

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS

**EVALUACION DE RIESGOS POR PROCESOS DE GEODINAMICA
EXTERNA EN EL BALNEARIO DE COCALMAYO, DISTRITO DE SANTA
TERESA, PROVINCIA LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DE CUSCO**

PRESENTADO POR:

BR. ELI YORDY CAJAMARCA VIVANCO

**PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO GEÓLOGO**

ASESOR:

DR. JOSEFINA ESCALANTE GUTIÉRREZ

CUSCO – PERÚ

2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: Evaluación de Riesgos por Procesos de Geodinámica Externa en el Balneario de Cocalmayo, Distrito de Santa Teresa, Provincia La Convención, Departamento de Cusco

Presentado por: Eli Yordy Cajamarca Vivanco DNI N° 71561929

presentado por: DNI N°:

Para optar el título profesional/grado académico de Ingeniero Geologo

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 10 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** las primeras páginas del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 22 de abril de 2025

Escalante

Firma

Post firma Josefina Escalante Gutierrez

Nro. de DNI 23809533

ORCID del Asesor N°0000-0001-9359-0481

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:451491017

Eli Yordy Cajamarca

Evaluación de Riesgos por Procesos de Geodinámica Externa en el Balneario

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:451491017

Fecha de entrega

22 abr 2025, 12:07 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

22 abr 2025, 12:21 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

Tesis Cajamarca, Eli Yordy(1).pdf

Tamaño de archivo

17.5 MB

201 Páginas

31.769 Palabras

180.386 Caracteres

10% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Small Matches (less than 25 words)
- Internet sources
- Crossref database
- Crossref posted content database

Exclusions

- 12 Excluded Matches

Top Sources

- 0%  Internet sources
- 0%  Publications
- 10%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

1 Integrity Flag for Review

-  **Hidden Text**
49 suspect characters on 1 page
Text is altered to blend into the white background of the document.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

DEDICADO

Este presente trabajo va dedicado primeramente a mis padres Wilgen Cajamarca Vivanco, Norma Vivanco Salas y a mi hermana Kelly Mellisa Cajamarca Vivanco, por brindarme siempre todo su apoyo necesario, motivación y orientación para seguir adelante y lograr muchas cosas.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer mis más profundos y sinceros agradecimientos:

A Dios por todo lo que hizo por mí, por brindarme una hermosa y gran familia, por haberme dado fortaleza, perseverancia y paciencia.

A mis padres y a mi hermana que siempre han estado ahí apoyándome, motivándome y depositando una confianza en mí.

A los docentes y amigos que me han estado acompañando y apoyándome durante toda mi formación.

Resumen

El presente trabajo se realizó la evaluación del Nivel de Riesgo, para el sector del Balneario de Cocalmayo -Santa Teresa, usando la metodología propuesta por CENEPRED, para determinar el nivel de riesgo geológico, por procesos de geodinámica externa en el Balneario de Cocalmayo, para ello, se determinó y analizó el nivel de peligro y su nivel vulnerabilidad.

La zona de estudio está conformada por depósitos coluviales (Qco), depósitos aluviales (Qal) y depósitos fluvioaluviales (Qfl-al) que supra yacen al macizo rocoso de origen metamórfico, según el INGEMMET corresponde al complejo metamórfico Ollantaytambo (CAOi-o) conformado por rocas tipo esquistos, filitas y pizarras; el macizo rocoso presenta grado de fracturación de moderada a alta, y está moderadamente meteorizado.

Durante la evaluación del riesgo, se estimaron 3 diferentes peligros (caída de rocas, flujo de detritos y deslizamiento), los cuales vienen incidiendo en el Balneario de Cocalmayo, los peligros estudiados son: caída de rocas, flujo de detritos y deslizamiento, en estos 3 peligros se realizaron sus respectivos estudios, presentando en algunas áreas niveles de peligros bajo, medio, alto y muy alto. En el análisis de la vulnerabilidad se obtuvo información de las viviendas y de la municipalidad de Santa Teresa.

Los resultados del nivel de riesgo en cada uno de los 3 peligros, presentaron niveles de riesgo entre los rangos de nivel medio a nivel muy alto, para cada uno de los 3 tipos de peligros identificados en la zona de estudio, se realizaron sus respectivos caracterizaciones, mediante los modelamientos se puede observar cómo cada uno de los peligros va incidiendo en la zona de estudio; posteriormente se propuso un control de riego con la finalidad de prevenir o mitigar los peligros presentes en la zona de estudio.

Palabras clave: Riesgos – Geomecánica externa – Balneario de Cocalmayo

Abstract

This study assessed the Risk Level for the Cocalmayo-Santa Teresa Spa area using the methodology proposed by CENEPRED. This assessment was carried out to determine the geological risk level due to external geodynamic processes in the Cocalmayo Spa. To this end, the hazard level and vulnerability level were determined and analyzed.

The study area is made up of colluvial deposits (Qco), alluvial deposits (Qal), and fluvial-alluvial deposits (Qfl-al) that lie above the metamorphic rock mass. According to INGEMMET, it corresponds to the Ollantaytambo metamorphic complex (CAOi-o), made up of schist, phyllites, and slate-type rocks. The rock mass presents a moderate to high degree of fracturing and is moderately weathered.

During the risk assessment, three different hazards (rockfall, debris flow, and landslide) were estimated, which have been impacting the Cocalmayo Resort. The hazards studied are: rockfall, debris flow, and landslide. These three hazards were analyzed in their respective studies, revealing low, medium, high, and very high hazard levels in some areas. In the vulnerability analysis, information was obtained from households and the municipality of Santa Teresa.

The results of the risk level for each of the three hazards showed risk levels ranging from medium to very high. For each of the three types of hazards identified in the study area, their respective characterizations were performed. Through the modeling, it is possible to observe how each of the hazards impacts the study area. Irrigation control was subsequently proposed to prevent or mitigate the hazards present in the study area.

Keywords: Risks – External geomechanics – Cocalmayo Spa.

ÍNDICE

Capítulo I: Aspectos Generales	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Descripción del Problema	2
1.3. Formulación del Problema	3
1.3.1. Formulación del Problema General.....	3
1.3.2. Formulación de los Problemas Específicas.....	3
1.4. Objetivos	3
1.4.1. Objetivo General	3
1.4.2. Objetivos Específicos	3
1.5. Hipótesis.....	4
1.5.1. Hipótesis General	4
1.5.2. Hipótesis Específicas	4
1.6. Justificación de la Investigación.....	5
1.6.1. Justificación de Tesis.....	5
1.6.2. Justificación Teórica.....	5
1.6.3. Justificación Práctica	5
1.6.4. Justificación Metodológica	6
1.6.5. Justificación Social.....	6
1.7. Antecedentes.....	6
1.8. Marco Teórico	7
1.8.1. Marco Referencial	7

1.8.2.	Marco Conceptual	10
1.8.3.	Marco Normativo	27
1.9.	Descripción de la Zona de Estudio	29
1.9.1.	Ubicación	29
1.10.	Accesibilidad	31
1.11.	Población.....	32
1.11.1.	Balneario de Cocalmayo	32
1.12.	Clima y Vegetación	34
1.12.1.	Clima.....	34
1.12.2.	Vegetación	35
1.13.	Metodología.....	35
1.13.1.	Tipo de investigación.....	35
1.13.2.	Procedimiento.....	35
1.14.	Variables	37
1.15.	Instrumentos Utilizados	38
Capítulo II: Características hidrológicas y geológicas		40
2.1.	Hidrología.....	40
2.1.1.	Análisis de datos dudosos	40
2.1.2.	Análisis Estadístico de distribución de mejor ajuste	43
2.1.3.	Determinación de Intensidad de Diseño	47
2.2.	Aspectos Geomorfológicos	49

2.2.1.	Pendientes de terreno.....	50
2.2.2.	Unidades Geomorfológicas.....	53
2.3.	Aspectos Geológicos.....	58
2.3.1.	Unidades Litológicas	60
2.4.	Geodinámica.....	67
2.4.1.	Geodinámica Interna.....	67
2.4.2.	Geodinámica Externa.....	71
Capítulo III: Evaluación y Caracterización del Nivel de Riesgo		84
3.1.	Generalidades	84
3.2.	Metodología.....	85
3.2.1.	Método de procesos de análisis jerárquico (AHP)	86
3.3.	Peligrosidad (P)	88
3.3.1.	Caracterización de los parámetros de susceptibilidad	88
3.3.2.	Caracterización del parámetro de evaluación	95
3.3.3.	Nivel de peligrosidad.....	102
3.3.4.	Estratificación del nivel de peligrosidad.....	112
3.3.5.	Mapa del nivel de peligrosidad	115
3.3.6.	Análisis de elementos expuestos en zonas susceptibles	118
3.4.	Vulnerabilidad (V).....	119
3.4.1.	Generación de información Catastral	119
3.4.2.	Recolección de información para generar la matriz de Vulnerabilidad	121

3.4.3.	Nivel de Vulnerabilidad.....	134
3.4.4.	Estratificación del nivel de vulnerabilidad	139
3.4.5.	Mapa de Vulnerabilidad.....	140
3.5.	Evaluación del Nivel de Riesgo (R)	141
3.5.1.	Nivel de Riesgo por caída de rocas.	141
3.5.2.	Nivel de Riesgo por flujo de detritos.....	143
3.5.3.	Nivel de Riesgo por deslizamientos.	145
Capítulo IV: Estudio Geotécnico.....		147
4.1.	Análisis Geotécnico	147
4.1.1.	Monitoreo Topográfico.....	147
4.1.2.	Muros de contención	149
4.1.3.	Estaciones geomecánicas	151
4.1.4.	Calicata	154
4.1.5.	Modelamiento	156
Capítulo V: CONTROL DE RIESGO		168
CONCLUSIONES.....		173
RECOMENDACIONES		176
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....		177
ANEXOS		179

Índice de Tablas

Tabla 1_Tipos de movimientos de masa. Fuente: Región Andina: Guía para la Evaluación de Amenazas (2007).....	16
Tabla 2_ Prevención y mitigación de los riesgos geológicos. Fuente: Gonzalez de Vallejo et al., 2002	26
Tabla 3 Ubicación geográfica de la zona de estudio.	29
Tabla 4 Accesibilidad a la zona de estudio	31
Tabla 5: Variable Riesgo.....	37
Tabla 6: Variable Geodinámica Externa.....	37
Tabla 7: Variable Balneario	38
Tabla 8_PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS EN 24 HORAS (mm).....	41
Tabla 9_Parámetros estadísticos del registro de las precipitaciones máximas	42
Tabla 10_ANÁLISIS DE PROBABILIDAD PARA LA DISTRIBUCIÓN NORMAL ...	44
Tabla 11_ANÁLISIS DE PROBABILIDAD PARA LA DISTRIBUCIÓN LOG-NORMAL.....	45
Tabla 12_Calculo de las precipitaciones diarias Máximas probables para distintas frecuencias	46
Tabla 13_PRECIPITACION MAXIMA (mm) del Modelo de Frederich Bell.....	47
Tabla 14_ESTACION MACHU PICCHU INTENSIDAD MAXIMA (mm/hrs)	47
Tabla 15_Descripción de la formación de Ollantaytambo, Fuente propia	61
Tabla 16_descripción del depósito aluvial. Fuente: propia.....	61
Tabla 17_descripción del depósito fluvio-aluvial. Fuente: propia.	62
Tabla 18_descripción del depósito coluvial. Fuente: propia.....	64

Tabla 19_descripción del depósito de material external. Fuente: propia.	65
Tabla 20_Escalas de medida de SAATY (Satty, 1980).....	87
Tabla 21_Descriptores de las Unidades Litológicas. Fuente Propia	89
Tabla 22_Descriptores de pendientes. Fuente Propia.....	89
Tabla 23_Descriptores de su geomorfología. Fuente Propia	90
Tabla 24_Nomenclatura precipitaciones máximas, para caída de rocas. Fuente propia	90
Tabla 25_Nomenclatura de geomorfología para flujo de detritos. Fuente propia.....	91
Tabla 26_Nomenclatura de unidades litológicas para flujo de detritos. Fuente propia.....	92
Tabla 27_Nomenclatura de pendiente para flujo de detritos. Fuente propia	92
Tabla 28_Nomenclatura precipitaciones máximas, para flujo de detritos. Fuente Propia.	93
Tabla 29_Nomenclatura de pendientes para deslizamiento. Fuente propia.....	93
Tabla 30_Nomenclatura de Geomorfología para deslizamientos. Fuente propia	94
Tabla 31_Nomenclatura de Unidades Litológicas para deslizamientos. Fuente propia	94
Tabla 32_Nomenclatura de precipitaciones máximas para deslizamientos. Fuente propia	95
Tabla 33_Matriz de comparación de pares, para los descriptores de los parámetros de evaluación. Fuente propia.....	96
Tabla 34_Matriz de normalización de pares, para los descriptores de los parámetros de evaluación. Fuente propia.....	96
Tabla 35_Matriz de Relación de Consistencia de pares, para los descriptores de los parámetros de evaluación. Fuente propia.	96
Tabla 36_Relación de consistencia. Fuente propia.	97
Tabla 37_Parámetros de periodos de retorno, con sus respectivos pesos ponderados. Fuente propia.....	97

Tabla 38_Parámetros de la calidad del macizo rocoso, con sus respectivos pesos ponderados. Fuente propia.....	97
Tabla 39_Parámetros de distancia de alcance, con sus respectivos pesos ponderados. Fuente propia.	98
Tabla 40_Valor del parámetro de evaluación de caída de rocas. Fuente propia.	98
Tabla 41_Peso del parámetro de evaluación para flujo de detritos. Fuente propia.....	98
Tabla 42_Parámetros de periodos de retorno, con sus respectivos pesos ponderados. Fuente propia.....	99
Tabla 43_Valor del parámetro de evaluación de flujo de detritos (Por criterio se considera el mayor peso del parámetro de evaluación). Fuente propia.	99
Tabla 44_Matriz de comparación de pares, para los descriptores de los parámetros de evaluación. Fuente propia.....	100
Tabla 45_Matriz de normalización de pares, para los descriptores de los parámetros de evaluación. Fuente propia.....	100
Tabla 46_Matriz de Relación de Consistencia de pares, para los descriptores de los parámetros de evaluación. Fuente propia.	100
Tabla 47_Relación de consistencia. Fuente propia.	101
Tabla 48_Parámetros de periodos de retorno, con sus respectivos pesos ponderados. Fuente propia.....	101
Tabla 49_Parámetros de volumen, con sus respectivos pesos ponderados del deslizamiento. Fuente propia.	101
Tabla 50_Parámetros de velocidad, con sus respectivos pesos ponderados. Fuente propia.	102

Tabla 51_Valor del parámetro de evaluación del deslizamiento. Fuente propia.	102
Tabla 52_Parámetros de su geología, con sus respectivos pesos ponderados. Fuente propia.	102
Tabla 53_Parámetros de su pendiente, con sus respectivos pesos ponderados. Fuente propia.....	103
Tabla 54_Parámetros de su geomorfología, con sus respectivos pesos ponderados. Fuente propia.....	103
Tabla 55_Pesos de los factores y de sus respectivos parámetros de caída de rocas. Fuente propia.....	103
Tabla 56_Valor condicionante y valor desencadenante de caída de rocas. Fuente propia.	104
Tabla 57_Valor de la susceptibilidad de caída de rocas. Fuente propia.	104
Tabla 58_Valor del nivel de Peligrosidad de caída de rocas. Fuente propia	105
Tabla 59_Nivel de peligrosidad por caída de rocas. Fuente propia.....	105
Tabla 60_Parámetros de su pendiente, con sus respectivos pesos ponderados. Fuente propia.....	106
Tabla 61_Parámetros de su geomorfología, con sus respectivos pesos ponderados. Fuente propia.....	106
Tabla 62_Parámetros de su geología, con sus respectivos pesos ponderados. Fuente propia	106
Tabla 63_Pesos de los factores y de sus respectivos parámetros de flujo de detritos. Fuente propia.....	107

Tabla 64_Valor condicionante y valor desencadenante de flujo de detritos. Fuente propia.	107
Tabla 65_Valor de la susceptibilidad de flujo de detritos. Fuente propia.	108
Tabla 66_Valor del nivel de Peligrosidad por flujo de detritos. Fuente propia	108
Tabla 67_Nivel de peligrosidad por flujo de detritos. Fuente propia.	108
Tabla 68_Parámetros de su pendiente, con sus respectivos pesos ponderados. Fuente propia.....	109
Tabla 69_Parámetros de su geomorfología, con sus respectivos pesos ponderados. Fuente propia.....	109
Tabla 70_Parámetros de su geología, con sus respectivos pesos ponderados. Fuente propia	110
Tabla 71_Pesos de los factores y de sus respectivos parámetros de deslizamiento. Fuente propia.....	110
Tabla 72_Valor condicionante y valor desencadenante de deslizamiento. Fuente propia.	111
Tabla 73_Valor de la susceptibilidad de deslizamiento. Fuente propia.	111
Tabla 74_Valor del nivel de Peligrosidad de deslizamiento. Fuente propia.....	111
Tabla 75_Matriz del peligro para caída de rocas. fuente propia.	112
Tabla 76_Matriz del peligro para flujo de detritos. Fuente propia.....	113
Tabla 77_Elementos expuestos visualizados en el área de influencia. Fuente: Propia.	118
Tabla 78_Cantidad de visitantes extranjeros, nacionales y residentes en el año 2023. Fuente: Municipalidad distrital de Santa Teresa.....	122
Tabla 79_Matriz de comparación de pares de los factores de la dimensión social. Fuente: Propia.	124

Tabla 80_Matriz de normalización de pares de los factores de la Dimensión Social. Fuente: propia.....	124
Tabla 81_Vector priorización. Fuente: propia.	125
Tabla 82_Índice de consistencia. Fuente: propia.	125
Tabla 83_Matriz de Normalización de pares del parámetro Número de Personas a nivel de lote. Fuente: propia.	125
Tabla 84_Matriz de Normalización de pares del parámetro Grupo étnico. Fuente propia.	126
Tabla 85_Matriz de Normalización de pares del parámetro Tipo de Discapacidad. Fuente: propia.....	126
Tabla 86_Matriz de Normalización de pares del parámetro Conocimiento sobre ocurrencia pasada de desastres en su localidad. Fuente: propia.	127
Tabla 87_Matriz de Normalización de pares del parámetro Capacitación en temas de Gestión de riesgos por parte de sus autoridades. Fuente: propia.....	127
Tabla 88_Matriz de Normalización de pares del parámetro Interés de prestigiar en campañas de prevención de riesgo. Fuente: propia.....	128
Tabla 89_Matriz de normalización de pares de los factores de la Dimensión Económica. Fuente: propia.	128
Tabla 90_Matriz de Normalización de pares del parámetro Cercanía de la vivienda a la zona de peligro. Fuente: propia.....	129
Tabla 91_Matriz de Normalización de pares del parámetro Material predominante - pared. Fuente: propia.	129

Tabla 92_Matriz de Normalización de pares del parámetro Material predominante - techo.	
Fuente: propia.	130
Tabla 93_Matriz de Normalización de pares del parámetro Estado de conservación de la vivienda. Fuente: propia.	130
Tabla 94_Matriz de Normalización de pares del parámetro Ingreso familiar promedio mensual. Fuente: propia.	131
Tabla 95_Matriz de Normalización de pares del parámetro Organización comunitaria. Fuente: propia.	131
Tabla 96_Matriz de normalización de pares de los factores de la Dimensión Ambiental. Fuente: propia.	132
Tabla 97_Matriz de Normalización de pares del parámetro Ubicación de botadero de basura. Fuente: propia.	132
Tabla 98_Matriz de Normalización de pares del parámetro Manejo y disposición de residuos sólidos. Fuente: propia.....	133
Tabla 99_Matriz de Normalización de pares del parámetro conocimiento del reciclaje. Fuente: propia.	134
Tabla 100_ Pesos de sus respectivos dimensiones y factores. Fuente propia.	135
Tabla 101_Dimensión social. Fuente propia.....	136
Tabla 102_Dimensión económica. Fuente propia.	137
Tabla 103_Dimensión ambiental. Fuente propia.....	137
Tabla 104_Valor de la vulnerabilidad. Fuente propia.	138
Tabla 105_Niveles de vulnerabilidad. Fuente propia.	138
Tabla 106_Matriz de riesgo para caída de rocas. Fuente propia.	141

Tabla 107_Niveles de riesgo para caída de rocas. Fuente propia.....	141
Tabla 108_Matriz de riesgo para flujo de detritoss. Fuente propia.	143
Tabla 109_Niveles de riesgo para flujo de detritoss. Fuente propia.	143
Tabla 110_Matriz de riesgo por deslizamientos. Fuente propia.	145
Tabla 111_Niveles de riesgo por deslizamientos. Fuente propia.....	145
Tabla 112_Mapa de riesgos para deslizamiento. Fuente propia.	146
Tabla 114_Datos de la muestra y su curva granulométrica. Fuente propia.	Ilustración
26_Procedimiento para estimar la resistencia a compresión de las paredes de las discontinuidades de los macizos rocosos. Fuente Modificado de González de Vallejo et al. 2002).....	152
Tabla 114_Primer estación geomecánica, ubicado en la parte superior del talud (zona de desprendimiento). Fuente propia.	153
Tabla 115_Segunda estación geomecánica, se encuentra a 300m de distancia de la zona de estudio. Fuente propia.	153
Tabla 117_Datos de la muestra y su curva granulométrica. Fuente propia.	155
FIGURA 11_El primer modelamiento, presenta un Factor de seguridad $0.96 < 1.50$, lo cual indica que es una estabilidad de talud, NO ACEPTABLE. Fuente propia.	
Tabla 118_Datos de la muestra y su curva granulométrica. Fuente propia.	155
Tabla 119_Intensidades máximas por hora.....	160
Tabla 120_Coeficiente de escorrentía según BENITEZ et al. (1980).....	161
Tabla 120_Caudal.....	162

Índice de Ilustración

Ilustración 1_Movimientos de masa. Fuente: Yesano (2014).....	15
Ilustración 2_Eschema de un deslizamiento rotacional y partes del mismo (modificado de Varnés, 1988).....	18
Ilustración 3_Eschema de circulación del agua en una ladera. Fuente: Gonzalez de Vallejo et al., 2002	19
Ilustración 4_Erosión del suelo por efecto de las lluvias. Fuente: Gonzalez de Vallejo et al., 2002	20
Ilustración 5_Efectos del impacto y salpicadura de un salto en la cabecera de un barranco: 1) perfil original, 2) porción a desplomarse, 3) línea de ruptura y 4) socavadura. Fuente: Adaptado por SNL-CENEPRED de: Campos y Peraza (1994)	21
Ilustración 6_Tipos de erosión hídrica. Fuente: Fuente: Alcañiz (2008)	22
Ilustración 7_Procesos de erosión por salpicadura y laminar. Fuente: Alcañiz (2008).....	22
Ilustración 8_Transporte de material desde la parte alta de la cuenca debido a las lluvias. Fuente: Alcañiz (2008).....	23
Ilustración 9_Procesos erosivos. Adaptado por SNL-CENEPRED de: Chávez, M. A. (2014)	24
Ilustración 10_Sismo originado por una falla geológica. Fuente: Gonzalez de Vallejo et al., 2002.....	25
Ilustración 11: Mapa de dominios geológicos o geotectónicos y la ubicación del área de estudio.	49
Ilustración 12_Mapa del cuadrángulo 27q, elaborado por Carlotto, V. et al. editado por INGEMMET en 1998.....	58

Ilustración 13_Actualización del mapa del cuadrángulo 27q, elaborado por Agapito Sánchez F. y Alberto Zapata M. editado por INGEMMET en 2002.....	59
Ilustración 14: Ubicación de la zona de estudio en el Mapa Estructural del dominio Central “Geología de los cuadrángulos de Quillabamba (26-q) y Machupicchu (27-q)” INGEMMET 1999.	68
Ilustración 15: Mapa de sismos ocurridos desde el año 1900, con magnitudes desde los 5.5° de magnitud, abarcando profundidades de hasta 700km (hipocentro). Fuente USGS	69
Ilustración 16: Zona sísmica del Perú con su respectiva indicación de la zona de estudio. Fuente (Norma Técnica E-030)	70
Ilustración 17_ Imagen satelital de la fecha del 09/2003.....	72
Ilustración 18_ Imagen satelital de la fecha del 07/2007.....	73
Ilustración 19Imagen satelital de la fecha del 06/2014.....	74
Ilustración 20_ Imagen satelital de la fecha del 08/2016.....	74
Ilustración 21_ Imagen satelital de la fecha del 07/2020.....	75
Ilustración 22_Representación de la Actividad geodinámico en imagen satelital del Google Earth.	75
Ilustración 23_Morfología del deslizamiento	80
Ilustración 24_Propuestas para prevenir o mitigar el peligro. Fuente propiaFoto 30_Puntos observados para el monitoreo topográfico	149
Ilustración 25_Procedimiento para estimar la resistencia a compresión de las paredes de las discontinuidades de los macizos rocosos. Fuente Modificado de González de Vallejo et al. 2002).	152

Tabla 114_Datos de la muestra y su curva granulométrica. Fuente propia.	Ilustración
26_Procedimiento para estimar la resistencia a compresión de las paredes de las discontinuidades de los macizos rocosos. Fuente Modificado de González de Vallejo et al. 2002).	152
Ilustración 27_Erosión del suelo por efecto de las lluvias. Fuente: Gonzalez de Vallejo et al., 2002	FIGURA 19
El primer modelamiento, presenta un Factor de seguridad $0.96 < 1.50$, lo cual indica que es una estabilidad de talud, NO ACEPTABLE. Fuente propia.	165
Ilustración 28_Propuestas para prevenir o mitigar el peligro. Fuente propia	168
Ilustración 29_Detalles para la instalación de un dren californiano. Fuente propia.	Ilustración 30
Propuestas para prevenir o mitigar el peligro. Fuente propia.	168
Ilustración 31_Detalles para la instalación de un dren californiano. Fuente propia.	169
Ilustración 32_Detalles de geomanto. Fuente propia.	Ilustración 33
Detalles para la instalación de un dren californiano. Fuente propia.	169
Ilustración 34_Detalles de geomanto. Fuente propia.	170
Ilustración 35_Detalles de geomanto. Fuente propia.	170

Índice de Mapas

Mapa 1_Mapa de ubicación. Fuente: propia.	30
Mapa 2__Mapa de accesibilidad. Fuente: Propio.....	32
Mapa 3_Mapa topográfico. Fuente: propia.....	51
Mapa 4_Mapa de pendientes. Fuente: Propia.	52
Mapa 5_Mapa geomorfológico. Fuente: propio.....	57
Mapa 6_Mapa geológico. Fuente: propia.	66
Mapa 7_Mapa de peligros caída de rocas. Fuente propia.	115
Mapa 8_Mapa de peligros flujo de detritos. Fuente: propia.	116
Mapa 9_Mapa de peligros deslizamiento. Fuente: propia.	117
Mapa 10_Mapa catastral. Fuente propia.	120
Mapa 11_Mapa de vulnerabilidad. Fuente propia.....	140
Mapa 12_Mapa del nivel de riesgo para caída de rocas. Fuente propia.	142
Mapa 13_Mapa del nivel de riesgo para flujo de detritos. Fuente propia.....	144
Mapa 14_Mapa flujo de detritos _ profundidad del flujo. Fuente propia.....	163
Mapa 15_Mapa flujo de detritos _ Velocidades máximas. Fuente propia.....	164

Índice de Figuras

FIGURA 1_Determinación del Nivel de Riesgo.....	85
FIGURA 2_Determinación del Nivel de Peligro	85
FIGURA 3_Determinación del Nivel de Vulnerabilidad.	86
FIGURA 4_Desplazamiento Vertical. Fuente propia.....	147
FIGURA 5_Desplazamiento Vertical. Fuente propia.....	147
FIGURA 6_Desplazamiento Total. Fuente propia.....	147
FIGURA 7_Desplazamiento Vertical. Fuente propiaFIGURA 8_Desplazamiento Total. Fuente propia	147
FIGURA 9_El segundo modelamiento, presenta un Factor de seguridad $0.99 < 1.50$, lo cual indica que es una estabilidad de talud, NO ACEPTABLE. Fuente propia.Foto 32_Caída de rocas y evidencia de poca vegetación	150
FIGURA 10_Desplazamiento Total. Fuente propiaFoto 34_Muro de contención, y material retenido.	150
FIGURA 11_El primer modelamiento, presenta un Factor de seguridad $0.96 < 1.50$, lo cual indica que es una estabilidad de talud, NO ACEPTABLE. Fuente propia.Tabla 118_Datos de la muestra y su curva granulométrica. Fuente propia.	155
FIGURA 12_Modelamiento de caída de rocas (RocFall 4.0). Presenta caídas en 3 lugares. Fuente propia.	156
FIGURA 13_Velocidad de traslación (RocFall 4.0). Fuente propia.	157
FIGURA 14_Caída de roca N° 01. Fuente propia.....	158
FIGURA 15_Caída de roca N° 02. Fuente propia.....	158
FIGURA 16_Caída de roca N° 03. Fuente propia.....	159

FIGURA 17_Hietograma de la tormenta.	161
FIGURA 18_El primer modelamiento, presenta un Factor de seguridad $0.96 < 1.50$, lo cual indica que es una estabilidad de talud, NO ACEPTABLE. Fuente propia.	165
Ilustración 27_Erosión del suelo por efecto de las lluvias. Fuente: Gonzalez de Vallejo et al., 2002	
FIGURA 19_El primer modelamiento, presenta un Factor de seguridad $0.96 < 1.50$, lo cual indica que es una estabilidad de talud, NO ACEPTABLE. Fuente propia.	165
FIGURA 20_El tercer modelamiento es un análisis pseudoestático, presenta un Factor de seguridad $0.81 < 1.00$, lo cual indica que es una estabilidad de talud, NO ACEPTABLE. Fuente propia.	166
FIGURA 21_El segundo modelamiento, presenta un Factor de seguridad $0.99 < 1.50$, lo cual indica que es una estabilidad de talud, NO ACEPTABLE. Fuente propia.	166
FIGURA 22_El segundo modelamiento, presenta un Factor de seguridad $0.99 < 1.50$, lo cual indica que es una estabilidad de talud, NO ACEPTABLE. Fuente propia.	166
FIGURA 23_El cuarto modelamiento es un análisis pseudoestático, presenta un Factor de seguridad $0.84 < 1.00$, lo cual indica que es una estabilidad de talud, NO ACEPTABLE. Fuente propia.	167

Capítulo I: Aspectos Generales

1.1. Introducción

El territorio peruano se encuentra ubicado geográficamente en una de las zonas que es considerado más inestables del mundo, en la cual se caracteriza por su geología, geomorfología, climatología, facilitando el desarrollo de movimientos de masa, donde vienen ocurriendo cada vez con más frecuencia.

Mediante este estudio se evaluará el nivel de Riesgos por procesos de geodinámica externa que se presenta en el Balneario de Cocalmayo, para ello se determinará el nivel de peligro y su nivel de vulnerabilidad, aplicando la metodología del CENEPRED; posteriormente se propondrá medidas de control de riesgo, con la finalidad de mitigar o prevenir el peligro.

El Balneario de Cocalmayo, son baños termo medicinales donde es visitado constantemente por muchas personas, habitantes de la zona, visitantes nacionales e internaciones; es un hermoso lugar para pasarlo conjuntamente en familia, pero, así como es un hermoso lugar, también está expuesto a una variedad de peligros, donde en cualquier momento puede ocurrir un desastre.

Los deslizamientos son uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los humanos, causando miles de muertes y daño en las propiedades por valor de decenas de billones de dólares al año (Brabb-1989); sin embargo, muy pocas personas son conscientes de su importancia. El 90% de las pérdidas por deslizamientos son evitables si el problema se identifica con anterioridad y se toman medidas de prevención y control (Jaime S. Díaz, 1998).

1.2. Descripción del Problema

El Balneario de Cocalmayo se encuentra afectado por zonas de movimientos de masa, durante todos estos años pasados y actualmente siguen presentando caídas, deslizamientos y flujos de detritos; donde muchas personas vienen constantemente transitando y visitando el Balneario de Cocalmayo, los cuales son habitantes del lugar, visitantes nacionales e internacionales, todos ellos se encuentran expuestos a un desastre en donde puede ocurrir en cualquier momento.

El presente trabajo de investigación es realizado con la finalidad, de determina los procesos de geodinámica externa que vienen afectando al Balneario de Cocalmayo y su acceso, con el fin de establecer el conocimiento de las variables que están incidiendo, siguiendo una metodología clara para que así nos permita establecer una buena evaluación del nivel de Riesgo que se presenta en el área de estudio, posteriormente evaluar las mejores soluciones a la problemática existente.

La actividad de los movimientos geodinámicos externo, se registra cada año en temporadas de lluvia, donde todas las personas que se encuentran transitando terminan bloqueados y aislados en el mismo Balneario de Cocalmayo y su única vía de evacuación es por un camino de herradura con una pendiente muy fuerte, la cual no brinda una completa seguridad a todos los visitantes, para una evacuación ante un peligro; el 7 de marzo en el año 2022 se presentó un asentamiento (deslizamiento) afectando la carretera Santa María – Santa Teresa, y toda esa masa tiene como dirección al Balneario de Cocalmayo, todos estos acontecimientos genera un riesgo a todas las personas y al mismo Balneario de Cocalmayo.

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Formulación del Problema General

¿Cuál es el nivel de riesgo por procesos de geodinámica externa que está expuesto el Balneario de Cocalmayo?

1.3.2. Formulación de los Problemas Específicas

1. ¿Cuáles son las características geológicas, geomorfológicas y geodinámica de los peligros que presenta en el Balneario de Cocalmayo?
2. ¿Cuáles son los niveles de peligrosidad originado por procesos de geodinámica externa que se presenta en el Balneario de Cocalmayo?
3. ¿Cuáles son los niveles de vulnerabilidad originado por procesos de geodinámica externa que se presenta en el Balneario de Cocalmayo?
4. ¿Qué medidas estructurales y no estructurales se debe recurrir, para poder prevenir y/o mitigar el peligro?
5. ¿Cuáles es su aceptabilidad o tolerancia originado por procesos de geodinámica externa que se presenta en el Balneario de Cocalmayo?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Evaluar el nivel de Riesgo originado por procesos de geodinámica externa que se presenta en el Balneario de Cocalmayo, distrito de Santa Teresa, provincia la Convención, departamento de Cusco.

1.4.2. Objetivos Específicos

1. Caracterizar las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámica en el Balneario de Cocalmayo,

2. Evaluar los niveles de peligrosidad, originado por procesos de geodinámica externa que se presenta en el Balneario de Cocalmayo.
3. Evaluar los niveles de vulnerabilidad en el Balneario de Cocalmayo.
4. Proponer medidas estructurales y no estructurales para mitigar y/o prevenir el peligro.
5. Evaluar la aceptabilidad o tolerancia del riesgo.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

El Balneario de Cocalmayo presenta un alto nivel de riesgo por la inestabilidad del talud, en el macizo rocoso del cerro San Valentín por procesos de geodinámica externa. Teniendo un material suelto, con pendiente escarpado, en ciertas épocas del año presenta precipitación pluvial intensas y por la infiltración de aguas y al poder presentar una sobresaturación y erosión del material, aumentan la probabilidad de riesgo por movimiento de masa.

1.5.2. Hipótesis Específicas

1. Por las características geológicas, geomorfológicas y geodinámica, se puede originar los siguientes peligros: caída de rocas, flujo de detritos y deslizamiento que puedan llegar a afectar al Balneario de Cocalmayo.
2. Los procesos de movimiento geodinámico se encuentran en constante actividad, por lo cual, se podrá determinar un alto nivel de peligrosidad.
3. El Balneario de Cocalmayo es un lugar turístico, visitados por personas de la zona y visitantes nacionales e internacionales, y todas estas personas vienen siendo

expuestos al peligro que de un momento a otro pueda ocurrir un desastre mucho mayor de lo esperado.

4. Los programas e instrumentos de aplicación, nos brinda información para las alternativas de soluciones en los taludes inestables.
5. Se deben desarrollar actividades inmediatas y prioritarias para el manejo de riesgos.

1.6. Justificación de la Investigación

1.6.1. Justificación de Tesis

Tesis de Pregrado para optar el Título Profesional de Ingeniero Geólogo.

1.6.2. Justificación Teórica

Esta investigación se ha realizado con el propósito de aportar conocimiento sobre la situacionalidad que se encuentra el Balneario de Cocalmayo, usando la metodología de CENEPRED, para estimar sus niveles de riesgos, cuyos resultados pueden ser incorporados como conocimiento a las entidades, lo cual se estaría demostrando que el Balneario de Cocalmayo necesita ser atendido.

1.6.3. Justificación Práctica

Esta investigación se realiza porque existe la necesidad de concientizar sobre el nivel de peligro que se encuentran expuestos el Balneario de Cocalmayo y todas las personas que se encuentran transitando y visitando el lugar; este estudio puede constituir una de las bases para que el municipio u otra entidad, pueda hacer uso de esta información, lo cual puedan tomar las acciones correspondientes para prevenir y/o mitigar el peligro.

1.6.4. Justificación Metodológica

Elaboración y aplicación de la metodología propuesta en el “Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da Versión”, que fue presentada por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgos de Desastre (CENEPRED).

1.6.5. Justificación Social

El desarrollo del trabajo de investigación, beneficiará a todas las personas que constantemente vienen visitando a este hermoso Balneario de Cocalmayo, esta investigación proporcionará información sobre la situacionalidad y brindando seguridad.

1.7. Antecedentes

“Evaluación del Impacto ocasionado por el Aluvión del 23/02/2020 en el río Salkantay” (INGEMMET, 2020), en esta fecha se desencadenó un aluvión en el río Salkantay, afectando la inhabilitación de la vía de acceso a los baños Termales de Cocalmayo, como también afectando el talud inferior del deslizamiento.

“Zonas críticas por Peligros Geológicos en la Región Cusco” (Manuel Vilchez M. – INGEMMET, 2015), que nuestra zona de estudio presenta un derrumbe de gran magnitud, como también se genera flujo de detritos implicando así el bloqueo de paso vehicular.

“Consultoría para el diseño y proceso de consulta de un Mapa de Riesgos de Desembalses para Santa Teresa”, (Ing. René Pumayalli Saloma, 2014), menciona que por el grado de fractura miento intenso y por la por la influencia gravitacional, la hidrogeología, en la cual estas condiciones son ideales para la generación de derrumbe en la parte alta de la ladera.

“Estudio de Riesgos Geológicos del Perú – Franja N° 3”, (Dirección de Geología Ambiental - INGEMMET ,2003), menciona que presenta deslizamientos de laderas en los valles, así como también huaycos e inundaciones, afectando vías de comunicación, áreas

agrícolas y poblados. Derrumbe-Deslizamiento con escarpa de 150 m de alto x 60m de longitud, presentando asentamientos de suelos y bloques inestables hacia la carretera y con fracturas abiertas, teniendo una pendiente fuerte de 35-50°, precipitaciones pluviales intensas; en 1998 se produjo flujo de detritos (aluvión) que se generó por la saturación de depósitos morrénicos, destruyendo todo a su paso.

“Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa” (GEOCATMIN-INGEMMET, 2010), menciona que la zona de estudio se encuentra en zona de susceptibilidad con grado alto a movimientos de masa, la zona presenta deslizamientos, derrumbes, erosión fluvial, y flujos de detritos (huaico)

1.8. Marco Teórico

1.8.1. Marco Referencial

Autor 1: (CENEPRED, 2016),

Título 1: “Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales 2da Versión”,

Conclusiones y resultados 1: es un guía donde indica los pasos respectivos a emplearse para realizar la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales, utilizando la metodología de SAATY.

Autor 2: (Ricardo Alex Nuñez Romero & Iván Jonathan Sanchez Llacta, 2016),

Título 2: “Riesgo a Deslizamiento en Taludes del Sistema Vial Lampa – Pariahuanca, Huancayo”

Conclusiones y resultados 2: realiza cálculos de peligro, vulnerabilidad, estimación de riesgo y análisis de estabilidad de talud.

Autor 3: (CENEPRED/PER/2020),

Título 3: “Guía para la Evaluación de los efectos probables frente al impacto del Peligro Originado por Fenómenos Naturales”

Conclusiones y resultados 3: valoriza el riesgo, a través de los daños, las pérdidas y los costos de reconstrucción que ocasionaría un impacto del peligro.

Autor 4: (INGEMMET, 2018),

Título 4: “Peligros Geológicos en el Perú”

Conclusiones y resultados 4: explica un resumen sobre que es un peligro geológico y cuáles son los peligros geológicos presentes en el territorio peruano.

Autor 5: (Vila y Vasquez, 2016),

Título 5: Tesis “Evaluación del Riesgo originado por movimientos en masa, quebrada Thuniyoc, distrito de San Sebastián y San Jerónimo, Cusco”

Conclusiones y resultados 5: Emplea la metodología propuesta por CENEPRED, aplicando el Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales 2da Versión, se nivel de riesgo presentado en la zona de estudio, presenta niveles de riesgo niveles muy bajo a niveles de riesgo muy alto,

Autor 6: (Jaime Suarez Díaz, Ediciones UIS, Colombia: Publicaciones UIS, 1998, 1ra edición),

Título 6: “Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales”

Conclusiones y resultados 6: guía para el estudio y práctica, en la cual orienta sobre la caracterización de los movimientos que ocurren en zonas tropicales, se toma en cuenta los

factores presentes, la zonificación de amenaza y riesgo, finalizando presenta diseño de sostenimiento y el control de las aguas superficiales y subterráneas.

Autor 7: (Jaime Suarez Díaz, Ediciones UIS, Colombia: Publicaciones UIS, 2009, 1ra edición),

Título 7: “Deslizamientos Volumen 1: Análisis Geotécnico”

Conclusiones y resultados 7: el presente libro presenta un resumen sobre la clasificación y caracterización del movimiento, sus mecanismos de falla, la geología y el análisis de la estabilidad de laderas y taludes.

Autor 8: (Jaime Suarez Díaz, Ediciones UIS, Colombia: Publicaciones UIS, 2009, 1ra edición),

Título 8: “Deslizamientos Volumen 2: Técnicas De Remediación”

Conclusiones y resultados 8: brinda conocimiento sobre los métodos de manejo y estabilización de las amenazas y riesgos relacionados con los movimientos de masa.

Autor 9: Noel Riaño Ramírez

Título 9: Estabilidad de taludes en carreteras: Ingeniería para el manejo, restauración y conservación de ecosistemas

Conclusiones y resultados 9: Explica el procedimiento para un proyecto de estabilidad de talud, iniciando en una etapa de preparación, etapa de construcción y etapa de operación.

Autor 10: Asociación de carreteras del Japón

Título 10: Manual de protección de taludes

Conclusiones y resultados 10: Presenta el propósito de estabilizar y proteger el tránsito de carreteras, aplicado a la protección de talud, taludes de relleno, drenaje de talud, medidas contra deslizamientos, medidas contra caídas de rocas, muros de contención.

Autor 11: Washington, D.C.

Título 11: Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado

Conclusiones y resultados 11: Se enfoca en el reconocimiento y evaluación sobre los temas de los peligros naturales, aplicando métodos de reconocimiento, aplicando también el sistema de información geográfica.

Autor 12: Rosales Garzón, Sergio Esteban; Álvarez Ortiz, Andrés Mauricio; Ortiz Zapata, Julio Cesar; Ordóñez Carmona, Oswaldo

Título 12: Análisis de la amenaza de caída de rocas a partir del estudio de huellas de impacto sobre carreteras

Conclusiones y resultados 12: Analizó la amenaza histórica para el peligro de caída de roca en un tramo de un pavimento asfáltico, y evaluando de como son sus trayectorias, para así evaluar y localizar la amenaza, y finalmente recomiendan en construir un falso túnel para mitigar el peligro existente.

1.8.2. Marco Conceptual

Riesgos Geológicos

Según el Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da Versión, se define:

Peligro (P)

El peligro, es la probabilidad de que un fenómeno, potencialmente dañino, de origen natural, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo y frecuencia definidos.

Diagrama 1 _Clasificación de Peligros:

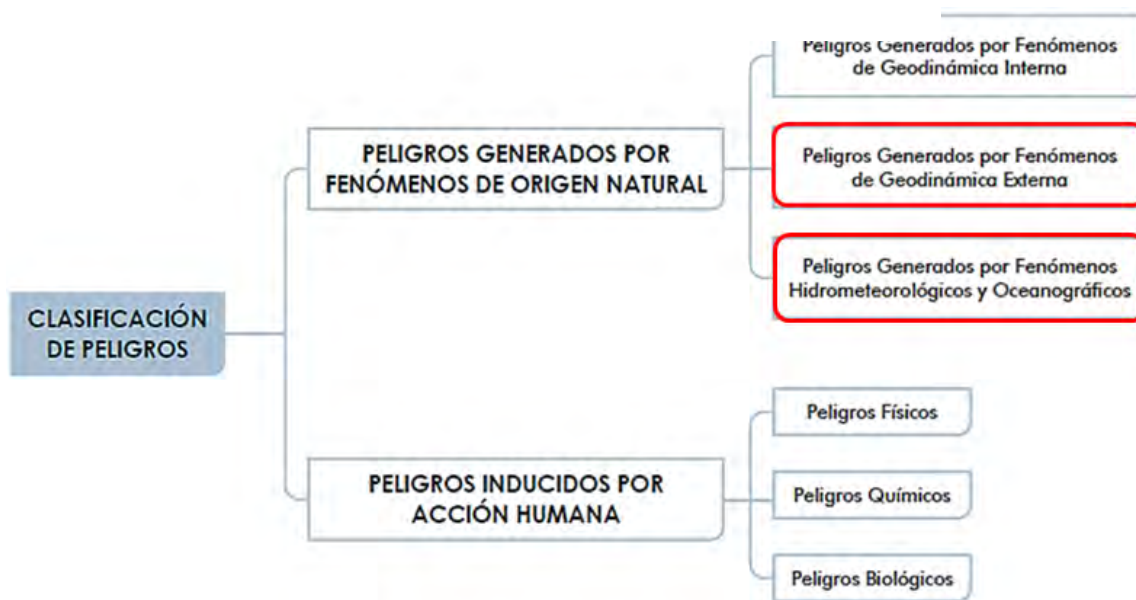
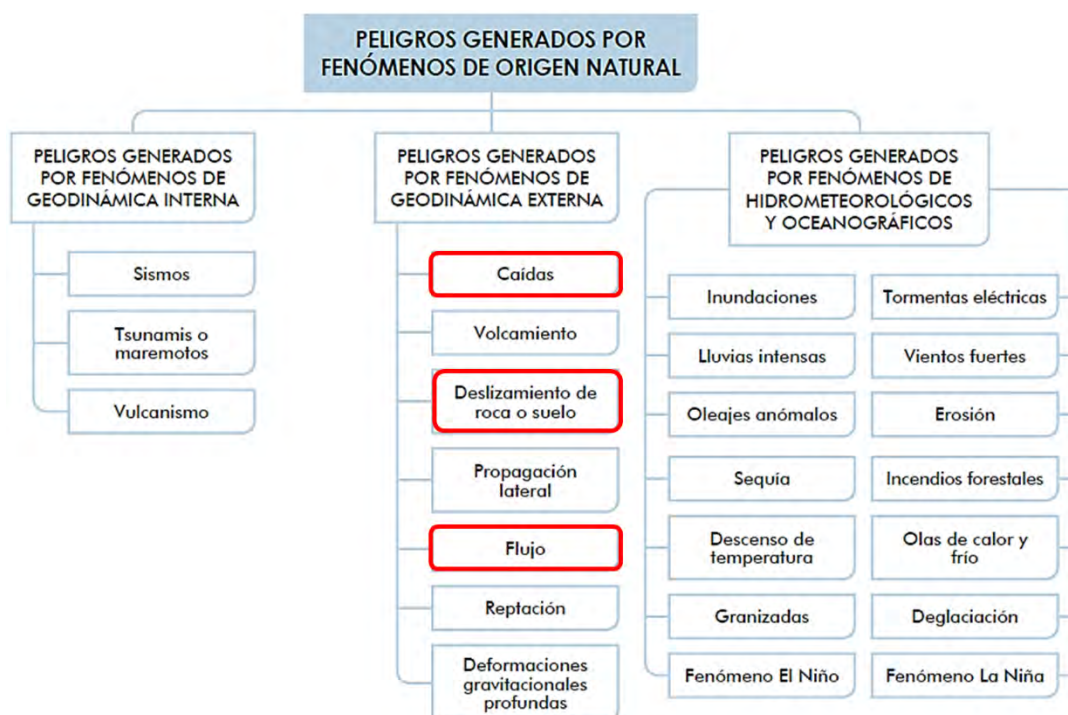


Diagrama 2 _Clasificación de peligros originados por fenómenos naturales:



Metodología general para la determinación de los niveles de peligrosidad

- a) Recopilación de información.
- b) Identificación de probable área de influencia del fenómeno en estudio.
- c) Parámetros de evaluación del fenómeno
- d) Análisis de susceptibilidad.
- e) Análisis de elementos expuestos en zonas susceptibles.
- f) Definición de escenarios.
- g) Estratificación del nivel de peligrosidad.
- h) Niveles de peligrosidad.
- i) Elaboración de mapa del nivel de peligrosidad.

Vulnerabilidad (V)

Según la ley N° 29664 (SINAGERD), define a la vulnerabilidad como la susceptibilidad de la población, la estructura o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza. Para la evaluación de vulnerabilidad de la zona de estudio, se **considerará** el análisis de las dimensiones: económica, social y ambiental.

Diagrama 3_Factores de la vulnerabilidad: exposición, fragilidad y resiliencia. Fuente: CAN (2014)



Factores de la vulnerabilidad: exposición, fragilidad y resiliencia

- **Exposición,** La Exposición, está referida a las decisiones y prácticas que ubican al ser humano y sus medios de vida en la zona de impacto de un peligro. La exposición se genera por una relación no apropiada con el ambiente, que se puede deber a procesos no planificados de crecimiento demográfico, a un proceso migratorio desordenado, al proceso de urbanización sin un adecuado manejo del territorio y/o a políticas de desarrollo económico no sostenibles. A mayor exposición, mayor vulnerabilidad.

Con este componente factor se analizan las unidades sociales expuestas (población unidades productivas, líneas vitales, infraestructura u otros elementos) a los peligros identificados.

- **Fragilidad,** La Fragilidad, está referida a las condiciones de desventaja o debilidad relativa del ser humano y sus medios de vida frente a un peligro. En general, está centrada en las condiciones físicas de una comunidad o sociedad y es de origen interno, por ejemplo: formas de construcción, no seguimiento de normativa vigente sobre construcción y/o materiales, entre otros. A mayor fragilidad, mayor vulnerabilidad.

Diagrama 4_Distribución de la población en términos de la vulnerabilidad



- **Resiliencia**, La Resiliencia, está referida al nivel de asimilación o capacidad de recuperación del ser humano y sus medios de vida frente a la ocurrencia de un peligro. Está asociada a condiciones sociales y de organización de la población. A mayor resiliencia, menor vulnerabilidad.

Riesgo (R)

Una vez identificados y analizados los peligros a los que está expuesta el ámbito geográfico de estudio mediante la evaluación de la intensidad, la magnitud, la frecuencia o periodo de recurrencia, y el nivel de susceptibilidad ante los fenómenos de origen natural, y realizado el respectivo análisis de los componentes que inciden en la vulnerabilidad explicada por la exposición, fragilidad y resiliencia, la identificación de los elementos potencialmente vulnerables, el tipo y nivel de daños que puedan presentar, se procede a la conjunción de estos para calcular el nivel de riesgo de área de estudio. (CENEPRED, 2014).

El riesgo es el resultado de relacionar el peligro con la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos y consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a uno o varios fenómenos peligrosos. Cambios en uno o más de estos parámetros modifican el riesgo en sí mismo, es decir, el total de pérdidas esperadas y las

Diagrama 5_Esquema de intersección del peligro y la vulnerabilidad generando el riesgo (Ref. CENEPRED).



consecuencias en un área determinada. (Carreño et. Al. 2005).

Movimientos de masa

Los movimientos en masa en laderas, son procesos de movilización lenta o rápida que involucran suelo, roca o ambos, causados por exceso de agua en el terreno y/o por efecto de la fuerza de gravedad (CENEPRED, 2014)

Por movimientos de masa se entiende el desplazamiento del terreno que constituye una ladera o un talud, hacia el exterior del mismo y en sentido descendente, las laderas o taludes pueden ser naturales o bien conformados de manera artificial al efectuar excavaciones en el terreno o incluso terraplenes. Los movimientos de masa son procesos en los que se movilizan materiales por la acción de gravedad y pueden ser peligrosos o incluso desastrosos cuando afectan la vida y propiedades del hombre. Son fuente de inquietud para los ingenieros geotécnicos e ingenieros geólogos (Bromhead, 1986). Los deslizamientos constituyen un riesgo se ah incrementado en este último siglo por el crecimiento de la población y por el aumento del área necesaria para obtener los recursos imprescindibles, que en ocasiones fuerzan a la gente a explotar zonas con riesgo potencial (Crozier, 1986).

Ilustración 1_Movimientos de masa. Fuente: Yesano (2014)



Factores que inciden en los movimientos de masa

Para el estudio de los movimientos de masa es de primordial importancia el reconocimiento de los factores que condicionan la estabilidad de laderas y aquellos otros que lo desencadenan (Ayala et al., 1978; Gonzales de Vallejo et al., 2002; Phillips, 2005). La inestabilidad se determina no solo por el margen de estabilidad de una ladera, sino también por las fuerzas desestabilizadoras externas que afectan a la misma (Crozier, 1986).

Estos movimientos de masa pueden estar ocasionados a meteorización, erosión, humedad, etc. Los deslizamientos pueden deberse a varias causas, incluyendo las geológicas, morfológicas, físicas y antrópicas (Alexander, 1992; Cruden y Varnes, 1996), aunque solo una suele ser el desencadenante (Varnes, 1958). En algunos casos, pueden producirse deslizamientos sin que exista una causa evidente desencadenante, sino que se originan por varios factores que se combinan, como la meteorización que paulatinamente produce disminución de la resistencia de cizallamiento de la ladera (Wieczorek, 1996).

Tabla 1_Tipos de movimientos de masa. Fuente: Región Andina: Guía para la Evaluación de Amenazas (2007)

Movimiento	Tipos
Caídas	Caída de roca (detritos o suelo)
Volcamiento	Volcamiento de roca (bloque)
	Volcamiento flexural de roca o del macizo rocoso
Deslizamiento de roca o suelo	Deslizamiento traslacional, deslizamiento en cuña
	Deslizamiento rotacional
Propagación lateral	Propagación lateral lenta
	Propagación lateral por licuación (rápida)
Flujo	Flujo de detritos
	Crecida de detritos
	Flujo de lodo
	Flujo de tierra
	Flujo de turba
	Avalancha de detritos
	Avalancha de rocas
	Deslizamiento por flujo o deslizamiento por licuación (de arena, limo, detritos, roca fracturada)
Reptación	Reptación de suelos
	Solifluxión, gelifluxión (en permafrost)
Deformaciones gravitacionales profundas	

Tipos de movimientos de masa

Movimientos de Ladera

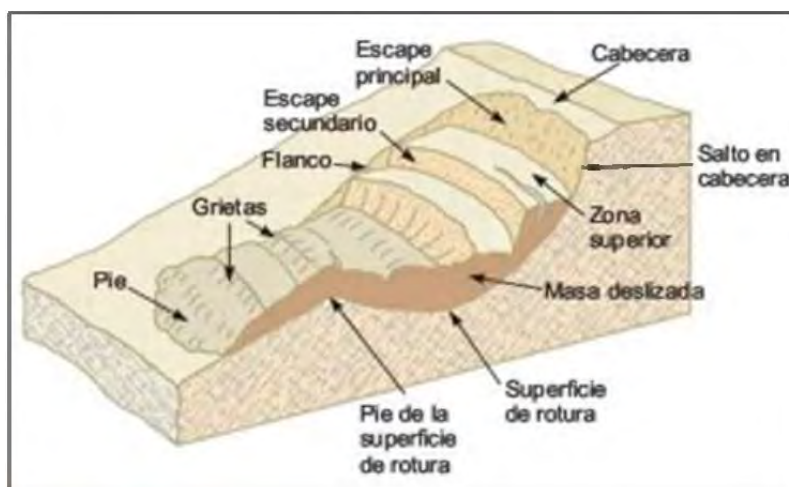
Los procesos geológicos y climáticos que afectan a la superficie terrestre crean el relieve y definen la morfología de las laderas, que va modificándose a lo largo del tiempo para adaptarse a nuevas condiciones geológicas o climáticas. Por lo general, las laderas adoptan pendientes naturales cercanas al equilibrio; ante el cambio de condiciones, su morfología se modifica buscando de nuevo el equilibrio. En este contexto, los movimientos de ladera pueden entenderse como los reajustes del terreno para conseguir el equilibrio ante un cambio de condiciones (Gonzalez de Vallejo et al., 2002).

Los movimientos de ladera, con frecuencia es conocido bajo el termino general de deslizamiento, donde tiene muchos campos en común con los estudios de estabilidad de talud.

Deslizamientos

Los deslizamientos son movimientos de masas de suelo o roca que deslizan, moviéndose relativamente respecto al sustrato, sobre una o varias superficies de rotura netas al superarse la resistencia al corte de estas superficies; la masa generalmente se desplaza en conjunto, comportándose como una unidad en su recorrido; la velocidad puede ser muy variable, pero suelen ser procesos rápidos y alcanzar grandes volúmenes (hasta varios millones de metros cúbicos). En ocasiones, cuando el material deslizado no alcanza el equilibrio al pie de la ladera (por su pérdida de resistencia, contenido en agua o por la pendiente existente), la masa puede seguir en movimiento a lo largo de cientos de metros y alcanzar velocidades muy elevadas, dando lugar a un flujo; los deslizamientos también pueden ocasionar avalanchas rocosas (Gonzalez de Vallejo et al., 2002).

Ilustración 2_Eschema de un deslizamiento rotacional y partes del mismo (modificado de Varnés, 1988)



Deslizamiento Rotacional, Los deslizamientos rotacionales pueden definirse según Varnes, 1978 como movimientos de rotación en torno a un eje horizontal paralelo a la superficie de la ladea que se desplaza mediante cizalladura a través de una superficie cóncava hacia arriba. (Gonzalez de Vallejo et al., 2002).

Caída de rocas:

CAÍDA DE ROCAS

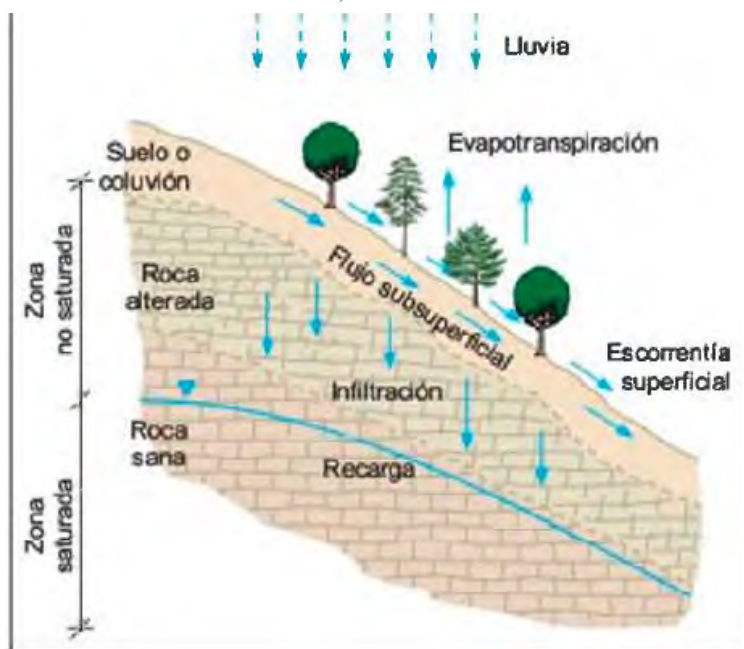
CÓMO OCURRE	Se desprende un bloque de roca por deslizamiento, derrumbe o caída
TRAYECTORIA	Desciende por la ladera rebotando y proyectando trayectorias balísticas
TIPOS	Primarias, cuando se desprenden del sitio original, o secundarias, cuando se desprenden nuevamente
CAUSAS	Meteorización, lluvias, sismos, deforestación, cultivo, construcción
RIESGOS	Golpes, rebotes, rodamiento, afectación de personas y vehículos
PREVENCIÓN	Señales preventivas en carreteras y obras

Flujo de detritos: Es una masa móvil, este se encuentra saturada en agua, compuesta de una mezcla de rocas, sedimentos, lo cual se viene desplazando pendiente abajo, debido a la influencia de la gravedad, obteniendo mayor movimiento y gran capacidad destructiva. Son procesos de remoción en masa muy destructivos y se vienen depositando en abanicos aluviales y llanuras aluviales.

Precipitaciones y condiciones climáticas

El agua en el terreno da lugar a presiones que alteran los estados tensionales, por presiones intersticiales y aumento del peso, a procesos de erosión interna y externa y a cambios mineralógicos, aspectos todos ellos que modifican las propiedades y resistencia de los materiales, sobre todo en los suelos (Gonzalez de Vallejo et al., 2002).

Ilustración 3 _Esquema de circulación del agua en una ladera. Fuente: Gonzalez de Vallejo et al., 2002



Erosión

Según el Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da Versión, se define:

Erosión de suelos.

Entre los peligros por geodinámica externa, se encuentran los producidos por erosión de capa superficial de suelos o rocas debido a la acción de factores desencadenantes naturales como la lluvia y el viento los que afectan la erodabilidad o vulnerabilidad de los factores condicionantes. Ilustración 4. Otra definición: “proceso natural de movimiento de las partículas del suelo de un sitio a otro principalmente por medio de la acción del agua o del viento”.

Ilustración 4 _Erosión del suelo por efecto de las lluvias. Fuente: Gonzalez de Vallejo et al., 2002



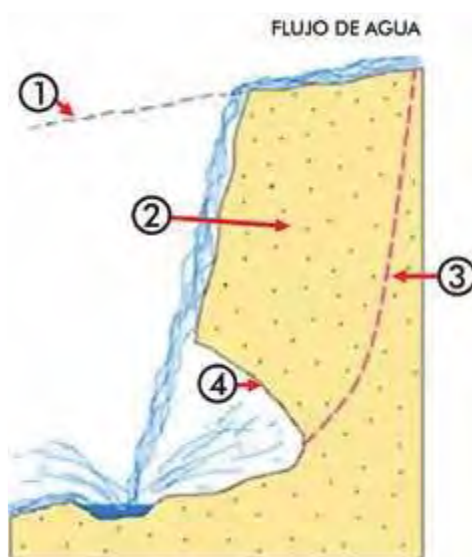
Los elementos más importantes que desencadenan la erosión son el agua y el viento. En función de esto se conocen dos tipos de erosión: eólica y la hídrica. A nivel mundial la erosión hídrica es el tipo de erosión más importante de degradación de suelos.

Erosión hídrica.

Es la erosión por agua de lluvia y abarca la erosión provocada por el impacto de las gotas sobre el suelo desnudo, como también la acción hidráulica que arranca y transporta las partículas de suelo por el escurrimiento en laderas y taludes. Ver ilustración 5.

La erosión hídrica es un proceso complejo, comprende la desagregación del suelo por impacto de la gota de lluvia, el desprendimiento por el lujo superficial de agua, y el transporte por salpicado o por escurrimiento (Meyer and Harmon, 1984).

Ilustración 5_ Efectos del impacto y salpicadura de un salto en la cabecera de un barranco: 1) perfil original, 2) porción a desplomarse, 3) línea de ruptura y 4) socavadura. Fuente: Adaptado por SNL-CENEPRED de: Campos y Peraza (1994)



La resistencia del suelo a este proceso se relaciona con la textura, la estabilidad de agregados, la cohesividad, la capacidad de infiltración y los contenidos minerales y orgánicos. Los suelos de textura fina generalmente son más resistentes a la desagregación, pero sus sedimentos son fácilmente transportables; mientras, que los suelos de textura gruesa son desagregados rápidamente, pero sus sedimentos son dificultosos de transportar.

