



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Evaluación de riesgos para el diseño de estabilidad de taludes de la
progresiva 0 + 500, tramo 2, proyecto Huaruro, Arequipa**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE MINAS**

AUTORES:

Lavado Abanto, Joe Louis (ORCID: 0000-0001-8167-8080)

Oruna Quezada, Juan Orlando (ORCID: 0000-0002-5061-150X)

ASESORA:

Mg. Castro Zavaleta, Liliana (ORCID: 0000-0002-1973-4245)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Análisis de Estabilidad de Taludes

CHICLAYO – PERÚ

2022

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada a mi familia y amigos.

Gracias a ustedes inicié esta aventura. Gracias a ustedes logré esta

“VICTORIA”.

¡Vive, aprende y enseña!

Orlando Oruna

Esta tesis les dedico a mis padres y mis hijos por haber sido siempre mi soporte.

Joe Lavado

AGRADECIMIENTO

A mis padres, por su apoyo incondicional durante mi vida personal y profesional.

A mis hermanas y amigos por ese gran ejemplo de sabiduría.

Y a Dios quien me motivó a realizar este trabajo.

En primer lugar, agradezco a dios, mi familia, mis docentes y mis asesores por haberme permitido cumplir con mis objetivos y mis metas trazadas

Los Autores

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.	10
3.1. Tipo y diseño de investigación	10
3.2. Variables y operacionalización	11
3.3. Población, muestra y muestreo.....	11
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	12
3.5. Procedimientos	13
3.6. Método de análisis de datos.....	15
3.7. Aspectos éticos.....	16
IV. RESULTADOS	17
4.1. Ubicación de la zona de investigación	17
4.2. Descripción de la geología local del tramo 2 del proyecto Huaruro, Arequipa.....	18
4.3. Elaboración del mapa de susceptibilidad para el proyecto Huaruro.....	20
4.4. Identificación de peligros geológicos y susceptibilidad por movimientos en masa en el tramo 2 del proyecto Huaruro	26
4.5. Evaluación de riesgo para la zona crítica Progresiva 0 + 500.....	41
4.6. Análisis geomecánico de los macizos rocoso de Andesitas y Dacitas Progresiva 0+500.....	44
4.7. Causas de la inestabilidad de taludes en la progresiva 0 + 500 del tramo 2 del proyecto Huaruro.....	52
4.8. Diseño de estabilidad de taludes para la progresiva 00 + 500 del tramo 2, proyecto Huaruro	53
4.9. Evaluación económica para la malla.....	65
V. DISCUSIÓN	68
VI. CONCLUSIONES	72
VII. REFERENCIAS	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Geología del tramo 2 proyecto Huaruro	19
Tabla 2: Clasificación de susceptibilidad a lo largo del Tramo 2; progresivas 0+000 hasta 0+855	28
Tabla 3: Clasificación de susceptibilidad a lo largo del Tramo 2; progresivas 1+760 hasta 2 + 850	31
Tabla 4: Clasificación de susceptibilidad a lo largo del Tramo 2; progresivas 3+240 hasta 4 + 540	34
Tabla 5: Clasificación de susceptibilidad a lo largo del Tramo 2; progresivas 4+590 hasta 5 + 470	37
Tabla 6: Clasificación de susceptibilidad a lo largo del Tramo 2; progresivas 5+870 hasta 6 + 930	40
Tabla 7: Sistemas principales de discontinuidades estructurales.....	44
Tabla 8: Clasificación geomecánica del macizo rocoso de andesita, progresiva 0 + 500.....	48
Tabla 9: Clasificación geomecánica del macizo rocoso de dacita, progresiva 0 + 500.....	49
Tabla 10: Resumen de clasificación geomecánica.....	50
Tabla 11: Propiedades de los macizos rocosos de Andesita y Dacita	51
Tabla 12: Causas de inestabilidad de taludes en la progresiva 0 + 500 del tramo 2 del proyecto Huaruro	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de Ubicación.....	18
Figura 2: Mapa de proyecto.....	18
Figura 3: Mapa geológico	20
Figura 4: Mapa geomorfológico.....	21
Figura 5: Mapa de pendientes.....	22
Figura 6: Mapa de suelos	23
Figura 7: Plano de precipitación pluvial.....	24
Figura 8: Mapa de susceptibilidad.....	25
Figura 9: Identificación de movimientos en masa, sitio 1, 2, 3, 4; progresivas 0+000 hasta 0+855.....	26
Figura 10: Susceptibilidad por movimientos en masa sitio 1, 2, 3, 4; progresivas 0+000 hasta 0+855.....	27
Figura 11: Identificación de movimientos de masa sitio 5, 6, 7, 8; progresivas 1 + 760 hasta 2 + 850.....	29
Figura 12: Susceptibilidad por movimientos en masa, sitio 5, 6, 7, 8; progresivas 1 + 760 hasta 2 + 850.....	30
Figura 13: Identificación de movimientos de masa, sitio 9, 10, 11, 12, 13; progresivas 3 + 240 hasta 4 + 540	32
Figura 14: Susceptibilidad por movimientos en masa, sitio 9, 10, 11, 12, 13; progresivas 3 + 240 hasta 4 + 540	33
Figura 15: Identificación de movimientos en masa, sitio 14, 15, 16, 17; progresivas 4 + 590 hasta 5 + 470.....	35
Figura 16: Susceptibilidad por movimientos en masa, sitio 14, 15, 16, 17; progresivas 4 + 590 hasta 5 + 470	36
Figura 17: Identificación de movimientos en masa, sitio 18, 19, 20, 21; progresivas 5 + 870 hasta 6 + 930	38
Figura 18: Susceptibilidad por movimientos en masa, sitio 18, 19, 20, 21; progresivas 5 + 870 hasta 6 + 930	39
Figura 19: Mapa de peligros y zonas inestables progresiva 0 + 500.....	41
Figura 20: Ortofoto de la zona del derrumbe (progresiva 0+500).....	42
Figura 21: Vista general del área de interés y sección topográfica hecho del modelo digital de terreno (MDT)	43

Figura 22: Análisis para rotura planar en Dacitas.....	45
Figura 23: Análisis para rotura por vuelco en Andesitas	45
Figura 24: Análisis para rotura por vuelco en Dacitas	46
Figura 25: Análisis para rotura por cuña en Andesitas.....	46
Figura 26: Análisis para rotura por cuña en Dacitas.....	47
Figura 27: Análisis para rotura por cuña en Dacitas.....	47
Figura 28: Propiedades del macizo rocoso de Andesita	50
Figura 29: Propiedades del macizo rocoso de Dacita	50
Figura 30: Plano geológico y líneas de sección geológica de la progresiva 00 + 500.....	53
Figura 31: Secciones geológicas del progresiva 00 + 500	54
Figura 32: Análisis Estático Perfil A-A´	55
Figura 33: Análisis Pseudoestático – A-A´	55
Figura 34: Análisis Estático Perfil B-B´	56
Figura 35: Análisis Pseudoestático – Perfil B-B´	56
Figura 36: Diseño de Talud Corregido del Perfil A-A´ en condiciones estáticas ..	57
Figura 37: Diseño de Talud Corregido del Perfil A-A´ en condiciones Pseudo estáticas.....	58
Figura 38: Diseño de Talud Corregido del Perfil B-B´ en condiciones estáticas ..	59
Figura 39: Diseño de Talud Corregido del Perfil B –B´en condiciones Pseudo estáticas.....	60
<i>Figura 40: Perforadora AIRMOBIL432 tipo Wagon Dril.....</i>	<i>61</i>

RESUMEN

El presente trabajo surge de la problemática sobre la estabilidad de taludes a lo largo del territorio nacional. Se planteó como objetivo general evaluar los riesgos para diseñar la estabilidad de taludes del tramo 2, proyecto Huaruro, Arequipa, y con objetivos específicos donde se verá los riesgos y susceptibilidad del macizo rocoso dar resultado a nuestra hipótesis que la evaluación de riesgos permitirá diseñar la estabilidad de los taludes del tramo II del proyecto Huaruro, Arequipa. Después de los estudios realizados se identificó el tipo de formación geológica Tacaza, principalmente andesita, la formación Barroso que es principalmente dacita y depósitos cuaternarios. También se hizo la clasificación de susceptibilidad como caída de rocas, ausencia de vegetación, erosión, fractura de rocas, meteorización, etc. Con la información recaudada se hizo una propuesta de estabilidad basada en el factor de seguridad, se calculó por el método de Spencer con instalación de Pernos de anclaje cada 5 m como medida de corrección, donde el talud es estable con un Factor de seguridad de 1.846 en condiciones estáticas.

Palabras clave: taludes, discontinuidad, macizo rocoso, RMR, factor de seguridad.

ABSTRACT

The present work arises from solving problems related to the stability of rock slopes, with two important issues related to this, such as; geotechnical characterization and identification of structurally controlled failure modes in a rock slope. The general objective was to evaluate the risks to design the slope stability of section 2, Huaruro project, Arequipa, and with specific objectives where the risks and susceptibility of the rock mass will be seen to give results to our hypothesis that the risk assessment will allow designing the stability of the slopes of section II of the Huaruro project, Arequipa. After the studies carried out, the type of Tacaza geological formation was identified, mainly andesite, the Barroso formation, which is mainly dacite, and Quaternary deposits. Susceptibility classification was also made as rock fall, absence of vegetation, erosion, rock fracture, weathering, etc. With the information collected, a stability proposal was made based on the safety factor, it was calculated by the Spencer method with the installation of anchor bolts every 5 m as a correction measure, where the slope is stable with a safety factor of 1,846. in static conditions

Keywords: slopes, discontinuity, rock mass, RMR, safety factor.

I. INTRODUCCIÓN

En todo el mundo, los fenómenos naturales son sucesos que incluyen movimientos y alteraciones que sufre la naturaleza, impactando en las actividades humanas convirtiéndose a largo o corto plazo en una amenaza, generando susceptibilidad en los habitantes Chávez (2021). En ese sentido, la inestabilidad de taludes siempre han sido un problema para la cimentación ya sea por fallas en el suelo o por deslizamientos de estos debido a su inestabilidad, además produce una pérdida económica en los diferentes proyectos de ingeniería.

Alva y Canto (2021), mencionan que, los movimientos de masa son una gran preocupación que afecta a un gran número de población a lo largo de los años, generando incomunicación, pérdida de bienes materiales y vidas humanas. Indican que, al conocer y determinar la geomorfología se podrá hacer una mejor planificación territorial, por consiguiente, se pueden evitar y reducir los riesgos mencionados.

Después de las precipitaciones intensas ocurridas entre los meses de enero y marzo se producen derrumbes en la zona cercana al punto de la captación del proyecto Huaruro (Km 0+500 del tramo 2 del proyecto). Generando un impacto negativo por ser la única ruta de acceso existente.

Así mismo, para Torres (2007), los parámetros geotécnicos del suelo y la roca son los más importantes en todas las construcciones civiles, especialmente cuando se estudia la estabilidad de taludes. El problema radica en la iniciación de estudios de estabilidad de taludes, el principal problema en nuestro país es la falta de información sobre parámetros de resistencia. Este estudio mencionó la importancia de obtener curvas de confiabilidad en los taludes analizados, mostrando la relación entre factor de seguridad, índice de confiabilidad, pendiente del terreno e índice de vulnerabilidad. Al realizar un análisis de riesgo de deslizamiento de tierra como parte de un estudio de estabilidad de taludes, los ingenieros pueden comprender mejor el daño potencial que puede causar un deslizamiento de tierra. Esto le permite elegir el tipo de solución que cumple con

los criterios de estabilidad mientras proporciona un nivel aceptable de confiabilidad.

Alvarado y Cornejo (2014) también afirman que la inestabilidad de taludes se presenta cuando en la zona donde se ubica la vía se presentan deslizamientos de tierra o de rocas o de tierra, principalmente como consecuencia de la erosión marina. Su proyecto se basa en el estudio de suelos cascajo-arenosos que forman taludes donde la resistencia al corte tiene componentes friccionales y cohesivos que existen a cualquier nivel de esfuerzo.

El contraejemplo de Chávez (2015) puede sustentarse en su investigación de que el agua de lluvia tiene un efecto directo en la estabilidad de diferentes tipos de terreno, especialmente cuando se trata de laderas afectadas por la deforestación, también en este caso porque las laderas son artificiales. actividades como la excavación y el relleno para la construcción o la explotación de canteras. Precipitaciones, como las que se producen durante el fenómeno de El Niño u otras condiciones meteorológicas no normales.

Montiel, Escamill y Hernández (2012) mencionan que el procedimiento de análisis propuesto en su estudio es el resultado de un análisis geológico geotécnico realizado para solucionar los problemas derivados del proceso de erosión en la ladera. El enfoque utilizado se basa no solo en la determinación del mecanismo de acción más probable, sino también en una evaluación exhaustiva de varios eventos posibles y las condiciones bajo las cuales se definen los procedimientos analíticos. Considerar que las escalas y los tiempos creados por el hombre son incompatibles con el tiempo requerido para los procesos geológicos facilita enormemente el cálculo y la evaluación del riesgo geotécnico, ya que el tiempo correcto de ocurrencia provoca un error al ubicarnos en el tiempo y la escala humanos. condiciones no dependen del proceso de erosión del macizo rocoso en las condiciones rocosas analizadas.

Según Ramírez (2015), el estudio de la estabilidad de taludes no es una tarea fácil y el éxito del proyecto depende en gran medida de las decisiones que se tomen durante el proceso constructivo, por lo que es necesario apoyarse en diferentes herramientas de solución. , como la planificación estratégica y el análisis de riesgos, pueden ayudar a abordar los amplios y complejos desafíos técnicos, sociales, ambientales y económicos que plantean las pendientes de las intersecciones de carreteras. El plan creado se basa en cuatro fases principales, diseñado de manera práctica y simplificada para implementarlo en el proyecto, invirtiendo solo el tiempo necesario, permitiendo al desarrollador consultar información esencial para la toma de decisiones y ejecución del proyecto. proyecto.

En este sentido se plantea la pregunta, **¿Cuál es el diseño de estabilidad de taludes al evaluar los riesgos de la progresiva 0 + 500 en el tramo 2 del proyecto Huaruro, Arequipa?**

El propósito del mapeo actual es evaluar los riesgos geológicos existentes, principalmente como resultado de grandes movimientos, como los deslizamientos que se han presentado en el área de estudio en los últimos años. Una evaluación de los factores potenciales es esencial para realizar un análisis de sensibilidad de la exposición real del proyecto.

El objetivo general fue evaluar los riesgos geológicos para diseñar la estabilidad de taludes de la progresiva 0 + 500 del tramo 2, proyecto Huaruro, Arequipa, 2021 y como objetivos específicos, evaluar el riesgo para la progresiva 0 + 500 del tramo 2 del proyecto Huaruro, realizar un análisis geomecánico de los macizos rocos de la progresiva 0 +500, describir las Causas de la inestabilidad de taludes en la progresiva 0 + 500 del tramo 2 del proyecto Huaruro, diseñar la estabilidad de taludes de la progresiva 00 + 500 del tramo 2, proyecto Huaruro - Arequipa.

Se plantea como **hipótesis** que la evaluación de riesgos permitirá diseñar la estabilidad de los taludes de la progresiva 0 + 500 del tramo 2 del proyecto Huaruro, Arequipa.

II. MARCO TEÓRICO

Apaza (2021) dice que una situación puede generar un riesgo a partir del cual se plantean soluciones, sin embargo, terreno, accidentes geográficos, accidentes geográficos, etc. Por la especificidad de la región, esta situación requiere la participación de diversas disciplinas de la ingeniería, en las que están involucrados todos los especialistas e investigadores del mundo.

Para Oliva y Onel (2021), el diseño y construcción de taludes de corte en terrenos con topografía irregular y condiciones geológicas y geotécnicas complejas, ha sido siempre problemático. Sin embargo, cuando estos escenarios se encuentran en zonas urbanas donde se combinan diversos factores naturales y antropogénicos que condicionan y desencadenan inestabilidad del terreno, la determinación correcta de los niveles de seguridad y la estimación de la probabilidad de falla de taludes es un gran reto que los ingenieros geotécnicos deben enfrentar frecuentemente.

También Huascope (2021) en su estudio en Llavini, Puno, encontró que debido al desarrollo urbano, la construcción se realiza en zonas de alto riesgo y movimiento de masa de suelo muy rápido; estabilidad más factores geomórficos y posibles procesos de erosión y deslizamientos ocasionados por las lluvias especialmente de enero a marzo.

Chávez (2021) Evaluación de riesgo geológico para el centro densamente poblado de La Real, Distrito de Apulao, Provincia de Castilla, Arequipa. El método utilizado es el modelo matemático de proceso de jerarquía analítica desarrollado por Thomas L. Saaty (1980), al igual que Bellido (2018), analizó la peligrosidad de los flujos de detritos en una evaluación de geoamenaza en la zona de Tiabaya de Arequipa, los factores condicionantes son forma de relieve, litología y pendiente del terreno; Se pensaba que la lluvia era el desencadenante. Las variables fueron analizadas mediante el método de Saaty (1980) y geoprocesadas en un sistema de información geográfica (SIG). Las áreas más vulnerables a los peligros del flujo de escombros son los desagües. El mapa

de riesgo de aludes considera cuatro niveles: bajo, medio, alto y muy alto. Se recomienda monitoreo constante del área.

Ingemmett (2021), nos menciona en su informe técnico A.H. Buenos Aires de Villa, Los geoamenazas identificadas corresponden a movimientos en masa tipo volcadura y desintegración de aeronaves. En el análisis de estabilidad de taludes, los factores de seguridad estáticos y cuasiestáticos se calculan teniendo en cuenta las propiedades del suelo y la roca, la geometría del talud y las variables que provocan deslizamientos. Los resultados obtenidos muestran un valor menor a 1, el cual se considera muy inestable y con alta probabilidad de generar nuevos deslizamientos en las condiciones actuales y en caso de un sismo.

Alva y Canto (2021) utilizan características geomórficas para identificar áreas con riesgo de grandes movimientos en la zona de Llacanora de Cajamarca. Se identificaron un total de 61 unidades geomórficas, agrupadas por su origen en tres ambientes principales: 33 ambientes de denudación, 6 ambientes morfotectónicos y 22 ambientes fluviales. Por otro lado, se identificaron 20 tipos de movimientos de masas con caída, arrastre y deslizamiento. La división de zonas sensibles al riesgo tiene en cuenta principalmente los materiales geológicos, las pendientes y los tipos de relieve, y se obtienen un total de 29 zonas de riesgo, que se dividen en zonas de riesgo extremadamente alto, alto, medio y bajo.

Carpio (2020) realizó un mapeo geogeotécnico que podría identificar indicadores potenciales de futuros deslizamientos, como grietas de tensión y terreno ondulado en algunas laderas en Lusco, Cusco. La solución propuesta que puede arreglar la pendiente inestable es cambiar la geometría de la pendiente natural, construir pasarelas, muros de contención, alcantarillas horizontales para lograr un factor de seguridad suficiente.

Gurruchaga y Vizcarra (2020) publicaron un trabajo de investigación en La Paz, Bolivia para mejorar aún más el análisis de estabilidad de taludes, para lo cual

utilizaron un método de elementos finitos para identificar áreas propensas a deslizamientos de tierra a lo largo del tiempo. Evaluación del factor de seguridad (F. S.) y método de equilibrio límite para la determinación de fuerzas y resistencias de suelos inestables. Finalmente, se estudia la respuesta deformación-esfuerzo en relación con el método de elementos finitos, que es más compacto que el propio método de equilibrio límite, y además, el mejor método de estabilización es el corte de taludes, consiguiendo así un factor de seguridad superior a 1,20.

Breña (2019) dice que el estudio se basa en la geología, la ingeniería geotécnica, la geomecánica de rocas, el suelo, el agua y la geofísica encaminados a lograr la estabilidad de taludes. Tal como explican Escobar y Duque (2017), las excavaciones en laderas requieren el uso de materiales en su estado natural, con todas las variaciones que pueden darse de un punto a otro según las propiedades hidrológicas y de ingeniería geológica del suelo y los tipos y grados de roca. de meteorización.

Arciniegas, Godoy y Correa (2019) explican que este análisis de riesgo se desarrolló a través de trabajo de campo, incluyendo visitas pertinentes, levantamientos topográficos para determinar las medidas de altura y área del área, y exploración subterránea utilizando el enfoque apique. Se realizaron laboratorios de caracterización del suelo para determinar la naturaleza y tipo de suelo que se encuentra en los taludes. Los resultados de esta evaluación permiten determinar el factor de seguridad y las condiciones en las que se encuentran los taludes, así como los posibles desplazamientos de masa en el futuro si no se realizan las obras de estabilización adecuadas.

BREÑA (2019), El procesamiento de datos se realiza en tiempo real y la información o datos recopilados se utilizan para determinar parámetros geotécnicos en el sitio, tales como: factor de seguridad estático, factor de seguridad cuasiestático, cálculos de carga admisible, cargas individuales e hidrogeología. Los artefactos se utilizan para controlar los flujos de agua y evitar su fuga, así como para proporcionar factores de

corrección para diferentes entornos para lograr la estabilidad de taludes. Rodríguez (2019) realizó una evaluación de riesgo de movimientos de desmonte a gran escala activados por procesos de precipitación en la vía Chagualá en la provincia de Quindillo; para ello se utilizó la metodología desarrollada por la Dirección Nacional de Gestión de Riesgos y Desastres (UNGRD) y el análisis científico geológico del clima, geología, física, geometría y mecánica de Colombia para evaluar las amenazas al área de estudio, así como la evaluación de factores de riesgo, con el método de obispo simplificado; la determinación del análisis de riesgo ante campañas de demolición a gran escala, cuyo efecto principal fue la congestión vial, mostró un nivel alto.

Guerrero, Toro y Guerrero (2019) demostraron que los métodos geoquímicos y geofísicos se pueden utilizar para el diseño de drenaje para comprender la distribución del agua subterránea y las superficies gíatorias de deslizamientos de tierra en capas secas por encima del nivel freático (2 m). La estabilización de la corrección de la pendiente permite un valor del factor de seguridad mayor o igual a ($FS = 1,5$).

Marreros y Marreros (2019) afirman que la mecánica de rocas es más compleja que la mecánica de suelos para la estabilidad de taludes por las siguientes razones: los tipos de rocas no son homogéneos sino anisotrópicos. Los parámetros de resistencia de las rocas son muy diversos y difíciles de determinar con precisión. Las teorías generales y los modelos del comportamiento de las rocas son complejos, al igual que las matemáticas involucradas. Contrariamente a Gonzalo (2017), Gonzalo dice que su investigación utilizó herramientas innovadoras como técnicas avanzadas de interferometría de radar y modelos de simulación de caída de rocas para analizar el desastre. Ambas técnicas requieren buenos datos de línea base tales como: inventario detallado del movimiento del suelo, conocimiento de los factores de inestabilidad (geología, topografía, resistencia del material, pendiente, etc.), análisis de factores desencadenantes (precipitación, temperatura, erosión del mar y de inundación) y otros parámetros relacionados con el impacto de estos

peligros naturales, como daños a viviendas e infraestructura y las pérdidas económicas resultantes en términos de costos directos e indirectos.

Cancho (2019), durante la construcción de la carretera Kimbiri-Kepashiato, en el tramo Cielo Punku-Quebrada Honda (1000 km a 5000 km), es una zona de rocas sedimentarias (areniscas y limolitas) completamente inestable ubicada en una progresiva 1380 km. . y 3280km. Esto requirió investigaciones geotécnicas detalladas, trabajos en el sitio (pozos de prueba) y pruebas de laboratorio apropiadas utilizando el software RocData v 4.0 y Slide 6.0 para establecer condiciones geotécnicas estables. Gómez (2018) nos informa que su estudio se basa en el análisis de inestabilidad de taludes y riesgo de inestabilidad de taludes en la subcuenca del río Canipaco, distrito de Colca, provincia de Huancayo, provincia de Junín. El propósito del estudio es identificar áreas sensibles para prevenir daños físicos y agrícolas en las laderas y taludes inestables de la subcuenca Kanipako. Los resultados conducen a las siguientes conclusiones: la identificación de áreas sensibles en base a pendientes y pendientes inestables en la subcuenca Canipaco evita daños físicos y agrícolas causados por fenómenos naturales.

Estaire (2017) dice que el siguiente paso es definir las unidades geotécnicas del problema que la intervención necesita resolver. En muchos casos, las unidades geotécnicas coinciden con las unidades geológicas. Sin embargo, cuando se define un gran número de unidades geológicas, es conveniente agruparlas de acuerdo con su comportamiento geotécnico similar esperado, especialmente si no hay suficientes pruebas de laboratorio para cada unidad.

Fernández, Pérez y Mulone (2017), quienes nos lo explican citando a Bieniawski (1989), el iniciador del método del mismo nombre. La Clasificación Geomecánica de Bieniawski o Clasificación RMR, desarrollada en 1973 y actualizada en 1979 y 1989, es un sistema que consiste en clasificaciones de macizos rocosos que permiten relacionar indicadores de calidad con parámetros geotécnicos de macizos rocosos, criterios de excavación

y soporte. Hay dos formas de interpretar el factor de seguridad, la primera es la relación fuerza a fuerza, que es la relación entre la resistencia y la fuerza desestabilizadora. Además, el factor de seguridad puede entenderse como la relación de resistencia, es decir, la relación entre la resistencia de tierra y la reducción de resistencia que realmente se requiere o moviliza.

Escobar y Mariuxi (2017) realizaron un estudio académico de estabilidad de taludes a lo largo de un anillo vial de 8,85 km en la ciudad de Maca, Ecuador, para lo cual investigaron carriles de 20 m a ambos lados del pasaje y encontraron diferentes tipos de suelo y roca. formaciones; aplicando el método de Bishop, Jambu y Spencer a taludes de suelos, obtuvieron un valor de factor de seguridad de 1,50 para condiciones estáticas y de 1,05 para condiciones pseudoestáticas; lo que finalmente concluyó que la presencia de agua de escorrentía es inestable. Las razones principales de esto es que recomiendan el drenaje de agua de lluvia en la parte superior de la pendiente (hombro) y al final de la pendiente.

Para Mendoza (2017), en su estudio académico, los investigadores establecieron parámetros para estudiar 20 laderas de alta montaña (más de cien metros) en el proceso de minado del proyecto minero Antapacaya; para ello utilizó el método simplificado de Bishop, Morgenster y Price para identificar las capas compatibles con el suelo, encontró arena, limo, arcilla y arcilla, Spencer determinó los valores del factor de seguridad en condiciones estáticas y pseudoestáticas y concluyó que los resultados obtenidos por el método anterior fueron similares, mostrando un 5% Para un cambio del 7%, finalmente se recomienda comenzar el estudio desde el concepto del proyecto, porque en la fase de operación, porque el estudio de caso conducirá a más costos innecesarios , también se recomienda introducir drenaje para reducir el efecto de la presión intersticial causada por el agua.

Idiger (2016) argumentó que el movimiento de masas es el proceso por el cual una cantidad de materia que consiste en roca, suelo, tierra, escombros o escombros se mueve hacia abajo bajo la fuerza de la

gravedad. Se les conoce comúnmente como deslizamientos, deslizamientos, procesos de remoción de masa, fenómenos de remoción de masa, taludes y fallas de taludes.

Mateo (2016) recuerda que la introducción de elementos estructurales en la estabilización de deslizamientos o como medida preventiva de taludes es un método muy antiguo, aplicado con éxito y probado como una técnica que aporta buenas soluciones en muchos casos. .

Valiente, Sobrecases y Días (2016) afirman que al estudiar los fenómenos de inestabilidad de laderas es necesario identificar y caracterizar diferentes comportamientos y clasificarlos correctamente. El análisis preciso del modo de falla permite optimizar la pendiente y las medidas de contención y estabilización de la pendiente, ya que se tienen en cuenta el mecanismo de acción, la velocidad y el tamaño. Por el contrario, las definiciones incorrectas de los mecanismos de falla pueden conducir a soluciones incorrectas o ineficaces y, en algunos casos, ser contraproducentes.

En su estudio, Ríos y Villagaray (2021) propusieron un sistema de drenaje anclado que podría proporcionar una mayor estabilidad de taludes en el Cerro Pucruhacra. sistemas existentes basados en análisis de información geotécnica y del terreno. Los resultados mostraron que el sistema de red de gaviones con pasarelas no difería mucho del sistema de drenaje de orificios roscados.

III. METODOLOGÍA.

3.1. Tipo y diseño de investigación

El trabajo es de tipo aplicada, según (Gonzalez, s. f.), la finalidad del estudio es poder averiguar las formas, maneras o caminos hacia la solución de problemas prácticos, que nos permita la mejora, la construcción, modificación o corrección en un contexto determinado de un campo de estudio. Ya que se usan los conocimientos adquiridos para la solución de un problema en específico, en este caso la inestabilidad de taludes del proyecto Huraruro.

El diseño es no experimental ya que no se manipularán las variables, de alcance correlacional porque relaciona la variable de evaluación de riesgos con la variable de diseño de estabilidad de taludes. Este tipo de investigación manipula inconscientemente las variables que busca explicar, pero se contenta con observar los fenómenos de interés en un ambiente natural para luego describirlos y analizarlos, sin necesidad de simularlos en un ambiente controlado (Etecé, 2021).

3.2. Variables y operacionalización

Variables independientes: evaluación de riesgos; identificación de peligros, causas, causas y efectos.

Westreicher (2021) definió variables independientes, también conocidas como variables explicativas, cuyos cambios también provocan cambios en las variables dependientes o explicativas.

Variable dependiente: diseño para estabilidad de taludes; estabilidad de taludes significa la seguridad del suelo o superficies inclinadas contra el movimiento o falla en relación con el plano horizontal. (de Matteis, 2003)

Sampieri, Fernández y Baptista (2014) argumentan que la variable dependiente no se manipula sino que se mide para ver el efecto que tiene sobre ella la manipulación de la variable independiente.

3.3. Población, muestra y muestreo

Para Boddy (2016), población es definido como el conjunto de personas u objetos con la finalidad de recopilar información que sea de uso para la investigación, esta puede ser de diversa ya sea desde registros hasta seres vivos.

La población para este trabajo son los sitios con riesgo geológico a lo largo del Tramo 2 del proyecto Huaruro (7 Km) en la localidad de Tapay, provincia de Caylloma, Departamento de Arequipa.

Los peligros geológicos que se evaluarán incluyen desprendimientos de rocas, deslizamientos de tierra de material suelto, deslizamientos de lodo (o deslizamientos de lodo) y áreas que pueden ser susceptibles a la erosión de la orilla del río o inundaciones repentinas. Esta evaluación no incluye otros peligros geológicos como terremotos o peligros volcánicos.

La muestra es una porción representativa de una población. Cuando se realizan tesis con enfoques cuantitativos, es decir, con análisis numéricos quizás debamos hacer un censo (APA, 2019).

La muestra son los sitios que presentan riesgos geológicos para los taludes del tramo II del proyecto Huaruro, en total 7 km del proyecto.

Para el diseño de estabilidad se tomará la progresiva 0 + 500

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas de Recolección de datos

- a) **Análisis de documentos**, Se incluye una descripción general de los documentos utilizados en el informe, que son: estudios, artículos, artículos y cualquier información disponible en Internet, y datos recopilados de las empresas mineras, ya que pueden servir como guía para el desarrollo de los objetivos propuestos. Dulzaides y Molina (2004) dicen que el análisis de documentos es una forma de investigación técnica, un conjunto de actividades intelectuales encaminadas a describir y representar de manera sistemática y uniforme los documentos para facilitar su recuperación. Esto incluye el procesamiento de síntesis analítica, que a su vez incluye descripción bibliográfica y

general de fuentes, clasificación, indexación, anotación, extracción, traducción y revisión por pares.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

A) Guía de análisis de documentos, La herramienta brinda la oportunidad de familiarizarse con universidades nacionales y extranjeras, teoría, libros, etc. bases de datos Se correlaciona con las variables de la encuesta para complementar los datos recopilados en las tablas de análisis de datos para desarrollar las intervenciones propuestas. Según Lujardo (2016), el análisis de documentos es un conjunto de actividades encaminadas a representar los documentos y su contenido de forma diferente al original, para luego reconstruirlos e identificarlos.

B) Ficha de recopilación de datos, Las herramientas que tenemos para registrar la información importante que descubrimos en la búsqueda de información y que queremos tener siempre a mano se denominan documentos (Castro de Reyes, 2015).

