

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



TESIS

**EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS EN EL AREA
DE INFLUENCIA DE LA QUEBRADA TTITTOCPATA, DISTRITO COYA,
PROVINCIA CALCA, DEPARTAMENTO CUSCO - 2023**

PRESENTADO POR:

BR. FRANK FERDINAND LIMACHI AIMITUMA

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

ASESOR:

DRA. JOSEFINA ESCALANTE GUTIÉRREZ

CUSCO – PERÚ

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

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

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: Evaluación del Nivel de Riesgo por Flujo de Detritos en el area de Influencia de la Quebrada Hittocpata, Distrito Coya, Provincia Calca, Departamento Cusco - 2023

presentado por: Br. Frank Ferdinand Limachi Asmituma con DNI Nro.: 77137451 presentado por: con DNI Nro.: para optar el título profesional/grado académico de Ingeniero Geólogo

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02 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** la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 22 de Diciembre de 2024

Escalante

Firma

Post firma Josefina Escalante Gutierrez

Nro. de DNI 23809533

ORCID del Asesor 0000 - 0001 - 9359 - 0481

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: **oid:** 27259:418357833

Frank Limachi

Evaluación del Nivel de Riesgo por Flujo de Detritos en el Area

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:418357833

Fecha de entrega

22 dic 2024, 8:32 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

22 dic 2024, 8:44 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

Tesis Limachi, Frank.pdf

Tamaño de archivo

32.2 MB

277 Páginas

64,186 Palabras

325,498 Caracteres

10% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Coincidencias menores (menos de 12 palabras)
- Fuentes de Internet
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 0%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 10%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**
148 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

A Dios, por darme fuerzas, impulso, esperanza y fe, dedico esta tesis a mi padre; Prudencio y madre Mercedes, porque ellos fueron mi punto de apoyo para mi formación de mi carrera profesional, por su gran amor, cariño, consejos y su apoyo incondicional, para así ser una mejor persona como resultado.

A mi hermana: Rosa Milenka, por sus palabras de apoyo y aliento, que día a día me motivaron a seguir adelante y me ha dado una razón para seguir creciendo como profesional.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesora Dra. Josefina Escalante Gutiérrez en el acompañamiento, orientación y acertados comentarios para la culminación de la tesis.

PRESENTACIÓN

Estimado Decano de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, distinguidos miembros del jurado:

En cumplimiento de las normativas actuales establecidas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica, presento ante ustedes el presente estudio de investigación intitulado "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS EN EL AREA DE INFLUENCIA DE LA QUEBRADA TTITTOCPATA, DISTRITO COYA, PROVINCIA CALCA, DEPARTAMENTO CUSCO - 2023".

Este proyecto de investigación se ha desarrollado con base en la información recopilada de manera teórica y práctica, así como a través de trabajos de campo. Se ha empleado el conocimiento adquirido a lo largo de los años de formación académica y experiencia profesional.

RESUMEN

Este trabajo de investigación tiene como objetivo principal evaluar los niveles de riesgo por flujo de detritos de las viviendas en el área de influencia de la quebrada Tittocpata ubicadas en el centro poblado Huaynapata, distrito Coya, provincia Calca y departamento Cusco.

El enfoque de la investigación es mixto, de tipo aplicada, de nivel descriptivo; su naturaleza es de campo y sigue un diseño no experimental. El método para determinar el nivel de riesgo en el área de influencia de la quebrada Tittocpata se basa en el proceso de análisis jerárquico desarrollado por el matemático (Thomas L, Saaty) y los parámetros y descriptores referidos por el (CENEPRED,2014). La población comprende un total de 44 viviendas y la muestra un total de 38 personas encuestadas.

Los resultados obtenidos indican que el 2.57 % del área de influencia de la quebrada Tittocpata se encuentran en una zona de peligrosidad muy alta. El 7.29 % está en una zona de peligrosidad alta, el 68.81 % en una zona de peligrosidad media y el 21.33% se encuentra en una zona de peligrosidad baja. De acuerdo a la simulación realizada con el programa iRIC Morpho2DH, se muestran alturas máximas de hasta 4.29 m entre la zona media y más baja, el cual se desplaza en dirección noroeste, atravesando el asentamiento rural por la trocha carrozable Coya-Ayarcancha, para luego desviarse por el cauce fluvial del río Huaynapata.