Los suelos francos y franco-limosos son fácilmente desagregados y transportados, por eso se los considera muy erodibles (Wischmeier & Mannering, 1969)

Clasificación de erosión hídrica según las formas de manifestación, Según la forma como el agua actúa en el suelo, existen tres clases de erosión hídrica:

- i. **Erosión hídrica pluvial**, Es la que se genera como consecuencia de las gotas de lluvia y afecta principalmente a áreas destinadas a la agricultura. De acuerdo con sus formas de actuar la erosión hídrica se subdivide según lo mostrado en la ilustración 6.

Ilustración 6 _Tipos de erosión hídrica. Fuente: Fuente: Alcañiz (2008)

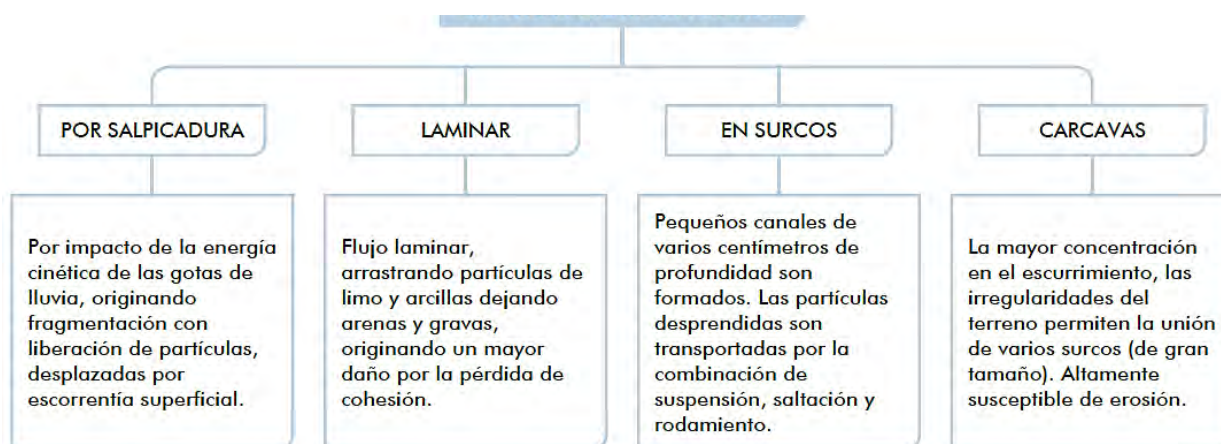
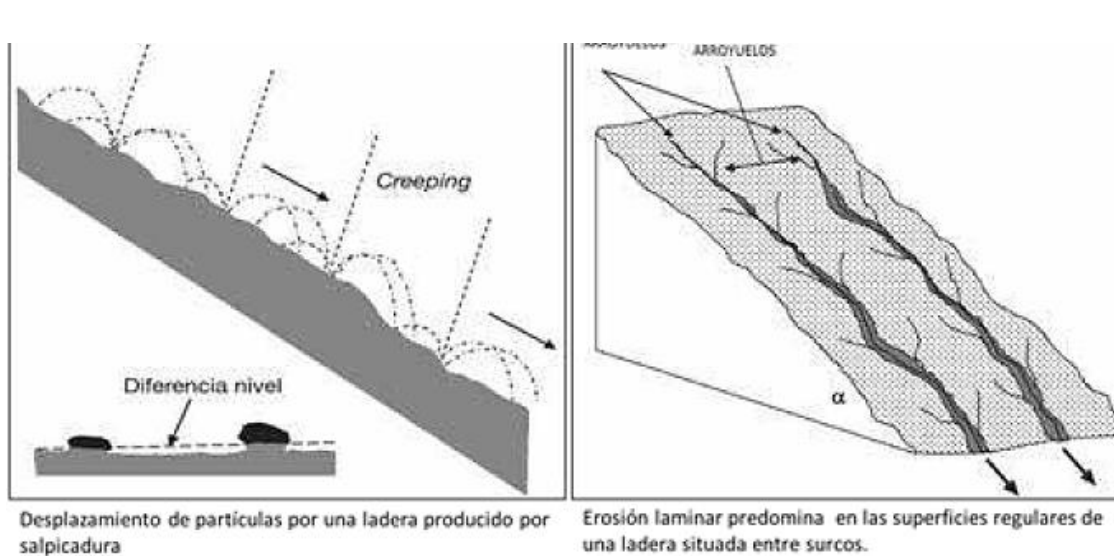
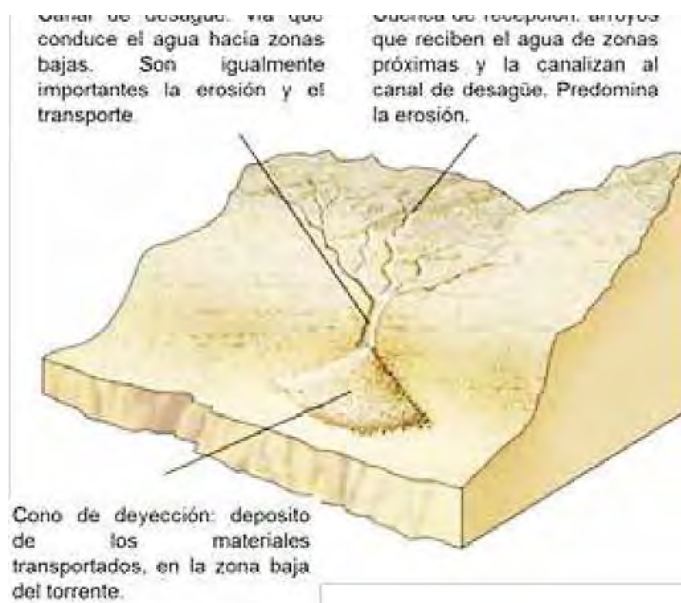


Ilustración 7 _Procesos de erosión por salpicadura y laminar. Fuente: Alcañiz (2008)



- ii. Erosión por escurrimiento o erosión en cauces, En esta erosión se pueden apreciar 2 tipos en fondo y lateral, esta erosión está dado por el lujo concentrado y continuo de agua, el mismo que va a generar profundización y ensanchamiento por erosión, dependiendo del caudal, tipo de material que conforman las terrazas, pendientes y otros (Satterlund 1972). Ver ilustración 8.

Ilustración 8_Transporte de material desde la parte alta de la cuenca debido a las lluvias. Fuente: Alcañiz (2008)



- iii. **Erosión por movimiento en masa,** Hoy resulta evidente que la causa fundamental de la erosión es la actuación de diferentes tipos de lluvia sobre distintos tipos y condiciones de suelo. Por consiguiente, la mayor o menor importancia de la erosión dependerá de la combinación de la energía de la lluvia, que es el agente agresor, con la capacidad de un suelo para resistir a dicha agresión. Es lo que en términos cuantitativos se expresaría como $Erosión = f$ (erosividad, erodibilidad) - (Hudson, 1982).

Procesos erosivos

La erosión o socavación del pie de las laderas, escarpes y acantilados, por erosión fluvial, litoral u otra causa, da lugar a la pérdida de resistencia en esta zona y a la modificación del estado tensional, lo que unido a la falta de apoyo del material suprayacente puede provocar la inestabilidad y la generación de deslizamientos o desprendimientos (Gonzalez de Vallejo et al., 2002).

Ilustración 9_Procesos erosivos. Adaptado por SNL-CENEPRED de: Chávez, M. A. (2014)



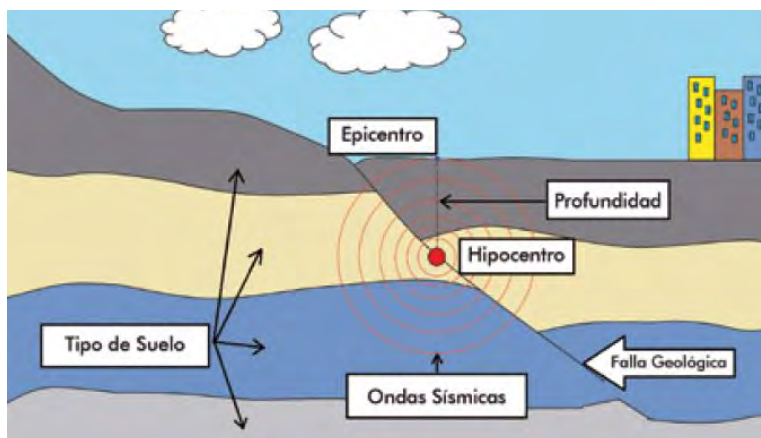
Sismo

Los sismos se definen como un proceso paulatino, progresivo y constante de liberación súbita de energía mecánica debido a los cambios en el estado de esfuerzos, de las deformaciones y de los desplazamientos resultantes, regidos además por la resistencia de los materiales rocosos de la corteza terrestre, bien sea en zonas de interacción de placas tectónicas, como dentro de ellas (CENEPRED, 2014).

Una parte de la energía liberada lo hace en forma de ondas sísmicas y otra parte se transforma en calor, debido a la fricción en el plano de la falla (CENEPRED, 2014).

Su efecto inmediato es la transmisión de esa energía mecánica liberada mediante vibración del terreno aledaño al foco y de su difusión posterior mediante ondas sísmicas de diversos tipos (corpóreas y superficiales), a través de la corteza y a veces del manto terrestre (CENEPRED, 2014).

Ilustración 10_Sismo originado por una falla geológica. Fuente: Gonzalez de Vallejo et al., 2002



Susceptibilidad

La susceptibilidad está referida a la mayor o menor predisposición a que un evento suceda u ocurra sobre determinado ámbito geográfico (depende de los factores condicionantes y desencadenantes del fenómeno y su respectivo ámbito geográfico) (CENEPRED, 2014).

Factores condicionantes

Geología, Estudia la forma exterior e interior terrestre, la naturaleza de las materias que lo componen y de su formación, de los cambios o alteraciones que estas han experimentado desde su origen

Geomorfología, Estudia las formas superficiales de la tierra, describiéndola, ordenándolas sistemáticamente e investigando su origen y desarrollo.

Pendiente, Inclinação o gradiente de altura del terreno (ladera), generalmente se expresa en porcentaje.

Factores desencadenantes

Hidrometeorológicos, Lluvias, temperatura, viento, humedad del aire, brillo solar, etc.

Geológicas, Colisión de placas tectónicas, zonas de actividad volcánica, fallas geológicas, movimientos en masas, desprendimientos de grandes bloques, etc.

Inducidas por el ser humano, Actividades económicas, sobre explotación de recursos naturales, infraestructura, asentamientos humanos, crecimiento demográfico, etc.

Prevención y mitigación de los riesgos

La prevención de los riesgos geológicos, va a consistir en conocer con anticipación la ocurrencia de un fenómeno y prevenirlo, con el fin de poder evitar el proceso, controlar o frenar dicho proceso, avisar y prepararse o protegerse del fenómeno. La mitigación de los riesgos geológicos, va a consistir en disminuir las pérdidas y daños mediante el control del proceso y/o la protección de los elementos expuestos, reduciendo su vulnerabilidad (Gonzalez de Vallejo et al., 2002).

Tabla 2_ Prevención y mitigación de los riesgos geológicos. Fuente: Gonzalez de Vallejo et al., 2002

CUADRO 13.4	Procesos	Prevención y predicción	Mitigación de los riesgos	Actuaciones para mitigación	
				Estructurales	No estructurales
	Deslizamientos y desprendimientos	Espacial y temporal (1)	Control del proceso (2) Protección Evacuación	Medidas de corrección, estabilización y obras de protección	Prohibición o restricciones de ocupación de zonas de elevada peligrosidad
	Hundimientos y subsidencias	Espacial y temporal (1)	Control del proceso (2) Protección Evacuación	Medidas de consolidación y relleno	Planificación y ordenación del territorio
	Terremotos y tsunamis	Espacial	Protección Evacuación (3)	Diseños sismorresistentes	Normativas y recomendaciones
	Erupciones volcánicas	Espacial y temporal a corto plazo	Evacuación Protección	Desvío y contención de coladas y flujos	Sistemas de alarma y aviso
	Inundaciones y avenidas	Espacial y temporal	Control del proceso (2) Protección Evacuación	Obras de desvío, contención y regulación. Diseño de obras y drenajes	Planes de emergencia Divulgación y educación ciudadana

(1) Prevención temporal siempre que se conozca la recurrencia de los factores desencadenantes.
 (2) Únicamente cuando los procesos tienen magnitud o escala «geotécnica».
 (3) En casos de tsunamis, siempre que haya tiempo suficiente, o de crisis sísmicas continuadas.

1.8.3. Marco Normativo

- Ley N° 29664, que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – SINAGERD.
- Política de Estado N° 32 - Acuerdo Nacional - Gestión del Riesgo Desastres, emitido el 17 de diciembre del 2010.
- ley N° 30779, ley que dispone el fortalecimiento del sistema nacional de gestión del riesgo de desastres (SINAGERD), establece las sanciones para alcaldes y gobernadores regionales que incumplan sus funciones según estipula la Ley N° 29664, de fecha 04 de junio del 2018.
- Resolución Jefatural N° 112 – 2014 – CENEPRED/J, que aprueba el "Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales", 2da Versión
- Resolución Ministerial N°334-2012-PCM, que Aprueba los Lineamientos Técnicos del Proceso de Estimación de Riesgo de Desastres.
- Resolución Ministerial N°222-2013-PCM, que Aprueba los Lineamientos Técnicos del Proceso de Estimación de Riesgo de Desastres.
- Resolución Ministerial N°220-2013-PCM, que Aprueba los Lineamientos Técnicos del Proceso de Estimación de Riesgo de Desastres.
- Decreto Supremo N° 048-2011-PCM, Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.
- Decreto Supremo N° 034-2014/PCM, Aprueba el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres – PLANAGERD 2014-2021, orientada hacia procesos de GRD en la ley N° 29664.

- Decreto Supremo N°111-2012-PCM, de fecha 02 de noviembre de 2012, que aprueba la Política Nacional de Gestión de Riesgos de Desastres.
- Manual de Carreteras: "Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción" (EG-2013), aprobado con Resolución Directoral N° 003-2013-MTC14 del 16.02.2013, actualizado con Resolución Directoral N922-2013-MTC/14 del 17.07.2013, publicado el 07.08.2013.
- Decreto Supremo N° 003-2016 Vivienda, que modifica la Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Edificaciones, aprobada por Decreto Supremo N9 011-2006-Vivienda, modificada con Decreto Supremo N9 002-2014-Vivienda.
- Especificaciones AASHTO LRFD Bridge Design Specifications. Guía de cimentaciones de Obras de Carretera del Ministerio de Fomento de España.
- Manual de Carreteras: "Hidrología, Hidráulica y Drenaje", aprobado con Resolución Directoral N9 20-2011-MTC del 12.09.2011.
- Manual de Carreteras: "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", Sección Suelos y Pavimentos, aprueba la versión a Abril 2014 con Resolución Directoral N910-2014-MTC del 09.04.2014.

1.9. Descripción de la Zona de Estudio

1.9.1. Ubicación

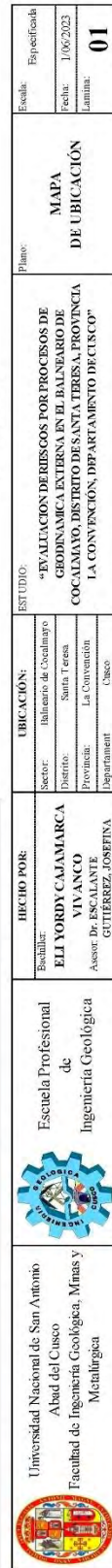
1.9.1.1. Ubicación política.

- ✓ Sector : Cocalmayo
- ✓ Distrito : Santa Teresa
- ✓ Provincia : La Convención
- ✓ Departamento : Cusco

1.9.1.2. Ubicación geográfica

Tabla 3 *Ubicación geográfica de la zona de estudio.*

COORDENADAS GEOGRÁFICAS		COORDENADAS UTM		ZONA	DATUM
Latitud	Longitud	Este	Norte		
13° 6'34.46"S	72°36'2.91"O	760126	8549511	19L	WGS84



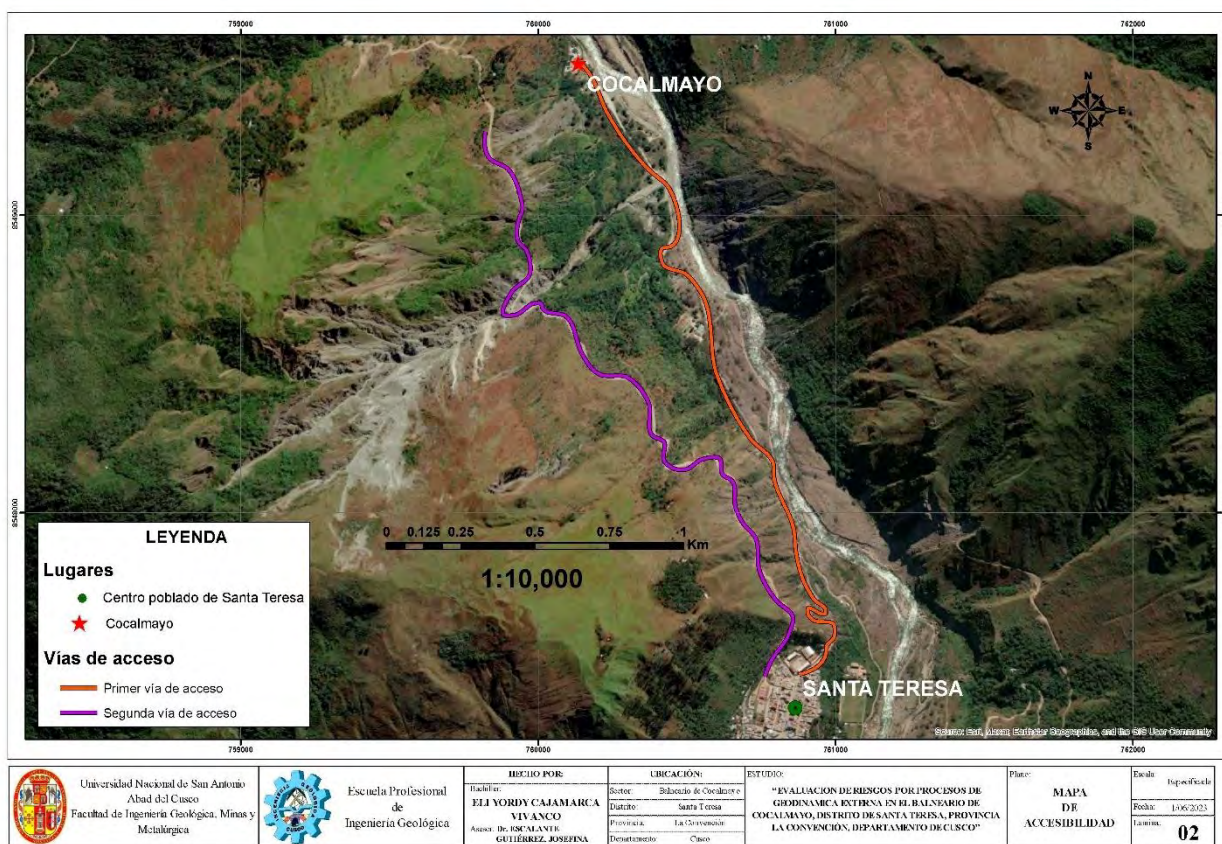
1.10. Accesibilidad

Existen varias formas de acceder a la zona de estudio, tomando como punto de partida desde la ciudadela de Cusco, pero el más representativo y de forma directa, se realiza, usando un transporte de movilidad en dirección a Quillabamba, pasando por el desvío del poblado de Santa María, en dirección al centro poblado de Santa Teresa; desde el centro poblado de Santa Teresa tenemos 2 vías de acceso para llegar a la zona de estudio, la primera vía de acceso se puede acceder a la zona de acumulación del deslizamiento (se ubica el Balneario de Cocalmayo); la segunda vía de acceso se puede llegar a la zona de desprendimiento del deslizamiento.

Tabla 4 *Accesibilidad a la zona de estudio*

DESTINO	DISTANCIA (km)	TIPO DE VÍA	CONDICIÓN
Cusco – Desvío C.P. Santa María	180	Vía asfaltada/ Red Vial Nacional	Buena
Desvío C.P. Santa María – C.P. Santa Teresa	21	Carretera Afirmada/ Red Vial Vecinal	Regular
C.P. Santa Teresa - vía 1	2	Carretera Afirmada/ Red Vial Vecinal	Regular
C.P. Santa Teresa - vía 2	2	Carretera Afirmada/ Red Vial Vecinal	Regular

Mapa 2 __Mapa de accesibilidad. Fuente: Propio



1.11. Población

El distrito de Santa Teresa, tiene una población total de 16457 habitantes (INEI, 2017), siendo uno de los distritos que pertenece a la provincia de La Convención con una población de 147148 habitantes (INEI, 2017), representando un porcentaje de 11.184%; los límites del distrito de Santa Teresa se tienen: por el norte se encuentra el distrito de Huayopata, por el sur y el este se encuentra el distrito de Machupicchu, por el oeste se encuentra el distrito de Maranura.

1.11.1. Balneario de Cocalmayo

El Balneario de Cocalmayo se encuentra dentro del distrito de Santa Teresa, conocido también como los baños termales de Cocalmayo, presenta un impresionante entorno de abundante vegetación al lado de uno de los principales ríos del Perú, que es el río Vilcanota que

tiene una longitud de 862 km (SNE, 2001), el Balneario de Cocalmayo es un destino muy visitado constantemente entre viajeros y lugareños, se tiene el ingreso tomando en cuenta solamente en el año 2023 hasta la fecha del 20 de noviembre, la visita de 60,046 personas(niños, adultos y mayores de edad), entre las cuales se tienen nacionales y extranjeros (el 43.27% son extranjeros), en donde los bañistas pueden disfrutar de las piscinas al aire libre, estas aguas provienen de fuentes de la misma naturaleza. Se encuentran en el valle del río Urubamba (Vilcanota) en un lugar acogedor y relajante, el Balneario de Cocalmayo está a 10 minutos en transporte de movilidad desde el poblado de Santa Teresa y 40 minutos caminando.

El Balneario de Cocalmayo, ofrece 4 piscinas, con distinto perímetro, altura y temperatura del agua, también tiene área de vestuario, baños privados, área verde para descansar y acampar, duchas, caída de agua fría, área de recepción y área de guardar los equipajes. En su entorno del Balneario de Cocalmayo, presenta locales de comercio y viviendas, tales como son hospedaje, tiendas, restaurant, y viviendas con crianza de animales del tipo de patos, gallinas y abejas, y también presenta zona de estacionamiento para los transportistas que realizan el servicio de Santa Teresa - Cocalmayo y zona de parqueo.

La zona de estudio afecta directamente a la única vía de acceso que conecta Santa María – Santa Teresa, donde el pase vehicular fluye de manera constante, como también afecta los baños termales de Cocalmayo y su vía de acceso, los baños termales es uno de los atractivos turísticos de Santa Teresa, y genera ingresos económicos, ya que es visitado constantemente por personas aledañas, visitantes nacionales e internacionales.

Foto 1_Balneario de Cocalmayo y viviendas aledañas.



1.12. Clima y Vegetación

1.12.1. Clima

El distrito de Santa Teresa se encuentra conformado por una variedad de microclimas, presentando una topografía compuesta por Andes hasta una Amazonía Alta, el área de estudio presenta temperatura que oscila desde los 5°C hasta los 30°C, la cual varía de acuerdo a la estación y al piso altitudinal de cada centro poblado; de acuerdo a la estación climática de Intihuatana (SENAMHI) que se encuentra muy próximo al Balneario de Cocalmayo registra un promedio de 18.69 °C de temperatura, desde el mes de enero del 2022 hasta el mes de mayo del 2023. Zona de clima semicálido lluvioso, con precipitación abundante en Santa Teresa (Cusco).

El régimen de las precipitaciones pluviales varía, el periodo de la presencia de lluvias, se da entre noviembre a abril y los periodos de sequía se presenta entre mayo a octubre, las cuales terminan afectando la estabilidad del talud, ocurriendo sobresaturado del material e infiltrando por los planos de falla o discontinuidades del material rocoso.

1.12.2. Vegetación

La zona de estudio presenta variaciones de altitud, relieve y clima predominando vegetación arbustiva medianamente densa y áreas donde no se presenta vegetación debido a la presencia de la actividad geodinámica.

1.13. Metodología

1.13.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación según su finalidad de esta investigación es aplicado, con un nivel descriptivo, la cual se busca especificar las propiedades y características; también es un estudio cualitativo, lo cual se realizará de manera sistemática, recolecta, evalúa y verifica; Así mismo es un estudio no experimental, porque no se llega a construir. (Alexander F. Haro, Edwin R. Chisag, John P. Ruiz, Johanna E. Caicedo, 2024)

1.13.2. Procedimiento

El método de trabajo, se realizó con las siguientes etapas:

1.13.2.1. Etapa de Recolección de Información

- ✓ En esta primera etapa, se realizará recopilación y análisis de la información de referencias que estén disponibles, como planos e informes geológicos y toda información que serán de gran ayuda.

- ✓ También se debe de preparar todo los equipos y materiales de trabajo, para así tener todo listo para cuando se realice la salida de campo, y hacer sus respectivas revisiones de cada equipo y/o materiales para prevenir problemas y/o inconveniencias durante el proceso de la etapa de campo, como así también obtener el trabajo más eficiente durante todo el proceso del trabajo que se va a realizar.

1.13.2.2. Etapa de Campo

- ✓ Los equipos utilizados que fueron utilizados durante toda la investigación, fueron: picota, cincel, cinta métrica, cuaderno de campo, brújula, GPS, celular, sombrero, chaleco de campo, entre otros.,
- ✓ En el transcurso de esta etapa, se realizará algunas observaciones, para tener un previo cuestionamiento y/o correlacionar con las informaciones referenciales que se fueron obteniendo en la etapa de recolección de datos
- ✓ Se elaborará un mapeo topográfico, geológico y geomorfológico local, toda esta información son obtenidas en las salidas de campo, que previamente se realizaron y con el apoyo del software de ArcGis.
- ✓ Obtención de muestras, todas las muestras que se obtienen, posteriormente son evaluado en un laboratorio, con la finalidad de obtener un mejor estudio del terreno.
- ✓ Determinar que peligros afectan a la zona de estudio, para lo cual, se evalúo los factores condicionantes y desencadenantes que afectan a la zona de estudio, y tomando en consideración las evidencias en el terreno.

- ✓ Determinar la vulnerabilidad, obtención de información de la municipalidad de Santa Teresa, sobre cuantas personas vienen visitando al Balneario de Cocalmayo, y se realizó un monitoreo sobre las viviendas aledañas.
- ✓ Se realizó monitoreo topográfico, se instalaron 3 puntos dentro de un área inestable.

1.13.2.3. Etapa de Post-Campo

- ✓ Durante toda esta etapa se realizará el ordenamiento de datos, posteriormente su respectivo análisis e interpretación.
- ✓ Elaboración y redacción de la tesis.

1.13.2.4. Etapa Final

- ✓ Sustentación de la tesis.

1.14. Variables

Tabla 5: Variable Riesgo

Variable	Dimensión	Indicadores
Riesgo	Peligro	Precipitación
		Pendiente
		Geomorfología
		Geología
	Vulnerabilidad	Balneario de Cocalmayo
		Viviendas aledañas

Tabla 6: Variable Geodinámica Externa

Variable	Dimensión	Indicadores
Geodinámica Externa	Deslizamiento	Pendiente
		Geomorfología
		Geología

Flujo de detritos	Geomorfología
	Geología
	Pendiente
Caída de rocas	Geología
	Pendiente
	Geomorfología

Tabla 7: Variable Balneario

Variable	Dimensión	Indicadores
Balneario	Social	Abastecimiento de agua
		Tipo de alumbrado
		Actitud de la población frente al riesgo
		Capacitación a todas las personas que ingresan sobre temas de Gestión del Riesgo de Desastres
		Medidas o rutas de evacuación
	Económico	Material de edificación
		Ingresos
		Estado de conservación
	Ambiental	Malas prácticas que degradan el suelo

1.15. Instrumentos Utilizados

Los equipos y materiales en el transcurso del estudio que fueron utilizados, son los siguientes:

- ✓ Laptop
- ✓ Cuaderno de campo
- ✓ Lapiceros, lápiz y borrador

- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Brújula tipo Brunton
- ✓ GPS Garmin 62S
- ✓ Lupa, Picota de Geólogo
- ✓ Lápiz rayador imantado
- ✓ Wincha, bolsas
- ✓ Ácido clorhídrico
- ✓ Chaleco de geólogo
- ✓ Formato modificado para inventario de movimientos en masa.
- ✓ Casco de seguridad con su respectivo barbiquejo y cortavientos
- ✓ Zapatos punta de acero
- ✓ Guantes de seguridad
- ✓ Gafas de seguridad.
- ✓ Dron

Capítulo II: Características hidrológicas y geológicas

2.1. Hidrología

Para efecto de análisis y sustentación, donde las aguas pluviales vienen siendo el principal factor desencadenante, se ha realizado la determinación de los parámetros hidrológicos, tomando en cuenta el análisis de datos actualizados de precipitación máxima en 24 horas de la estación MACHU PICCHU /000679/ DZ-12, donde forma parte de los registros oficiales del SENAMHI (1965 al 1975 y 1999 al 2023) y actualizados del (2016 al 2023) mediante información proporcionada por SENAMHI.

Para el análisis de datos dudosos, se ha realizado la verificación de determinación de la distribución estadística de mejor ajuste, utilizando para este efecto la distribución normal, logaritmo normal, Gumbel, como resultado de estas distribuciones, se analizó, que la distribución de Gumbel proporciona mejor ajuste. Los resultados se corrigieron por un factor de 1.13 en función a la recomendación de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Con estos valores corregidos se ha procedido a generar las curvas intensidad duración frecuencia (IDF).

2.1.1. *Análisis de datos dudosos*

Antes de realizar cualquier tratamiento estadístico de datos, se debe de realizar un análisis de datos dudosos, con la finalidad de determinar si estos valores que forman parte del registro, se encuentran dentro del rango de confianza o existe algún dato que no corresponde a la muestra.

Tabla 8 _PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS EN 24 HORAS (mm)

AÑO	Pmax	Log(P24hr)
1965	30.0	1.47712125
1966	42.5	1.62838893
1967	49.2	1.6919651
1968	55.0	1.74036269
1969	58.2	1.76492298
1970	66.0	1.81954394
1971	42.5	1.62838893
1972	59.4	1.77378644
1973	63.0	1.79934055
1974	55.0	1.74036269
1975	52.0	1.71600334
1999	57.6	1.76042248
2000	48.0	1.68124124
2001	57.4	1.75891189
2002	72.9	1.86272753
2003	68.5	1.83569057
2004	44.0	1.64345268
2005	64.2	1.80753503
2006	48.1	1.68214508
2007	69.2	1.84010609
2008	51.5	1.71180723
2009	57.5	1.75966784
2010	47.1	1.67302091
2011	50.2	1.70070372
2012	50.6	1.70415052
2013	48.0	1.68124124
2014	66.3	1.82151353
2015	59.3	1.77305469
2016	82.3	1.91539984
2017	62.8	1.79795964
2018	43.6	1.63948649
2019	62.0	1.79239169
2020	48.3	1.68394713
2021	59.8	1.77670118
2022	41.8	1.62117628
2023	49.9	1.69810055

Tabla 9 _Parámetros estadísticos del registro de las precipitaciones máximas

PARAMETROS ESTADISTICOS	Pmax	Log(P24hr)
Número de datos	36	36
Sumatoria	1983.7	62.403
Valor máximo	82.3	1.9
Valor mínimo	30.0	1.5
Media	55.1	1.7
Varianza	108.15	0.007
Desviación Estándar	10.40	0.084
Coefficiente Variación	0.19	0.05
Coefficiente de Asimetría	0.23	-0.49

Umbral de datos dudosos altos (YH =unidad logarítmica)

$$YH = 90.42354095$$

Si el valor máximo 82.3 es menor al umbral de datos dudosos 90.42354, podemos decir que no existen datos dudosos alto de la muestra (está dentro del umbral)

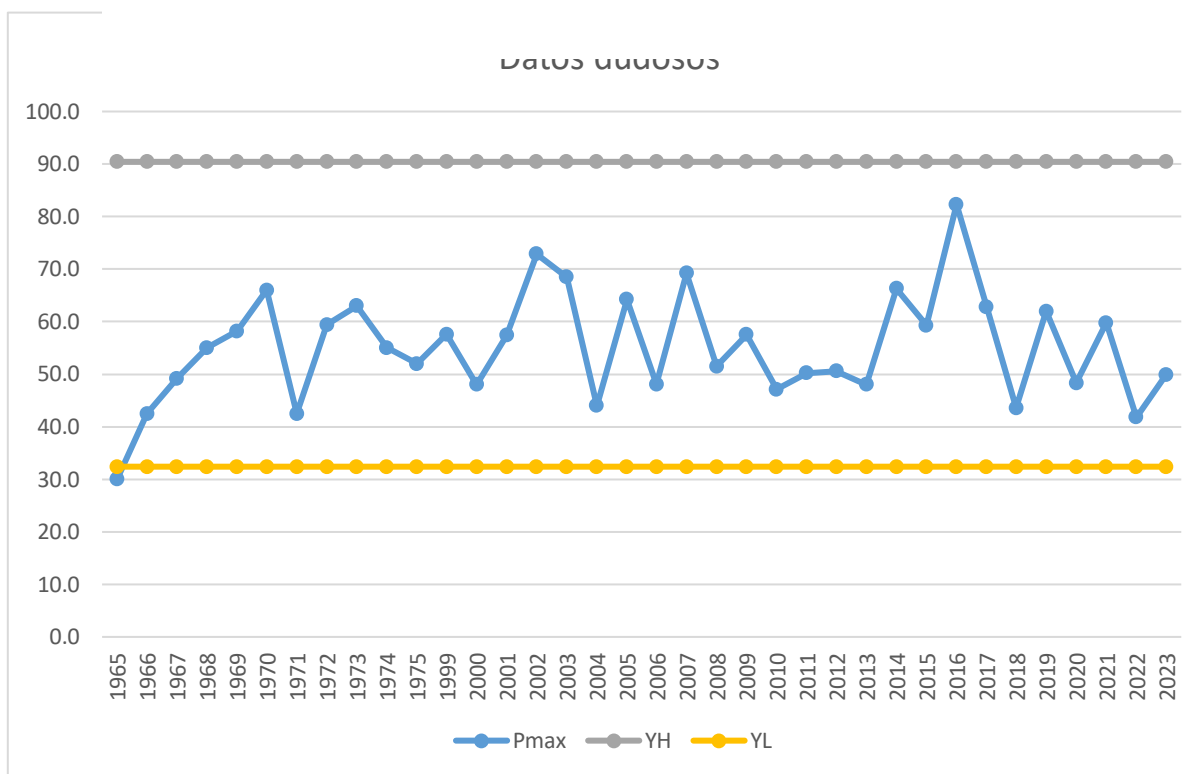
Umbral de datos dudosos bajos (YL =unidad logarítmica)

$$YL = 32.39943864$$

Si el valor máximo 30.0 es menor al umbral de datos dudosos 32.39944, podemos decir que SI existen datos dudosos bajo de la muestra (no está dentro del umbral)

Con los resultados obtenidos en el siguiente diagrama, contrastando con los registros de precipitaciones máximas en 24 horas de la estación MACHU PICCHU /000679/ DZ-12, se observó que el registro del año 1965 se detecta como valor que está fuera de los rangos establecidos.

Diagrama 6_Datos dudosos. Fuente propia.



2.1.2. Análisis Estadístico de distribución de mejor ajuste

Para el análisis se ha considerado los registros de precipitaciones máximas en 24 horas de la estación MACHU PICCHU /000679/ DZ-12.

- Distribución Normal
- Distribución Log-Normal
- Distribución Gumbel

El procedimiento que se realiza, está basado en las diferentes distribuciones de frecuencia usadas en el análisis de eventos hidrológicos máximos.

- **Distribución Normal**

Se define a partir de la siguiente ecuación:

$$P_{\max} = P_m + k \cdot \sigma_p$$

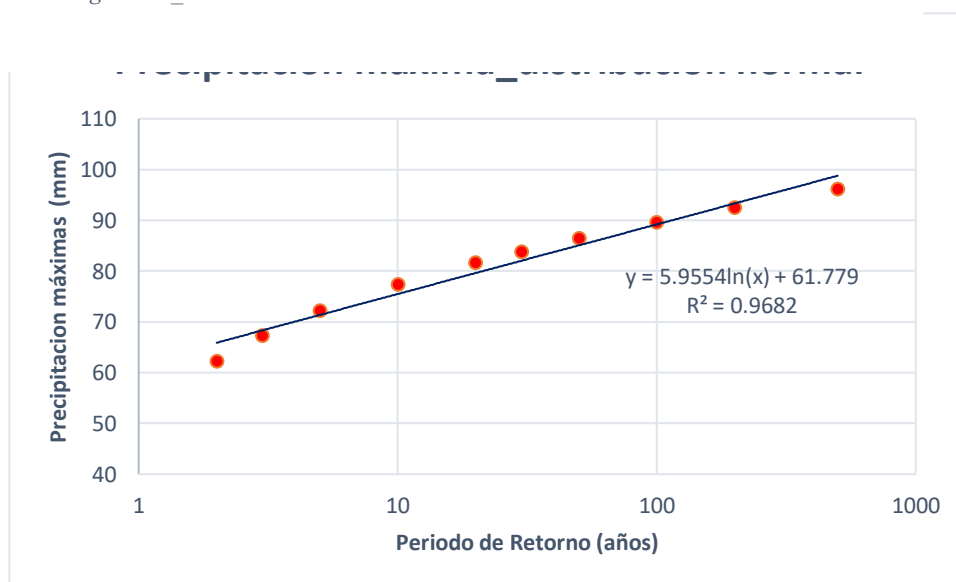
k : variable estandarizada (z)

σ_p : desviación estándar

Tabla 10 _ANÁLISIS DE PROBABILIDAD PARA LA DISTRIBUCIÓN NORMAL

PRECIPITACIÓN CORRECIÓN				
Tr	P	Normal	Xt	PP (mm)
Años	F (Z)	Z	(mm)	Xi (mm)
2	0.500	0.00	55.103	62.266
3	0.667	0.43	59.582	67.328
5	0.800	0.84	63.857	72.158
10	0.900	1.28	68.431	77.327
20	0.950	1.65	72.210	81.597
30	0.967	1.83	74.173	83.816
50	0.980	2.05	76.463	86.403
100	0.990	2.33	79.299	89.608
200	0.995	2.58	81.881	92.526
500	0.998	2.88	85.053	96.110

Diagrama 7 _ANÁLISIS DE PROBABILIDAD PARA LA DISTRIBUCIÓN NORMAL



- **Distribución Log-Normal**

Se define a partir de la siguiente expresión:

$$P_{\max} = \log P_m + K_t \cdot S$$

k : variable estandarizada (z)

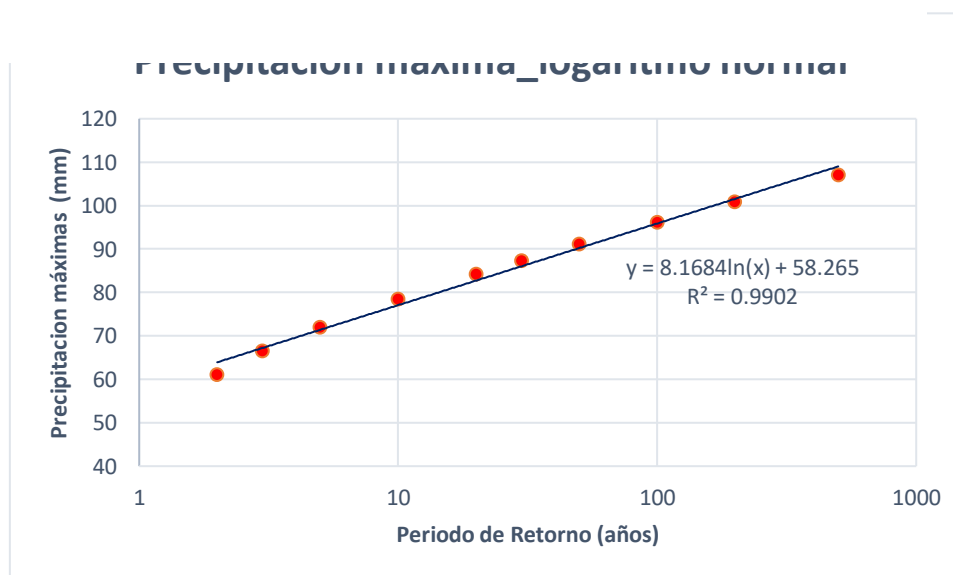
K_t : variable reducida

S : desviación estándar de los logaritmos de precipitaciones máximas

Tabla 11 _ANÁLISIS DE PROBABILIDAD PARA LA DISTRIBUCIÓN LOG-NORMAL

T_r (años)	P	Distribu.Log.Normal			Corrección
		K_t	X_t	10^{X_t} (mm)	PP (mm)
2	0.500	0.000	1.733	54.126	61.163
3	0.667	0.431	1.770	58.856	66.507
5	0.800	0.842	1.804	63.752	72.040
10	0.900	1.282	1.842	69.446	78.474
20	0.950	1.645	1.872	74.530	84.219
30	0.967	1.834	1.888	77.322	87.373
50	0.980	2.054	1.907	80.699	91.190
100	0.990	2.326	1.930	85.093	96.155
200	0.995	2.576	1.951	89.323	100.935
500	0.998	2.878	1.976	94.732	107.047

Diagrama 8 _ANÁLISIS DE PROBABILIDAD PARA LA DISTRIBUCIÓN LOG-NORMAL



- **Distribución Gumbel**

Se define a partir de la siguiente expresión:

$$Y_t = -\ln(-\ln(1-P))$$

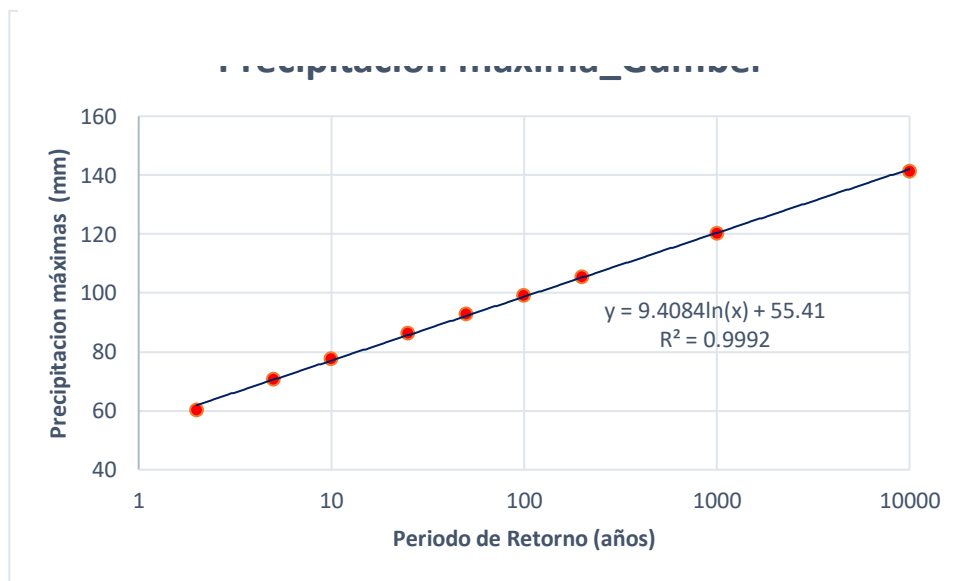
P : probabilidad de que un valor de precipitación sea igualado o excedido.

Tabla 12_Cálculo de las precipitaciones diarias Máximas probables para distintas frecuencias

Cálculo de las precipitaciones diarias Máximas probables para distintas frecuencias

Periodo retorno (años)	Variable reducida (Y_t)	Precipitación X_t (mm)	Probabilidad ocurrencia $F(x_t)$	Corrección intervalo fijo X_t (mm)
2	0.367	53.395	0.500	60.336
5	1.500	62.585	0.800	70.721
10	2.250	68.670	0.900	77.597
25	3.199	76.358	0.960	86.285
50	3.902	82.062	0.980	92.730
100	4.600	87.723	0.990	99.127
200	5.296	93.364	0.995	105.501
1000	6.907	106.430	0.999	120.266
10000	9.210	125.104	1.000	141.367

Diagrama 9 _ANÁLISIS DE PROBABILIDAD PARA LA DISTRIBUCIÓN GUMBEL



2.1.3. Determinación de Intensidad de Diseño

En función a los resultados obtenidos, se consideró que los datos obtenidos de la distribución de Gumbel presentan mayor certeza, utilizando la aplicación de la metodología del Modelo de Frederick Bell.

$$P_t^T = (0.21 \ln T + 0.52)(0.54t^{0.25} - 0.50) P_{60}^{10}$$

P_{60}^{10} : Precipitación de duración de 60 minutos y periodo de retorno 10 años, en milímetros.

t : duración

T : periodo de retorno (años)

P_t^T : Precipitación caída en t minutos con periodo de retorno T años

Tabla 13 _PRECIPITACION MAXIMA (mm) del Modelo de Frederick Bell

T_r (años)	P_{max} 24 horas	10 min	30 min	60 min	90 min	120 min
2	60.34	8.32	13.81	18.13	21.03	23.27
5	70.72	10.73	17.80	23.37	27.11	30.00
10	77.60	12.54	20.82	27.33	31.70	35.08
25	86.28	14.95	24.81	32.58	37.78	41.81
50	92.73	16.77	27.83	36.54	42.38	46.90
100	99.13	18.59	30.85	40.51	46.98	51.99
200	105.50	20.41	33.87	44.47	51.58	57.08
1000	120.27	24.63	40.88	53.68	62.26	68.89
10000	141.37	30.68	50.91	66.85	77.53	85.80

Tabla 14 _ESTACION MACHU PICCHU INTENSIDAD MAXIMA (mm/hrs)

T_r (años)	10 min	30 min	60 min	90 min	120 min
2	49.92	27.61	18.13	14.02	11.63
5	64.35	35.60	23.37	18.07	15.00
10	75.27	41.63	27.33	21.14	17.54
25	89.70	49.62	32.58	25.19	20.91
50	100.62	55.66	36.54	28.25	23.45
100	111.54	61.70	40.51	31.32	25.99
200	122.45	67.73	44.47	34.39	28.54
1000	147.80	81.76	53.68	41.50	34.45

10000	184.07	101.82	66.85	51.69	42.90
--------------	---------------	---------------	--------------	--------------	--------------

Diagrama 11 _ESTACIÓN MACHUPICCHU, CURVAS INTENSIDAD – DURACIÓN – PERIODO DE RETORNO.

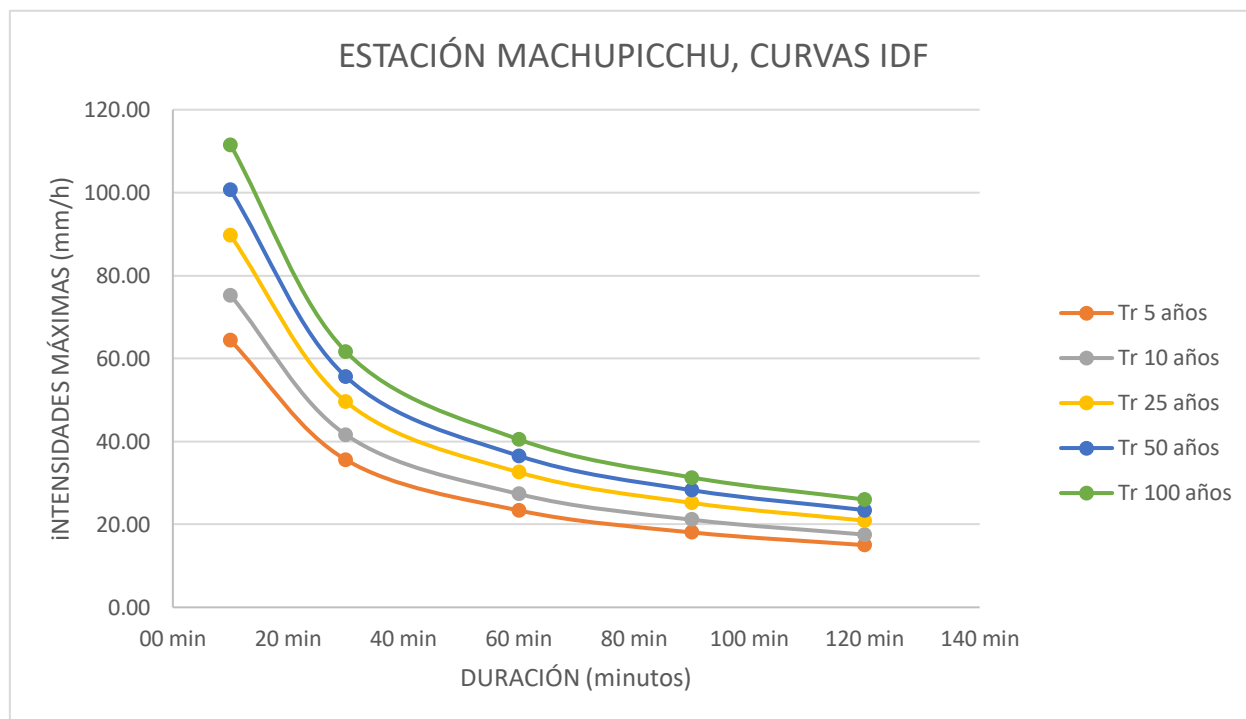
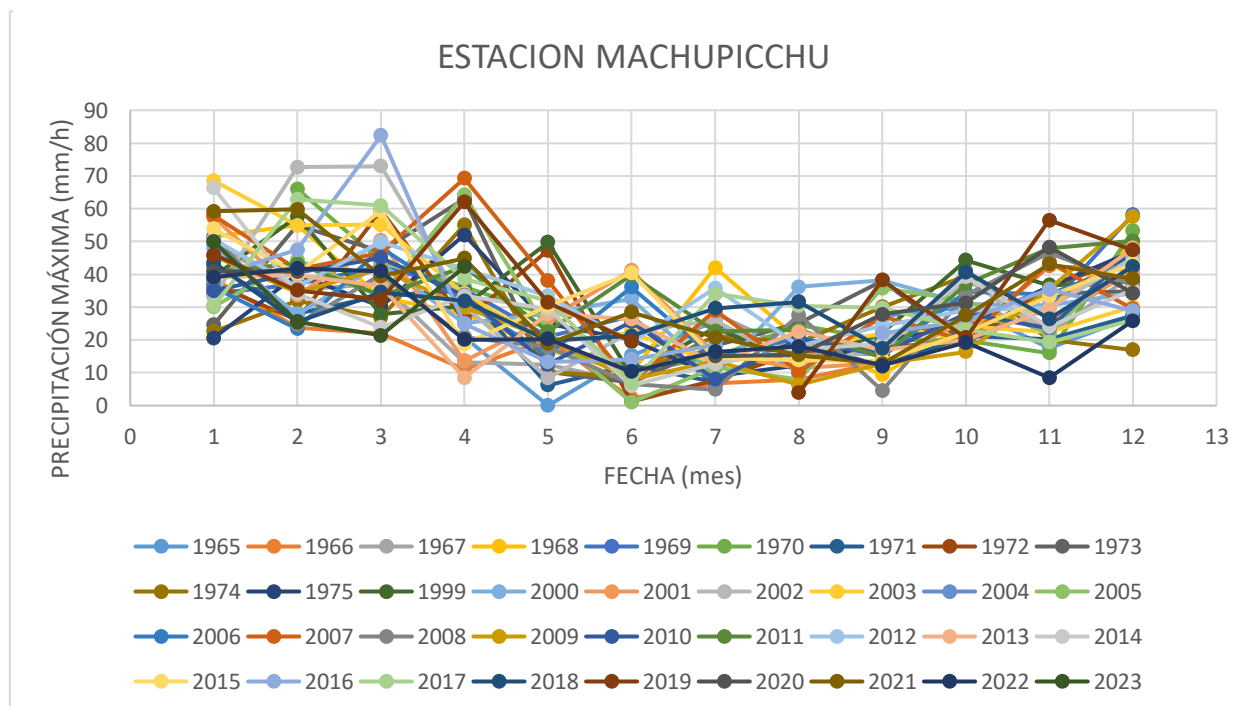


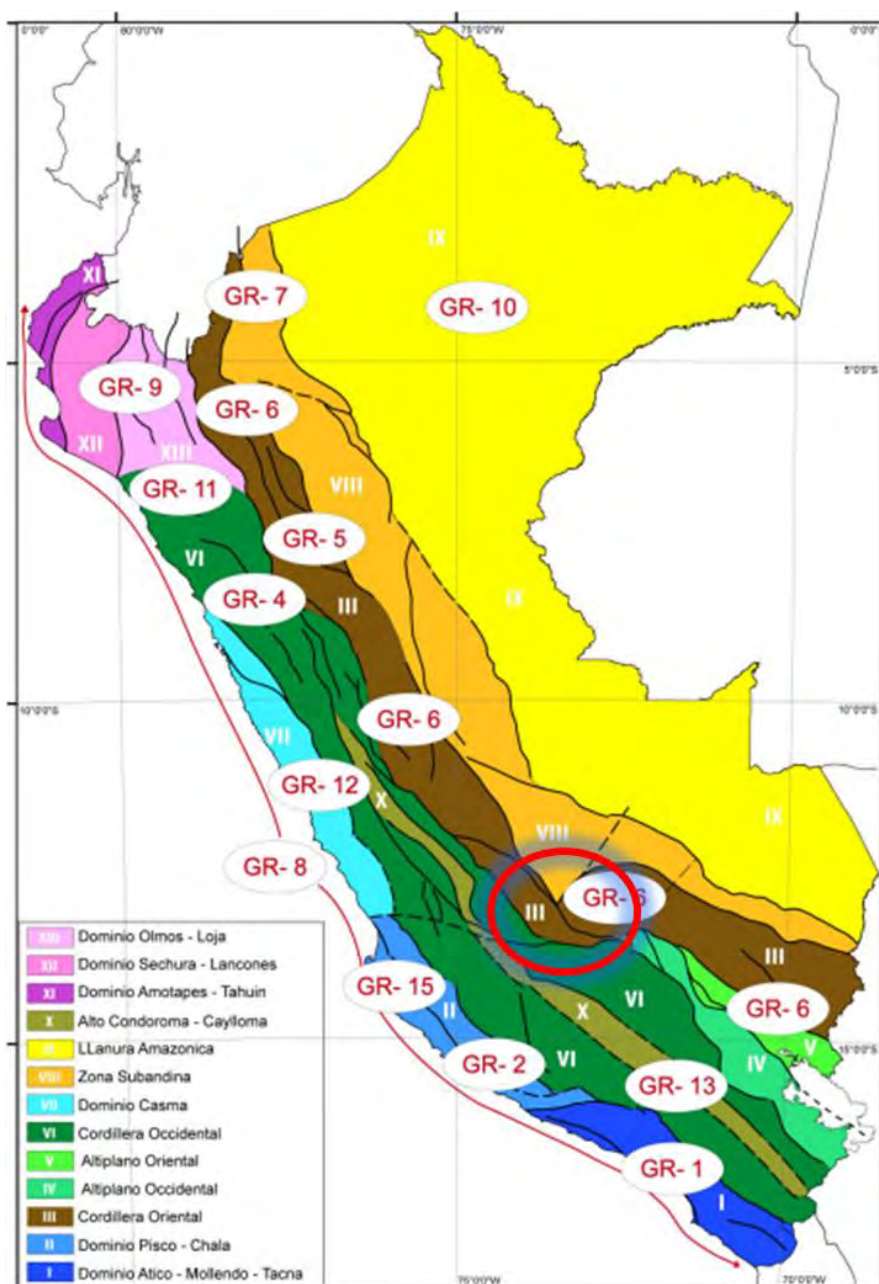
Diagrama 10 _entre las fechas de noviembre a abril, presentan mayores valores de precipitación pluvial.



2.2. Aspectos Geomorfológicos

Desde el punto de vista morfoestructural la zona de estudio se ubica a nivel regional en la Cordillera Oriental de los Andes Peruanos en la Región de Cusco (Ilustración 6), al presentar relieve agreste y fuertes pendientes, van a condicionar la ocurrencia de procesos en movimientos de masa tipo deslizamiento-flujo.

Ilustración 11: Mapa de dominios geológicos o geotectónicos y la ubicación del área de estudio.



2.2.1. Pendientes de terreno

Según los trabajos de Carlotto et al. 1999, en su trabajo “Boletín A127 - Quillabamba Machupicchu”, el Valle del río Santa Teresa, atraviesa rocas intrusivas paleozoicas, desarrollando fuertes pendientes en ambos flancos.

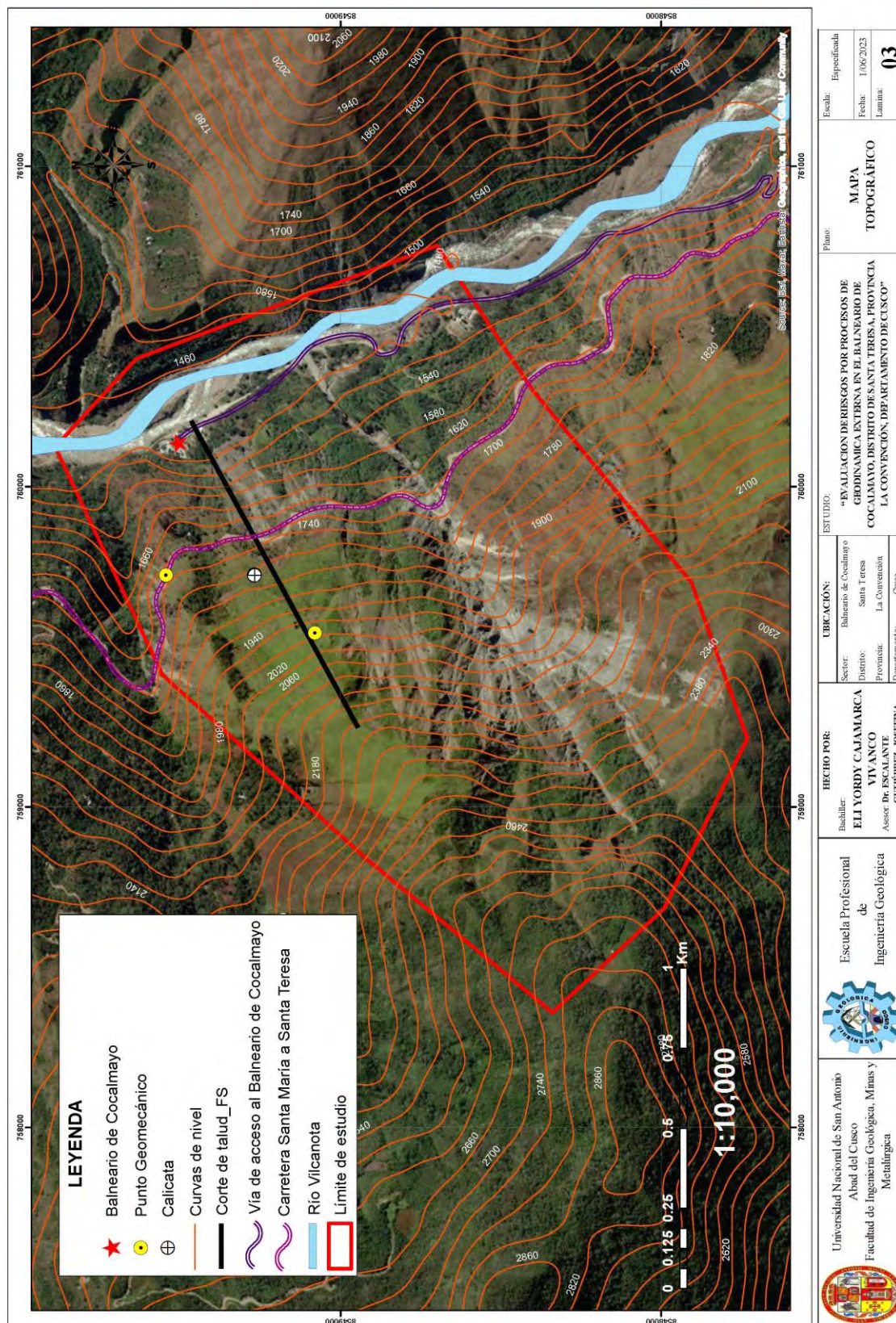
La pendiente es un parámetro importante para la evaluación de los niveles de riesgo, actúa como un factor condicionante, ya que este es uno de los principales factores dinámicos de los movimientos en masa. Para pendientes con una inclinación mayores a 30° tiene mayor probabilidad que ocurran movimientos en masa, ya que a mayor pendiente se facilita el escurrimiento superficial y por ende tiende a presentar la erosión hídrica o pluvial. (Vilchez et al., 2013).

La zona de estudio se encuentra localizada en el valle del río Urubamba, la cual presenta fuertes pendientes en ambos flancos, se tomaron en cuenta la siguiente clasificación: plano a ligeramente plano (0° - 5°), moderadamente inclinado (5° - 15°), moderadamente empinado (15° - 25°), empinado (25° - 45°) y muy empinado ($>45^\circ$).

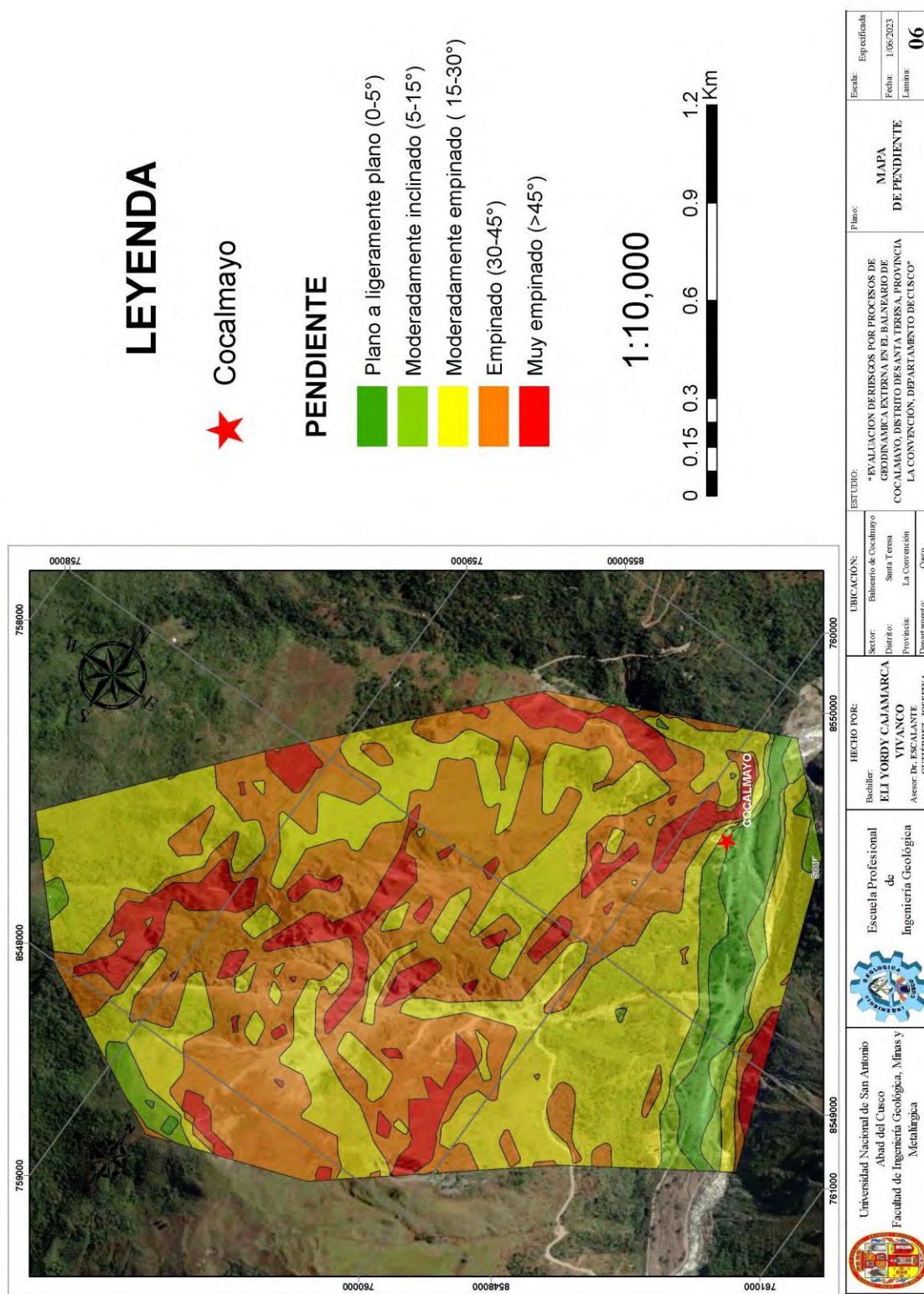
Foto 2_vista panorámica; en el cauce del río, presenta pendientes muy baja a baja y en toda la montaña, presenta laderas con pendiente alta a muy alta.