Validez y Confiabilidad: La validez y la confiabilidad reflejan la forma en que una herramienta satisface las necesidades del estudio (Hurtado, 2012). La vigencia de este documento fue consultada por expertos para asegurar que los instrumentos utilizados fueran los correctos.

3.5. Procedimientos

Etapa de pre campo, Primero se debe realizar el diseño del informe de investigación y luego se presenta la solicitud de licencia por parte de la Universidad Cesar Vallejo, subsidiaria de Chiclayo, y Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. (CMBSAA) a través del contratista Stantec Perú S.A. ingresar al área de trabajo y realizar diversas actividades de recopilación de información. Recopila información técnica y temática que

interpreta imágenes aéreas, imágenes satelitales y Google Earth y datos de terreno tipo lidar.

Etapa de campo, la visita de Ocampo (2020) es un momento muy importante en el proceso de investigación; en la fase de colocación en campo se obtiene la información y los datos necesarios para la realización de la investigación propuesta de acuerdo con la estrategia teórico metodológica definida en el proyecto de investigación. Para este trabajo de investigación nos desplazamos desde la ciudad de Cajamarca hasta el distrito de Tapay de la provincia de Cailloma, donde se ubica el proyecto que incluye la construcción de un sistema de abastecimiento de agua tomado de la parte baja del Salto Huaruro. La primera actividad, la determinación de las regiones a estabilizar, se realizó utilizando técnicas de observación directa para recolectar datos en el área de estudio, lo que permitió compararlos con datos teóricos obtenidos de diferentes autores. En la primera etapa.

Etapa de procesamiento, análisis e interpretación de datos, es procesamiento, análisis e interpretación, hemos utilizado softwares como dips para entender el comportamiento, posible rotura de breaks, slides para calcular factores de seguridad y también dar recomendaciones de estabilidad, arcgis es muy adecuado para la planificación temática. Cañizares (2022) dice que la interpretación de datos es vincular los resultados del análisis de datos con hipótesis creadas en un estudio específico y conocimientos ya probados. En general, **el procesamiento y análisis de datos implica recopilar datos sin procesar y transformarlos en información** comprensible, como gráficos, tablas, documentos, etc. (Grupo Bantú, 2020).

Fase 1: Mapeo de amenazas geológicas y análisis de situación actual

Esta fase incluye las siguientes tareas:

- La recopilación y análisis de Información existente
- El mapeo de amenazas geológicas (o geoamenazas)
- Inspección en terreno
- El análisis de la situación actual y desarrollo de diferentes escenarios viables para la estabilización de taludes.

Fase 2: Desarrollo de ingeniería geotécnica para estabilización por derrumbes

Desarrollar la ingeniería que permita estabilizar los taludes. Utilizando datos obtenidos durante la fase 1, Se evaluaron diferentes escenarios viables para la estabilización del talud. Después de esta etapa, se presentan las soluciones alternativas planteadas

Se procederá al diseño detallado de dichas obras de estabilización.

3.6. Método de análisis de datos

Después de recopilar todos los datos en el campo con instrumentos, toda la información se transfiere a una base de datos para su procesamiento en un software estadístico (Excel) y luego se analiza.

Arteaga (2020) dice que el análisis de datos es un proceso iterativo continuo donde los datos se recopilan y analizan simultáneamente. Garantizar la integridad de los datos es uno de los componentes esenciales del análisis de datos.

La segunda etapa de la oficina, que incluye el procesamiento de la información obtenida en sitio, mapas temáticos de presencia de peligros geológicos y la elaboración de recomendaciones de estabilidad de taludes para la 2da parte del proyecto Huaruro. Los mapas de peligros geológicos en el diseño propuesto se basan en el análisis de ortoimágenes y datos del terreno obtenidos de estudios aéreos (aviones y drones) proyectados con el software ESRI ArcGIS®. Estas

imágenes y los datos de elevación asociados, incluidos los datos LiDAR, fueron capturados originalmente por Global Mapping S.A. e Ipsycom SRL, que presta sus servicios directamente a la empresa responsable del proyecto.

Los métodos de mapeo incluyen la identificación de unidades geológicas relativamente homogéneas con base en posibles factores tales como el tipo de matriz (roca o material superficial), las características estructurales, la morfología de varios accidentes geográficos y la presencia o ausencia de procesos geológicos y de relieve (movimiento de masa, pendiente erosión), etc

El software Dips se utiliza para analizar el comportamiento de ruptura del macizo rocoso y los posibles modos de falla, y de la misma manera se determinan las propiedades del macizo rocoso, se utiliza el programa Roclab y el factor de seguridad. determinado usando este programa. Toboganes, todos de Rockscience Inc. propiedad.

Echaiz (2019) nos plantea la pregunta y la respuesta: ¿cuándo un dato se convierte en información? Desde el momento en que los datos (ya procesados) son útiles para alguien. ¿Qué es un sistema de procesamiento de datos? El procesamiento de datos genera información para la toma de decisiones.

3.7. Aspectos éticos.

Para la identificación de peligros geológicos se tomaron en cuenta modelos internacionales como es el basado en la nomenclatura y el sistema de clasificación de Cruden y Varnes presentada el “Special Report 247” del Transportation Research Board, y Nacionales como el manual de evaluación de riesgos del CENEPRED (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres).

Se utilizaron imágenes satelitales y softwares de libre descarga, además se contó con el permiso de la empresa y de la comunidad para ingresar a la zona de estudio.

La beneficencia. Como próximo ingeniero de minas, la presente investigación se centró en contribuir con conocimiento y experiencia a un gran problema que afecta a todo el mundo como es la estabilidad de taludes, para así emplear mejor los recursos de manera eficaz y eficiente optimizando costos.

La no maleficencia. Durante el desarrollo de esta investigación se hizo de manera responsable sin buscar el beneficio propio o perjudicando a terceros.

La autonomía. Para el desarrollo del presente trabajo se trabajó con respeto, empeño bajo una norma estricta de responsabilidad.

La justicia. Porque se realizó respetando la verdad de los datos y conocimientos adquiridos.

IV. RESULTADOS.

4.1. Ubicación de la zona de investigación

Los estudios se ubican en la zona de Arequipa en la provincia de Caylloma en la zona de la provincia de Tapay en relación con la construcción de un ducto para transportar el agua atrapada en la parte baja del Salto Huaruro. La ruta prevista del oleoducto tendrá una longitud aproximada de 15,5 kilómetros hasta la ciudad de Tapay.

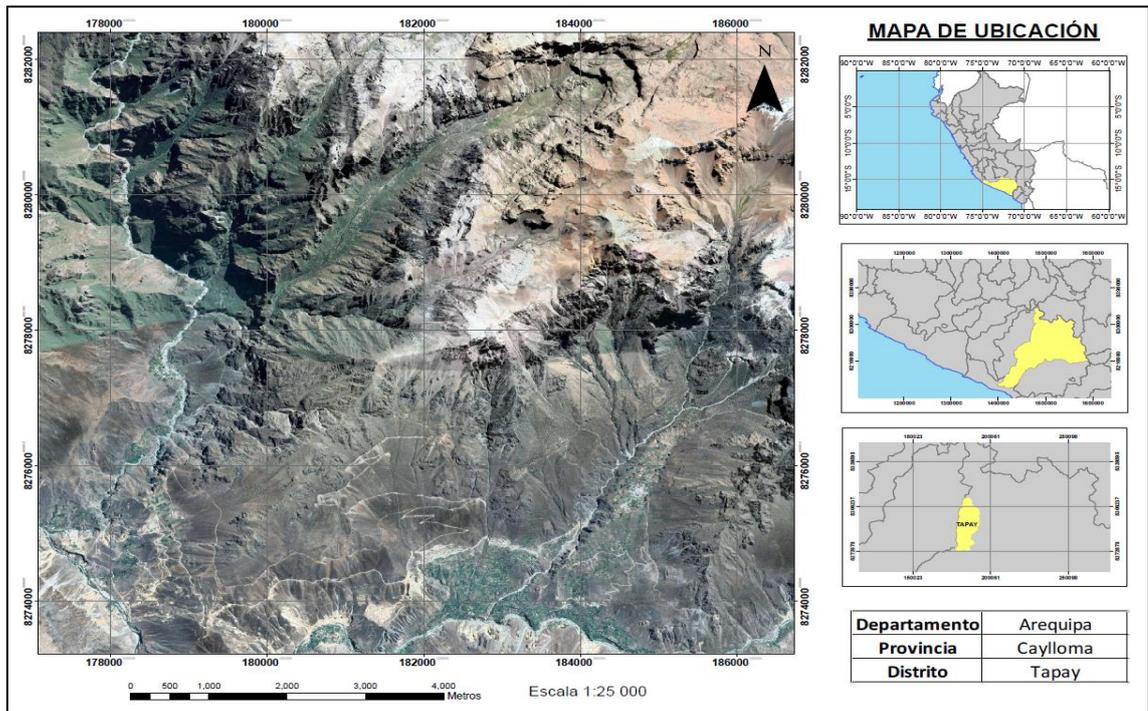


Figura 1: Mapa de Ubicación

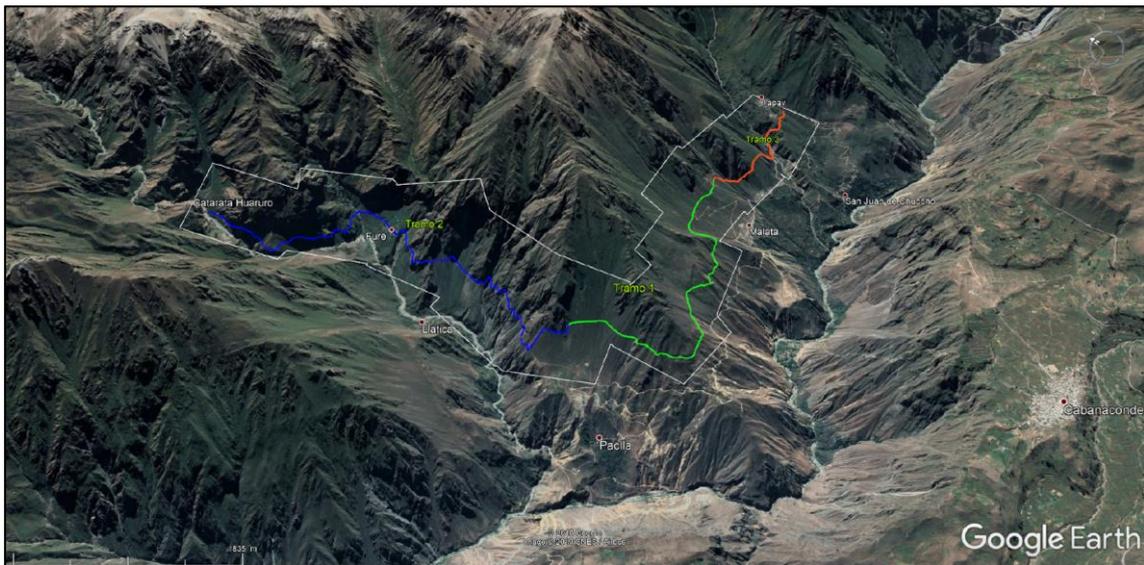


Figura 2: Mapa de proyecto

4.2. Descripción de la geología local del tramo 2 del proyecto Huaruro, Arequipa.

El área de estudio comprende los cuadrángulos geológicos del Instituto Geológico, Minera y Metalúrgico (INGEMMET) de Huambo de la carta 32-r y de Orcopampa (31-r) los cuales se encuentran dentro del departamento de Arequipa.

Tabla 1: Geología del tramo 2 proyecto Huaruro

Formación geológica	Litología	Forma de Estructura de contacto	Lugar de afloramiento
Formación Tacaza (Tm-vta)	Material volcánico principalmente roca Andesita de textura granular	Subhorizontal	Margen izquierdo del río Molloco
Formación Barroso (TQ-vba)	Material volcánico principalmente roca Dacita color gris con venillas de calcita y cuarzo	Las discontinuidades (fallas y diaclasas) subverticales	Margen izquierdo del río Molloco
Depósitos cuaternarios	Material Aluvial, coluvial y deluvial con poca matriz cementante.	-	En todo alrededor del proyecto.