En cuanto a la vulnerabilidad, se identificó que 24 viviendas tienen una vulnerabilidad muy alta, 10 lotes presentan una vulnerabilidad alta y 10 lotes tienen una vulnerabilidad media. Los resultados del cálculo del nivel de riesgo indican que 32 viviendas se encuentran en riesgo alto y 12 viviendas en riesgo medio. Después de analizar los datos de riesgo se ha identificado 2 sectores críticos de riesgo (SCR), los cuales necesitan una intervención con medidas de corrección y mitigación de riesgo por flujo de detritos.

Palabras Claves. Riesgo, peligro, vulnerabilidad, flujo de detritos.

ABSTRACT

The main objective of this research work is to evaluate the risk levels due to debris flow from homes in the area of influence of the Ttittocpata stream located in the Huaynapata town center, Coya district, Calca province and Cusco department.

The research focus is mixed, applied type, level descriptive; its nature is field and follows a non-experimental design. The method to determine the risk level in the area of influence of the Ttittocpata ravine is based on the hierarchical analysis process developed by the mathematician (Thomas L, Saaty) and the parameters and descriptors referred to by (CENEPRED, 2014). The population comprises a total of 44 homes and the sample a total of 38 people surveyed.

The results obtained indicate that 2.57% of the area of influence of the Ttittocpata ravine is located in a very high hazard zone. 7.29% is in a high hazard zone, 68.81% in a medium danger zone, and 21.33% is in a low hazard zone. According to the simulation carried out with the iRIC Morpho2DH program, maximum heights of up to 4.29 m are shown between the middle and lowest zone, which moves in a northwesterly direction, crossing the rural settlement along the Coya-Ayarcancha road, and then diverting along the Huaynapata River channel.

Regarding vulnerability, it was identified that 24 homes have a very high vulnerability, 10 lots have a high vulnerability, and 10 lots have a medium vulnerability. The results of the risk level calculation indicate that 32 homes are at high risk and 12 homes at medium risk. After analyzing the risk data, 2 critical risk sectors (CRS) have been identified, which require intervention with corrective and mitigation measures for debris flow risks.

Keywords: *Risk, hazard, vulnerability, debris flow.*

INTRODUCCIÓN

Históricamente la ocurrencia de eventos por flujo de detritos ha sido uno de los fenómenos más destructivos a los que se ha enfrentado la humanidad, este tipo de fenómeno de origen natural es muy común y es causado por las precipitaciones extremadamente lluviosas en las quebradas, el cual puede causar daños considerables a la población, elementos expuestos e infraestructura. Así mismo se traslada pendiente abajo por acción de la gravedad.

En el trabajo de investigación mediante la identificación de sectores críticos de riesgo, se recomiendan alternativas de solución respecto a las medidas de prevención y reducción del riesgo por flujo de detritos. Esto con el apoyo de la simulación realizada con el software iRIC Morpho 2DH, con el que se determinó el nivel de peligro y el análisis de vulnerabilidad se determinaron los niveles de riesgo por flujo de detritos.

La presente investigación se ha dividido en XI capítulos, donde:

CAPITULO I, En los aspectos generales, se realizó la delimitación del estudio, en el cual geográficamente se ubica el departamento cusco, provincia Calca, distrito Coya, centro poblado Huaynapata. Hidrográficamente se ubica en la Inter cuenca medio bajo Vilcanota de nivel 7 (4994971), así como también se consideró la accesibilidad y las condiciones climáticas.

CAPITULO II, En el marco metodológico de la investigación, se realizó el planteamiento y formulación del problema, objetivos, hipótesis de la investigación, justificación de la investigación, limitaciones, las variables y su operacionalización, enfoque, tipo de investigación, alcance del estudio, diseño de investigación. A si como también se consideró a la población y la muestra, área y línea de investigación, técnicas de recolección de datos, plan de análisis de datos y la metodología de trabajo.

CAPITULO III, Se realizo la descripción del marco teórico, antecedentes de la investigación, bases teóricas y marco conceptual.

CAPITULO IV, En las características generales de la zona de estudio se recopiló información sobre los aspectos geológicos y geomorfológicos regionales, geología estructural, geodinámica externa e interna.

CAPITULO V, En la hidrología, se realizó el análisis morfométrico de la microcuenca Huayllahuaycco, el análisis hidrológico mediante el análisis de precipitación máxima de 24 horas, cálculo de número de curva, tiempo de concentración y se estimó los caudales mediante el uso del software HEC-HMS. Obteniendo así los hidrogramas generados para cada periodo de retorno (10,25,50 y 100 años), los cuales presentan un caudal máximo de 0.16 m³/s, 0.17 m³/s, 0.19 m³/s y 0.2 m³/s, respectivamente.