Mapa 3 _Mapa topográfico. Fuente: propia.



Mapa 4 _Mapa de pendientes. Fuente: Propia.



2.2.2. Unidades Geomorfológicas

Realizando el mapeo en nuestra zona de estudio, se pudo verificar 5 unidades geomorfológicas:

2.2.2.1. Circo de erosión

Presenta una forma cóncava en el relieve montañoso, presentando laderas escarpadas, originándose en las cabeceras, caída, deslizamientos y por la acción de la erosión fluvial, termina incidiendo en un canal principal.

Foto 3_Circo de erosión



2.2.2.2. Vertiente con depósito de deslizamiento

En la vertiente con depósito de deslizamiento, presenta acumulaciones de ladera por procesos de movimientos en masa, tanto recientes como antiguos, son del tipo deslizamientos y movimientos complejos. Su composición litológica presenta materiales inconsolidados a ligeramente consolidados y bloques del macizo rocoso de Ollantaytambo.

Foto 4 _Vertiente con depósito de deslizamiento



2.2.2.3. Vertiente o pie de monte aluvio-torrencial

En la vertiente o pie de monte aluvial, presenta una inclinación plana a pendiente suave, está formado por la acumulación de material aluvial provenientes de la quebrada de Cocalmayo, en la cuales se presenta por flujos de detritos y de la cuenca del rio Vilcanota.

Foto 5 _Vertiente o pie de monte aluvio-torrencial



2.2.2.4. Montaña en roca metamórfica

Están representadas por laderas de montaña que tiene fuerte pendiente (75°), corresponden al complejo metamórfico Ollantaytambo (CAOi-o) conformado por rocas tipo filitas, el macizo rocoso presenta grado de fracturación fracturado a altamente fracturado y esta moderada a altamente meteorizado, por la acción de las fallas y la dirección de sus discontinuidades. Su grado de peligrosidad se caracteriza por caídas de rocas.

Foto 6_Montaña en roca metamórfica



2.2.2.5. Cono aluvial

Presenta una forma cónica, se encuentra al pie de la quebrada de Cocalmayo, en dirección de la salida de la cárcava, producto del transporte de las aguas superficiales, conformado por limo, gravas y fragmentos rocosos, que son de origen metamórfico

Foto 7_cono aluvial



2.3.1. Unidades Litológicas

Las unidades Litoestratigráficas que afloran en la zona de estudio y alrededores son del complejo metamórfico, conformado únicamente por el Grupo Ollantaytambo (CAOi) conformado por rocas tipo esquistos, filitas y pizarras, y se tienen cono aluvial, depósitos coluviales, depósitos de deslizamiento, que supra yacen al complejo metamórfico.

2.3.1.1. Grupo Ollantaytambo (CaOi).

El macizo rocoso se encuentra en todo el sector, durante el paso de los años este macizo rocoso presento erosión y meteorización convirtiendo en suelo en toda la superficie, sin embargo, este macizo rocoso se puede apreciar en la quebrada de Cocalmayo, en el mismo Balneario de Cocalmayo y en los cortes de talud, se caracteriza principalmente por su foliación y está compuesta principalmente del tipo de roca pizarra, filita y esquisto.

Foto 8 _afloramiento del macizo rocoso (filita)



Tabla 15 _Descripción de la formación de Ollantaytambo, Fuente propia

Identificador	descripción
Etiqueta	CaOi
Unidad	Complejo metamórfico Ollantaytambo
Tip. Unidad	Metamórfica
Litología	Pizarra-Filitas-Esquisto
Edad Máxima	Carbonífero
Edad Mínima	Ordovícico inferior
Ambiente	Metamórfica (regional)

2.3.1.2.Depósito Aluvial (Qal).

Mayormente se encuentra en cono de deyección o también conocido como abanico aluvial, estos depósitos de aluviones se generan a causa de la erosión en las salidas de la quebrada de Cocalmayo y van tomando la forma de conos aluviales (asociados a los flujos de detritos), el depósito está conformado por bloques de roca, grava, los fragmentos rocosos son de origen metamórfico, según el INGEMMET corresponde al complejo metamórfico Ollantaytambo (CAOi-o) conformado por rocas tipo esquistos, filitas y pizarras, el depósito fluvio-aluvial presenta gravas y bolones distribuidas en forma caótica, los agregados gruesos presentan geometrías sub angulosas a sub redondeadas y están englobados en matriz limo arenoso, presenta grado de compacidad de suelto a muy suelto.

Tabla 16 _descripción del depósito aluvial. Fuente: propia.

Identificador	descripción
Etiqueta	Qal
Unidad	Depósito aluvial
Tip. Unidad	Sedimento
Edad Máxima	Cuaternario Holoceno
Edad Mínima	Cuaternario Holoceno
Ambiente	Continental (aluvial)

Foto 9_Conos de deyección. Fuente: propia



2.3.1.3. Depósito fluvio-aluvial (Qfl-al).

Se encuentran alrededor del caudal del río Vilcanota con pendientes suaves ($<45^\circ$), el depósito fluvio-aluvial presenta gravas, bolones y bloques distribuidas en forma caótica, los agregados gruesos presentan geometrías angulosas a sub angulosas y están englobados en matriz arenoso, presenta grado de compacidad de suelto a muy suelto

Descripción depósito fluvio-aluvial

Tabla 17 _descripción del depósito fluvio-aluvial. Fuente: propia.

Identificador	descripción
Etiqueta	Qfl-al
Unidad	Depósito fluvio-aluvial
Tip. Unidad	Sedimento
Edad Máxima	Cuaternario Holoceno
Edad Mínima	Cuaternario Holoceno
Ambiente	Continental (fluvio-aluvial)

Foto 10 _depósito fluvio-aluvial



2.3.1.4.Grupo Coluvial (Qcl).

El depósito coluvial supra yace sobre el complejo metamórfico de Ollantaytambo (CaOi), el depósito coluvial viene conformado por fragmentos y bloques rocosos de origen metamórfico, según el INGEMMET corresponde al complejo metamórfico Ollantaytambo (CAOi-o) conformado por rocas tipo esquistos, filitas y pizarras. El depósito coluvial presenta gravas, bolones y bloques distribuidas en forma caótica, los agregados gruesos presentan geometrías angulosas a sub angulosas y están englobados en matriz arcilla-limo arenoso, presenta grado de compacidad de suelto a muy suelto.

Tabla 18_descripción del depósito coluvial. Fuente: propia.

Identificador	Descripción
Etiqueta	Qh-cl
Unidad	Depósito coluvial
Tip. Unidad	Sedimento
Edad Máxima	Cuaternario Holoceno
Edad Mínima	Cuaternario Holoceno
Ambiente	Continental

Foto 11_depósito coluvial, que supra yace sobre el macizo rocoso



2.3.1.5. Depósito de material externo (DME).

Son materiales producto de cortes de talud que se realizaron durante la ejecución del proyecto Mejoramiento de la carretera Santa María - Santa Teresa - Pte. Hidroeléctrica - Machu Picchu, conformado en su mayoría por los depósitos coluviales y bloques rocosos de origen metamórfico, según el INGEMMET corresponde al complejo metamórfico Ollantaytambo (CAOi-o), todos estos materiales excedentes son depositados, posteriormente compactados y

aplicando un diseño geotécnico en formas de banquetas y con la instalación de geomantos, garantizando así su estabilidad.

Tabla 19 _descripción del depósito de material externo. Fuente: propia.

Identificador	descripción
Etiqueta	DME
Unidad	Desmonte de material externo
Tip. Unidad	sedimento y fragmentos de roca
Edad Máxima	Cuaternario Holoceno
Edad Mínima	Cuaternario Holoceno

Foto 12 _Desmonte del material externo, depositados durante la ejecución del Proyecto Mejoramiento de la Carretera Santa María - Santa Teresa - Puente Hidroeléctrica Machu Picchu.





2.4. Geodinámica

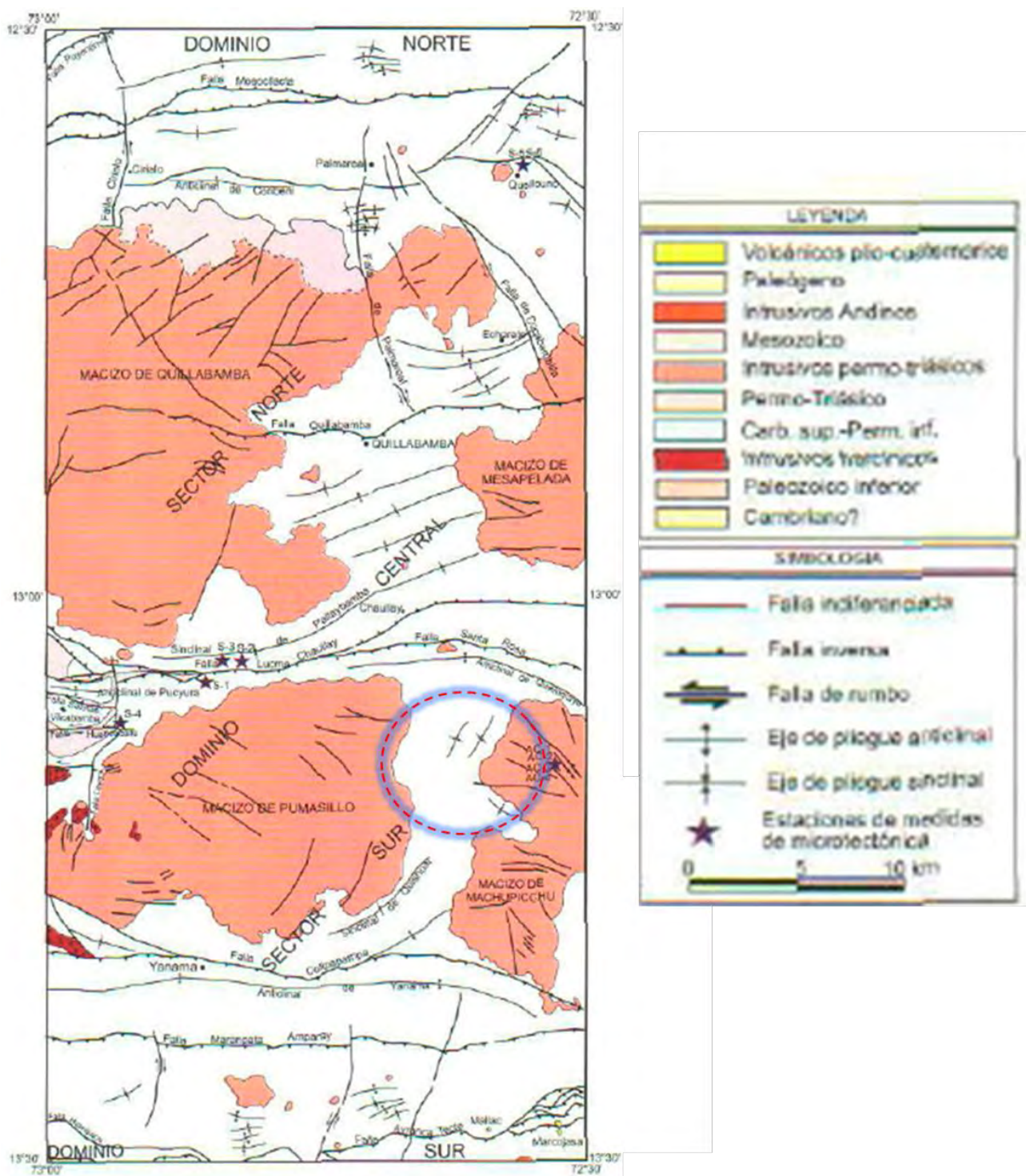
2.4.1. *Geodinámica Interna*

2.4.1.1. Tectónica

Geomorfológicamente la Cordillera Oriental, se puede dividir en 3 dominios las cuales son: dominio Sur con estructuras E-O, dominio Central con estructuras NO-SE, E-O y N-S, dominio Norte con estructuras NE-SO a E-O; nuestra zona de estudio abarca dentro del dominio Central.

El dominio Central se subdivide en 2 sectores, las cuales son: Norte y Sur, nuestra zona de estudio se encuentra en el sector Sur, presenta sistemas de fallas inversas.

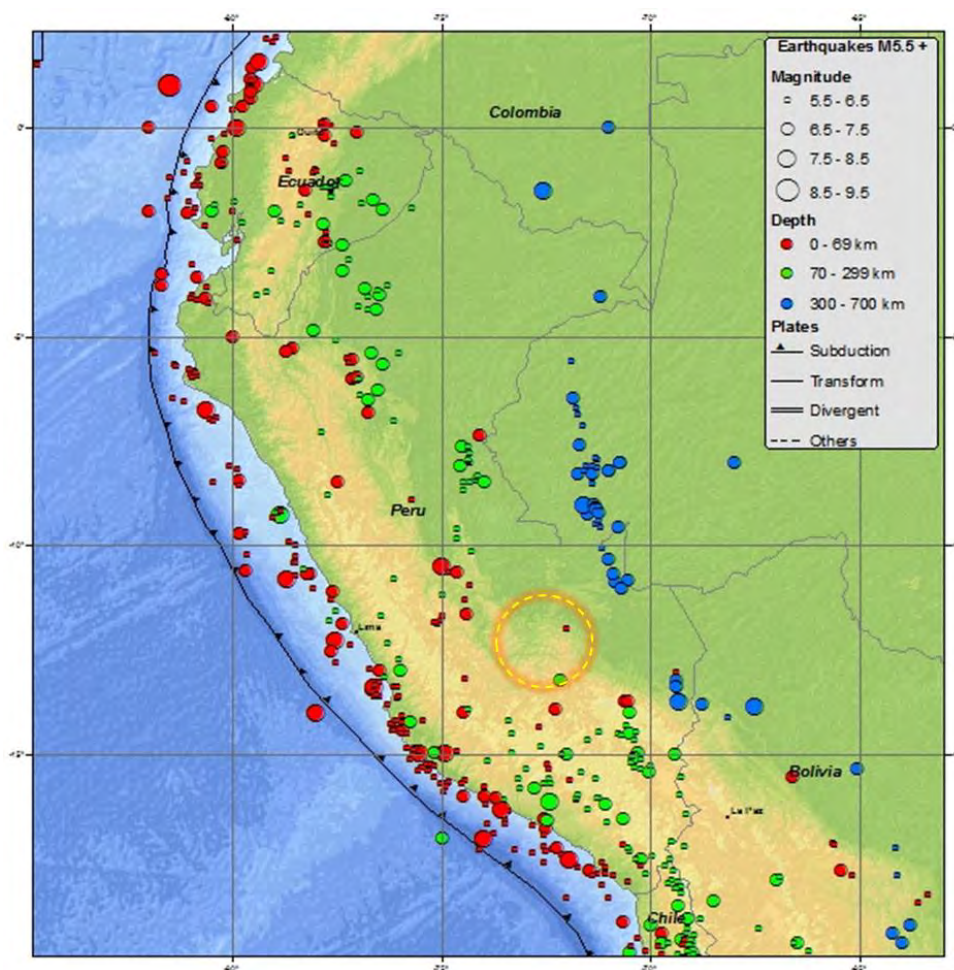
Ilustración 14: Ubicación de la zona de estudio en el Mapa Estructural del dominio Central “Geología de los cuadrángulos de Quillabamba (26-q) y Machupicchu (27-q)” INGEMMET 1999.



2.4.1.2.Sismicidad

El Perú se encuentra ubicado en el “Cinturón de Fuego Circumpacífico”, la cual es el ámbito territorial donde se origina el 80% de los sismos del mundo, esto debido a los procesos de subducción de la placa de Nazca bajo el Continente Sudamericano, la cual generan los principales elementos que afectan a la sismicidad del Perú, los grandes terremotos que se producen se encuentran a profundidades menores de 70 km, también se produce sismos a mayores profundidades, sin embargo a mayor profundidad estos no presentan grandes magnitudes.

Ilustración 15: Mapa de sismos ocurridos desde el año 1900, con magnitudes desde los 5.5° de magnitud, abarcando profundidades de hasta 700km (hipocentro). Fuente USGS



De acuerdo a la Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Edificaciones, el territorio nacional se encuentra dividido en 4 zonas sísmicas basada a la distribución de la sismicidad observada, sus características de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral.

En la siguiente ilustración, muestra la zonificación del territorio peruano, en nuestra zona de estudio según dicha Norma se puede comprobar que estamos dentro de la Zona 2, por lo tanto, va a corresponder una aceleración máxima horizontal de 0.25g., este dato es muy importante, la cual se utiliza para los modelamientos de estabilidad de talud en el análisis pseudoestático.

Ilustración 16: Zona sísmica del Perú con su respectiva indicación de la zona de estudio. Fuente (Norma Técnica E-030)



2.4.2. Geodinámica Externa

2.4.2.1. Análisis de susceptibilidad

Según la Sociedad Geológica del Perú, Pub. Esp. N° 9 (2010), la zona de estudio presenta:

En mayor concentración de grado de susceptibilidad Muy Alto, ladera que presenta zonas de falla, masas de suelo altamente meteorizados, la cual en estos sectores existe alta posibilidad de que ocurra movimientos de masa, esto se puede evidenciar en las partes altas de la ladera, indicios de caída de rocas, flujo de detritos en toda nuestra zona de desprendimiento del deslizamiento y todos estos materiales terminan depositando en la de la zona de acumulación, la cual no existe una completa seguridad ante algún acontecimiento que pueda ocurrir.

Foto 13_Balneario de Cocalmayo, ubicado al pie de la ladera.



2.4.2.2.Desarrollo de Inestabilidad, mediante imágenes satelitales

De acuerdo a Leroueil sobre el desarrollo de la inestabilidad, la zona de estudio se encuentra en una fase Activa, ya que el deslizamiento presenta desplazamiento y este asociado a la presencia de lluvias o elevaciones del nivel freático, el desplazamiento se comprobó al realizar la metodología del monitoreo topográfico.

Análisis de imágenes satelitales:

La Imagen satelital de la fecha del 09/2023, por todo el talud de corte de la carretera Santa María – Santa Teresa con referencia a nuestra zona de estudio presenta actividad de la caída de roca, y también se puede apreciar la demarcación de la geometría del deslizamiento.

Ilustración 17 _Imagen satelital de la fecha del 09/2023



La Imagen satelital de la fecha del 07/2007, fue tomada después de pasar la temporada de lluvia, la cual se observa que disminuye o cesa la actividad geodinámica de movimientos de masa y la actividad del desplazamiento con respecto a su velocidad, da la posibilidad de que

disminuya o como también ya no presenta desplazamiento (no se cuenta con registro estadístico de los movimientos dinámicos presentes en la zona de estudio), se desarrolla vegetación en la zona de los materiales acumulados producto de los movimientos de masa ocasionados con anterioridad.

Ilustración 18_Imagen satelital de la fecha del 07/2007



En las fotografías anteriores presenta vegetación en la cabeza del talud, en la fotografía tomada en la fecha 06/2014 se observa otro deslizamiento que pudo ocurrir entre el intervalo de 2007 a 2014, donde la escarpa presenta 2 a 5 metros de altura, como consecuencia se tiene asentamientos y deformaciones en la carretera Santa María-Santa Teresa, en la zona de acumulación del deslizamiento se evidencia mayor concentración de volumen depositado; también presenta el desarrollo de un canal de flujo por donde circula la escorrentía superficial, una parte de la vía del canal de flujo toma como camino por el flanco derecho del deslizamiento.



Comienza a revegetar, como también presenta construcción de viviendas en la zona de acumulación del deslizamiento.

Ilustración 20 Imagen satelital de la fecha del 08/2016



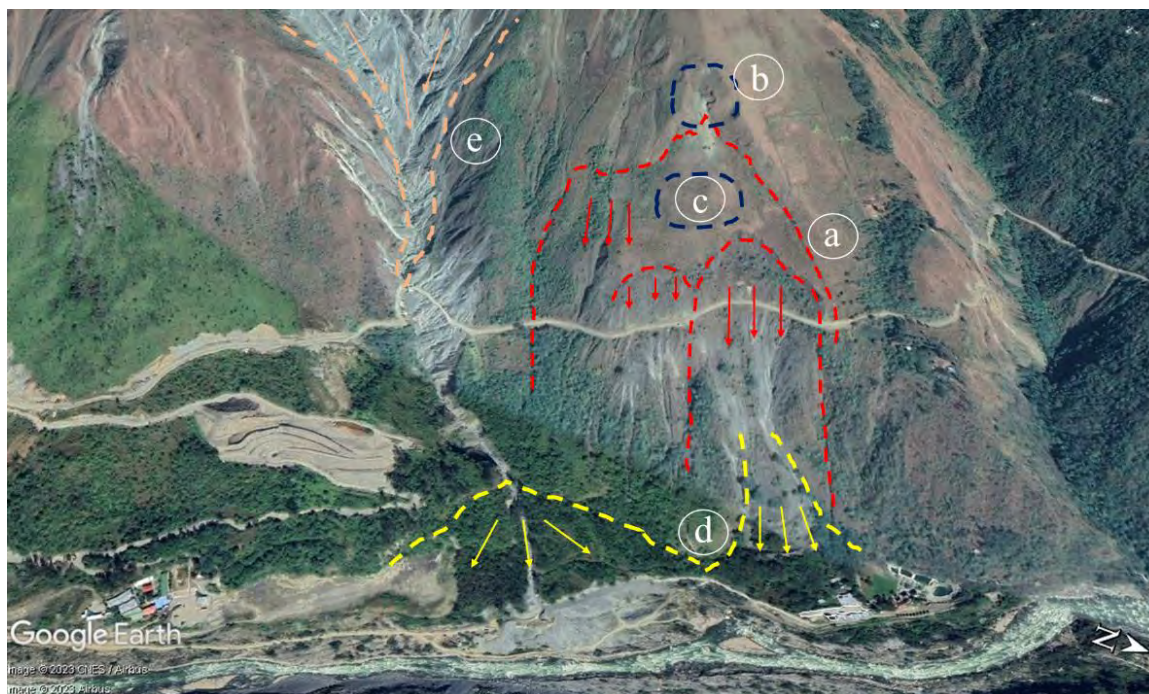
Por la parte de la corona del deslizamiento se evidencia actividad dinámica de caída de rocas.

Ilustración 21 _Imagen satelital de la fecha del 07/2020



2.4.2.3. Análisis Geodinámico

Ilustración 22 _Representación de la Actividad geodinámico en imagen satelital del Google Earth.



En consideración a la Ilustración 22:

- a) Presenta movimientos complejos, la cual presenta caída de rocas, deslizamientos, en temporadas de lluvia tiende a presentar mayor actividad geodinámica, la cual nos determina, que la precipitación pluvial es uno de los principales factores desencadenantes. La masa de volumen inestable, tiene como dirección en afectar al Balneario de Cocalmayo y su respectiva vía de acceso (también afecta la única vía de acceso que conecta Santa Teresa – Santa María).

Foto 14_Caída de rocas, ocurrido a tempranas horas del día 04 de abril del 2023.



Foto 15 _parte superior del talud, presenta escarpa de falla y caída de materiales, y en el talud inferior del talud, presenta como el material va transportándose hasta llegar al pie del talud (lo cual se encuentra el Balneario de Cocalmayo y su vía de acceso)

77



Con el apoyo del instrumento del equipo dron, se logró obtener imágenes de todo el escarpe de falla y como este viene afectando un gran perímetro en toda la ladera de la montaña.

Foto 16 _Escarpa de falla



Foto 17_Balneario de Cocalmayo, se encuentra dentro de la dirección de los movimientos de masa



Foto 18_el equipo dron, medio por el cual, se realizó con la finalidad de obtener imágenes aéreas.



En la foto 20, el 7 de marzo del 2022 se registró y evidenció la reactivación del deslizamiento, y como consecuencia presentó asentamientos y deformaciones en la plataforma de la carretera Santa Maria – Santa Teresa, tomando en consideración a las revisiones de las imágenes satelitales de los años pasados, ya presentaba actividad en el intervalo del año 2007 a 2014, lo cual esto, se abría activado nuevamente.

Por los hechos ocurridos, se realizó con la instalación de puntos de monitoreo topográfico, con la finalidad de hacer seguimiento al movimiento de masa (ver desplazamiento: monitoreo topográfico).

Foto 19_perímetro del deslizamiento



Foto 20_ grieta en la plataforma de la carretera Santa Teresa – Santa María

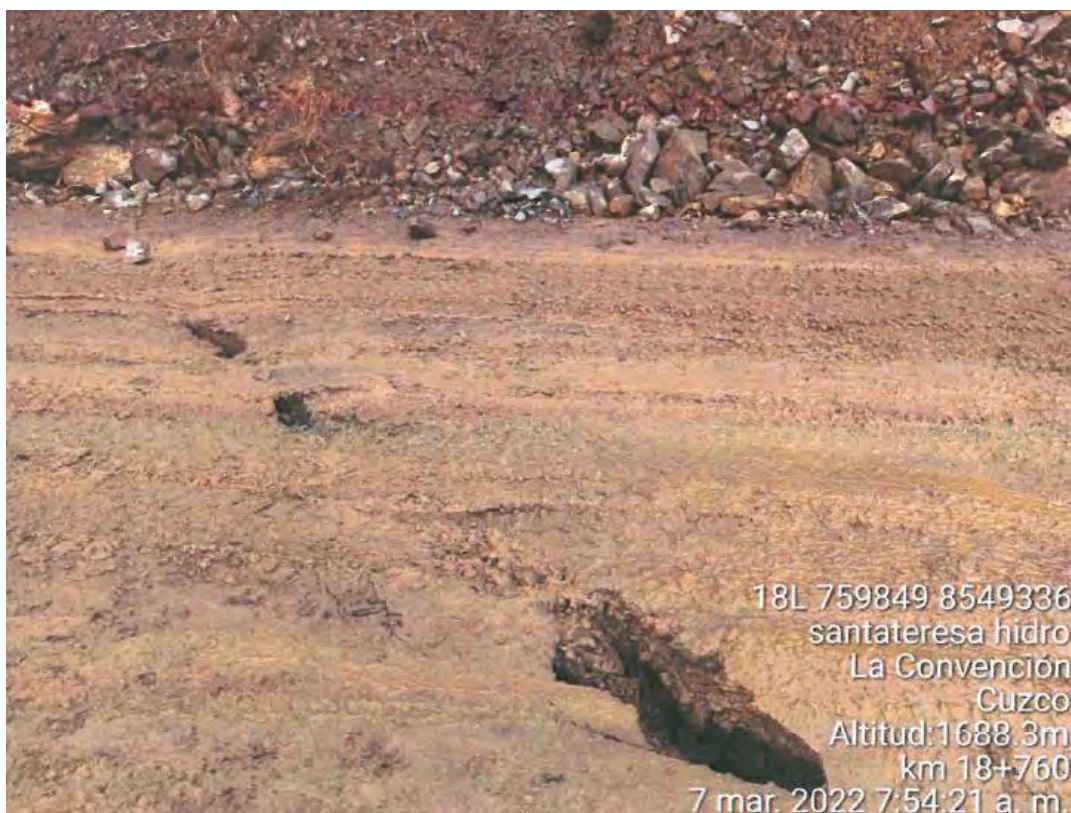


Ilustración 23_Morfología del deslizamiento



- b) Presenta caída de rocas, en consecuencia, a la erosión y meteorización, motivo la cual se encuentran expuestos a todos estos agentes de erosión. Se puede evidenciar que estos casos presentan en las partes altas de la ladera.

Foto 21_Afloramiento de macizo rocoso, del complejo metamórfico de Ollantaytambo.



- c) En este sector, presenta acumulación de bloques de roca (producto de la caída de rocas); la zona en el que se encuentra acumulando, aumenta la mayor probabilidad para originar un deslizamiento a mayor volumen, esto debido a que presenta acumulación constante de volúmenes de masa, obteniendo así, mayor carga actuante.

Foto 22_acumulación de fragmentos de roca, en la parte superior del talud.



- d) Los conos de deyección, afectan constantemente en temporadas de lluvia, ocasionando el bloqueo de la carretera, impidiendo el acceso a Cocalmayo (tal sea el caso para acceder o dejar aislados); parte de la dirección del cono de deyección tiene como dirección en afectar al Balneario de Cocalmayo.

Foto 23_Zona de salida de la cárcava, dirección de la quebrada de Cocalmayo.



- e) El circo de erosión, que presenta en la parte alta de la ladera de la montaña, con la presencia de la precipitación pluvial, produce flujo de detritos, que afecta la vía de conexión de Santa Teresa – Santa María y afectando al acceso del Balneario de Cocalmayo.

Foto 25_Limpieza del flujo de detritos, en la quebrada de Cocalmayo.



Foto 24_Personas que se exponen al peligro, al querer pasar al otro tramo de la carretera, en la quebrada de Cocalmayo.



Capítulo III: Evaluación y Caracterización del Nivel de Riesgo

3.1.Generalidades

Los movimientos en masa son parte de los procesos denudativos que modelan el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre y en la interface entre esta, la hidrósfera y la atmósfera (GEMMA, 2007).

La caracterización y representación de los movimientos en masa implican la presentación de un escenario del comportamiento probable en un área determinada. Los parámetros más relevantes para la caracterización y mapeo, son aquellos que llevan a entender su potencial destructivo: la localización, el tamaño ya sea en volumen o áreas (denominada por la mayoría de los autores como magnitud), la velocidad, la profundidad de la superficie de fallas, el espesor (generalmente denominado como la intensidad), la deformación pre y post fallamiento; así mismo debe incluir el análisis de la probabilidad de ocurrencia o las frecuencias. (PMA, 2007).

Para la evaluación del nivel de riesgo originado por procesos de geodinámica externa en el Balneario de Cocalmayo, viene siendo el producto del nivel de peligrosidad por el nivel de vulnerabilidad. Para determinar el nivel de peligrosidad, se utilizó como parámetros los factores condicionantes (pendiente, geomorfología y geología) y factores desencadenantes (precipitaciones máximas); para la determinación de la vulnerabilidad, se utilizó como parámetros los factores social, económico y ambiental (exposición, fragilidad y resiliencia). El riesgo obtenido puede estar entre los rangos de nivel de riesgo bajo a un nivel de riesgo muy alto, lo cual, se realizará una evaluación correspondiente para caída de rocas y deslizamientos. Es muy importante tener en cuenta, ya que hay eventos o procesos que pueden significar alto riesgo aun

cuando su potencial destructivo en un área determinada (amenaza) sea muy bajo, si es que existe una alta vulnerabilidad en los elementos expuestos (PMA, 2007)

3.2. Metodología

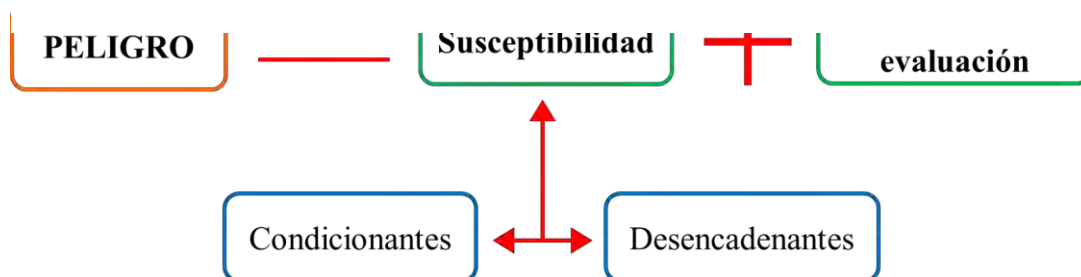
Para el desarrollo de este trabajo de investigación, se usó la metodología propuesta en el “Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da Versión”, que fue presentada por CENEPRED

FIGURA 1 _Determinación del Nivel de Riesgo



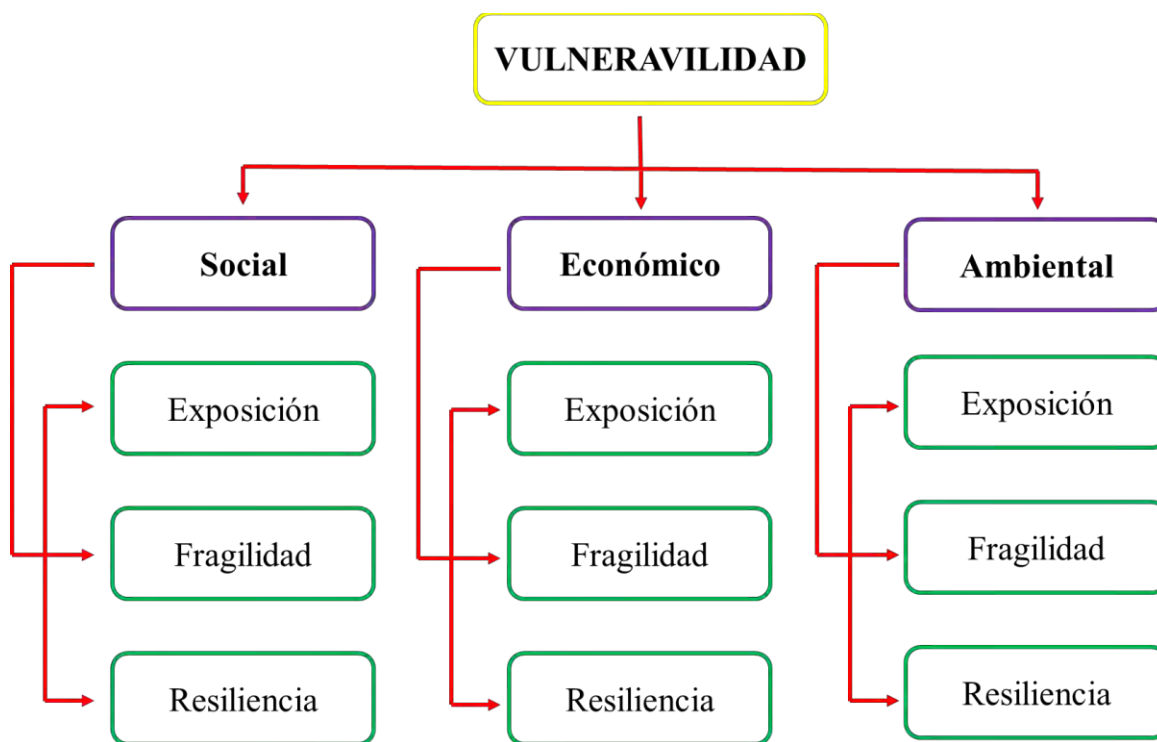
Para la determinación del peligro:

FIGURA 2 _Determinación del Nivel de Peligro



Para la determinación de la vulnerabilidad:

FIGURA 3 _Determinación del Nivel de Vulnerabilidad.



3.2.1. Método de procesos de análisis jerárquico (AHP)

Para utilizar este método, primero se construye una estructura jerárquica del problema, de modo que los elementos de un mismo nivel sean del mismo orden de magnitud y puedan relacionarse con algunos o todos los elementos del siguiente nivel. Luego de construir la estructura jerárquica del problema se realiza la valoración de los parámetros y descriptores. Esta valoración se realiza por una comparación entre uno y otro elemento basándose en factores cuantitativos en escalas, con valores del 1 al 9, según la propuesta de SAATY.

Tabla 20_Escalas de medida de SAATY (Satty, 1980).

ESCALA NUMERICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo.
5	Mas importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
1	Igual ...	Al comparar un elemento con otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo.
1/5	Menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/7	Mucho menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/9	Absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que el segundo.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

Luego de formar las matrices de comparación, se realiza la fase de priorización y síntesis. El objetivo es calcular la prioridad de cada elemento, que Saaty la define: “las prioridades son rangos numéricos medidos en una escala de razón. Una escala de razón es un conjunto de números positivos cuyas relaciones se mantienen igual si se multiplican todos los números por un numero arbitrario positivo. El objetivo de la evaluación es emitir juicios concernientes a la importancia relativa de los elementos de la jerarquía para crear escalas de prioridad de influencia” (Saaty, 1998).

Paso seguido se realiza el cálculo del vector de pesos relativos asociados a un nivel, este vector debe expresar la importancia relativa de los elementos considerados en ese nivel. Por último, la prioridad total de las alternativas comparadas se obtiene mediante la agregación de las prioridades globales (forma lineal multiaditiva). La prioridad total nos permitirá realizar a síntesis del problema, ordenando el conjunto de alternativas consideradas y seleccionar las más indicadas para conseguir el objetivo propuesto. Un aspecto importante es en cuidar el resultado final, ya que este debe ser consistente con las preferencias manifestadas por el decisor; pudiendo ser controlado mediante el indicador “Razón de Consistencia” de SAATY (1998).

3.3. Peligrosidad (P)

3.3.1. Caracterización de los parámetros de susceptibilidad

El desarrollo de esta metodología, es necesario designar valores a los multiparámetros (factores condicionantes y factores desencadenantes)

Caracterización de los parámetros para peligro por caída de rocas

Para un peligro por caída de rocas, se toma en consideración sus factores condicionantes y factores desencadenantes.

➤ Factores Condicionantes

Son los que condicionan al terreno para la ocurrencia de caída de rocas, para el área de estudio se consideraron:

a) Unidades Litológicas

En el área de estudio para la ocurrencia de caída de rocas, la geología es el principal factor condicionante, tomando en consideración a su calidad y condición del macizo rocoso.

Tabla 21_Descriptores de las Unidades Litológicas. Fuente Propia

Descriptores	Descripción
CAOi	Grupo Ollantaytambo
Qco	Depósito coluvial
Qal	Depósito aluvial
Qfl-al	Depósito fluvio-aluvial
DME	Desmonte de material externo

b) Pendientes

En el área de estudio para la ocurrencia de caída de rocas, la pendiente toma el segundo factor condicionante, de acuerdo al mapa de pendientes elaborado para la zona de estudio se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 22_Descriptores de pendientes. Fuente Propia

Descriptores	Rango	Descripción
PD1	>45°	Muy alta (>45°)
PD2	25-45°	Alta (25-45°)
PD3	15-25	Moderada (15-25°)
PD4	5-15°	Baja (5-15°)
PD5	0-5°	Muy baja (0-5°)

c) Unidades Geomorfológicas

En el área de estudio para la ocurrencia de caída de rocas, la geomorfología toma el tercer factor condicionante, de acuerdo a su geoforma que presenta el valle.

Tabla 23 _Descriptores de su geomorfología. Fuente Propia

Descriptores	Descriptores
GD1	Montaña en roca metamórfica
GD2	Vertiente con depósito de deslizamiento
GD3	Cono aluvial
GD4	Vertiente o pie de monte aluvio-torrencial
GD5	Circo de erosión

➤ Factores Desencadenantes

a) Precipitaciones máximas

Con los valores de las precipitaciones máximas en 24 horas, datos obtenidos de la estación meteorológica de Machupicchu, lo cual se consideró una muestra de 36 años. Se determinó la intensidad de diseño por periodos de retorno, aplicando la metodología del Modelo de Frederick Bell, tomando en consideración la distribución de Gumbel.

Tabla 24 _Nomenclatura precipitaciones máximas, para caída de rocas. Fuente propia

Descripción	Nomenclatura
Precipitaciones máximas para periodos de retorno de 5 años	PM1
Precipitaciones máximas para periodos de retorno de 10 años	PM2
Precipitaciones máximas para periodos de retorno de 25 años	PM3
Precipitaciones máximas para periodos de retorno de 50 años	PM4
Precipitaciones máximas para periodos de retorno de 100 años	PM5

Caracterización de los parámetros para peligro por flujo de detritos

Para un peligro por flujo de detritos, se toma en consideración sus factores condicionantes y factores desencadenantes.

➤ Factores Condicionantes

Son los que condicionan al terreno para la ocurrencia de flujo de detritos, para el área de estudio se consideraron:

a) Unidades Geomorfológicas

En el área de estudio para la ocurrencia de flujo de detritos, la geomorfología se considera como el principal factor condicionante, de acuerdo a la quebrada de Cocalmayo y los conos de deyección que en parte tienen como dirección de afluencia al mismo Balneario de Cocalmayo, los datos se trabajaron en base a la geomorfología local, después del mapeo se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 25 _Nomenclatura de geomorfología para flujo de detritos. Fuente propia

Descriptores	Descriptores
GD1	Cono aluvial
GD2	Circo de erosión
GD3	Vertiente o pie de monte aluvio-torrencial
GD4	Vertiente con depósito de deslizamiento
GD5	Montaña en roca metamórfica

a) Unidades Litológicas

En el área de estudio para la ocurrencia de flujo de detritos, la geología toma el segundo factor condicionante, tomando en consideración al material propio del terreno (roca y suelo), los datos se trabajaron en base a la geología local, después del mapeo se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 26_Nomenclatura de unidades litológicas para flujo de detritos. Fuente propia

Descriptores	Descripción
Qco	Depósito aluvial
Qal	Grupo Ollantaytambo
Qfl-al	Depósito fluvio-aluvial
CAOi	Depósito coluvial
DME	Desmante de material externo

a) Pendiente

En el área de estudio para la ocurrencia de flujo de detritos, la pendiente toma como el tercer factor condicionante, la distribución de rangos se menciona en la siguiente tabla:

Tabla 27_Nomenclatura de pendiente para flujo de detritos. Fuente propia

Descriptores	Rango	Descripción
PD1	>45°	Muy alta
PD2	25-45°	Alta
PD3	15-25°	Moderada
PD4	5-15°	Baja
PD5	0-5°	Muy baja

➤ Factores Desencadenantes

a) Precipitaciones máximas

Con los valores de las precipitaciones máximas en 24 horas, datos obtenidos de la estación meteorológica de Machupicchu, lo cual se consideró una muestra de 36 años. Se realizó un gráfico para determinar el comportamiento de las precipitaciones pluviales con respecto a los meses durante los 36 años.

Tabla 28_Nomenclatura precipitaciones máximas, para flujo de detritos. Fuente Propia.

Descriptores	Descripción
PM1	Precipitaciones máximas para periodos de retorno de 5 años
PM2	Precipitaciones máximas para periodos de retorno de 10 años
PM3	Precipitaciones máximas para periodos de retorno de 25 años
PM4	Precipitaciones máximas para periodos de retorno de 50 años
PM5	Precipitaciones máximas para periodos de retorno de 100 años

Caracterización de los parámetros para peligro por deslizamiento

Para un peligro por deslizamiento, se toma en consideración sus factores condicionantes y factores desencadenantes.

➤ **Factores Condicionantes**

Son los que condicionan al terreno para la ocurrencia de deslizamiento, para el área de estudio se consideraron:

a) Pendientes

En el área de estudio para la ocurrencia de deslizamientos, la pendiente toma el principal factor condicionante, debido a la inclinación de la ladera y por acción de la gravedad, resulta ocurriendo flujo de detritos, y de acuerdo al mapa de pendientes elaborado para la zona de estudio se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 29_Nomenclatura de pendientes para deslizamiento. Fuente propia

Descriptores	Rango	Descripción
PD1	>45°	Muy alta
PD2	25-45°	Alta
PD3	15-25°	Moderada
PD4	5-15°	Baja
PD5	0-5°	Muy baja

b) Unidades geomorfológicas

En el área de estudio para la ocurrencia de deslizamientos, la geomorfología toma el segundo factor condicionante, de acuerdo a su geoforma que presenta el valle.

Tabla 30 _Nomenclatura de Geomorfología para deslizamientos. Fuente propia

Descriptores	Descriptores
GD1	Vertiente con depósito de deslizamiento
GD2	Montaña en roca metamórfica
GD3	Cono aluvial
GD4	Circo de erosión
GD5	Vertiente o pie de monte aluvio-torrencial

c) Unidades Litológicas

En el área de estudio para la ocurrencia de deslizamientos, la geología toma como el tercer factor condicionante, por su saturación y termina aumentando el peso del material propiamente dicho, este deslizamiento puede ocurrir en materiales sueltos o en material rocoso.

Tabla 31 _Nomenclatura de Unidades Litológicas para deslizamientos. Fuente propia

Descriptores	Descripción
Qco	Depósito coluvial
Qal	Grupo Ollantaytambo
Qfl-al	Depósito aluvial
CAOi	Depósito fluvio-aluvial
DME	Desmonte de material externo

➤ **Factores Desencadenantes**

a) Precipitaciones máximas

Con los valores de las precipitaciones máximas en 24 horas, datos obtenidos de la estación meteorológica de Machupicchu, lo cual se consideró una muestra de 36 años. Se determinó la intensidad de diseño por periodos de retorno, aplicando la metodología del Modelo de Frederick Bell, tomando en consideración la distribución de Gumbel.

Tabla 32_Nomenclatura de precipitaciones máximas para deslizamientos. Fuente propia

Descriptores	Descripción
PM1	Precipitaciones máximas para periodos de retorno de 5 años
PM2	Precipitaciones máximas para periodos de retorno de 10 años
PM3	Precipitaciones máximas para periodos de retorno de 25 años
PM4	Precipitaciones máximas para periodos de retorno de 50 años
PM5	Precipitaciones máximas para periodos de retorno de 100 años

3.3.2. Caracterización del parámetro de evaluación

Parámetros de evaluación para peligro por caída de rocas

Los parámetros de evaluación caracterizado por caída de rocas en el Balneario de Cocalmayo, tenemos 3; periodo de retorno, calidad del macizo rocoso y distancia de alcance; los valores numéricos, fueron obtenidos mediante el proceso de análisis jerárquico, para determinar el peso ponderado de cada parámetro de evaluación y sus correspondientes descriptores se sigue el siguiente procedimiento:

Primeramente, se realiza una tabla de comparación de pares, de acuerdo a su jerarquía, consideramos según su grado de importancia de un parámetro respecto al otro, obteniendo así la siguiente tabla.

Tabla 33_Matriz de comparación de pares, para los descriptores de los parámetros de evaluación. Fuente propia

Matriz de Comparación de pares			
Parámetros	Tiempo de retorno	Calidad	Distancia
Velocidad de traslación	1.00	2.00	3.00
Calidad	0.500	1.00	3.00
Distancia	0.333	0.333	1.00

Luego se realiza con la obtención de su vector de priorización, y la sumatoria resulte 1.

Tabla 34_Matriz de normalización de pares, para los descriptores de los parámetros de evaluación. Fuente propia

Matriz de Normalización de pares					
Parámetros	Tiempo de retorno	Calidad	Distancia	Vector priorización	%
Velocidad de traslación	0.55	0.60	0.43	0.525	52.47
Calidad	0.27	0.30	0.43	0.334	33.38
Distancia	0.18	0.10	0.14	0.142	14.16
				1.000	100.000

Seguidamente obtendremos la sumatoria de $\lambda_{\max}$, para así obtener los valores de IC y RC.

Tabla 35_Matriz de Relación de Consistencia de pares, para los descriptores de los parámetros de evaluación. Fuente propia.

Matriz de Relación de Consistencia de pares					
Parámetros	Tiempo de retorno	Calidad	Distancia	Vector suma ponderada	$\lambda_{\max}$
Velocidad de traslación	0.52	0.67	0.42	1.617	3.08
Calidad	0.26	0.33	0.42	1.021	3.06
Distancia	0.17	0.11	0.14	0.428	3.02

Posteriormente hallamos el índice de consistencia (IC) y su relación de consistencia (RC), por lo tanto, si $RC < 0.1$, podemos deducir, que los criterios utilizados para la comparación de pares son los adecuados.

Tabla 36_Relación de consistencia. Fuente propia.

IC	0.027
RC	0.051

El orden jerárquico y los pesos ponderados en las que se realizó anteriormente, fueron de acuerdo al grado de influencia para la generación de caída de rocas en el Balneario de Cocalmayo

Este mismo procedimiento, se realizó los pesos ponderados para los descriptores de cada parámetro de evaluación, con sus respectivos pesos ponderados.

Tabla 37_Parámetros de velocidad de traslación, con sus respectivos pesos ponderados. Fuente propia.

Descriptores	Parámetros	Tiempo de retorno	Peso ponderado
	VTC1	> 20 m/s	0.503
	VTC2	15 – 20 m/s	0.260
	VTC3	10-15 m/s	0.134
	VTC4	5 - 10 m/s	0.068
	VTC5	0 – 5 m/s	0.035

Tabla 38_Parámetros de la calidad del macizo rocoso, con sus respectivos pesos ponderados. Fuente propia.

Descriptores	Parámetros	Calidad	Peso ponderado
	CM1	Muy Mala	0.503
	CM2	Buena	0.260
	CM3	Media	0.134
	CM4	Mala	0.068
	CM5	Muy Mala	0.035

Tabla 39_ Parámetros de distancia de alcance, con sus respectivos pesos ponderados. Fuente propia.

Parámetros		Distancia	Peso ponderado
Descriptores	DA1	Mayor a 75 m	0.503
	DA2	50 m a 75 m	0.260
	DA3	25m a 50 m	0.134
	DA4	5m a 25 m	0.068
	DA5	Menores de 5 m	0.035

El valor del parámetro de evaluación se considera el mayor peso de cada parámetro de evaluación, para el parámetro de calidad, se tomaron en cuenta a los resultados en la Calidad del Macizo Rocoso, Calidad Media (RMR). Por consiguiente, se tiene

Tabla 40_ Valor del parámetro de evaluación de caída de rocas. Fuente propia.

PARÁMETRO		DESCRIPTOR	
NOMBRE	PESO	Peso	Ppar x Pdesc
Velocidad de traslación	0.525	0.503	0.264
Calidad del MR	0.334	0.134	0.045
Distancia de alcance	0.142	0.503	0.168
Valor del parámetro de evaluación:			0.476

Parámetros de evaluación para peligro por flujo de detritos

Los parámetros de evaluación caracterizado por flujo de detritos en el Balneario de Cocalmayo, tenemos solamente 1; lo cual es el periodo de retorno;

Tabla 41_ Peso del parámetro de evaluación para flujo de detritos. Fuente propia

Parámetro	Peso
Tiempo de retorno	1.00

El mismo procedimiento, se realizó los pesos ponderados para los descriptores de cada parámetro de evaluación, con sus respectivos pesos ponderados.

Tabla 42_ Parámetros de periodos de retorno, con sus respectivos pesos ponderados. Fuente propia.

Descriptores	Parámetros	Tiempo de retorno	Peso ponderado
	TRD1	5 años	0.503
	TRD2	10 años	0.260
	TRD3	25 años	0.134
	TRD4	50 años	0.068
	TRD5	100 años	0.035

Tabla 43_ Valor del parámetro de evaluación de flujo de detritos (Por criterio se considera el mayor peso del parámetro de evaluación). Fuente propia.

PARÁMETRO		DESCRIPTOR	
NOMBRE	PESO	Peso	Ppar x Pdesc
Tiempo de retorno	1.000	0.503	0.503
Valor del parámetro de evaluación:			0.503

Parámetros de evaluación para peligro por deslizamiento

Los parámetros de evaluación caracterizado por deslizamiento en el Balneario de Cocalmayo, tenemos 3; periodo de retorno, volumen y velocidad; los valores numéricos, fueron obtenidos mediante el proceso de análisis jerárquico, para determinar el peso ponderado de cada parámetro de evaluación y sus correspondientes descriptores se sigue el siguiente procedimiento:

Primeramente, se realiza una tabla de comparación de pares, de acuerdo a su jerarquía, consideramos según su grado de importancia de un parámetro respecto al otro, obteniendo así la siguiente tabla.

Tabla 44_Matriz de comparación de pares, para los descriptores de los parámetros de evaluación. Fuente propia

Matriz de Comparación de pares			
Factores condicionantes	Tiempo de retorno	Volumen	Velocidad
Tiempo de retorno	1.00	2.00	3.00
Volumen	0.500	1.00	3.00
Tiempo de caída	0.333	0.333	1.00

Luego se realiza con la obtención de su vector de priorización, y la sumatoria resulte 1.

Tabla 45_Matriz de normalización de pares, para los descriptores de los parámetros de evaluación. Fuente propia

Matriz de Normalización de pares					
Factores condicionantes	Tiempo de retorno	Volumen	Velocidad	Vector priorización	%
Tiempo de retorno	0.55	0.60	0.43	0.525	52.47
Volumen	0.27	0.30	0.43	0.334	33.38
Tiempo de caída	0.18	0.10	0.14	0.142	14.16
Suma:				1.000	100.000

Seguidamente obtendremos la sumatoria de $\lambda_{\max}$, para así obtener los valores de IC y RC.

Tabla 46_Matriz de Relación de Consistencia de pares, para los descriptores de los parámetros de evaluación. Fuente propia.

Matriz de Relación de Consistencia de pares					
Factores condicionantes	Tiempo de retorno	Volumen	Velocidad	Vector suma ponderada	$\lambda_{\max}$
Tiempo de retorno	0.52	0.67	0.42	1.617	3.08
Volumen	0.26	0.33	0.42	1.021	3.06
Tiempo de caída	0.17	0.11	0.14	0.428	3.02
Suma					9.16
Promedio					3.05

Posteriormente hallamos el índice de consistencia (IC) y su relación de consistencia (RC), por lo tanto, si $RC < 0.1$, podemos deducir, que los criterios utilizados para la comparación de pares son los adecuados.

Tabla 47_Relación de consistencia. Fuente propia.

IC	0.027
RC	0.051

El orden jerárquico y los pesos ponderados en las que se realizó anteriormente, fueron de acuerdo al grado de influencia para la generación de deslizamientos en el Balneario de Cocalmayo

Este mismo procedimiento, se realizó los pesos ponderados para los descriptores de cada parámetro de evaluación, con sus respectivos pesos ponderados.

Tabla 48_Parámetros de periodos de retorno, con sus respectivos pesos ponderados. Fuente propia.

Parámetros		Tiempo de retorno	Peso ponderado
Descriptores	TR1	5 años	0.503
	TR2	10 años	0.260
	TR3	25 años	0.134
	TR4	50 años	0.068
	TR5	100 años	0.035

Tabla 49_Parámetros de volumen, con sus respectivos pesos ponderados del deslizamiento. Fuente propia.

Parámetros		Volumen	Peso ponderado
Descriptores	VO1	20000000 m3	0.503
	VO2	10000000 m3	0.260
	VO3	500000 m3	0.134
	VO4	250000 m3	0.068
	VO5	100000 m3	0.035

Tabla 50 _Parámetros de tiempo de caída, con sus respectivos pesos ponderados. Fuente propia.

Descriptores	Parámetros	Tiempo de caída	Peso ponderado
	VE1	1 min	0.503
	VE2	5 min	0.260
	VE3	10 min	0.134
	VE4	20 min	0.068
	VE5	30 min	0.035

El valor del parámetro de evaluación se considera el mayor peso de cada parámetro de evaluación. Por consiguiente, se tiene

Tabla 51 _Valor del parámetro de evaluación del deslizamiento. Fuente propia.

PARÁMETRO		DESCRIPTOR	
NOMBRE	PESO	Peso	Ppar x Pdesc
Tiempo de retorno	0.525	0.503	0.264
Volumen	0.334	0.503	0.168
Tiempo de caída	0.142	0.503	0.168
Valor del parámetro de evaluación:			0.599

3.3.3. Nivel de peligrosidad

Con los descriptores ya obtenidos, se procede a seguir realizando el matriz de SAATY.

Nivel de peligrosidad para caída de rocas

mismo procedimiento, se realizaron los pesos ponderados para los descriptores de cada parámetro de evaluación, con sus respectivos pesos ponderados.

Tabla 52 _Parámetros de su geología, con sus respectivos pesos ponderados. Fuente propia.

Geología	CAOi	Qco	Qal	Qfl-al	DME	Vector priorización
Grupo Ollantaytambo	0.56	0.64	0.52	0.43	0.36	0.503
Depósito coluvial	0.19	0.21	0.31	0.31	0.28	0.260
Depósito aluvial	0.11	0.07	0.10	0.18	0.20	0.134
Depósito fluvio-aluvial	0.08	0.04	0.03	0.06	0.12	0.068
Desmonte de material externo	0.06	0.03	0.02	0.02	0.04	0.035

Tabla 53 _Parámetros de su pendiente, con sus respectivos pesos ponderados. Fuente propia.

Pendiente	PD1	PD2	PD3	PD4	PD5	Vector priorización
Muy alta (>45°)	0.56	0.64	0.52	0.43	0.36	0.503
Alta (25-45°)	0.19	0.21	0.31	0.31	0.28	0.260
Moderada (15-25°)	0.11	0.07	0.10	0.18	0.20	0.134
Baja (5-15°)	0.08	0.04	0.03	0.06	0.12	0.068
Muy baja (0-5°)	0.06	0.03	0.02	0.02	0.04	0.035

Tabla 54 _Parámetros de su geomorfología, con sus respectivos pesos ponderados. Fuente propia.

Geomorfología	GD1	GD2	GD3	GD4	GD5	Vector priorización
Montaña en roca metamórfica	0.56	0.64	0.52	0.43	0.36	0.503
Vertiente con depósito de deslizamiento	0.19	0.21	0.31	0.31	0.28	0.260
Cono aluvial	0.11	0.07	0.10	0.18	0.20	0.134
Vertiente o pie de monte aluvio-torrencial	0.08	0.04	0.03	0.06	0.12	0.068
Circo de erosión	0.06	0.03	0.02	0.02	0.04	0.035

Ahora realizaremos el siguiente procedimiento del cálculo para el mapa de peligros.

Primer paso: Primeramente, se tiene sus pesos respectivos de los factores (condicionantes y desencadenantes) y los pesos obtenidos de los parámetros de evaluación

Tabla 55 _Pesos de los factores y de sus respectivos parámetros de caída de rocas. Fuente propia.

FACTOR		PARÁMETRO	
NOMBRE	PESO	NOMBRE	PESO
Condicionante	80%	Geología	0.633
		Pendiente	0.260
		Geomorfología	0.106
Desencadenante	20%	Precipitaciones	1.000

Segundo paso: Determinamos el parámetro condicionante y desencadenante.

$$\text{Valor Condicionante} = \sum (\text{Peso del parámetro} * \text{Peso del descriptor}) * \text{Peso del factor condicionante}$$

$$\text{Valor Desencadenante} = \sum (\text{Peso del parámetro} * \text{mayor peso del descriptor}) * \text{Peso del factor desencadenante}$$

Tabla 56_Valor condicionante y valor desencadenante de caída de rocas. Fuente propia.

CONDICIONANTE			DECENCADENANTE		
$\sum \text{Ppar} \times \text{Pdesc}$	Peso con	Valor con	$\sum \text{Pdes} \times \text{Pdesc}$	Peso des	Valor des
0.503	80%	0.402	0.416	20%	0.083
0.260		0.208	0.416		0.083
0.134		0.107	0.416		0.083
0.068		0.054	0.416		0.083
0.035		0.028	0.416		0.083

Tercer paso: Con estos resultados, podemos determinar la susceptibilidad

$$\text{Valor sus.} = \text{Valor con.} * \text{Valor des.}$$

Tabla 57_Valor de la susceptibilidad de caída de rocas. Fuente propia.

Valor condicionante	Valor desencadenante	Valor de la susceptibilidad
0.402	0.083	0.485
0.208	0.083	0.291
0.107	0.083	0.191
0.054	0.083	0.137
0.028	0.083	0.111

Cuarto paso: Ya obtenido los valores de susceptibilidad y los valores de los parámetros de evaluación, proseguimos para obtener el valor del nivel de peligrosidad.

$$\text{Peligrosidad} = \%P_{\text{susc}} [V_{\text{susc}}] + \%P_{\text{par-eval}} [V_{\text{par-eval}}]$$

Tabla 58_Valor del nivel de Peligrosidad de caída de rocas. Fuente propia

SUSCEPTIBILIDAD		PÁRÁMETRO DE EVALUACIÓN		PELIGROSIDAD
Valor	Peso	Valor	Peso	
0.485	90%	0.476	10%	0.485
0.291		0.476		0.310
0.191		0.476		0.219
0.137		0.476		0.171
0.111		0.476		0.148

Quinto paso: Ya obtenido los valores del nivel de peligrosidad, se graficó los rangos para cada nivel de peligrosidad

Tabla 59_Nivel de peligrosidad por caída de rocas. Fuente propia.

Nivel de Peligro	Rango		
Peligro Muy Alto	0.310	$\leq P \leq$	0.485
Peligro Alto	0.219	$\leq P <$	0.310
Peligro Medio	0.171	$\leq P <$	0.219
Peligro Bajo	0.148	$\leq P <$	0.171

Todos estos valores obtenidos, fueron calculados en la plantilla de Excel, posteriormente estos valores se llevaron al software de ArcMap versión 10.8 (ArcGis), como resultado, se realizó su respectivo mapa de nivel de peligrosidad por caída de rocas.

Nivel de peligrosidad para flujo de detritos

El mismo procedimiento, se realizaron los pesos ponderados para los descriptores de cada parámetro de evaluación, con sus respectivos pesos ponderados.

Tabla 60_Parámetros de su pendiente, con sus respectivos pesos ponderados. Fuente propia.

Pendiente	PD1	PD2	PD3	PD4	PD5	Vector priorización
Muy alta (>45°)	0.56	0.64	0.52	0.43	0.36	0.503
Alta (25-45°)	0.19	0.21	0.31	0.31	0.28	0.260
Moderada (15-25°)	0.11	0.07	0.10	0.18	0.20	0.134
Baja (5-15°)	0.08	0.04	0.03	0.06	0.12	0.068
Muy baja (0-5°)	0.06	0.03	0.02	0.02	0.04	0.035

Tabla 61_Parámetros de su geomorfología, con sus respectivos pesos ponderados. Fuente propia.

Geomorfología	GD1	GD2	GD3	GD4	GD5	Vector priorización
Cono aluvial	0.56	0.64	0.52	0.43	0.36	0.503
Circo de erosión	0.19	0.21	0.31	0.31	0.28	0.260
Vertiente o pie de monte aluvio-torrencial	0.11	0.07	0.10	0.18	0.20	0.134
Vertiente con depósito de deslizamiento	0.08	0.04	0.03	0.06	0.12	0.068
Montaña en roca metamórfica	0.06	0.03	0.02	0.02	0.04	0.035

Tabla 62_Parámetros de su geología, con sus respectivos pesos ponderados. Fuente propia

Geología	Qco	Qal	Qfl-al	CAOi	DME	Vector priorización
Depósito aluvial	0.56	0.64	0.52	0.43	0.36	0.503
Grupo Ollantaytambo	0.19	0.21	0.31	0.31	0.28	0.260
Depósito fluvio-aluvial	0.11	0.07	0.10	0.18	0.20	0.134
Depósito coluvial	0.08	0.04	0.03	0.06	0.12	0.068
Desmonte de material externo	0.06	0.03	0.02	0.02	0.04	0.035

Ahora realizaremos el siguiente procedimiento del cálculo para el mapa de peligros.