Fuente: elaboración propia

4.3. Elaboración del mapa de susceptibilidad para el proyecto Huaruro

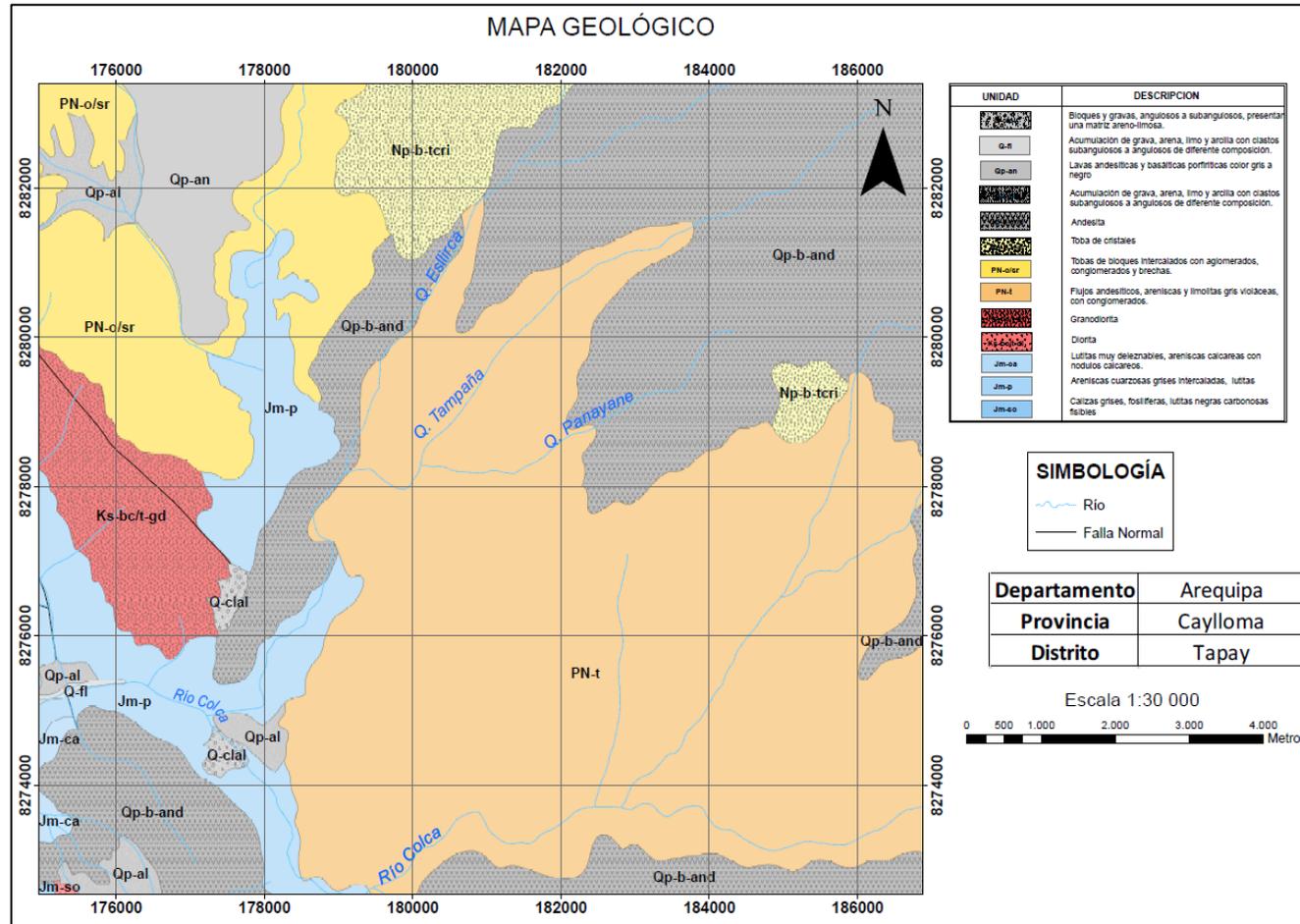


Figura 3: Mapa geológico

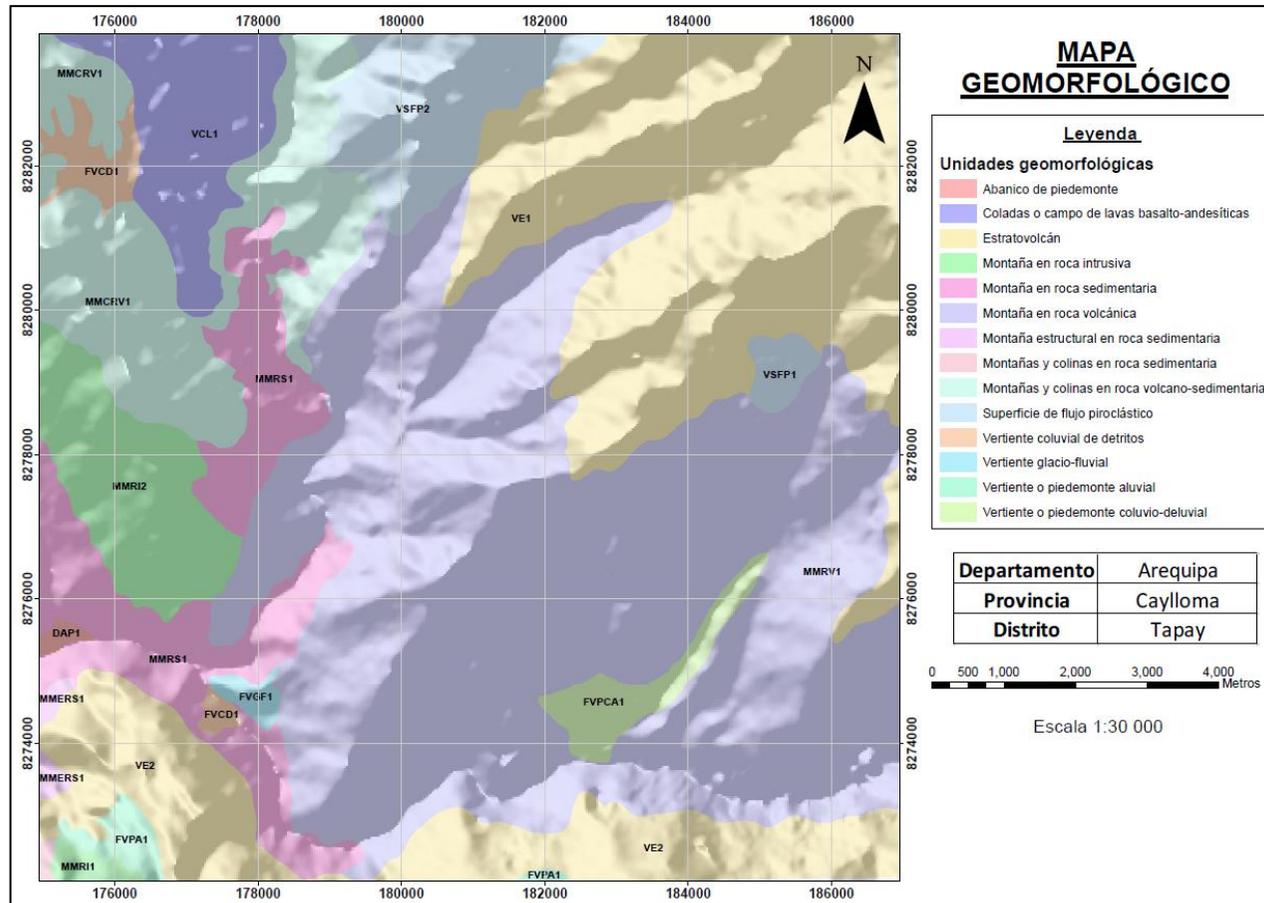


Figura 4: Mapa geomorfológico

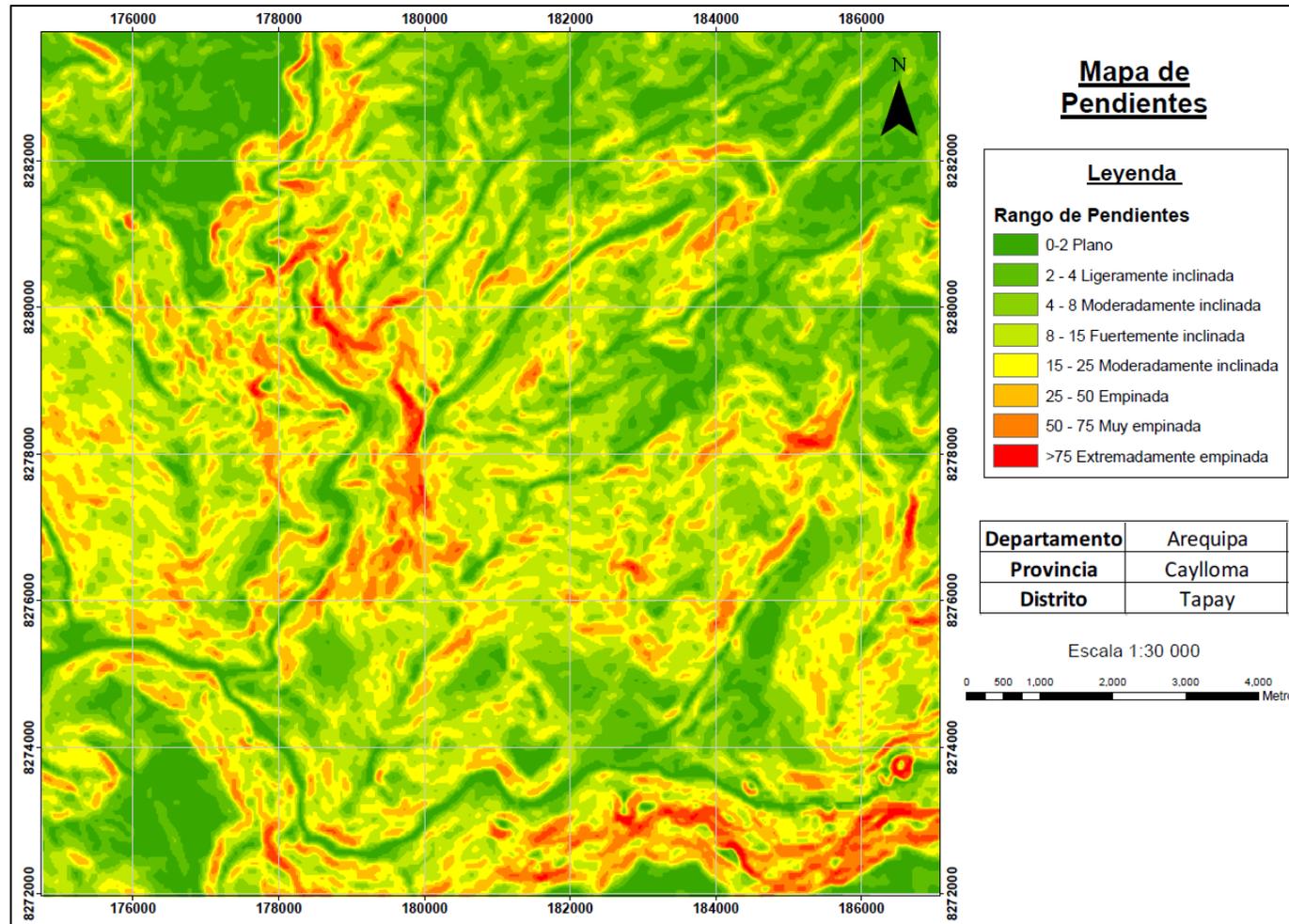


Figura 5: Mapa de pendientes

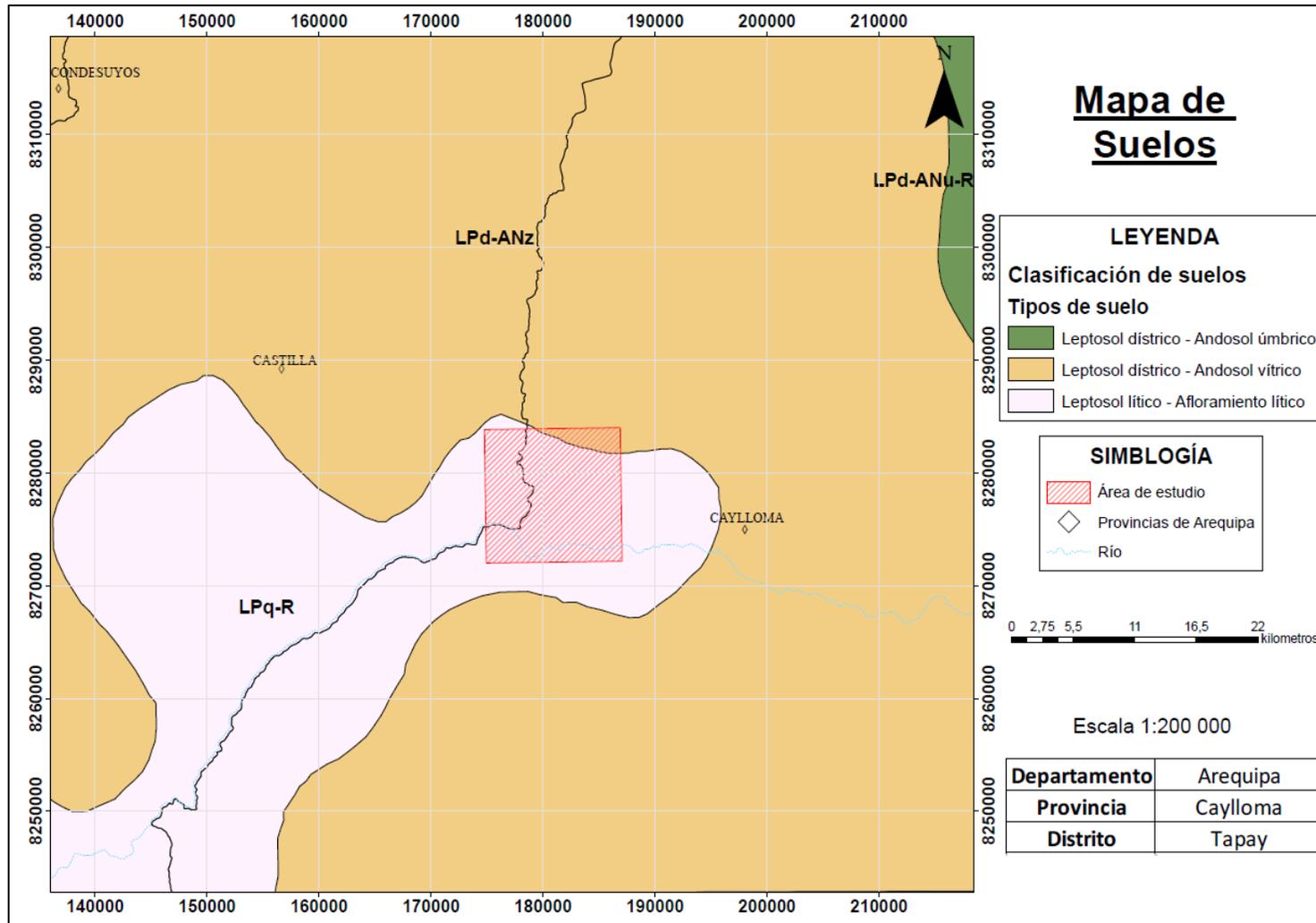


Figura 6: Mapa de suelos

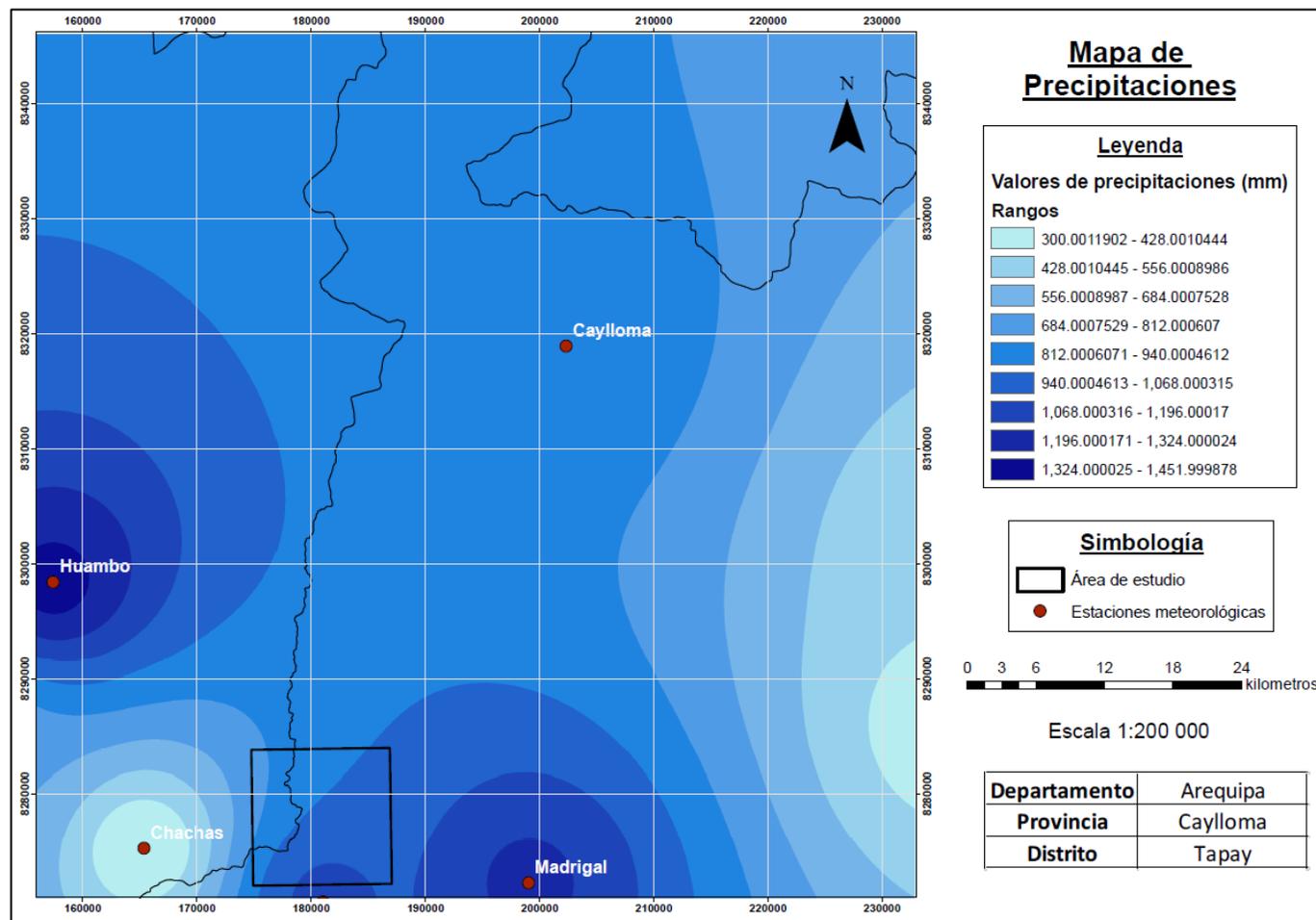


Figura 7: Plano de precipitación pluvial

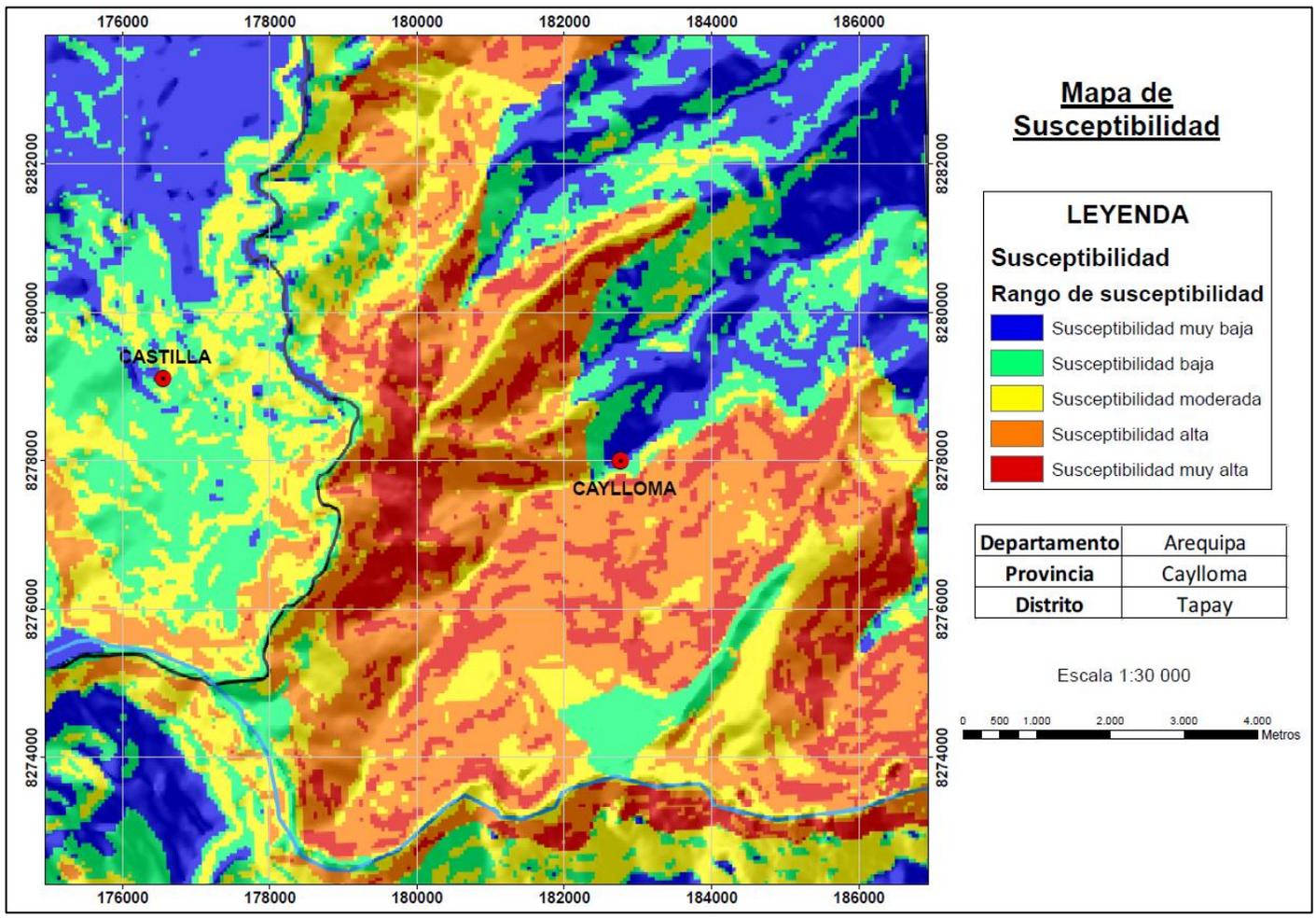


Figura 8: Mapa de susceptibilidad

4.4. Identificación de peligros geológicos y susceptibilidad por movimientos en masa en el tramo 2 del proyecto Huaruro

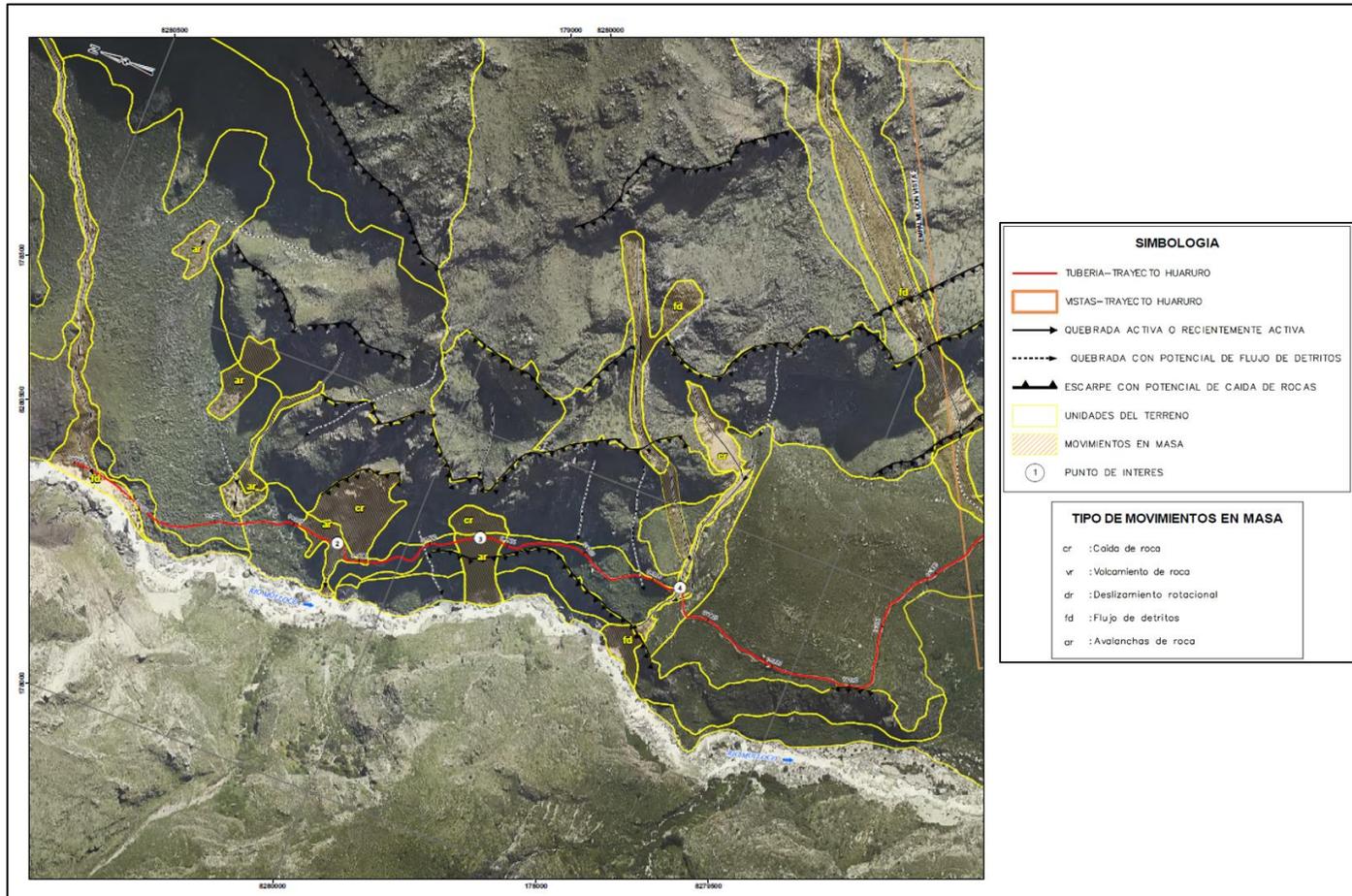


Figura 9: Identificación de movimientos en masa, sitio 1, 2, 3, 4; progresivas 0+000 hasta 0+855

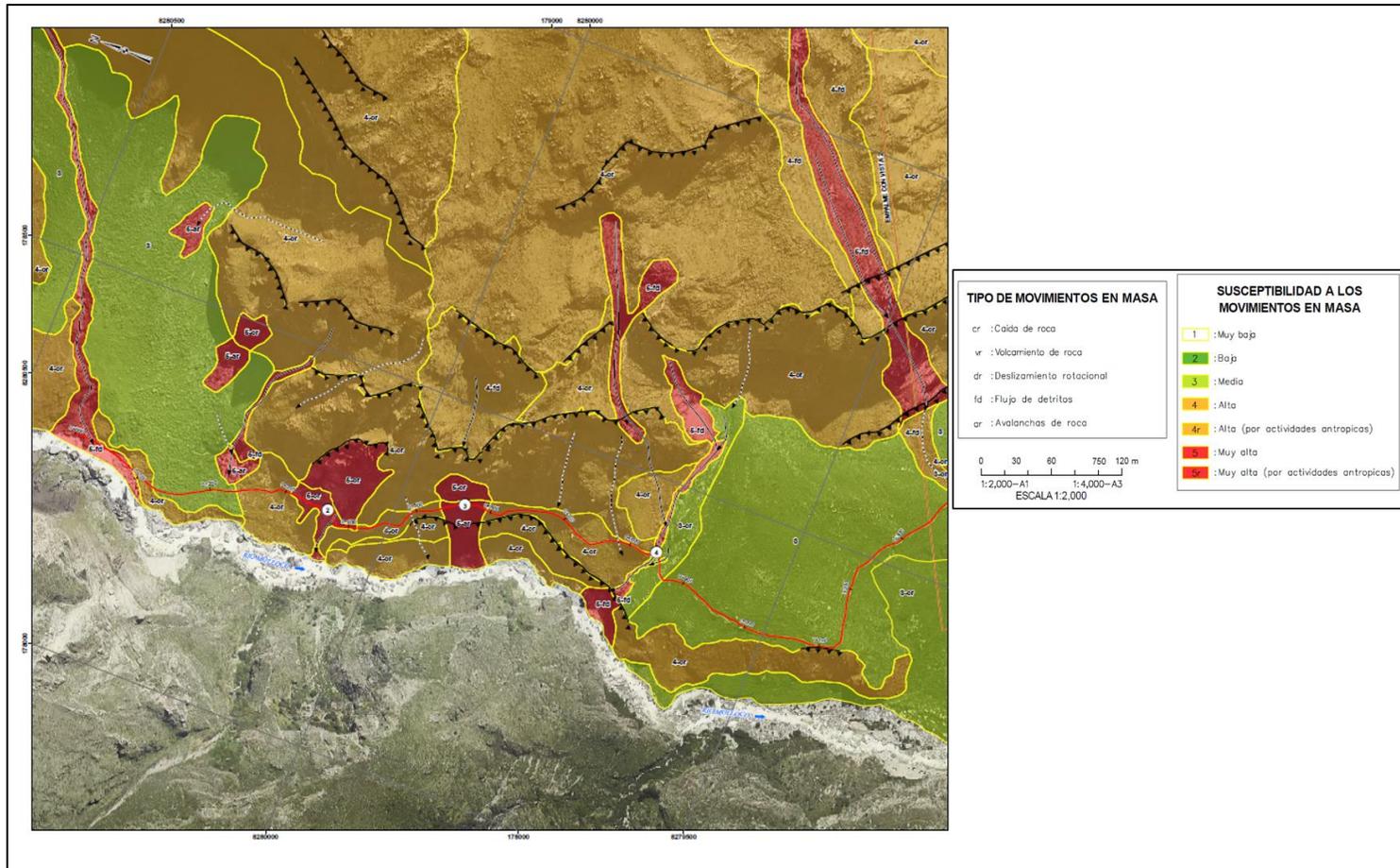


Figura 10: Susceptibilidad por movimientos en masa sitio 1, 2, 3, 4; progresivas 0+000 hasta 0+855

Tabla 2: Clasificación de susceptibilidad a lo largo del Tramo 2; progresivas 0+000 hasta 0+855

sitio	Progresiva Km	Descripción del peligro	Clasificación de susceptibilidad
1	0+000 hasta 0+100	<ul style="list-style-type: none"> Área susceptible a flujo de detritos, caída de roca y erosión fluvial. Quebrada con pendiente fuerte (30° a 50°) en roca meteorizada y material coluvial de fácil remoción. La forma en “V” de la quebrada, la ausencia de vegetación a lo largo de su longitud y la presencia de material grueso y suelto al pie de la quebrada sugieren una inestabilidad reciente. Precipitaciones pluviales pueden generar flujos desde la parte superior del talud. Posibilidad de caída de roca aislada desde el escarpe de roca empinada ubicado a unos 60 metros arriba del sitio de captación de agua. El incremento del caudal del río Molloco, asociado a las lluvias intensas, tendría suficiente capacidad erosiva a lo largo del cauce del río. Esta erosión podría generar la pérdida de material en la base del talud y deslizamientos retrogresivos en la vertiente superior. 	5-fd; 4-cr
2	0+310 hasta 0+410	<ul style="list-style-type: none"> Área susceptible a caída de rocas. El talud ubicado inmediatamente encima del camino es aproximadamente vertical y presenta grietas de tensión y otras discontinuidades indicativas de una pendiente inestable desde donde se pueden iniciar caídas o avalanchas de rocas. El tramo cruza material grueso y fragmentos rocosos depositados al pie del talud superior. Este material es susceptible a procesos de erosión de laderas y en temporada de lluvias fuertes, podría generar flujos de detritos. 	5-cr
3	0+530 hasta 0+595	<ul style="list-style-type: none"> Área susceptible a caída de rocas / avalancha de rocas. Sitio donde se produjo una avalancha de roca asociada a los eventos de lluvias fuertes de los meses de febrero y marzo de 2019. La parte alta del talud posee un alto nivel de meteorización y presencia de múltiples fracturas y grietas de tensión, con rocas inestables que representan alto potencial de caída de rocas. El tramo cruza material grueso y fragmentos rocosos depositados al pie del talud superior. Este material es inestable y susceptible a los procesos de erosión de laderas. 	5-cr; 5-ar
4	0+835 hasta 0+855	<ul style="list-style-type: none"> Área susceptible a flujo de detritos. Quebrada con pendiente promedio de 40°. En el cauce de la quebrada se observa material suelto de diferente tamaño generados por flujos de detritos recientes (2020/2021). Este material es susceptible a ser removidos durante eventos posteriores. Posibilidad que la erosión asociada al flujo pueda afectar la estabilidad de la vía de acceso. 	5-fd

Fuente: elaboración propia

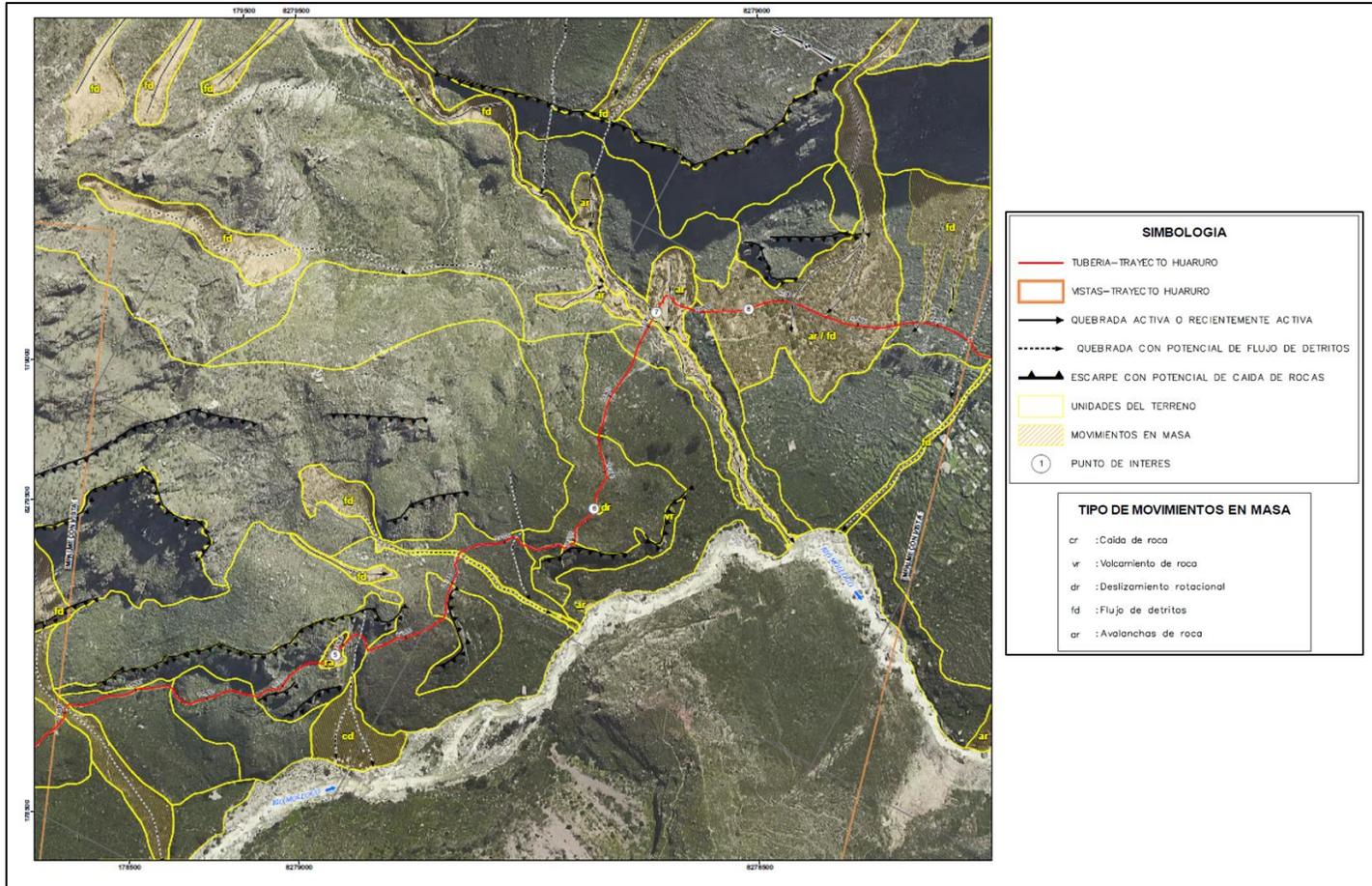


Figura 11: Identificación de movimientos de masa sitio 5, 6, 7, 8; progresivas 1 + 760 hasta 2 + 850

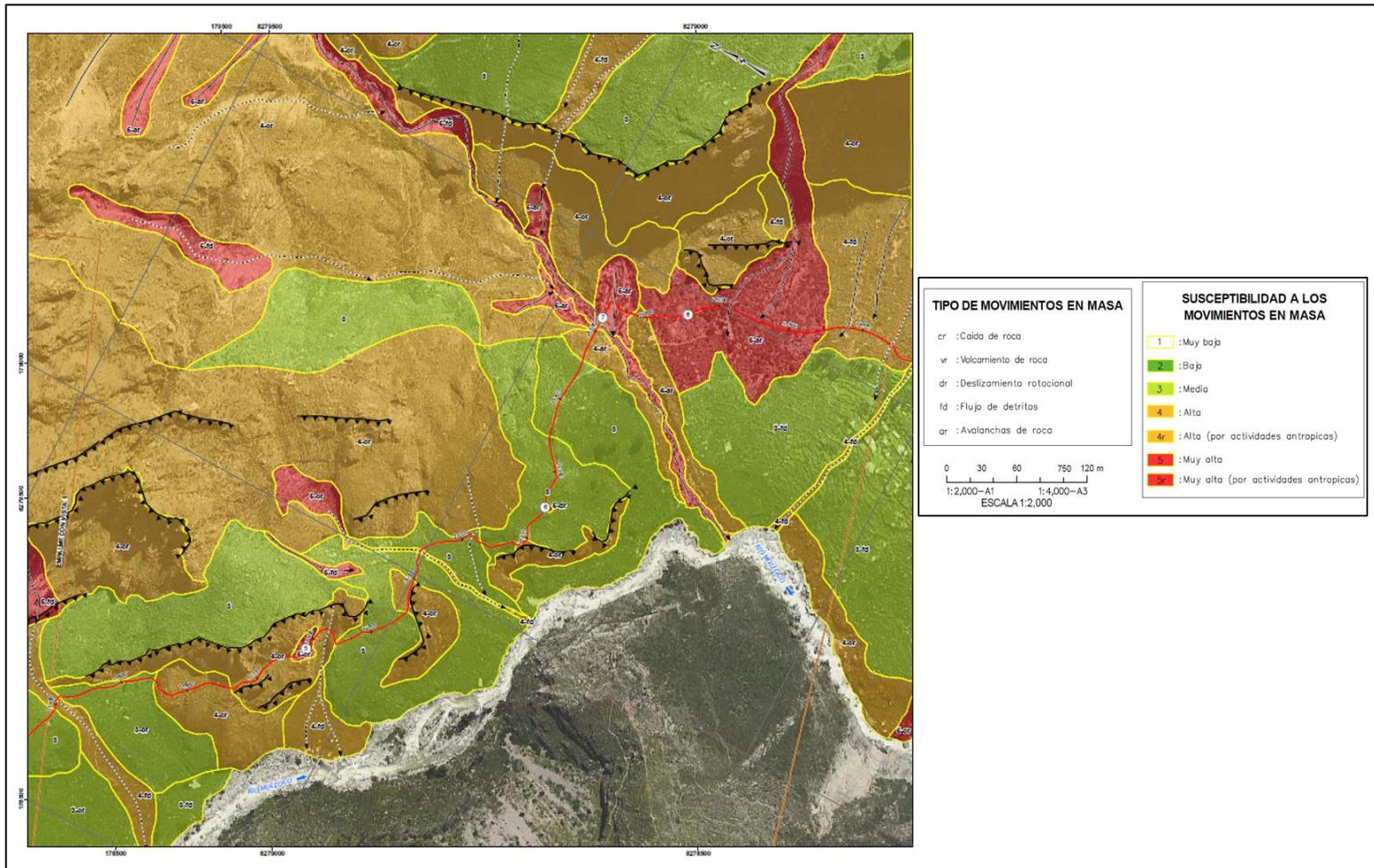


Figura 12: Susceptibilidad por movimientos en masa, sitio 5, 6, 7, 8; progresivas 1 + 760 hasta 2 + 850

Tabla 3: Clasificación de susceptibilidad a lo largo del Tramo 2; progresivas 1+760 hasta 2 + 850

sitio	Progresiva Km	Descripción del peligro	Clasificación de susceptibilidad
5	1+760 hasta 1+800	<ul style="list-style-type: none"> Área susceptible a caída de rocas / avalancha de rocas. Talud rocoso de pendiente muy fuerte (>65°). Zonas con ausencia de vegetación y presencia de rocas meteorizada con fracturas. La presencia de un cono de detritos al pie del talud es interpretada como un índice de inestabilidad del sector. En esta área, el camino de acceso es muy angosto (< 2m de ancho) a lo largo de un terreno escarpado, lo que hace que el tránsito o las actividades de construcción en este sector puedan ser considerados como muy peligrosos (debilitamiento potencial del pie del talud debido a actividades de construcción). 	5r-cr; 4-cr
6	2+245 hasta 2+250	<ul style="list-style-type: none"> Área susceptible a deslizamiento rotacional. El material en este lugar consiste en una capa de suelo coluvial sobre una pendiente de aproximadamente 52°. En el camino de acceso se observa la corona de un pequeño deslizamiento que afecta a la mitad del ancho del camino. Aunque el escarpe de deslizamiento es de aproximadamente 5m de longitud con menos de 0.2m de desplazamiento vertical, este índice de inestabilidad puede ser indicativo de un futuro deslizamiento, que probablemente se reactivaría durante precipitaciones fuertes. 	5-dr
7	2+460 hasta 2+580	<ul style="list-style-type: none"> Área susceptible a caída y avalanchas de rocas, flujos de detritos, erosión de ladera y erosión fluvial. Este sector corresponde a la ubicación propuesta por el Puente Colgante 1 en la quebrada Isllirca. Esta quebrada se emplaza en un cauce predominantemente incisado, con un curso mayormente recto y con un gradiente hidráulico de 35° a 40°. Ambas márgenes están constituidas por una mezcla de depósitos fluviales y coluviales. En la margen izquierda se observaron dos derrumbes, cuyas características son indicativas de movimientos recientes (probable menos de 10 años). El más grande de los dos derrumbes (aproximadamente 300 m2) es atravesado por el eje de la tubería (progresivas Km 2+510 hasta 2+580). Precipitaciones fuertes podrían reactivar los deslizamientos existentes o iniciar nuevos. La ocurrencia de deslizamientos o erosión aguas arriba podría alimentar la quebrada de material suelto y generar flujos densos de alta energía. 	5-ar; 5-fd;
8	2+580 hasta 2+850	<ul style="list-style-type: none"> Área susceptible a avalanchas de rocas y flujos de detritos. En las imágenes aéreas y en el terreno se observa un depósito en forma de cono o abanico de material grueso. Tanto arriba como debajo del trazado del camino de acceso se observan bloques angulares con diámetros superiores a 5 m. La posición actual de dichos bloques representa la magnitud de los deslizamientos y flujos de detritos anteriores y podrían ser indicativos de los resultados en caso de ser reactivados por episodios de lluvias fuertes, movimientos sísmicos o por actividades de construcción. 	5-ar

Fuente: elaboración propia

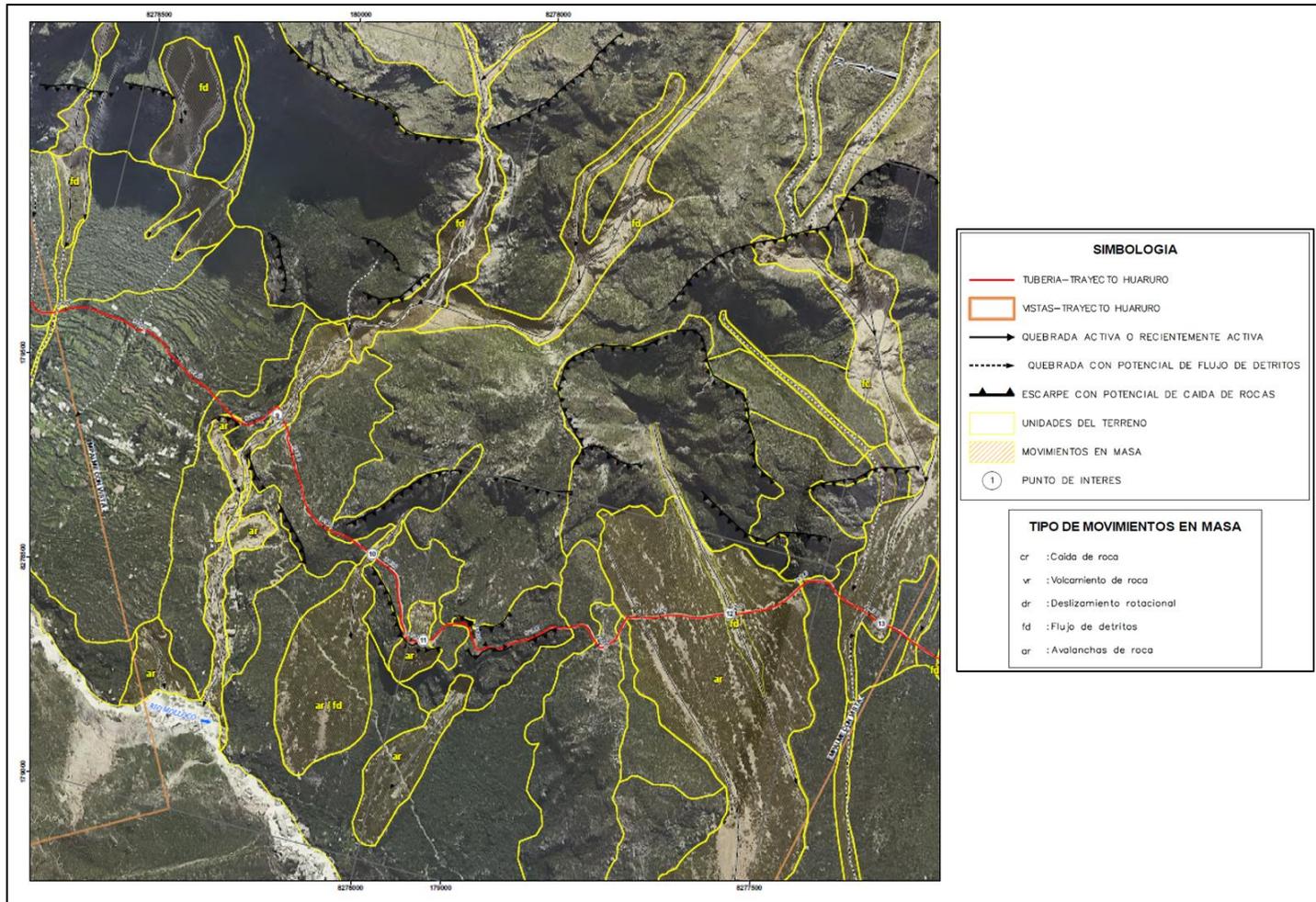


Figura 13: Identificación de movimientos de masa, sitio 9, 10, 11, 12, 13; progresivas 3 + 240 hasta 4 + 540

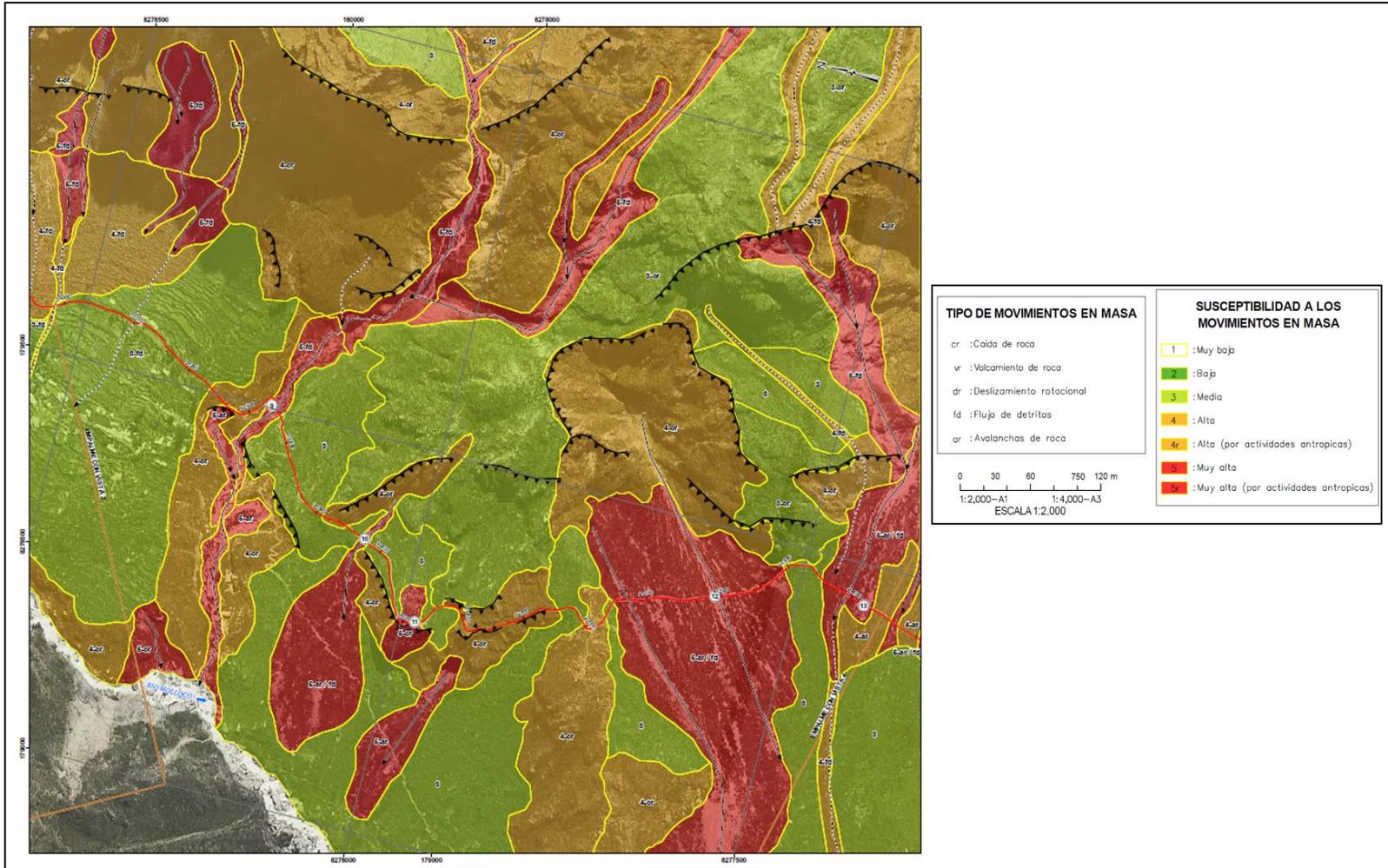


Figura 14: Susceptibilidad por movimientos en masa, sitio 9, 10, 11, 12, 13; progresivas 3 + 240 hasta 4 + 540