CAPITULO VI, En los aspectos geotécnicos, respecto a la mecánica de rocas se realizó 3 ventanas estructurales, en la mecánica de suelos se realizaron 3 calicatas y 3 muestreos de suelo, así como el cálculo de estabilidad de taludes mediante el uso del programa SLIDE V 6.0.

CAPITULO VII, Se realizó la recopilación y análisis de información, la identificación de peligros, delimitación del área de influencia, la caracterización del peligro, identificación de factores condicionantes y desencadenantes, la susceptibilidad por flujo de detritos, el parámetro de evaluación, el análisis de elementos expuestos, la definición del escenario, el nivel de peligrosidad y la estratificación del nivel de peligro.

CAPITULO VIII, Se realizó el análisis de vulnerabilidad, mediante la metodología para el análisis de vulnerabilidad adaptada del CENEPRED.

CAPITULO IX, Se realizó el cálculo de los niveles de riesgo

CAPITULO X, Se realizó la aceptabilidad y tolerancia de riesgo, identificación de sectores críticos, cálculo de posibles pérdidas, así como las medidas de prevención y reducción de riesgo

CAPITULO XI, Se realizó la discusión de resultados.

ÍNDICE

DEDICATORIA	2
PRESENTACIÓN.....	3
RESUMEN	4
ABSTRACT.....	5
INTRODUCCIÓN	6
CAPITULO I: Aspectos Generales.....	24
1.1. Delimitación del Estudio.....	24
1.1.1. Ubicación Geográfica	24
1.1.2. Ubicación Hidrográfica.....	25
1.1.3. Accesibilidad.....	26
1.2. Condiciones Climáticas.....	27
1.2.1. Clima.....	27
1.2.2. Temperatura	28
CAPITULO II: Marco Metodológico de la Investigación	30
2.1. Planteamiento del Problema.....	30
2.2. Formulación del Problema	32
2.2.1. Problema general	32
2.2.2. Problemas específicos.....	32
2.3. Objetivos de la Investigación	32
2.3.1. Objetivo General.....	32
2.3.2. Objetivos Específicos.....	32
2.4. Hipótesis de Investigación	33
2.4.1. Hipótesis General.....	33
2.4.2. Hipótesis Específicas	33
2.5. Justificación de la Investigación	33
2.5.1. Justificación practica.....	33
2.5.2. Justificación Teórica	33
2.5.3. Justificación Social	34
2.5.4. Justificación Metodológica	34
2.6. Limitaciones	34
2.6.1. Falta de Estudios Previos de Investigación.....	34
2.6.2. Metodológicos o Prácticos.....	35

2.7. Variables.....	35
2.7.1. Variable Dependiente.....	35
2.7.2. Variable Independiente.....	35
2.8. Operacionalización de Variables.....	36
2.9. Enfoque	37
2.10. Tipo de Investigación.....	37
2.11. Alcance del Estudio.....	37
2.12. Diseño de Investigación	38
2.13. Población y Muestra.....	38
2.13.1. Población.....	38
2.13.2. Muestra	38
2.13.3. Muestreo	39
2.14. Área y Línea de Investigación.....	39
2.15. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	40
2.16. Plan de Análisis de Datos.....	41
2.16.1. Técnicas de Procesamiento.....	41
2.16.2. Técnicas de Análisis de Datos	41
2.17. Metodología de Trabajo	41
CAPITULO III: Marco Teórico.....	44
3.1. Antecedentes de la Investigación.....	44
3.1.1. A Nivel Internacional.....	44
3.1.2. A Nivel Nacional	46
3.1.3. A Nivel Regional y Local	47
3.2. Base Teórica.....	49
3.2.1. Geodinámica Externa.....	49
3.2.2. Movimientos en Masa.....	49
3.2.3. Clasificación de Movimientos en Masa.....	49
3.2.4. Metodología del iRIC Morpho2DH.....	54
3.2.5. Diagrama Para la Simulación de Flujo con iRIC Morpho2DH	56
3.2.6. Propiedades físico – Mecánicos de los Suelos.....	56