Primer paso: Primeramente, se tiene sus pesos respectivos de los factores (condicionantes y desencadenantes) y los pesos obtenidos de los parámetros de evaluación

Tabla 63_Pesos de los factores y de sus respectivos parámetros de flujo de detritos. Fuente propia.

FACTOR		PARÁMETRO	
NOMBRE	PESO	NOMBRE	PESO
Condicionante	80%	Geomorfología	0.633
		Geología	0.260
		Pendiente	0.106
Desencadenante	20%	Precipitaciones	1.000

Segundo paso: Determinamos el parámetro condicionante y desencadenante.

Valor Condicionante = $\sum$ (Peso del parámetro * Peso del descriptor) * Peso del factor condicionante

Valor Desencadenante = $\sum$ (Peso del parámetro * mayor peso del descriptor) *
Peso del factor desencadenante

Tabla 64 _Valor condicionante y valor desencadenante de flujo de detritos. Fuente propia.

CONDICIONANTE			DECENCADENANTE		
$\sum$ Ppar X Pdesc	Peso con	Valor con	$\sum$ Pdes x Pdesc	Peso des	Valor des
0.503	80%	0.402	0.416	20%	0.083
0.260		0.208	0.416		0.083
0.134		0.107	0.416		0.083
0.068		0.054	0.416		0.083
0.035		0.028	0.416		0.083

Tercer paso: Con estos resultados, podemos determinar la susceptibilidad

Valor sus. = Valor con. * Valor des.

Tabla 65_Valor de la susceptibilidad de flujo de detritos. Fuente propia.

Valor condicionante	Valor desencadenante	Valor de la susceptibilidad
0.402	0.083	0.485
0.208	0.083	0.291
0.107	0.083	0.191
0.054	0.083	0.137
0.028	0.083	0.111

Cuarto paso: Ya obtenido los valores de susceptibilidad y los valores de los parámetros de evaluación, proseguimos para obtener el valor del nivel de peligrosidad.

$$\text{Peligrosidad} = \%P_{\text{susc}} [V_{\text{susc}}] + \%P_{\text{par-eval}} [V_{\text{par-eval}}]$$

Tabla 66_Valor del nivel de Peligrosidad por flujo de detritos. Fuente propia

SUSCEPTIBILIDAD		PÁRÁMETRO DE EVALUACIÓN		PELIGROSIDAD
Valor	Peso	Valor	Peso	
0.485	90%	0.503	10%	0.487
0.291		0.503		0.313
0.191		0.503		0.222
0.137		0.503		0.174
0.111		0.503		0.150

Quinto paso: Ya obtenido los valores del nivel de peligrosidad, se graficó los rangos para cada nivel de peligrosidad

Tabla 67_Nivel de peligrosidad por flujo de detritos. Fuente propia.

Nivel de Peligro	Rango		
Peligro Muy Alto	0.313	$\leq P \leq$	0.487
Peligro Alto	0.222	$\leq P <$	0.313
Peligro Medio	0.174	$\leq P <$	0.222
Peligro Bajo	0.150	$\leq P <$	0.174

Todos estos valores obtenidos, fueron calculados en la plantilla de Excel, posteriormente estos valores se llevaron al software de ArcMap versión 10.8 (ArcGis), como resultado, se realizó su respectivo mapa de nivel de peligrosidad para flujo de detritos.

Nivel de peligrosidad para deslizamientos

El mismo procedimiento, se realizaron los pesos ponderados para los descriptores de cada parámetro de evaluación, con sus respectivos pesos ponderados.

Tabla 68_ Parámetros de su pendiente, con sus respectivos pesos ponderados. Fuente propia.

Pendiente	PD1	PD2	PD3	PD4	PD5	Vector priorización
Muy alta (>45°)	0.56	0.64	0.52	0.43	0.36	0.503
Alta (25-45°)	0.19	0.21	0.31	0.31	0.28	0.260
Moderada (15-25°)	0.11	0.07	0.10	0.18	0.20	0.134
Baja (5-15°)	0.08	0.04	0.03	0.06	0.12	0.068
Muy baja (0-5°)	0.06	0.03	0.02	0.02	0.04	0.035

Tabla 69_ Parámetros de su geomorfología, con sus respectivos pesos ponderados. Fuente propia.

Geomorfología	GD1	GD2	GD3	GD4	GD5	Vector priorización
Vertiente con depósito de deslizamiento	0.56	0.64	0.52	0.43	0.36	0.503
Montaña en roca metamórfica	0.19	0.21	0.31	0.31	0.28	0.260
Cono aluvial	0.11	0.07	0.10	0.18	0.20	0.134
Circo de erosión	0.08	0.04	0.03	0.06	0.12	0.068
Vertiente o pie de monte aluvio- torrencial	0.06	0.03	0.02	0.02	0.04	0.035

Tabla 70 _Parámetros de su geología, con sus respectivos pesos ponderados. Fuente propia

Geología	Qco	Qal	Qfl-al	CAOi	DME	Vector priorización
Depósito coluvial	0.56	0.64	0.52	0.43	0.36	0.503
Grupo Ollantaytambo	0.19	0.21	0.31	0.31	0.28	0.260
Depósito aluvial	0.11	0.07	0.10	0.18	0.20	0.134
Depósito fluvio-aluvial	0.08	0.04	0.03	0.06	0.12	0.068
Desmonte de material externo	0.06	0.03	0.02	0.02	0.04	0.035

Ahora realizaremos el siguiente procedimiento del cálculo para el mapa de peligros.

Primer paso: Primeramente, se tiene sus pesos respectivos de los factores (condicionantes y desencadenantes) y los pesos obtenidos de los parámetros de evaluación

Tabla 71 _Pesos de los factores y de sus respectivos parámetros de deslizamiento. Fuente propia.

FACTOR		PARÁMETRO	
NOMBRE	PESO	NOMBRE	PESO
Condicionante	80%	Pendiente	0.633
		Geomorfología	0.260
		Geología	0.106
Desencadenante	20%	Precipitaciones	1.000

Segundo paso: Determinamos el parámetro condicionante y desencadenante.

Valor Condicionante = $\sum$ (Peso del parámetro * Peso del descriptor) * Peso del factor
condicionante

Valor Desencadenante = $\sum$ (Peso del parámetro * mayor peso del descriptor) *
Peso del factor desencadenante

Tabla 72_Valor condicionante y valor desencadenante de deslizamiento. Fuente propia.

CONDICIONANTE			DECENCADENANTE		
$\sum P_{par} \times P_{desc}$	Peso con	Valor con	$\sum P_{des} \times P_{desc}$	Peso des	Valor des
0.503	80%	0.402	0.416	20%	0.083
0.260		0.208	0.416		0.083
0.134		0.107	0.416		0.083
0.068		0.054	0.416		0.083
0.035		0.028	0.416		0.083

Tercer paso: Con estos resultados, podemos determinar la susceptibilidad

$$\text{Valor sus.} = \text{Valor con.} * \text{Valor des.}$$

Tabla 73_Valor de la susceptibilidad de deslizamiento. Fuente propia.

Valor condicionante	Valor desencadenante	Valor de la susceptibilidad
0.402	0.083	0.485
0.208	0.083	0.291
0.107	0.083	0.191
0.054	0.083	0.137
0.028	0.083	0.111

Cuarto paso: Ya obtenido los valores de susceptibilidad y los valores de los parámetros de evaluación, proseguimos para obtener el valor del nivel de peligrosidad.

Tabla 74_Valor del nivel de Peligrosidad de deslizamiento. Fuente propia

SUSCEPTIBILIDAD		PÁRÁMETRO DE EVALUACIÓN		PELIGROSIDAD
Valor	Peso	Valor	Peso	
0.485	90%	0.599	10%	0.497
0.291		0.599		0.322
0.191		0.599		0.232
0.137		0.599		0.184
0.111		0.599		0.160

$$\text{Peligrosidad} = \%P_{\text{susc}} [V_{\text{susc}}] + \%P_{\text{par-eval}} [V_{\text{par-eval}}]$$

Quinto paso: Ya obtenido los valores del nivel de peligrosidad, se graficó los rangos para cada nivel de peligrosidad

Nivel de peligrosidad por deslizamiento. Fuente propia.

Nivel de Peligro	Rango		
Peligro Muy Alto	0.322	$\leq P \leq$	0.497
Peligro Alto	0.232	$\leq P <$	0.322
Peligro Medio	0.184	$\leq P <$	0.232
Peligro Bajo	0.160	$\leq P <$	0.184

3.3.4. Estratificación del nivel de peligrosidad

Con los resultados obtenidos, se realizó una descripción para cada uno de los 3 peligros identificados en la zona de estudio:

Estratificación del nivel de peligrosidad para caída de rocas

Tabla 75_Matriz del peligro para caída de rocas. fuente propia.

Matriz de Peligro				
Nivel de peligro	Descripción	Rango		
Peligro muy alto	Geología del complejo metamórfico del Ollantaytambo, macizo rocoso del tipo filita y pizarra, con grado de meteorización moderada, y la litología del depósito coluvial, presentando pendientes muy altas.	0.310	$\leq P <$	0.485
Peligro alto	Geología del depósito coluvial, presentando pendientes moderadas a pendientes altas.	0.219	$\leq P <$	0.310

Peligro medio	Geología del depósito aluvial y el depósito de material externo, presentando pendientes bajas a pendientes moderadas.	0.171	$\leq P <$	0.219
Peligro bajo	Geología del depósito fluvio-aluvial y el cauce del río, presentando pendientes muy bajas a pendientes bajas.	0.148	$\leq P <$	0.171

Estratificación del nivel de peligrosidad para flujo de detritos

Tabla 76_Matriz del peligro para flujo de detritos. Fuente propia.

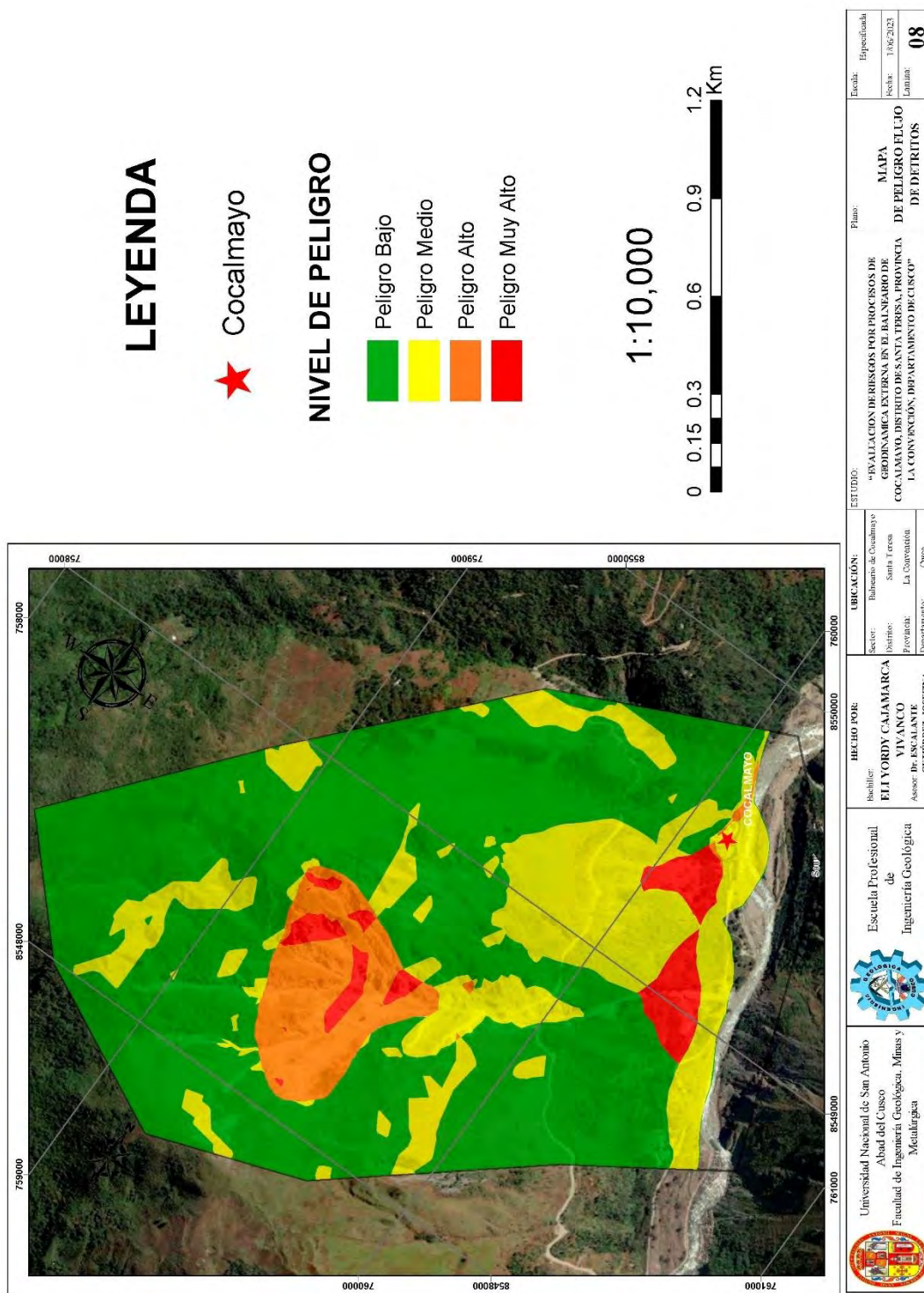
Matriz de Peligro				
Nivel de peligro	Descripción	Rango		
Peligro muy alto	Pendientes muy altas con ángulos superiores a los 45°, presenta una geomorfología vertiente con depósito de deslizamiento, dentro del depósito coluvial.	0.313	$\leq P <$	0.487
Peligro alto	Pendientes moderadas a pendientes altas con ángulos entre 15° a 45°, presenta una geomorfología cono aluvial y en la montaña en roca metamórfica, dentro del depósito coluvial y depósito aluvial.	0.222	$\leq P <$	0.313
Peligro medio	Pendientes bajas a pendientes moderadas con ángulos entre 5° a 25°, presenta una geomorfología vertiente o pie de monte aluvio-torrencial, dentro del depósito fluvio-aluvial y el depósito del material externo.	0.174	$\leq P <$	0.222
Peligro bajo	Pendientes muy baja a pendientes baja con ángulos entre 0° a 15°, presenta una geomorfología cono aluvial y en el cauce del río.	0.150	$\leq P <$	0.174

Estratificación del nivel de peligrosidad para deslizamiento

Matriz de Peligro				
Nivel de peligro	Descripción		Rango	
Peligro muy alto	Pendientes altas a pendientes muy altas, presenta una geomorfología vertiente con depósito de deslizamiento y en la montaña en roca metamórfica, dentro del depósito coluvial y el grupo Ollantaytambo.	0.322	$\leq P <$	0.497
Peligro alto	Pendientes moderadas a pendientes altas con ángulos entre 15° a 45°, presenta una geomorfología en la montaña en roca metamórfica.	0.232	$\leq P <$	0.322
Peligro medio	Pendientes bajas a pendientes moderadas con ángulos entre 5° a 25°, presenta una geomorfología vertiente o pie de monte aluvio-torrencial, dentro del depósito fluvio-aluvial y el depósito aluvial.	0.184	$\leq P <$	0.232
Peligro bajo	Pendientes muy baja a pendientes baja con ángulos entre 0° a 15°, presenta una geomorfología fluvio-aluvial y en el cauce del río.	0.160	$\leq P <$	0.184

Mapa del nivel de peligrosidad para flujo de detritos

Mapa 8 Mapa de peligros flujo de detritos. Fuente: propia.



3.3.6. Análisis de elementos expuestos en zonas susceptibles

Tabla 77 _Elementos expuestos visualizados en el área de influencia. Fuente: Propia.

N°	Elementos Expuestos	Descripción
1	Áreas de equipamiento	4 piscinas
		Vestuario
		BAÑO
		Torre (mirador)
		Balneario de Cocalmayo
		Cámaras de seguridad
		Caída de agua fría
		Área verde
		Guarda equipaje
		Recepción
2	Centro poblado	Tienda
		Restaurant
		Paradero
		Hospedaje
		Vivienda
3	Vías de comunicación	Parte de la carretera afirmada Santa María - Santa Teresa
		Parte de la carretera afirmada Santa Teresa - Cocalmayo
4	Estructuras	Muro de contención para caída de rocas (material propiamente del lugar)

3.4.Vulnerabilidad (V)

La vulnerabilidad, son todo lo material y personas que se encuentran expuestos frente a un peligro, en nuestro caso, viene siendo caída de rocas, flujo de detritos y deslizamientos. Al realizar los estudios de la vulnerabilidad, nos permite tomar medidas de prevención, contención y mitigación.

En el marco de la Ley N°29664 del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres y su Reglamento (D.S. N°048-2011-PCM), se define la Vulnerabilidad como la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza. (Ref. CENEPRED)

Para el análisis de Vulnerabilidad, es necesario tomar en cuenta las dimensiones de debilidad presentes en los elementos expuestos de nuestra área de estudio (Social, económico y ambiental). Para ello, será necesario el análisis de tres factores: exposición, fragilidad y resiliencia.

3.4.1. *Generación de información Catastral*

Se realizó un levantamiento catastral, tomando en consideración al Balneario de Cocalmayo, y sus viviendas aledañas que se encuentran dentro del sector de Cocalmayo, lo cual nos permite obtener mayor precisión en la relación a los resultados hallados.

Mapa 10 _ Mapa catastral. Fuente propia.



3.4.2. *Recolección de información para generar la matriz de Vulnerabilidad*

Siguiendo la metodología aplicada del CENEPRED, es necesario caracterizar cada área, con respecto a la vulnerabilidad de este; para ellos se tomaron en consideración, tres dimensiones: dimensión social, dimensión económica y dimensión ambiental.

Dimensión Social: Se determina la población expuesta dentro del área de influencia del fenómeno de origen natural, identificando la población vulnerable y no vulnerable, para posteriormente incorporar el análisis de la fragilidad social y resiliencia social en la población vulnerable. Esto ayuda a identificar los niveles de vulnerabilidad social. (CENEPRED, 2014).

Dimensión Económica: Se determina las actividades económicas e infraestructura expuesta dentro del área de influencia del fenómeno de origen natural, identificando los elementos expuestos vulnerables y no vulnerables, para posteriormente incorporar el análisis de la fragilidad económica y resiliencia económica. Esto ayuda a identificar los niveles de vulnerabilidad económica. (CENEPRED, 2014).

Dimensión Ambiental: Se determina los recursos naturales renovables y no renovables expuestos dentro del área de influencia del fenómeno de origen natural, identificando los recursos naturales vulnerables y no vulnerables, para posteriormente incorporar el análisis de la fragilidad ambiental y resiliencia ambiental. Esto ayuda a identificar los niveles de vulnerabilidad ambiental. (CENEPRED, 2014).

Después de realizar el levantamiento catastral, se identificó toda el área que ocupa el Balneario de Cocalmayo, y la información de personas que ingresan constantemente, toda esta información se obtuvo de la municipalidad distrital de Santa Teresa (adjuntado en anexos),

también se registraron las viviendas aledañas, estas viviendas pertenecen a comerciantes, los cuales vienen ofreciendo a todas las personas que

visitan al Balneario de Cocalmayo (tiendas, restaurants y hospedaje), y también presentan zona de estacionamiento para los vehículos.

Tabla 78 _Cantidad de visitantes extranjeros, nacionales y residentes en el año 2023. Fuente: Municipalidad distrital de Santa Teresa.

Visitantes	Mayor cantidad de visitantes por día (10/04/2023)	Total, de visitantes del 2023 (enero a noviembre)
Extranjeros	569	25982
Nacionales	3254	73144
Residentes	800	26756
Suma	4623	125882

Foto 26 _viviendas aledañas.



Foto 28_Entrada al Balneario de Cocalmayo, vía de acceso y parqueo de automóviles.



Foto 27_Vista desde la carretera Santa María – Santa Teresa (Talud superior)



3.4.2.1. Análisis de la Dimensión Social

Para el análisis de la vulnerabilidad en la dimensión social, se evaluaron los siguientes parámetros:

El análisis se inicia comparando la fila con respecto a la columna (fila/columna). La diagonal de la matriz siempre será la unidad por ser una comparación entre parámetros de igual magnitud.

Tabla 79_Matriz de comparación de pares de los factores de la dimensión social. Fuente: Propia.

Matriz de comparación de pares de los factores de la Dimensión Social			
Dimensión Social	Exposición	Fragilidad	Resiliencia
Exposición	1.00	2.00	3.00
Fragilidad	0.50	1.00	2.00
Resiliencia	0.33	0.50	1.00

La matriz de normalización nos muestra el vector de priorización (peso ponderado). Indica la importancia de cada parámetro en el análisis del fenómeno.

Tabla 80_Matriz de normalización de pares de los factores de la Dimensión Social. Fuente: propia.

Matriz de normalización de pares de los factores de la Dimensión Social				
Dimensión Social	Exposición	Fragilidad	Resiliencia	Vector Priorización
Exposición	0.545	0.571	0.500	0.54
Fragilidad	0.273	0.286	0.333	0.30
Resiliencia	0.182	0.143	0.167	0.16

Se calcula la Relación de Consistencia, el cual debe ser menor al 10% ($RC > 0.1$), lo que nos indicara que los criterios utilizados para la comparación de pares son los más adecuados.

Tabla 81_Vector priorización. Fuente: propia.

VECTOR SUMA PONDERADO				
Resultados de la operación de matrices			Vector Suma Ponderada	Vector Suma Ponderado / Vector Priorización
0.539	0.595	0.491	1.625	3.015
0.269	0.297	0.328	0.894	3.008
0.180	0.149	0.164	0.492	3.004

Índice (IC) y relación de consistencia (RC) obtenido del proceso de análisis jerárquico de los factores de la Dimensión Social

Tabla 82_Índice de consistencia. Fuente: propia.

IC	0.0046
RC	0.0088

- a. Exposición.** Con la misma metodología, se procede a analizar para el número de personas que se encuentran por cada área.

Tabla 83_Matriz de Normalización de pares del parámetro Número de Personas a nivel de lote. Fuente: propia.

Matriz de Normalización de pares del parámetro Número de Personas a nivel de lote						
Número de personas a nivel de lote	Mas de 6 personas	De 3 a 6 personas	De 1 a 3 personas	Persona sola	Deshabilitado	Vector Priorización
Mas de 6 personas	0.455	0.496	0.448	0.441	0.300	0.428
De 3 a 6 personas	0.227	0.248	0.299	0.265	0.250	0.258
De 1 a 3 personas	0.152	0.124	0.149	0.176	0.250	0.170
Persona sola	0.091	0.083	0.075	0.088	0.150	0.097
Deshabilitado	0.076	0.050	0.030	0.029	0.050	0.047

- b. Fragilidad:** Con la misma metodología, se procede a analizar para el grupo etáreo y tipo de discapacidad.

Tabla 84_Matriz de Normalización de pares del parámetro Grupo etáreo. Fuente propia.

Matriz de Normalización de pares del parámetro Grupo etáreo						
Grupo etáreo	0 a 5 años y mayor a 65 años	De 6 a 12 años y de 61 a 65 años	De 13 a 15 años y de 51 a 60 años	De 16 a 30 años	De 31 a 50 años	Vector Priorización
0 a 5 años y mayor a 65 años	0.512	0.520	0.575	0.457	0.360	0.485
De 6 a 12 años y de 61 a 65 años	0.256	0.260	0.230	0.326	0.280	0.270
De 13 a 15 años y de 51 a 60 años	0.102	0.130	0.115	0.130	0.200	0.136
De 16 a 30 años	0.073	0.052	0.057	0.065	0.120	0.074
De 31 a 50 años	0.057	0.037	0.023	0.022	0.040	0.036

Tabla 85_Matriz de Normalización de pares del parámetro Tipo de Discapacidad. Fuente: propia.

Matriz de Normalización de pares del parámetro Tipo de Discapacidad						
Tipo de discapacidad	Mental o intelectual	Visual	Para usar brazos y piernas	Para oír y/o hablar	No tiene	Vector Priorización
Mental o intelectual	0.512	0.544	0.515	0.452	0.375	0.480
Visual	0.256	0.272	0.309	0.323	0.292	0.290
Para usar brazos y piernas	0.102	0.091	0.103	0.129	0.208	0.127
Para oír y/o hablar	0.073	0.054	0.052	0.065	0.083	0.065
No tiene	0.057	0.039	0.021	0.032	0.042	0.038

- c. Resiliencia:** Con la misma metodología, se procede a analizar conocimiento sobre ocurrencia pasada de desastres en su localidad, capacitación en temas de Gestión de riesgos por parte de sus autoridades e interés de participar en campañas de prevención de riesgo.

Tabla 86_Matriz de Normalización de pares del parámetro Conocimiento sobre ocurrencia pasada de desastres en su localidad. Fuente: propia.

Matriz de Normalización de pares del parámetro Conocimiento sobre ocurrencia pasada de desastres en su localidad						
Conocimiento sobre ocurrencia pasada de desastres en su localidad	No conoce	Escaso conocimiento	Poco conocimiento	Regular conocimiento	Conocimiento amplio	Vector Priorización
No conoce	0.560	0.619	0.590	0.424	0.333	0.505
Escaso conocimiento	0.187	0.206	0.236	0.303	0.296	0.246
Poco conocimiento	0.112	0.103	0.118	0.182	0.259	0.155
Regular conocimiento	0.080	0.041	0.039	0.061	0.074	0.059
Conocimiento amplio	0.062	0.029	0.017	0.030	0.037	0.035

Tabla 87_Matriz de Normalización de pares del parámetro Capacitación en temas de Gestión de riesgos por parte de sus autoridades. Fuente: propia.

Matriz de Normalización de pares del parámetro Capacitación en temas de Gestión de riesgos por parte de sus autoridades						
Capacitación en temas de Gestión de Riesgos por parte de sus autoridades	Nunca	Cada 5 años	Cada 3 años	Cada 2 años	Una (1) vez por año	Vector Priorización
Nunca	0.508	0.520	0.575	0.452	0.348	0.481
Cada 5 años	0.254	0.260	0.230	0.323	0.304	0.274
Cada 3 años	0.102	0.130	0.115	0.129	0.217	0.139
Cada 2 años	0.073	0.052	0.057	0.065	0.087	0.067
Una (1) vez por año	0.064	0.037	0.023	0.032	0.043	0.040

Tabla 88_Matriz de Normalización de pares del parámetro Interés de prestigiar en campañas de prevención de riesgo.
Fuente: propia.

Matriz de Normalización de pares del parámetro Interés de prestigiar en campañas de prevención de riesgo						
Interés de participar en campañas de prevención del riesgo	No muestra interés	Muestra interés de vez en cuando	Actúa si hay incentivos	Me gusta participar	Siempre estoy atento para participar	Vector Priorización
No muestra interés	0.544	0.613	0.511	0.488	0.429	0.517
Muestra interés de vez en cuando	0.181	0.204	0.255	0.279	0.238	0.232
Actúa si hay incentivos	0.136	0.102	0.128	0.140	0.143	0.130
Me gusta participar	0.078	0.051	0.064	0.070	0.143	0.081
Siempre estoy atento para participar	0.060	0.029	0.043	0.023	0.048	0.041

3.4.2.2.Análisis de la Dimensión Económico

Para el análisis de la vulnerabilidad en la dimensión económica, se realizó con el mismo proceso jerárquico en el análisis de dimensión social.

Tabla 89_Matriz de normalización de pares de los factores de la Dimensión Económica. Fuente: propia.

Matriz de normalización de pares de los factores de la Dimensión Económica				
Dimensión Económica	Exposición	Fragilidad	Resiliencia	Vector Priorización
Exposición	0.652	0.667	0.625	0.65
Fragilidad	0.217	0.222	0.250	0.23
Resiliencia	0.130	0.111	0.125	0.12

- a. **Exposición.** Con la misma metodología, se procede a analizar la cercanía de la vivienda a la zona de peligro.

Tabla 90_Matriz de Normalización de pares del parámetro Cercanía de la vivienda a la zona de peligro. Fuente: propia.

Matriz de Normalización de pares del parámetro Cercanía de la vivienda a la zona de peligro						
Cercanía de la vivienda a la zona de peligro	Menor a 30 m. de la zona de peligro	Entre 30 a 50 m. de la zona de peligro	Entre 50 a 100 m. de la zona de peligro	Entre 100 a 200 m. de la zona de peligro	Mayor a 200 m. de la zona de peligro	Vector Priorización
Menor a 30 m. de la zona de peligro	0.490	0.533	0.469	0.391	0.333	0.443
Entre 30 a 50 m. de la zona de peligro	0.245	0.267	0.352	0.326	0.292	0.296
Entre 50 a 100 m. de la zona de peligro	0.122	0.089	0.117	0.196	0.208	0.147
Entre 100 a 200 m. de la zona de peligro	0.082	0.067	0.039	0.065	0.125	0.076
Mayor a 200 m. de la zona de peligro	0.061	0.044	0.023	0.022	0.042	0.039

b. Fragilidad. Con la misma metodología, se procede a analizar el material predominante (pared y techo) y estado de conservación de la vivienda.

Tabla 91_Matriz de Normalización de pares del parámetro Material predominante - pared. Fuente: propia.

Matriz de Normalización de pares del parámetro Material predominante - pared						
Material predominante - pared	Piedra con mortero de barro	Adobe	Tapia	Adobe con recubrimiento	Ladrillo y/o bloqueta de cemento	Vector Priorización
Piedra con mortero de barro	0.490	0.511	0.531	0.391	0.333	0.451
Adobe	0.245	0.255	0.265	0.326	0.292	0.277
Tapia	0.122	0.128	0.133	0.196	0.208	0.157
Adobe con recubrimiento	0.082	0.064	0.044	0.065	0.125	0.076
Ladrillo y/o bloqueta de cemento	0.061	0.043	0.027	0.022	0.042	0.039

Tabla 92_Matriz de Normalización de pares del parámetro Material predominante - techo. Fuente: propia.

Matriz de Normalización de pares del parámetro Material predominante - techo						
Material predominante - techo	Paja	Plástico	Tejas	Planchas de calamina, fibra de cemento o similares	Losa de concreto	Vector Priorización
Paja	0.499	0.514	0.531	0.459	0.346	0.470
Plástico	0.250	0.257	0.265	0.262	0.269	0.261
Tejas	0.125	0.128	0.133	0.197	0.192	0.155
Planchas de calamina, fibra de cemento o similares	0.071	0.064	0.044	0.066	0.154	0.080
Losa de concreto	0.055	0.037	0.027	0.016	0.038	0.035

Tabla 93_Matriz de Normalización de pares del parámetro Estado de conservación de la vivienda. Fuente: propia.

Matriz de Normalización de pares del parámetro Estado de conservación de la vivienda						
Estado de conservación de la vivienda	Deteriorado	En proceso de deterioro	Con refacciones	Regular estado	Buen Estado	Vector Priorización
Deteriorado	0.490	0.533	0.469	0.387	0.348	0.445
En proceso de deterioro	0.245	0.267	0.352	0.323	0.304	0.298
Con refacciones	0.122	0.089	0.117	0.194	0.217	0.148
Regular estado	0.082	0.067	0.039	0.065	0.087	0.068
Buen Estado	0.061	0.044	0.023	0.032	0.043	0.041

- c. **Resiliencia.** Con la misma metodología, se procede a analizar ocupación principal (jefe de hogar), ingreso familiar promedio mensual y organización comunitaria.

Tabla 94_Matriz de Normalización de pares del parámetro Ingreso familiar promedio mensual. Fuente: propia.

Matriz de Normalización de pares del parámetro Ingreso familiar promedio mensual						
Ingreso familiar promedio mensual	Menor al suelo mínimo	De 931 a 1200	De 1201 a 1500	De 1501 a 1800	Mayor a 1800	Vector Priorización
Menor al suelo mínimo	0.472	0.506	0.516	0.405	0.300	0.440
De 931 a 1200	0.236	0.253	0.258	0.324	0.300	0.274
De 1201 a 1500	0.118	0.127	0.129	0.162	0.200	0.147
De 1501 a 1800	0.094	0.063	0.065	0.081	0.150	0.091
Mayor a 1800	0.079	0.051	0.032	0.027	0.050	0.048

Tabla 95_Matriz de Normalización de pares del parámetro Organización comunitaria. Fuente: propia.

Matriz de Normalización de pares del parámetro Organización comunitaria						
Organización comunitaria	No le interesa	Le interesa participar en las brigadas de emergencia	Conoce las rutas de evacuación	Tiene brigadas de emergencia	Tiene brigadas de emergencia y participa	Vector Priorización
No le interesa	0.486	0.511	0.531	0.450	0.350	0.465
Le interesa participar en las brigadas de emergencia	0.243	0.255	0.265	0.225	0.200	0.238
Conoce las rutas de evacuación	0.121	0.128	0.133	0.225	0.250	0.171
Tiene brigadas de emergencia	0.081	0.064	0.044	0.075	0.150	0.083
Tiene brigadas de emergencia y participa	0.069	0.043	0.027	0.025	0.050	0.043

3.4.2.3. Análisis de la Dimensión Ambiental

Para el análisis de la vulnerabilidad en la dimensión ambiental, se realizó con el mismo proceso jerárquico en el análisis de dimensión social.

Tabla 96_Matriz de normalización de pares de los factores de la Dimensión Ambiental. Fuente: propia.

Matriz de normalización de pares de los factores de la Dimensión Ambiental				
Dimensión Ambiental	Exposición	Fragilidad	Resiliencia	Vector Priorización
Exposición	0.652	0.667	0.625	0.65
Fragilidad	0.217	0.222	0.250	0.23
Resiliencia	0.130	0.111	0.125	0.12

- a. Exposición.** Con la misma metodología, se procede a analizar la ubicación de botadero de basura.

Tabla 97_Matriz de Normalización de pares del parámetro Ubicación de botadero de basura. Fuente: propia.

Matriz de Normalización de pares del parámetro Ubicación de botadero de basura						
Ubicación de botadero de basura	Menor a 20 m.	De 20 a 50 m.	De 50 a 100 m.	De 100 a 200 m.	Mayor a 200 m.	Vector Priorización
Menor a 20 m.	0.444	0.490	0.444	0.387	0.316	0.416
De 20 a 50 m.	0.222	0.245	0.296	0.290	0.263	0.263
De 50 a 100 m.	0.148	0.122	0.148	0.194	0.211	0.165
De 100 a 200 m.	0.111	0.082	0.074	0.097	0.158	0.104
Mayor a 200 m.	0.074	0.061	0.037	0.032	0.053	0.051

b. Fragilidad. Con la misma metodología, se procede a analizar el manejo y disposición de residuos sólidos

Tabla 98_Matriz de Normalización de pares del parámetro Manejo y disposición de residuos sólidos. Fuente: propia.

Matriz de Normalización de pares del parámetro Manejo y disposición de residuos sólidos						
Manejo y disposición de residuos sólidos	Sin recojo de residuos solidos	Botadero en el cauce de la quebrada	Recojo con motofurgon (reciclador)	Recojo municipal (compactadora)	No genera (no botan)	Vector Priorización
Sin recojo de residuos solidos	0.463	0.496	0.459	0.345	0.348	0.422
Botadero en el cauce de la quebrada	0.232	0.248	0.306	0.345	0.304	0.287
Recojo con motofurgon (reciclador)	0.154	0.124	0.153	0.207	0.217	0.171
Recojo municipal (compactadora)	0.093	0.083	0.051	0.069	0.087	0.076
No genera (no botan)	0.058	0.050	0.031	0.034	0.043	0.043

c. Resiliencia. Con la misma metodología, se procede a analizar el conocimiento del reciclaje.

Tabla 99_Matriz de Normalización de pares del parámetro conocimiento del reciclaje. Fuente: propia.

Matriz de Normalización de pares del parámetro conocimiento del reciclaje						
Conocimiento de reciclaje	No conoce	Conoce por comentarios de sus vecinos	Tiene ligeras nociones	Solo tiene conocimientos	Conoce y practica el reciclaje	Vector Priorización
No conoce	0.466	0.496	0.456	0.375	0.409	0.440
Conoce por comentarios de sus vecinos	0.233	0.248	0.304	0.300	0.227	0.262
Tiene ligeras nociones	0.155	0.124	0.152	0.225	0.182	0.168
Solo tiene conocimientos	0.093	0.083	0.051	0.075	0.136	0.088
Conoce y practica el reciclaje	0.052	0.050	0.038	0.025	0.045	0.042

3.4.3. Nivel de Vulnerabilidad

Realizaremos el siguiente procedimiento del cálculo para el mapa de vulnerabilidad.

Primer paso: Primeramente, se tiene su dimensión y factores de vulnerabilidad, con sus respectivos pesos.

Tabla 100_ Pesos de sus respectivos dimensiones y factores. Fuente propia.

DIMENSIÓN		FACTOR	
NOMBRE	PESO	NOMBRE	PESO
SOCIAL	0.6	Exposición social	0.539
		Fragilidad social	0.297
		Resiliencia social	0.164
ECONÓMICA	0.3	Exposición económica	0.648
		Fragilidad económica	0.230
		Resiliencia económica	0.122
AMBIENTAL	0.1	Exposición ambiental	0.648
		Fragilidad ambiental	0.230
		Resiliencia ambiental	0.122

Segundo paso: Determinamos el valor de cada uno de las dimensiones, usando la siguiente formula:

$$\text{Valor del factor} = \sum (\text{Peso del parámetro} * \text{Peso del descriptor}) * \text{Peso del factor}$$

$$\text{Valor de dimensión} = \sum (\text{valor de los factores} * \text{Peso del factor})$$

Tabla 101 _Dimensión social. Fuente propia.

DIMENSIÓN SOCIAL								
EXPOSICIÓN SOCIAL	FRAGILIDAD SOCIAL			RESILIENCIA SOCIAL				VALOR DIMENSIÓN SOCIAL
Número de personas a nivel de lote 1.00	Grupo étnico 0.72	Tipo de discapacidad 0.28	Valor Fragilidad Social	Conocimiento sobre ocurrencia pasada de desastres en su localidad 0.539	Capacitación en temas de Gestión de Riesgos por parte de sus autoridades 0.297	Interés de participar en campañas de prevención del riesgo 0.164	Valor Resiliencia Social	
Valor Exposición Social								
0.43	0.35	0.13	0.48	0.27	0.14	0.08	0.50	0.456
0.26	0.19	0.08	0.28	0.13	0.08	0.04	0.25	0.262
0.17	0.10	0.04	0.13	0.08	0.04	0.02	0.15	0.155
0.10	0.05	0.02	0.07	0.03	0.02	0.01	0.06	0.084
0.05	0.03	0.01	0.04	0.02	0.01	0.01	0.04	0.042

Tabla 102_Dimensión económica. Fuente propia.

DIMENSIÓN ECONOMICA									
EXPOSICIÓN ECONÓMICA	FRAGILIDAD ECONÓMICA				RESILENCIA ECONÓMICA				VALOR DIMENSIÓN SOCIAL
Cercanía de la vivienda a la zona de peligro 1.00	Material predominante – pared 0.539	Material predominante – techo 0.297	Estado de conservación de la vivienda 0.164	Valor Fragilidad Económica	Ocupación principal (jefe de hogar) 0.539	Ingreso familiar promedio mensual 0.297	Organización comunitaria 0.164	Valor Resiliencia Económica	
Valor Exposición									
0.44	0.24	0.14	0.07	0.46	0.27	0.13	0.08	0.48	0.450
0.30	0.15	0.08	0.05	0.28	0.14	0.08	0.04	0.26	0.287
0.15	0.08	0.05	0.02	0.16	0.07	0.04	0.03	0.14	0.148
0.08	0.04	0.02	0.01	0.08	0.04	0.03	0.01	0.08	0.076
0.04	0.02	0.01	0.01	0.04	0.02	0.01	0.01	0.04	0.039

Tabla 103_Dimensión ambiental. Fuente propia.

DIMENSIÓN AMBIENTAL			
EXPOSICIÓN AMBIENTAL	FRAGILIDAD AMBIENTAL	RESILIENCIA AMBIENTAL	VALOR DIMENSIÓN SOCIAL
Ubicación de botadero de basura 1.00	Manejo y disposición de residuos sólidos 1.00	Conocimiento de reciclaje 1.00	
Valor Exposición Ambiental	Valor Fragilidad Ambiental	Valor Resiliencia Ambiental	
0.42	0.42	0.44	0.421
0.26	0.29	0.26	0.269
0.16	0.17	0.17	0.166
0.10	0.08	0.09	0.096
0.05	0.04	0.04	0.048

Tercer paso: Ya obtenidos los valores y pesos de cada una de las dimensiones analizadas, se procede a obtener el valor de la vulnerabilidad, siguiendo la siguiente formula:

$$\text{Valor de vulnerabilidad} = \sum (\text{Valor de la dimensión} * \text{Peso de la dimensión})$$

Tabla 104_Valor de la vulnerabilidad. Fuente propia.

DIMENSIÓN SOCIAL		DIMENSIÓN ECONOMICA		DIMENSIÓN AMBIENTAL		VALOR DE LA VULNERABILIDAD
Valor	Peso	Valor	Peso	Valor	Peso	
0.456	0.60	0.450	0.30	0.421	0.10	0.451
0.262	0.60	0.287	0.30	0.269	0.10	0.270
0.155	0.60	0.148	0.30	0.166	0.10	0.154
0.084	0.60	0.076	0.30	0.096	0.10	0.083
0.042	0.60	0.039	0.30	0.048	0.10	0.042

Cuarto paso: Ya obtenido los valores del nivel de vulnerabilidad, se graficó los rangos para cada nivel de vulnerabilidad

Tabla 105_Niveles de vulnerabilidad. Fuente propia.

Niveles de vulnerabilidad			
Nivel de vulnerabilidad		Rangos	
Vulnerabilidad Muy Alta		0.270	$\leq v < 0.451$
Vulnerabilidad Alta		0.154	$\leq v < 0.270$
Vulnerabilidad Media		0.083	$\leq v < 0.154$
Vulnerabilidad Baja		0.042	$\leq v < 0.083$

3.4.4. Estratificación del nivel de vulnerabilidad

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO		
VULNERABILIDAD MUY ALTA	Número de personas a nivel de lote superior a 6. Viviendas de negocio para todos los visitantes, Grupo etario de 0 a 5 años y mayor a 65 años. Con personas que puedan presentar discapacidad. No llegan a conocer de ocurrencia pasadaCercanía a la zona de peligro entre 30 y 50m. Material de adobe, concreto, calamina y madera con un estado de conservación muy mala. Ocupación principal: trabajador independiente y empleador del estado.	0.270	$\leq a <$	0.451
VULNERABILIDAD ALTA	Número de personas a nivel de lote de 1 a 3 personas. Grupo etario de 6 a 12 y 61 a 65 años. Con al menos una persona con discapacidad. Poco interés en participar en campañas de prevención de riesgos. Cercanía a la zona de peligro entre 30 y 50m. Material predominante de las paredes adobe. Material predominante de techo calamina. Estado de conservación de la vivienda con reparaciones.	0.154	$\leq a <$	0.270
VULNERABILIDAD MEDIA	Número de personas a nivel de lote inhabitadas. Material predominante de las paredes de adobe y calamina. Material predominante de techo calamina. Estado de conservación de la vivienda regular estado a mal estado.	0.083	$\leq V <$	0.154

3.5. Evaluación del Nivel de Riesgo (R)

Para la evaluación del Nivel de Riesgo, se identificó y analizó los peligros al que se encuentra expuesto el Balneario de Cocalmayo, evaluando los parámetros del fenómeno y el nivel de susceptibilidad mediante sus factores condicionantes y desencadenantes, posteriormente se analizó su vulnerabilidad en la que se encuentra expuesta ante el peligro, tomando en cuenta sus factores social, económico y ambiental, y estas a su vez, subdivididas individualmente en exposición, fragilidad y resiliencia; por último, se procede a la determinación del Nivel de Riesgo, al relacionar los resultados obtenidos del peligro con la vulnerabilidad.

3.5.1. Nivel de Riesgo por caída de rocas.

Los niveles de riesgo por caída de rocas en el ámbito de estudio, se detallan a continuación:

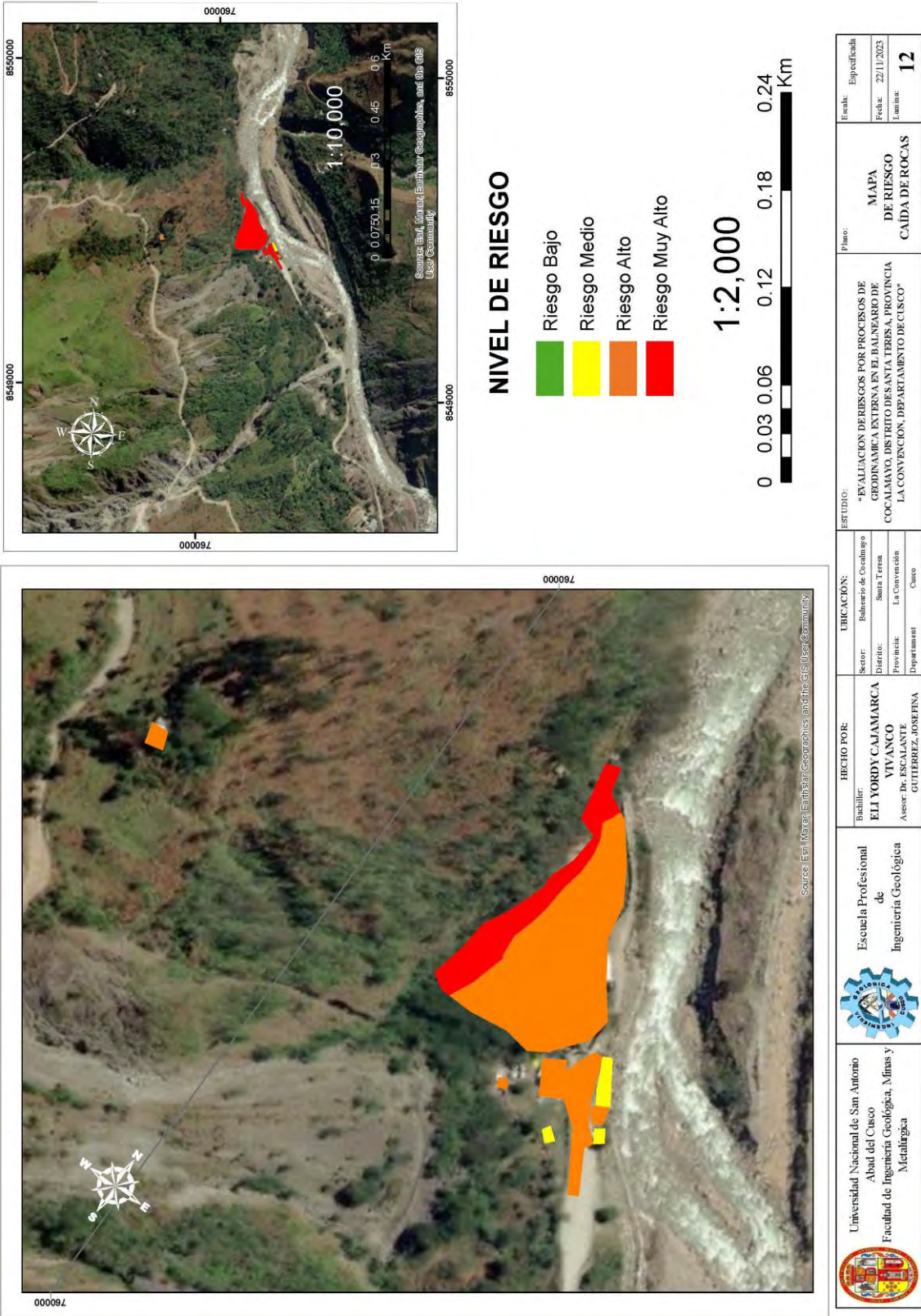
Tabla 106_Matriz de riesgo para caída de rocas. Fuente propia.

Peligrosidad	Muy alto	0.485	0.040	0.075	0.131	0.218
	Alto	0.310	0.026	0.048	0.084	0.140
	Medio	0.219	0.018	0.034	0.059	0.099
	Bajo	0.171	0.014	0.026	0.046	0.077
			0.083	0.154	0.270	0.451
			Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Vulnerabilidad						

Tabla 107_Niveles de riesgo para caída de rocas. Fuente propia.

Nivel del Riesgo		Rango	
Riesgo Muy alto	0.084	$\leq R <$	0.218
Riesgo Alto	0.034	$\leq R <$	0.084
Riesgo Medio	0.014	$\leq R <$	0.034
Riesgo Bajo	0.001	$\leq R <$	0.014

Mapa 12 _Mapa del nivel de riesgo para caída de rocas. Fuente propia.



3.5.2. Nivel de Riesgo por flujo de detritos.

Los niveles de riesgo por flujo de detritos en el ámbito de estudio, se detallan a continuación:

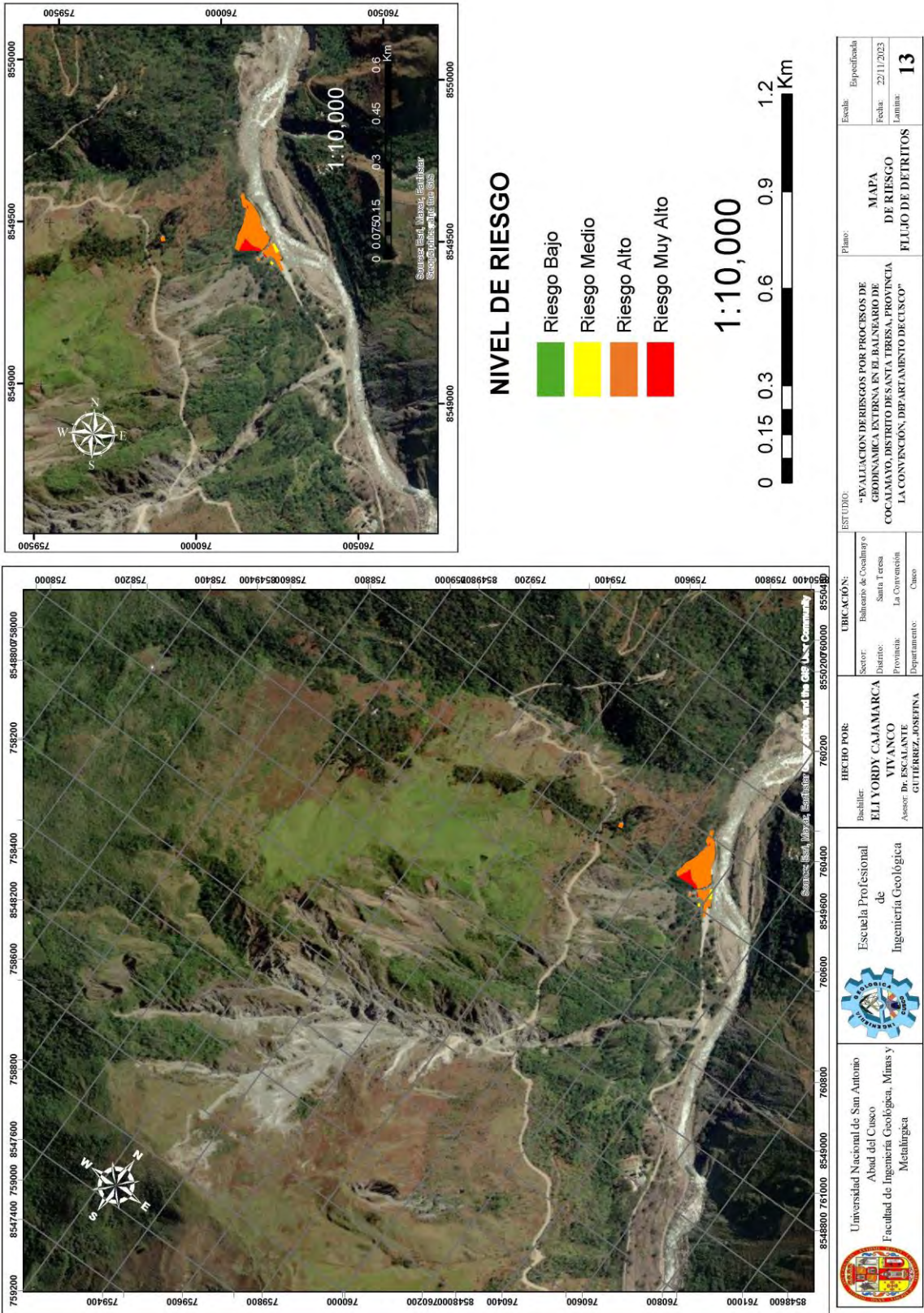
Tabla 108_Matriz de riesgo para flujo de detritos. Fuente propia.

Peligrosidad	Muy alto	0.487	0.040	0.075	0.132	0.220
	Alto	0.313	0.026	0.048	0.084	0.141
	Medio	0.222	0.018	0.034	0.060	0.100
	Bajo	0.174	0.014	0.027	0.047	0.078
			0.083	0.154	0.270	0.451
			Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Vulnerabilidad						

Tabla 109_Niveles de riesgo para flujo de detritos. Fuente propia.

Nivel del Riesgo	Rango		
Riesgo Muy alto	0.084	$\leq R <$	0.220
Riesgo Alto	0.034	$\leq R <$	0.084
Riesgo Medio	0.014	$\leq R <$	0.034
Riesgo Bajo	0.001	$\leq R <$	0.014

Mapa 13 _Mapa del nivel de riesgo para flujo de detritos. Fuente propia.



3.5.3. Nivel de Riesgo por deslizamientos.

Los niveles de riesgo por deslizamientos en el ámbito de estudio, se detallan a continuación:

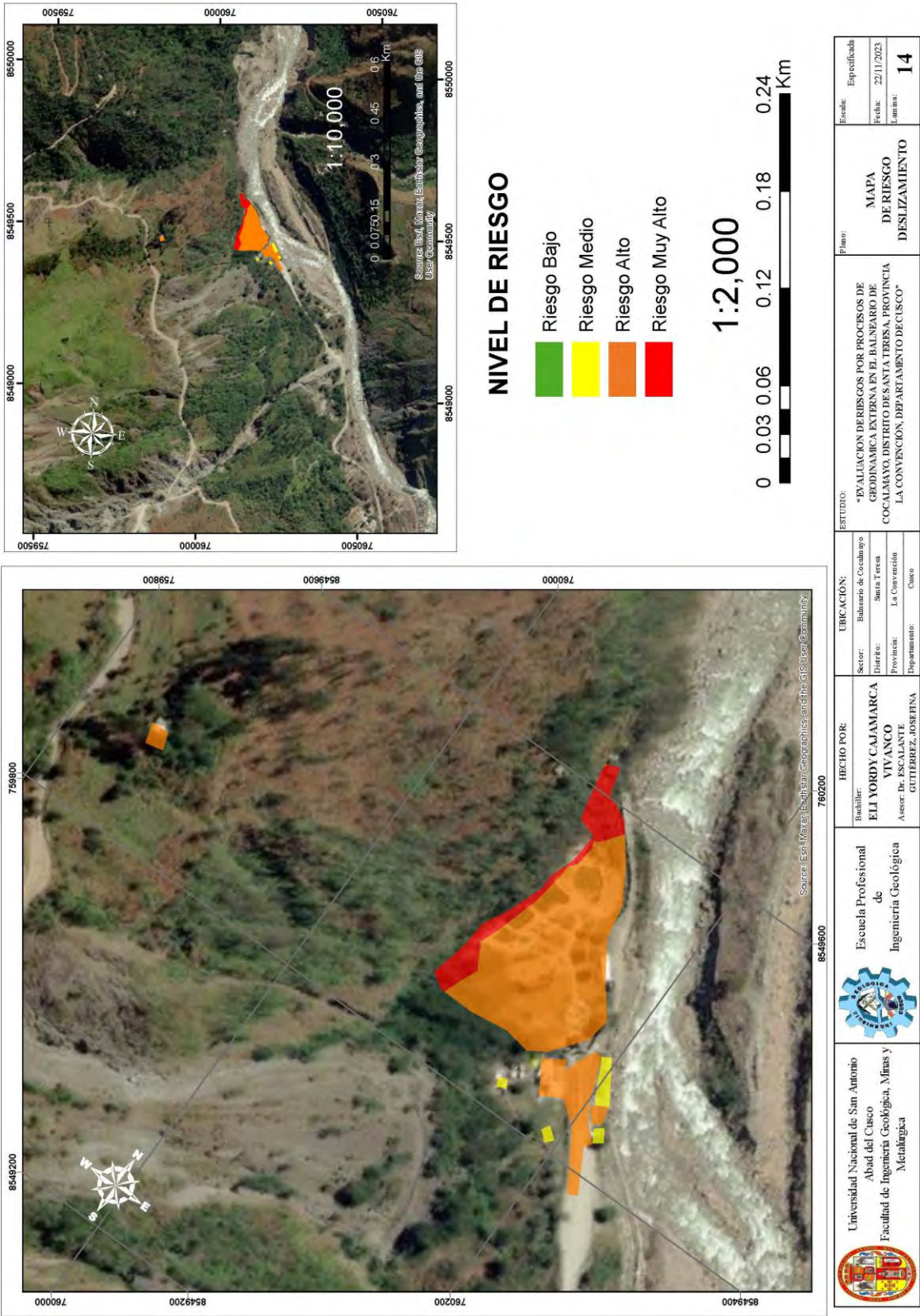
Tabla 110_Matriz de riesgo por deslizamientos. Fuente propia.

Peligrosidad	Muy alto	0.497	0.041	0.077	0.134	0.224
	Alto	0.322	0.027	0.050	0.087	0.145
	Medio	0.232	0.019	0.036	0.063	0.104
	Bajo	0.184	0.015	0.028	0.050	0.083
			0.083	0.154	0.270	0.451
			Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Vulnerabilidad						

Tabla 111_Niveles de riesgo por deslizamientos. Fuente propia.

Nivel del Riesgo	Rango		
Riesgo Muy alto	0.087	$\leq R <$	0.224
Riesgo Alto	0.036	$\leq R <$	0.087
Riesgo Medio	0.015	$\leq R <$	0.036
Riesgo Bajo	0.001	$\leq R <$	0.015

Tabla 112_Mapa de riesgos para deslizamiento. Fuente propia.



Capítulo IV: Estudio Geotécnico

4.1. Análisis Geotécnico

4.1.1. Monitoreo Topográfico

La realización del monitoreo topográfico, es una técnica eficaz y fácil de realizar, con el apoyo de una estación total; se realizó con la finalidad de conocer si el deslizamiento presenta un comportamiento activo y de cómo se va comportando el terreno evaluado.