Tabla 4: Clasificación de susceptibilidad a lo largo del Tramo 2; progresivas 3+240 hasta 4 + 540

sitio	Progresiva Km	Descripción del peligro	Clasificación de susceptibilidad
9	3+240 hasta 3+380	<ul style="list-style-type: none"> Área susceptible a flujos de detritos, caída y avalanchas de rocas, erosión de ladera y erosión fluvial. Este sector corresponde a la ubicación propuesta por el Puente Colgante 2 en la quebrada Fure. En esta quebrada se emplaza en un cauce predominantemente incisado, con un curso mayormente recto y con un gradiente hidráulico promedio de 25°. Ambas márgenes están constituidas por una mezcla de depósitos fluviales y coluviales. Algunos afloramientos de roca con pendientes fuertes son visibles tanto arriba como abajo del cruce propuesto. En la margen derecha de la quebrada se observa un deslizamiento (progresivas Km 3+270). El camino de acceso cruza la parte superior de este deslizamiento. Durante la inspección de campo se observaron rocas inestables de gran tamaño. El incremento del caudal de la quebrada asociado a lluvias fuertes podría generar importantes fuerzas erosivas al pie del talud, ocasionando deslizamientos en masa. Adicionalmente, la vía de acceso en este sector está muy angosta (< 2m de ancho), lo que hace que el tránsito, o las actividades de construcción puedan ser consideradas como peligrosas. 	5-fd; 4-cr; 5-ar
10	3+670 hasta 3+680	<ul style="list-style-type: none"> Área susceptible a caída de rocas y flujos de detritos. A unos 100 m arriba del camino de acceso se ubica un talud rocoso de pendiente muy fuerte (>70°) donde se inician las caídas de rocas. Se observaron bloques inestables a lo largo del camino en este sector. Debajo de esta pendiente se observa material coluvial con bloques subangulares a angulares de diámetro superior a 2 m. Análisis de las imágenes aéreas sugiere que precipitaciones fuertes podrían iniciar flujos de detritos o avalanchas de rocas en este lugar. 	5-ar/fd
11	3+690 hasta 3+730	<ul style="list-style-type: none"> Área susceptible a caída y avalanchas de rocas. En las imágenes aéreas se observó que la parte alta del talud (arriba de la vía de tránsito) se observa un alto nivel de fracturación del macizo rocoso generando varios bloques sueltos de gran tamaño (> 4m³) los cuales podrían desprenderse durante lluvias intensas o eventos sísmicos de importante magnitud. A lo largo de esta sección, el camino de acceso está ubicado muy cerca de la cresta de un escarpe rocoso sub-vertical de aproximadamente 90m de altura. La vía muy angosta en este sector (< 2m de ancho), lo que hace que el tránsito, o las actividades de construcción se consideren peligrosas. 	5-cr
12 y 13	4+055 hasta 4+290, 4+355 hasta 4+540	<ul style="list-style-type: none"> Áreas susceptibles a avalanchas de rocas y flujos de detritos. En este sector, el eje de la tubería cruza sectores inestables donde las avalanchas de rocas y flujos de detritos son responsables de la formación de conos de detritos. La pendiente del terreno es de 35° en dichos abanicos de derrubios. En las imágenes aéreas y en el terreno se observan indicios de inestabilidad que incluyen la ausencia de vegetación, presencia de bloques sueltos en la vía de acceso. Algunas cárcavas son visibles las cuales corresponden al resultado erosivo de flujos de detritos de menores proporciones. Al pie de la pendiente (a lo largo del Río Molloco) se observan bloques que alcanzan los 6 hasta 8 m de diámetro. Esos bloques son asociados a antiguos eventos de caída probablemente provocados por eventos sísmicos. 	5-ar/fd; 4-ar

Fuente: elaboración propia

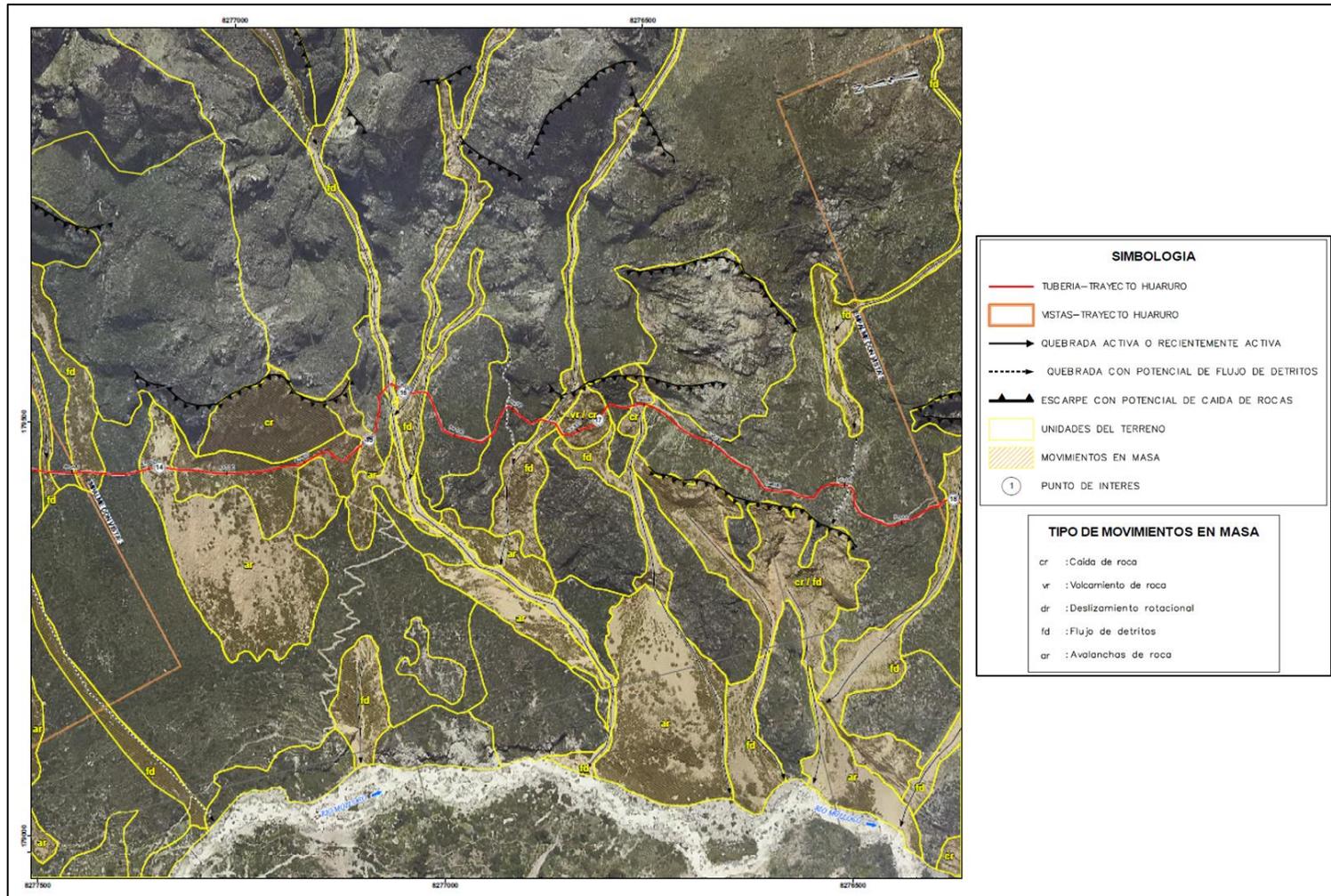


Figura 15: Identificación de movimientos en masa, sitio 14, 15, 16, 17; progresivas 4 + 590 hasta 5 + 470

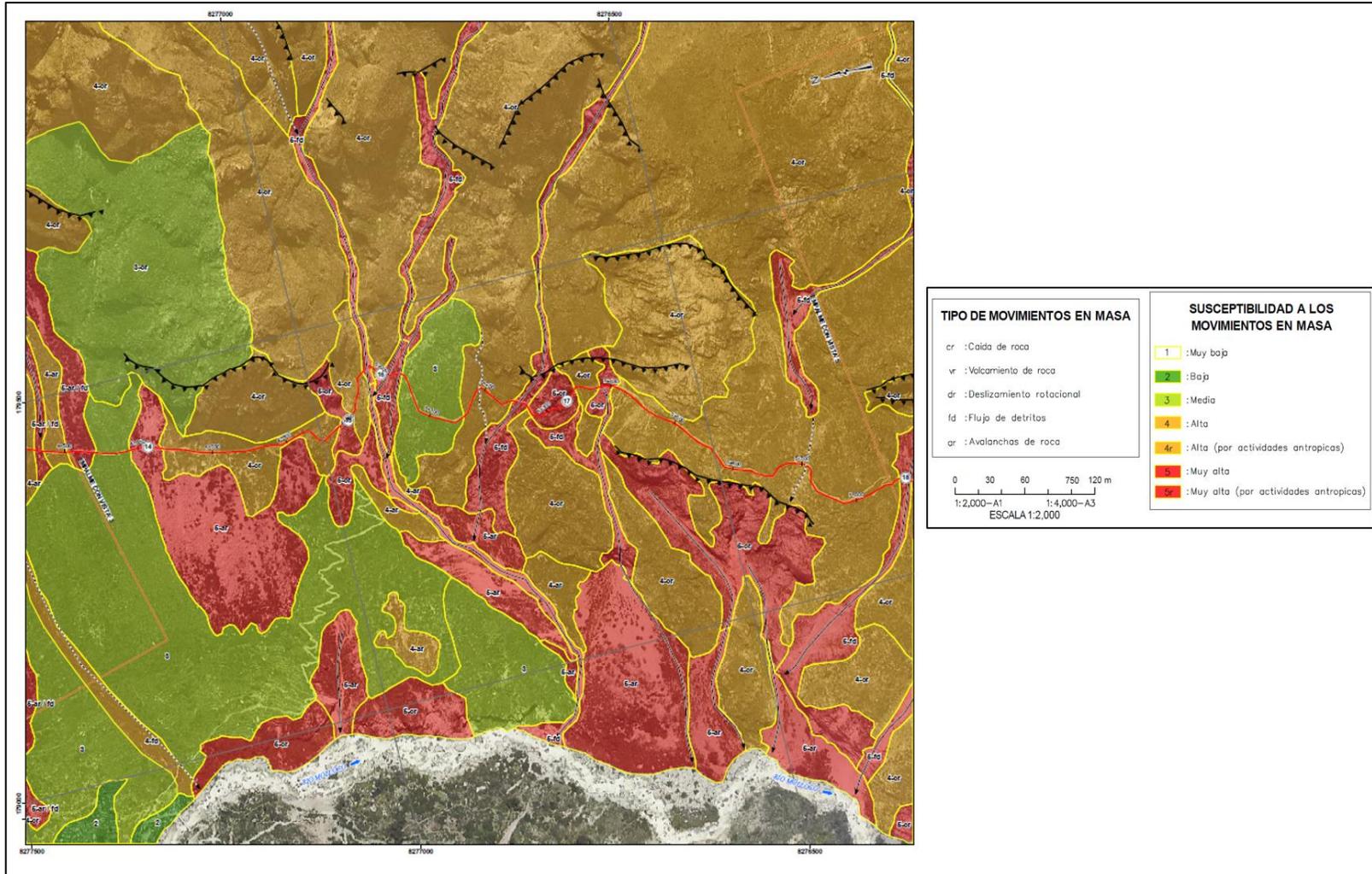


Figura 16: Susceptibilidad por movimientos en masa, sitio 14, 15, 16, 17; progresivas 4 + 590 hasta 5 + 470

Tabla 5: Clasificación de susceptibilidad a lo largo del Tramo 2; progresivas 4+590 hasta 5 + 470

sitio	Progresiva Km	Descripción del peligro	Clasificación de susceptibilidad
14	4+590 hasta 4+820	<ul style="list-style-type: none"> Área susceptible a caída y avalancha de rocas. La vía de acceso está ubicada en la parte superior de un depósito de derrubios. Este material está asociado a las frecuentes caídas de rocas o pequeñas avalanchas de rocas que inician en la parte superior del talud, los cuales provienen de un escarpe rocoso altamente fracturado de unos 100 a 200m de altura. La ocurrencia de eventos de caída de rocas que se estima sea más alta a causa de lluvias fuertes y/o movimientos sísmicos. 	5-ar; 4-cr
15	4+880 hasta 4+910	<ul style="list-style-type: none"> Área susceptible a caída y avalancha de rocas. La vía de acceso está ubicada en la parte baja de un escarpe rocoso donde recientemente ocurrió una avalancha de rocas. Una estimación de la superficie de ruptura da unas dimensiones aproximadas de 20m de largo por 40m de altura. Parte del material rocoso desplazado está ubicado a lo largo del talud cruzado por la ruta de acceso, mientras que la mayoría del material desplazado parece haberse ubicado ladera abajo. Observaciones en campo indican que el derrumbe inició en roca de tipo dacita. Se infiere que los fragmentos rocosos presentes en la zona de desprendimiento del derrumbe son inestables. 	5-cr/ar
16	4+970 hasta 5+030	<ul style="list-style-type: none"> Área susceptible a flujos de detritos. Dos principales rutas de flujos distintas están cruzando el camino de acceso en este sector. Las quebradas en los que se concentran los flujos tienen pendientes de 35° a 40°. La ausencia de vegetación a lo largo de estas quebradas, y la presencia de material suelto poco consolidado, sugiere la ocurrencia de flujos recientes. De maneja similar a otros flujos confinados presente en el área de interés, existe un potencial de erosión que podría afectar la estabilidad de la vía de acceso. 	5-fd; 4-cr
17	4+055 hasta 4+290, 4+355 hasta 4+540	<ul style="list-style-type: none"> Área susceptible a volcamiento y caída de rocas. En este sector se observa un escarpe donde la roca (tipo dacita) presenta discontinuidades con buzamiento vertical y estratificación a favor de la vertiente. Durante la inspección de campo se observaron varios bloques de roca inestables e inclinados hacia el escarpe, unos 10m a 40m arriba de del camino, y su inclinación sugiere la posibilidad de caída inminente. La presencia de fragmentos de rocas y escombros angulares en sobre el camino y en la parte inferior del trazado es un fuerte indicador del nivel de inestabilidad del sector. Movimientos sísmicos y lluvias fuertes son interpretados como factores detonantes para los próximos movimientos. Sin embargo, actividades de construcción sobre el camino, tal como excavaciones o cortes del talud tienen el potencial de activar un movimiento en masa en este sector. 	5-cr; 5r-cr

Fuente: elaboración propia

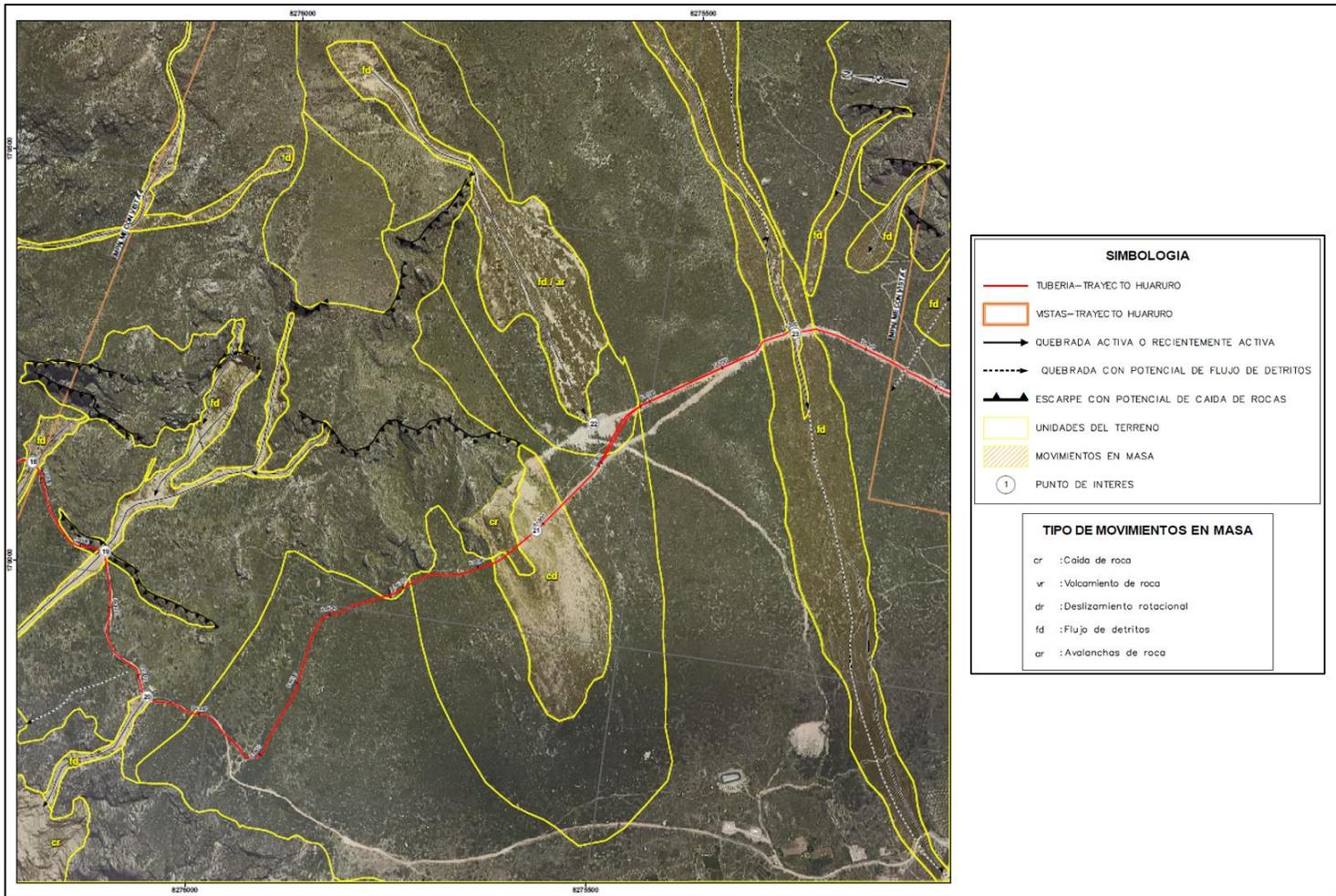


Figura 17: Identificación de movimientos en masa, sitio 18, 19, 20, 21; progresivas 5 + 870 hasta 6 + 930

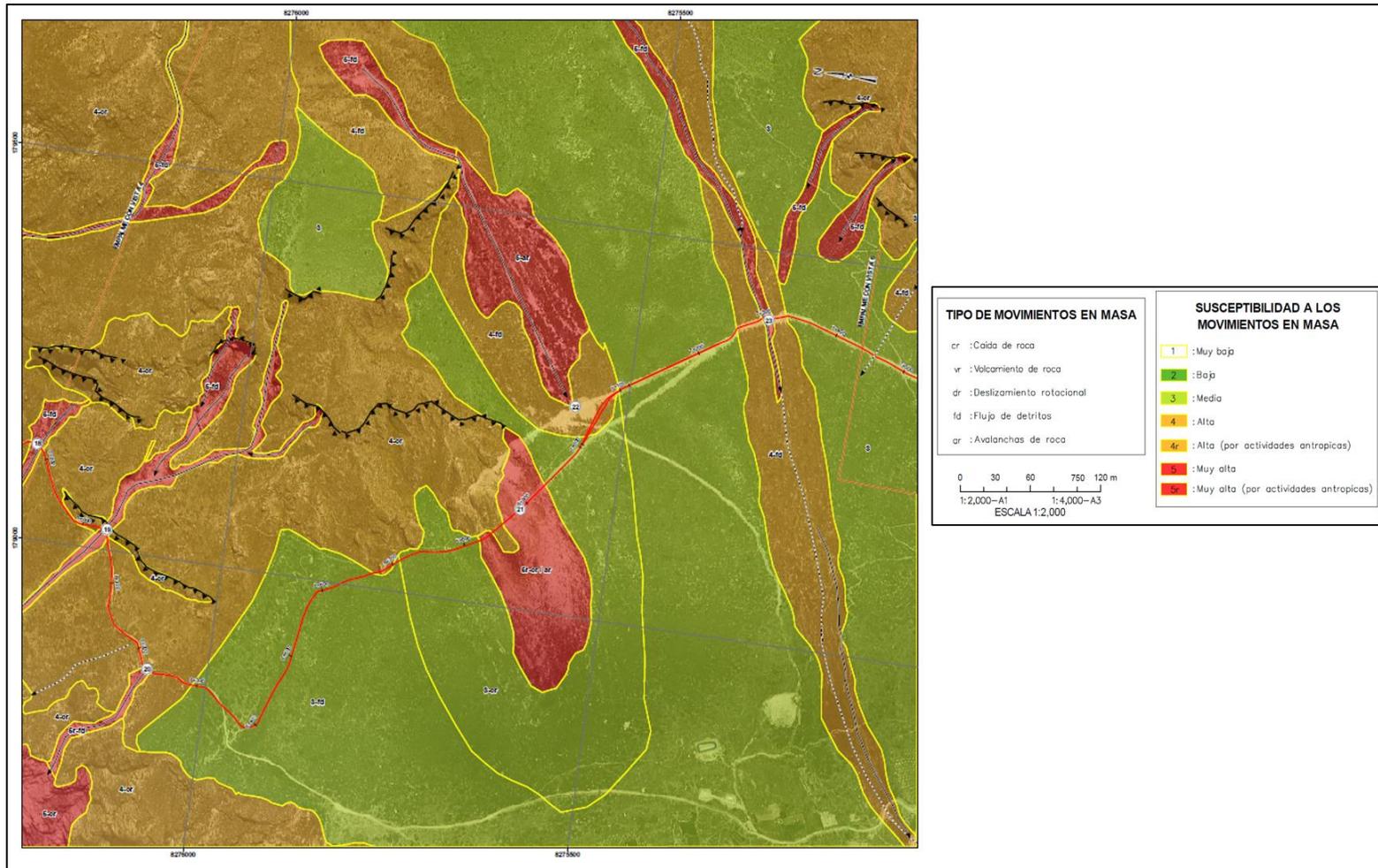


Figura 18: Susceptibilidad por movimientos en masa, sitio 18, 19, 20, 21; progresivas 5 + 870 hasta 6 + 930

Tabla 6: Clasificación de susceptibilidad a lo largo del Tramo 2; progresivas 5+870 hasta 6 + 930

Sitio	Progresiva	Descripción del peligro	Clasificación de susceptibilidad
18, 19 y 20	5+870 hasta 5+890, 6+020 hasta 6+040, 6+220 hasta 6+240	<ul style="list-style-type: none"> • Áreas susceptibles a flujos de detritos. • Laderas que consiste principalmente en rocas de tipo dacitas, moderadamente fracturadas, con pendientes variando entre 35° y 45°. • Los canales en cuales donde los flujos están confinados están desprovistos de vegetación, lo que sugiere una actividad recurrente, potencialmente anual. • No se tiene información sobre la carga de sedimentos, sin embargo, el análisis de imágenes aéreas sugiere que el material desplazado se origina principalmente de eventos de caída de rocas desde escarpes rocosos localizados unos 200m a 300m arriba del camino de acceso. 	5-fd; 5r-fd
21	6+820 hasta 6+930	<ul style="list-style-type: none"> • Área con alta a muy alta susceptibilidad a caídas de roca, debido principalmente a actividades antrópicas. • La presencia de material suelto asociado a las actividades de excavación, incluyendo bloques angulares de gran dimensión, hacen que la sección de pendiente atravesada por el alineamiento actualizado sea susceptible a las caídas de rocas. • Estos posibles eventos futuros de caída de rocas tienen más probabilidades de iniciarse desde los residuos generados a partir de las actividades de excavación. De igual manera, existe la posibilidad de caída de roca desde el nuevo talud de corte. 	5r-cr/ar

Fuente: elaboración propia

4.5. Evaluación de riesgo para la zona crítica Progresiva 0 + 500

4.5.1. Mapeo de peligros e identificación de rocas inestables progresiva 0 + 500

En la figura, se utilizaron las siguientes categorías para definir la presencia de amenazas: bajo, medio, alto y muy alto. Por este mapeo, la clasificación del peligro está basado en las zonas de inicio, transporte y deposición. Además, amenazas identificadas no solo consisten en caídas de rocas, sino también incluyen deslizamientos y flujos de detritos.

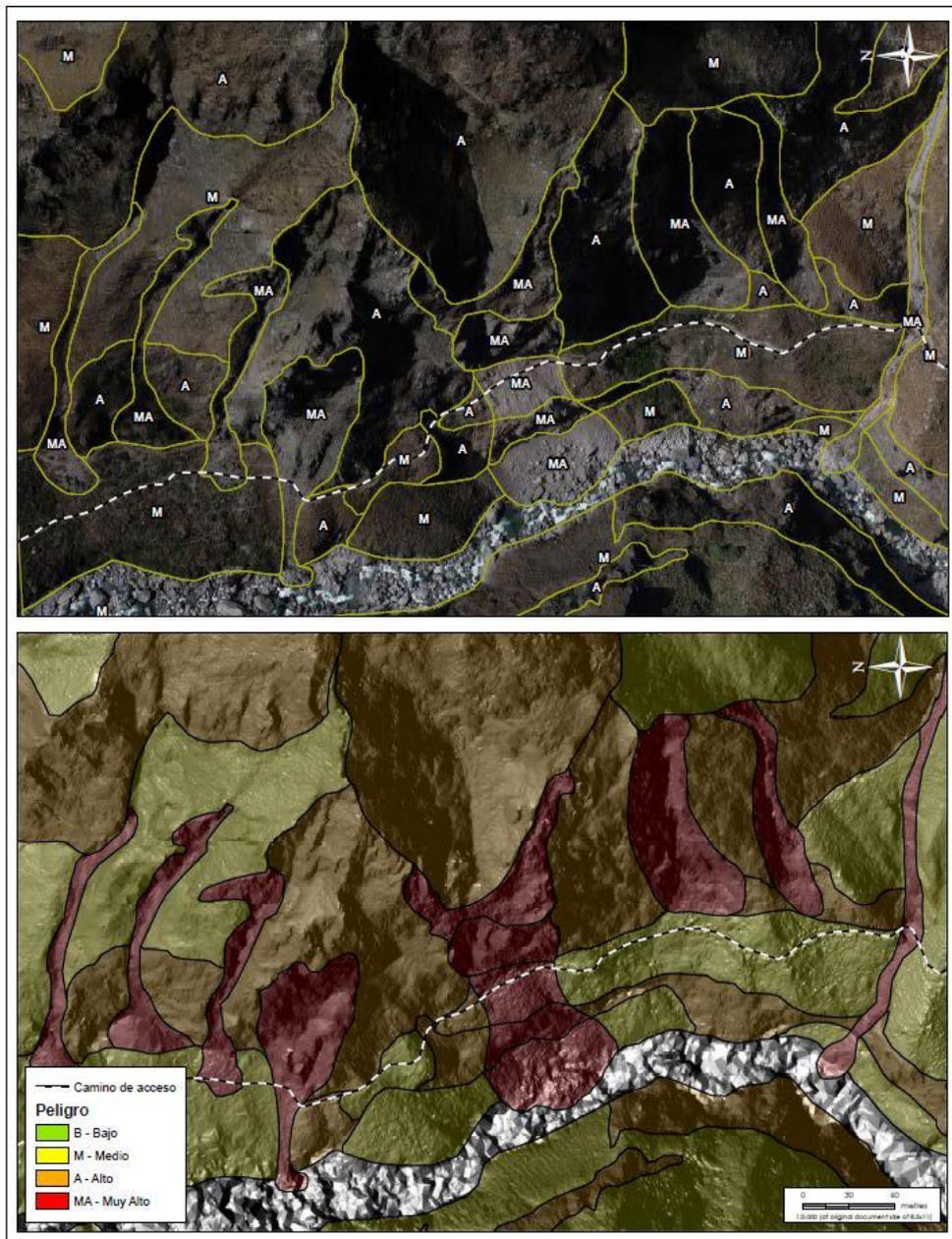


Figura 19: Mapa de peligros y zonas inestables progresiva 0 + 500

Los análisis indican que las caídas de roca se atribuyen principalmente a la intersección de discontinuidades y la formación de una estructura de masa de roca en bloque. Los modos de falla son principalmente de inestabilidades tipo cuña y planar, con volcamiento asociado a las discontinuidades subverticales a favor del talud. Las condiciones estructurales combinadas con los procesos de meteorización han resultado en el desarrollo de numerosas rocas desprendidas y sueltas que representan riesgos potenciales de caída de rocas.

En la figura se detalla las zonas de desprendimiento (A), transporte (B) y acumulación de material (C). Áreas donde se iniciaron eventos anteriores de caída de rocas también se muestran (D)

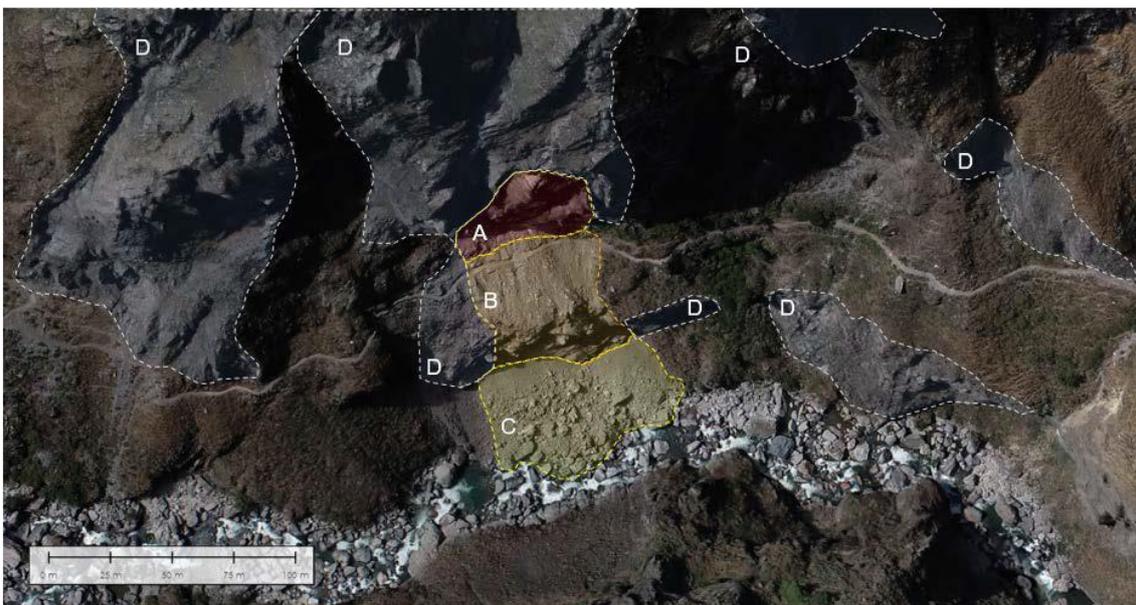


Figura 20: Ortofoto de la zona del derrumbe (progresiva 0+500)

El deslizamiento comenzó como una falla de un bloque originalmente ubicado a una elevación aproximada entre 2940 y 2990 metros sobre el nivel del mar (msnm). Como referencia, la elevación del camino de acceso en este sector es de 2935 msnm. El ancho del derrumbe medido en el cruce del camino fue de 50 m. Una estimación de volumen, utilizando el modelo digital de terreno (MDT), sugiere que el tamaño de la masa de roca caída fue de aproximadamente 7500 m³. Varias rocas localizadas en la zona de desprendimiento del derrumbe (zona A) se ha observado que

son inestables, con muy alto peligro de caídas de roca. Esos bloques generalmente varían en tamaño $\sim 0.5 \text{ m}^3$ a $\sim 2 \text{ m}^3$. más arriba y a los lados del presente derrumbe, sin embargo, se estima que hay áreas localizadas que tienen bloque, o grupos de bloques, con volumen superior a 100 m^3 .

