Skipper 25°

U		P		G		Q			O				□				△									
									S		I		D ₁		S		I		D		D ₁		S		I	
Diametro ugello Nozzle diameter Diamètre de la buse Diámetro de la tobera Durchmesser der Hauptdüse		Pressione Pressure Pression Wasserdruck im Beregner		Gittata Jet length Portée Chorro Tragweite		Portata Capacity Débit Capacidad Kapazität			Superficie irrigata Irrigated area Surface arrosée Superficie irrigada Beregnete Fläche		Intensità oraria Rainfall per hour Pluviométrie horaire Intensidad horaria Wassermenge pro Stunde		Distanza fra 2 all piovane contigue Distance between 2 contiguous pipelines Distance entre 2 conduites de pluie Distancia entre 2 alas de lluvia contiguas max. Distanz zwischen zwei nebeneinanderliegenden Rohren		Superficie irrigata Irrigated area Surface arrosée Superficie irrigada Beregnete Fläche		Intensità oraria Rainfall per hour Pluviométrie horaire Intensidad horaria Wassermenge pro Stunde		Distanza irrigatori sull'ala piovana Distance of the sprinklers on the pipeline Distance des arroseurs sur la conduite de pluie Distancia de los aspersores sobre el ala de lluvia max. Distanz zwischen den Beregnern auf einem Rohr		Distanza fra 2 all piovane contigue Distance between 2 contiguous pipelines Distance entre 2 conduites de pluie Distancia entre 2 alas de lluvia contiguas max. Distanz zwischen zwei nebeneinanderliegenden Rohren		Superficie irrigata Irrigated area Surface arrosée Superficie irrigada Beregnete Fläche		Intensità oraria Rainfall per hour Pluviométrie horaire Intensidad horaria Wassermenge pro Stunde	
mm	inch	kg/cm ²	lbs/inch	m	feet	l/min	m ³ /h	G.P.M.	m ²	mm/h	m	m ²	mm/h	m	m ²	mm/h	m	m	m ²	mm/h						
10	.40	2	29	20	65	120	7.2	32	1256	5.7	28	784	9.2	35	30	1050	6.9									
		3	44	22	72	147	8.8	39	1519	5.7	31	961	9.1	38	33	1254	7.0									
		4	56	24.5	80	170	10.2	45	1884	5.4	35	1225	8.3	42	37	1554	6.6									
12	.47	2	29	22	72	159	9.5	42	1519	6.2	31	961	9.8	38	33	1254	7.5									
		3	44	25	82	194	11.6	51	1962	5.9	35	1225	9.4	43	37	1591	7.2									
		4	56	28	92	224	13.4	59	2461	5.4	39	1521	8.8	48	42	2016	6.6									
14	.55	2	29	24	78	205	12.3	54	1808	6.5	33	1089	11.3	41	36	1476	8.3									
		3	44	27	88	251	15.0	66	2289	6.5	38	1444	10.3	46	40	1840	8.1									
		4	56	30	98	290	17.4	76	2826	6.2	42	1764	9.8	52	45	2340	7.4									
16	.63	2	29	26	85	257	15.4	68	2123	7.2	36	1296	11.8	45	39	1755	8.7									
		3	44	29	95	315	18.9	83	2640	7.1	41	1681	11.2	50	43	2150	8.7									
		4	56	32	104	364	21.8	96	3217	6.8	45	2025	10.7	55	48	2640	8.2									
18	.71	2	29	28	91	318	19.0	84	2641	7.7	39	1521	12.4	48	42	2016	9.4									
		3	44	31	101	389	23.3	102	3017	8.0	43	1849	12.6	53	46	2438	9.5									
		4	56	34	111	449	26.9	118	3629	7.8	48	2304	11.7	59	51	3009	8.9									
20	.78	2	29	30	98	386	23.1	102	2826	7.5	42	1764	13.1	52	45	2340	9.9									
		3	44	33	108	471	28.6	124	3419	8.6	46	2116	13.5	57	49	2793	10.2									
		4	56	37	121	545	32.7	144	4298	8.0	52	2709	12.1	64	55	3520	9.3									
		5	70	41	134	609	36.5	161	5278	7.0	57	3249	11.2	70	61	4270	8.5									

Fuente: catálogo SIME

Anexo 39. Especificaciones técnicas de cisterna de agua de 2500 galones

EQUIPAMIENTO DE SUCCION Y DESCARGA	
	<ul style="list-style-type: none"> Tubería galvanizada Ø3" para succión y descarga 01 descarga posterior por gravedad de Ø3".
MANGUERA DE CARGA Y DESCARGA	
	<ul style="list-style-type: none"> Mangueras de carga de Ø3" y 5 m de longitud. Con valvula check, canastilla, acople rápido y abrazaderas. Mangueras de descarga de Ø3" y 5 m de longitud. Con niple de descarga, acople rápido y abrazaderas.
SISTEMA DE BOMBEO	
	<ul style="list-style-type: none"> Bomba autosevante marca Jospac o similar. Motor: Gasolinero BRIGGS & ATRATTON de 10 Hp Caudal máximo de 90 m³/hr Manejo de solidos de hasta Ø1/8" Diámetro de succión de Ø3" Diámetro de descarga de Ø3" Sistema de carga y descarga por gravedad y presión. Base de bomba con sus respectivos soportes para la fijación de la bomba. Las tuberías son galvanizadas que aseguran la calidad de
PRUEBAS	