FIGURA 4 _Desplazamiento Vertical. Fuente propia

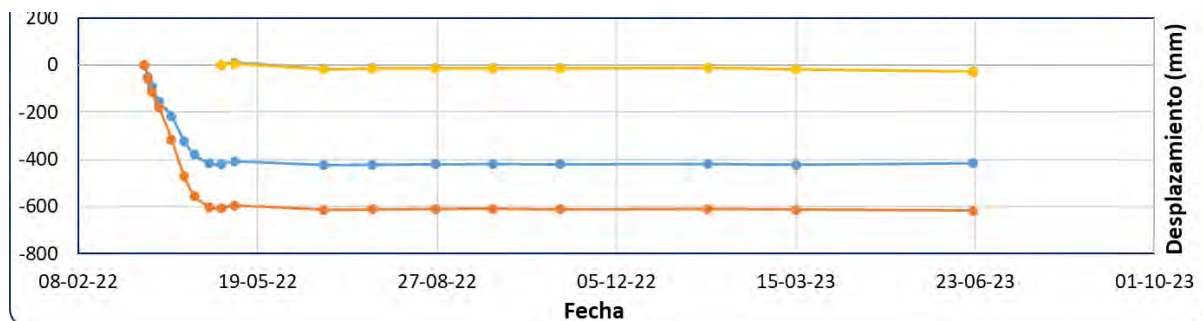
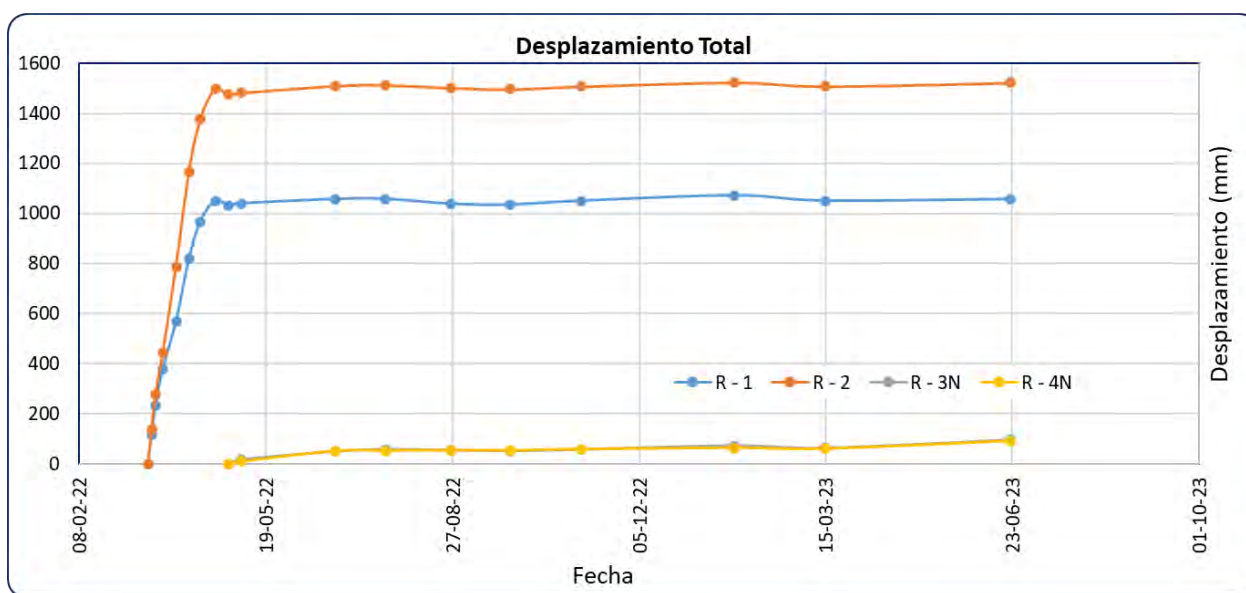


FIGURA 6 _Desplazamiento Total. Fuente propia



FICHA TECNICA DE MONITOREO DE ESTABILIDAD DE TADERAS									
		Estación	NORTE	ESTE	ALTITUD				
ESTACIÓN Base :		E-3	8549152.3880	759912.9800	1644.7630				
Pto. Orientación:		E-4R	8549025.6670	759947.1960	1634.8320				
ESTACION :		Trimble S3-DR		Presicion: 2"		Sene: 91210265			
FECHA	PUNTO	COORDENADAS		COTA (m)	Δ N (mm)	Δ E (mm)	Δ Z (mm)	DESPLAZAMIENTO (mm)	OBSERVACIONES Y/O COMENTARIOS
		N	E						
17-03-22		8,549,342.690	759,847.360	1653.317	0.00	0.00	0.00	0.00	
19-03-22		8,549,342.711	759,847.460	1653.266	21.00	100.00	-51.00	114.20	
21-03-22		8,549,342.735	759,847.567	1653.225	45.00	207.00	-92.00	230.95	
25-03-22		8,549,342.758	759,847.700	1653.162	68.00	340.00	-155.00	379.80	
01-04-22		8,549,342.791	759,847.874	1653.1	101.00	514.00	-217.00	567.00	
08-04-22		8,549,342.845	759,848.097	1652.994	155.00	737.00	-323.00	819.47	
14-04-22		8,549,342.882	759,848.227	1652.936	192.00	867.00	-381.00	966.29	
22-04-22		8,549,342.900	759,848.302	1652.901	210.00	942.00	-416.00	1050.96	
29-04-22		8,549,342.890	759,848.281	1652.897	200.00	921.00	-420.00	1031.81	
06-05-22	R - 1	8,549,342.894	759,848.294	1652.908	204.00	934.00	-409.00	1039.83	
25-06-22		8,549,342.898	759,848.306	1652.894	208.00	946.00	-423.00	1056.93	
22-07-22		8,549,342.899	759,848.307	1652.895	209.00	947.00	-422.00	1057.63	
26-08-22		8,549,342.889	759,848.288	1652.896	199.00	928.00	-421.00	1038.28	
27-09-22		8,549,342.888	759,848.285	1652.897	198.00	925.00	-420.00	1035.00	
04-11-22		8,549,342.895	759,848.300	1652.896	205.00	940.00	-421.00	1050.17	
25-01-23		8,549,342.901	759,848.323	1652.897	211.00	963.00	-420.00	1071.58	
15-03-23		8,549,342.894	759,848.300	1652.8947	204.00	940.20	-422.30	1050.68	
22-06-23		8,549,342.894	759,848.310	1652.901	204.00	950.00	-416.00	1056.96	
17-03-22		8,549,300.625	759,846.371	1651.412	0.00	0.00	0.00	0.00	
19-03-22		8,549,300.660	759,846.492	1651.354	35.00	121.00	-58.00	138.67	
21-03-22		8,549,300.692	759,846.613	1651.297	67.00	242.00	-115.00	276.18	
25-03-22		8,549,300.729	759,846.763	1651.23	104.00	392.00	-182.00	444.53	
01-04-22		8,549,300.805	759,847.070	1651.096	180.00	699.00	-316.00	787.94	
08-04-22		8,549,300.890	759,847.405	1650.939	265.00	1034.00	-473.00	1167.52	
14-04-22		8,549,300.935	759,847.591	1650.855	310.00	1220.00	-557.00	1376.50	
22-04-22		8,549,300.963	759,847.699	1650.809	338.00	1328.00	-603.00	1497.14	
29-04-22		8,549,300.954	759,847.673	1650.803	329.00	1302.00	-609.00	1474.56	
06-05-22	R - 2	8,549,300.961	759,847.685	1650.815	336.00	1314.00	-597.00	1481.86	
25-06-22		8,549,300.962	759,847.708	1650.798	337.00	1337.00	-614.00	1509.35	
22-07-22		8,549,300.967	759,847.711	1650.799	342.00	1340.00	-613.00	1512.72	
26-08-22		8,549,300.962	759,847.700	1650.8	337.00	1329.00	-612.00	1501.45	
27-09-22		8,549,300.955	759,847.696	1650.801	330.00	1325.00	-611.00	1495.94	
04-11-22		8,549,300.957	759,847.707	1650.799	332.00	1336.00	-613.00	1506.95	
25-01-23		8,549,300.966	759,847.723	1650.8	341.00	1352.00	-612.00	1522.74	
15-03-23		8,549,300.962	759,847.707	1650.7984	337.00	1335.50	-613.60	1507.86	
22-06-23		8,549,300.958	759,847.721	1650.794	333.00	1350.00	-618.00	1521.62	
29-04-22		8,549,257.450	759,854.855	1649.804	0.00	0.00	0.00	0.00	
06-05-22		8,549,257.454	759,854.867	1649.815	4.00	12.00	11.00	16.76	
25-06-22		8,549,257.463	759,854.901	1649.79	13.00	46.00	-14.00	49.81	
22-07-22		8,549,257.470	759,854.907	1649.791	20.00	52.00	-13.00	57.21	
26-08-22		8,549,257.465	759,854.906	1649.791	15.00	51.00	-13.00	54.73	
27-09-22	R - 3N	8,549,257.465	759,854.903	1649.791	15.00	48.00	-13.00	51.94	
04-11-22		8,549,257.459	759,854.910	1649.791	9.00	55.00	-13.00	57.23	
25-01-23		8,549,257.480	759,854.920	1649.792	30.00	65.00	-12.00	72.59	
15-03-23		8,549,257.467	759,854.914	1649.7876	17.00	58.80	-16.40	63.37	
22-06-23		8,549,257.471	759,854.945	1649.778	21.00	90.00	-26.00	96.01	
29-04-22		8,549,198.145	759,878.488	1647.534	0.00	0.00	0.00	0.00	
06-05-22		8,549,198.150	759,878.495	1647.538	5.00	7.00	4.00	9.49	
25-06-22		8,549,198.172	759,878.527	1647.517	27.00	39.00	-17.00	50.39	
22-07-22		8,549,198.177	759,878.526	1647.519	32.00	38.00	-15.00	51.89	
26-08-22		8,549,198.176	759,878.529	1647.519	31.00	41.00	-15.00	53.54	
27-09-22	R - 4N	8,549,198.175	759,878.529	1647.519	30.00	41.00	-15.00	52.97	
04-11-22		8,549,198.177	759,878.534	1647.52	32.00	46.00	-14.00	57.76	
25-01-23		8,549,198.181	759,878.538	1647.522	36.00	50.00	-12.00	62.77	
15-03-23		8,549,198.177	759,878.535	1647.5155	32.00	47.10	-18.50	59.87	
22-06-23		8,549,198.195	759,878.558	1647.506	50.00	70.00	-28.00	90.47	

Foto 29_Puntos observados para el monitoreo topográfico



Los resultados obtenidos del monitoreo topográfico, nos indica entre la fecha de febrero a mayo del 2022, presenta un mayor desplazamiento y en ese tiempo se presentó actividad pluvial, obteniendo como resultado, donde el volumen de masa del deslizamiento termina desplazándose; en la foto 20, se puede observar cómo afecto en el terreno durante el desplazamiento.

4.1.2. Muros de contención

Los muros ya contruidos, tienen la finalidad de retener o disminuir la velocidad de las caídas de roca, lograr así que los fragmentos rocosos no logren llegar a la vía de acceso, al Balneario de Cocalmayo y las viviendas aledañas; estos muros están elaborados con el mismo material de la zona (materiales del cono de deyección)

Foto 33_Muro de contención, y material retenido.



Foto 31_Caida de rocas y evidencia de poca vegetación



4.1.3. Estaciones geomecánicas

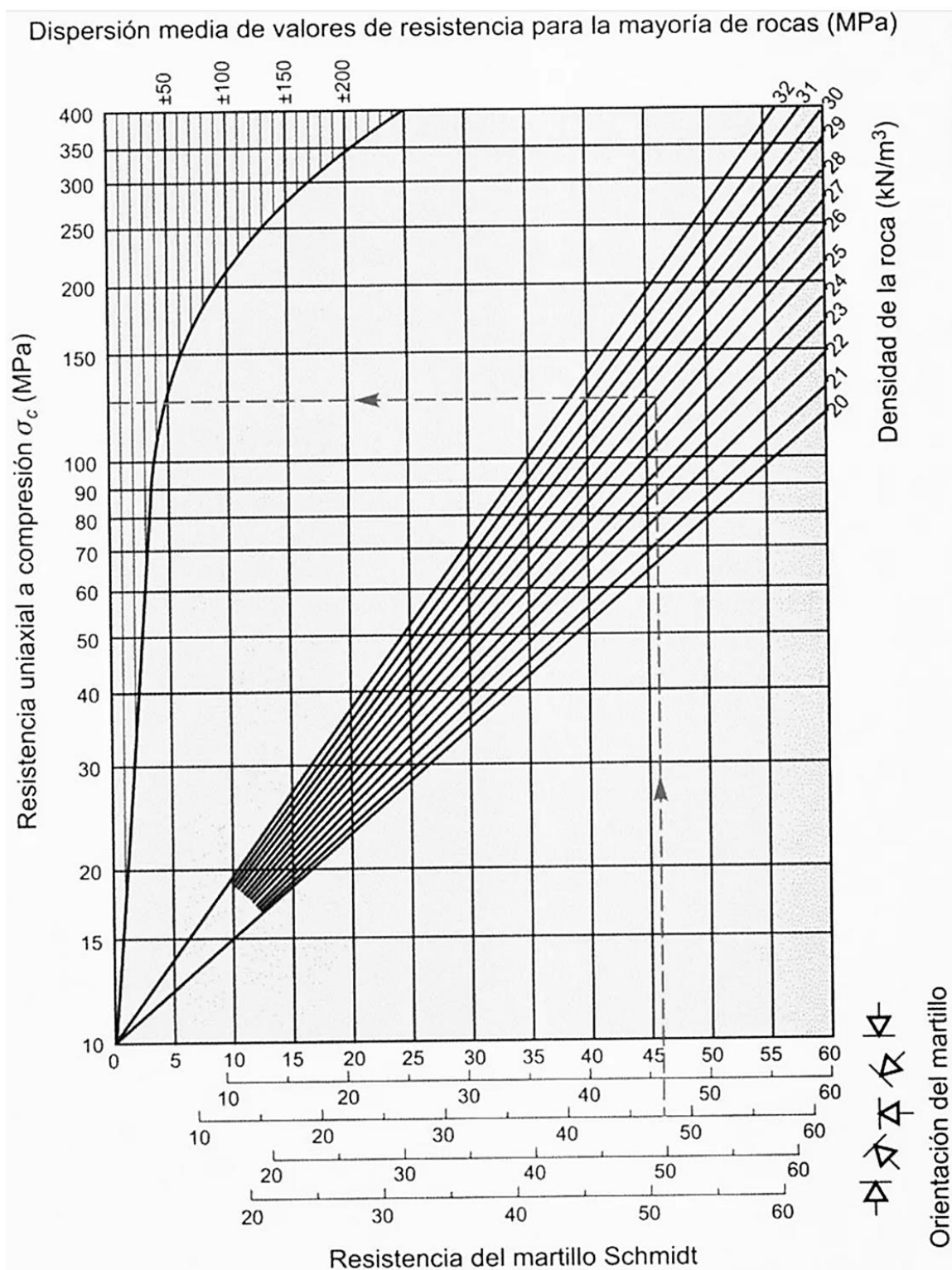
Para la caracterización del macizo rocoso, a lo largo de la zona de estudio, se han realizado el levantamiento de 2 estaciones geomecánicas. Primeramente, en cada uno de ellos se tiene registrado sus coordenadas geográficas para su ubicación exacta, y también se describió su litología y la formación geológica a la que pertenece, además se ha indicado su grado de meteorización y resistencia estimada.

Con el fin de caracterizar sus discontinuidades, los cuales son necesario para caracterizar el macizo rocoso, se tiene definido una serie de parámetros, representativos de cada una de las discontinuidades, los cuales son:

- ✓ Longitud o persistencia de las discontinuidades
- ✓ Abertura
- ✓ Rugosidad
- ✓ Relleno
- ✓ Grado de alteración

Para la obtención de la resistencia del macizo rocoso, se aplicó el martillo Schmidt, consiste en un muelle que presiona sobre un pistón, encerrados en una carcasa, y que es proyectado sobre un émbolo metálico retráctil, lo cual impacta y registra la energía del mismo cuando entra en contacto con la superficie rocosa (Li et al., 2000). La resistencia al rebote calculada permite conocer la resistencia a la compresión uniaxial de una roca de manera sencilla, con un intervalo de confianza de 75% (Rodríguez Bouzo et al., 1998).

Ilustración 25 Procedimiento para estimar la resistencia a compresión de las paredes de las discontinuidades de los macizos rocosos. Fuente Modificado de González de Vallejo et al. 2002).



Posteriormente, ya obtenido todos los datos necesarios, se procedió a realizar la Clasificación Geomecánica Índice Rock Mass Rating (RMR) de Bieniawski (1989, Sistema CSIR-Consejo de África del Sur, para la investigación Científica e Industrial) y el Índice Geological Strength Index (GSI) de Hoek Brown (2002 edition).

En las siguientes tablas, se resumirá las principales características de las estaciones geomecánicas analizadas, y a más información detalle estará adjuntado en los anexos:

Tabla 114_Primer estación geomecánica, ubicado en la parte superior del talud (zona de desprendimiento). Fuente propia.

UBICACIÓN		18 L 759801.95 m E 8549492.86 m S		
LITOLOGÍA:		Filita		
FORMACIÓN:		CaOi		
GRADO DE METEORIZACIÓN		III		
RMR_b		RMR₈₉		GSI
Valor	Categoría	Valor	Categoría	
51	Calidad Media	56	Calidad Media	51

Tabla 115_Segunda estación geomecánica, se encuentra a 300m de distancia de la zona de estudio. Fuente propia.

UBICACIÓN		18 L 759544.00 m E 8549081.00 m S		
LITOLOGÍA:		Filita		
FORMACIÓN:		CaOi		
GRADO DE METEORIZACIÓN		III		
RMR_b		RMR₈₉		GSI
Valor	Categoría	Valor	Categoría	
53	Calidad Media	58	Calidad Media	53

4.1.4. Calicata

Se ha procedido a realizar calicata, con la finalidad de realizar un levantamiento estratigráfico del terreno, para así obtener un reconocimiento de las estructuras.

UBICACIÓN: 13.1118 N 72.6045 S			
PROF. (m)	G R A F I C O	SUCS AASHTO	DESCRIPCION DEL MATERIAL
0.00		GC	Material orgánico con presencia de raíces
0.40		A-2-4 (0)	Materiales granulares. Grava arcilla - limosa con arena
1.00		GC	
2.00			Fragmentos de roca
3.00		GC	
3.20			
			

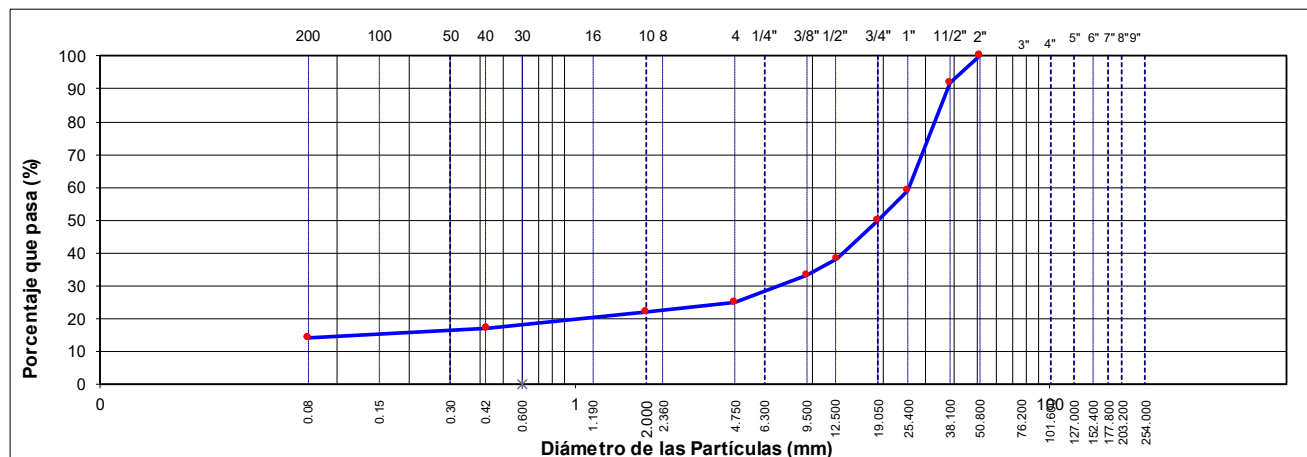
13.1118S 72.6045W ±1.50m

Tabla 116_Datos de la muestra y su curva granulométrica. Fuente propia.

PROF. (m) 3.20		Peso inicial seco : 1398.0 g		
----------------	--	------------------------------	--	--

TAMIZ	Abertura (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000						Contenido de Humedad (%) : 6.4
9"	228.600						Límite Líquido (LL) : 18
8"	203.200						Límite Plástico (LP) : 10
7"	177.800						Índice Plástico (IP) : 8
6"	152.400						Clasificación (SUCS) : GC
5"	127.000						Grava arcillo limosa con arena
4"	101.600						Clasificación (AASHTO) : A-2-4 (0)
3"	76.200						Descripción (AASHTO) :
2 1/2"	63.500						Materiales granulares. Fragmentos de roca grava y arena
2"	50.800				100.0		
1 1/2"	38.100	111.8	8.0	8.0	92.0		
1"	25.400	461.3	33.0	41.0	59.0		
3/4"	19.050	125.8	9.0	50.0	50.0		% Grava 75.0 % Arena 11.0 % Finos 14.0
1/2"	12.700	167.8	12.0	62.0	38.0		
3/8"	9.500	69.9	5.0	67.0	33.0		
1/4"	6.300						D10= 0.01 D30 = 7.3 D60 : 25.7
Nº 4	4.750	111.8	8.0	75.0	25.0		Cu= 3464 Cc= 281.1
Nº 8	2.360						
Nº 10	2.000	41.9	3.0	78.0	22.0		
Nº 16	1.190						Humedad natural :
Nº 20	0.840						Peso Recipiente + Suelo humedo (A) 32.3 gr.
Nº 30	0.600						Peso recipiente + Suelo seco (B) 30.9 gr.
Nº 40	0.425	69.9	5.0	83.0	17.0		Peso del recipiente (C) 7.64 gr.
Nº 50	0.300						Peso del agua (A-B) 1.48 gr.
Nº 80	0.177						Peso del suelo seco (B-C) 23.2 gr.
Nº 100	0.150						Cont. Humedad $[W=(A-B)/(B-C)*100]$ 6.36 %
Nº 200	0.075	41.9	3.0	86.0	14.0		
< Nº 200	FONDO	195.7	14.0	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA



4.1.5. Modelamiento

Caída de rocas

Para el análisis de un modelamiento en caída de rocas, se consideró una línea transversal más crítica que afecta al Balneario de Cocalmayo (ver mapa topográfico), el análisis de caída de rocas se ha realizado mediante el programa de RocFall, versión 4.0, de la firma de Rocscience, este programa para caída de rocas se puede construir modelos de forma rápida, importando superficies de terreno y el tipo de material de la superficie del terreno, y posteriormente como un cuerpo rígido se desplaza sobre la superficie del terreno.

FIGURA 12 _Modelamiento de caída de rocas (RocFall 4.0). Presenta caídas en 3 lugares. Fuente propia.

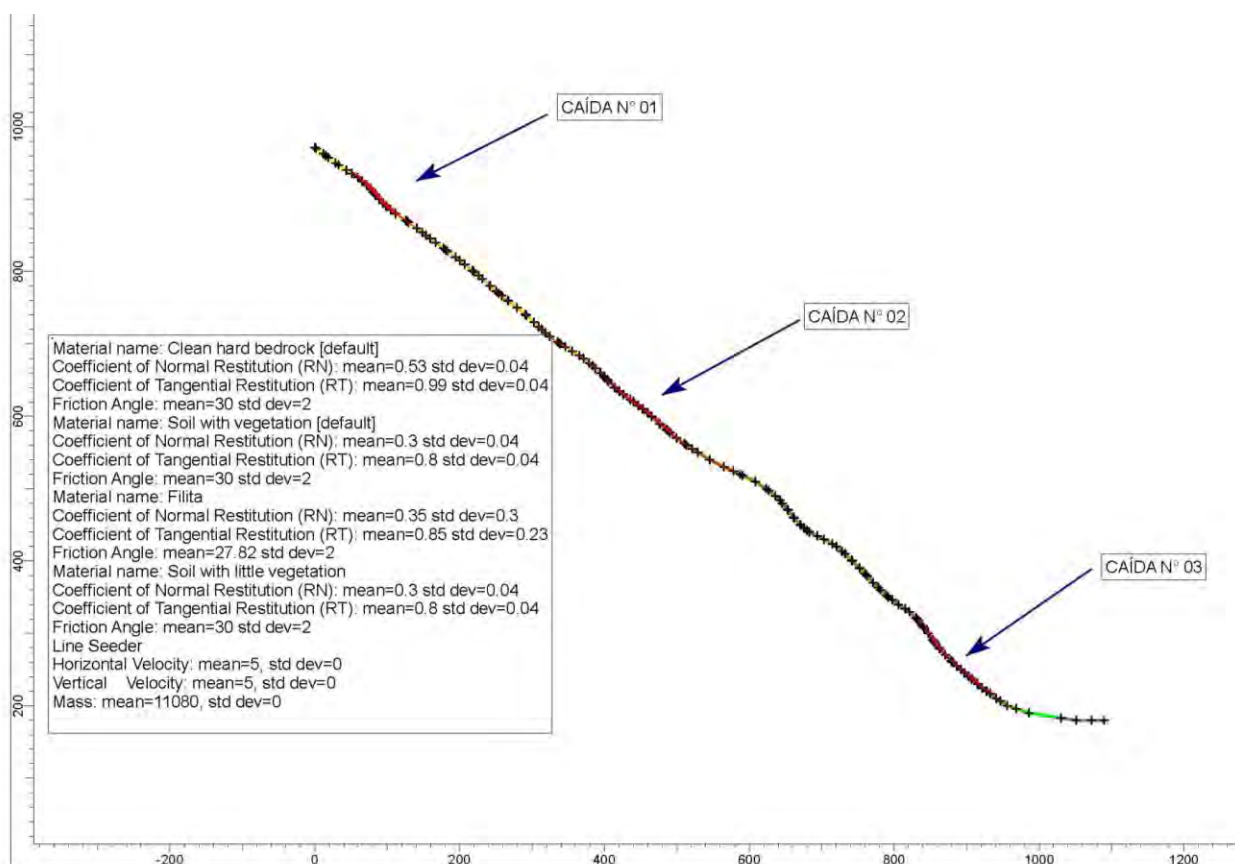
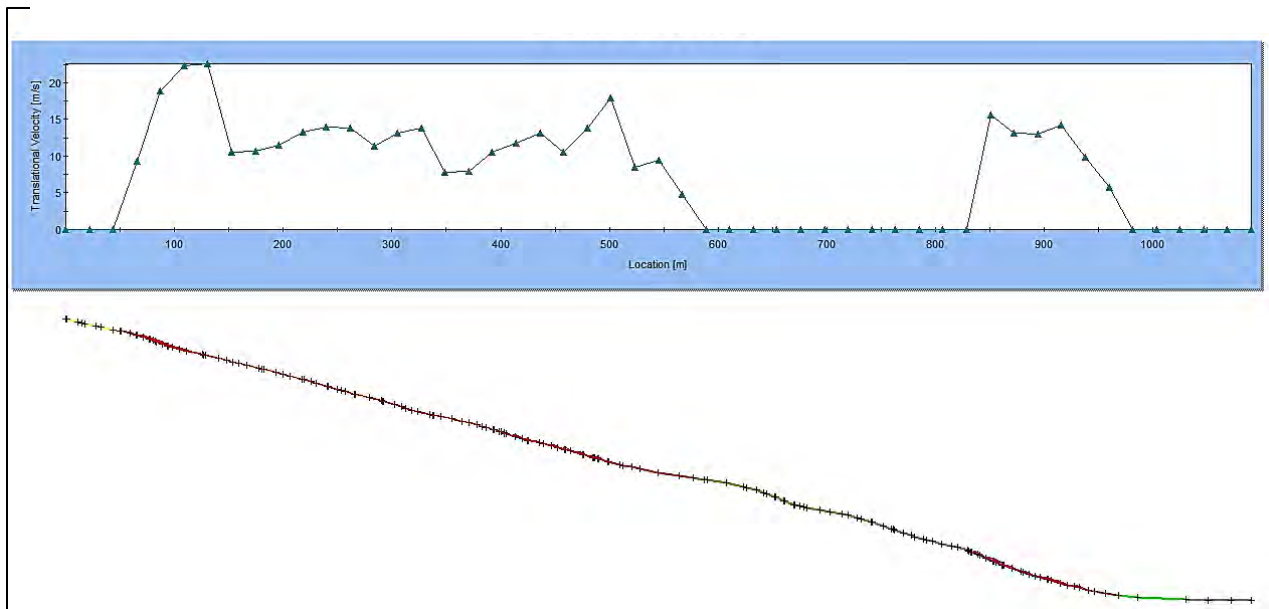


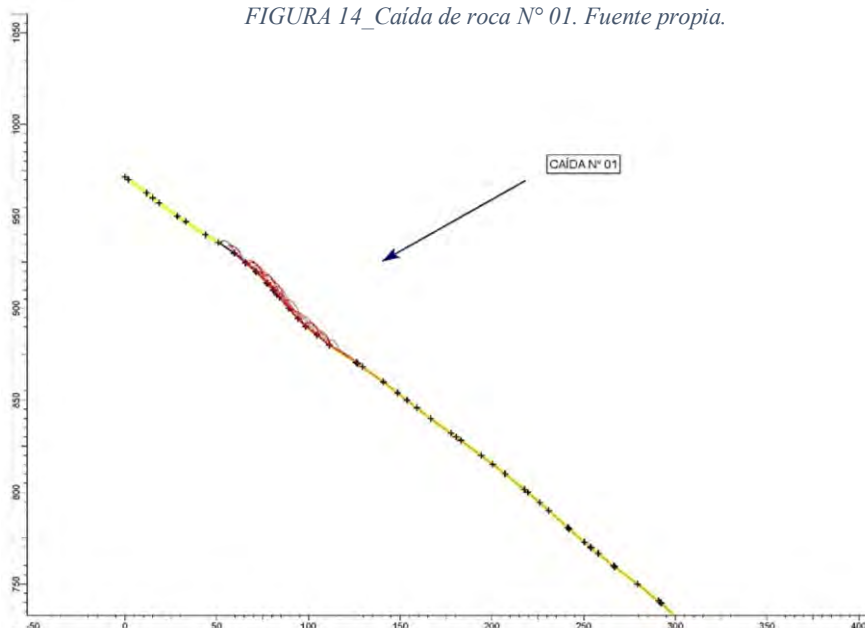
FIGURA 13_Velocidad de traslación (RocFall 4.0). Fuente propia.



En el modelamiento de caída de rocas se observó que la velocidad de traslación de las caídas de roca puede llegar a superar los 20 m/s; presenta caída de rocas en 3 zonas, lo cual estas zonas se pueden corroborar con los resultados del mapa de peligro de caída de rocas (Mapa 7)

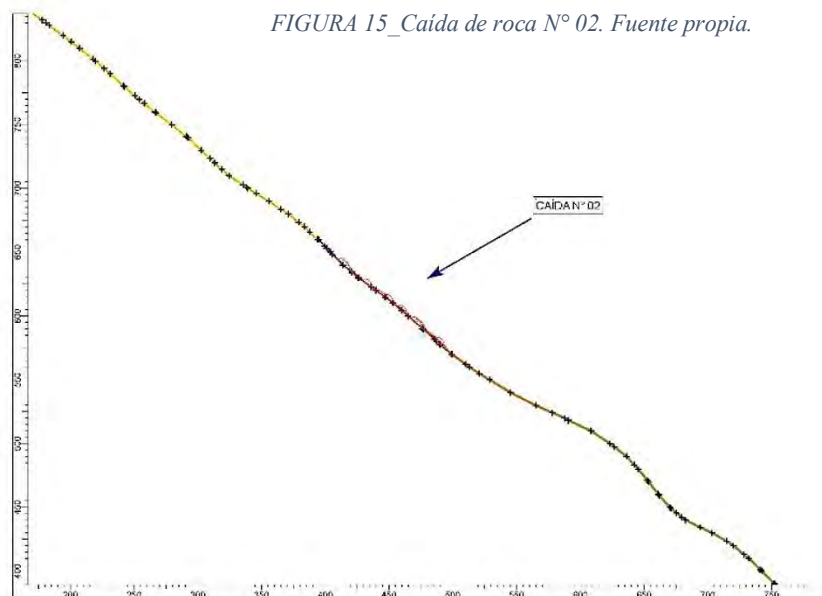
En la figura 14 (caída de roca N° 01), según el modelamiento obtenido en la parte más alta del talud, se puede observar cómo los cuerpos rígidos se van desplazando sobre la superficie del terreno y posteriormente se encuentran depositando el material después de haberse desplazado un aproximado de 100 metros de distancia, y el producto de estos depósitos de caída de rocas se puede observar en la imagen 22, lo cual a su vez genera un aumento de peso en el material deslizable.

FIGURA 14_Caída de roca N° 01. Fuente propia.

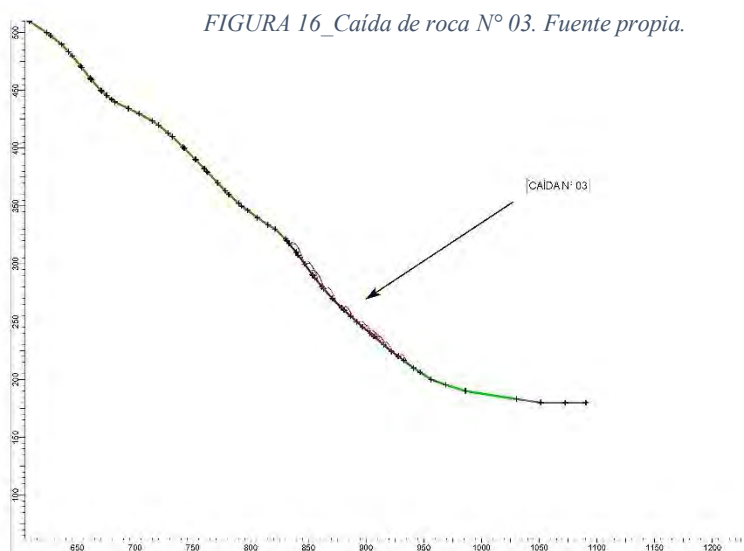


En la figura 15 (caída de roca N° 02), según el modelamiento obtenido en la ubicación de la carretera Santa María Santa Teresa, se puede observar cómo los cuerpos rígidos se van desplazando sobre la superficie del terreno y posteriormente se encuentran depositando sobre la carretera, lo cual va generando el bloqueo o llegando hasta ocasionar daños a las personas que transitan y también daños materiales, se puede observar en la imagen 14.

FIGURA 15_Caída de roca N° 02. Fuente propia.



En la figura 16 (caída de roca N° 03), según el modelamiento obtenido a la altura del 'pie del talud, se puede observar cómo los cuerpos rígidos se van desplazando sobre la superficie del terreno y posteriormente se encuentran depositando al pie del talud, lo cual puede llegar a ocasionar daños a las personas que vienen visitando al Balneario del Cocalmayo.



Flujo de detritos

Para el análisis de un modelamiento en flujo de detritos, primeramente se trazó el área de influencia tomando en consideración al cerro San Valentín y al Balneario de Cocalmayo, el análisis de flujo de detritos se ha realizado mediante el apoyo de 3 programas, los cuales vienen siendo el Excel, para la elaboración de las tablas de valores, el siguiente programa es el QGIS versión 3.22.9, en este programa se realizó la recolección de datos, el uso de ráster y el diseño del enmallado, y finalmente el tercer programa FLO-2D, este programa presenta una facilidad de trabajo mediante la importación de datos con el programa de QGIS, lo cual posteriormente se obtienen los resultados de los modelamientos para flujo de detritos.

Tabla 118_Intensidades máximas por hora.

Hora	Intervalo de tiempo	Tiempo acumulado	Lluvia parcial	Lluvia acumulada	Intensidad
(horas)	(min)	(min)	(mm)	(mm)	(mm/hr)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)=(4)*60/(2)
0					
	60	60	2.6	2.6	2.60
1					
	60	120	5.4	8	5.40
2					
	60	180	4.4	12.4	4.40
3					
	60	240	8.0	20.4	8.00
4					
	60	300	3.2	23.6	3.20
5					
	60	360	4.6	28.2	4.60
6					
	60	420	4.8	33	4.80
7					
	60	480	2.2	35.2	2.20
8					
	60	540	1.2	36.4	1.20
9					

Se realizó un análisis de tormenta con respecto a la fecha del 9/12/2021 estación MACHU PICCHU /000679/ DZ-12, donde forma parte de los registros oficiales del SENAMHI.

Mediante este Hietograma, se puede deducir que entre los 240 minutos adquirió su máxima intensidad, de iniciado la tormenta, teniendo el valor de 8mm/h.

FIGURA 17_Hietograma de la tormenta.

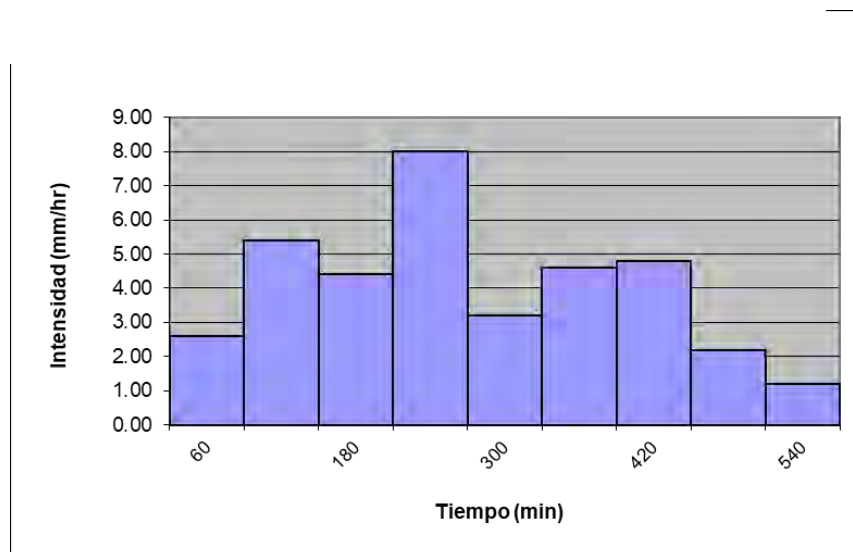


Tabla 119_Coeficiente de escorrentía según BENITEZ et al. (1980)

COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRECIABLE
		>50%	>20%	>5%	>1%	<1%
Sin vegetación	Impermeable	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
	Semipermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Permeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Cultivos	Impermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Semipermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Permeable	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	Semipermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Permeable	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
Hierba, grama	Impermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Semipermeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	Permeable	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
Bosques, densa vegetación	Impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Semipermeable	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	Permeable	0.25	0.20	0.15	0.10	0.01

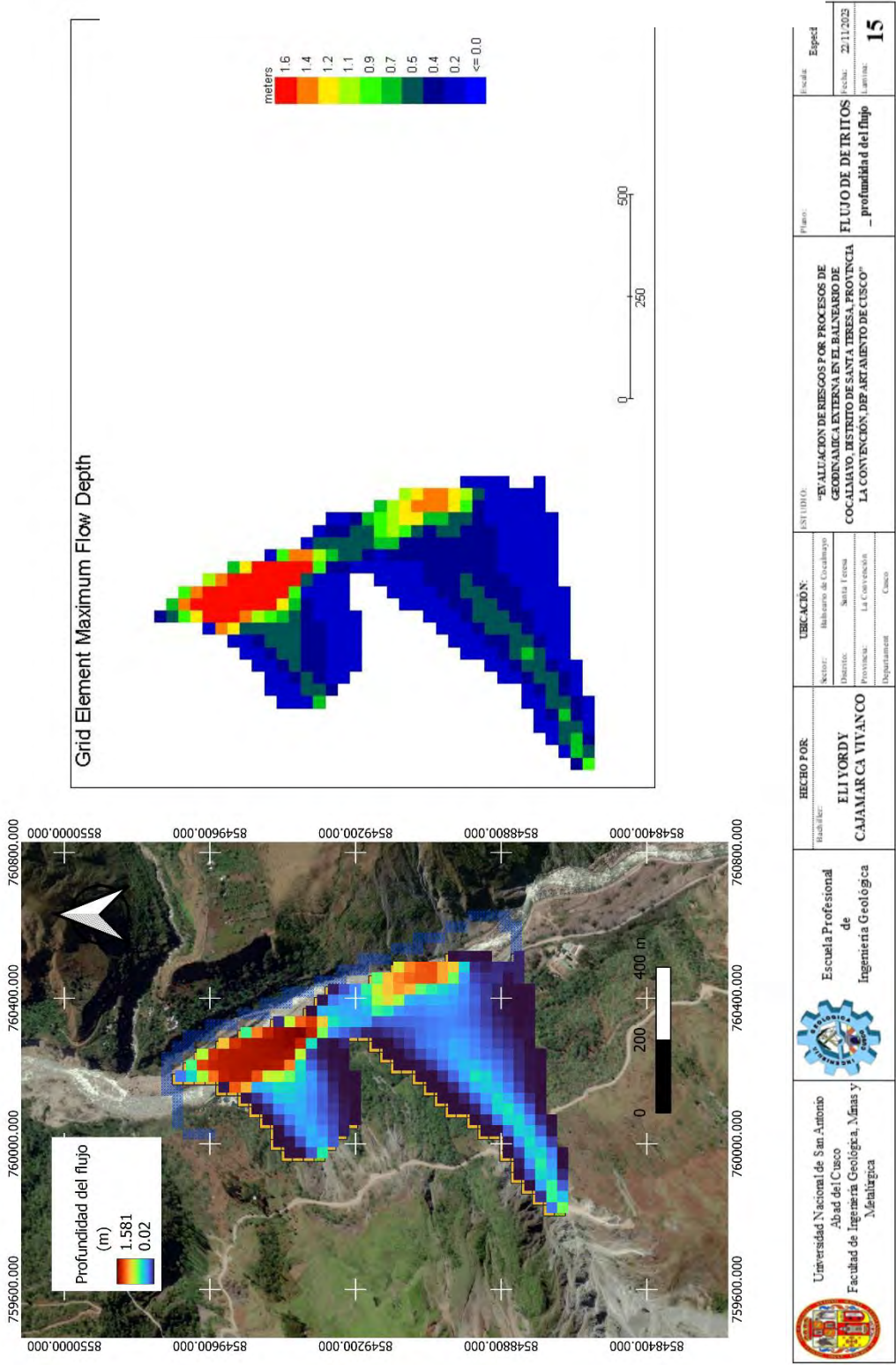
Con estos datos evaluados, se procede en la obtención de caudales.

Tabla 120_Caudal

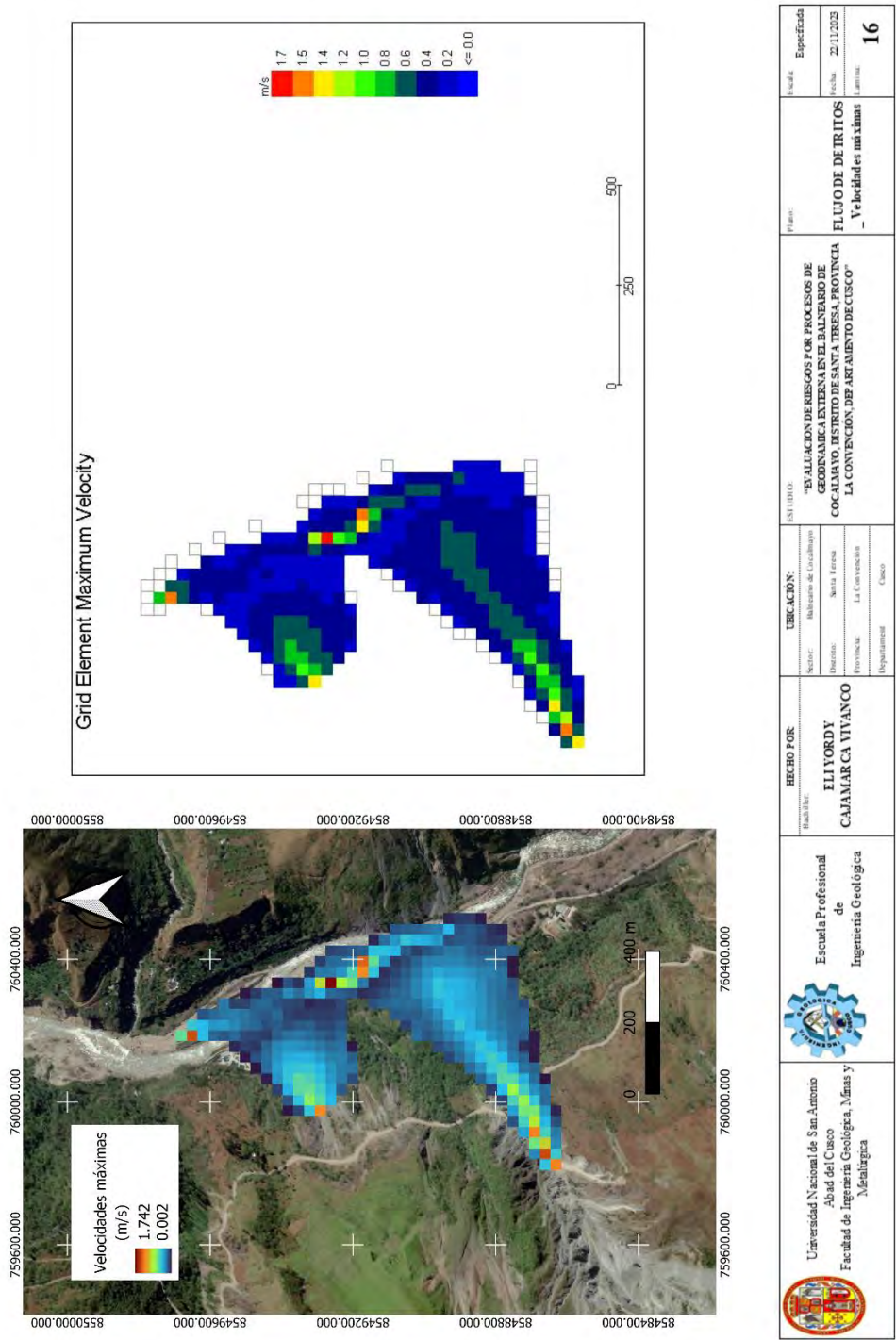
Intensidad (mm/hr)	Tiempo (hr)	Caudal (m3/s)
0	0	0.00
2.6	1	1.31
5.4	2	2.72
4.4	3	2.22
8	4	4.03
3.2	5	1.61
4.6	6	2.32
4.8	7	2.42
2.2	8	1.11
1.2	9	0.60
0	10	0.00

El programa FLO-2D, que se viene operando con el acceso a todo el público, lo cual no es su versión PRO, por lo tanto, tiene limitaciones en su funcionalidad, y uno de sus principales es que la versión FLO-2D que se viene modelando, permite el trabajo de celdas superiores a 30, lo cual su malla va trabajando en áreas 30x30m, y al abordar grandes áreas el modelamiento va a cometer errores, pero si nos va a ser posible de obtener datos aproximados de cómo se va transportando el flujo de detritos en nuestra zona de estudio.

Mapa 14 _Mapa flujo de detritos _profundidad del flujo. Fuente propia.



Mapa 15_Mapa flujo de detritos _Velocidades máximas. Fuente propia.



Deslizamiento

Para el análisis de un modelamiento en un deslizamiento, se consideró una línea transversal más crítica que afecta al Balneario de Cocalmayo (ver mapa topográfico), el análisis de estabilidad de talud se ha realizado mediante el programa de GEO5, versión 5.2022.51.0, este programa tiende a considerar que existe una franja de pequeño espesor que separa a la zona inestable de lo estable, lo cual se ha realizado la máxima resistencia al corte que el terreno es capaz de soportar. Y esta franja se asimila a una superficie denominada de rotura o deslizamiento.

Se realizaron 2 modelamientos para su respectiva verificación de sus factores de seguridad; El primer modelamiento se viene realizando desde la escarpa principal, y el segundo caso se consideró con respecto al talud, que presento movimiento de desplazamiento en el año 2022.

FIGURA 18_ El primer modelamiento, presenta un Factor de seguridad $0.96 < 1.50$, lo cual indica que es una estabilidad de talud, NO ACEPTABLE. Fuente propia.

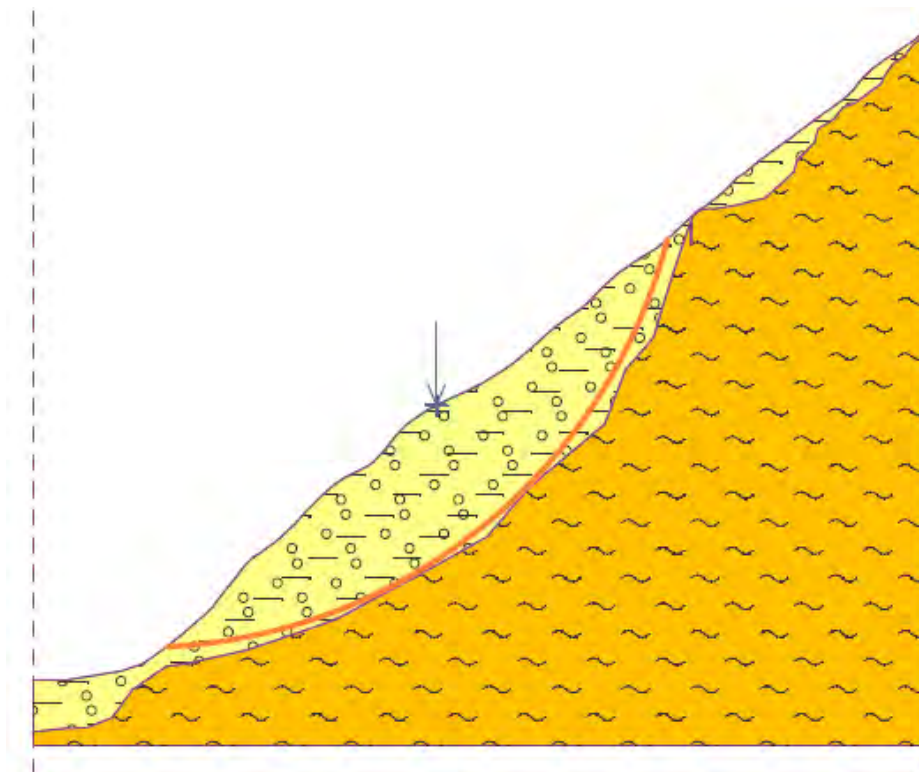


FIGURA 21 El segundo modelamiento, presenta un Factor de seguridad $0.99 < 1.50$, lo cual indica que es una estabilidad de talud, NO ACEPTABLE. Fuente propia.

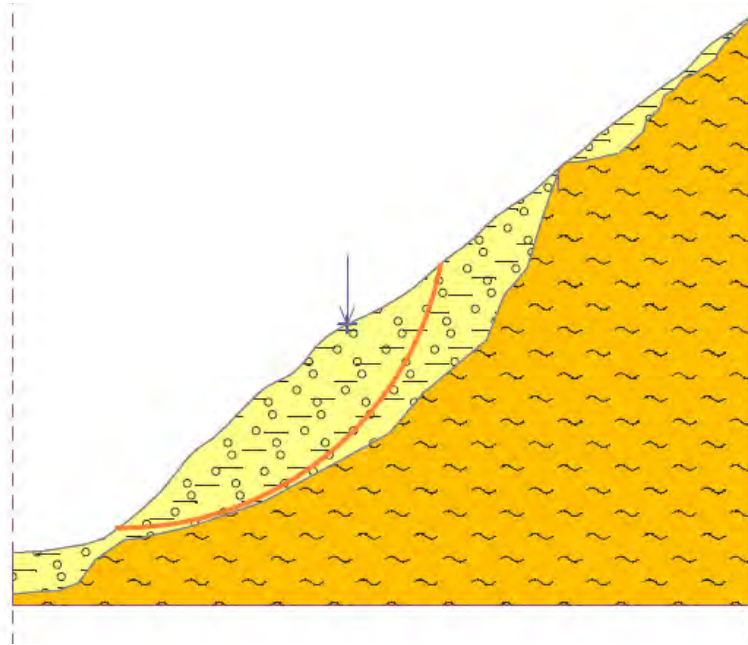


FIGURA 20 El tercer modelamiento es un análisis pseudoestático, presenta un Factor de seguridad $0.81 < 1.00$, lo cual indica que es una estabilidad de talud, NO ACEPTABLE. Fuente propia.

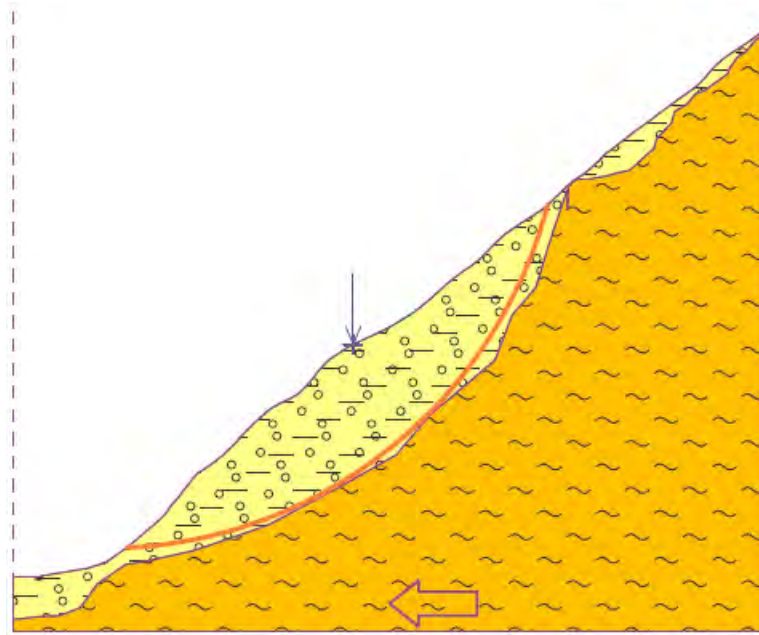
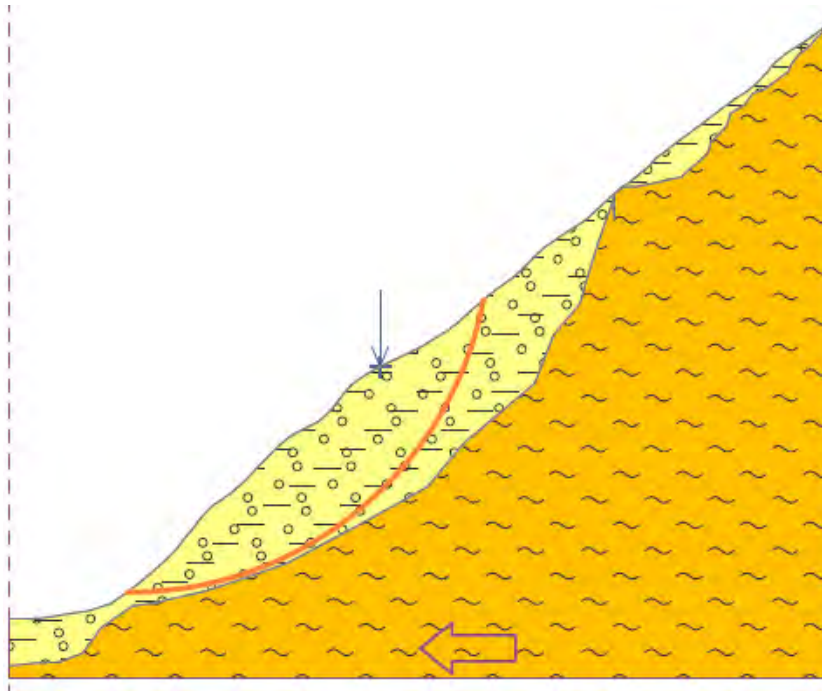


FIGURA 23 El cuarto modelamiento es un análisis pseudoestático, presenta un Factor de seguridad $0.84 < 1.00$, lo cual indica que es una estabilidad de talud, NO ACEPTABLE. Fuente propia.



Capítulo V: CONTROL DE RIESGO

En este capítulo, se realizará propuestas de estabilidad de talud, para prevenir o mitigar los peligros que se presentan en la zona de estudio.

a. Banquetas

La elaboración de banquetas, tiene como finalidad, disminuir la carga en la parte superior del talud, y así obtener una mejor estabilidad del talud, y en cada banqueta se debe instalar sus respectivas cunetas.

Ilustración 28_Propuestas para prevenir o mitigar el peligro. Fuente propia



b. Drenaje Superficial

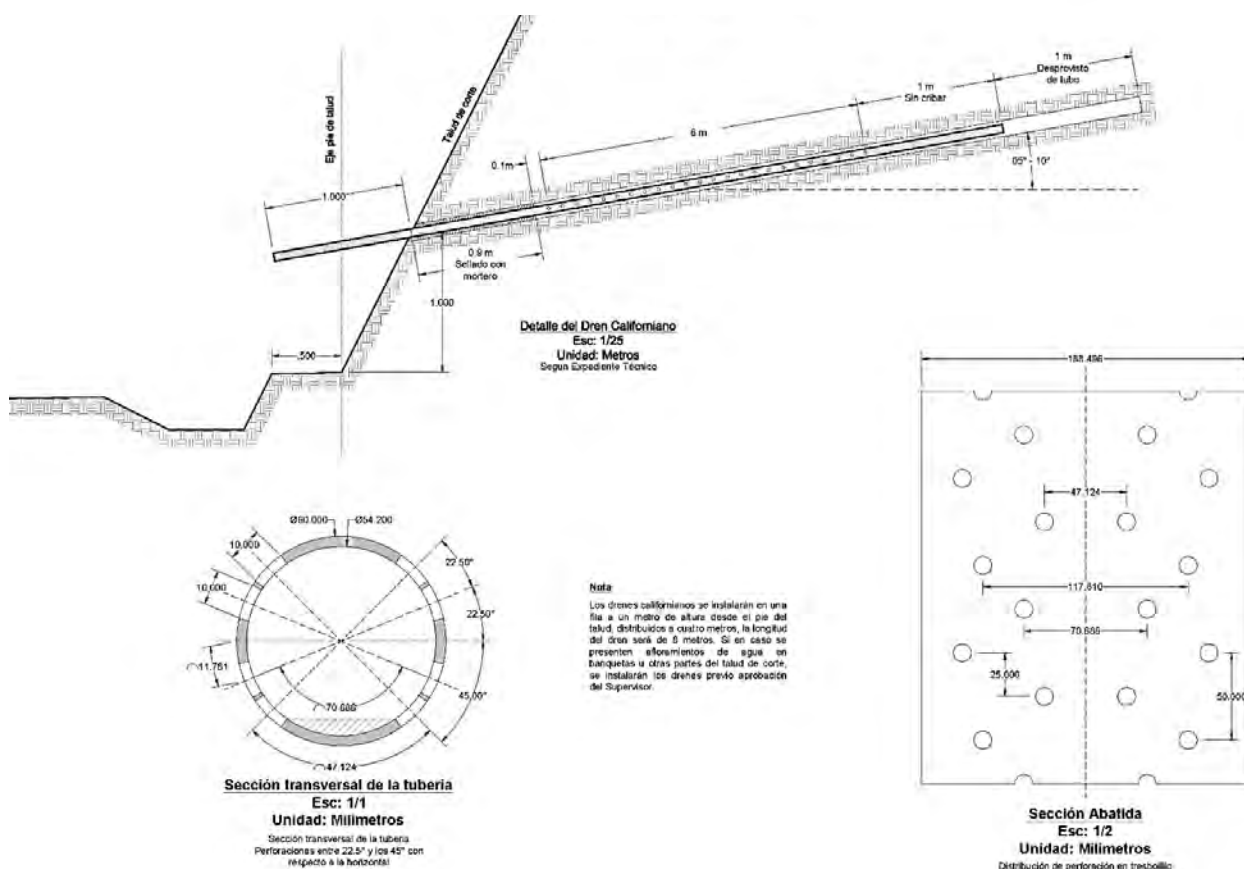
La instalación se consideró para la captación de la escorrentía superficial, la cual se recomienda el diseño que las cunetas deben de estar instalados al pie del talud ubicado al margen derecho de la carretera tomando en consideración la dirección de Santa María – Santa Teresa, y

este mismo diseño se debe de aplicar para cada banqueteta; también se debe de aplicar canales colectores en forma de espina de pescado.

c. Dren Californiano

Este método se aplicará en casos de que la humedad del terreno sea alta o afloramientos de agua subterránea que puedan presentarse durante los trabajos de corte, la finalidad es deprimir el nivel freático, para así reducir las presencias intersticiales que actúan sobre las potenciales superficiales de deslizamiento, lo que conlleva en un incremento de la resistencia del terreno y una reducción del peso del talud.

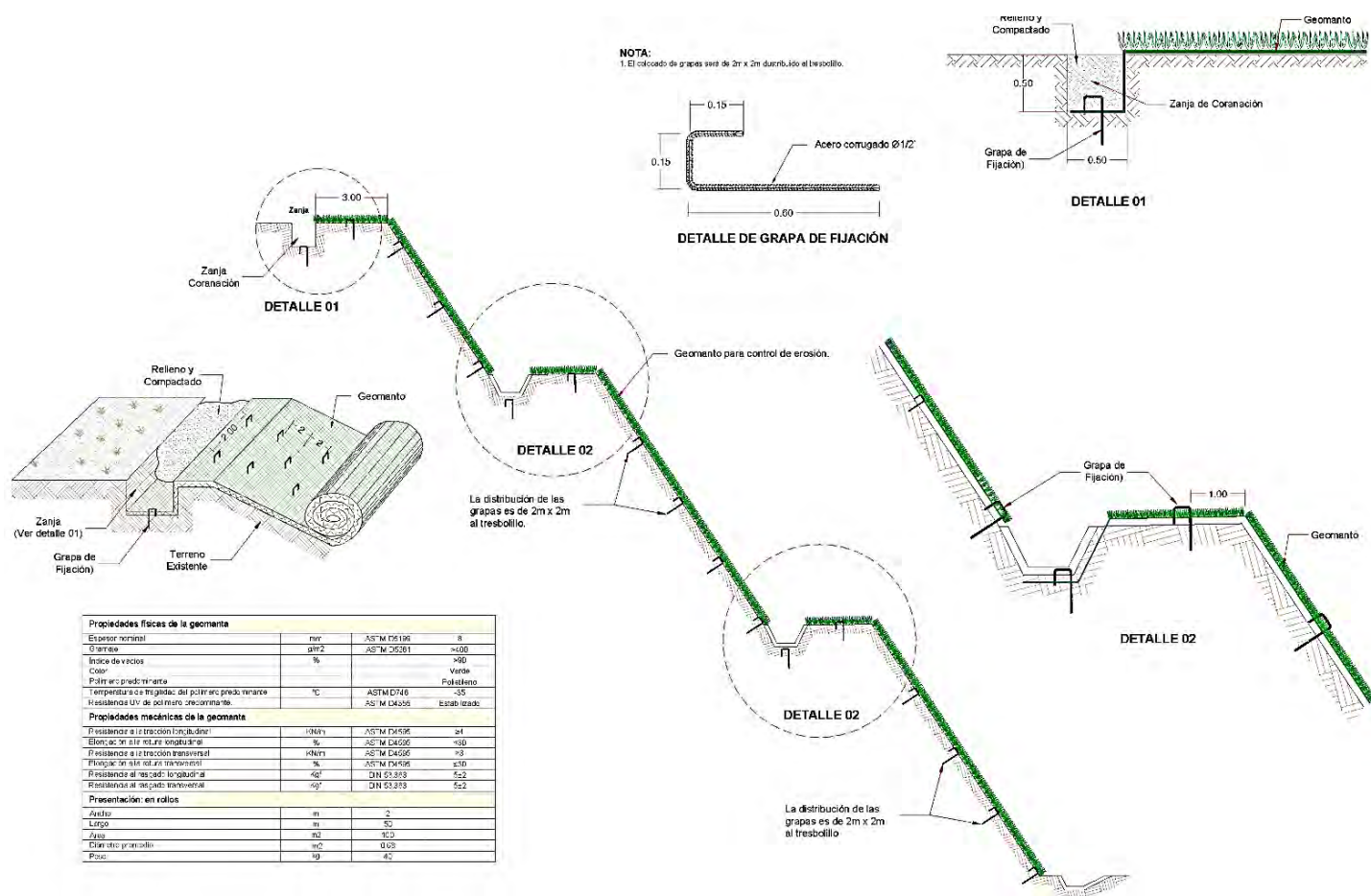
Ilustración 31 _Detalles para la instalación de un dren californiano. Fuente propia.



d. Geomanto

El geomanto controla la erosión, protege las estructuras direccionando las aguas hasta un sub dren, al momento de realizar su respectiva instalación, se puede instalar sin muchas dificultades.

Ilustración 34 _Detalles de geomanto. Fuente propia.



e. Malla

La instalación de mallas, se debe instalar principalmente en los macizos rocosos que se encuentran expuestos a los agentes de erosión y meteorización, con la finalidad retener o disminuir la velocidad de la caída de los fragmentos de roca y direccionarlos al pie del talud, y el material acumulado, se debe de evacuar del área.

f. Desquinche

Se debe de realizar en su mayor prontitud, para evacuar los materiales sueltos.

g. Techo

Se puede instalar con material de acero inoxidable, esto con la finalidad de impedir principalmente, de que las precipitaciones pluviales lleguen directamente al macizo rocoso, y el agua recolectada, se puede redireccionar a los drenajes superficiales. Esta instalación se puede realizar en los taludes superiores, para lograr mitigar la caída de rocas, lo cual estos fragmentos de roca, llegaría a dificultar la evacuación de los materiales que se podría retener con una malla, ya que la zona de estudio presenta pendientes muy fuertes.

h. Barra Autoperforante

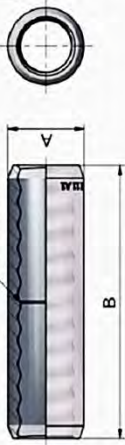
Son medidas complementarias para la estabilización de taludes, lo cual se puede instalar en cada banquetta proyectada, este sistema es muy adaptable para trabajos con tipos de suelos, tales como: limos, arcillas, arenas, gravas y rocas.

Detalle accesorios barra autopercutor R32. Fuente propia

PLANTA DE PLACA DE SUJECCIÓN

Tamaño	Placa de apoyo abovedada		
	AXXB (mm)	D (mm)	Weight (kg)
R32	200x200x12	35	3.8

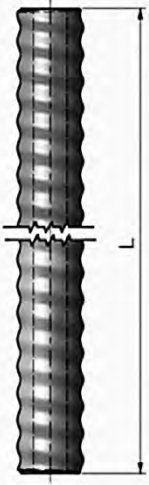
COPLA DE ANCLAJE		
Tipo de Rosca	A-Diámetro (mm)	B-Longitud (mm)
R32	42	150



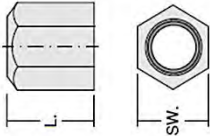
BARRA AUTOPERFORANTE R32-360KN

CARACTERÍSTICAS DE BARRA AUTOPERFORANTE

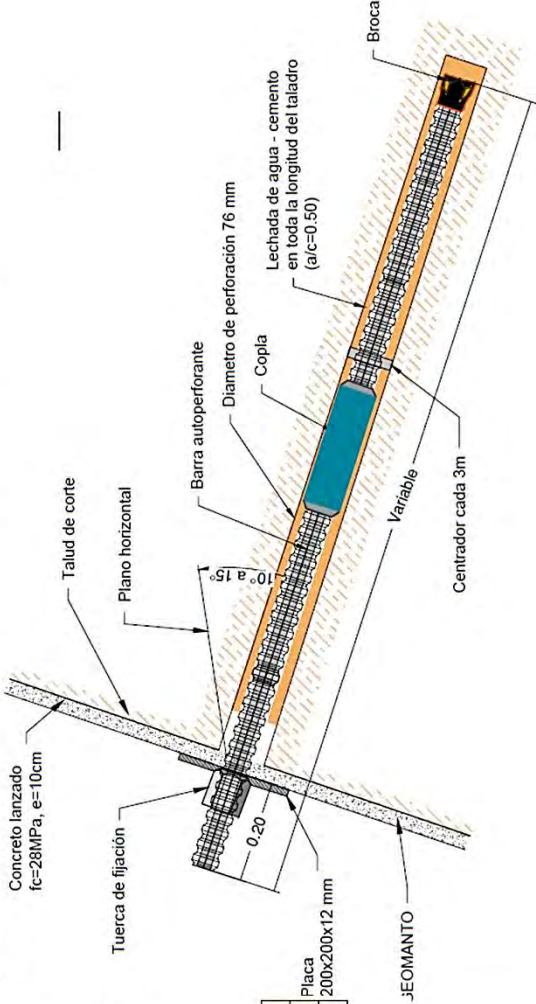
BARRA AUTOPERFORANTE R32					
Tipo de Barra	O D (mm)	I D (mm)	Carga Máxima (kN)	Carga Fluencia (kN)	Peso (kg/m)
R32-360/15	32.0	15.0	360.0	280.0	4.1



CARACTERÍSTICAS DE TUERCA



TUERCA HEXAGONAL		
Tipo de Rosca	SW (mm)	L (mm)
R32	46	65



DETALLE TÍPICO DE INSTALACIÓN DE LA BARRA AUTOPERFORANTE R32-360 KN EN TALUD CON GEOMANTO

CONCLUSIONES

1. Geomorfológicamente la zona de estudio se ubica a nivel regional en la Cordillera Oriental de los Andes Peruanos en la Región de Cusco, presenta relieve agreste y fuertes pendientes; geológicamente la zona de estudio está dentro del complejo metamórfico de Ollantaytambo, el macizo rocoso, es una roca metamórfica del tipo de roca pizarra, filita y esquisto, esta roca se caracteriza por ser de grano fino, por tener un nivel de metamorfismo bajo, esta roca se encuentra en todo el sector, pero durante el pasar de los años fue erosionando y solo se puede observar en algunos sectores los afloramientos rocosos y las cuales presentan un grado de meteorización moderada, en estos sectores que aflora el macizo rocoso, presentando caídas de roca; los materiales que supra yacen al macizo rocoso, son materiales productos de la erosión y meteorización del macizo rocoso, estos materiales tienden a desplazarse por la acción de la lluvia, son transportados por flujos obteniendo conos de deyección, presentando también caída de materiales y deslizamientos.
2. En la determinación del nivel de peligrosidad, para el Balneario de Cocalmayo, utilizando la metodología propuesta por CENEPRED, lo cual se determinaron 3 tipos de peligros; para cada uno de ellos, se analizó la susceptibilidad, mediante la ponderación de sus factores condicionantes (geología, geomorfología y pendiente), y desencadenantes (precipitación pluvial), obteniendo niveles de peligro bajo, medio, alto y muy alto, teniendo como resultado como mayor porcentaje la presencia de nivel de peligro Alto a Muy Alto.