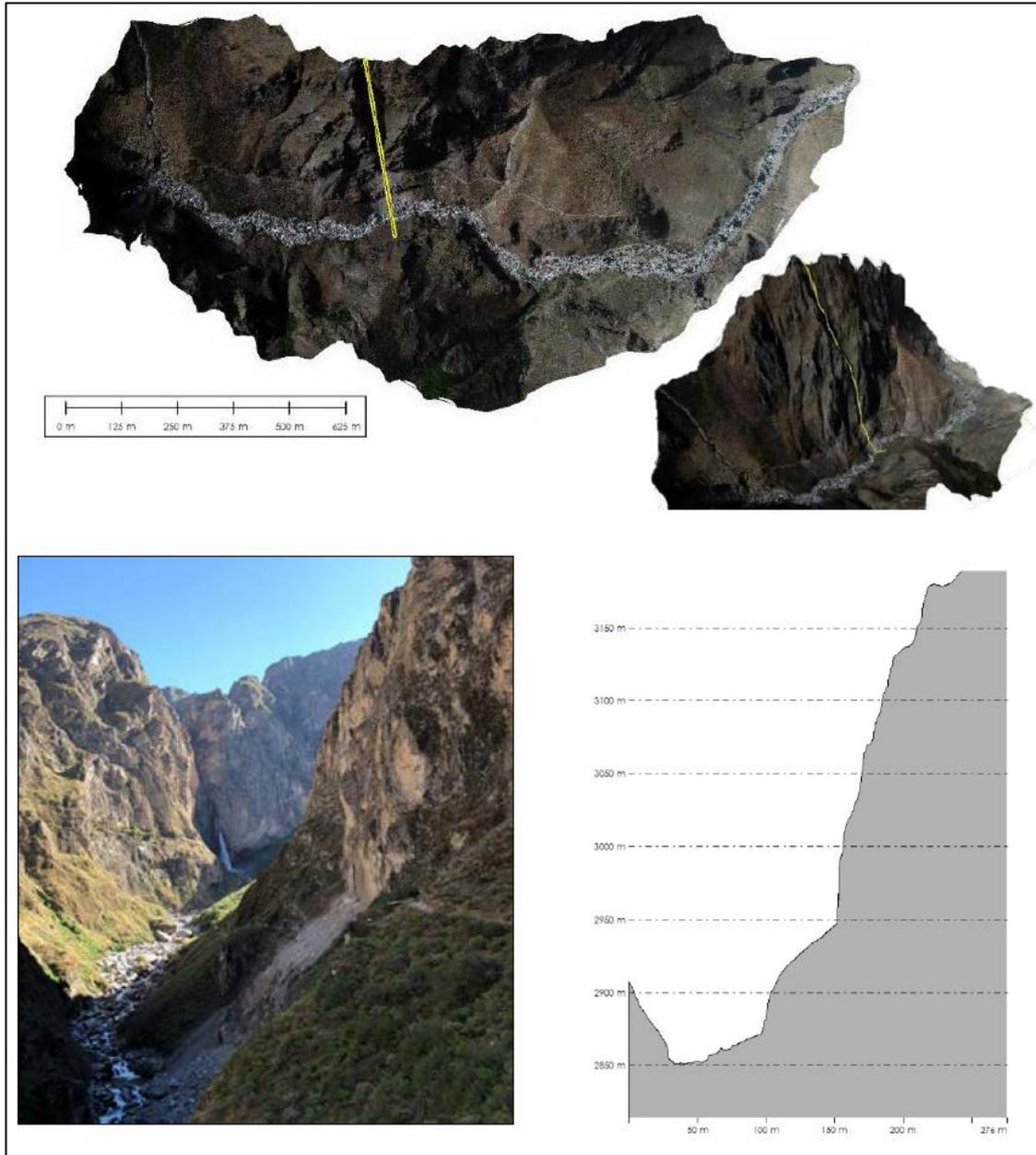


Figura 21: Vista general del área de interés y sección topográfica hecho del modelo digital de terreno (MDT)

4.6. Análisis geomecánico de los macizos rocoso de Andesitas y Dacitas Progresiva 0+500

Tabla 7: Sistemas principales de discontinuidades estructurales

Afloramientos Rocosos	Principales Familias			
	Orientaciones	I	II	III
Andesitas	Dir. Dip/Dip	314°/80°	217°/71°	120°/82°
	Rumbo/Dip	N44°E/80°NW	N53°W/71°SW	N30°/82°SE
Dacitas	Dir. Dip/Dip	245°/79°	335°/82°	286°/80°
	Rumbo/Dip	N25°W/79°SW	N65°E/82°NW	N16°E/80°NW

Fuente: elaboración propia

De acuerdo con la Tabla 7 se puede mencionar que cada estación presenta principales familias y ninguno de los dos afloramientos tiene estructuras geológicas aleatorias. Las proyecciones estereográficas del macizo rocoso de andesitas y dacitas pueden verse en el Anexo 21 y 22

4.6.1. Análisis del tipo de rotura en los macizos rocosos Progresiva 0+500

4.6.2. Análisis para rotura planar en andesitas

Existe un alto potencial de fallas planas a lo largo de las juntas inclinadas. La falla de deslizamiento planar en las unidades de roca de dacita y andesita está controlada principalmente por el Conjunto M2 en la andesita y 1M en la dacita.

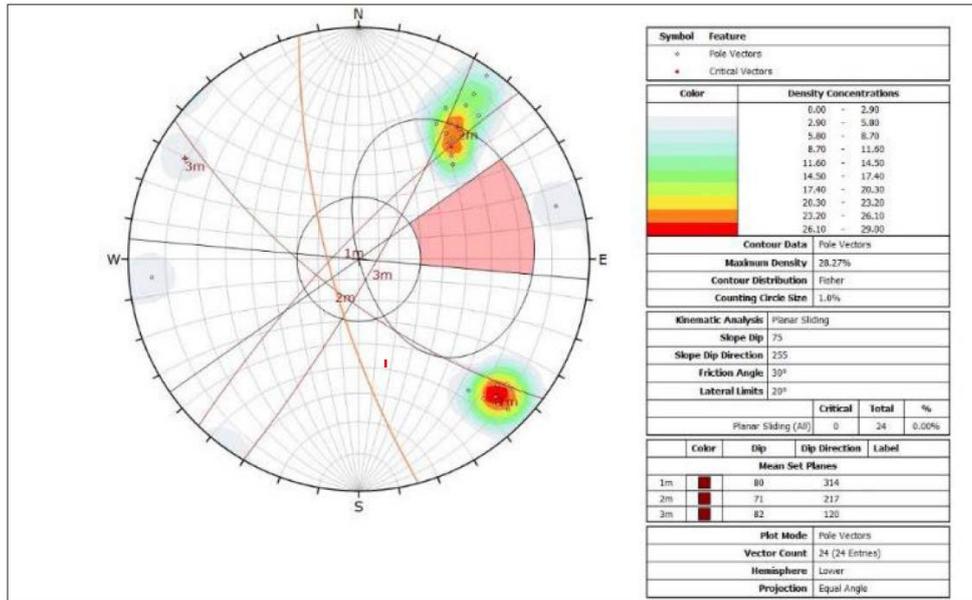


Figura 22: Análisis para rotura planar en Dacitas

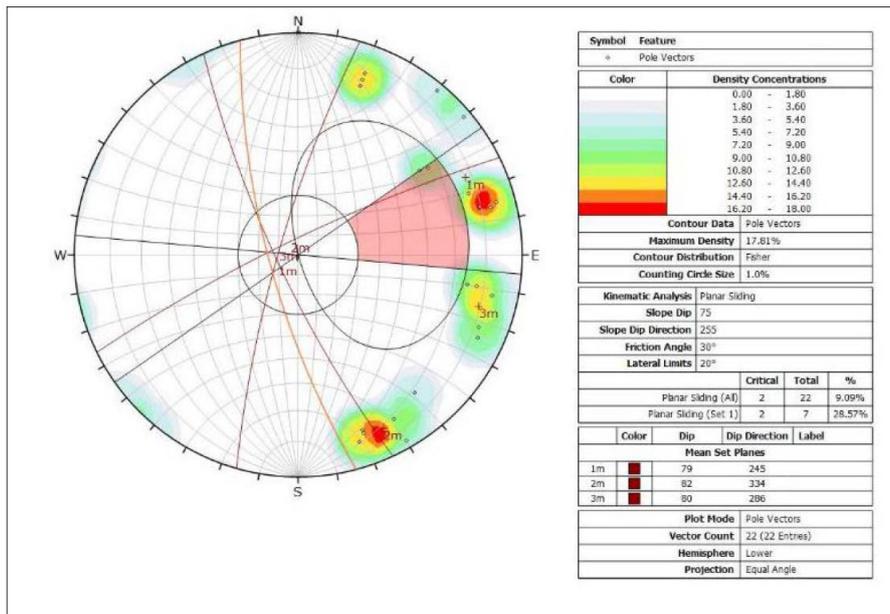


Figura 23: Análisis para rotura por vuelco en Andesitas

Existe un bajo potencial de caída por vuelco en la masa de roca de la andesita. Sin embargo, hay un potencial muy bajo para derrumbarse en la masa de roca dacita

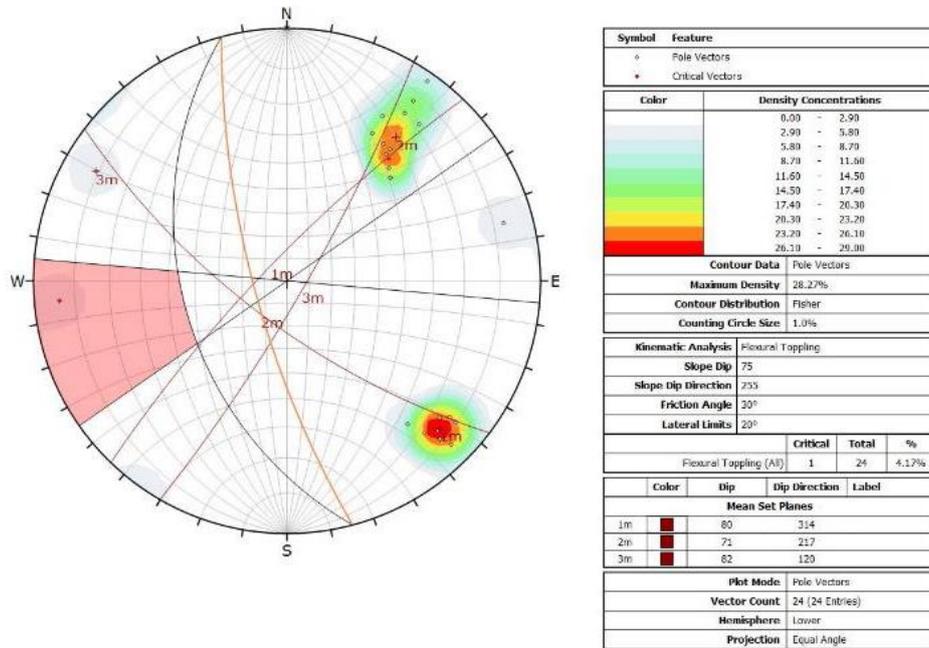


Figura 24: Análisis para rotura por vuelco en Dacitas

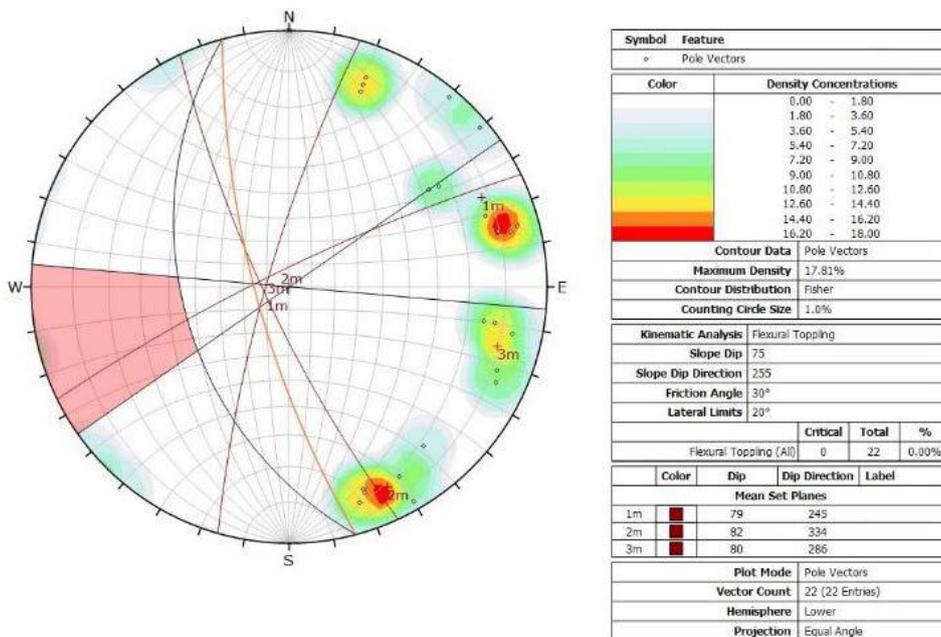


Figura 25: Análisis para rotura por cuña en Andesitas

Existe un alto potencial de deslizamiento de cuña, tanto en las unidades de roca de dacita como de andesita. Este modo de falla está controlado principalmente por las intersecciones del conjunto de discontinuidad 1M y 2M en ambos tipos de roca.

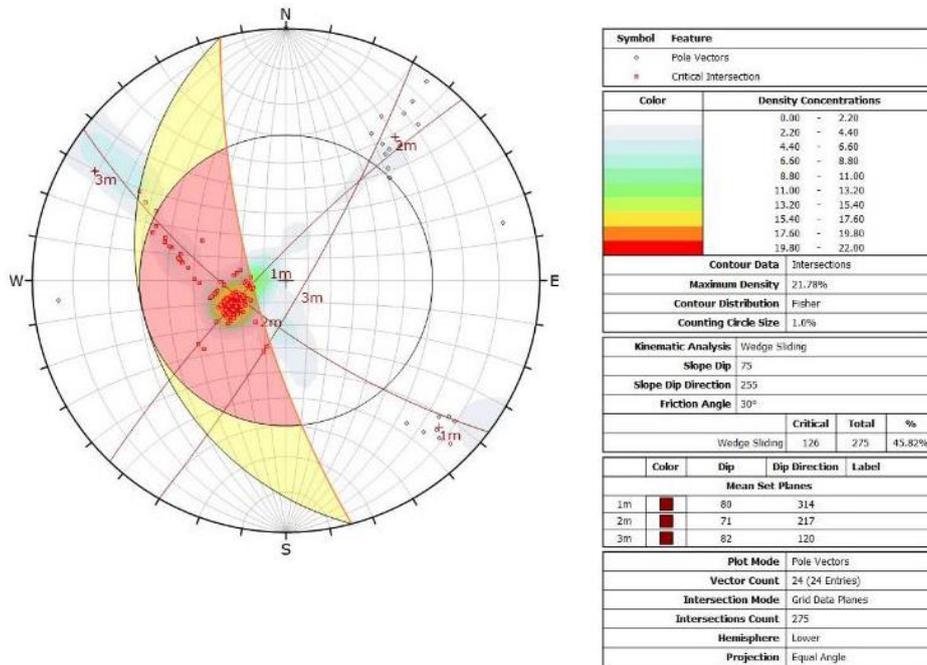


Figura 26: Análisis para rotura por cuña en Dacitas

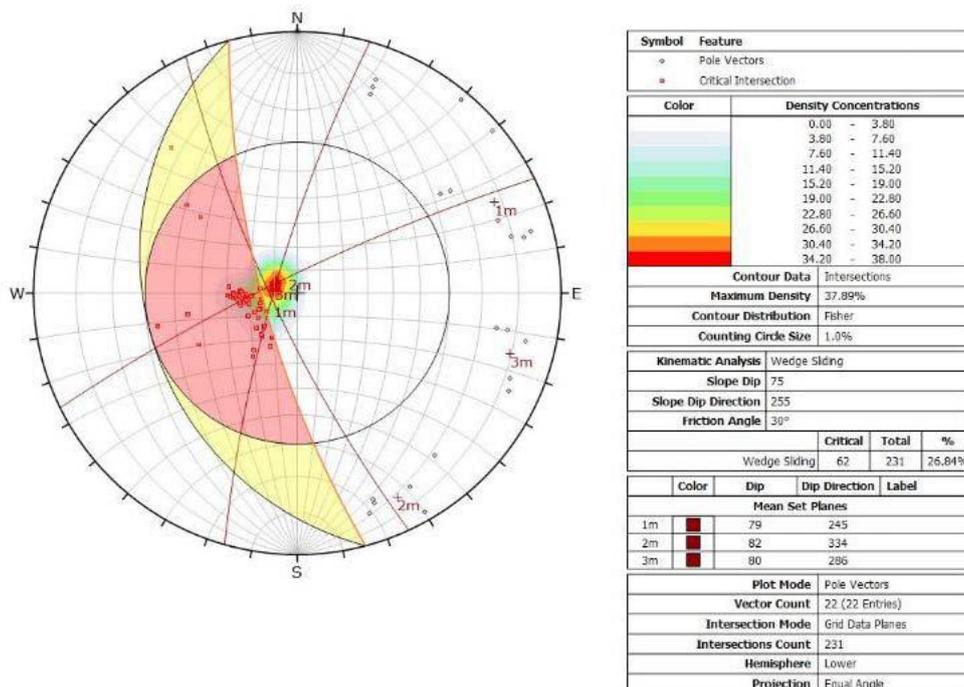


Figura 27: Análisis para rotura por cuña en Dacitas

4.6.3. Clasificación geomecánica de los macizos rocosos

Tabla 8: Clasificación geomecánica del macizo rocoso de andesita, progresiva 0 + 500

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R)																	
PARÁMETRO		RANGO DE VALORES										VALORACIÓN					
		VALOR ESTIMADO															
R,COMPRESION UNIAxIAL (Mpa)		>250	15	100-250	12	50-100	7	25-50	4	<25	2	<5	1	<1	0	1	12
RQD %		90-100	20	75-90	17	50-75	13	25-50	8	<25		3	2			13	
ESPACIAMIENTO (m)		>2	20	0.6-2	15	0.2-0.6	10	0.06-0.2	8	<0.04		5	3			8	
CONDICIÓN DE JUNTAS	PERSISTENCIA	<1 m long	6	1-3 m long	4	3-10 m	2	10-20m	1	>20 m		0	4A			2	
	ABERTURA	Cerrada	6	<0.1 mm apart.	5	0.1-1.0 mm	4	1-5 mm	1	> 5 mm		0	4B			4	
	RUGOSIDAD	Muy rugosa	6	Rugosa	5	Lig. Rugosa	3	Lisa	1	Espejo de falla		0	4C			3	
	RELLENO	Limpia	6	Duro>5mm	4	Duro>5mm	2	Suave <5 mm	1	Suave > 5 mm		0	4D			2	
	ALTERACIÓN	Sana	6	Mod.Alterada	5	Mod.Alterada	3	Muy alterada	2	Descompuesta		0	4E			5	
AGUA SUBTERRÁNEA		Seco	15	Mojado	10	Mojado	7	Goteo	4	Flujo		0	5			10	
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) =																59	
CLASE DE MACIZO ROCOSO																	
RMR	100-81	80-61	60-51	50-41	40-31	30-21	20-0									III	
DESCRIPCION	I Muy buena	II Buena	III Regular	IV Mala													

Fuente: elaboración propia

Tabla 9: Clasificación geomecánica del macizo rocoso de dacita, progresiva 0 + 500

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R)																		
PARÁMETRO		RANGO DE VALORES														VALORACIÓN		
		VALOR ESTIMADO																
R,COMPRES. UNIAxIAL (Mpa)		>250	15	100-250	12	50-100	7	25-50	4	<25	2	<5	1	<1	0	1	12	
RQD %		90-100	20	75-90	17	50-75	13	25-50	8	<25				3	2	13		
ESPACIAMIENTO (m)		>2	20	0.6-2	15	0.2-0.6	10	0.06-0.2	8	<0.04				5	3	8		
CONDICIÓN DE JUNTAS	PERSISTENCIA	<1 m long	6	1-3 m long	4	3-10 m	2	10-20m	1	>20 m				0	4A	2		
	ABERTURA	Cerrada	6	<0.1 mm apart.	5	0.1-1.0 mm	4	1-5 mm	1	> 5 mm				0	4B	4		
	RUGOSIDAD	Muy rugosa	6	Rugosa	5	Lig. Rugosa	3	Lisa	1	Espejo de falla				0	4C	3		
	RELLENO	Limpia	6	Duro>5mm	4	Duro>5mm	2	Suave <5 mm	1	Suave > 5 mm				0	4D	2		
	ALTERACIÓN	Sana	6	Mod.Alterada	5	Mod.Alterada	3	Muy alterada	2	Descompuesta				0	4E	5		
AGUA SUBTERRÁNEA		Seco	15	Mojado	10	Mojado	7	Goteo	4	Flujo				0	5	10		
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) =																59		
CLASE DE MACIZO ROCOSO																		
RMR	100-81	80-61	60-51			50-41	40-31	30-21	20-0									III
DESCRIPCION	I Muy buena	II Buena	III Regular			IV Mala												

Fuente: elaboración propia

Tabla 10: Resumen de clasificación geomecánica

Lugar	Estación Geomecánica	RMR	Litología	Calidad RMR	
				Clase	Descripción
Base del talud	EG-01	59	Andesitas	III	Regular
Parte alta	EG-02	51	Dacitas	III	Regular

4.6.4. Parámetros y propiedades de los macizos rocosos de Andesita y Dacita progresiva 0 + 500

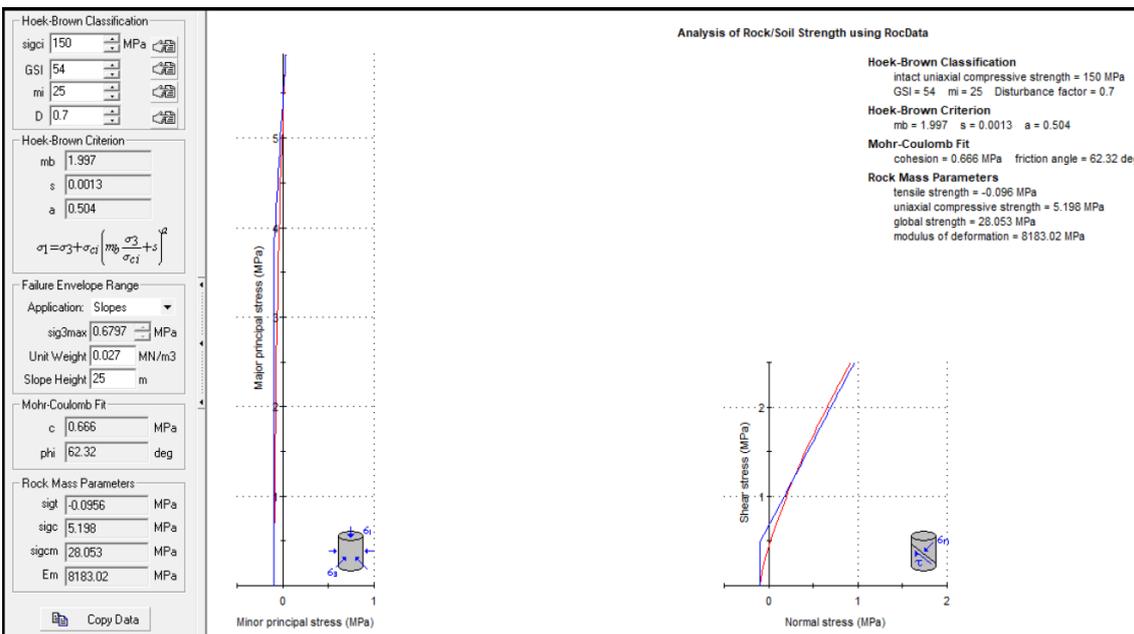


Figura 28: Propiedades del macizo rocoso de Andesita

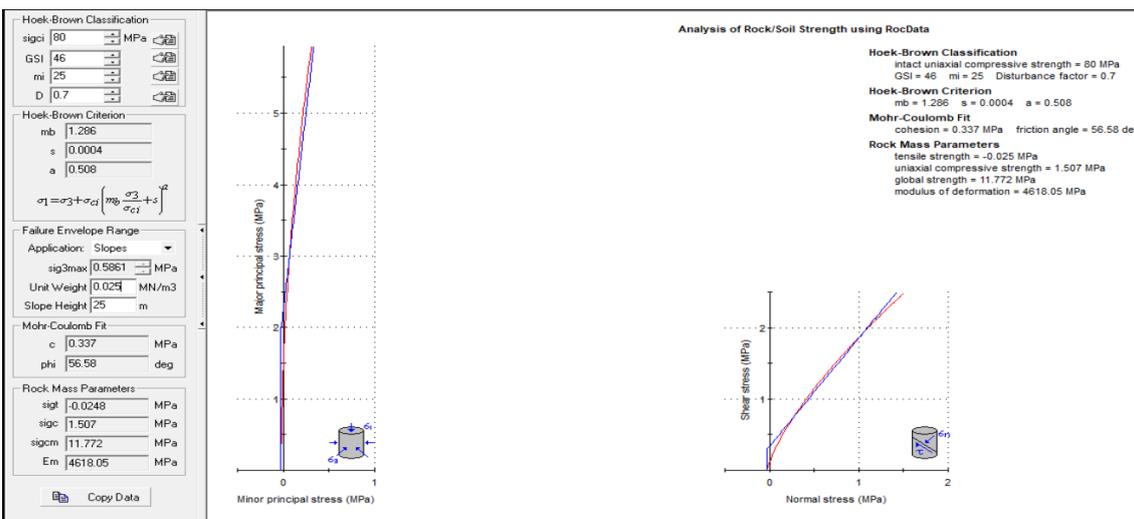


Figura 29: Propiedades del macizo rocoso de Dacita

Tabla 11: Propiedades de los macizos rocosos de Andesita y Dacita

Propiedades del Macizo Rocosó			
Propiedades	Andesita (Tm-Vta)	Dacita Silicificada (TQ-vba)	Observaciones
Tipo de roca	III	III	Evaluado en terreno
Calidad de roca	Regular	Regular	
RMR	59	51	Correlación RMR
GSI	54	46	
UCS (Mpa): Resistencia a la compresión Uniaxial	150	80	Rocklab
mi: Valor de la litología	25	25	
D: Factor de disturbancia	0.7	0.7	
mb: Parámetro constante del Macizo rocoso	1.997	1.286	
s: Parámetro constante del Macizo rocoso	0.0013	0.0004	
a: Parámetro constante del Macizo rocoso	0.50	0.508	
Sigt (Mpa): Resistencia a la tracción	-0.0956	-0.0248	
Sigc (Mpa): Resistencia compresiva	5.196	1.507	
Sigcm (Mpa): Resistencia al corte	28.053	11.772	
Cohesión (kg/cm ²)	0.666	0.337	
Fricción (°)	62.32	56.58	
Módulo de deformación E (Mpa)	8183.02	4618.05	

Fuente: elaboración propia

4.7. Causas de la inestabilidad de taludes en la progresiva 0 + 500 del tramo 2 del proyecto Huaruro

Basado en la nomenclatura y el sistema de clasificación de Cruden y Varnes presentada el "Special Report 247" del Transportation Research Board (1996), el deslizamiento se clasifica como una caída de roca, la cual está controlada por una serie de procesos de deterioro y procesos de movimiento. Esos procesos se describen con más detalles en la tabla

Tabla 12: Causas de inestabilidad de taludes en la progresiva 0 + 500 del tramo 2 del proyecto Huaruro

Causas de la inestabilidad en la progresiva 0 + 500 del tramo 2 del proyecto Huaruro

Topografía muy empinada, con ángulo promedio de más de 85 grados en la zona de desprendimiento

Alto nivel de meteorización de las rocas locales, con pérdida probable de resistencia al esfuerzo cortante en el contacto de las andesitas por encima de las dacitas, presencia de múltiples fallas y fracturas con orientación buzamientos verticales y sub verticales facilitando las caídas, presencia de múltiples fallas y grietas de tensión las cuales facilitan la infiltración de agua y debilitan la estructura de la masa de roca.

Efecto del agua por las lluvias, que aumenta los esfuerzos cortantes en los taludes con la presencia de un flujo preferencial de las aguas superficiales en dirección de la zona inestable (hacia el Oeste) y ocurrencia de afloramientos de agua subterránea al nivel de la zona del desprendimiento analizado.

Fuente: elaboración propia

4.8. Diseño de estabilidad de taludes para la progresiva 00 + 500 del tramo 2, proyecto Huaruro

4.8.1. Plano geológico y líneas de sección geológica para la evaluación de estabilidad de taludes progresiva 00 + 500

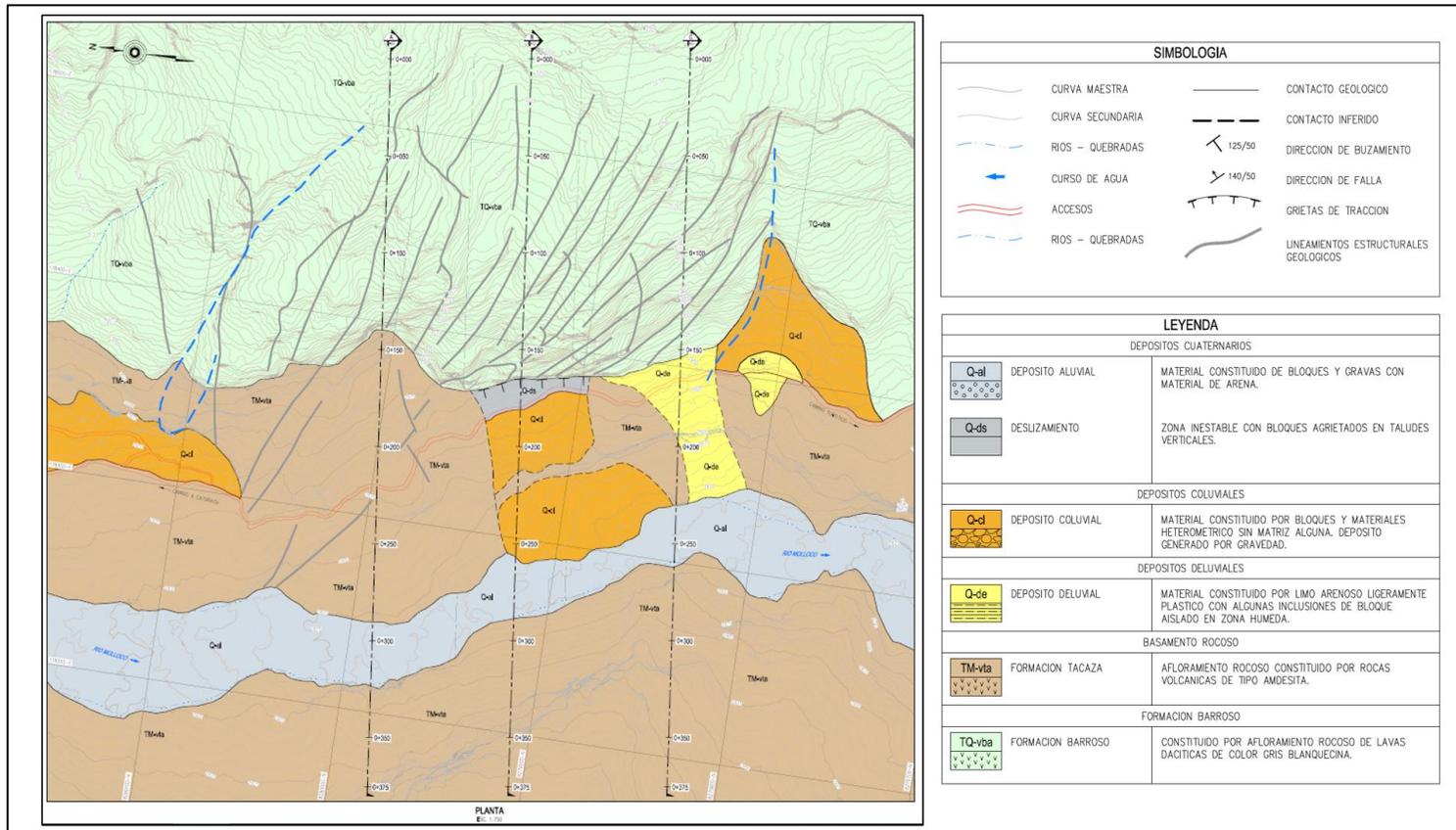


Figura 30: Plano geológico y líneas de sección geológica de la progresiva 00 + 500