3.2.7.	Cuenca Hidrológica	58
3.2.8.	Análisis y Evaluación de Peligrosidad.....	64
3.2.9.	Identificación del Probable Área de Influencia	65
3.2.10.	Identificación y Caracterización de Peligros por Fenómenos de Origen Natural	65
3.2.11.	Susceptibilidad.....	66
3.2.12.	Análisis y Evaluación de Vulnerabilidades	69
3.2.13.	Evaluación de Riesgo.....	69
3.2.14.	Estimación o Calculo del Riesgo	69
3.2.15.	Medidas de Prevención y Reducción de Desastres.....	70
3.3.	Marco Conceptual	71
3.3.1.	Desastre.....	71
3.3.2.	Erosión de Cárcavas.....	71
3.3.3.	Precipitación	71
3.3.4.	Peligro.....	72
3.3.5.	Vulnerabilidad.....	72
3.3.6.	Exposición.....	72
3.3.7.	Fragilidad	73
3.3.8.	Resiliencia.....	73
3.3.9.	Riesgo	73
3.3.10.	Prevención y Reducción del Riesgo	73
3.3.11.	Desarrollo Sostenible	73
3.3.12.	Plan	74
3.3.13.	Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	74
3.3.14.	Simulación	74
3.3.15.	Fluido Newtoniano.....	74
3.3.16.	Fluido no Newtoniano.....	74
3.3.17.	Software iRIC Morpho2DH.....	75
3.3.18.	Software Slide V 6.0.....	75
3.3.19.	Factor de Seguridad	75
3.3.20.	Magnitud de un Sismo	75
CAPITULO IV: Características Generales de la Zona de Estudio		76
4.1.	Aspectos Geológicos.....	76
4.1.1.	Unidades Estratigráficas Regionales.....	76
4.2.	Aspectos Geomorfológicos	79

4.2.1. Geomorfología Regional.....	79
4.3. Geología Estructural.....	81
4.3.1. Geología Estructural Regional.....	82
4.3.2. Neotectónica	82
4.4. Geodinámica Externa	84
4.4.1. Inventario de Movimientos en Masa.....	84
4.5. Geodinámica Interna	90
4.5.1. Sismicidad.....	91
4.5.2. Antecedentes Sísmicos.....	92
4.5.3. Sismicidad Local.....	93
CAPITULO V: Hidrología	96
5.1. Análisis Morfométrico	96
5.1.1. Parámetros Morfométricos.....	96
5.2. Análisis Hidrológico	97
5.2.1. Análisis de Precipitación Máxima en 24 Horas	98
5.2.2. Cálculo del número de Curva	102
5.2.3. Tiempo de Concentración (tc)	103
5.2.4. Estimación de Caudales	104
5.2.5. Simulación iRIC Morpho 2DH.....	108
CAPITULO VI: Aspectos Geotécnicos	115
6.1. Mecánica de Rocas.....	115
6.2. Mecánica de Suelos.....	118
6.3. Cálculo de Estabilidad de Taludes	123
CAPITULO VII: Determinación del Peligro.....	127
7.1. Metodología Para la Determinación de Peligrosidad	127
7.1.1. Recopilación y Análisis de Información.....	128
7.1.2. Identificación de Peligros	128
7.1.3. Identificación de la Probable Área de Influencia.....	128
7.1.4. Caracterización del Peligro.....	129
7.1.5. Factores Condicionantes.....	130
7.1.6. Factores Desencadenantes	151

7.1.7.	Susceptibilidad por flujo de detritos.....	155
7.1.8.	Parámetros de Evaluación de los Peligros y Ponderación	156
7.1.9.	Análisis de Elementos Expuestos.....	159
7.1.10.	Definición de Escenario.....	160
7.1.11.	Nivel de Peligrosidad.....	160
7.1.12.	Estratificación del Nivel de Peligro	161
CAPITULO VIII: Análisis de Vulnerabilidad.....		164
8.1.	Análisis de Vulnerabilidad.....	164
8.1.1.	Metodología Para el Análisis de Vulnerabilidad	164
8.1.2.	Definición y Estratificación de los Niveles de Vulnerabilidad.....	184
8.1.3.	Estratificación de la Vulnerabilidad.....	185
CAPITULO IX: Calculo de los Niveles de Riesgo		188
9.1.	Determinación de los Niveles de Riesgo.....	188
9.1.1.	Estratificación de los Niveles de Riesgo.....	189
9.1.2.	Mapa de Zonificación de los Niveles de Riesgo.....	191
CAPITULO X: Control de Riesgo.....		192
10.1.	Aceptabilidad y Tolerancia de Riesgo	192
10.1.1.	Valoración del Nivel de Consecuencias.....	192
10.1.2.	Valoración de los Niveles de Frecuencia.....	193
10.1.3.	Matriz de Consecuencia y Daño	193
10.1.4.	Medidas Cualitativas de Consecuencias y Daño	194
10.1.5.	Aceptabilidad y/o Tolerancia.....	194
10.1.6.	Matriz de Aceptabilidad y Tolerancia.....	195
10.1.7.	Prioridad de Intervención.....	196
10.2.	Sectores Críticos.....	196
10.3.	Cálculo de Posibles Perdidas.....	197
10.4.	Medidas de Prevención y Reducción	198
CAPITULO XI: Discusión de Resultados		202
CONCLUSIONES		205
RECOMENDACIONES.....		207
BIBLIOGRAFIA		208
ANEXOS		215