3. En la determinación del nivel de vulnerabilidad, para el Balneario de Cocalmayo, utilizando la metodología propuesta por CENEPRED, debido a que el Balneario de Cocalmayo es un centro turístico muy visitado por una gran cantidad de personas, y al encontrarse expuesto a un peligro inminente, da como resultado niveles de vulnerabilidad Muy Alto.
4. El factor desencadenante donde hay más actividad geodinámica es la precipitación pluvial, y se propusieron medidas estructurales, con la finalidad de reducir o evitar daños a todos los elementos expuestos, como la instalación de cunetas de coronación para controlar el flujo del agua, realizar cortes de banquetas, para disminuir el peso del talud e instalar geomantos para prevenir la erosión.
5. El nivel de Riesgo producto de la relación entre el peligro y la vulnerabilidad, nos da como resultado, de que el Balneario de Cocalmayo presenta un Riesgo Alto a Muy Alto.

Nivel del Riesgo	Descripción
Riesgo Muy alto	Las consecuencias debido a un impacto de caída de rocas, flujo de detritos y deslizamientos, son catastróficas, a la infraestructura existente, la salud y a la vida humana.
Riesgo Alto	Las consecuencias debido a un impacto de Deslizamiento, Caída de rocas, Flujo de detritos, pueden ser gestionadas con apoyo externo (Gobierno Provincia o Gobierno Regional y de los pobladores.

El nivel de aceptabilidad o tolerancia del riesgo presenta INACEPTABLE a INADMISIBLE.

Nivel del Riesgo	Descripción
INADMISIBLE	Se debe aplicar inmediatamente medidas de control físico y de ser posible transferir inmediatamente recursos económicos para reducir riesgos.
INACEPTABLE	Se deben desarrollar actividades INMEDIATAS Y PRIORITARIAS para el manejo de riesgos.

RECOMENDACIONES

- Habiendo evaluado el Nivel de Riesgo Alto a Muy Alto, se recomienda la participación urgente de las entidades representativas de la municipalidad distrital de Santa Teresa.
- Se recomienda la instalación urgente de medidas estructurales y contar con una vía de escape que brinde seguridad y visualización de señalizaciones.
- Para tener un mejor y detallado estudio de la zona, se recomienda realizar levantamiento con LIDAR, la zona presenta zonas con pendientes muy fuertes, que es prácticamente imposible acceder sin contar con equipos de seguridad.
- Para mitigar el peligro de caída de rocas, se debe instalar mallas (mallas de triple torsión), realizar desquinces y también es muy recomendable aplicar shotcrete.
- Para mitigar el peligro de flujo de detritos, se debe instalar mallas (barreras de flujo de detritos), y lo mas recomendable es hacer un puente.
- Para mitigar el peligro de deslizamiento, se debe de realizar banquetas, con su respectiva aplicación de geomanto y alcantarillado, instalar pernos autoperforantes y dren californiano.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- “Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales 2da Versión”, (CENEPRED, 2016).
- “Riesgo a Deslizamiento en Taludes del Sistema Vial Lampa – Pariahuanca, Huancayo” (Ricardo Alex Nuñez Romero & Iván Jonathan Sanchez Llacta, 2016).
- “Guía para la Evaluación de los efectos probables frente al impacto del Peligro Originado por Fenómenos Naturales” (CENEPRED/PER/2020).
- “Peligros Geológicos en el Perú” (INGEMMET, 2018)
- Tesis: “Evaluación del Riesgo originado por movimientos en masa, quebrada Thuniyoc, distrito de San Sebastián y San Jerónimo, Cusco”, (Vila y Vasquez, 2016),
- “Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales” (Jaime Suarez Díaz, Ediciones UIS, Colombia: Publicaciones UIS, 1998, 1ra edición).
- “Deslizamientos Volumen 1: Análisis Geotécnico” (Jaime Suarez Díaz, Ediciones UIS, Colombia: Publicaciones UIS, 2009, 1ra edición).
- “Deslizamientos Volumen 2: Técnicas De Remediación” (Jaime Suarez Díaz, Ediciones UIS, Colombia: Publicaciones UIS, 2009, 1ra edición).
- “Tipos y clasificación de las investigaciones”. (LATAM revista latinoamericana de ciencias sociales y humanidades. Volumen V, Número 2 p 957. Alexander F. Haro, Edwin R. Chisag, John P. Ruiz, Johanna E. Caicedo, abril 2024)
- “Engineering Geology. Blackwell Scientific Publications: Cambridge, Massachusetts” (Bell, F. G. 1993)
- “Introduction to rock mechanics. John Wiley & Sons” (Goodman, 1980)

- “Rock Slope Engineering. The Institution of Mining and Metallurgy” (Hoek, E. & Bray, J. W., 1977)
- “Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” (RD N° 10-2014-MTC14)
- “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico” (RD N° 03-2018-MTC 14)
- “CIENCIAS DE LA TIERRA, Una introducción a la geología física” (Edward J. Tarbuck, Frederick K. Lutgens, 2005, 8va edición)
- “Metodología para evaluación de riesgo por flujo de detritos detonados por lluvia: caso Útica, Cundinamarca, Colombia” (Sepúlveda, A., Patiño, J. y Rodríguez, C., 2016).
- “Geología, geodinámica y simulación de flujos en las ciudades de Urubamba y Ollantaytambo” (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio, Cusco, Perú. Valderrama, P., 2006)
- “Deslizamiento - flujo de detritos y su incidencia en los medios de vida de la población de la microcuenca Aynamayo - distrito de Vitoc – Chanchamayo Junín, 2021” (Percy M. Montes, 2023)
- “Estabilidad de taludes en carreteras: Ingeniería para el manejo, restauración y conservación de ecosistemas” (Noel Riaño Ramirez, 2012)
- “Manual de protección de taludes” (Asociación de carreteras del Japón, mayo del 1984)
- “Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado” (Washington, D.C. 1993)
- “Análisis de la amenaza de caída de rocas a partir del estudio de huellas de impacto sobre carreteras” (Rosales G., Sergio Esteban; Álvarez O., Andrés Mauricio; Ortiz Z., Julio Cesar; Ordóñez Carmona, Oswaldo, Dyna, vol. 78, núm. 169, 2011, pp. 230-238)

ANEXOS

Fotografias



COCALMAYO





COCALMAYO

SANTA MARÍA

SANTA TERESA



Aberturas en el material, alrededor de la escarpa de falla,
permitiendo la infiltración de las aguas superficiales.



Indicios del desplazamiento del deslizamiento



Corte del talud superior en la carretera Santa María a Santa Teresa



Uso del equipo de un dron, para la obtención de imágenes aéreas.



Vista panorámica desde el pie del talud



Escarpe de falla



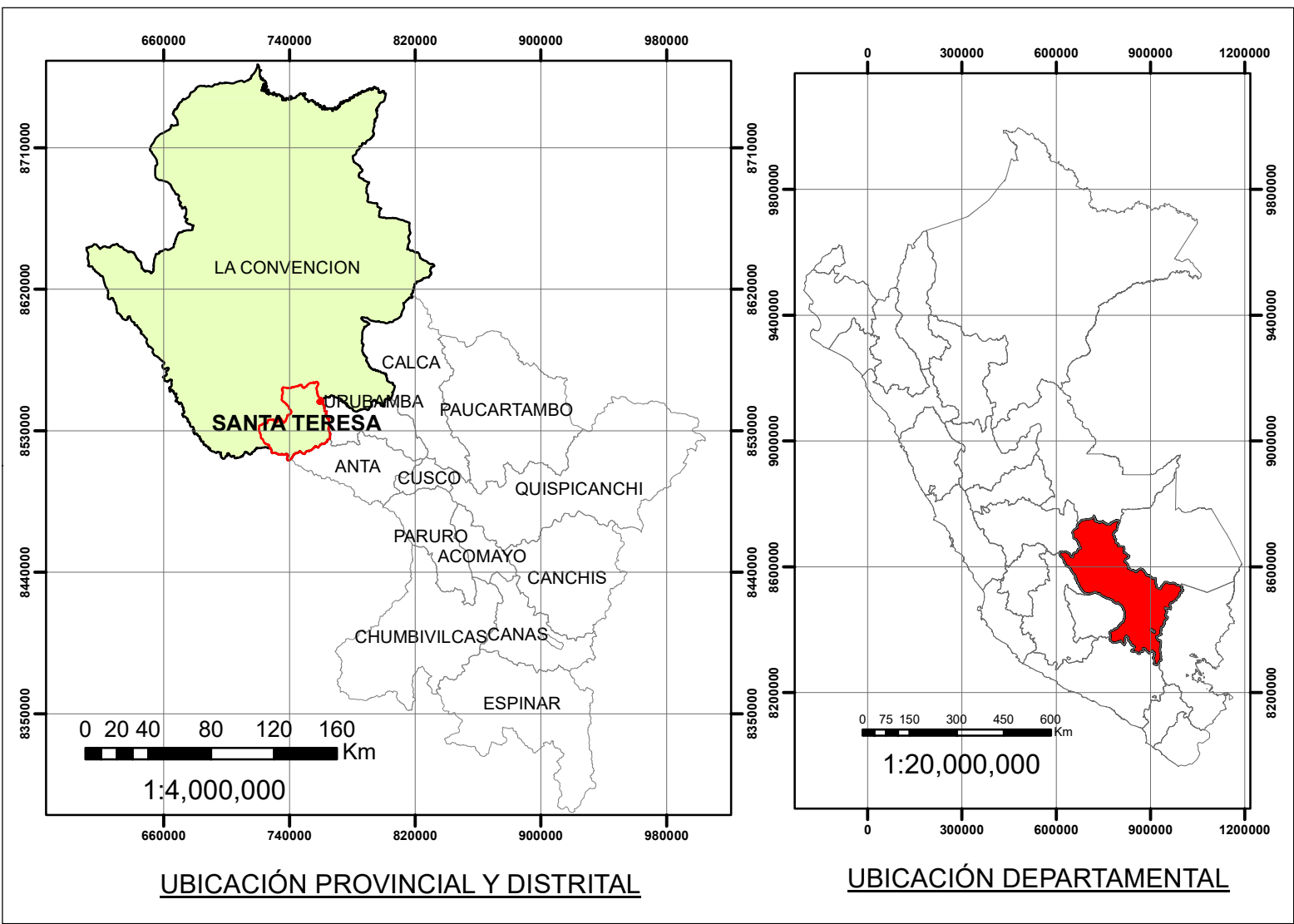
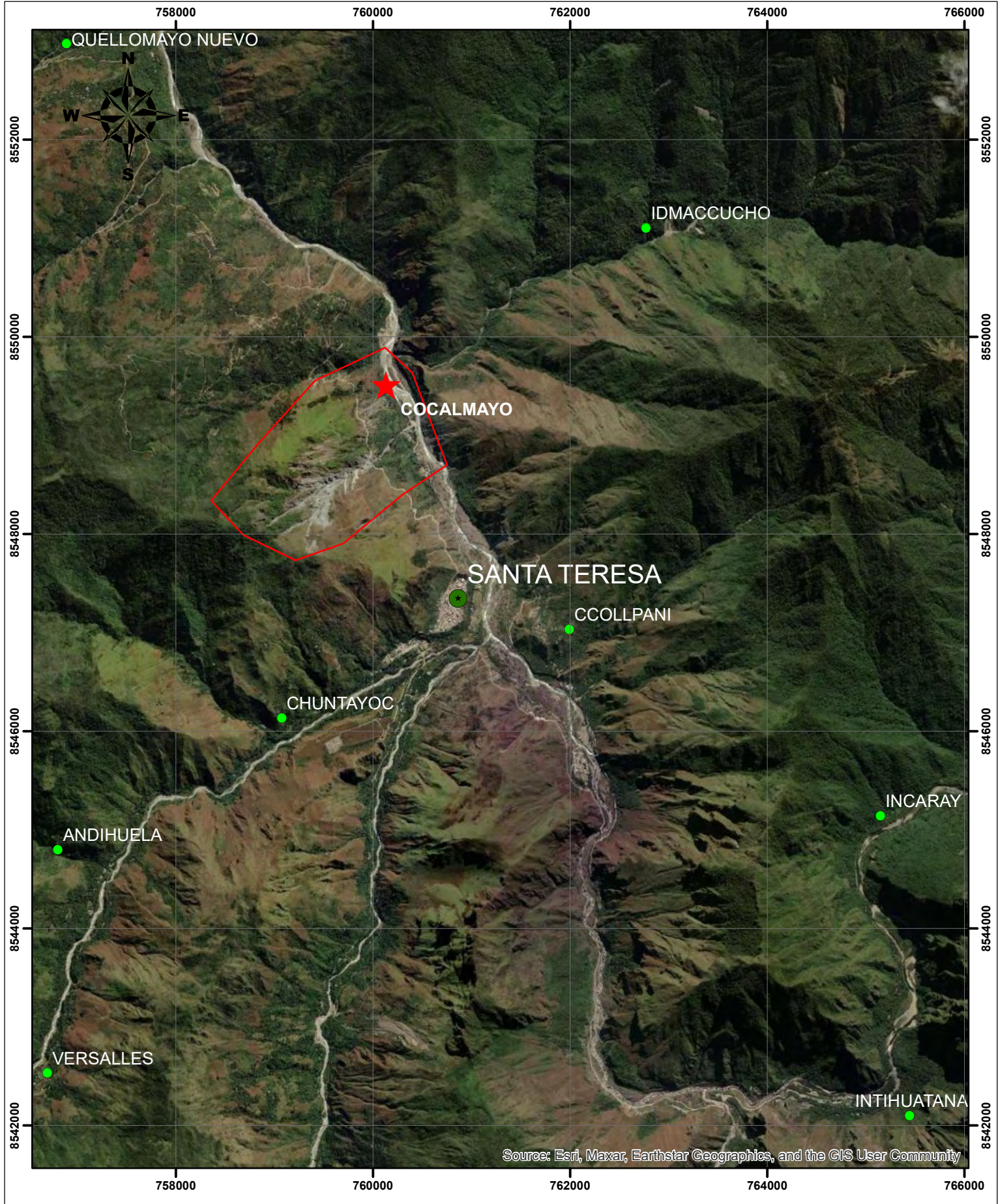
Escarpa de falla y afloramiento del macizo rocoso.



Vista panorámica desde la zona de desprendimiento

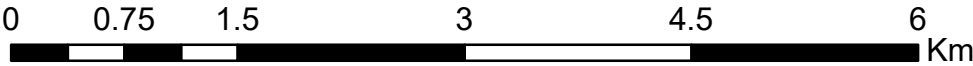


MAPAS



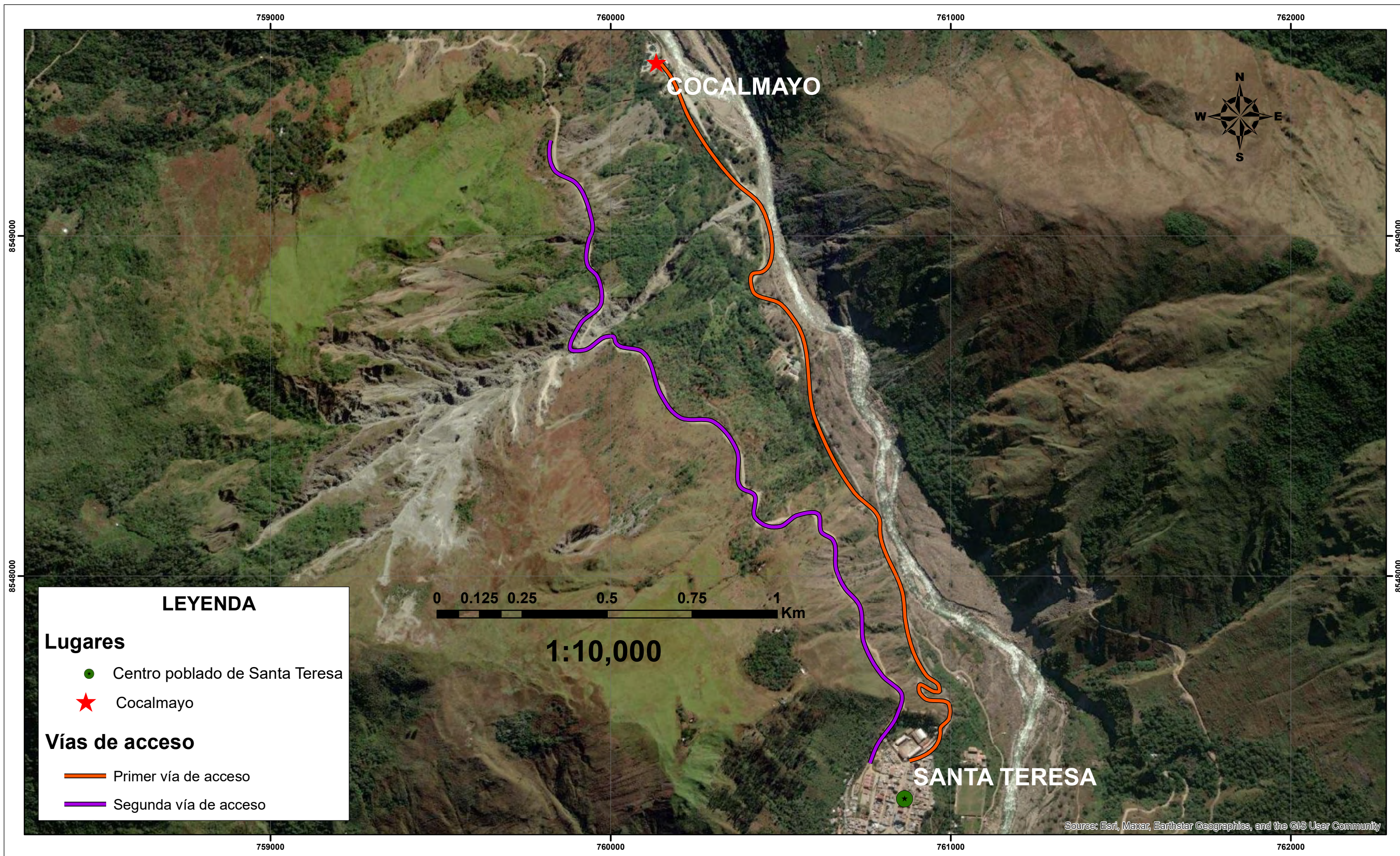
LEYENDA

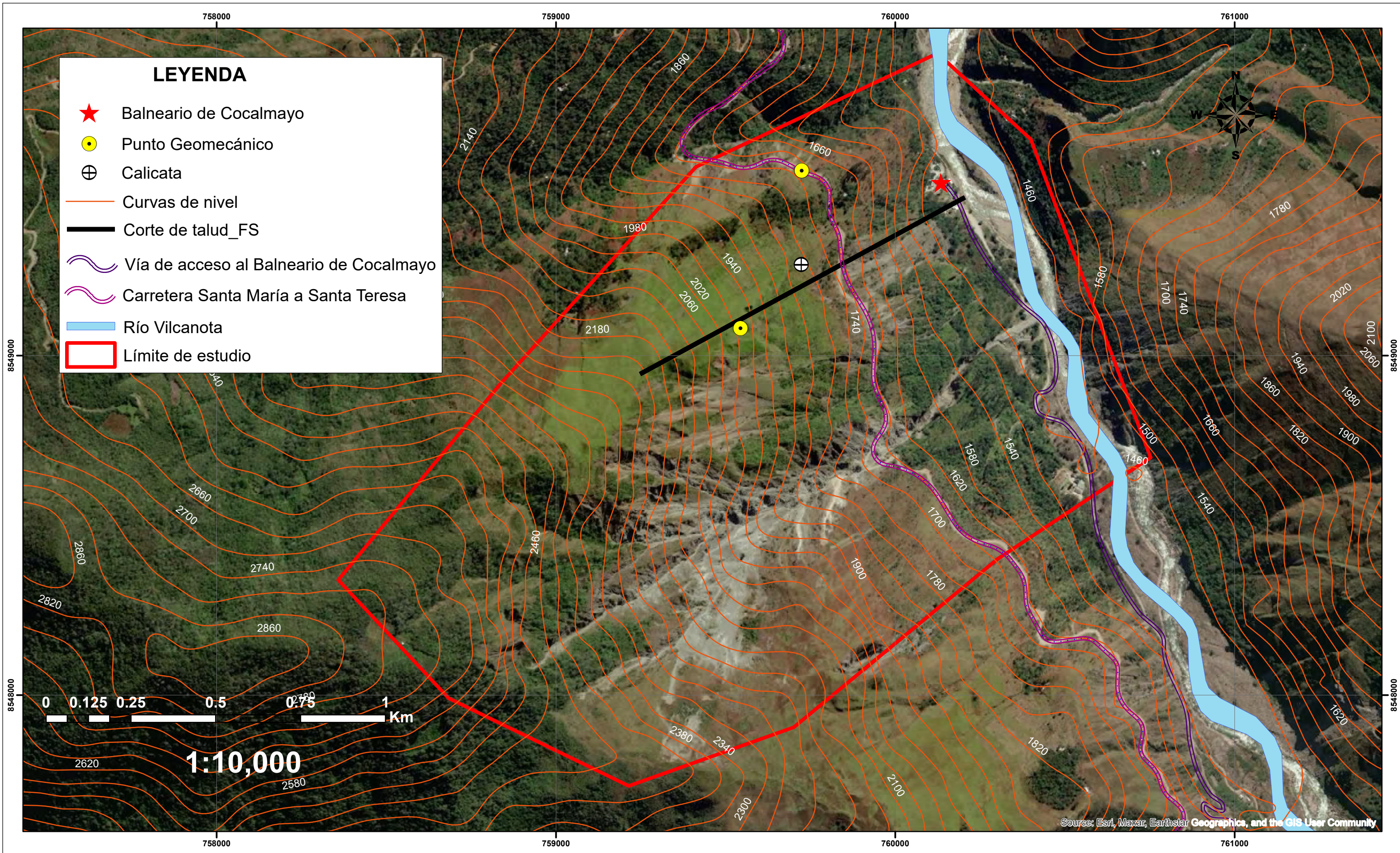
-  Zona de Estudio
-  Distrito de Santa Teresa
-  Centro Poblado
-  Cocalmayo

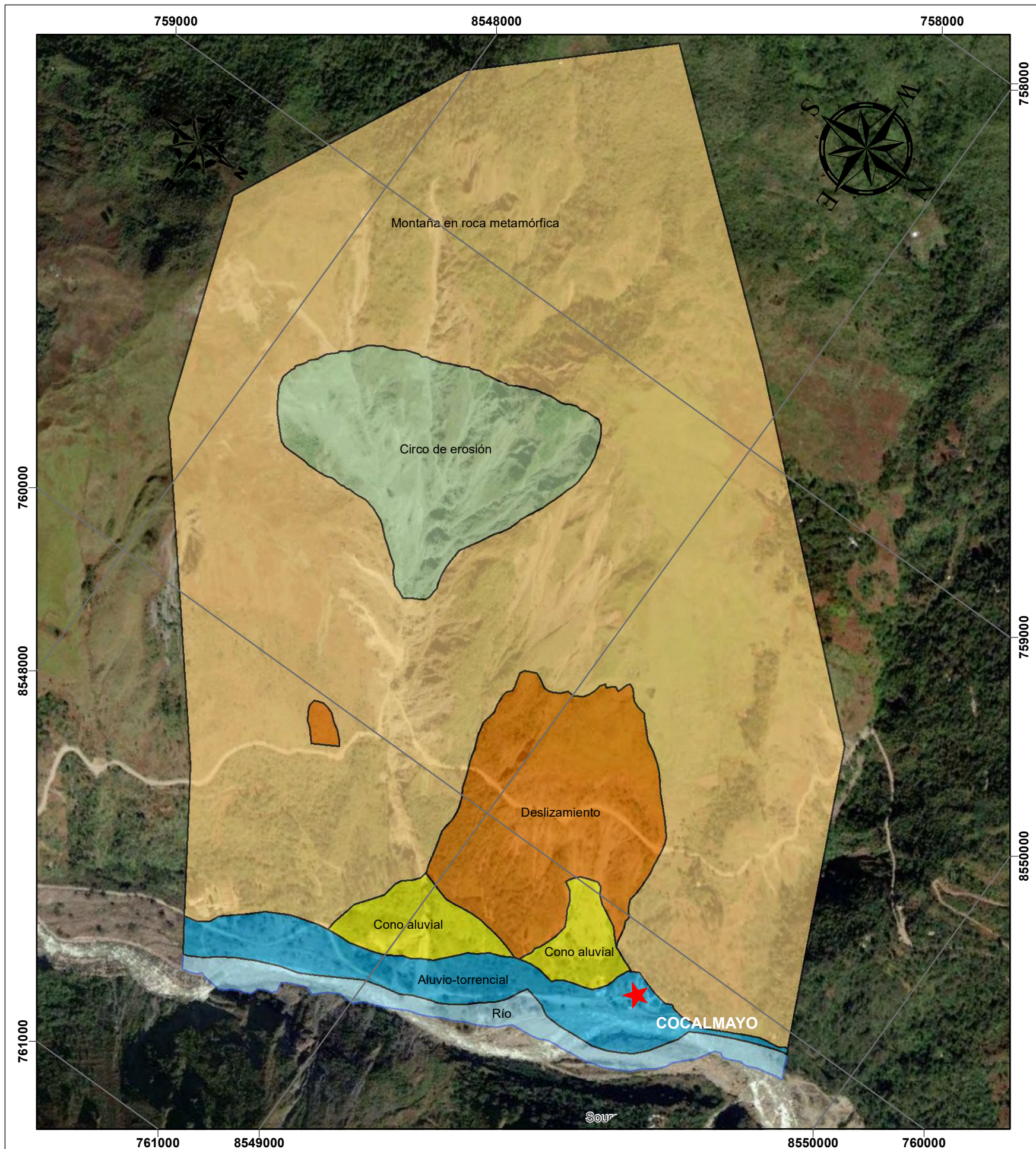


1:50,000

 Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica	 Escuela Profesional de Ingeniería Geológica	HECHO POR:		UBICACIÓN:		ESTUDIO: “EVALUACION DE RIESGOS POR PROCESOS DE GEODINAMICA EXTERNA EN EL BALNEARIO DE COCALMAYO, DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DE CUSCO”	Plano: MAPA DE UBICACIÓN	Escala: Especificada			
		Bachiller:		Sector:				Fecha:			
		ELI YORDY CAJAMARCA VIVANCO		Distrito:				1/06/2023			
		Asesor: Dr. ESCALANTE GUTIÉRREZ, JOSEFINA		Provincia:				Lamina:			
				Departament:				01			







LEYENDA



Río

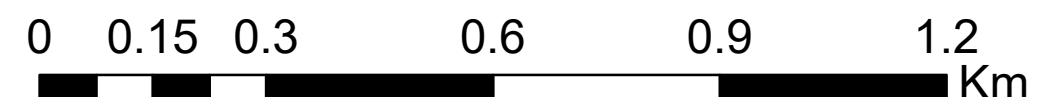


Cocalmayo

Geomorfología

COLOR	DESCRIPCIÓN
	Vertiente o pie de monte aluvio-torrencial
	Circo de erosión
	Cono aluvial
	Vertiente con depósito de deslizamiento
	Montaña en roca metamórfica

1:10,000



Universidad Nacional de San Antonio
Abad del Cusco
Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y
Metalúrgica



Escuela Profesional
de
Ingeniería Geológica

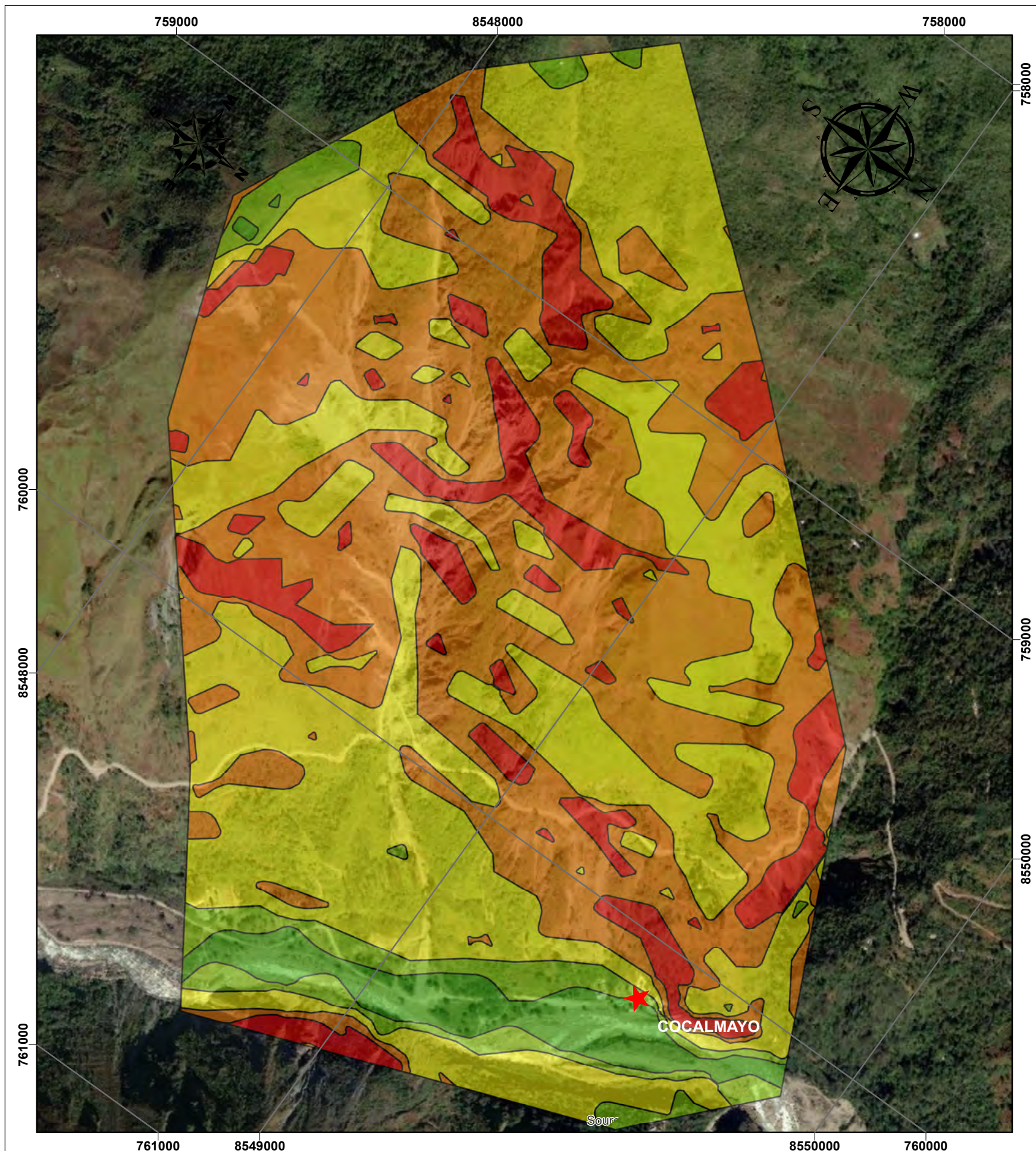
HECHO POR:
Bachiller:
**ELI YORDY CAJAMARCA
VIVANCO**
Asesor: **Dr. ESCALANTE
GUTIÉRREZ, JOSEFINA**

UBICACIÓN:
Sector: Balneario de Cocalmayo
Distrito: Santa Teresa
Provincia: La Convención
Departamento: Cusco

ESTUDIO:
“EVALUACION DE RIESGOS POR PROCESOS DE
GEODINAMICA EXTERNA EN EL BALNEARIO DE
COCALMAYO, DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA
LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DE CUSCO”

Plano:
**MAPA
GEOMORFOLÓGICO**

Escala: Especificada
Fecha: 1/06/2023
Lamina: **05**



LEYENDA

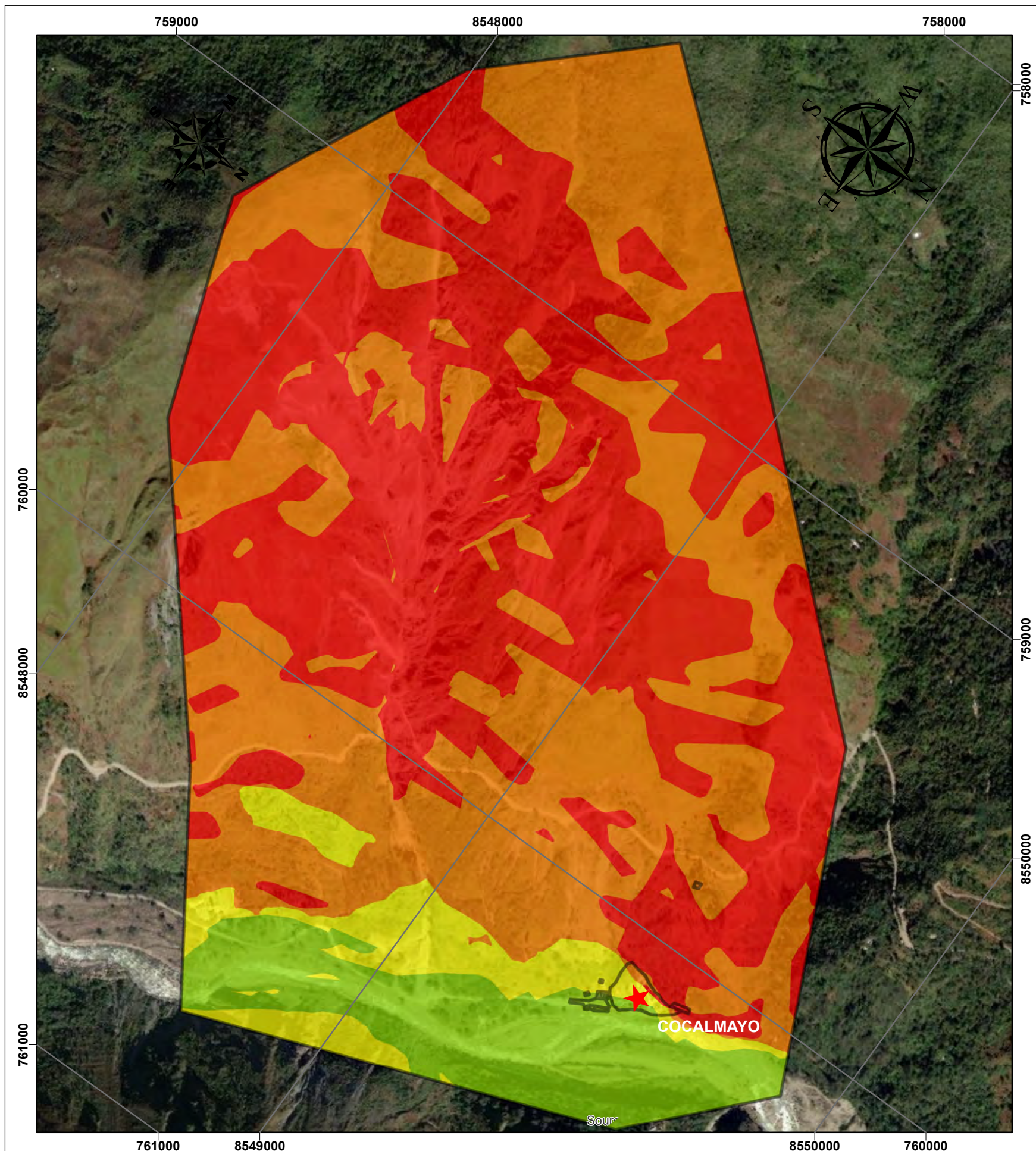
★ Cocalmayo

PENDIENTE

- Plano a ligeramente plano (0-5°)
- Moderadamente inclinado (5-15°)
- Moderadamente empinado (15-30°)
- Empinado (30-45°)
- Muy empinado (>45°)

1:10,000

0 0.15 0.3 0.6 0.9 1.2 Km



LEYENDA

★ Cocalmayo

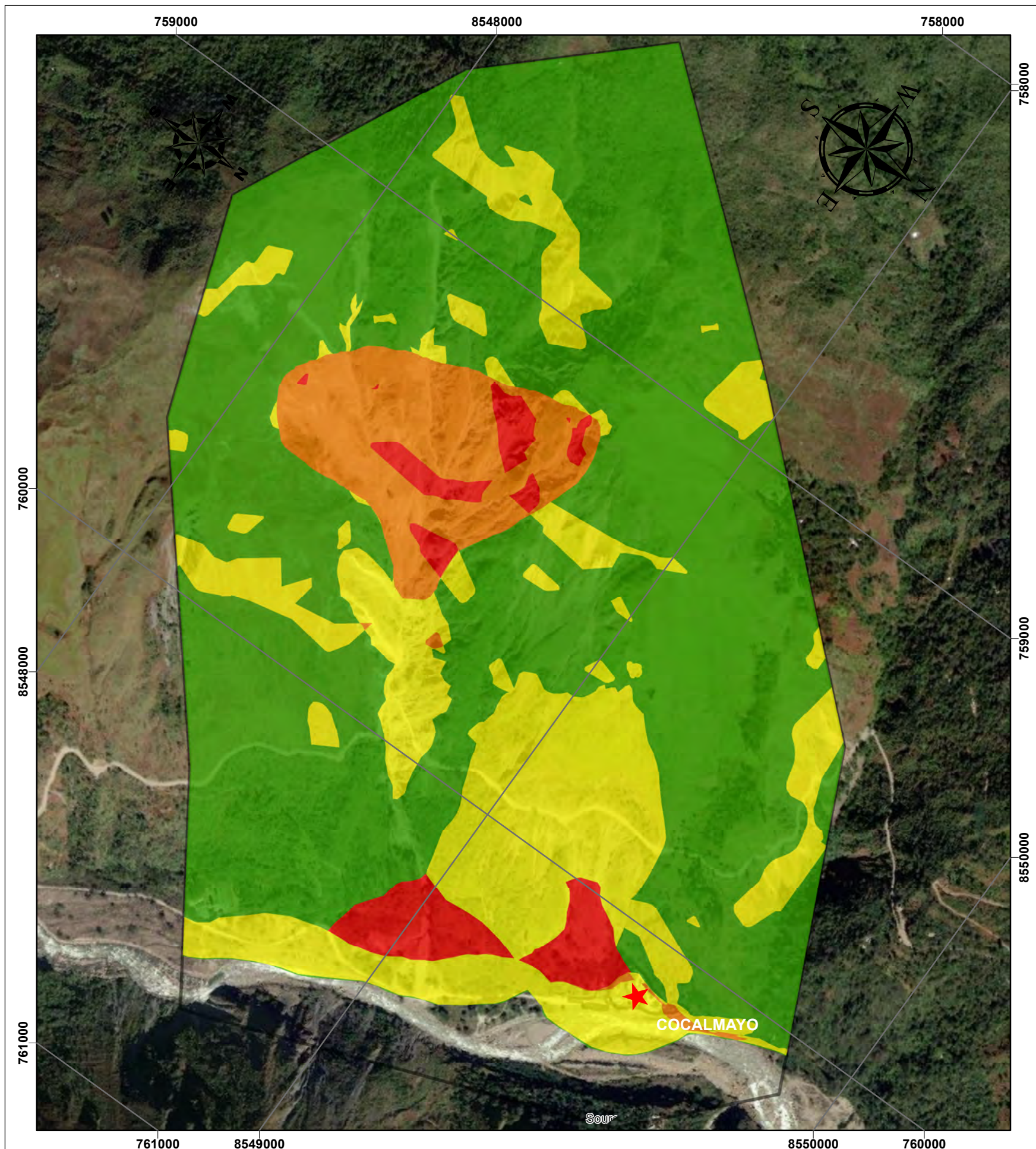
NIVEL DE PELIGRO

- Peligro Bajo
- Peligro Medio
- Peligro Alto
- Peligro Muy Alto

1:10,000

0 0.15 0.3 0.6 0.9 1.2 Km

 Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica	 Escuela Profesional de Ingeniería Geológica	HECHO POR:	UBICACIÓN:	ESTUDIO: “EVALUACION DE RIESGOS POR PROCESOS DE GEODINAMICA EXTERNA EN EL BALNEARIO DE COCALMAYO, DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO DE CUSCO”	Plano: MAPA DE PELIGRO CAÍDA DE ROCAS	Escala: Especificada
		Bachiller:	Sector: Balneario de Cocalmayo			Fecha: 22/11/2023
		ELI YORDY CAJAMARCA VIVANCO	Distrito: Santa Teresa			Lamina: 07
		Asesor: Dr. ESCALANTE GUTIÉRREZ, JOSEFINA	Provincia: La Convención			
		Departamento: Cusco				



LEYENDA

★ Cocalmayo

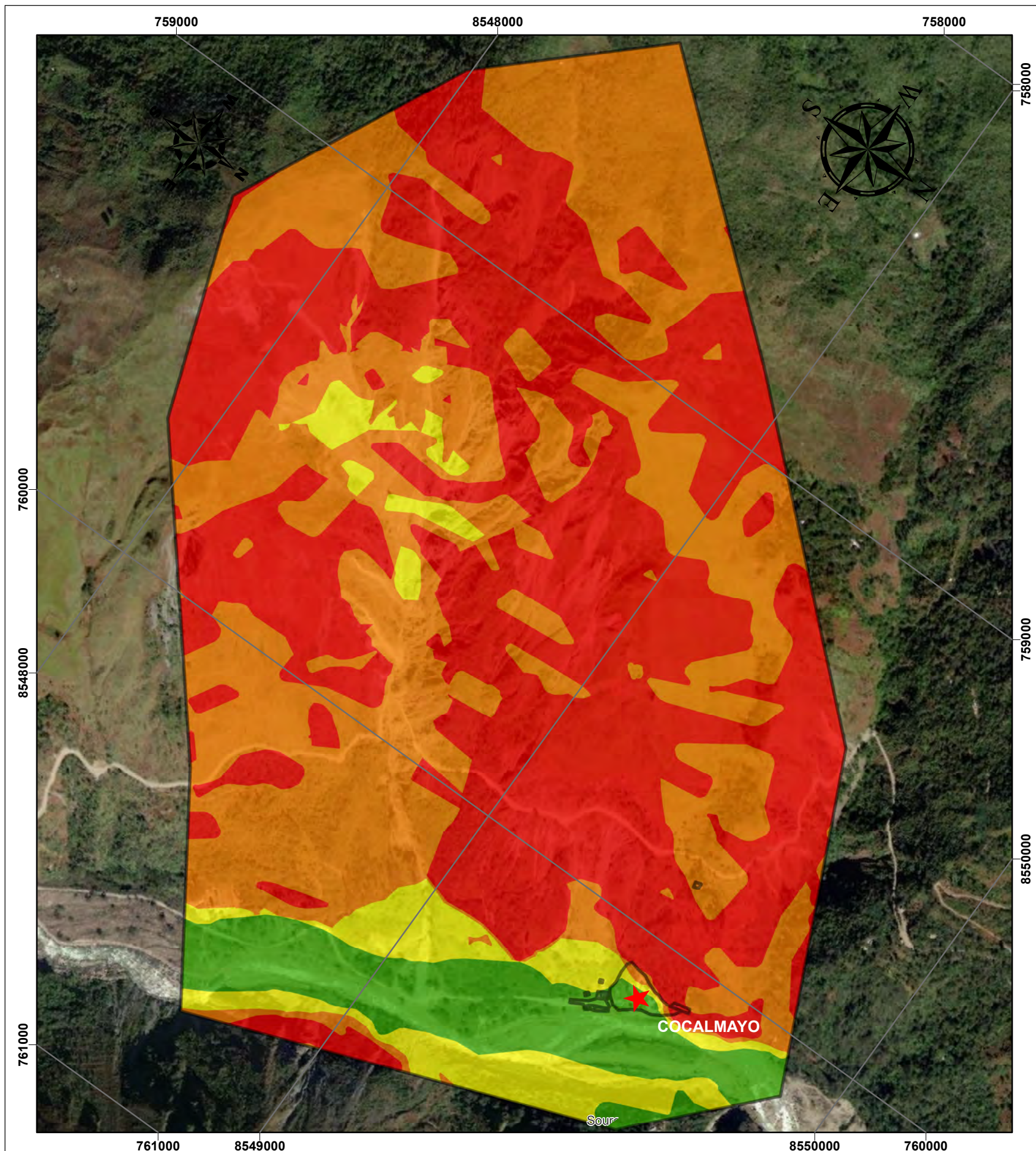
NIVEL DE PELIGRO

- Peligro Bajo
- Peligro Medio
- Peligro Alto
- Peligro Muy Alto

1:10,000

0 0.15 0.3 0.6 0.9 1.2 Km

 Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica	 Escuela Profesional de Ingeniería Geológica	HECHO POR:	UBICACIÓN:	ESTUDIO: “EVALUACION DE RIESGOS POR PROCESOS DE GEODINAMICA EXTERNA EN EL BALNEARIO DE COCALMAYO, DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO DE CUSCO”	Plano: MAPA DE PELIGRO FLUJO DE DETRITOS	Escala: Especificada
		Bachiller: ELI YORDY CAJAMARCA VIVANCO	Sector: Balneario de Cocalmayo			Fecha: 1/06/2023
		Asesor: Dr. ESCALANTE GUTIÉRREZ, JOSEFINA	Distrito: Santa Teresa			Lamina: 08
			Provincia: La Convención			
			Departamento: Cusco			



LEYENDA

★ Cocalmayo

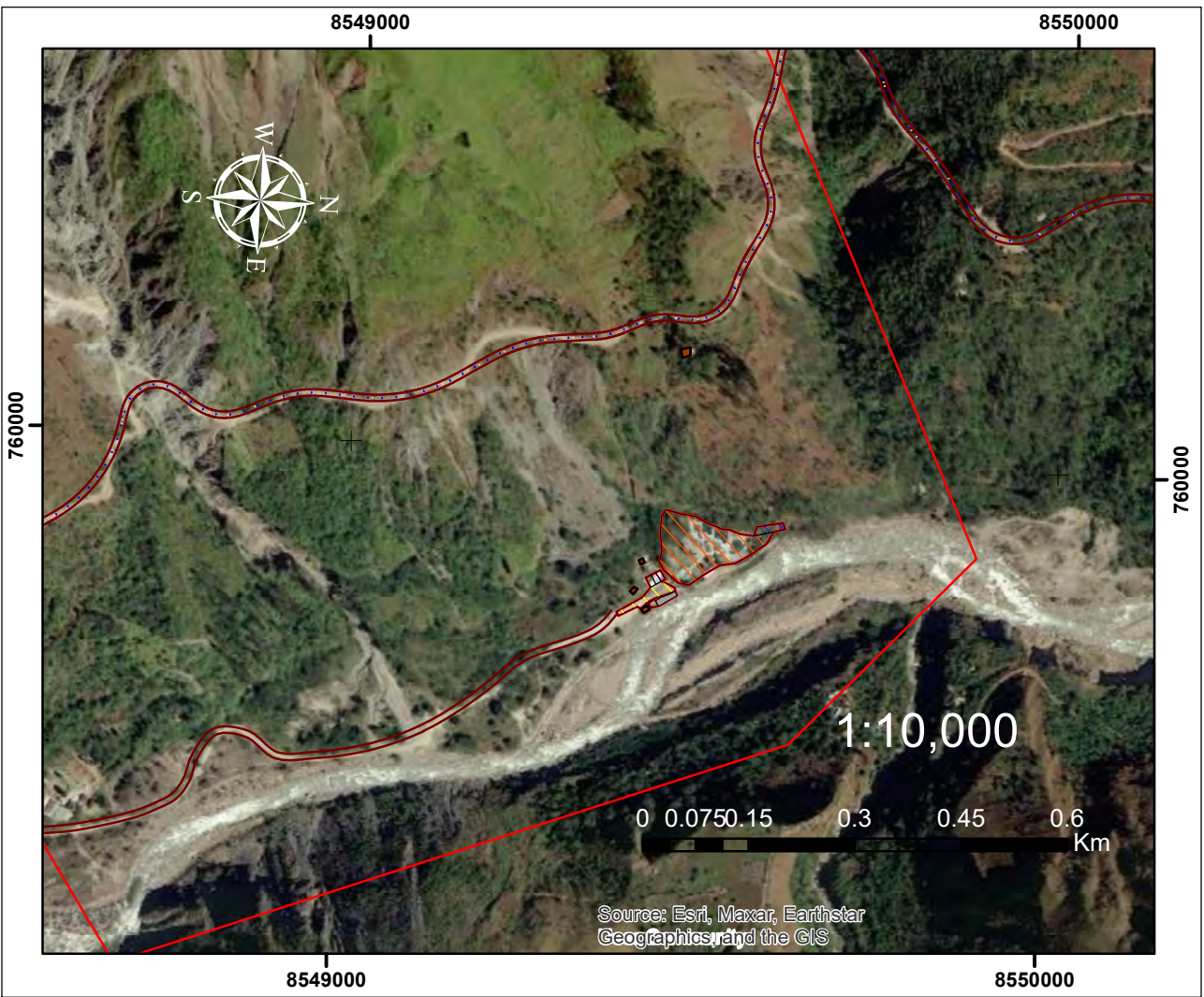
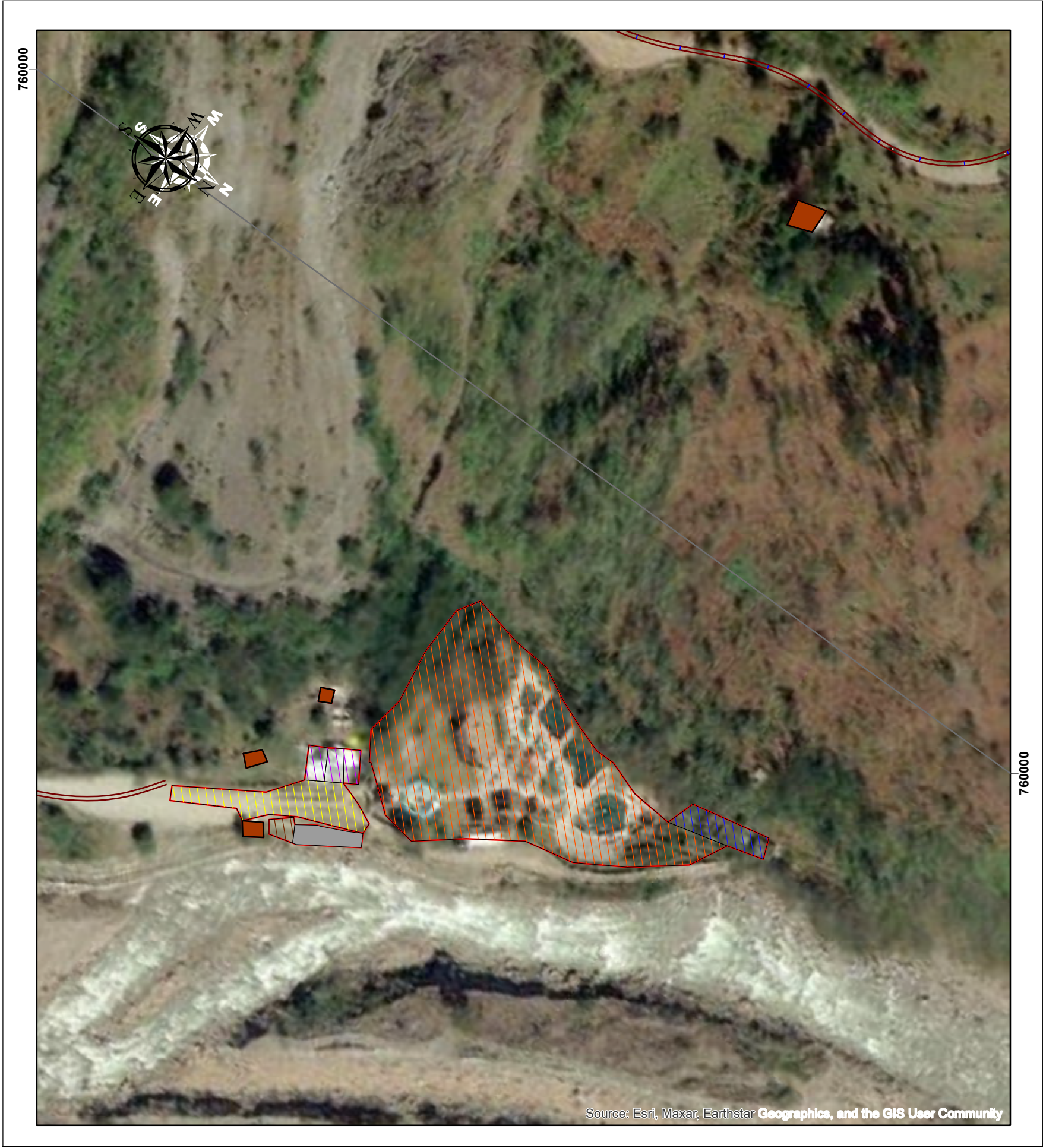
NIVEL DE PELIGRO

- Peligro Bajo
- Peligro Medio
- Peligro Alto
- Peligro Muy Alto

1:10,000

0 0.15 0.3 0.6 0.9 1.2 Km

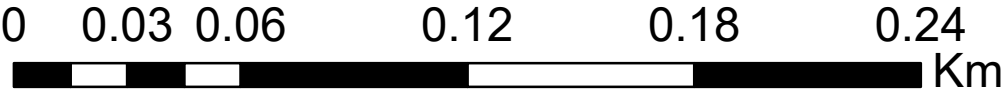
 Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica	 Escuela Profesional de Ingeniería Geológica	HECHO POR:	UBICACIÓN:	ESTUDIO: “EVALUACION DE RIESGOS POR PROCESOS DE GEODINAMICA EXTERNA EN EL BALNEARIO DE COCALMAYO, DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO DE CUSCO”	Plano: MAPA DE PELIGRO DESLIZAMIENTO	Escala: Especificada
		Bachiller:	Sector: Balneario de Cocalmayo			Fecha: 22/11/2023
		ELI YORDY CAJAMARCA VIVANCO	Distrito: Santa Teresa			Lamina: 09
		Asesor: Dr. ESCALANTE GUTIÉRREZ, JOSEFINA	Provincia: La Convención			
			Departamento: Cusco			

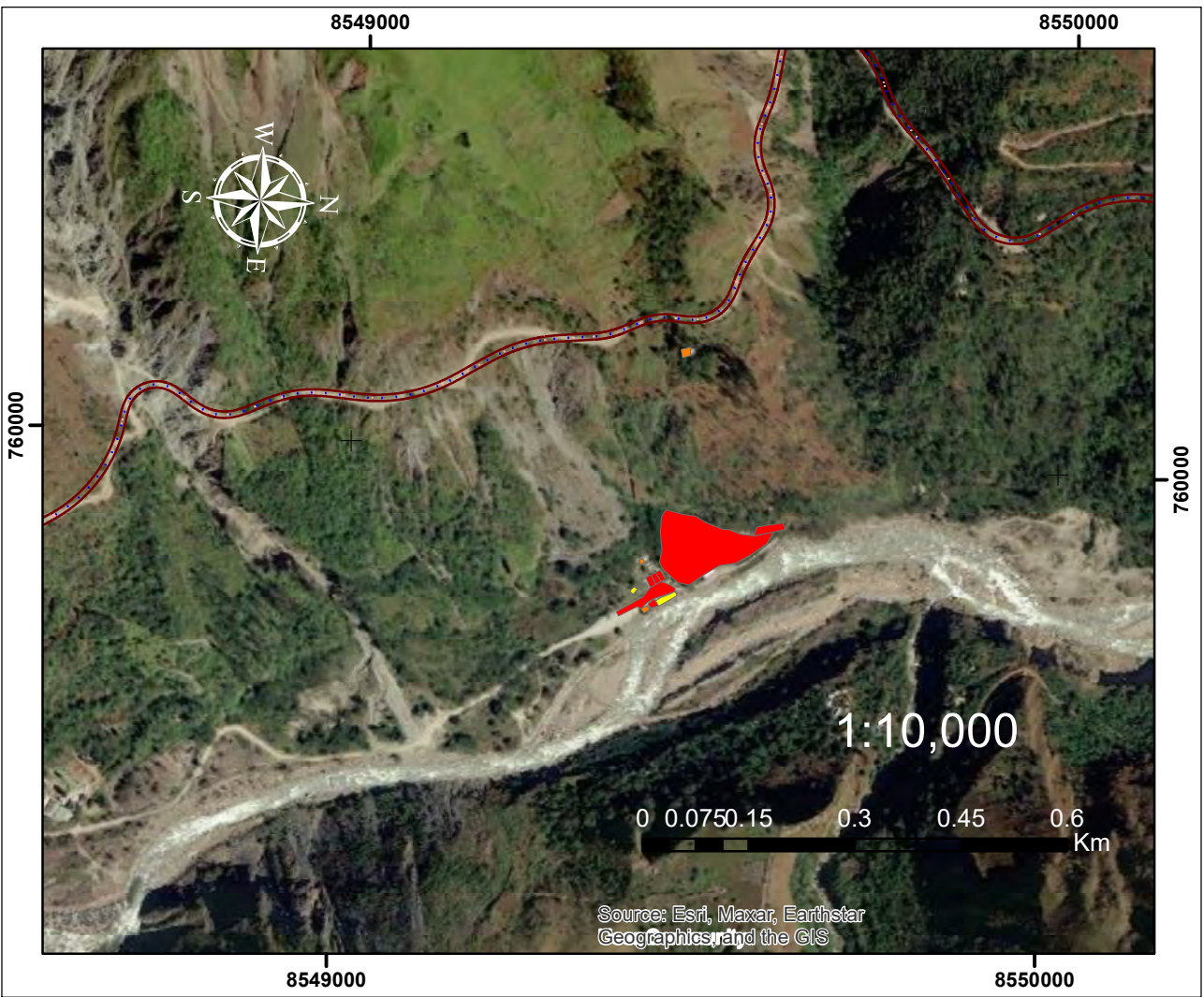


LEYENDA

- Límite
- Balneario de Cocalmayo
- Vivienda
- Playa de estacionamiento
- Carretera
- Hospedaje
- Tiendas
- Restaurant
- Locales cerradas