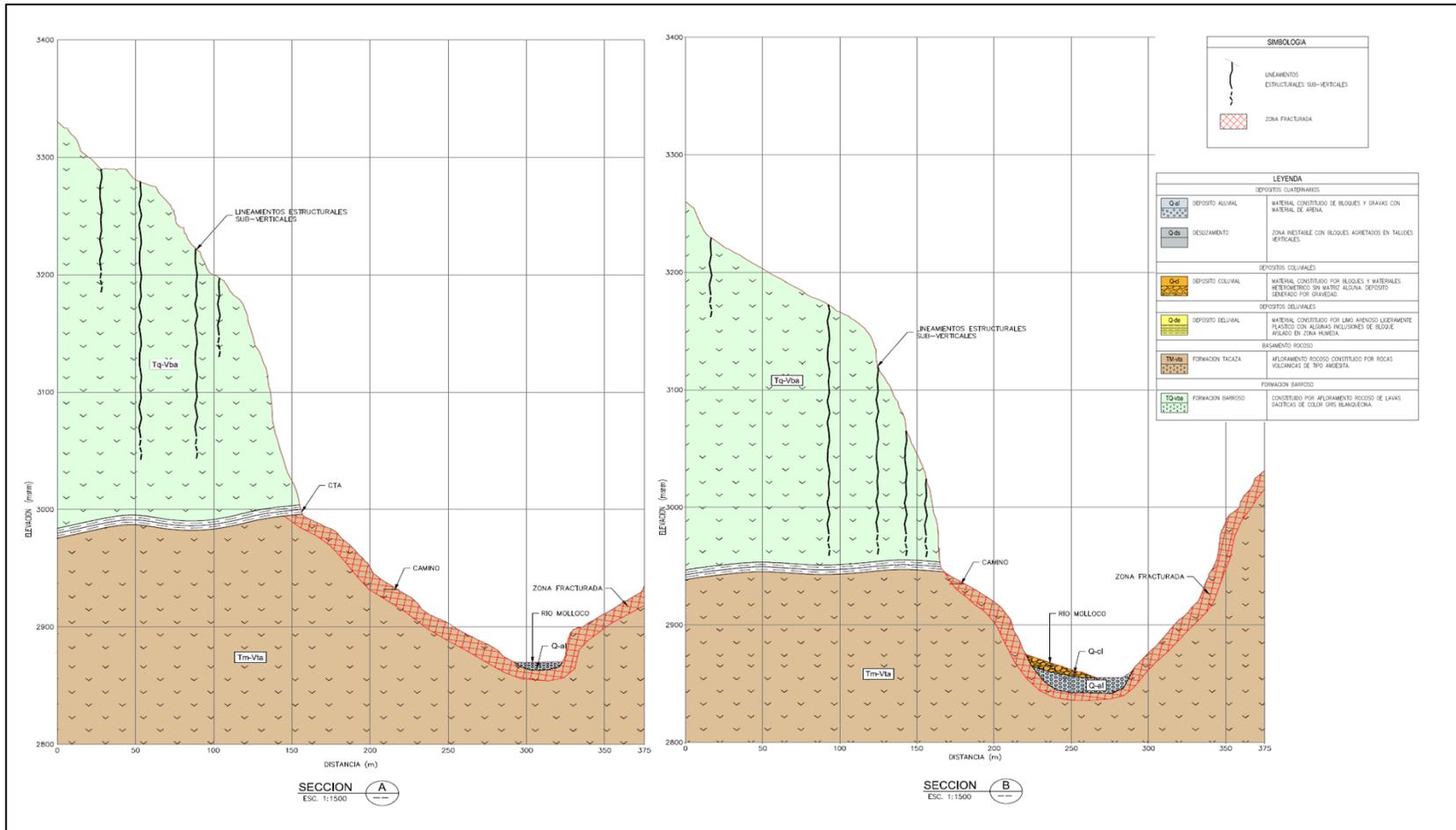


Figura 31: Secciones geológicas del progresiva 00 + 500

4.8.2. Cálculo del Factor de seguridad de taludes de la progresiva 0 + 500

Análisis del Factor de Seguridad por el método de Spencer, en la que se aprecia que el talud es inestable con un Factor de seguridad de 0.954 en condiciones estáticas

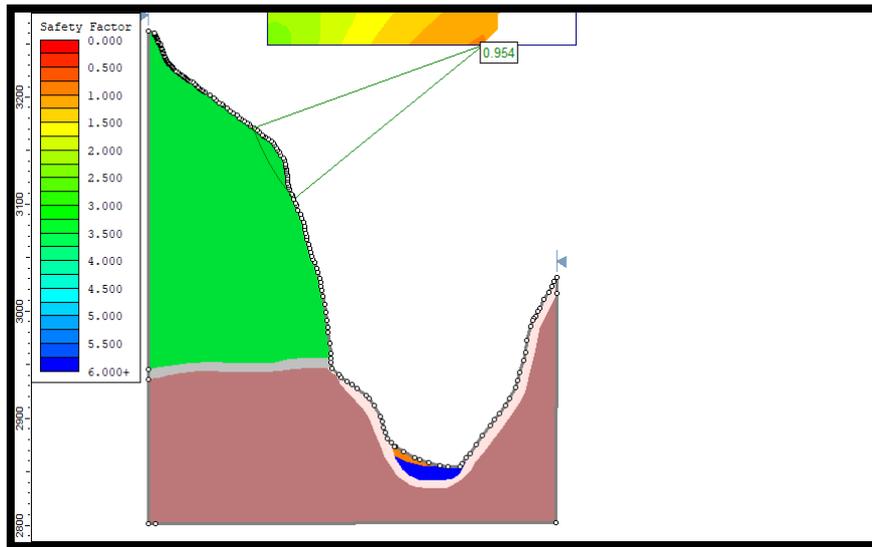


Figura 32: Análisis Estático Perfil A-A'

Análisis del Factor de Seguridad por el método de Spencer, en la que se aprecia que el talud es inestable con un Factor de seguridad de 0.633 para condiciones pseudo estáticas con coeficiente de sismicidad horizontal de 0.2132 y un coeficiente vertical de 0,21

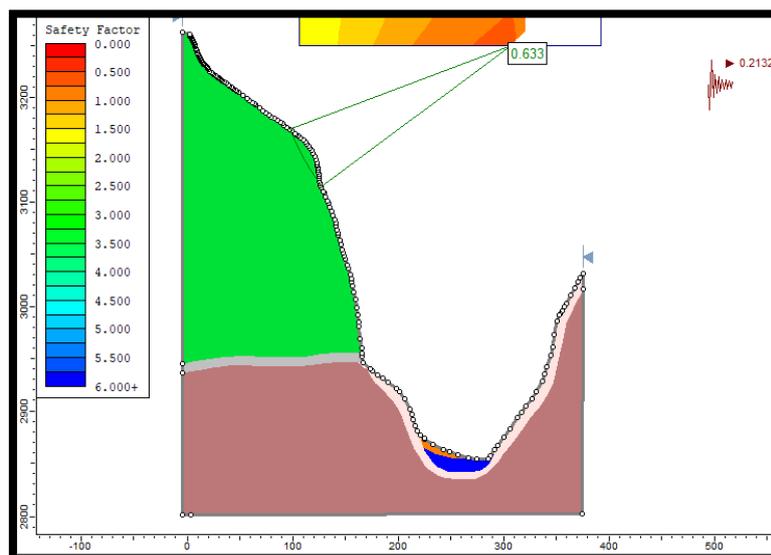


Figura 33: Análisis Pseudoestático – A-A'

Análisis del Factor de Seguridad por el método de Spencer, en la que se aprecia que el talud inestable con un Factor de seguridad de 0.910 en condiciones estáticas

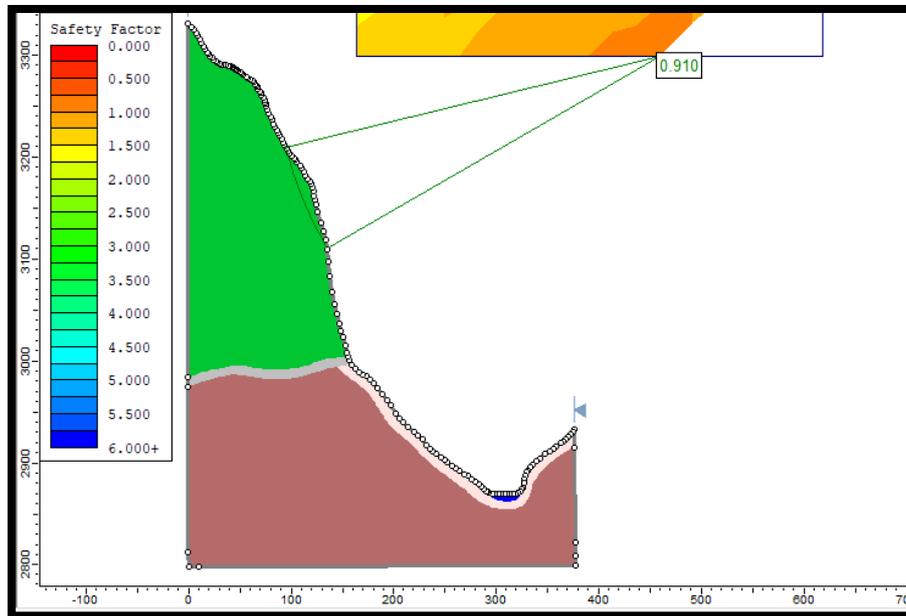


Figura 34: Análisis Estático Perfil B-B'

Análisis del Factor de Seguridad por el método de Spencer, en la que se aprecia que el talud es inestable con un Factor de seguridad de 0.560 para condiciones pseudo estáticas con coeficiente de sismicidad horizontal de 0.2132 y un coeficiente vertical de 0, 2132

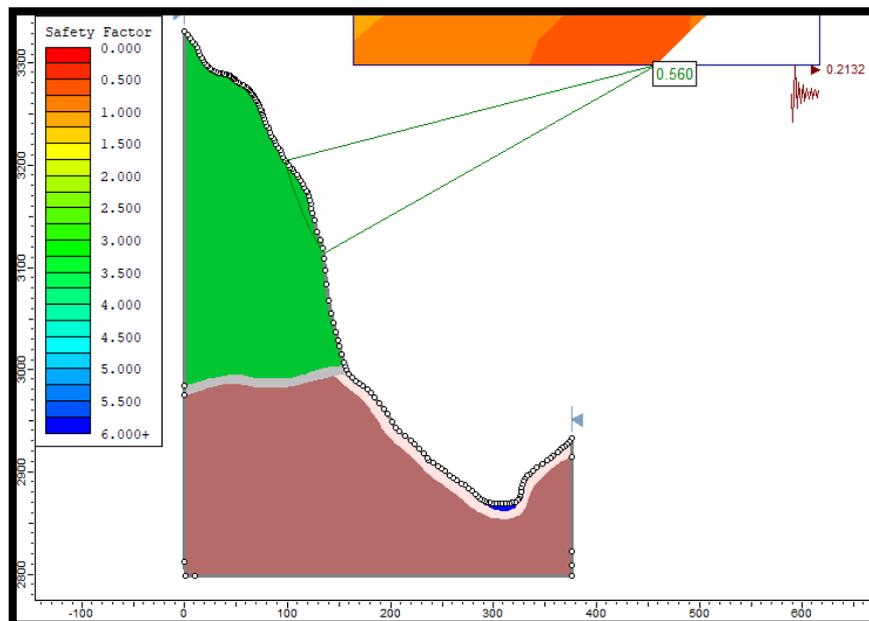


Figura 35: Análisis Pseudoestático – Perfil B-B'

4.8.3. Diseño de estabilidad del talud de la progresiva 0 + 500

4.8.3.1 Diseño de estabilidad de taludes con la instalación de pernos de anclaje

Talud Perfil A – A´

Se calculó el Factor de Seguridad por el método de Spencer con instalación de Pernos de anclaje cada 5 m como medida de corrección, en la que se aprecia que el talud es estable con un Factor de seguridad de 1.846 en condiciones estáticas

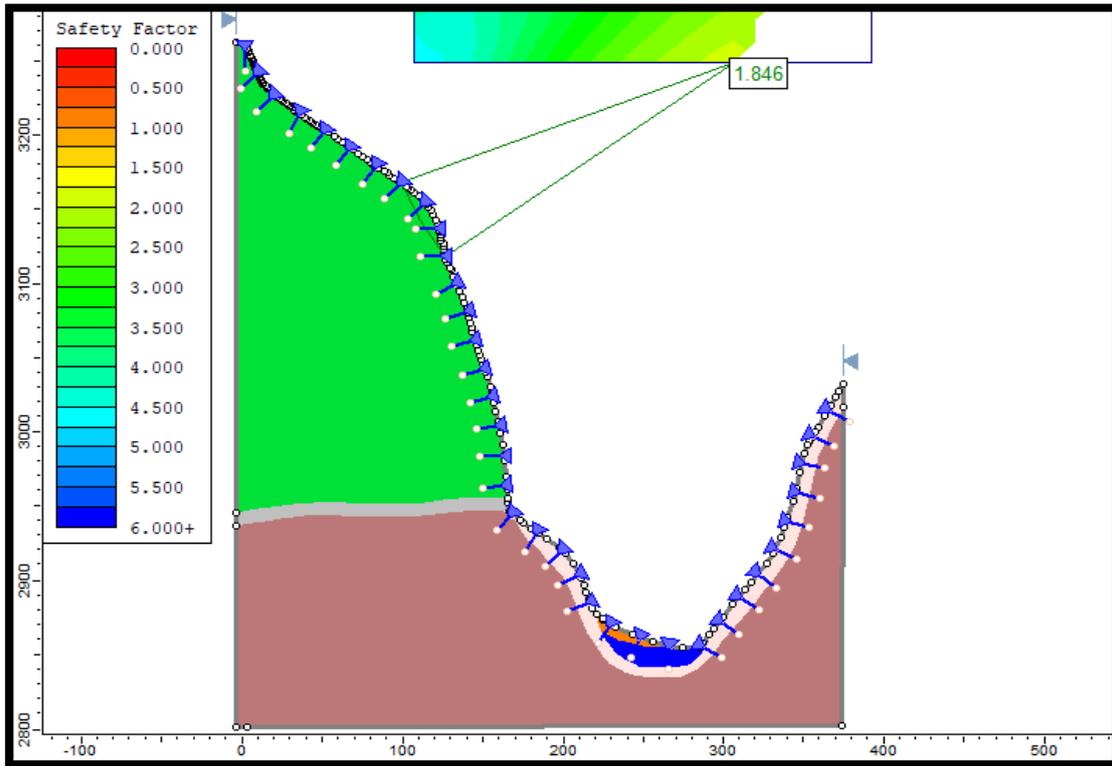


Figura 36: Diseño de Talud Corregido del Perfil A-A´ en condiciones estáticas

Se calculó el Factor de Seguridad por el método de Spencer con instalación de Pernos de anclaje cada 5 m como medida de corrección, en la que se aprecia que el talud es estable con un Factor de seguridad de 1.305 para condiciones pseudo estáticas con coeficiente de sismicidad horizontal de 0.2132 y un coeficiente vertical de 0.21

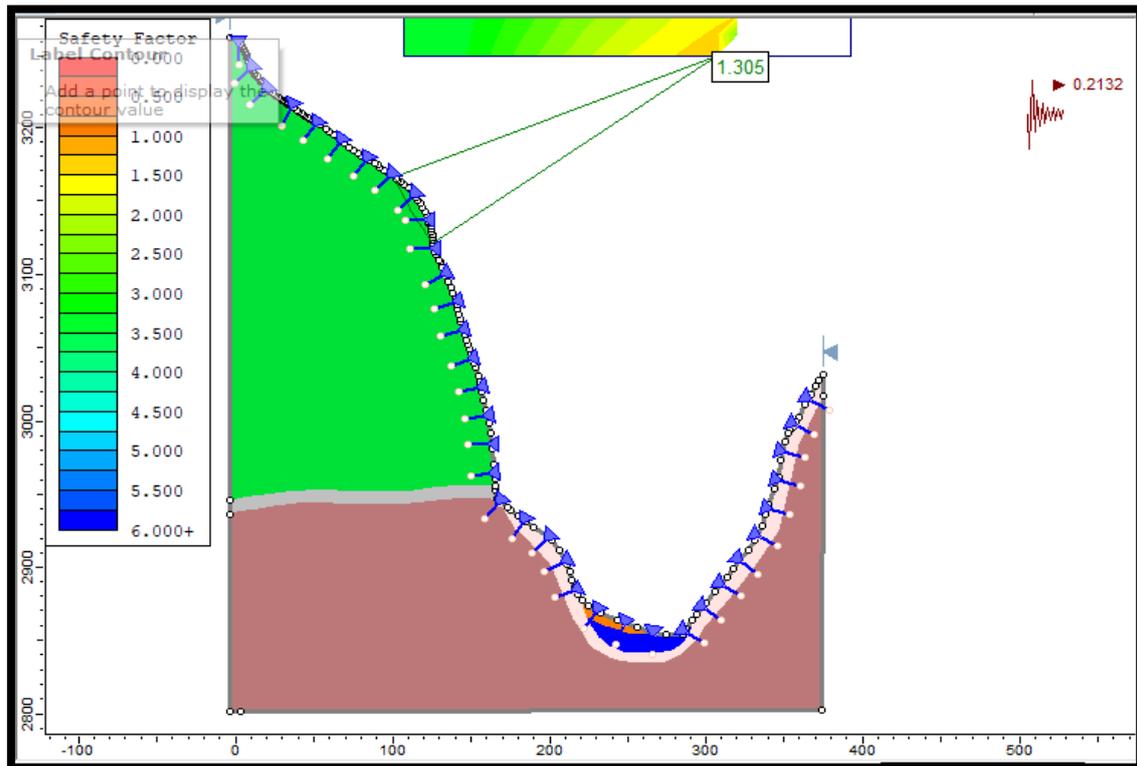


Figura 37: Diseño de Talud Corregido del Perfil A-A' en condiciones Pseudo estáticas

Talud Perfil B – B'

Se calculó el Factor de Seguridad por el método de Spencer con instalación de Pernos como medida de corrección, en la que se aprecia que el talud es estable con un Factor de seguridad de 1.835 en condiciones estáticas

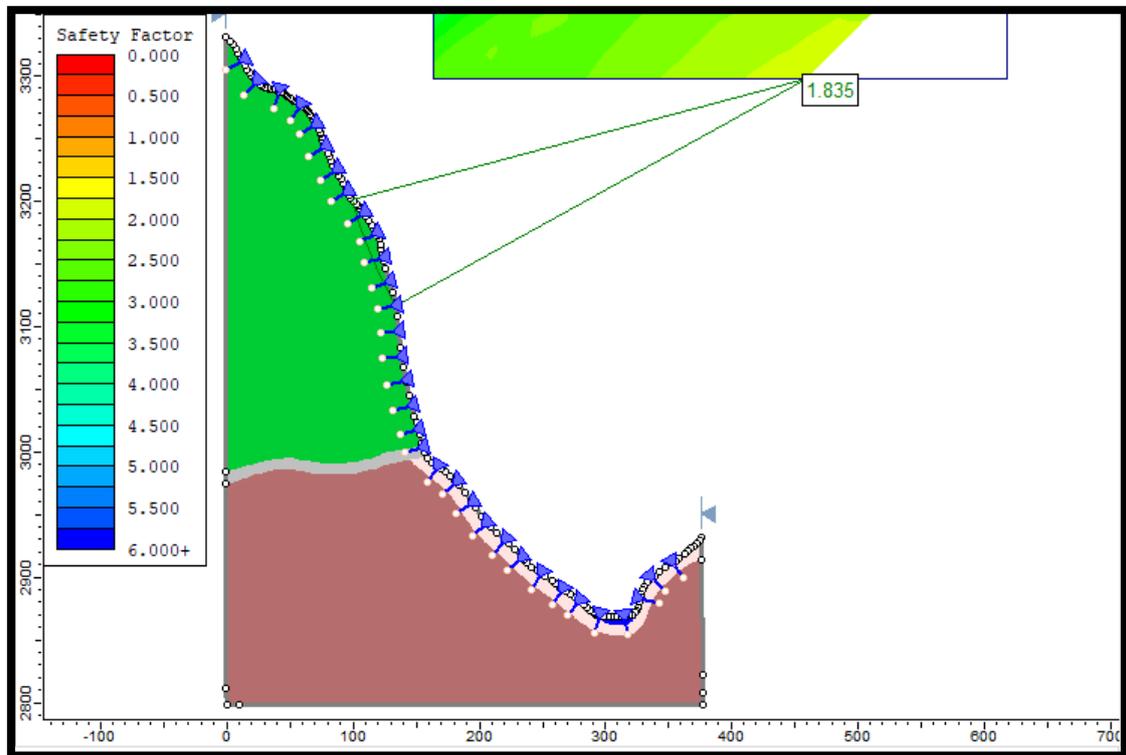


Figura 38: Diseño de Talud Corregido del Perfil B-B' en condiciones estáticas

Se calculó el Factor de Seguridad por el método de Spencer con instalación de Pernos como medida de corrección, en la que se aprecia que el talud es estable con un Factor de seguridad de 1.271 para condiciones pseudo estáticas con coeficiente de sismicidad horizontal de 0.2132 y un coeficiente vertical de 0,21

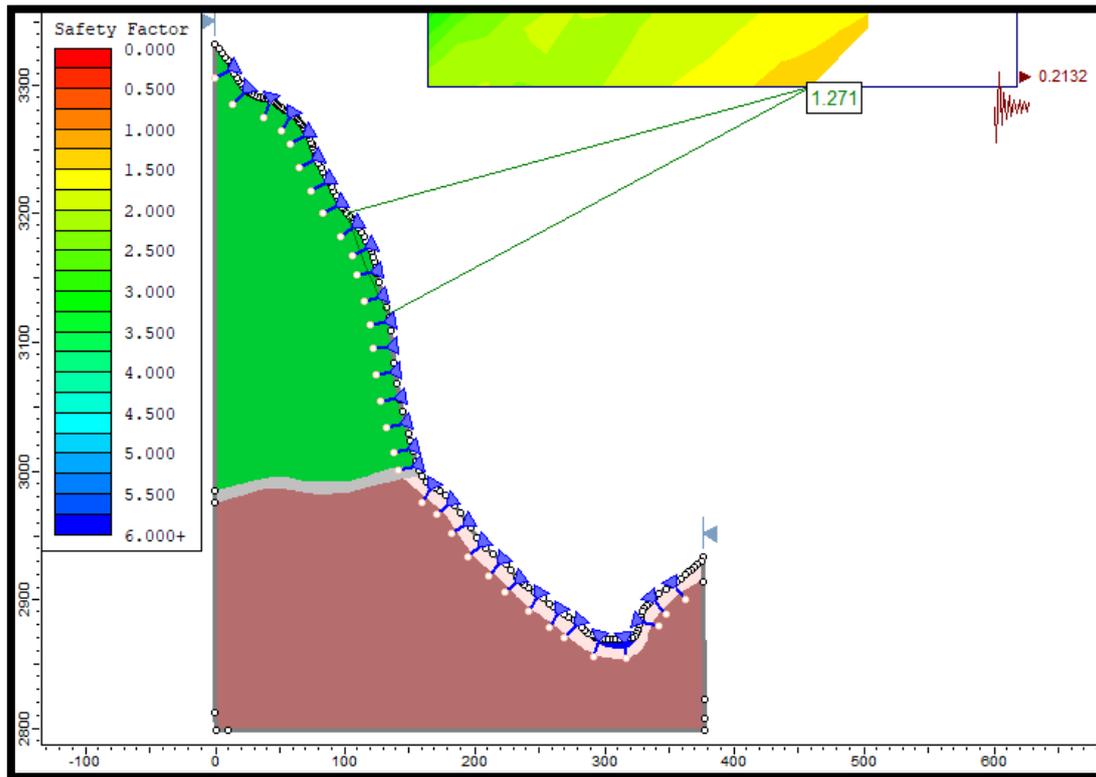


Figura 39: Diseño de Talud Corregido del Perfil B-B' en condiciones Pseudo estáticas

Tipo de equipo de sostenimiento a emplear

Perforadora de pernos de anclaje AIRMOBIL432 tipo Wagon Dril que puede perforar en cualquier ángulo vertical y hasta horizontal.



Figura 40: Perforadora AIRMOBIL432 tipo Wagon Dril

Pernos De Anclaje

Un perno de suelo o roca está basado en la instalación de un elemento longitudinal de refuerzo en el terreno existente extra-inclinado.

Características De Los Pernos De Anclaje

Información Técnica de varilla Series R38

Valor Característico / Tipo ¹⁾	Símbolo	Unidad	R38-420	R38-500	R38-550
Diámetro externo nominal	$D_{e,nom}$	[mm]		38	
Diámetro externo real	D_e	[mm]		37,8	
Diámetro interno promedio ²⁾	D_i	[mm]	21,5	19,0	17,0
Área de la sección transversal nominal ³⁾	S_0	[mm ²]	660	750	800
Peso nominal ⁴⁾	m	[kg/m]	5,15	5,85	6,25
Área específica de nervadura	f_R	[-]		0,13	
Carga de fluencia nominal ⁵⁾	$F_{p0,2,nom}$	[kN]	350	400	450
Carga última nominal ⁵⁾	$F_{m,nom}$	[kN]	420	500	550
Resistencia a la fluencia ⁶⁾	$R_{p0,2}$	[N/mm ²]	530	530	560
Resistencia última ⁶⁾	R_m	[N/mm ²]	640	670	690
$R_m/R_{p0,2}$ ⁷⁾	-	[-]		$\geq 1,15$	
Deformación a la carga última ⁷⁾	A_{gt}	[%]		$\geq 5,0$	
Resistencia a la fatiga $2\text{-}\sigma_a$ ⁸⁾	-	[N/mm ²]		190	
Resistencia a la adherencia ⁹⁾	τ_{ak}	[N/mm ²]		5,1	

Figura 41: Características varilla Series R38



Figura 42: Perno autopercutor helicoidal

Malla de sostenimiento burden y espaciamiento

Además, se conforma de un enmallado pegado a la cara del talud rocoso y no permite el desprendimiento o caída de los bloques ya que los cables se encuentran anclados a los pernos o cáncamos de anclaje en el talud rocoso. En la Figura se presenta de manera gráfica la alternativa en uso.



Figura 43: Malla reforzada con cables

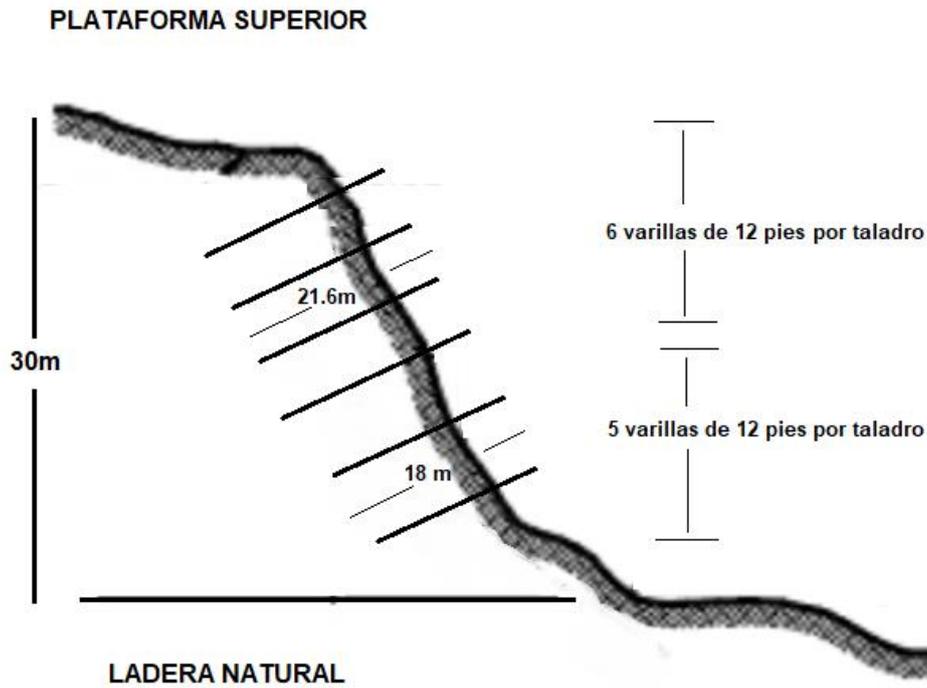


Figura 44: vista en perfil

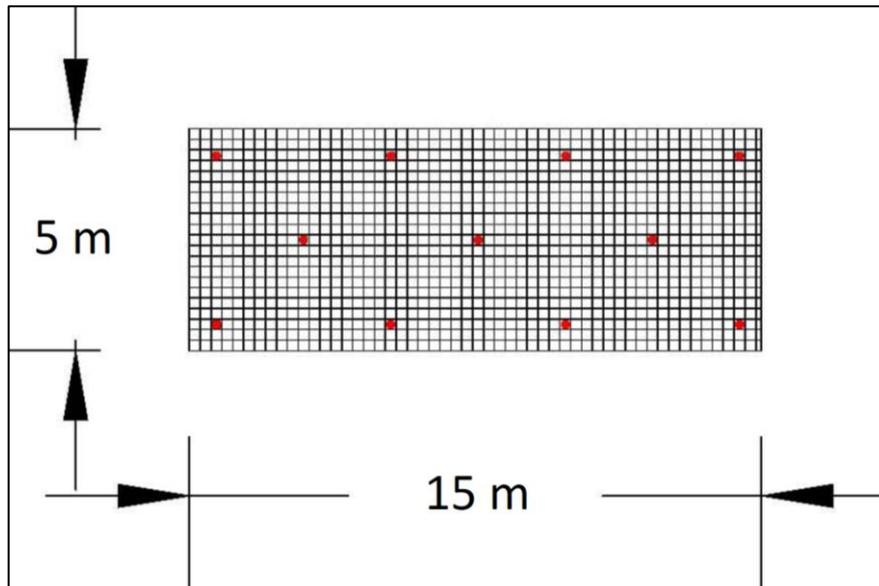


Figura 45: Malla reforzada y distribución de pernos en triangulo.

Para una altura de talud de 30 metros son 34 varillas por cada arreglo. En un tramo de 50 metros son 10 hileras de anclaje en vertical que serían 340 varillas que vienen a ser 60 pernos.

Costos de inversión del proyecto:

Tabla 13: Costo de materiales para taladros

Materiales	Precio x unidad	Cantidad a Usar	Precio Total
Varilla	5\$	340	1,700\$
Broca	1\$	340	340\$
Centralizador	1\$	340	340\$
Acople	1\$	280	280\$
Total			2,120\$

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 14: Costo de instalación y personal

Costo instalación de taladros	unidad	60 taladros	total
	70 \$	4,200 \$	4,200 \$
Costo de personal de taladros	1 Ayudante	1 Perforista	1 Supervisor
	S/1,500	S/2,500	S/4,500
			S/8,500

Fuente: Elaboración Propia.

Perforadora de pernos de anclaje

Alquiler de 80 dólares por hora

Avance de 2.5 taladros/hora

20 taladros en 8 horas/día

60 taladros en 24h/3 días

Total 1920 dólares en 3 días de trabajo.

4.9. Evaluación económica para la malla

4.8.4. Metraje calculado de cada talud

A continuación, se muestra la tabla 111 con los metros cuadrados de cada talud para la aplicación de la malla metálica, lo cual facilitará la estimación de costos para su aplicación.

Tabla 15: Metraje de los taludes que necesitan de malla metálica.

TALUD	m ²
1	115
2	65
4	135
5	285
6	285
7	295
8	60
Total de malla metálica a utilizar	1240

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 16: Costo de instalación y personal

Costo de instalación de malla	1 m2	1500 m2	
	8,5 \$	12,750 \$	12,750 \$
Costo de personal de malla	3 Ayudantes	1 Perforista	1 Supervisor
	S/4,500	S/2,500	S/4,500
			S/11,500

Fuente: Elaboración Propia.

4.8.5. Estimación de costos para la aplicación de la malla metálica.

Para los taludes del tramo 2 del proyecto Huaruro que son el 1, 2, 4, 5, 6, 7 y 8, se aplicará el sostenimiento con mallas metálicas, estimando para 1240 m² según lo estimado en total de todos los taludes que necesitan de esta metodología, tomando diámetro de malla hexagonal de 3.40 mm, a continuación, se muestra las cotizaciones para cada tipo de malla, según la empresa CYPE Ingenieros, S.A.