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Coordenadas de la quebrada Ttittocpata.	24
Tabla 2 División hidrográfica según la clasificación PFAFSTETTER	25
Tabla 3 Rutas de acceso al ámbito de estudio.....	26
Tabla 4 Resumen de temperaturas para la quebrada Ttittocpata.	28
Tabla 5 Operacionalización de variable dependiente e Indicadores.	36
Tabla 6 Tipos de movimientos de masa.....	50
Tabla 7 Comportamiento del flujo en función de la concentración de sedimentos.	54
Tabla 8 Angulo de fricción y peso específico para diferentes tipos de suelo.	58
Tabla 9 Rangos de factor forma según la forma de la cuenca.	61
Tabla 10 Clasificación de pendientes en porcentajes.....	62
Tabla 11 Grupo de suelos hidrológicos.....	63
Tabla 12 Numero de curva para uso de suelos.....	64
Tabla 13 Catálogo de sismos con epicentros más cercanos al ámbito de estudio.	92
Tabla 14 Características de las fallas que localmente afectan a la quebrada Ttittocpata.....	94
Tabla 15 Resumen de parámetros morfométricos de la microcuenca.	96
Tabla 16 Coordenadas de ubicación de las estaciones meteorológicas.	98
Tabla 17 Prueba de ajuste de Kolmogórov-Smirnov para los datos Pmax 24h.....	100
Tabla 18 Precipitación máxima en 24 horas para distintos periodos de retorno.....	102
Tabla 19 Unidades de cobertura vegetal y uso de suelos.....	102
Tabla 20 Tiempos de concentración para la microcuenca Huayllahuaycco.	104
Tabla 21 Tiempos de retardo para la microcuenca Huayllahuaycco.	104
Tabla 22 Coordenadas y profundidad de las probables áreas inestables.	110
Tabla 23 Numero de Manning para la quebrada Ttittocpata.	111

Tabla 24 Parámetros requeridos por el software Morpho 2DH.	112
Tabla 25 Resultados de la primera caracterización de macizo rocoso, en la formación Huancané miembro inferior.	117
Tabla 26 Resultados de la segunda caracterización de macizo rocoso, en la formación Huancané miembro superior.	117
Tabla 27 Resultados de la tercera caracterización de macizo rocoso, en la formación Paucarbamba.	117
Tabla 28 Normas de ensayos insitu.	118
Tabla 29 Normas de ensayos de laboratorio.	119
Tabla 30 Resumen de propiedades para la clasificación de suelos.	123
Tabla 31 Factor de seguridad por el método de equilibrio limite.	124
Tabla 32 Matriz de comparación de pares de los factores condicionantes.	131
Tabla 33 Matriz de normalización de los factores condicionantes.	131
Tabla 34 Índice y relación de consistencia.	131
Tabla 35 Unidades Geomorfológicas del área de influencia de la quebrada Ttittocpata.	132
Tabla 36 Matriz de comparación de pares del parámetro Geomorfología.	134
Tabla 37 Matriz de normalización del parámetro geomorfología.	135
Tabla 38 Índice y relación de consistencia.	135
Tabla 39 Descriptores de las unidades litoestratigráficas.	137
Tabla 40 Matriz de comparación de pares del parámetro Unidades litoestratigráficas.	143
Tabla 41 Matriz de normalización del parámetro Unidades litoestratigráficas.	144
Tabla 42 Índice y relación de consistencia.	144
Tabla 43 Porcentaje de Nivel de pendiente en el área de influencia de la quebrada Ttittocpata.	145