1:2,000

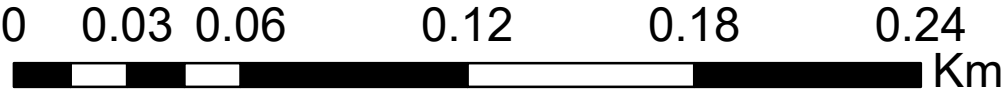




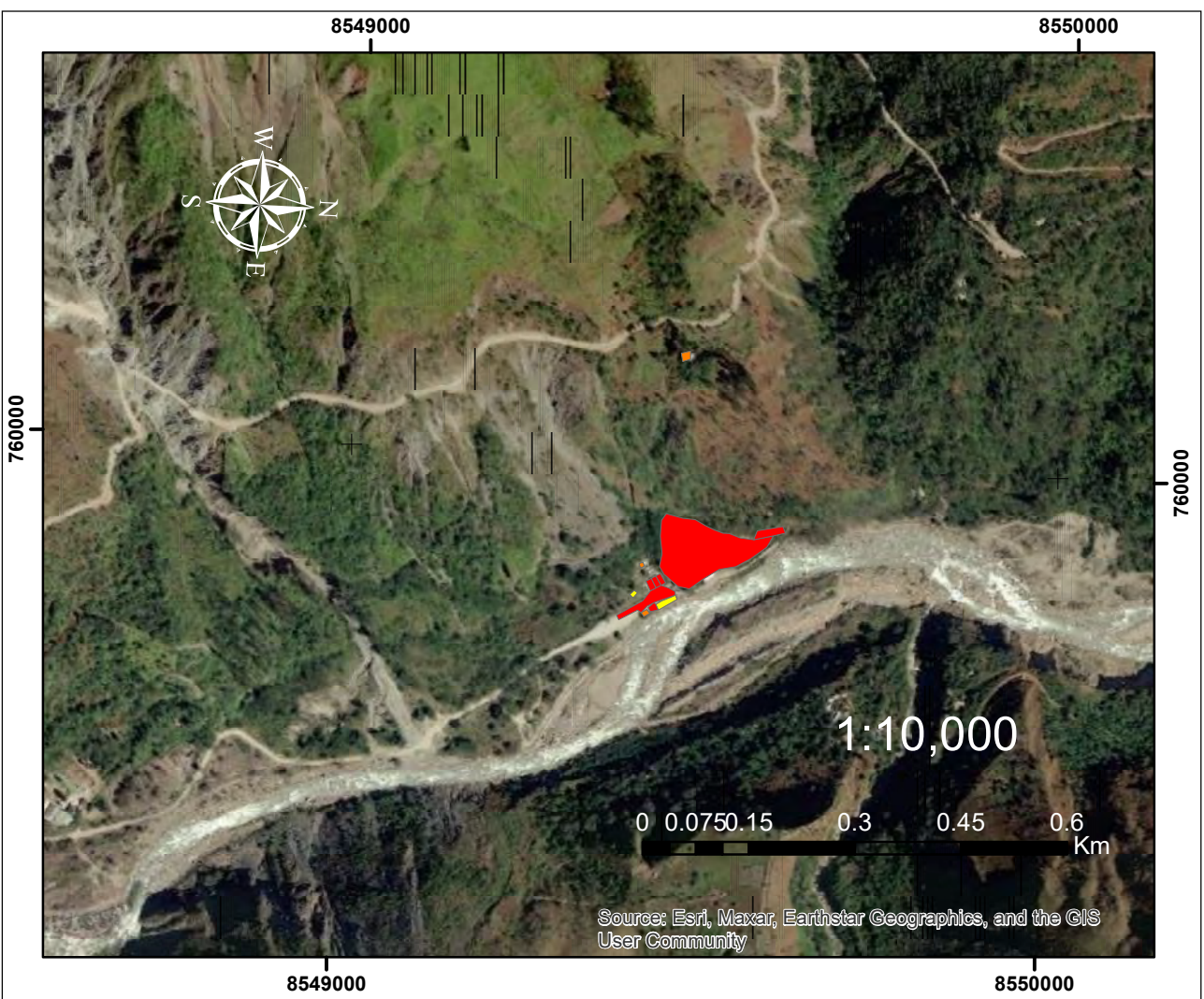
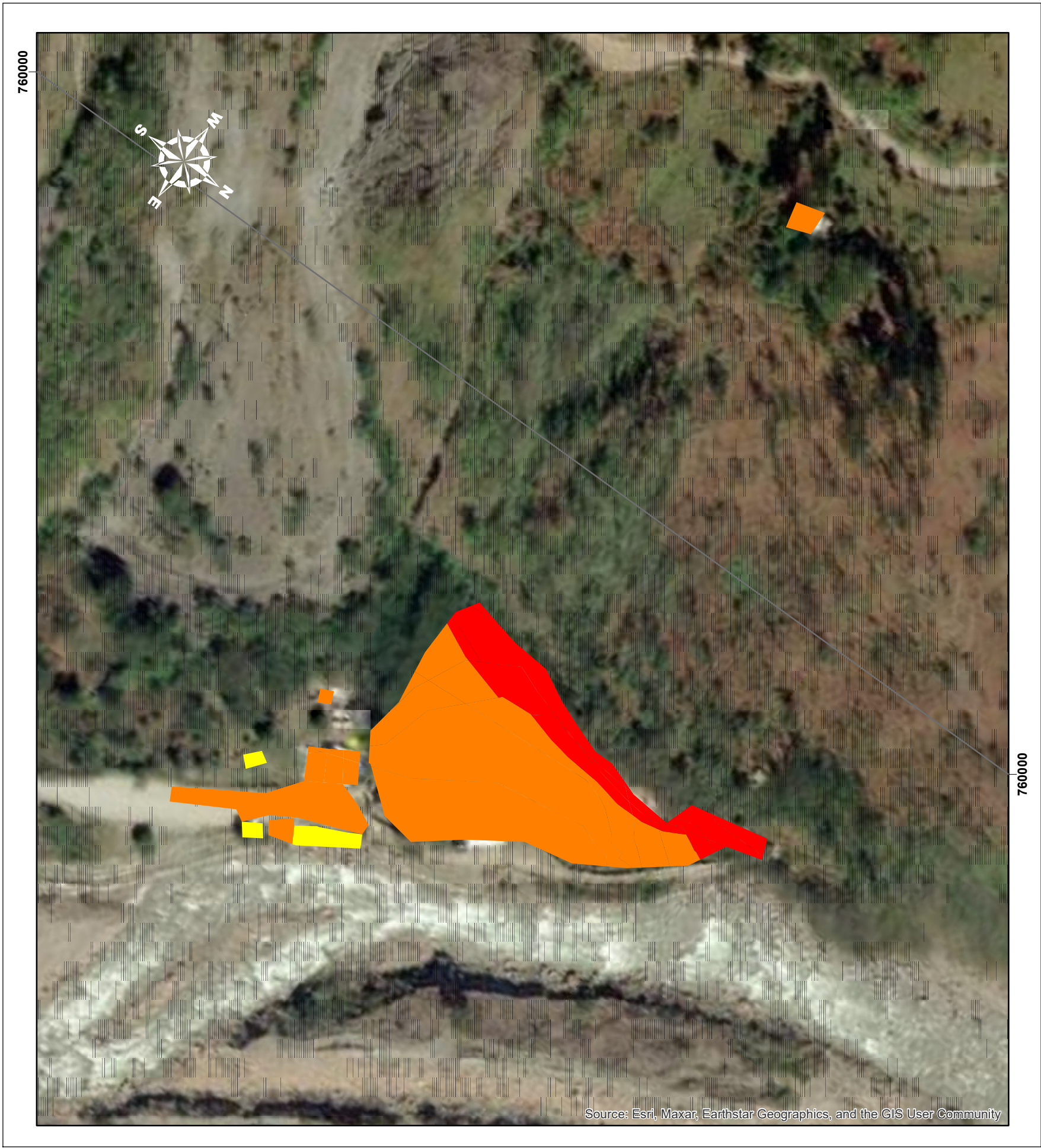
NIVEL DE VULNERABILIDAD

- Vulnerabilidad Bajo
- Vulnerabilidad Medio
- Vulnerabilidad Alto
- Vulnerabilidad Muy Alto

1:2,000



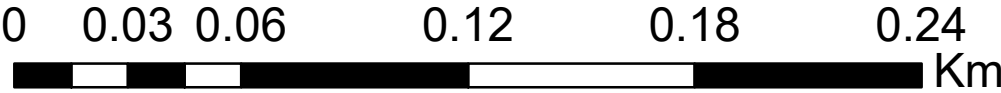
 Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica	 Escuela Profesional de Ingeniería Geológica	HECHO POR:	UBICACIÓN:	ESTUDIO: “EVALUACION DE RIESGOS POR PROCESOS DE GEODINAMICA EXTERNA EN EL BALNEARIO DE COCALMAYO, DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO DE CUSCO”	Plano: MAPA DE VULNERABILIDAD	Escala: Especificada
		Bachiller:	Sector: Balneario de Cocalmayo			Fecha: 22/11/2023
		ELI YORDY CAJAMARCA VIVANCO	Distrito: Santa Teresa			Lamina:
		Asesor: Dr. ESCALANTE GUTIÉRREZ, JOSEFINA	Provincia: La Convención			11
			Departamento: Cusco			

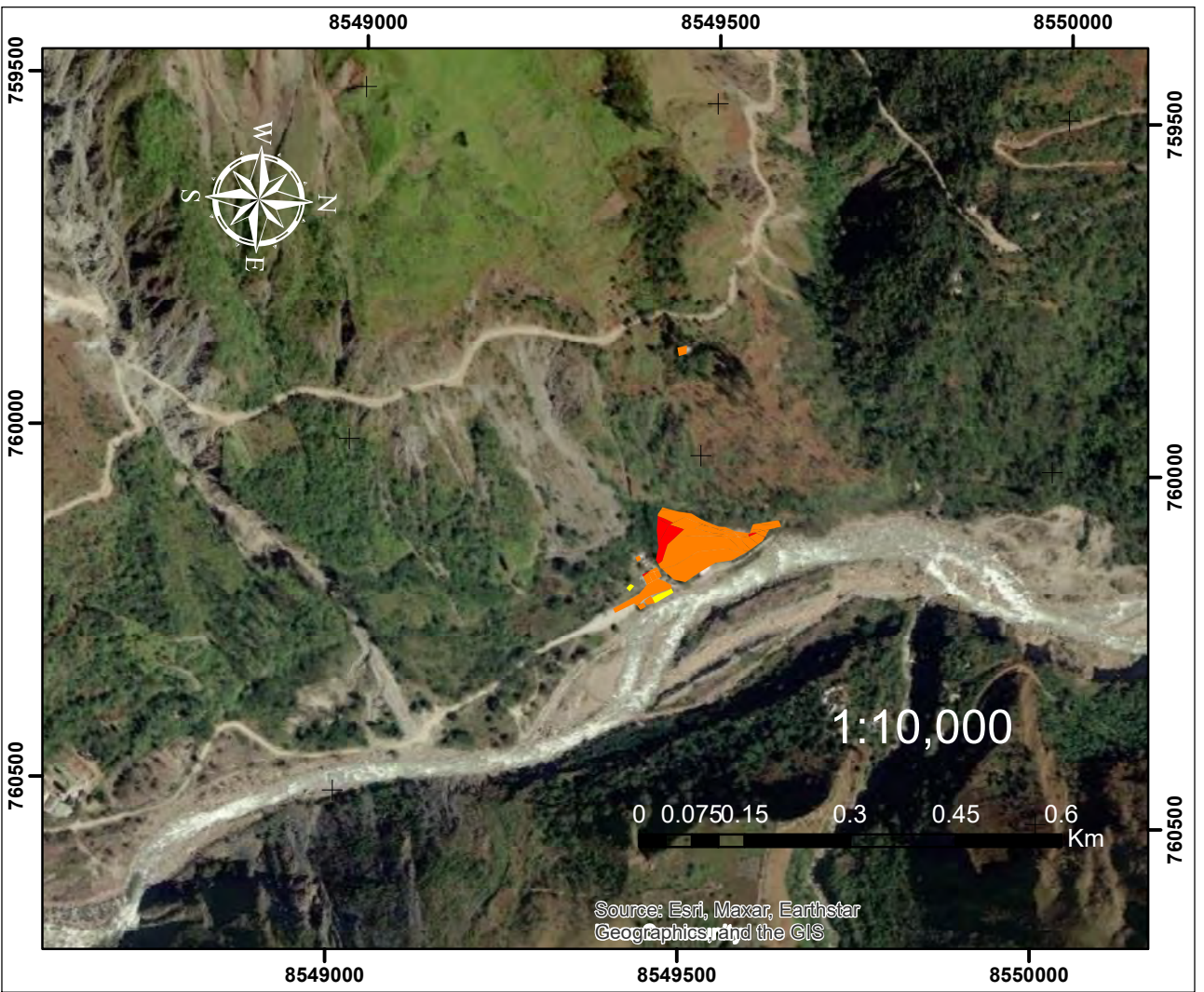
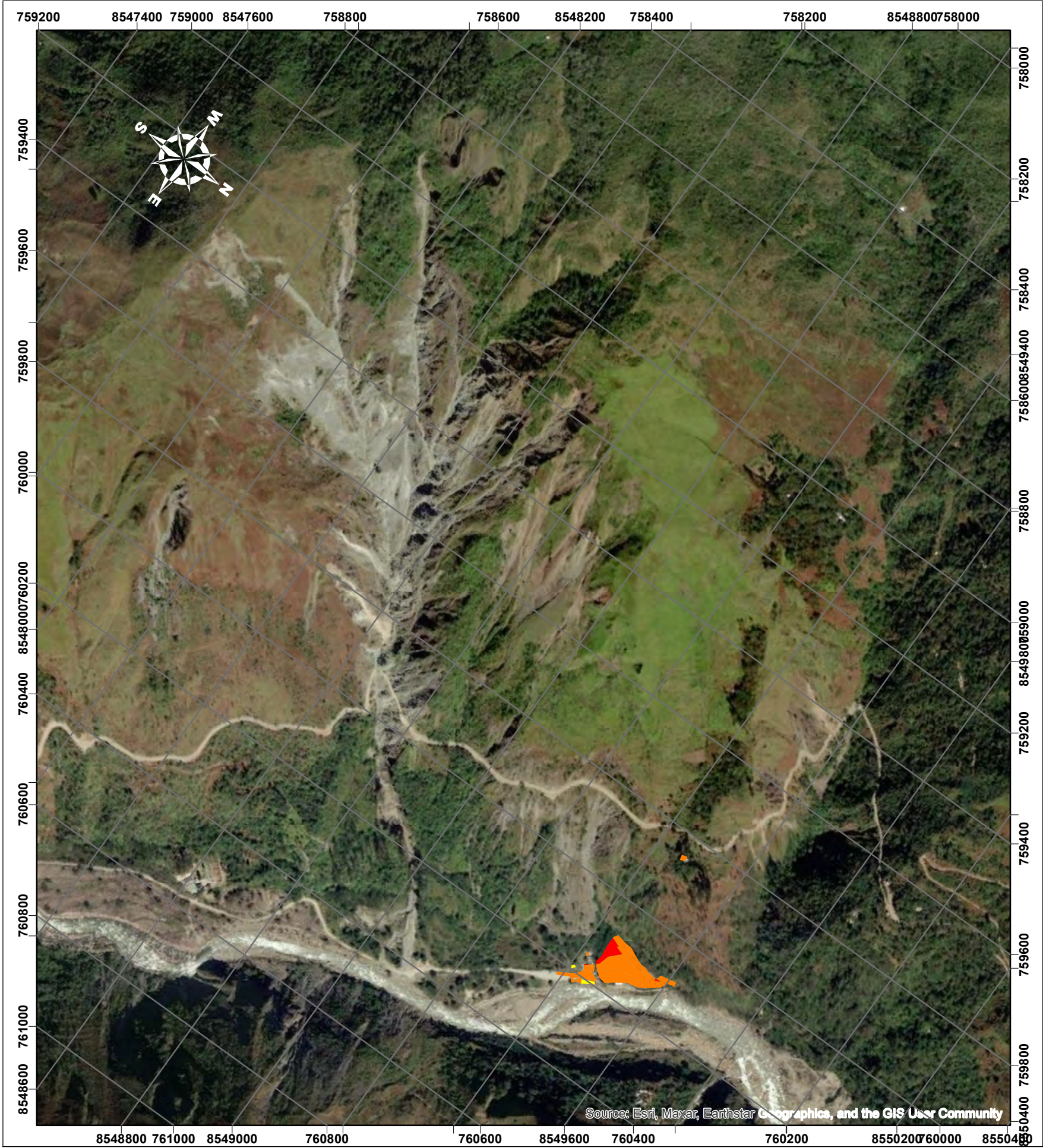


NIVEL DE RIESGO

- Riesgo Bajo
- Riesgo Medio
- Riesgo Alto
- Riesgo Muy Alto

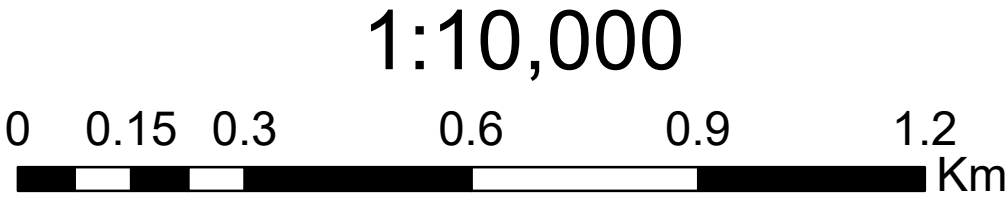
1:2,000

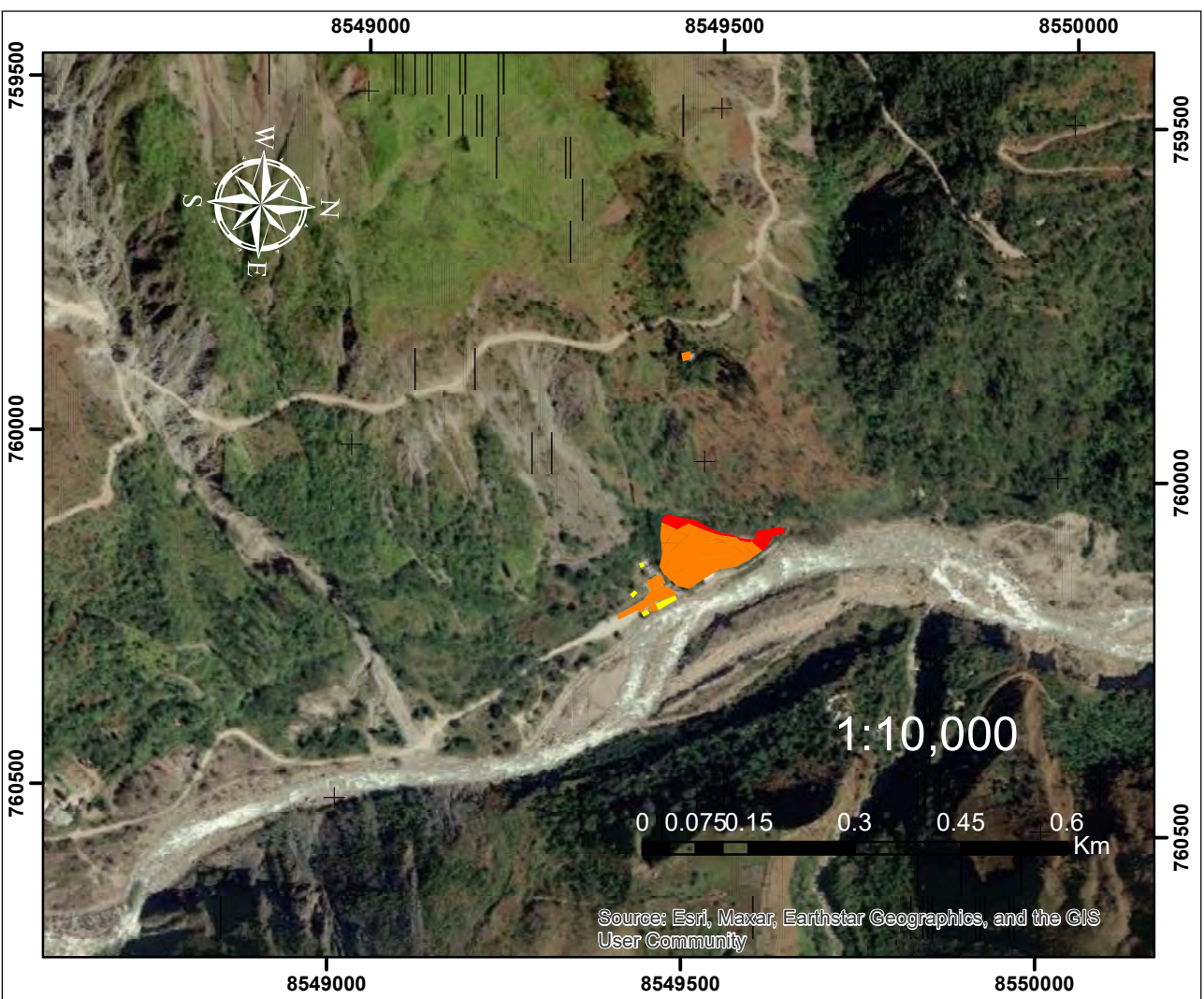
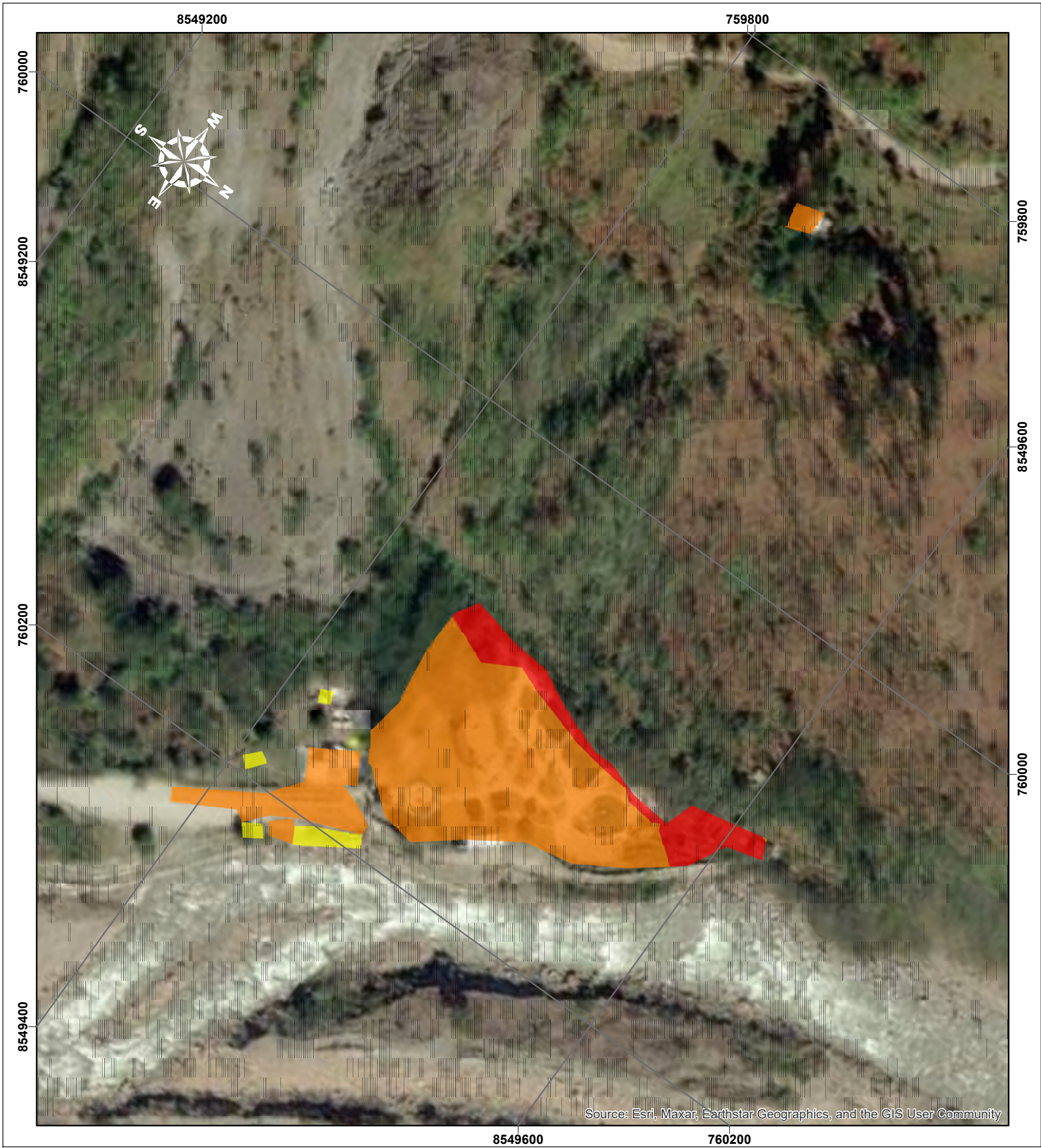




NIVEL DE RIESGO

- Riesgo Bajo
- Riesgo Medio
- Riesgo Alto
- Riesgo Muy Alto

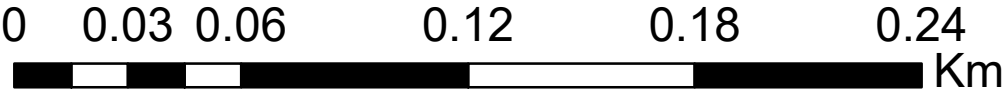




NIVEL DE RIESGO

- Riesgo Bajo
- Riesgo Medio
- Riesgo Alto
- Riesgo Muy Alto

1:2,000



Universidad Nacional de San Antonio
Abad del Cusco
Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y
Metalúrgica



Escuela Profesional
de
Ingeniería Geológica

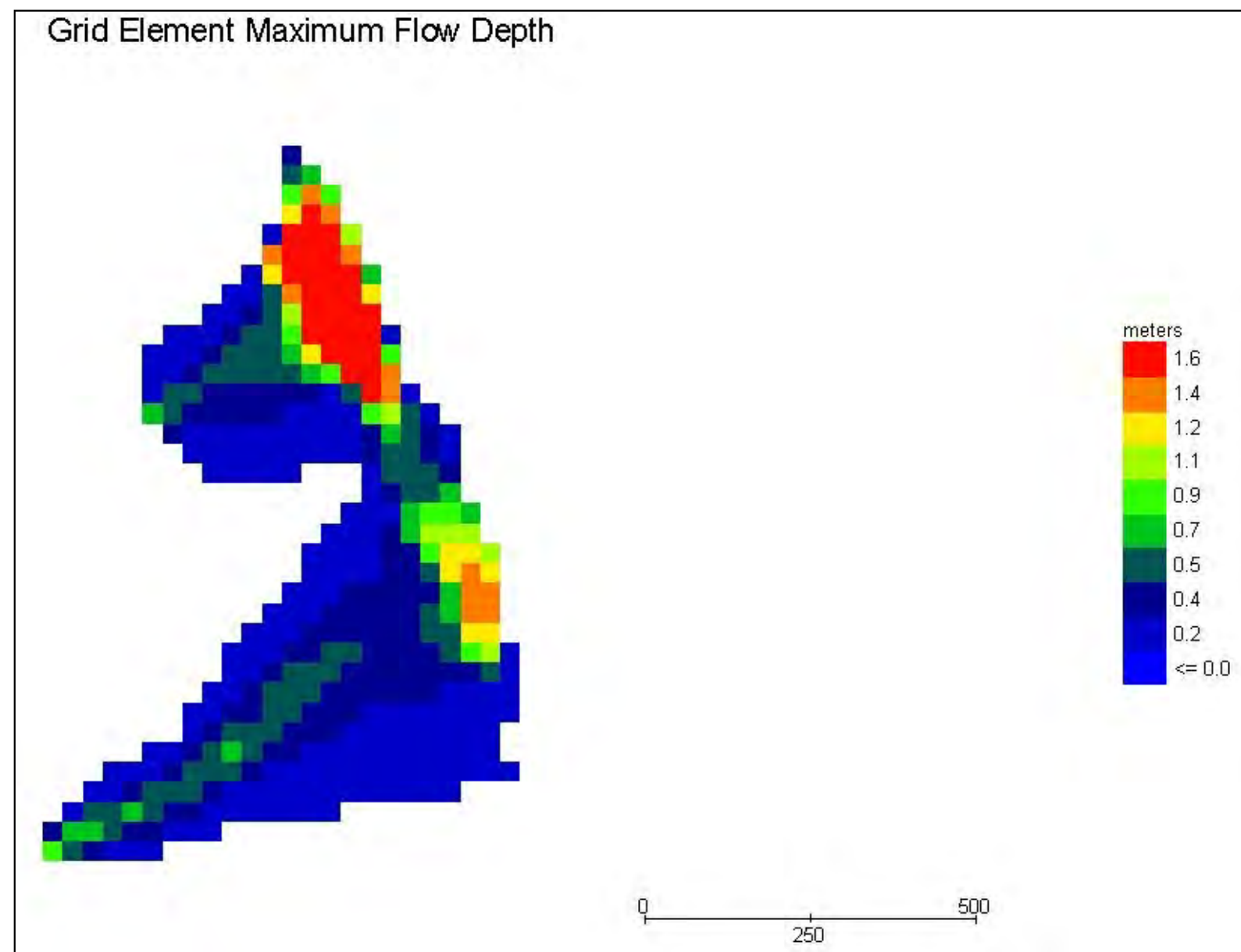
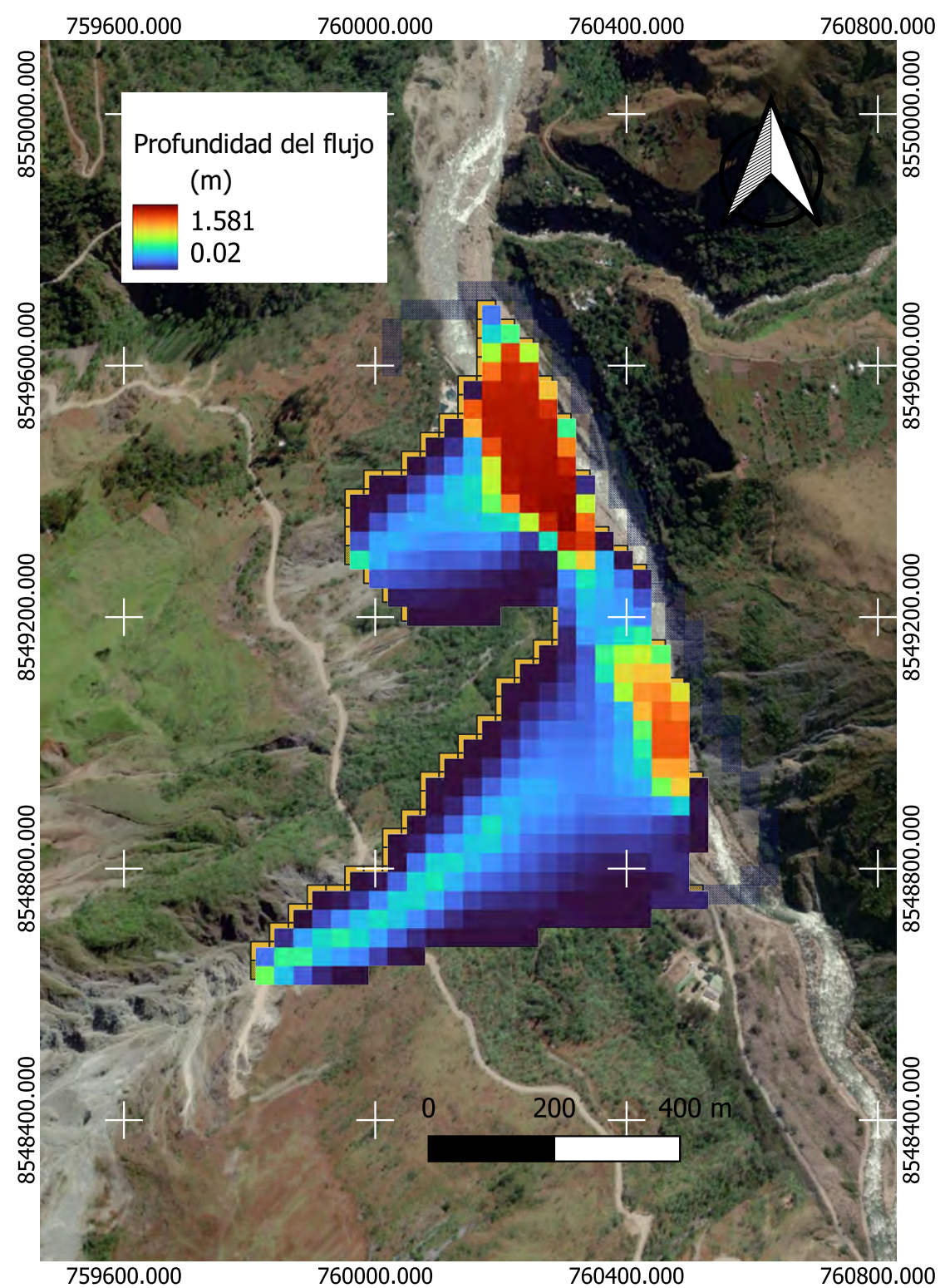
HECHO POR:
Bachiller:
**ELI YORDY CAJAMARCA
VIVANCO**
Asesor: **Dr. ESCALANTE
GUTIÉRREZ, JOSEFINA**

UBICACIÓN:
Sector: Bañeario de Cocalmayo
Distrito: Santa Teresa
Provincia: La Convención
Departamento: Cusco

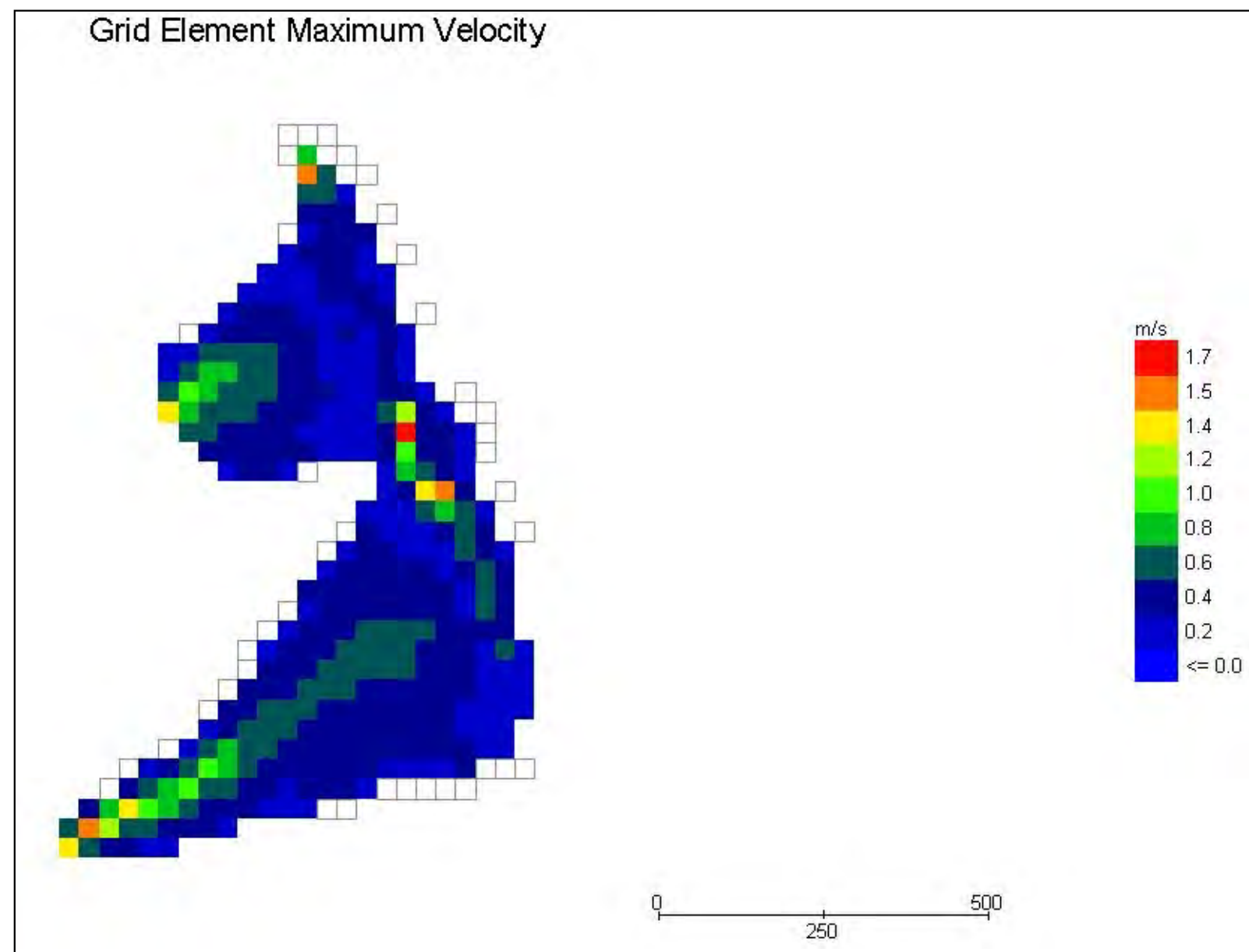
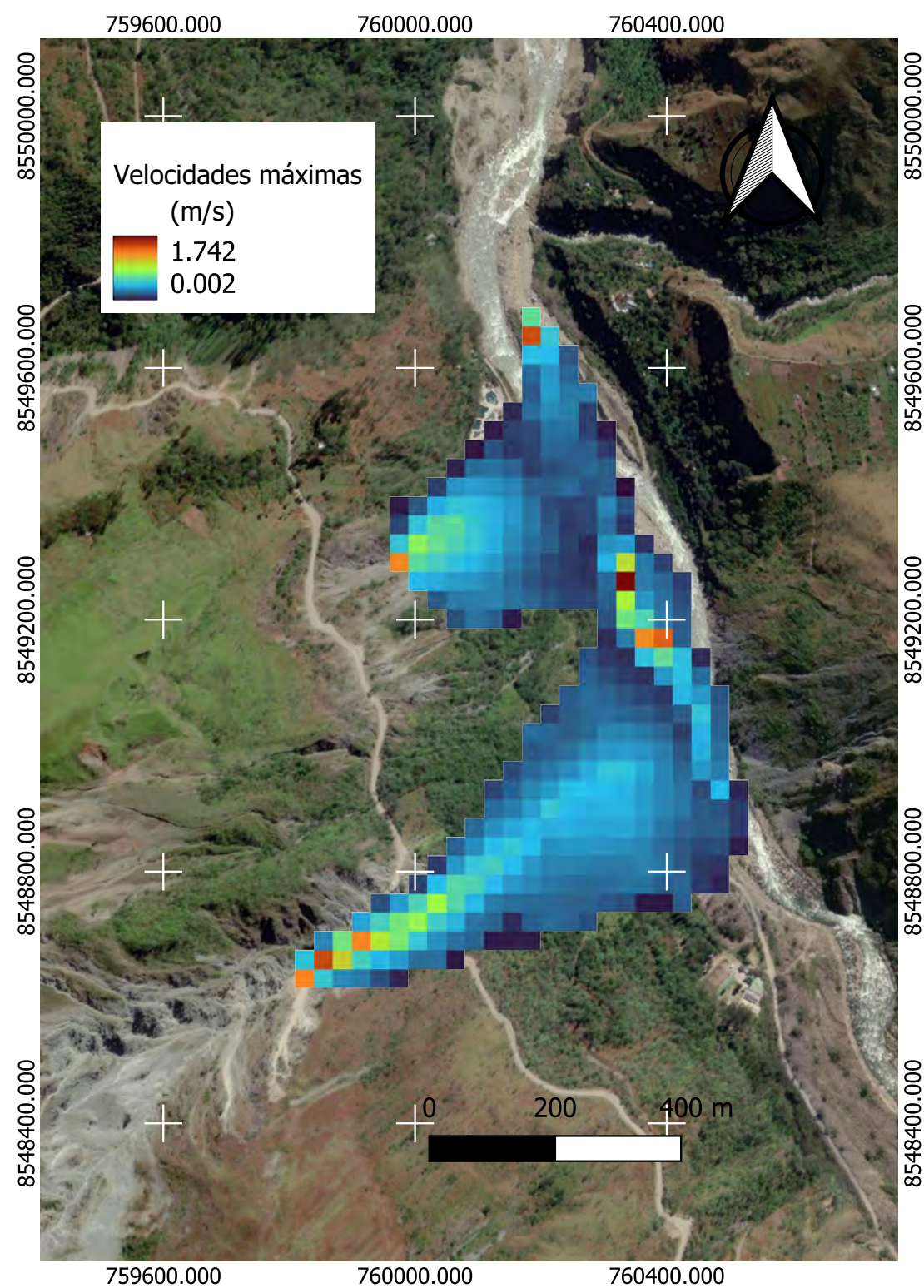
ESTUDIO:
“EVALUACION DE RIESGOS POR PROCESOS DE
GEODINAMICA EXTERNA EN EL BALNEARIO DE
COCALMAYO, DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA
LA CONVENCIÓN, DEPARTAMENTO DE CUSCO”

Plano:
**MAPA
DE RIESGO
DESLIZAMIENTO**

Escala: Especificada
Fecha: 22/11/2023
Lamina: **14**



 Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica	 Escuela Profesional de Ingeniería Geológica	HECHO POR:	UBICACIÓN:	ESTUDIO: "EVALUACION DE RIESGOS POR PROCESOS DE GEODINAMICA EXTERNA EN EL BALNEARIO DE COCALMAYO, DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DE CUSCO"	Plano: FLUJO DE DE TRITOS _ profundidad del flujo	Escala: Especificada
		Bachiller: ELI YORDY CAJAMARCA VIVANCO	Sector: Bañero de Cocalmayo Distrito: Santa Teresa Provincia: La Convención Departament: Cusco			Fecha: 22/11/2023 Lamina: 15



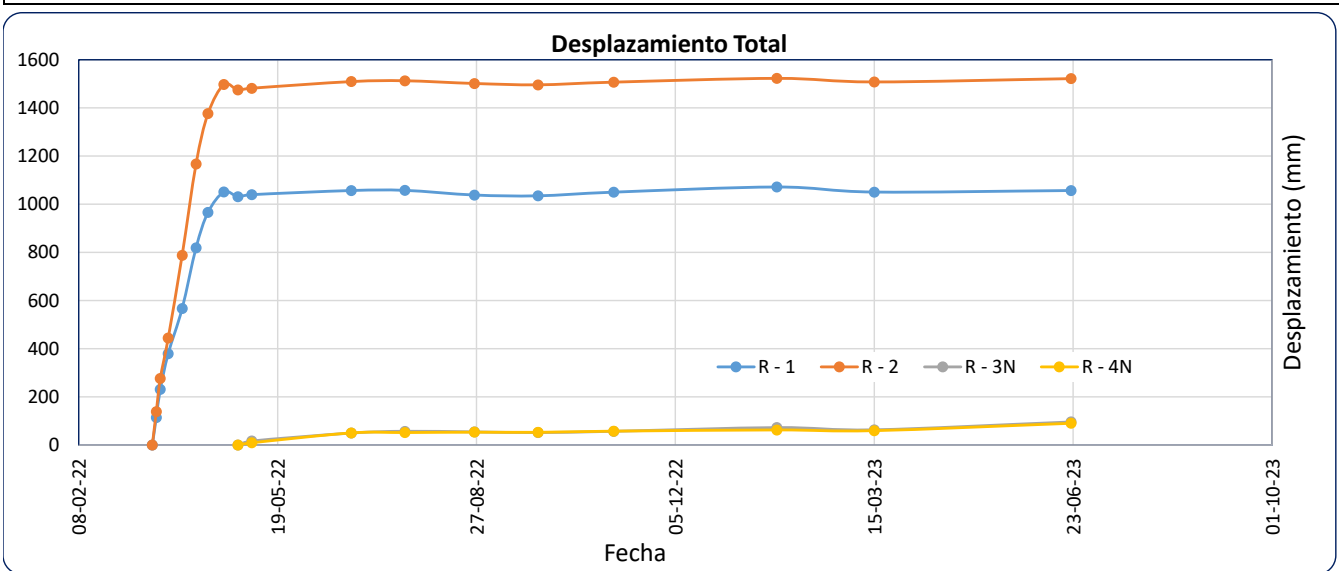
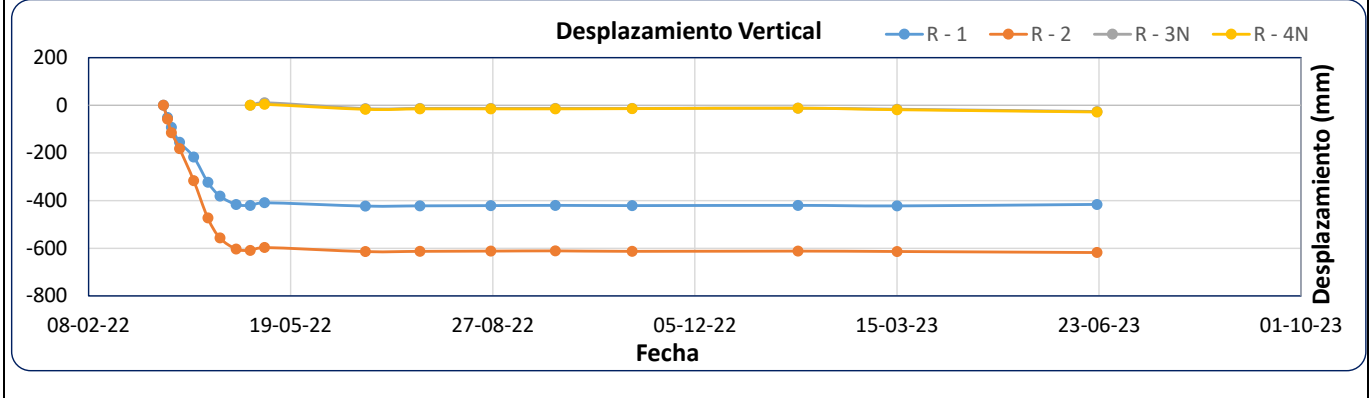
 Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica	 Escuela Profesional de Ingeniería Geológica	HECHO POR:		UBICACIÓN:	ESTUDIO: “EVALUACION DE RIESGOS POR PROCESOS DE GEODINAMICA EXTERNA EN EL BALNEARIO DE COCALMAYO, DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DE CUSCO”	Plano: FLUJO DE DE TRITOS _ Velocidades máximas	Escala: Especificada	
		Bachiller:		Sector:			Bañero de Cocalmayo	Fecha: 22/11/2023
		ELI YORDY CAJAMARCA VIVANCO		Distrito:			Santa Teresa	Lamina: 16
				Provincia:			La Convención	
				Departament	Cusco			

TABLAS DE EXCEL

FICHA TECNICA DE MONITOREO DE ESTABILIDAD DE TADERAS

		Estación	NORTE	ESTE	ALTITUD				
ESTACIÓN Base :		E-3	8549152.3880	759912.9800	1644.7630				
Pto. Orientación:		E-4R	8549025.6670	759947.1960	1634.8320				
ESTACION :		Trimble S3-DR		Presicion: 2"		Serie: 91210265			
FECHA	PUNTO	COORDENADAS		COTA	Δ N	Δ E	Δ Z	DESPLAZAMIENTO	OBSERVACIONES
		N	E	(m)	(mm)	(mm)	(mm)		
17-03-22	R - 1	8,549,342.690	759,847.360	1653.317	0.00	0.00	0.00	0.00	
19-03-22		8,549,342.711	759,847.460	1653.266	21.00	100.00	-51.00	114.20	
21-03-22		8,549,342.735	759,847.567	1653.225	45.00	207.00	-92.00	230.95	
25-03-22		8,549,342.758	759,847.700	1653.162	68.00	340.00	-155.00	379.80	
01-04-22		8,549,342.791	759,847.874	1653.1	101.00	514.00	-217.00	567.00	
08-04-22		8,549,342.845	759,848.097	1652.994	155.00	737.00	-323.00	819.47	
14-04-22		8,549,342.882	759,848.227	1652.936	192.00	867.00	-381.00	966.29	
22-04-22		8,549,342.900	759,848.302	1652.901	210.00	942.00	-416.00	1050.96	
29-04-22		8,549,342.890	759,848.281	1652.897	200.00	921.00	-420.00	1031.81	
06-05-22		8,549,342.894	759,848.294	1652.908	204.00	934.00	-409.00	1039.83	
25-06-22		8,549,342.898	759,848.306	1652.894	208.00	946.00	-423.00	1056.93	
22-07-22		8,549,342.899	759,848.307	1652.895	209.00	947.00	-422.00	1057.63	
26-08-22		8,549,342.889	759,848.288	1652.896	199.00	928.00	-421.00	1038.28	
27-09-22		8,549,342.888	759,848.285	1652.897	198.00	925.00	-420.00	1035.00	
04-11-22		8,549,342.895	759,848.300	1652.896	205.00	940.00	-421.00	1050.17	
25-01-23		8,549,342.901	759,848.323	1652.897	211.00	963.00	-420.00	1071.58	
15-03-23		8,549,342.894	759,848.300	1652.8947	204.00	940.20	-422.30	1050.68	
22-06-23		8,549,342.894	759,848.310	1652.901	204.00	950.00	-416.00	1056.96	
17-03-22	R - 2	8,549,300.625	759,846.371	1651.412	0.00	0.00	0.00	0.00	
19-03-22		8,549,300.660	759,846.492	1651.354	35.00	121.00	-58.00	138.67	
21-03-22		8,549,300.692	759,846.613	1651.297	67.00	242.00	-115.00	276.18	
25-03-22		8,549,300.729	759,846.763	1651.23	104.00	392.00	-182.00	444.53	
01-04-22		8,549,300.805	759,847.070	1651.096	180.00	699.00	-316.00	787.94	
08-04-22		8,549,300.890	759,847.405	1650.939	265.00	1034.00	-473.00	1167.52	
14-04-22		8,549,300.935	759,847.591	1650.855	310.00	1220.00	-557.00	1376.50	
22-04-22		8,549,300.963	759,847.699	1650.809	338.00	1328.00	-603.00	1497.14	
29-04-22		8,549,300.954	759,847.673	1650.803	329.00	1302.00	-609.00	1474.56	
06-05-22		8,549,300.961	759,847.685	1650.815	336.00	1314.00	-597.00	1481.86	
25-06-22		8,549,300.962	759,847.708	1650.798	337.00	1337.00	-614.00	1509.35	
22-07-22		8,549,300.967	759,847.711	1650.799	342.00	1340.00	-613.00	1512.72	
26-08-22		8,549,300.962	759,847.700	1650.8	337.00	1329.00	-612.00	1501.45	
27-09-22		8,549,300.955	759,847.696	1650.801	330.00	1325.00	-611.00	1495.94	
04-11-22		8,549,300.957	759,847.707	1650.799	332.00	1336.00	-613.00	1506.95	
25-01-23		8,549,300.966	759,847.723	1650.8	341.00	1352.00	-612.00	1522.74	
15-03-23		8,549,300.962	759,847.707	1650.7984	337.00	1335.50	-613.60	1507.86	
22-06-23		8,549,300.958	759,847.721	1650.794	333.00	1350.00	-618.00	1521.62	
29-04-22	R - 3N	8,549,257.450	759,854.855	1649.804	0.00	0.00	0.00	0.00	
06-05-22		8,549,257.454	759,854.867	1649.815	4.00	12.00	11.00	16.76	
25-06-22		8,549,257.463	759,854.901	1649.79	13.00	46.00	-14.00	49.81	
22-07-22		8,549,257.470	759,854.907	1649.791	20.00	52.00	-13.00	57.21	
26-08-22		8,549,257.465	759,854.906	1649.791	15.00	51.00	-13.00	54.73	
27-09-22		8,549,257.465	759,854.903	1649.791	15.00	48.00	-13.00	51.94	
04-11-22		8,549,257.459	759,854.910	1649.791	9.00	55.00	-13.00	57.23	
25-01-23		8,549,257.480	759,854.920	1649.792	30.00	65.00	-12.00	72.59	
15-03-23		8,549,257.467	759,854.914	1649.7876	17.00	58.80	-16.40	63.37	
22-06-23		8,549,257.471	759,854.945	1649.778	21.00	90.00	-26.00	96.01	
29-04-22	R - 4N	8,549,198.145	759,878.488	1647.534	0.00	0.00	0.00	0.00	
06-05-22		8,549,198.150	759,878.495	1647.538	5.00	7.00	4.00	9.49	
25-06-22		8,549,198.172	759,878.527	1647.517	27.00	39.00	-17.00	50.39	
22-07-22		8,549,198.177	759,878.526	1647.519	32.00	38.00	-15.00	51.89	
26-08-22		8,549,198.176	759,878.529	1647.519	31.00	41.00	-15.00	53.54	
27-09-22		8,549,198.175	759,878.529	1647.519	30.00	41.00	-15.00	52.97	
04-11-22		8,549,198.177	759,878.534	1647.52	32.00	46.00	-14.00	57.76	
25-01-23		8,549,198.181	759,878.538	1647.522	36.00	50.00	-12.00	62.77	
15-03-23		8,549,198.177	759,878.535	1647.5155	32.00	47.10	-18.50	59.87	
22-06-23		8,549,198.195	759,878.558	1647.506	50.00	70.00	-28.00	90.47	

- R-1 Hito a la altura de la progresiva 18+756.20 lado izquierdo a 9.80 m del eje de la vía
- R-2 Hito a la altura de la progresiva 18+797.24 lado derecho a 6.37 m del eje de la vía.
- R-3N Hito a la altura de la progresiva 18+842.54 lado izquierdo a 9.81 del eje de la vía.
- R-4N Hito a la altura de la progresiva 18+908.11 lado izquierdo a 10.88 m del eje de la vía.



PROYECTO	: EVALUACION DE RIESGOS POR PROCESOS DE GEODINAMICA EXTERNA EN EL BALNEARIO DE COCALMAYO, DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DE CUSCO		
UBICACIÓN	: 18 L 759801.95 m E 8549492.86 m S		LITOLOGÍA : Filita
REALIZADO POR	: Bach. Eli Yordy Cajamarca Vivanco		FORMACIÓN : CaOi
CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO			
CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR (Bieniawski, 1989)			

PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN								
1.- RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA (MPa) Compresión simple							VALORACIÓN	
Carga puntual	> 10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	< 1		96.4 Mpa	
Compresión simple	> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1		< 1
Descripción	Muy alta	Alta	Media	Baja	Muy baja		Suelos	Media
Puntaje	15	12	7	4	2	1	0	7
2.- VALOR DE RQD (Rock Quality Designation - Barton, Lien, Lunden y Deree et al. (1967))							VALORACIÓN	
Rango de valores	90 % - 100 %		75 % - 90 %	50 % - 75 %	25 % - 50 %	< 25 %		50 % - 75 %
Descripción	Muy buena		Buena	Regular	Mala	Muy mala		Regular
Puntaje	20		17	13	8	3		13
3.- SEPARACIÓN ENTRE DISCONTINUIDADES (Espaciado)							VALORACIÓN	
Rango de valores	> 2 m		0.6 m - 2 m	0.2 m - 0.6 m	0.06 m - 0.2 m	< 0.06 m		0.2 m - 0.6 m
Descripción	Muy separadas		Separadas	Med. Separadas	Próximas	Muy próximas		Med. Separadas
Puntaje	20		15	10	8	5		10
4.- ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES							VALORACIÓN	
Longitud o persistencia de las discontinuidades								
Rango de valores	< 1 m		1 m - 3 m	3 m - 10 m	10 m - 20 m	> 20 m		3 m - 10 m
Descripción	Muy baja		Baja	Moderada	Alta	Muy alta		Moderada
Puntaje	6		4	2	1	0		2
Abertura								
Rango de valores	Ninguno		< 0.1 mm	0.1 mm - 1.0 mm	1 mm - 5 mm	> 5 mm		1 mm - 5 mm
Descripción	Cerrada		Angosta	Moderada	Abierta	Muy abierta		Abierta
Puntaje	6		5	3	1	0		1
Rugosidad								
Condición	Muy rugosa		Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave		Ligeramente rugosa
Puntaje	6		5	3	1	0		3
Relleno								
Rango de valores	Ninguno		Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm		Relleno blando < 5 mm
Puntaje	6		4	2	2	0		2
Alteración (Meteorización)								
Condición	No alterada		Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta		Moderadamente alterada
Puntaje	6		5	3	1	0		3
5.- CONDICIONES GENERALES DEL AGUA SUBTERRANEA								
Condición	Completamente seca		Húmeda	Mojada	Goteo	Flujo		Húmeda
Puntaje	15		10	7	4	0		10
6.- AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS DISCONTINUIDADES Taludes							Favorable	
Orientaciones del rumbo y buzamiento		Muy Favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	Favorable	
Puntaje según el tipo de trabajo	Túneles	0	-2	-5	-10	-12	-5	
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25		
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60		

CLASIFICACIÓN							
RMR Básico	:	51	Clase III	Calidad Media	Cohesión (c)		255
RMR Ajustado	:	46	Clase III	Calidad Media	Angulo de fricción interna (°)		30.5
RMR ₈₉ (condiciones secas y muy favorables)	:	56	Clase III	Calidad Media	$c = 5 RMR (Kpa)$	$\varphi = 5 + \frac{RMR}{2} (deg)$	

PROYECTO

: EVALUACION DE RIESGOS POR PROCESOS DE GEODINAMICA EXTERNA EN EL BALNEARIO DE COCALMAYO, DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DE CUSCO

UBICACION

: 18 L 759801.95 m E 8549492.86 m S

REALIZADO POR

: Bach. Eli Yordy Cajamarca Vivanco

LITOLOGIA

: Filita

FORMACION

: CaOi

CARACTERIZACION GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO

CLASIFICACION GEOMECANICA RMR (Bieniawski, 1989)

PANEL FOTOGRAFICO DE REFERENCIA



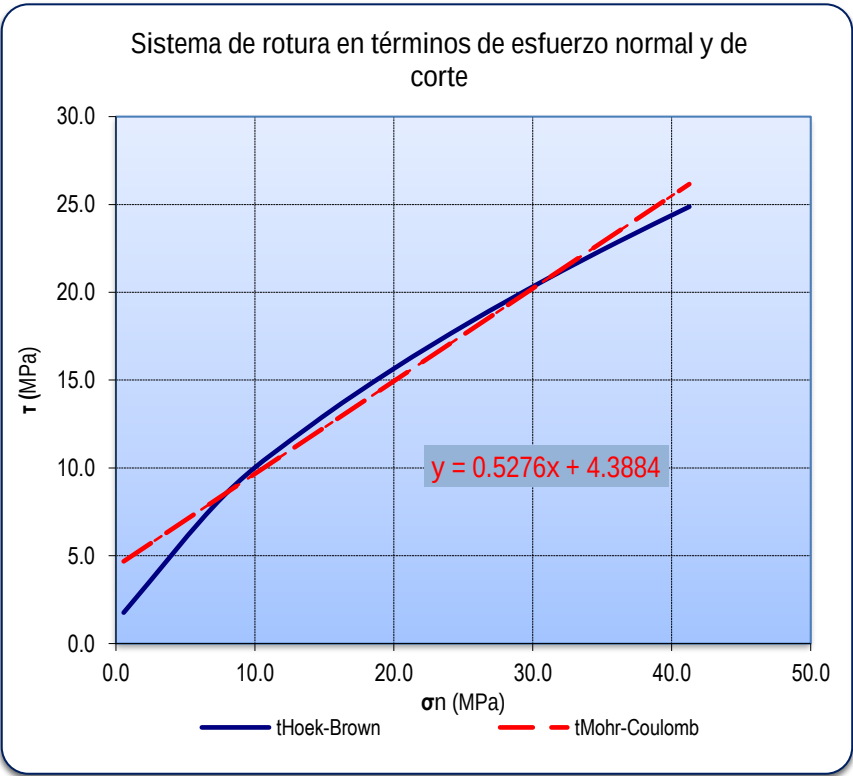
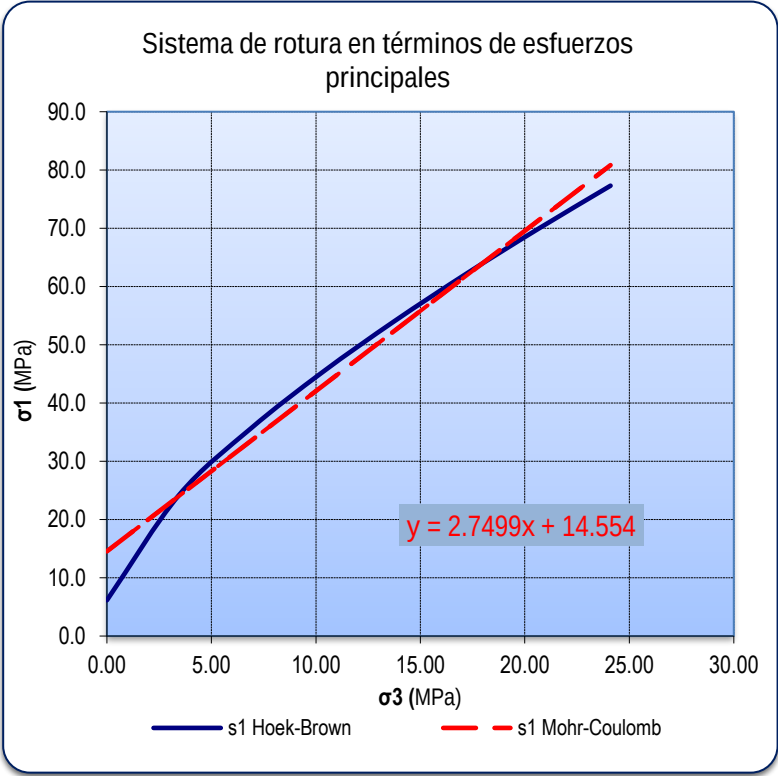
NOTA: Corresponden al talud superior, de la carretera Santa María - Santa Teresa.