Tabla 17: Cotización de la malla de 3.40 mm de diámetro para 1240 m2

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	precio unitario	Precio parcial
YCD020	m2	Protección de talud con lamina de polietileno y malla de triple torsión anclada al terreno			
Protección de talud frente a desprendimiento de la capa superficial del terreno, formada por lámina de polietileno de alta densidad de 2mm de espesor, malla de triple torsión hexagonal, 8x10-18, de alambre galvanizado de 3,40mm de diámetro y anclajes al terreno o formados por varillas corrugadas de acero Grado 60 (fy=4200kg/cm2). Incluso cables de acero entre los anclajes, para la sujeción de la malla de triple torsión.					
1	Materiales				
	m2	Lámina de polietileno de alta densidad, de 2mm de espesor, resistente a la intemperie.	1.276.000	9.54	S/12,173.04
	m2	Malla de triple torsión, hexagonal, 8x10-18, de alambre galvanizado de 3,4mm de diámetro, para protección de taludes.	1.276.000	9.96	S/12,708.96
	kg	Acero en varillas corrugadas, Grado 60 (fy=4200kg/cm2), de varios diámetros, según NTP 339.186 y ASTM A706	638.000	3.04	S/1,939.52
	m	Cable de acero de 2mm de diámetro, para sujeción de malla de triple torsión	1.276.000	3.92	S/5,001.92
			Subtotal materiales		S/31,823.44
2	Equipos				
	h	Camión con cesta elevadora de brazo articulado de 16 m de altura máxima de trabajo y 260kg de carga máxima.	40.000	55.17	S/2,206.80
			Subtotal equipos		S/2,206.80
3	Mano de obra				
	h	Peón Seguridad y Salud	30.000	14.96	S/448.80
			Subtotal mano de obra		S/448.80
4	Herramientas				
	%	herramientas	5.000	31708.32	S/1,585.42
			Costos directos (Total)		S/36,064.46

Fuente: Elaboración Propia.

Se visualiza el monto total de 36,054.46 soles de malla metálica de 3.40 mm de diámetro, para los 1240 m2, lo que incluye los materiales a utilizar,

los equipos que se requiere para su transporte y colocación, mano de obra y alguna otra herramienta que se necesite.

Finalmente, después de mostrar el precio de la malla de alambre, se estima que la malla de alambre compuesta por tres hilos de malla de alambre con alambre galvanizado reforzado de 3,40 mm puede proteger mejor la pendiente contra la superficie del suelo. El diámetro es, malla hexagonal 8x10-16 se fija al suelo con barras de acero corrugado y lámina de polietileno de alta densidad de 2mm de espesor, es la mejor opción si se va a utilizar por mucho tiempo, ya que está compuesta por buenas barras de acero, e incluso tiene secciones proporcionales Cables de acero utilizados para asegurar el enrejado y mantenerlo en una posición segura durante el tiempo que sea necesario.

Tabla 18: Costo total del proyecto

Costos del proyecto	Costos en \$
Costos de materiales para taladros	2,120 \$
Costo de instalación (taladros)	4,200 \$
Costo de personal (taladros)	2,361 \$
Costo de alquiler de perforadora	1,920\$
Costo de instalación (malla)	12,750 \$
Costo de personal (malla)	3,194 \$
Cotización para mallas	10,018 \$
Total	36.563\$

Fuente: Elaboración Propia.

V. DISCUSIÓN

Cruden y Varnes (1996). Nos dicen que todas las caídas inician con un desprendimiento de roca o suelo de una ladera muy empinada, a lo largo de una superficie en la que poco o ningún desplazamiento cortante se desarrolla. Los peligros geológicos identificados basados en la nomenclatura y el sistema de clasificación de Cruden y Varnes presentada en el "Special Report 247" del Transportation Research Board son deslizamientos, donde el deslizamiento principal y evaluado en esta investigación se clasifica como una caída de roca, la cual está controlada por una serie de procesos de deterioro y procesos de movimiento, donde las categorías para definir la presencia de amenazas son bajo, medio, alto y muy alto. La clasificación del peligro está basada en las zonas de inicio, transporte y deposición. Además, peligros identificados no solo consisten en caídas de rocas, sino también incluyen deslizamientos y flujos de detritos. Las caídas de roca se atribuyen principalmente a la intersección de discontinuidades y la formación de una estructura de masa de roca en bloque. Los modos de falla son principalmente de inestabilidades tipo cuña y planar, con volcamiento asociado a las discontinuidades subverticales a favor del talud. Las condiciones estructurales combinadas con los procesos de meteorización han resultado en el desarrollo de numerosas rocas desprendidas y sueltas que representan riesgos potenciales de caída de rocas. Una estimación de volumen, utilizando el modelo digital de terreno (MDT), sugiere que el tamaño de la masa de roca caída fue de aproximadamente 7500 m^3 . Se observó que los taludes son inestables, con muy alto peligro de caídas de roca, con bloques que generalmente varían en tamaño $\sim 0.5 \text{ m}^3$ a $\sim 2 \text{ m}^3$. Sin embargo, se estima que hay áreas localizadas que tienen bloques, o grupos de bloques, con volumen superior a 100 m^3 , además al igual que Alva y Canto (2021), quienes identificaron las zonas con riesgo por movimientos de masa en el distrito de Llacanora en Cajamarca, mediante una caracterización geomorfológica, y, como menciona Chávez (2021), los fenómenos naturales son procesos permanentes de movimientos y transformaciones que sufre la naturaleza, llegando a influir o impactar en la vida humana logrando convertirse en largo o corto plazo en un peligro, generando una

determinada susceptibilidad en la población. La zona de evaluación corresponde a una zona de susceptibilidad de riesgos alto a moderado. Además, Heredia y Salazar (2017), indican que, al realizar obras haciendo excavaciones y/o rellenos, se puede generar la inestabilidad en la base de un talud que terminará en producir falla en su estructura.

Del análisis geomecánico en los macizos rocosos de los taludes evaluados se determinó que el tipo de rotura predominante es la rotura planar a lo largo de las juntas inclinadas. La falla de deslizamiento planar en las unidades de roca de dacita y andesita está controlada principalmente por la segunda familia estructural y en la dacita por la primera familia estructural. Se corrobora lo que menciona Rodríguez (2019), ya que la evaluación de problemas estructurales en macizos rocosos, mediante proyección estereográfica, es un medio conveniente en la identificación de direcciones dominantes de discontinuidades”, “la representación estereográfica permite verificar las relaciones angulares entre las direcciones dominantes de las discontinuidades y el talud propuesto”. Igual que Carpio (2020) se realizó un mapeo geológico – geomecánico donde se pudo identificar indicadores de posibles futuros deslizamientos, como son las grietas tensionales, donde las soluciones que se presentan para poder remediar las laderas inestables es la modificación geométrica de los taludes naturales, muros de contención, subdrenes horizontales, para obtener un factor de seguridad adecuado.

Las causas de susceptibilidad crítica en la progresiva km 0 + 500 del tramo 2 del proyecto Huaruro, Arequipa, se deben a una topografía muy empinada, con ángulo promedio de más de 85 grados en la zona de desprendimiento, un alto nivel de meteorización de las rocas locales, con pérdida probable de resistencia al esfuerzo cortante en el contacto de las andesitas por encima de las dacitas, presencia de múltiples fallas y fracturas con orientación buzamientos verticales y sub verticales facilitando las caídas, presencia de múltiples fallas y grietas de tensión las cuales facilitan la infiltración de agua y debilitan la estructura de la masa de roca. Efecto del agua por las lluvias, que aumenta los esfuerzos

cortantes en los taludes con la presencia de un flujo preferencial de las aguas superficiales en dirección de la zona inestable (hacia el Oeste) y ocurrencia de afloramientos de agua subterránea al nivel de la zona del desprendimiento analizado. Se identifica que después de los eventos de lluvia intensa ocurridos entre los meses de febrero y marzo se producen derrumbes en la zona cercana al punto de la captación del proyecto. Este evento generó un impacto negativo por ser la única ruta de acceso existente, donde como lo dice Bellido (2018), por efectos de eventos naturales y de acción antrópica, se tiene una geomorfología dinámica, estos eventos son transformados en riesgos potenciales cuando el ser humano ocupa de manera negligente, áreas de influencia de potenciales peligros. Entonces los factores condicionantes son la geomorfología, litología y pendiente del terreno; y el factor desencadenante es la precipitación. El ambiente fluvial se caracteriza por la acción de las corrientes de agua y el transporte de sedimentos a lo largo de la superficie terrestre, los ríos, se encargan de trasladar el agua a lo largo del sistema fluvial ocasionando procesos de acumulación y de erosión en función de su caudal, pendiente y carga de sedimentos, Alva y Canto (2020).

El diseño de estabilidad de taludes de la progresiva 0+ 500 del tramo II del proyecto Huaruro - Arequipa. Se propone el uso de pernos de anclaje cada 5 metros, además se puede instalar una malla de acero y una barrera dinámica para la caída de rocas. Se tomó en cuenta como dice Velásquez (2012) donde la relación existente entre las fuerzas que tienden a producir la inestabilidad y las fuerzas resistentes producidas por las características del macizo rocoso. A diferencia de Breña (2019), quien propone colocar enrocado en la parte inferior para incrementar los factores de seguridad global por encima de la unidad y la inestabilidad que aún permanece en el talud superior y serán minimizados con obras de drenaje y el muro al pie del talud, pero similar a Chávez (2021) se utiliza con ayuda de softwares el modelo matemático de Procedimiento de Análisis Jerárquico procesando los datos en un sistema de información geográfica (GIS), obteniendo como resultado mapas temáticos donde se

identifican los peligros geológicos y la susceptibilidad por movimientos en masa en el tramo 2 del proyecto Huaruro.

Como limitación se puede mencionar que el mapeo de geoamenazas en la ruta propuesta se basa en el análisis de ortofotos y datos topográficos obtenidos de levantamientos aéreos (aviones y drones). Cabe señalar que las imágenes y datos del terreno de Global Mapping S.A. Se extrajeron antes del deslizamiento de tierra de marzo de 2021, mientras que Ipsycom SRL se extrajo después del evento. También se debe tener en cuenta que los datos LiDAR proporcionados tienen una precisión relativa de ~0,6 millones de puntos m², lo que significa que es posible que se hayan pasado por alto algunas características potencialmente indicativas de suelo inestable.

Por lo mencionado se acepta la **hipótesis** planteada ya que la evaluación de riesgos permitió diseñar la estabilidad para los taludes del tramo II del proyecto Huaruro, Arequipa, donde se propone el uso de pernos de anclaje cada 5 metros, además se puede instalar una malla de acero y una barrera dinámica para la caída de rocas.

VI. CONCLUSIONES

1. En la zona de estudio predominan las rocas andesitas (Tm-vta) y las dacitas (Tq-vba) de grandes extensiones que presenta en toda el área. La zona de contacto entre los dos tipos de roca tiene una orientación sub horizontal con material triturado a fracturado.
2. Se identificaron los peligros y la susceptibilidad por movimientos que permitió diseñar la estabilidad de los taludes en el tramo 2 del proyecto Huaruro. Se realizó una evaluación cualitativa de riesgos utilizando una matriz de riesgos derivada del Manual de CENEPRED. De la evaluación geológica-geotécnica se ha determinado que el sector se encuentra afectado por desprendimientos y caídas de rocas asociados al alineamiento de estructuras geológicas de fracturamiento y estructuras de grietas de tensión con buzamiento casi a la verticalidad (85° a 90°), controladas por una serie de procesos de deterioro y procesos de movimiento.
3. Según la evaluación de riesgos, la zona estudiada corresponde a una zona de susceptibilidad de riesgos alto a moderado con presencia de áreas susceptibles a flujo de detritos, caída de roca y erosión fluvial, además de, precipitaciones pluviales pueden generar flujos desde la parte superior de los taludes. Presentando al mismo tiempo grietas de tensión y otras discontinuidades indicativas de una pendiente inestable desde donde se pueden iniciar caídas o avalanchas de rocas.
4. Según los análisis cinemáticos existen un alto potencial de fallas planas a lo largo de las juntas inclinadas. La falla de deslizamiento planar en las unidades de roca de dacita y andesita está controlada principalmente por la segunda familia estructural y en la dacita por la primera familia estructural.
5. Para el diseño de estabilidad de taludes, se propone el uso de pernos de anclaje cada 5 metros, además se puede instalar una malla de acero y una barrera dinámica para la caída de rocas.

VII. RECOMENDACIONES

1. Para mejor comprensión, contextualización y entendimiento de la presente investigación se recomienda considerar la topografía del área utilizada, además de la acción de la gravedad por las caídas de las rocas de las partes más altas de los taludes.
2. Se recomienda utilizar, además, otros softwares de geotecnia enfocado al cálculo del factor de seguridad para comparar y promediar los resultados, para un mayor acercamiento a la realidad estudiada.
3. Además, se recomienda realizar un monitoreo constante a los taludes del proyecto Huaruro por parte de las autoridades y así prevenir posibles eventos relacionados a la inestabilidad de los mismos, como caídas de rocas.
4. Se recomienda ampliar la evaluación geotécnica a los demás tramos del proyecto para mejorar el diseño de estabilidad de taludes en los 15 km del mismo.
5. Se recomienda que las empresas dedicadas a estos trabajos influenciados por la estabilidad de taludes, tomar en cuenta todos los aspectos geomecánicos y geotécnicos del material geológico para tomar decisiones más pertinentes y mejorar las propuestas de diseño de estabilidad.

VII. REFERENCIAS

1. **ALVA, D y CANTO, C.** Geomorphological characterization and identification of areas at risk from mass movements in the Llacanora district, Cajamarca, 2021. ISSN 2516-2314. Disponible en: <https://easychair.org/publications/preprint/GjFX>.
2. **ALVARADO, A.A. y CORNEJO, A.R.** Estabilización de taludes en la Costa Verde – Callao. Tramo. Av. Santa Rosa – Jr. Virú. (1.3 km), 2014. *REPOSITORIO ACADÉMICO USMP*. Disponible en: <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/1047>.
3. **APAZA, J.A.** Evaluación de la estabilidad del talud de corte ejecutado en la carretera nacional PE-38A km 33+500 departamento de Puno –2021. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/72906>.
4. **ARCINIEGAS, J.D., GODOY, J.A. y CORREA, J.C.** Evaluación del riesgo geotécnico de la ladera ubicada en la vereda La Helena del municipio de Ibagué, Tolima, 2019 Disponible en: <https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/8327>.
5. **ARTEAGA, G.** Métodos, técnicas y herramientas 2020. Disponible en: <https://www.testsiteforme.com/author/hothi/>.
6. **BANTU GROUP.** Las 6 etapas del procesamiento y análisis de datos, 2020. Disponible en: <https://www.bantugroup.com/blog/etapas-del-procesamiento-y-analisis-de-datos>.
7. **BELLIDO, C.A.** Evaluación de peligros geológicos en el Distrito de Tiabaya. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2018. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5879>.

8. **BIENIAWSKI, Z. T.** *Engineering rock mass classifications: a complete manual for engineers and geologists in mining, civil, and petroleum engineering*. Wiley-Interscience, 1989. pp. 40-47. ISBN 0-471-60172-1.
9. **BODDY, C.R.** "Sample size for qualitative research", *Qualitative Market Research*, 2016. Vol. 19 No. 4, pp. 426-432. <https://doi.org/10.1108/QMR-06-2016-0053>.
10. **BREÑA, C.H.** Estabilidad de taludes de la carretera longitudinal de la sierra; tramo Cochabamba-Cutervo-Chiple, Cajamarca-Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2019. Disponible en: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/11386>.
11. **CANCHO, F.** Modelo geológico-geotécnico para definir excavación de laderas por banco en rocas sedimentarias para obras viales. Construcción de la carretera Kimbiri-Kepashiato, tramo Cielo Punku Quebrada Honda (km 1+000 al km 5+000). UNMSM - 2019. Disponible en: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/10371>.
12. **CAÑIZARES Antonio.** interpretación de datos. Lima, Perú: Euroinnova 2022. Disponible en: <https://www.euroinnova.pe/blog/que-es-la>.
13. **CASTRO DE REYES, A.** Recolección de datos: Fichas. Guatemala, 2015: Disponible en: <https://fdocuments.es/document/recoleccin-de-datos-fichas-dra-amy-castro-de-reyes-recoleccin-de-de-la-ficha.html>.
14. **CHÁVEZ, M.Á.** Incidencia del Agua en los Procesos de Inestabilidad de Taludes y Laderas en el Centro y Norte de la Ciudad de Guayaquil, 2015. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/30987>.
15. **CHAVEZ, J.Á.** Evaluación de los riesgos geológicos en el Centro Poblado La Real, distrito de Aplao, provincia de Castilla - Arequipa. Universidad Nacional del Altiplano, 2021. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/14857>.

16. **Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres – CENEPRED, 2022** Disponible en: <https://www.gob.pe/cenepred>
17. **CRUDEN, D. M. y VARNES, D. J.** Landslide Types and Processes, Transportation Research Board, U.S. National Academy of Sciences, Special Report, 1996. 247: 36-75.
18. **DE MATTEIS, A.** Geología y geotecnia. Rosario, Argentina: s.n., 2003. <https://www.studocu.com/es-ar/document/universidad-nacional-de-rosario/mecanica-aplicada-ii/geologia-y-geotecnia-estabilidad-de-taludes/21549505>
19. **DULZAIDES, M.E. y MOLINA, A.M.** Análisis documental y de información: dos componentes de un mismo proceso. ACIMED 2004, vol. 12, no. 2, pp. 1-1. ISSN 1024-9435. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1024-94352004000200011&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
20. **ECHAIZ, C.** EL TRABAJO DE CAMPO Coordinación Académica de Posgrado Lima – Perú. INSTITUTO PARA LA CALIDAD DE LA EDUCACIÓN - USMP, 2019
21. **FERNÁNDEZ, J.D., PÉREZ, H. y MULONE, D.** Correlación entre el índice RMR de Bieniawski y el índice Q de Barton en formaciones sedimentarias de grano fino, 2017. *Informes de la Construcción* vol. 69, no. 547, pp. e205-e205. ISSN 1988-3234. DOI 10.3989/id54459. Disponible en: <https://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/5854>.
22. **GOMEZ, G.F.** Análisis de riesgos por inestabilidad de taludes en la subcuenca río canipaco, tramo Distrito de Colca Provincia de Huancayo Departamento de Junín. 2018. Disponible en: <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2573>.

23. **GONZALEZ. (s. f.).** INVESTIGACIÓN BÁSICA Y APLICADA EN EL CAMPO DE LAS CIENCIAS ECONÓMICO ADMINISTRATIVAS. Revista Ciencia Administrativa. Recuperado 16 de mayo de 2021, de https://www.academia.edu/566519/INVESTIGACION_BASICA_Y_APLICADA_EN_EL_CAMPO_DE_LAS_CIENCIAS_ECONOMICAS_ADMINISTRATIVAS.
24. **GONZALO, IG-M.** Actividad de los movimientos de ladera de la Serra de Tramuntana (Mallorca). Aplicación de técnicas remotas (DInSAR) y simulación de desprendimientos rocosos, Mallorca, 2017. Universitat de les Illes Balears. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=177226>.
25. **HEREDIA, J. y SALAZAR, A.** Influencia de la granulometría en la estabilidad de los taludes de la gravera Shudal, Cajamarca, Perú, 2017.
26. **HUASCUPE, M.** «Estabilidad de taludes naturales empleando métodos convencionales, sector Llavini, Puno 2021».
27. **Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.** Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. Evaluación de peligros geológicos y estabilidad de taludes en el asentamiento humano Buenos Aires de Villa. Distrito de Chorrillos, provincia de Lima, departamento Lima, 2021: Ingemmet, Informe Técnico A7195, 49 p.
28. **LUJARDO, Y.** Verificación y análisis de documentos. Habana, Cuba: s.n., 2016.
29. **MARREROS, O. y MARREROS, O.** Estabilidad de taludes en roca y volcánica fracturada del tajo Raúl Rojas - Centromin Perú. *Universidad Nacional de Ingeniería* 2019. Disponible en: <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2353954>.

30. **MATEO, Y.** Estabilización de deslizamientos de tierras mediante pilotes, 2016. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/104995>.
31. **MENDOZA, J.A.** Análisis de estabilidad de taludes de suelos de gran altura en la mina antapaccay 2017. Disponible en: <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7614>.
32. **MONTIEL, E, ESCAMILL, F y HERNÁNDEZ, E.** *Análisis de estabilidad de laderas a partir de evaluación de riesgos geotécnicos*. Cancún: UNAM, 2012.
33. **HURTADO, J.** Metodología de la investigación: guía para una comprensión holística de la ciencia (4a. ed.). Bogotá-Caracas: Ciea-Sypal y Quirón, 2012.
34. **NORMAS APA – 7ma (séptima) edición.** 2019. Disponible en: <https://normas-apa.org/>.
35. **OCAMPO, D.S.** Trabajo de campo en la investigación cualitativa. *Investigalia*, 2020. Disponible en: <https://investigaliacr.com/investigacion/trabajo-de-campo-en-la-investigacion-cualitativa/>.
36. **OLIVA, Aldo.** A PRACTICAL APPROACH TO EVALUATE THE STABILITY AND PROBABILITY OF SLOPE FAILURE IN THE URBAN AREA OF TIJUANA, MÉXICO, 2021.
37. **RAMÍREZ, G.A.** Planeación estratégica para la estabilidad de taludes en cortes de carreteras, fundamentada en el análisis de riesgos, 2015. Disponible en: <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/8509>.
38. **RÍOS HIDALGO, D.M. y VILLAGARAY FLORES, L.J.** Estudio comparativo de estabilidad de taludes entre el sistema de drenaje por perforación con anclajes y el sistema de gaviones con banquetas en la

- Carretera Central, Cerro Pucruchacra, San Mateo. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*, 2021. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/657577>.
39. **RODRÍGUEZ, C.A., BUSTOS, D.E., CADENA, A. y SALAZAR, D.M.** Risk Evaluation For Mass Removal Movements Activated By Pre-Cipitation Processes, Case Study At Chagualá Road - Quindío, 2019. *Revista de Investigaciones Universidad del Quindío*, vol. 31, no. 1, pp. 7-14. ISSN 2500-5782, 1794-631X. DOI 10.33975/riuq.vol31n1.239. Disponible en: <https://ojs.uniquindio.edu.co/ojs/index.php/riuq/article/view/239>.
40. **SAMPIERI, R.H, Fernández, C, Baptista, P.** Metodología de la investigación, 2014. C.P. 01376, México D.F. Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana, Reg. Núm. 736, sexta edición por McGRAW-HILL. ISBN: 978-1-4562-2396-0.
41. **IDIGER.** Caracterización General del Escenario de Riesgo. Bogotá: Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático - **Idiger**, 2016.
42. **TORRES, C.R.** Valoración Del Riesgo En Deslizamientos. Repositorio institucional - URP, 2007. Disponible en: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2895105>.
43. **VALIENTE, R., SOBRECASES, S. y DÍAZ, A.** Estabilidad Taludes, Conceptos Básicos, Parámetros De Diseño Y Métodos De Cálculo, 2016. *Revista Civilizate S.I.: Asociación de Estudiantes Civilizate*, Pontificia Universidad Católica del Perú, pp. 50-54. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/76781>.
44. **WESTREICHER, G.** Variable independiente. *Economipedia* 2021. Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/variable-independiente.html>.

ANEXOS

ANEXO N°01: Tabla. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variables	Definición conceptual	Definición operativa	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Evaluación de riesgos	Identificación de peligros geológicos, origen, causas y consecuencias	Identificación de zonas críticas	Geoamenazas Susceptibilidad por movimientos de masa	Caída de roca Deslizamientos de detritos Volcamientos Flujo de Avalancha de rocas Identificación de zonas críticas	porcentaje
Estabilidad de taludes	Se entiende por estabilidad de talud a la seguridad de una masa de tierra o superficie inclinada con respecto a la horizontal contra el movimiento o fallas. (Alvaro F De Matteis,2003)	Para lograr lo anterior se calcula la relación entre las fuerzas o momentos resistentes y las fuerzas o momentos actuantes obteniendo un factor seguridad que está afectado por las incertidumbres de los parámetros que le dieron origen, por lo cual, a todo factor de seguridad intrínsecamente va ligado un grado de incertidumbre.	Estabilidad Talud	Sistemas de anclaje Factor de seguridad de inclinación Angulo	Intervalos de razón

**ANEXO N°2: FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO
(FICHA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO)**

1. DATOS GENERALES:

1.1 Título Del Trabajo De Investigación:

Evaluación de riesgos para el diseño de estabilidad de taludes del tramo 2, proyecto Huaruro, Arequipa.

1.2 Investigador (a) (es): Lavado Abanto, Joe Louis - Oruna Quezada, Juan Orlando

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

Muy

3. OPINION DE APLICABILIDAD:

El instrumento es aplicable, sin embargo, se debe abordar los datos de los equipos y servicios con los que cuenta la mina para la perforación y la voladura. Dado que si se piensa incrementar la longitud de la perforación entonces también se debe analizar la capacidad de la perforación junto con sus servicios para atender la nueva necesidad, por lo que sugiero que se ingresen esos datos también.

4. Datos del Experto:

Nombre y apellidos: Alex Patricio Marinovic Pulido CE: 000748466

Grado académico: Ingeniero. Centro de Trabajo: Universidad Privada del Norte

Firma:

Fecha: 20/02/2022



ANEXO N°3: FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

(DE ANÁLISIS DOCUMENTAL)

Experto: Ing. Marinovic Pulido Alex Patricio

Centro de Trabajo y cargo que ocupa: Universidad Privada del Norte – Coordinador Especialista de Ing. De Minas e Ing. Geológica.

Dirección: Caserío Alzamora Miranda S/N

e-mail: alex.marinovic@upn.edu.pe Teléfono: 934666352

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

Opinión de Aplicabilidad:

El instrumento es aplicable



Nombre y firma del Experto Validador

CE Nº 000748466

Fecha: 20/02/2022

**ANEXO N°4: FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS
JUICIO DE EXPERTOS**

I. DATOS GENERALES

- Apellidos y Nombres del experto: Marinovic Pulido Alex Patricio
- Grado Académico: Ingeniero
- Institución donde labora: Universidad Privada del Norte.
- Dirección: Caserío Alzamora Miranda S/N Teléfono: 934666352 Email: alex.marinovic@upn.edu.pe
- Autor (es) del Instrumento: Lavado Abanto, Joe Louis - Oruna Quezada, Juan Orlando

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD: Es aplicable con recomendaciones Fecha: 08/02/2022

IV. Promedio de Valoración: Muy Bueno



Ing. Alex Patricio Marinovic Pulido
CE N° 000748466

**ANEXO N°5: FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO
(FICHA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO)**

1. DATOS GENERALES:

1.1 Título Del Trabajo De Investigación:

Evaluación de riesgos para el diseño de estabilidad de taludes del tramo 2, proyecto Huaruro, Arequipa.

1.2 Investigador (a) (es): Lavado Abanto, Joe Louis - Oruna Quezada, Juan Orlando

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

Muy

3. OPINION DE APLICABILIDAD:

El instrumento es aplicable

4. Datos del Experto:

Nombre y apellidos: Miguel Ricardo Portilla Castañeda DNI 45209190

Grado académico: Magister Centro de Trabajo: Universidad Privada del Norte

Firma:

Fecha: 16/02/2022



**ANEXO N°6: FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
(DE ANÁLISIS DOCUMENTAL)**

Experto: Mg. Portilla Castañeda, Miguel Ricardo
Centro de Trabajo y cargo que ocupa: Universidad Privada del Norte
Dirección: Vía de Evitamiento S/N cuadra 15
e-mail: miguel.portilla@upn.edu.pe Teléfono: 950458811

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

Opinión de Aplicabilidad:
El instrumento es aplicable



Nombre y firma del Experto Validador
DNI N° 45209190
Fecha: 16/02/2022

**ANEXO N°7: FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS
JUICIO DE EXPERTOS**

I. DATOS GENERALES

- Apellidos y Nombres del experto: Portilla Castañeda, Miguel Ricardo DNI N° 45209190
- Grado Académico: Magister
- Institución donde labora: Universidad Privada del Norte
- Dirección: Vía de Evitamiento S/N cuadra 15. Teléfono: 950458811 Email: miguel.portilla@upn.edu.pe
- Autor (es) del Instrumento: Lavado Abanto, Joe Louis - Oruna Quezada, Juan Orlando

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD: Es aplicable con recomendaciones Fecha: 08/02/2022

IV. Promedio de Valoración: Muy Bueno



Mg. Miguel Ricardo Portilla Castañeda

ANEXO N°08: Carta de autorización



"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

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

Yo, Ausberto Prado Caballero, Identificado con N° DNI. 32541536, en calidad de responsable del Informe Geotécnico del Proyecto Mejoramiento de la Campiña Huaruro Tapay, del Departamento de Arequipa, Provincia de Caylloma y Distrito de Tapay, autorizo utilizar los datos del Informe Geotécnico del proyecto, para ser desarrollada la Tesis titulada "EVALUACIÓN DE RIESGOS PARA EL DISEÑO DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA PROGRESIVA 0 + 500, TRAMO 2, PROYECTO HUARURO, AREQUIPA" a los investigadores Joe Louis Lavado Abanto, identificado con N° DNI. 40479747 y de Juan Orlando Oruna Quezada, identificado con N° DNI. 43347450, para que hagan uso del mismo, con fines de Investigación.

Arequipa 10 de abril del 2022

Atentamente.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Ausberto Prado Caballero".

Ausberto Prado Caballero

N° DNI. 32541536

ANEXO N°09: Instrumento 01 – Guía de observación de campo - recolección de datos para evaluación del nivel de riesgos

DATOS		EVALUACIÓN DE RIESGOS																							
PROGRESIVA		FENÓMENO	EQUILIBRIO ACTUAL			EVOLUCIÓN		TOPOGRAFÍA			VOLUMEN (m3) afectada				DAÑOS HUMANOS		DAÑOS MATERIALES			TOTAL	GRADO DE RIESGO		MEDIDAS	FOTOS	
INICIO	FINAL		ESTABLE (0)	LATENTE (1)	CRÍTICO (2)	NULA (0)	PROGRESIVA (1)	SUAVE < 10	MEDIA 10 - 30	FUERTE > 30	< 10 (0)	10-100 (1)	100-1000 (2)	> 1000 (3)	NO (0)	SI (3)	LIGERO (1)	MODERADO (2)	CATASTRO (3)		GRADO DE RIESGO				

Fuente: Propia, adecuado de CENEPRED

Los números entre paréntesis son los puntajes.

ANEXO N°10: Instrumento 03- Guía para la observación en campo - Formato para el recojo de información de geomecánica – RMR. Elaboración: propia.

Ensayo carga puntual	>10 (15)	10-4 (12)	4-2 (7)	2-1 (4)				0
Compresión simple (MPa)	>250 (15)	250-100 (12)	100-50 (7)	50-25 (4)	25-5 (2)	5-1 (1)	<1 (0)	0
RQD		90%-100% (20)	75%-90% (17)	50%-75% (13)	25%-50% (6)	<25% (3)		0
Separación entre diaclasas	Separación entre diaclasas	>2 m (20)	0,6-2m (17)	0,2-0,6m (10)	0,06-0,2m (8)	<0,06m (5)		0
Estado de las discontinuidades	Long. discontinuidad	<1m (6)	1-3m (4)	3-10m (2)	10-20m (1)	>20m (0)		0
	Abertura	Nada (6)	<0,1mm (5)	0,1-1,0mm (3)	1-5mm (1)	>5mm (0)		0
	Rugosidad	Muy rugosa (6)	Rugosa (5)	Ligeramente rugosa (3)	Ondulada (1)	Suave (0)		0
	Relleno	Ninguno (6)	Relleno duro <5mm (4)	Relleno duro >5mm (2)	Relleno blando <5mm (2)	Relleno blando >5 mm (0)		0
	Alteración	Inalterada (6)	Ligeramente alterada (5)	Moderadamente alterada (3)	Muy alterada (1)	Descompuesta (0)		0
Agua freática	Caudal por 10 m de túnel	Nulo (15)	<10 l/min (10)	10-25 l/min (7)	25-125 l/min (4)	>125 l/min (0)		0
	Presión agua/tensión principal mayor	0 (15)	0-0,1 (10)	0,1-0,2 (7)	0,2-0,5 (4)	>0,5 (0)		0
	Estado general	Seco (15)	Ligeramente húmedo (10)	Húmedo (7)	Goteando (4)	Agua fluyendo (0)		0
Corrección orientación discontinuades	Dirección y buzamiento	Muy favorables	Favorables	Medias	Desfavorables	Muy desfavorables		0
	Túneles	0	-2	-5	-10	-12		0
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25		0
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60		0
Clasificación	Puntuación	(81-100)	(61-80)	(41-60)	(21-40)	(<20)		0
	Clase	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV	Tipo V		Tipo V
	Calidad	Muy buena	Buena	Media	Mala	Muy mala		Muy mala

ANEXO N°11: Instrumento 03 - Formato de registro geomecánico

ESTACIÓN GEOMECAÍNICA - DATOS DEL MACIZO ROCOSO																																																																																																																			
										Título del proyecto					CLIENTE:																																																																																																				
E. G. N°: 01										AZIMUT LINEA:					REALIZADO POR:																																																																																																				
										HOJA:.....1..... DE.....1.....					COORDENADAS (WGS84) E: 503,577 N: 853,696																																																																																																				
GPS	ESTRUCTURA				GEOMETRÍA						ALTERACIÓN PARED	AGUA	METEORIZACIÓN	RESISTENCIA ROCA MATRIZ (IRS)	RQD (%) (15° - 3.3° Jv)	LITOLÓGIA	PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA																																																																																																		
	TIPO	ORIENTACIÓN		FRECUENCIA POR METRO (FF/m)	ESPACIADO (m)	FORMA	LARGO (m)	RELLENO		RUGOSIDAD											ABERTURA (mm)																																																																																														
		DIP	DIP DIR				ESP. (mm)	TIPO	J.R.C.																																																																																																										
EG-01																																																																																																																			
																<p>Caliza margosa del grupo Copacabana con contenido de óxidos de limonitas.</p> <p>La chimenea se encuentra sin acceso definido.</p>																																																																																																			
LEYENDA																RCS		RQD		MASIVO	f/m <1																																																																																														
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="4">Tipo de Estructura</th></tr> <tr><td>D</td><td>Diaclasa</td><td>C</td><td>Contacto Litológico</td></tr> <tr><td>SD</td><td>Set de Diaclasas</td><td>ES</td><td>Estratificación</td></tr> <tr><td>F</td><td>Falla</td><td>VT</td><td>Veta</td></tr> <tr><td>ZC</td><td>Zona de Cizalle</td><td>DX</td><td>Dique</td></tr> </table>				Tipo de Estructura				D	Diaclasa	C	Contacto Litológico	SD	Set de Diaclasas	ES	Estratificación	F	Falla	VT	Veta	ZC	Zona de Cizalle	DX	Dique	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="6">Geometría</th></tr> <tr><td>P</td><td>Planar</td><td colspan="4">Rugosidad (Rug.)</td></tr> <tr><td>S</td><td>Sinuosa</td><td>JRC</td><td>0 - 4</td><td>S</td><td>Suave</td></tr> <tr><td>D</td><td>Dentada</td><td>JRC</td><td>4 - 8</td><td>O</td><td>Ondulada</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>JRC</td><td>8 - 12</td><td>LR</td><td>Lig. Rugosa</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>JRC</td><td>12 - 16</td><td>R</td><td>Rugosa</td></tr> <tr><td></td><td></td><td>JRC</td><td>16 - 20</td><td>M/R</td><td>Muy Rugosa</td></tr> </table>						Geometría						P	Planar	Rugosidad (Rug.)				S	Sinuosa	JRC	0 - 4	S	Suave	D	Dentada	JRC	4 - 8	O	Ondulada			JRC	8 - 12	LR	Lig. Rugosa			JRC	12 - 16	R	Rugosa			JRC	16 - 20	M/R	Muy Rugosa	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2">Alteración</th></tr> <tr><td>SA</td><td>Sin Alt.</td></tr> <tr><td>LA</td><td>Ligera</td></tr> <tr><td>M/A</td><td>Moderada</td></tr> <tr><td>AA</td><td>Alta</td></tr> <tr><td>DS</td><td>Desintegrada</td></tr> </table>		Alteración		SA	Sin Alt.	LA	Ligera	M/A	Moderada	AA	Alta	DS	Desintegrada	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2">Agua</th></tr> <tr><td>S</td><td>Seco</td></tr> <tr><td>H</td><td>Húmedo</td></tr> <tr><td>M</td><td>Mojado</td></tr> <tr><td>G</td><td>Goteo</td></tr> <tr><td>F</td><td>Flujo</td></tr> </table>		Agua		S	Seco	H	Húmedo	M	Mojado	G	Goteo	F	Flujo	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2">Tipo de Relleno</th></tr> <tr><td colspan="2">Duro</td></tr> <tr><td colspan="2">Blando</td></tr> <tr><td colspan="2">Sin Relleno (N.A.)</td></tr> </table>		Tipo de Relleno		Duro		Blando		Sin Relleno (N.A.)		RCS		RQD		BLOCOSO	f/m 1-3
Tipo de Estructura																																																																																																																			
D	Diaclasa	C	Contacto Litológico																																																																																																																
SD	Set de Diaclasas	ES	Estratificación																																																																																																																
F	Falla	VT	Veta																																																																																																																
ZC	Zona de Cizalle	DX	Dique																																																																																																																
Geometría																																																																																																																			
P	Planar	Rugosidad (Rug.)																																																																																																																	
S	Sinuosa	JRC	0 - 4	S	Suave																																																																																																														
D	Dentada	JRC	4 - 8	O	Ondulada																																																																																																														
		JRC	8 - 12	LR	Lig. Rugosa																																																																																																														
		JRC	12 - 16	R	Rugosa																																																																																																														
		JRC	16 - 20	M/R	Muy Rugosa																																																																																																														
Alteración																																																																																																																			
SA	Sin Alt.																																																																																																																		
LA	Ligera																																																																																																																		
M/A	Moderada																																																																																																																		
AA	Alta																																																																																																																		
DS	Desintegrada																																																																																																																		
Agua																																																																																																																			
S	Seco																																																																																																																		
H	Húmedo																																																																																																																		
M	Mojado																																																																																																																		
G	Goteo																																																																																																																		
F	Flujo																																																																																																																		
Tipo de Relleno																																																																																																																			
Duro																																																																																																																			
Blando																																																																																																																			
Sin Relleno (N.A.)																																																																																																																			
																Espaciamiento Fracturas		Jn		FAMILIAS DE DISCONTINUIDADES																																																																																															
																Largo Fracturas		Jr		RUGOSIDAD DE DISCONTINUIDADES																																																																																															
																Abertura		Ja		ALTERACIÓN DE DISCONTINUIDADES																																																																																															
																Rugosidad		Jw		DESINTEGRADO	f/m > 33																																																																																														
																Relleno																																																																																																			
																Alteración																																																																																																			
																Efecto del agua																																																																																																			
																Corrección por orientación de las discontinuidades																																																																																																			
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2">Resistencia Roca Matriz (IRS)(Mpa)</th></tr> <tr><td>R0</td><td>Se marca con la uña (0,25-1,0)</td></tr> <tr><td>R1</td><td>Al golpear con la punta del martillo la roca se desmenuza (1-5)</td></tr> </table>				Resistencia Roca Matriz (IRS)(Mpa)		R0	Se marca con la uña (0,25-1,0)	R1	Al golpear con la punta del martillo la roca se desmenuza (1-5)	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>R2</td><td>Al golpear con la punta del martillo la roca se hacen ligeras marcas (5-25)</td></tr> <tr><td>R3</td><td>Con un golpe fuerte de martillo puede fracturarse (25-50)</td></tr> </table>		R2	Al golpear con la punta del martillo la roca se hacen ligeras marcas (5-25)	R3	Con un golpe fuerte de martillo puede fracturarse (25-50)	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>R4</td><td>Se requiere más de un golpe de martillo para fracturarla (50-100)</td></tr> <tr><td>R5</td><td>Se requiere más de un golpe de martillo para fracturarla (100-250)</td></tr> </table>		R4	Se requiere más de un golpe de martillo para fracturarla (50-100)	R5	Se requiere más de un golpe de martillo para fracturarla (100-250)	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>R6</td><td>Al golpear con el martillo solo saltan esquirlas (>250)</td></tr> </table>		R6	Al golpear con el martillo solo saltan esquirlas (>250)	RCS		SRF - Factor Reducción por Tensiones		FOLIADO/LAMINADO/CIZALLADO	f/m > 100																																																																																				
Resistencia Roca Matriz (IRS)(Mpa)																																																																																																																			
R0	Se marca con la uña (0,25-1,0)																																																																																																																		
R1	Al golpear con la punta del martillo la roca se desmenuza (1-5)																																																																																																																		
R2	Al golpear con la punta del martillo la roca se hacen ligeras marcas (5-25)																																																																																																																		
R3	Con un golpe fuerte de martillo puede fracturarse (25-50)																																																																																																																		
R4	Se requiere más de un golpe de martillo para fracturarla (50-100)																																																																																																																		
R5	Se requiere más de un golpe de martillo para fracturarla (100-250)																																																																																																																		
R6	Al golpear con el martillo solo saltan esquirlas (>250)																																																																																																																		
																RMR 89'	0	Q	#iDIV/0!	GSI																																																																																															

ANEXO N°12: Categorías de susceptibilidad por movimientos en masa

Grado		Criterio
1	Muy baja ¹	Corresponde generalmente a terrenos de pendiente muy baja (menores a 10°) donde no existen indicios que permitan predecir deslizamientos. Ausencia de eventos antiguos.
2	Baja	Los terrenos involucrados son de pendiente baja (10° a 20°). Zonas que tienen pocas condiciones para movimientos originales en masa. Los procesos geomorfológicos son excepcionales, como los deslizamientos históricos.
3	Media	Los terrenos involucrados son de pendiente media (20° a 30°). Incluyen pendientes con algunas huellas de deslizamientos históricos y no existe la completa certeza de que no ocurran movimientos en masa en el futuro. Los movimientos en masa se consideran inactivos, pero podrían reactivarse ante eventos sísmicos fuertes o lluvias excepcionales. Las laderas podrían mantenerse relativamente estables si se aplican buenas prácticas constructivas.
4	Alta	Laderas con pendientes fuertes a muy fuertes (>30°), donde se aprecian indicios de inestabilidad y movimientos en masa considerados como suspendidos o dormidos. En estas laderas, la masa de roca se encuentra con una meteorización alta a muy alta, altamente fracturadas y con discontinuidades desfavorables. También incluyen pendientes con depósitos coluviales y residuales poco consolidados.
4r	Alta - antrópica	Áreas con alta susceptibilidad en las cuales se espera que la modificación de la topografía por acción antrópica ocasionaría movimientos de masa localizados.
5	Muy alta	Laderas con pendientes fuertes a muy fuertes (>30°), donde se identifica la presencia de procesos de movimientos en masa activos. Los terrenos involucrados incluyen laderas estructuras geológicas como fallas, masas de rocas intensamente meteorizadas y muy fracturadas, con discontinuidades desfavorables. También incluye depósitos superficiales no-consolidados (principalmente coluviones), con claros indicios de movimientos recientes.
5r	Muy alta - antrópica	Áreas con muy alta susceptibilidad en las que la modificación de la topografía por acción antrópica activaría movimientos de masa de magnitud importante. A diferencia de la categoría 4r, esta categoría ya incluye movimientos de masa recientes junto con aquellos que ya han ocurrido por acción antrópica.

ANEXO N°13: Aceptabilidad o tolerancia de riesgos

Niveles de consecuencias

VALOR	NIVELES	DESCRIPCIÓN
4	muy alta	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural son catastróficas
3	alta	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con apoyo externo
2	media	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural son gestionadas con los recursos disponibles
1	bajo	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas sin dificultad

Niveles de frecuencia de ocurrencia

NIVEL	PROBABILIDAD	DESCRIPCIÓN
4	muy alta	Puede ocurrir en la mayoría de las circunstancias
3	alta	Puede ocurrir en periodos de tiempo medianamente largos según circunstancias
2	media	Puede ocurrir en periodos de tiempo largos según las circunstancias
1	bajo	Puede ocurrir en circunstancias excepcionales

Matriz de consecuencias y daños

CONSECUENCIAS	NIVEL	ZONA DE CONSECUENCIAS Y DAÑOS			
Muy alta	4	Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
Alta	3	Medio	Alta	Alta	Muy Alta
Media	2	Medio	Medio	Alta	Alta
Bajo	1	Bajo	Medio	Medio	Alta
	Nivel	1	2	3	4
	Frecuencia	Bajo	Medio	Alta	Muy Alta

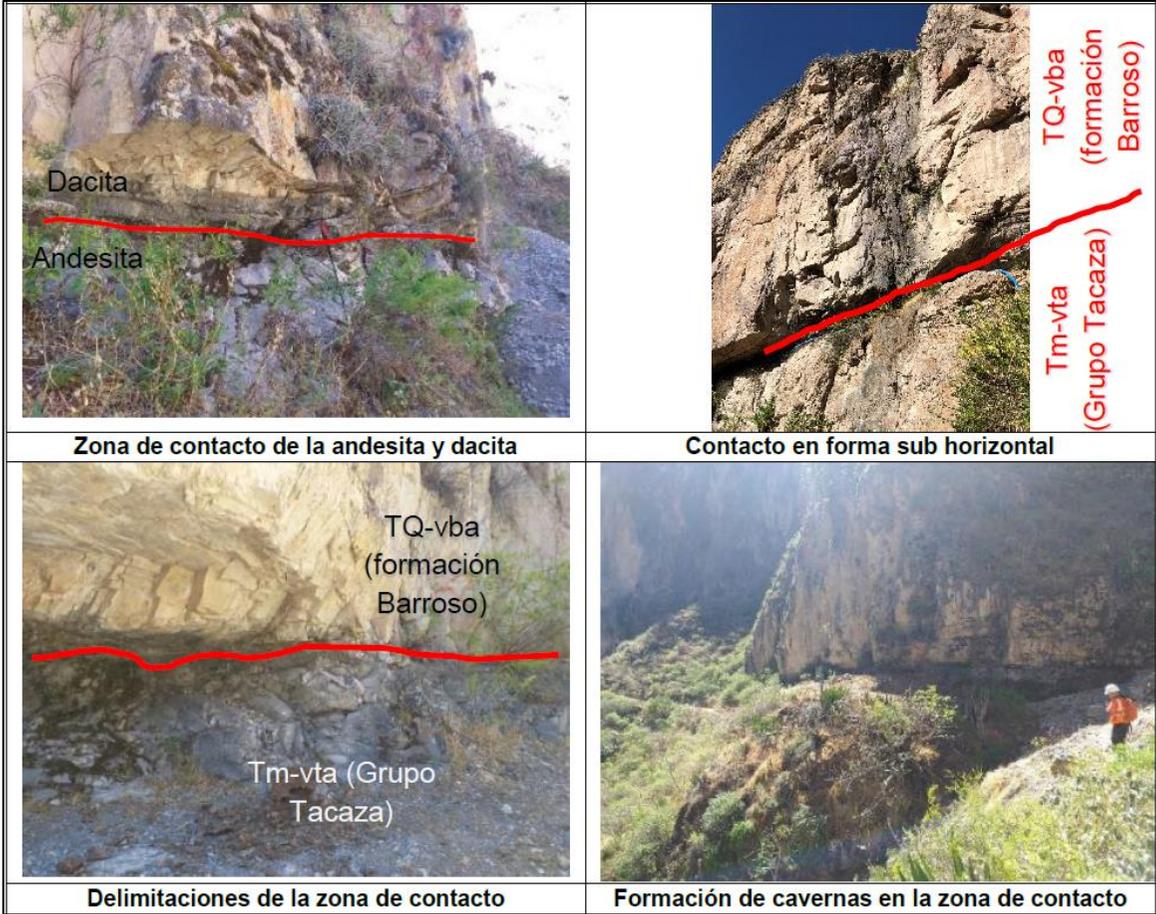
Matriz de aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo

Riesgo Inaceptable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inapmisible	Riesgo Inapmisible
Riesgo Tolerable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inapmisible
Riesgo Tolerable	Riesgo Tolerable	Riesgo Inaceptable	Riesgo Inaceptable
Riesgo aceptable	Riesgo Tolerable	Riesgo Tolerable	Riesgo Inaceptable

Nivel de priorización

VALOR	DESCRIPTOR	NIVEL DE PRIORIZACIÓN
4	Inadmisible	I
3	Inaceptable	II
2	Tolerable	III
1	Aceptable	IV

ANEXO N°14: Detalles del contacto entre la roca andesita de la formación Tacaza y dacitas de la formación Barroso encontradas en la margen izquierda del río Molloco



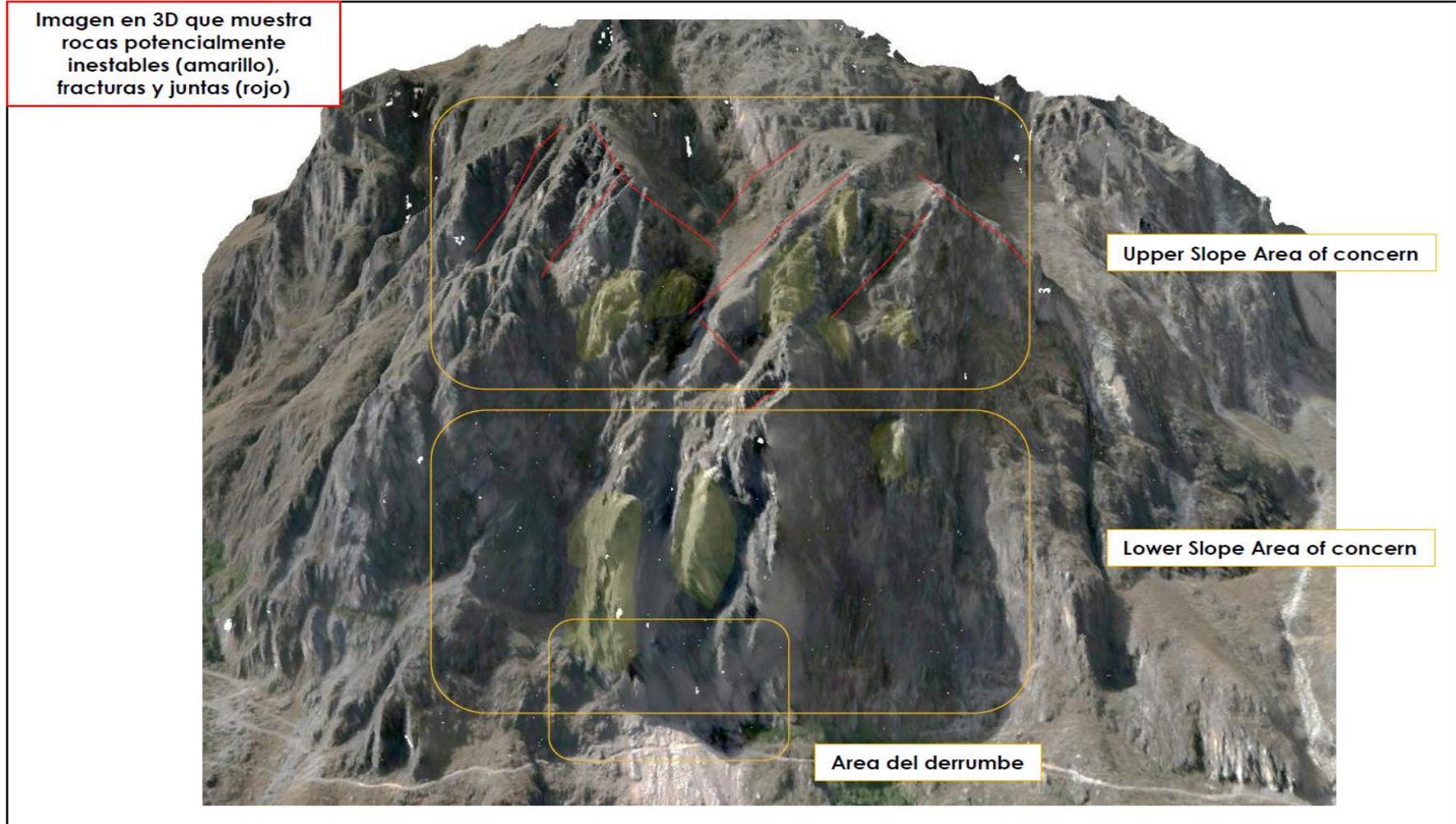
Fuente: elaboración propia

ANEXO N°15: Grieta de tensión 0+500



Fuente: STANTEC PERÚ S.A.

ANEXO N°16: Grieta de tensión 0+500



Fuente: STANTEC PERÚ S.A.

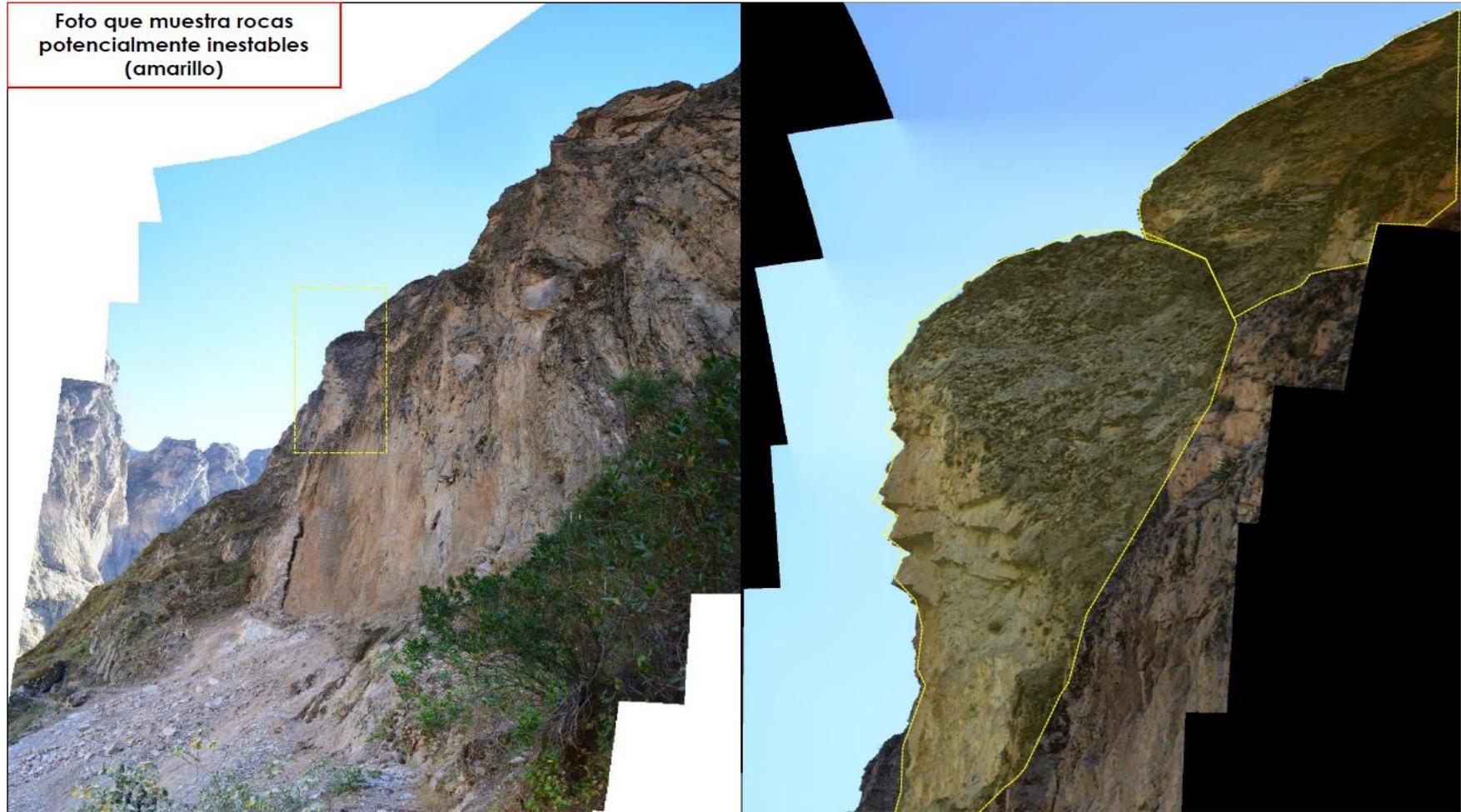
ANEXO N°17: Grieta de tensión 0+500

Foto que muestra una larga
fractura abierta con bloque
inestable



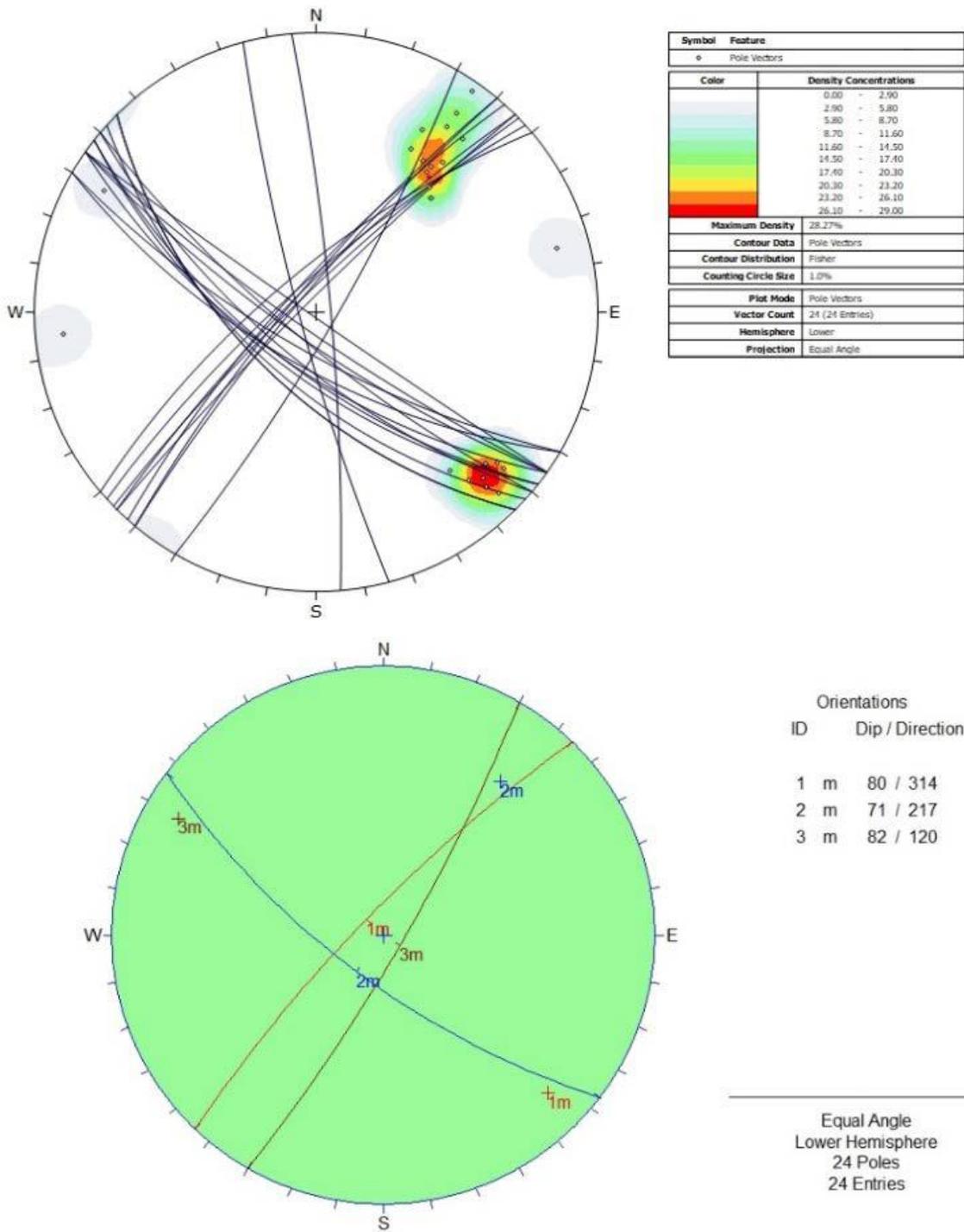
Fuente: elaboración propia

ANEXO N°18: Grieta de tensión 0+500



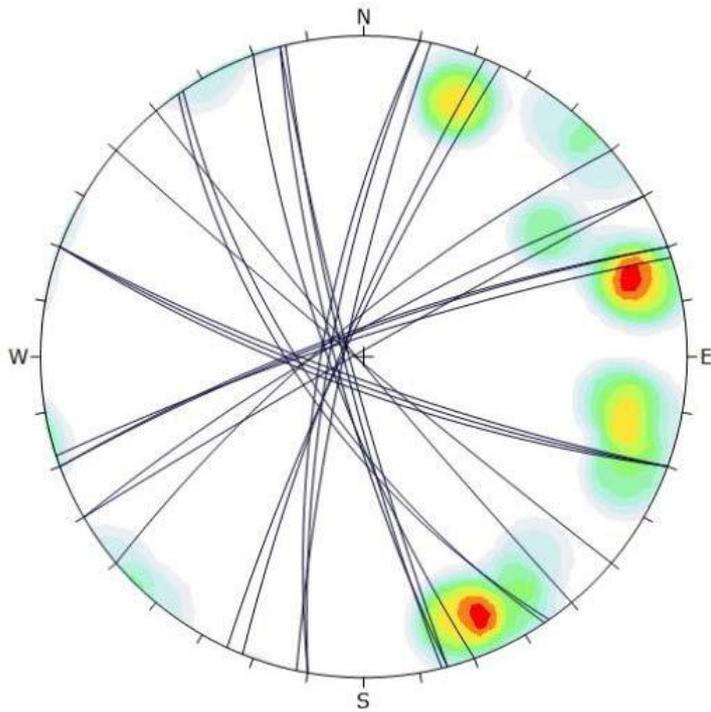
Fuente: elaboración propia

ANEXO N°19: Proyección estereográfica de las estructuras de las Andesitas



Fuente: elaboración propia

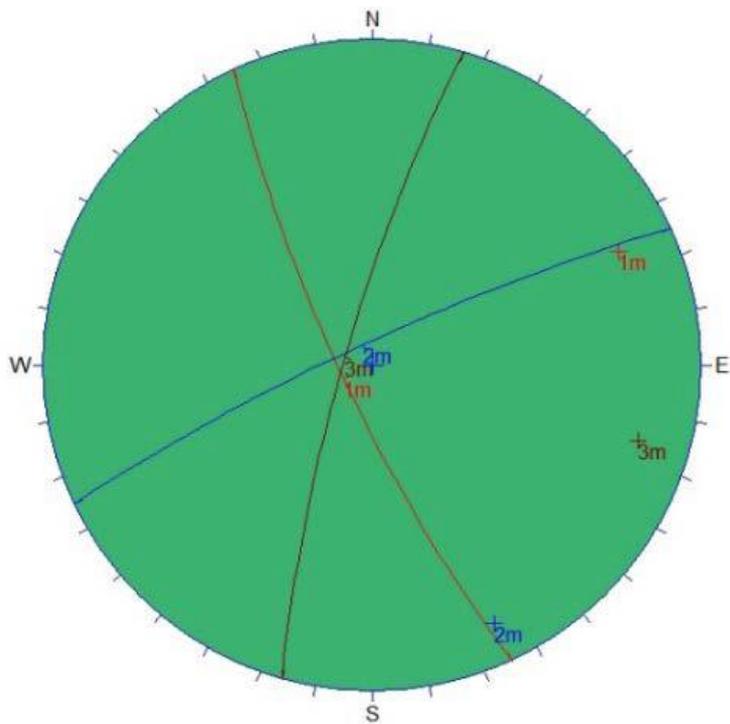
ANEXO N°20: Proyección estereográfica de las estructuras de las dacitas



Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.80
	1.80 - 3.60
	3.60 - 5.40
	5.40 - 7.20
	7.20 - 9.00
	9.00 - 10.80
	10.80 - 12.60
	12.60 - 14.40
	14.40 - 16.20
	16.20 - 18.00

Maximum Density	17.81%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	22 (22 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle



Orientations	
ID	Dip / Direction
1 m	79 / 245
2 m	82 / 335
3 m	80 / 286

Equal Angle
Lower Hemisphere
22 Poles
22 Entries

Fuente: elaboración propia



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CASTRO ZAVALA LILIANA, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA DE MINAS de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "Evaluación de riesgos para el diseño de estabilidad de taludes de la progresiva 0 + 500, tramo 2, proyecto Huaruro, Arequipa", cuyos autores son ORUNA QUEZADA JUAN ORLANDO, LAVADO ABANTO JOE LOUIS, constato que la investigación cumple con el índice de similitud de 27.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

CHICLAYO, 01 de Junio del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CASTRO ZAVALA LILIANA DNI: 43803365 ORCID 0000-0002-1973-4245	Firmado digitalmente por: CCASTROZAV el 01-06- 2022 17:31:50

Código documento Trilce: TRI - 0304551