EL CRITERIO DE FALLA DE HOEK-BROWN		
PROYECTO	EVALUACION DE RIESGOS POR PROCESOS DE GEODINAMICA EXTERNA EN EL BALNEARIO DE COCALMAYO, DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DE CUSCO	
UBICACIÓN	18 L 759801.95 m E 8549492.86 m S	LITOLOGÍA : Filita
REALIZADO POR	Bach. Eli Yordy Cajamarca Vivanco	

Entrada de datos		
Resistencia a la compresión uniaxial, σ_{ci}	: 96.4	MPa
Índice Geológico de Resistencia, GSI (Hoek et al., 1995)	: 51	
Constante de la roca intacta, m_i	: 7	
Factor de perturbación de la roca, D	: 0.0	
Módulo de elasticidad, E_i	: 53020.0	MPa
Relación modular, MR	: 550.0	
σ_{3max} , σ_3	:	Aplica cuando la aplicación es "Custom"
Peso específico γ	: 0.0270	(MN/m³)
Aplicación	: General	
Profundidad de Cimentación, Df	: 0.00	m

Cuadro de Calculo de Rotura de Hoek-Brown y Mohr-Coulomb								
σ_3	0.000	3.443	6.886	10.329	13.771	17.214	20.657	24.100
σ_1 Hoek-Brown	6.155	24.171	35.628	45.325	54.080	62.223	69.929	77.301
$\delta\sigma_1/\delta\sigma_3$	10.083	3.767	3.010	2.657	2.443	2.296	2.186	2.100
σ_n	0.555	7.791	14.054	19.897	25.478	30.872	36.124	41.262
$\tau_{Hoek-Brown}$	1.763	8.439	12.436	15.598	18.298	20.693	22.866	24.870
$\tau_{Mohr-Coulomb}$	4.681	8.499	11.804	14.887	17.831	20.677	23.448	26.159
σ_1 Mohr-Coulomb	14.555	24.022	33.489	42.957	52.424	61.892	71.359	80.827

Constante de Hoek-Brown y Parametros Geomecanicos del Macizo Rocoso Mohr-Coulomb					
$m_b =$	1.21642	$\sigma_{tm} =$	-0.3424	MPa	$E_m =$ 10400.124 MPa
$s =$	0.00432	$\sigma_c =$	6.1543	MPa	$\phi' =$ 27.82 °
$a =$	0.50535	$\sigma_{cm} =$	14.5545	MPa	$c' =$ 4.3884 MPa



Bibliografía:
El criterio de rotura de Hoek-Brown – Edición 2002 (Hoek-Brown failure criterion – 2002 Edition)

PROYECTO		: EVALUACION DE RIESGOS POR PROCESOS DE GEODINAMICA EXTERNA EN EL BALNEARIO DE COCALMAYO, DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DE CUSCO						
UBICACION		: 18 L 759544.00 m E 8549081.00 m S				LITOLOGIA : Filita		
REALIZADO POR		: Bach. Eli Yordy Cajamarca Vivanco				FORMACION : CaOi		
CARACTERIZACION GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO								
CLASIFICACION GEOMECANICA RMR (Bieniawski, 1989)								
PARAMETROS DE CLASIFICACION								
1.- RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA (MPa)						Compresion simple	VALORACION	
Carga puntual	> 10	10 - 4	4 - 2	2 - 1	< 1		93.8 Mpa	
Compresion simple	> 250	250 - 100	100 - 50	50 - 25	25 - 5	5 - 1		< 1
Descripcion	Muy alta	Alta	Media	Baja	Muy baja		Suelos	Media
Puntaje	15	12	7	4	2	1	0	7
2.- VALOR DE RQD (Rock Quality Designation - Barton, Lien, Lunden y Deree et al. (1967))							VALORACION	
Rango de valores	90 % - 100 %		75 % - 90 %	50 % - 75 %	25 % - 50 %	< 25 %		50 % - 75 %
Descripcion	Muy buena		Buena	Regular	Mala	Muy mala		Regular
Puntaje	20		17	13	8	3		13
3.- SEPARACION ENTRE DISCONTINUIDADES (Espaciado)							VALORACION	
Rango de valores	> 2 m		0.6 m - 2 m	0.2 m - 0.6 m	0.06 m - 0.2 m	< 0.06 m		0.2 m - 0.6 m
Descripcion	Muy separadas		Separadas	Med. Separadas	Proximas	Muy proximas		Med. Separadas
Puntaje	20		15	10	8	5		10
4.- ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES							VALORACION	
Longitud o persistencia de las discontinuidades								
Rango de valores	< 1 m		1 m - 3 m	3 m - 10 m	10 m - 20 m	> 20 m		3 m - 10 m
Descripcion	Muy baja		Baja	Moderada	Alta	Muy alta		Moderada
Puntaje	6		4	2	1	0		2
Abertura								
Rango de valores	Ninguno		< 0.1 mm	0.1 mm - 1.0 mm	1 mm - 5 mm	> 5 mm		1 mm - 5 mm
Descripcion	Cerrada		Angosta	Moderada	Abierta	Muy abierta		Abierta
Puntaje	6		5	3	1	0		1
Rugosidad								
Condicion	Muy rugosa		Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave		Ligeramente rugosa
Puntaje	6		5	3	1	0		3
Relleno								
Rango de valores	Ninguno		Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm		Relleno duro < 5 mm
Puntaje	6		4	2	2	0		4
Alteracion (Meteorizacion)								
Condicion	No alterada		Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta		Moderadamente alterada
Puntaje	6		5	3	1	0		3
5.- CONDICIONES GENERALES DEL AGUA SUBTERRANEA								
Condicion	Completamente seca		Humeda	Mojada	Goteo	Flujo		Humeda
Puntaje	15		10	7	4	0		10
6.- AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS DISCONTINUIDADES							Taludes	
Orientaciones del rumbo y buzamiento		Muy Favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	Regular	
Puntaje segun el tipo de trabajo	Tuneles	0	-2	-5	-10	-12	-25	
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25		
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60		
CLASIFICACION								
RMR Basico	:	53	Clase III	Calidad Media	Cohesion (c)		265	
RMR Ajustado	:	28	Clase IV	Calidad Mala	Angulo de friccion interna (°)		31.5	
RMR ₉₉ (condiciones secas y muy favorables)	:	58	Clase III	Calidad Media	c = 5 RMR (Kpa)		φ = 5 + $\frac{RMR}{2}$ (deg)	

PROYECTO

: EVALUACION DE RIESGOS POR PROCESOS DE GEODINAMICA EXTERNA EN EL BALNEARIO DE COCALMAYO, DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DE CUSCO

UBICACION

: 18 L 759544.00 m E 8549081.00 m S

REALIZADO POR

: Bach. Eli Yordy Cajamarca Vivanco

LITOLOGIA

: Filita

FORMACION

: CaOi

CARACTERIZACION GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO

CLASIFICACION GEOMECANICA RMR (Bieniawski, 1989)

PANEL FOTOGRAFICO DE REFERENCIA



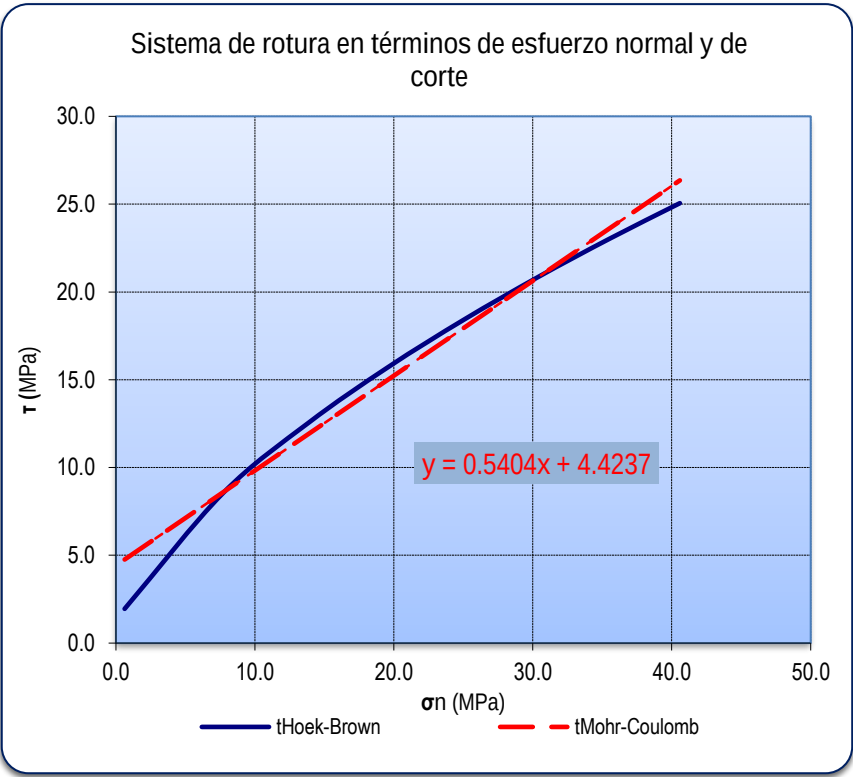
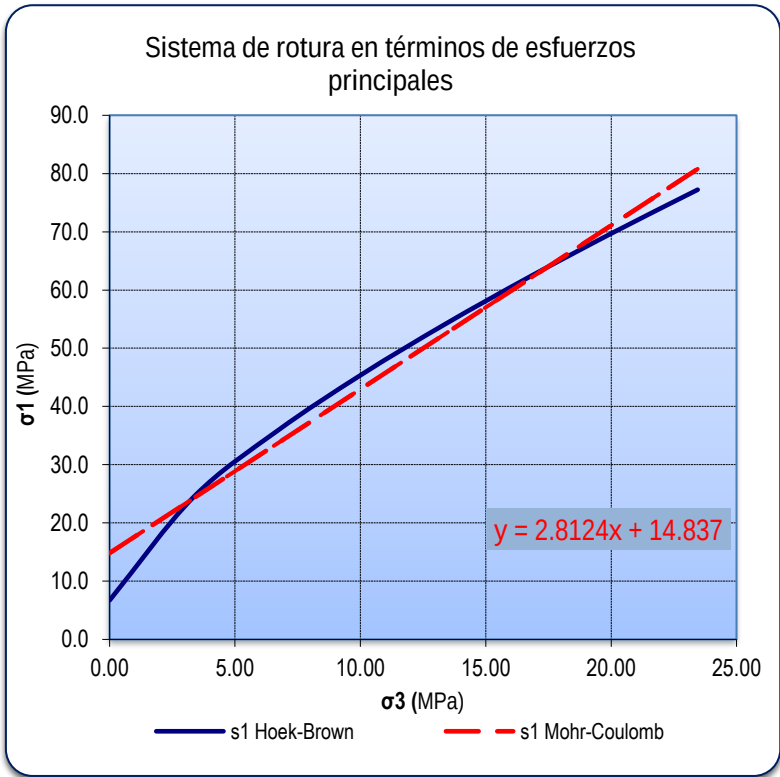
NOTA: Corresponden al talud que se encuentra a 300 metros de la zona del deslizamiento

EL CRITERIO DE FALLA DE HOEK-BROWN		
PROYECTO	EVALUACION DE RIESGOS POR PROCESOS DE GEODINAMICA EXTERNA EN EL BALNEARIO DE COCALMAYO, DISTRITO DE SANTA TERESA, PROVINCIA LA CONVENCION, DEPARTAMENTO DE CUSCO	
UBICACIÓN	18 L 759544.00 m E 8549081.00 m S	LITOLOGÍA : Filita
REALIZADO POR	Bach. Eli Yordy Cajamarca Vivanco	

Entrada de datos		
Resistencia a la compresión uniaxial, σ_{ci}	: 93.8	MPa
Índice Geológico de Resistencia, GSI (Hoek et al., 1995)	: 53	
Constante de la roca intacta, m_i	: 7	
Factor de perturbación de la roca, D	: 0.0	
Módulo de elasticidad, E_i	: 51590.0	MPa
Relación modular, MR	: 550.0	
σ_{3max} , σ_3	:	Aplica cuando la aplicación es "Custom"
Peso específico γ	: 0.0280	(MN/m³)
Aplicación	: General	
Profundidad de Cimentación, Df	: 0.00	m

Cuadro de Calculo de Rotura de Hoek-Brown y Mohr-Coulomb								
σ_3	0.000	3.350	6.700	10.050	13.400	16.750	20.100	23.450
σ_1 Hoek-Brown	6.725	24.459	35.855	45.495	54.190	62.273	69.915	77.222
$\delta\sigma_1/\delta\sigma_3$	9.760	3.850	3.076	2.714	2.493	2.341	2.227	2.138
σ_n	0.625	7.702	13.853	19.594	25.078	30.377	35.537	40.584
$\tau_{Hoek-Brown}$	1.952	8.540	12.545	15.722	18.438	20.848	23.037	25.055
$\tau_{Mohr-Coulomb}$	4.761	8.586	11.909	15.012	17.975	20.839	23.626	26.354
σ_1 Mohr-Coulomb	14.837	24.259	33.680	43.102	52.524	61.945	71.367	80.788

Constante de Hoek-Brown y Parametros Geomecanicos del Macizo Rocos Mohr-Coulomb					
$m_b =$	1.30648	$\sigma_{tm} =$	-0.3874	MPa	$E_m =$ 11510.692 MPa
$s =$	0.00540	$\sigma_c =$	6.7244	MPa	$\phi' =$ 28.39 °
$a =$	0.50466	$\sigma_{cm} =$	14.8374	MPa	$c' =$ 4.4237 MPa



Bibliografía:
El criterio de rotura de Hoek-Brown – Edición 2002 (Hoek-Brown failure criterion – 2002 Edition)

ESTABILIDAD DE TALUDES

Análisis de estabilidad de taludes

Entrada de datos

Proyecto

Fecha : 31/07/2024

Configuración

Estándar - Factor de seguridad

Análisis de estabilidad

Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)

Análisis sísmico : Estándar

Factores de seguridad		
Situación de diseño permanente		
Factor de seguridad :	SF _s =	1.50 [-]

Datos del suelo

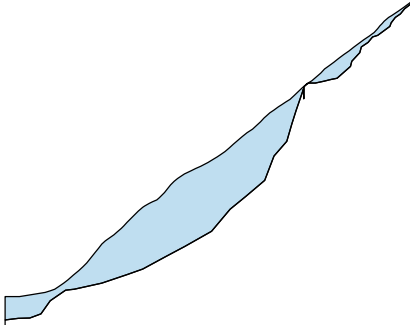
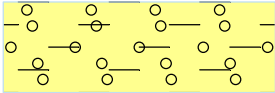
Grava arcillosa (GC)

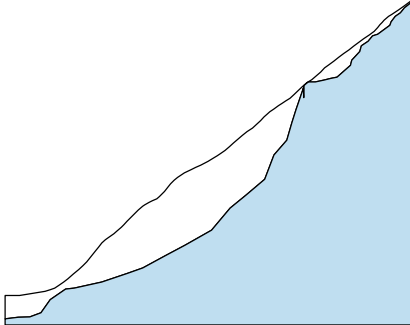
Peso unitario : $\gamma = 19.50 \text{ kN/m}^3$
Estado de tensión : efectivo
Ángulo de fricción interna : $\varphi_{\text{ef}} = 30.00^\circ$
Cohesión de suelo : $c_{\text{ef}} = 6.00 \text{ kPa}$
Peso unitario de suelo saturado : $\gamma_{\text{sat}} = 19.50 \text{ kN/m}^3$

Roca

Peso unitario : $\gamma = 27.00 \text{ kN/m}^3$
Estado de tensión : efectivo
Ángulo de fricción interna : $\varphi_{\text{ef}} = 28.67^\circ$
Cohesión de suelo : $c_{\text{ef}} = 5454.30 \text{ kPa}$
Peso unitario de suelo saturado : $\gamma_{\text{sat}} = 27.00 \text{ kN/m}^3$

Asignación y superficies

Nro.	Posición de superficie	Asignado suelo
1		Grava arcillosa (GC) 

Nro.	Posición de superficie	Asignado suelo
2		Roca 

Sobrecarga

Nro.	Tipo	Tipo de acción	Ubicación z [m]	Origen x [m]	Longitud l [m]	Ancho b [m]	Pendiente α [°]	Magnitud		
								q, q ₁ , f, F, x	q ₂ , z	unidad
1	línea	Permanente	sobre el terreno	x = 150.00			0.00	20.00		kN/m

Sobrecargas

Nro.	Nombre
1	vehículos

Configuraciones de la etapa de construcción

Situación de diseño : permanente

Resultados (Etapa de construcción 1)

Análisis 1 (etapa 1)

Superficie de deslizamiento circular

Datos de la superficie de deslizamiento					
Centro :	x =	40.20 [m]	Ángulos :	α_1 =	2.75 [°]
	z =	269.33 [m]		α_2 =	75.48 [°]
Radio :	R =	202.26 [m]			
Análisis de la superficie de deslizamiento sin optimización.					

Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)

Suma de fuerzas activas : $F_a = 75973.52$ kN/m

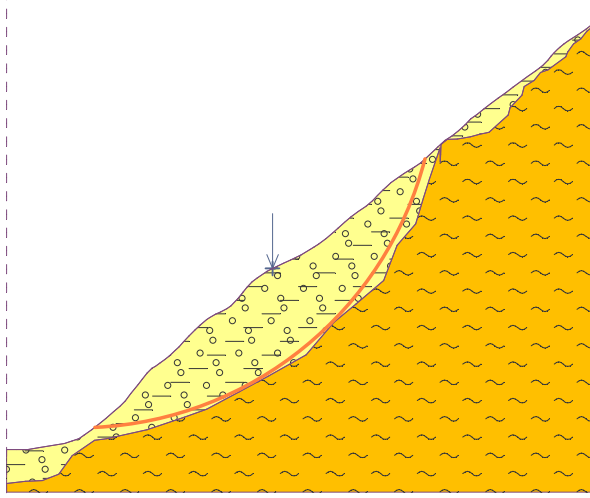
Suma de fuerzas pasivas : $F_p = 73251.32$ kN/m

Momento de deslizamiento : $M_a = 15366404.08$ kNm/m

Momento estabilizador : $M_p = 14815812.19$ kNm/m

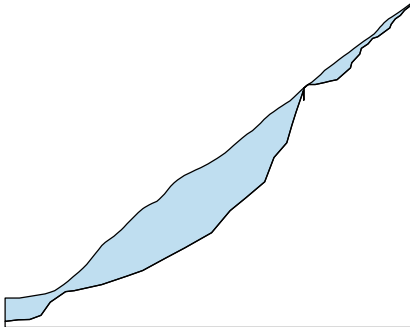
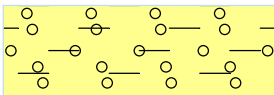
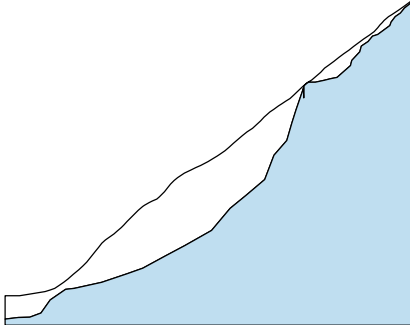
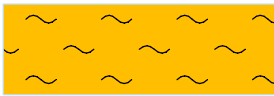
Factor de seguridad = $0.96 < 1.50$

Estabilidad del talud NO ACEPTABLE



Entrada de datos (Etapa de construcción 2)

Asignación y superficies

Nro.	Posición de superficie	Asignado suelo
1		Grava arcillosa (GC) 
2		Roca 

Sobrecarga

Nro.	Sobrecarga		Tipo	Tipo de acción	Ubicación	Origen	Longitud	Ancho	Pendiente	Magnitud		
	nueva	cambia			z [m]	x [m]	l [m]	b [m]	α [°]	q, q ₁ , f, F, x	q ₂ , z	unidad
1	No	No	línea	Permanente	sobre el terreno	x = 150.00			0.00	20.00		kN/m

Sobrecargas

Nro.	Nombre
1	vehículos

Configuraciones de la etapa de construcción

Situación de diseño : permanente

Resultados (Etapa de construcción 2)

Análisis 1 (etapa 2)

Superficie de deslizamiento circular

Datos de la superficie de deslizamiento					
Centro :	x =	49.01 [m]	Ángulos :	$\alpha_1 =$	-0.60 [°]
	z =	210.97 [m]		$\alpha_2 =$	79.27 [°]
Radio :	R =	145.48 [m]			
Análisis de la superficie de deslizamiento sin optimización.					

Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)

Suma de fuerzas activas : $F_a = 51741.89 \text{ kN/m}$

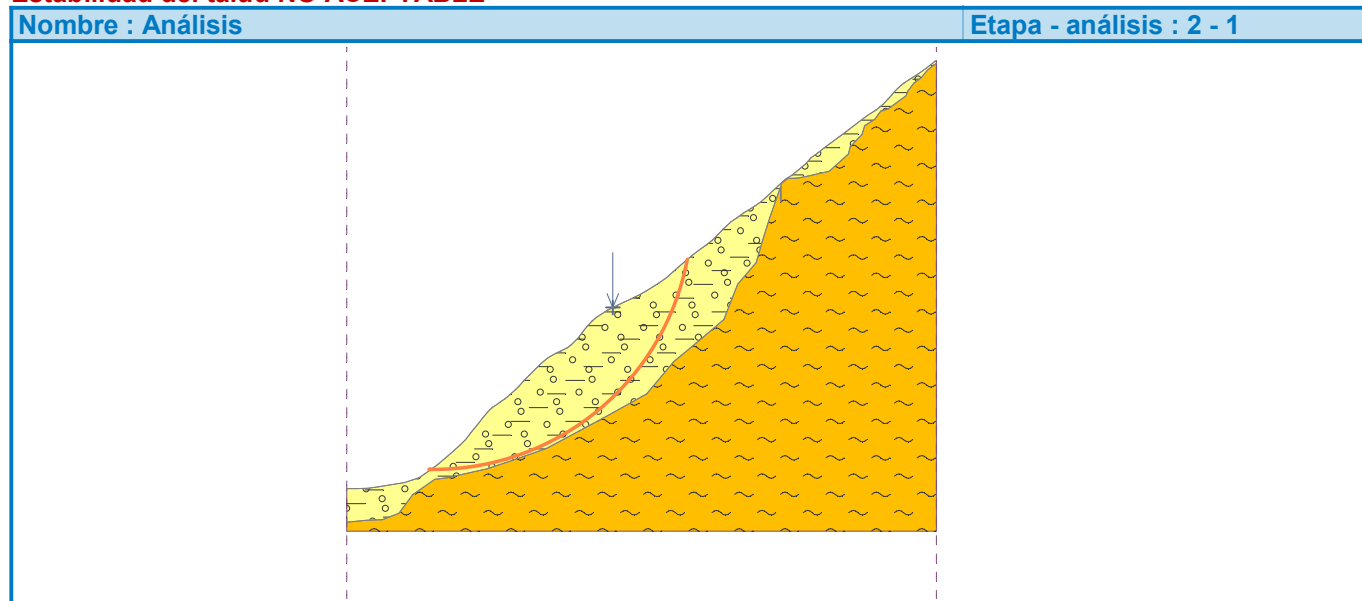
Suma de fuerzas pasivas : $F_p = 51241.16 \text{ kN/m}$

Momento de deslizamiento : $M_a = 7527409.63 \text{ kNm/m}$

Momento estabilizador : $M_p = 7454564.00 \text{ kNm/m}$

Factor de seguridad = $0.99 < 1.50$

Estabilidad del talud NO ACEPTABLE



Análisis de estabilidad de taludes

Entrada de datos

Proyecto

Fecha : 31/07/2024

Configuración

(entrada para tarea actual)

Análisis de estabilidad

Metodología de verificación : Factores de seguridad (ASD)

Análisis sísmico : Estándar

Factores de seguridad		
Situación de diseño permanente		
Factor de seguridad :	SF _s =	1.00 [-]

Datos del suelo

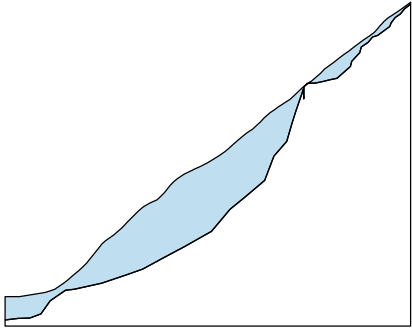
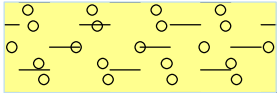
Grava arcillosa (GC)

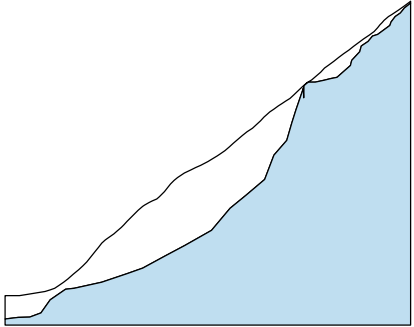
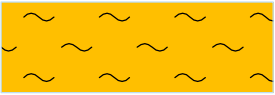
Peso unitario : γ = 19.50 kN/m³
Estado de tensión : efectivo
Ángulo de fricción interna : φ_{ef} = 30.00 °
Cohesión de suelo : c_{ef} = 6.00 kPa
Peso unitario de suelo saturado : γ_{sat} = 19.50 kN/m³

Roca

Peso unitario : γ = 27.00 kN/m³
Estado de tensión : efectivo
Ángulo de fricción interna : φ_{ef} = 28.67 °
Cohesión de suelo : c_{ef} = 5454.30 kPa
Peso unitario de suelo saturado : γ_{sat} = 27.00 kN/m³

Asignación y superficies

Nro.	Posición de superficie	Asignado suelo
1		Grava arcillosa (GC) 

Nro.	Posición de superficie	Asignado suelo
2		Roca 

Sobrecarga

Nro.	Tipo	Tipo de acción	Ubicación z [m]	Origen x [m]	Longitud l [m]	Ancho b [m]	Pendiente α [°]	Magnitud		
								q, q ₁ , f, F, x	q ₂ , z	unidad
1	línea	Permanente	sobre el terreno	x = 150.00			0.00	20.00		kN/m

Sobrecargas

Nro.	Nombre
1	vehículos

Sismo

Coefficiente sísmico horizontal : $K_h = 0.1000$

Coefficiente sísmico vertical : $K_v = 0.0000$

Configuraciones de la etapa de construcción

Situación de diseño : permanente

Resultados (Etapa de construcción 1)

Análisis 1 (etapa 1)

Superficie de deslizamiento circular

Datos de la superficie de deslizamiento					
Centro :	x =	40.20 [m]	Ángulos :	$\alpha_1 =$	2.75 [°]
	z =	269.33 [m]		$\alpha_2 =$	75.48 [°]
Radio :	R =	202.26 [m]			
Análisis de la superficie de deslizamiento sin optimización.					

Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)

Suma de fuerzas activas : $F_a = 85571.25$ kN/m

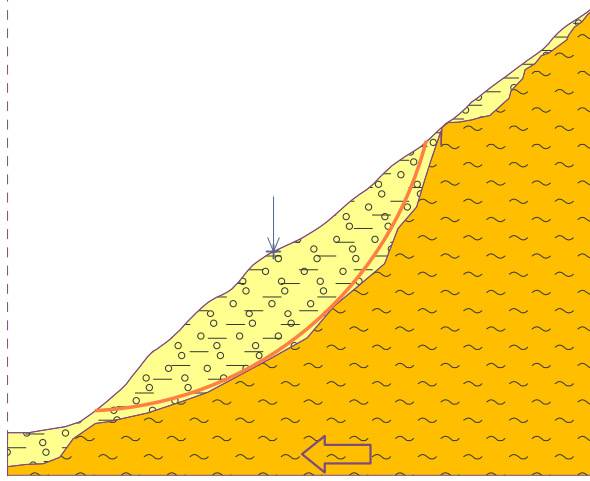
Suma de fuerzas pasivas : $F_p = 69403.57$ kN/m

Momento de deslizamiento : $M_a = 17307640.58$ kNm/m

Momento estabilizador : $M_p = 14037565.73$ kNm/m

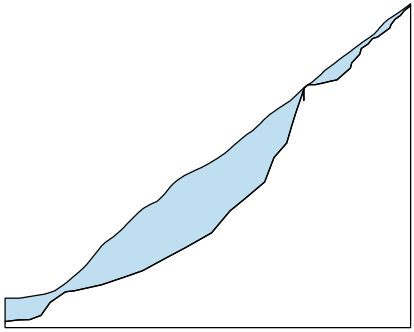
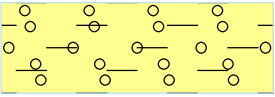
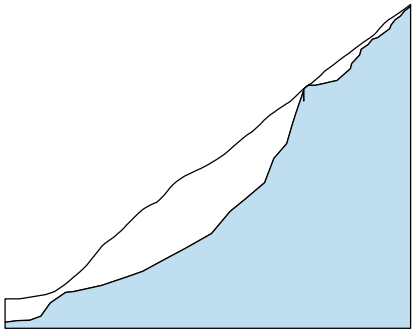
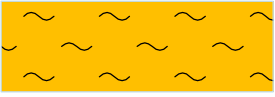
Factor de seguridad = $0.81 < 1.00$

Estabilidad del talud NO ACEPTABLE



Entrada de datos (Etapa de construcción 2)

Asignación y superficies

Nro.	Posición de superficie	Asignado suelo
1		Grava arcillosa (GC) 
2		Roca 

Sobrecarga

Nro.	Sobrecarga		Tipo	Tipo de acción	Ubicación	Origen	Longitud	Ancho	Pendiente	Magnitud		
	nueva	cambia			z [m]	x [m]	l [m]	b [m]	α [°]	q, q ₁ , f, F, x	q ₂ , z	unidad
1	No	No	línea	Permanente	sobre el terreno	x = 150.00			0.00	20.00		kN/m

Sobrecargas

Nro.	Nombre
1	vehículos

Configuraciones de la etapa de construcción

Situación de diseño : permanente

Resultados (Etapa de construcción 2)

Análisis 1 (etapa 2)

Superficie de deslizamiento circular

Datos de la superficie de deslizamiento					
Centro :	x =	49.01 [m]	Ángulos :	$\alpha_1 =$	-0.60 [°]
	z =	210.97 [m]		$\alpha_2 =$	79.27 [°]
Radio :	R =	145.48 [m]			
Análisis de la superficie de deslizamiento sin optimización.					

Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)

Suma de fuerzas activas : $F_a = 58073.62 \text{ kN/m}$

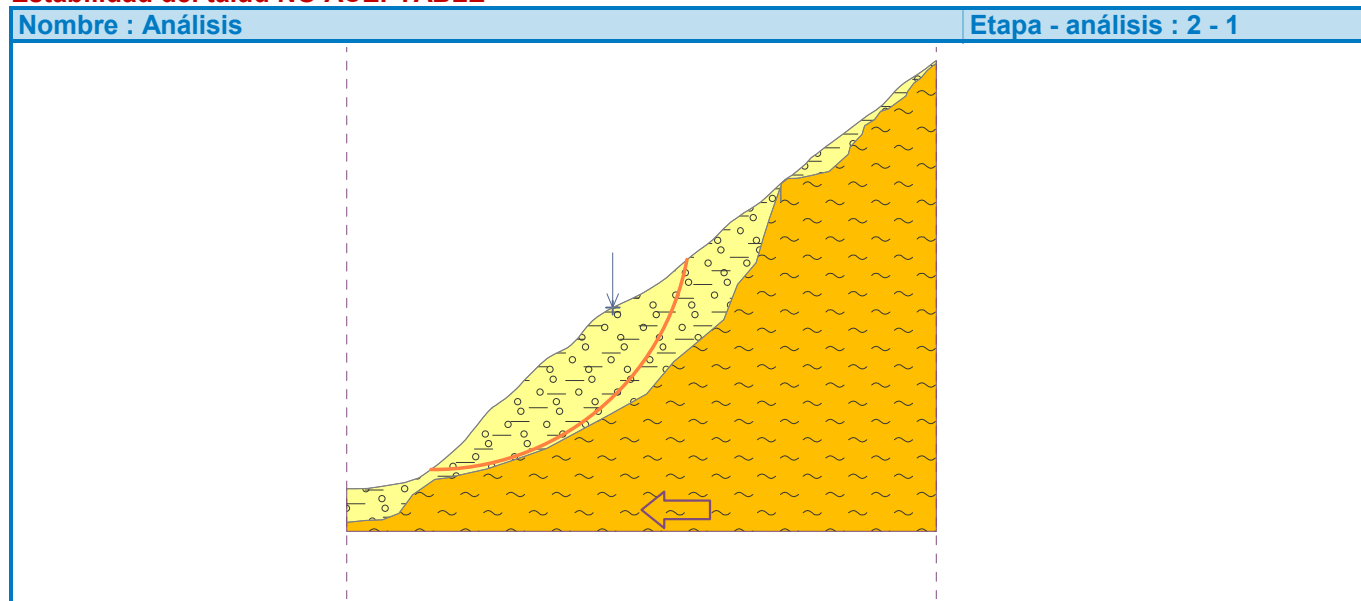
Suma de fuerzas pasivas : $F_p = 48721.58 \text{ kN/m}$

Momento de deslizamiento : $M_a = 8448550.34 \text{ kNm/m}$

Momento estabilizador : $M_p = 7088015.71 \text{ kNm/m}$

Factor de seguridad = $0.84 < 1.00$

Estabilidad del talud NO ACEPTABLE

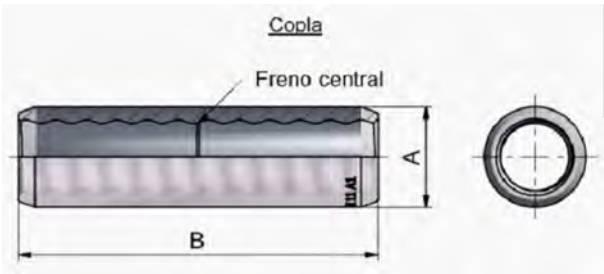


OTROS

DETALLE ACCESORIOS BARRA AUTOPERFORANTE R32
ESC:S/E

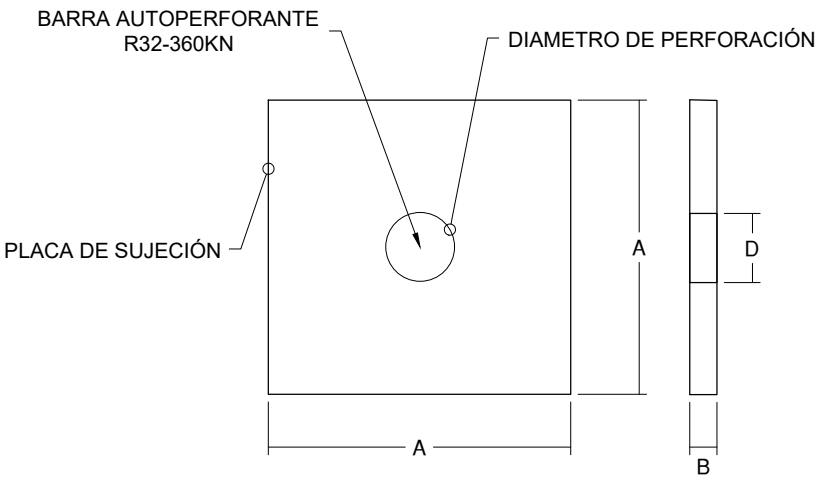
PLANTA DE PLACA DE SUJECCION

CARACTERISTICAS DE LA COPLA

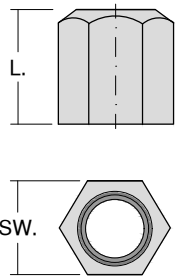


COPLA DE ANCLAJE		
Tipo de Rosca	A-Diámetro (mm)	B-Largo(mm)
R32	42	190

Tamaño	Placa de apoyo abovedada		
	AXAXB (mm)	D (mm)	Weight (kg)
R32	200x200x12	35	3.8



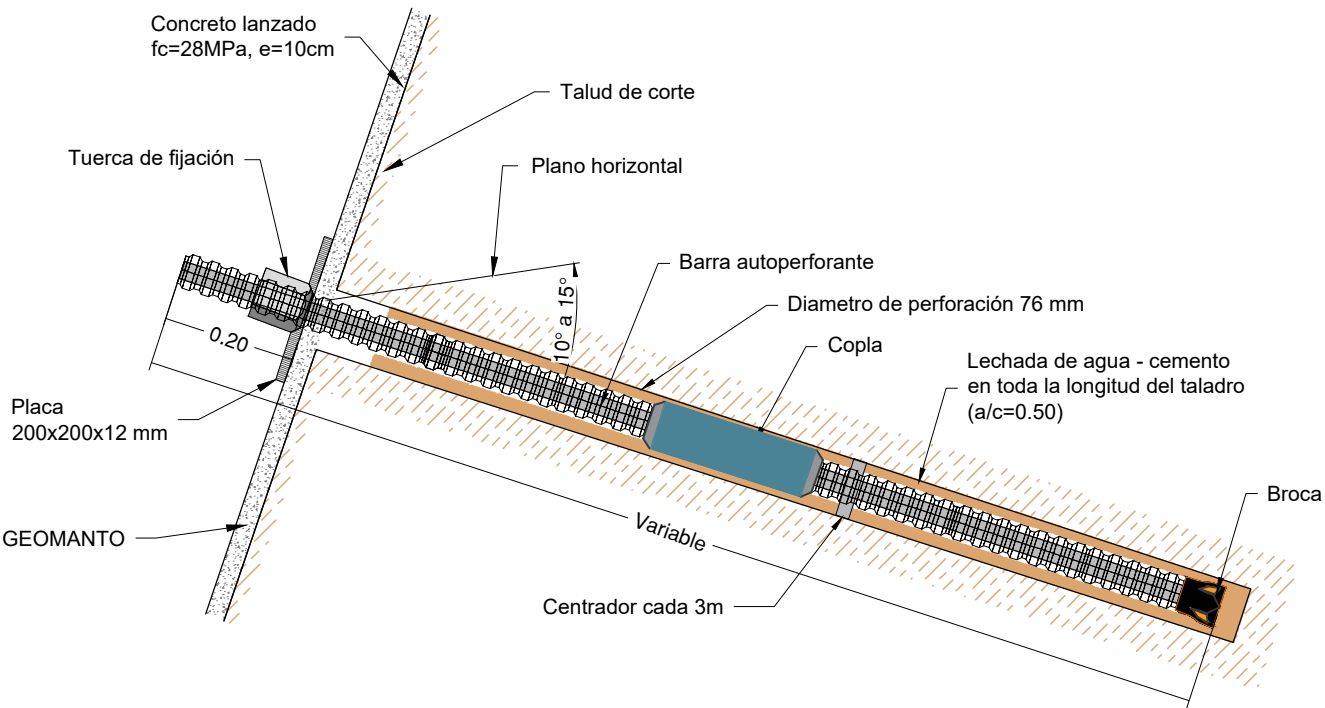
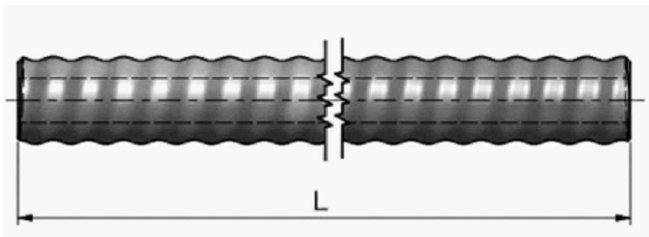
CARACTERISTICAS DE TUERCA



TUERCA HEXAGONAL		
Tipo de Rosca	SW-(mm)	L-(mm)
R32	46	65

CARACTERISTICAS DE BARRA AUTOPERFORANTE

BARRA AUTOPERFORANTE R32						
Tipo de Barra	O.D (mm)	I.D (mm)	Carga Máxima (kN)	Carga Fluencia (kN)	Sección (mm2)	Peso (kg/m)
R32-360/15	32.0	15.0	360.0	280.0	510.0	4.1

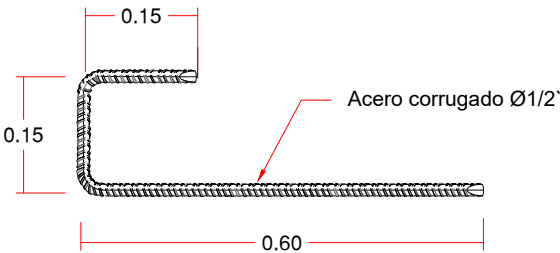


DETALLE TÍPICO DE INSTALACIÓN DE LA BARRA
AUTOPERFORANTE R32-360 KN EN TALUD CON GEOMANTO

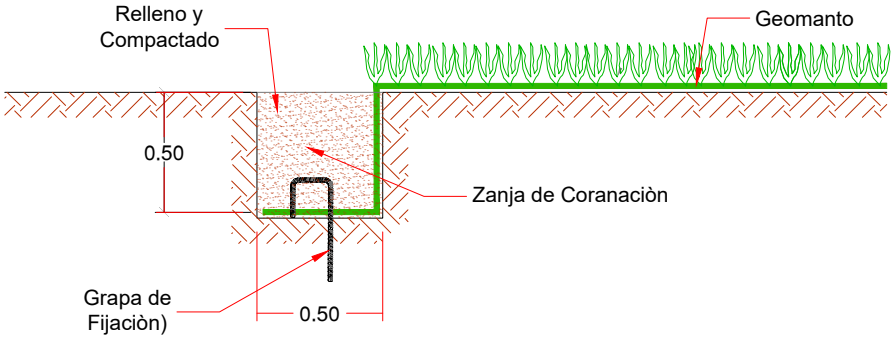
DETALLE DE GEOMANTO

Esc: 1/500

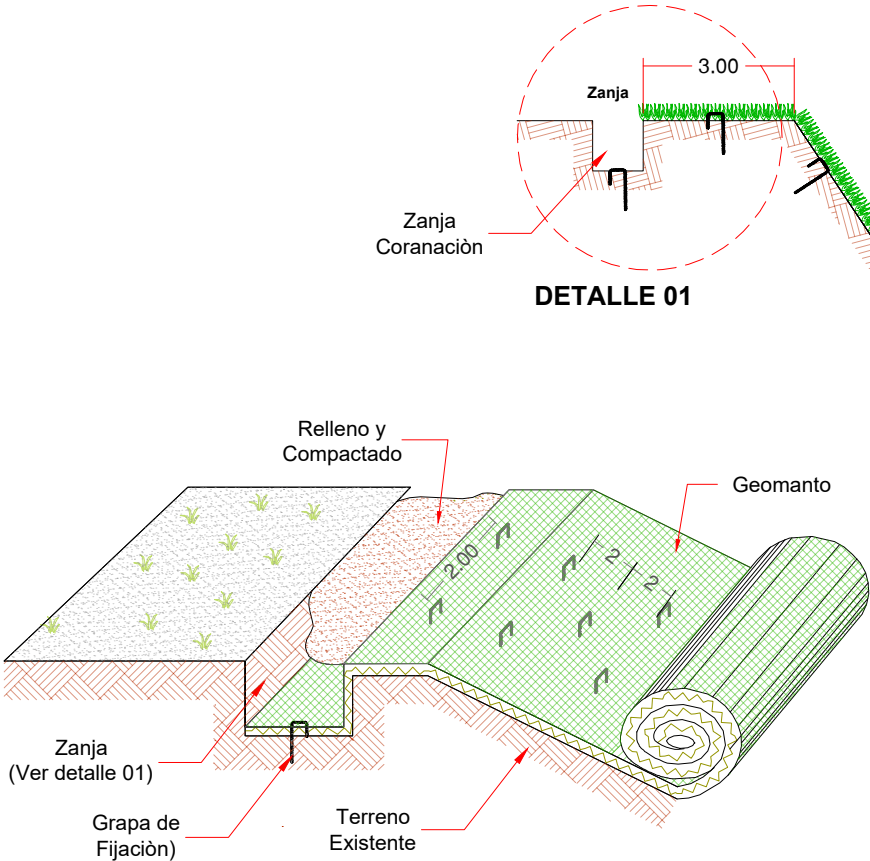
NOTA:
1. El colocado de grapas será de 2m x 2m dustribuido al tresbolillo.



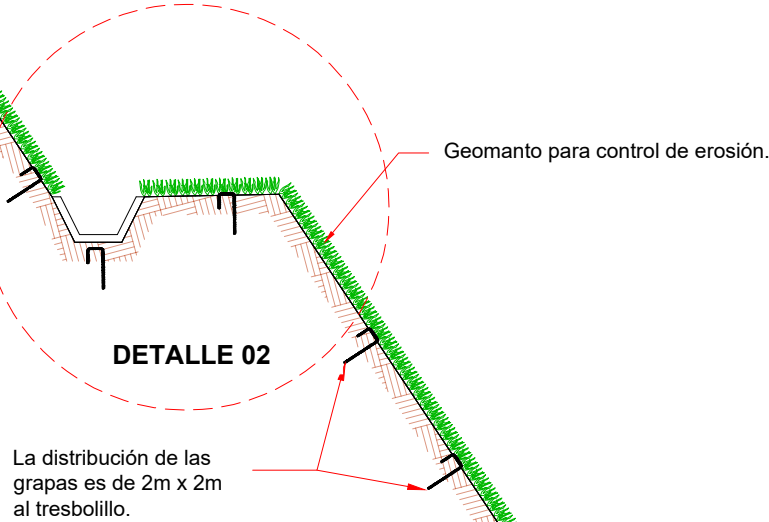
DETALLE DE GRAPA DE FIJACIÓN



DETALLE 01



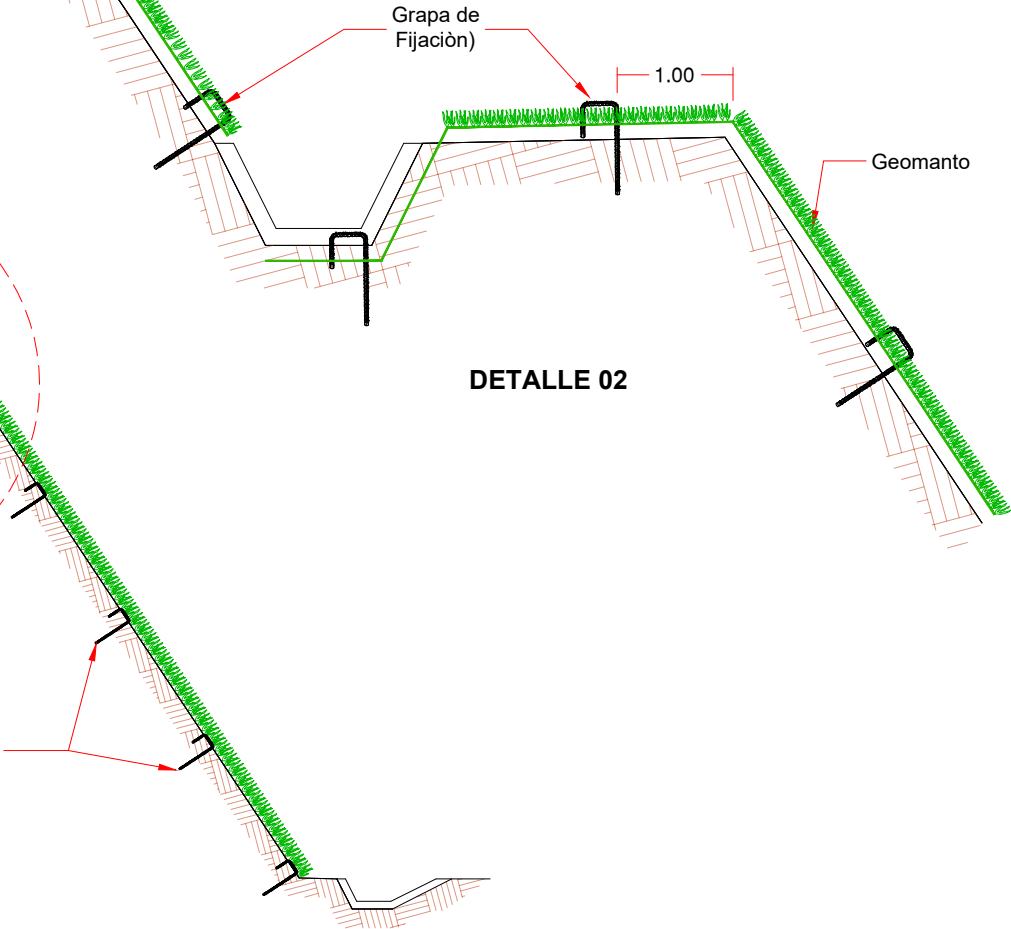
DETALLE 01



DETALLE 02

DETALLE 02

La distribución de las grapas es de 2m x 2m al tresbolillo

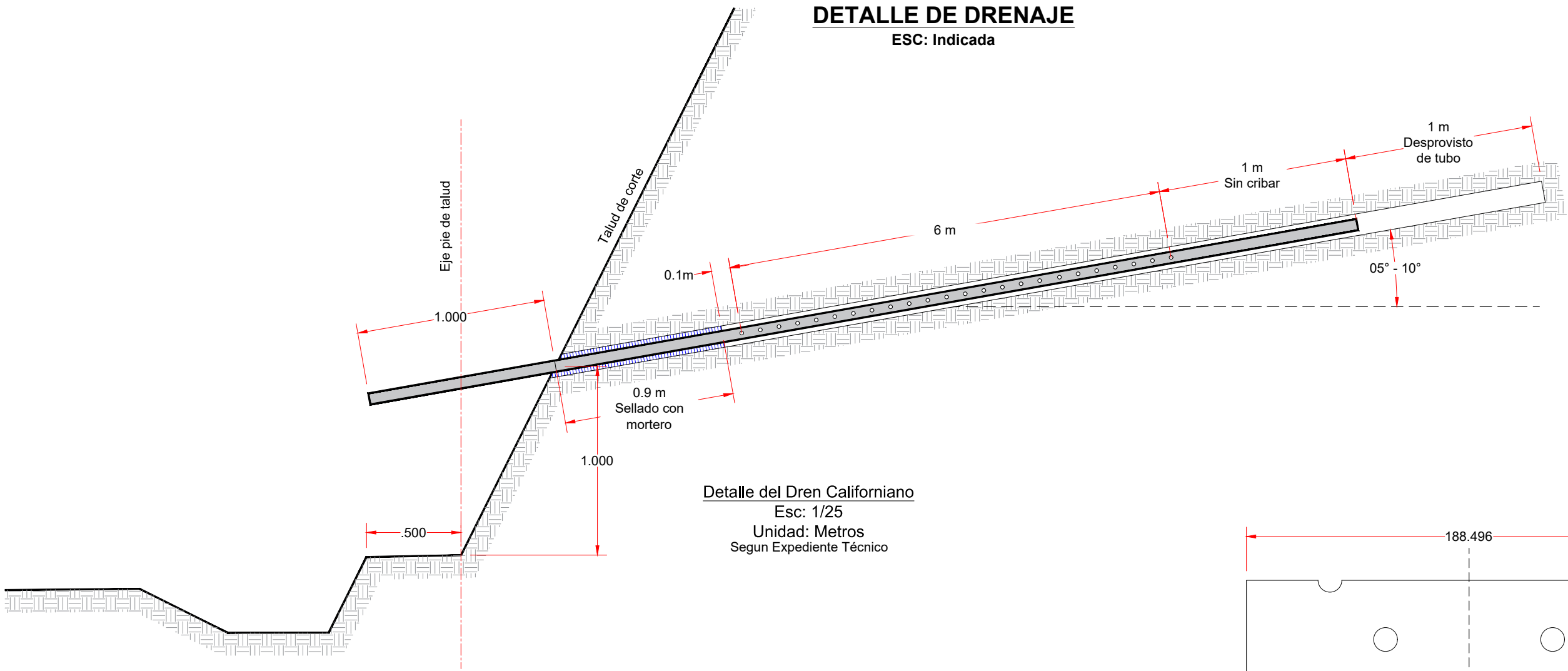


DETALLE 02

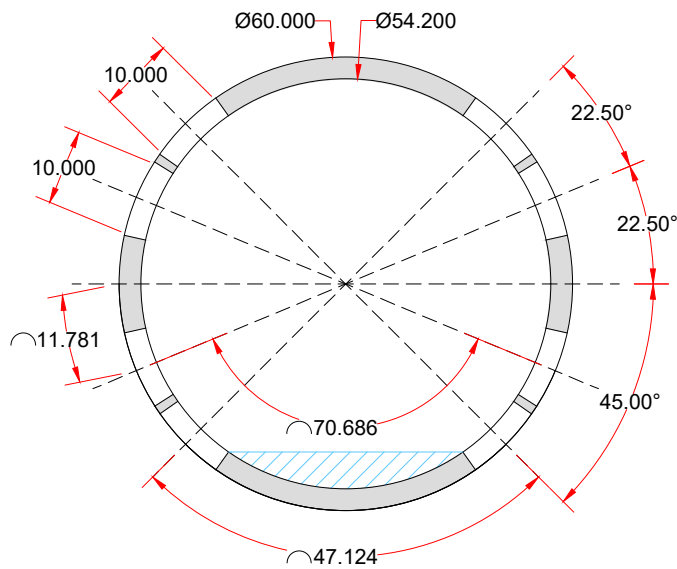
Propiedades físicas de la geomanta			
Espesor nominal	mm	ASTM D5199	8
Gramaje	g/m2	ASTM D5261	>400
Índice de vacíos	%		>90
Color			Verde
Polímero predominante			Polietileno
Temperatura de fragilidad del polímero predominante	°C	ASTM D746	-35
Resistencia UV de polímero predominante.		ASTM D4355	Estabilizado
Propiedades mecánicas de la geomanta			
Resistencia a la tracción longitudinal	KN/m	ASTM D4595	≥4
Elongación a la rotura longitudinal	%	ASTM D4595	≤30
Resistencia a la tracción transversal	KN/m	ASTM D4595	≥3
Elongación a la rotura transversal	%	ASTM D4595	≤30
Resistencia al rasgado longitudinal	Kgf	DIN 53.363	5±2
Resistencia al rasgado transversal	Kgf	DIN 53.363	5±2
Presentación: en rollos			
Ancho	m	2	
Largo	m	50	
Área	m2	100	
Diámetro promedio	m2	0.68	
Peso	kg	40	

DETALLE DE DRENAJE

ESC: Indicada



Detalle del Dren Californiano
Esc: 1/25
Unidad: Metros
Segun Expediente Técnico

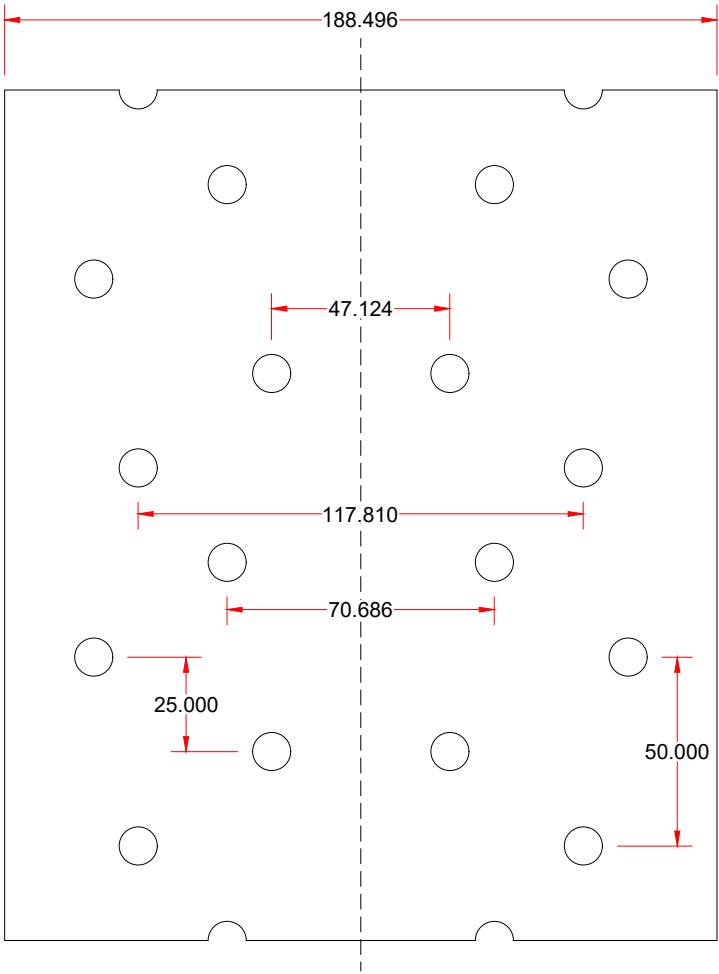


Sección transversal de la tubería
Esc: 1/1
Unidad: Milímetros

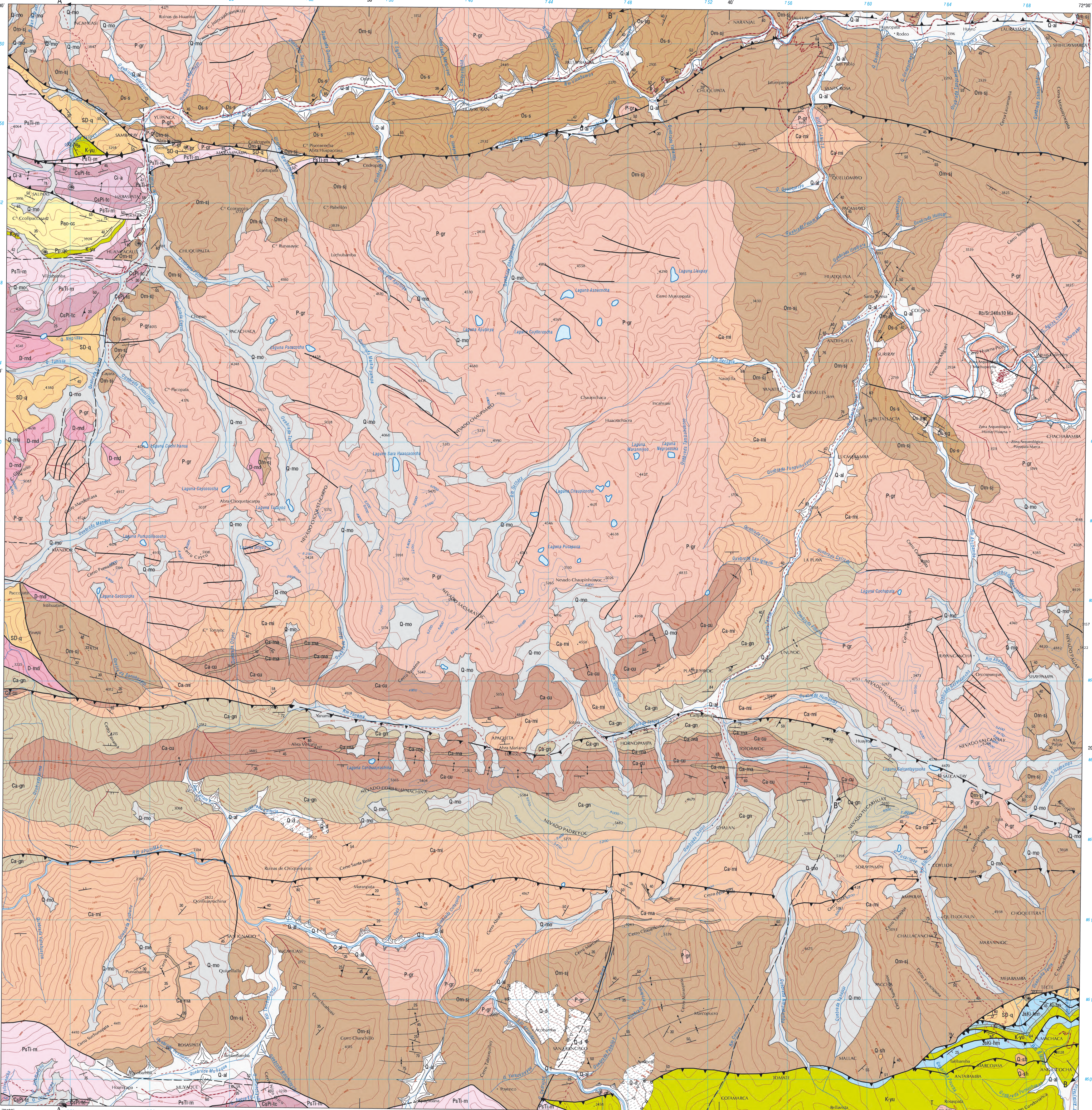
Sección transversal de la tubería
Perforaciones entre 22.5° y los 45° con
respecto a la horizontal

Nota:

Los drenes californianos se instalarán en una fila a un metro de altura desde el pie del talud, distribuidos a cuatro metros, la longitud del dren será de 8 metros. Si en caso se presenten afloramientos de agua en banquetas u otras partes del talud de corte, se instalarán los drenes previo aprobación del Supervisor.



Sección Abatida
Esc: 1/2
Unidad: Milímetros
Distribución de perforación en tresbolillo



BASE DE COMPILACIÓN: MAPA PLANIMÉTRICO LANDSAT OMA IAGS EN 1991

LEYENDA				
ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	ROCAS INTRUSIVAS
MESOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENA	Depósito fluvial	Q-f
			Depósito aluvial	Q-al
			Depósito morrénico	Q-mo
			Depósito de deslizamiento	Q-d
	PALEÓGENO	OLIGOCENA EOCENA	Formación Colpaccaca	Pao-co
			Formación Quilque y Chilca	Pp-qc
	CRETÁCEO	SUPERIOR	Grupo Yuncaypata	K-yu
			Formación Huancané	Ki-hn
	JURÁSICO	SUPERIOR	Formación Huambuto	JsKi-hm
			Grupo Mitu	PsTi-m
PALEOZOICA	PERMIANO	INFERIOR	Grupos Tarma-Copacabana	CsPi-tc
		SUPERIOR	Grupo Ambo	Ci-a
	CARBONÍFERO	INFERIOR	Formación Quillabamba	SD-q
	ORDOVICIANO	SUPERIOR	Formación San Gabán	Os-s
			Formación Sandía	Os-s
		MEDIO	Grupo San José	Om-sj
CAMBIANO		INFERIOR	Micasquistos	Ca-mi
			Gneises	Ca-gn
			Mármoles	Ca-ma
			Cuarzitas	Ca-cu

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

INGEMMET J631 PRIMERA EDICIÓN 1998

ESCALA: 1 : 100 000

PROYECCIÓN TRANSVERSA DE MERCATOR

DATUM HORIZONTAL:SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL DE 1984

SISTEMA DE CUADRÍCULA:UTM CADA 4 KILOMETROS ZONA 18 ESFEROIDE INTERNACIONAL

GEOLÓGIA POR:
Carlotto Victor, Cardenas José
Romero Darwin, Valdivia Waldir, Tintaya Daniel

VERSIÓN DIGITAL 1999

HOJAS ADYACENTES

26-p (2245) Chuanquiri	26-q (2345) Quillabamba	26-r (2445) Quebrada Honda
27-p (2344) Pacaypata	27-q (2444) Machupicchu	27-r (2445) Urubamba
28-p (2345) Andahuaylas	28-q (2445) Abancay	28-r (2445) Cotabamba

UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

DECLINACIÓN MAGNÉTICA APROXIMADA EN 1995 PARA TODA LA HOJA

- SÍMBOLOS
- Rumbo y buzamiento de estrato
 - Rumbo y buzamiento de esquistosidad
 - Rumbo y buzamiento de estratos verticales
 - Rumbo y buzamiento de capas invertidas
 - Rumbo de estratos con buzamiento suave (0-30°)
 - Rumbo de estratos con buzamiento moderado (30-60°)
 - Rumbo de estratos con buzamiento fuerte (> 60°)
 - Contacto geológico conocido
 - Contacto geológico inferido
 - Falla indiferenciada
 - Falla inversa
 - Falla de rumbo
 - Alineamiento estructural
 - Eje de plegue anticlinal
 - Eje de plegue sinclinal
 - Zona fosilífera
 - Rb/Rr:246±10 Ma
 - Datación radiométrica
 - Escarpa de deslizamiento
 - Línea de sección geológica
 - Conos aluviales



Santa Teresa; 20 de noviembre del 2023

CARTA N° 46 – 2023- UATR-MDST

Señora:

ELI YORDY CAJAMARCA VIVANCO

**Asunto: RESPUESTA A
INFORMACION DE CANYTIDAD
DE PERSONAS INGRESANTES A
LOS BAÑOS DE COCALMAYO**

De mi mayor consideración;

Tengo el agrado de dirigirme a usted, con la finalidad de informar conforme a su solicitud, respecto a la información referente al control mensual y los días máximos, sobre la cantidad de personas que ingresan a los baños de Cocalmayo, a ello se debe indicar, que se realizó el cálculo, conforme a los ingresos al sistema de la Municipalidad Distrital de Santa Teresa y sigue de acuerdo a los siguientes cuadros:





MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SANTA TERESA
"Año de la Unidad, la paz y el desarrollo"
Unidad de Administración Tributaria y Rentas



ENTRADAS A COCALMAYO

VISITANTES EXTRANJEROS

MESES	CANTIDAD DE VISITANTES	DIA DE MAS AFLUENCIA
Enero	211 PERSONAS	23 DE ENERO, INGRESARON 172 VISITANTES
Febrero	607 PERSONAS	07 DE FEBRERO, INGRESARON 280 VISITANTES
Marzo	1258 PERSONAS	27 DE MARZO, INGRESARON 179 VISITANTES
Abril	2126 PERSONAS	10 DE ABRIL, INGRESARON 569 VISITANTES
Mayo	3018 PERSONAS	22 DE MAYO, INGRESARON 336 VISITANTES
Junio	2690 PERSONAS	27 DE JUNIO, INGRESARON 499 VISITANTES
Julio	7118 PERSONAS	31 DE JULIO, INGRESARON 2845 VISITANTES
Agosto	2575 PERSONAS	16 DE AGOSTO, INGRESARON 118 VISITANTES
Setiembre	2854 PERSONAS	20 DE SETIEMBRE, INGRESARON 129 VISITANTES
Octubre	2759 PERSONAS	12 DE OCTUBRE, INGRESARON 138 VISITANTES
Noviembre	766 PERSONAS	05 DE NOVIEMBRE, INGRESARON 118 VISITANTES

TOTAL, DE VISITANTES EXTRANJEROS EN LO QUE RESPECTO AL AÑO 2023, INGRESARON 25982 EXTRANJEROS





MUNICIPALIDAD DISTRTIAL DE SANTA TERESA
"Año de la Unidad, la paz y el desarrollo"
Unidad de Administración Tributaria y Rentas



MESES	CANTIDAD DE VISITANTES	DIA DE MAS AFLUENCIA
Enero	1134 PERSONAS	30 DE ENERO, INGRESARON 353 VISITANTES
Febrero	6741 PERSONAS	13 DE FEBRERO, INGRESARON 637 VISITANTES
Marzo	6478 PERSONAS	20 DE MARZO, INGRESARON 760 VISITANTES
Abril	7314 PERSONAS	10 DE ABRIL, INGRESARON 3254 VISITANTES
Mayo	6221 PERSONAS	25 DE MAYO, INGRESARON 534 VISITANTES
Junio	4994 PERSONAS	20 DE JUNIO, INGRESARON 536 VISITANTES
Julio	4411 PERSONAS	31 DE JULIO, INGRESARON 2582 VISITANTES
Agosto	13213 PERSONAS	05 DE AGOSTO, INGRESARON 1229 VISITANTES
Setiembre	8326 PERSONAS	23 DE SETIEMBRE, INGRESARON 627 VISITANTES
Octubre	10783 PERSONAS	21 DE OCTUBRE, INGRESARON 763 VISITANTES
Noviembre	3529 PERSONAS	04 DE NOVIEMBRE, INGRESARON 925 VISITANTES

VISITANTES NACIONALES

TOTAL, DE VISITANTES NACIONALES EN LO QUE RESPECTO AL AÑO 2023, INGRESARON 7314





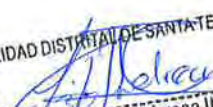
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SANTA TERESA
"Año de la Unidad, la paz y el desarrollo"
Unidad de Administración Tributaria y Rentas



MESES	CANTIDAD DE VISITANTES	DIA DE MAS AFLUENCIA
Enero	1409 PERSONAS	23 DE ENERO, INGRESARON 841 VISITANTES
Febrero	2585 PERSONAS	22 DE FEBRERO, INGRESARON 458 VISITANTES
Marzo	2047 PERSONAS	13 DE MARZO, INGRESARON 447 VISITANTES
Abril	1897 PERSONAS	10 DE ABRIL, INGRESARON 800 VISITANTES
Mayo	2160 PERSONAS	22 DE MAYO, INGRESARON 326 VISITANTES
Junio	1771 PERSONAS	13 DE JUNIO, INGRESARON 335 VISITANTES
Julio	8557 PERSONAS	04 DE JULIO, INGRESARON 1457 VISITANTES
Agosto	2127 PERSONAS	03 DE AGOSTO, INGRESARON 259 VISITANTES
Setiembre	1624 PERSONAS	22 DE SETIEMBRE, INGRESARON 120 VISITANTES
Octubre	1936 PERSONAS	21 DE OCTUBRE, INGRESARON 116 VISITANTES
Noviembre	643 PERSONAS	03 DE NOVIEMBRE, INGRESARON 138 VISITANTES

VISITANTES RESIDENTES

TOTAL, DE VISITANTES RESIDENTES, EN LO RESPECTA AL AÑO 2023, INGRESARON 26750

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SANTA TERESA

Abg. L. Andrea Lizárraga Iturriga
DNI 48417015
JEFE DE ADMINISTRACION TRIBUTARIA Y RENTAS