Tabla 44	Matriz de comparación de pares del parámetro pendiente.....	146
Tabla 45	Matriz de normalización del parámetro pendiente.....	147
Tabla 46	Índice y relación de consistencia.	147
Tabla 47	Descriptores de la cobertura vegetal.....	148
Tabla 48	Matriz de comparación de pares del parámetro Cobertura vegetal.....	150
Tabla 49	Matriz de normalización del parámetro Cobertura vegetal.....	150
Tabla 50	Índice y relación de consistencia.	151
Tabla 51	Caracterización de lluvias.....	152
Tabla 52	Matriz de comparación de pares del parámetro precipitación.	153
Tabla 53	Matriz de normalización del parámetro precipitación.	153
Tabla 54	Índice y relación de consistencia.	154
Tabla 55	Matriz de comparación de pares del parámetro magnitud del sismo (Mw).....	154
Tabla 56	Matriz de normalización del parámetro magnitud del sismo (Mw).....	154
Tabla 57	Índice y relación de consistencia.	155
Tabla 58	Clasificación de los niveles de susceptibilidad por flujo de detritos.	156
Tabla 59	Matriz de comparación de pares del parámetro de altura de flujos de detritos.....	157
Tabla 60	Matriz de normalización del parámetro altura de flujo.....	157
Tabla 61	Índice y relación de consistencia.	158
Tabla 62	Clasificación de los niveles de peligro por flujo de detritos.....	161
Tabla 63	Estratificación del nivel de peligrosidad.....	162
Tabla 64	Matriz de comparación de pares: Parámetro de dimensión económica.	165
Tabla 65	Matriz de normalización: Parámetro de dimensión económica.	165
Tabla 66	Índice y relación de consistencia.	165

Tabla 67 Matriz de comparación de pares del parámetro: Cercanía de la vivienda a la zona de peligro por flujo de detritos.....	166
Tabla 68 Matriz de normalización: Cercanía de la vivienda a la zona de peligro por flujo de detritos.....	166
Tabla 69 Índice y relación de consistencia: Número de personas por viviendas.....	167
Tabla 70 Matriz de comparación de pares del parámetro: Material predominante de la pared.	167
Tabla 71 Matriz de normalización: Material predominante de la pared.	168
Tabla 72 Índice y relación de consistencia: Material predominante de la pared.	168
Tabla 73 Matriz de comparación de pares del parámetro: Material predominante de techo. ...	168
Tabla 74 Matriz de normalización: Material predominante de techo.	169
Tabla 75 Índice y relación de consistencia: Material predominante de techo.	169
Tabla 76 Matriz de comparación de pares del parámetro: Estado de conservación.	169
Tabla 77 Matriz de normalización: Estado de conservación.	170
Tabla 78 Índice y relación de consistencia: Estado de conservación.	170
Tabla 79 Matriz de comparación de pares del parámetro: Ocupación principal (jefe de hogar).	170
Tabla 80 Matriz de normalización: Ocupación principal (jefe de hogar).	171
Tabla 81 Índice y relación de consistencia: Ocupación principal (jefe de hogar).	171
Tabla 82 Matriz de comparación de pares del parámetro: Ingreso familiar promedio mensual.	171
Tabla 83 Matriz de normalización: Ingreso familiar promedio mensual.	172
Tabla 84 Índice y relación de consistencia: Ingreso familiar promedio mensual.	172
Tabla 85 Matriz de comparación de pares: Parámetro de dimensión social.	172
Tabla 86 Matriz de normalización: Parámetro de dimensión social.	173

Tabla 87 Índice y relación de consistencia: Parámetro de dimensión social.	173
Tabla 88 Matriz de comparación de pares del parámetro: Número de personas por viviendas.	173
Tabla 89 Matriz de normalización: Número de personas por viviendas.....	174
Tabla 90 Índice y relación de consistencia: Número de personas por viviendas.....	174
Tabla 91 Matriz de comparación de pares del parámetro: Grupo étnico.	174
Tabla 92 Matriz de normalización: Grupo étnico.	175
Tabla 93 Índice y relación de consistencia: Grupo étnico.	175
Tabla 94 Matriz de comparación de pares del parámetro: Servicios básicos.	175
Tabla 95 Matriz de normalización: Servicios básicos.	176
Tabla 96 Índice y relación de consistencia: Servicios básicos.....	176
Tabla 97 Matriz de comparación de pares del parámetro: Conocimiento en temas de GRD. ..	177
Tabla 98 Matriz de normalización: Conocimiento en temas de GRD.	177
Tabla 99 Índice y relación de consistencia: Conocimiento en temas de GRD.	177
Tabla 100 Matriz de comparación de pares del parámetro: Actitud frente al riesgo.	178
Tabla 101 Matriz de normalización: Actitud frente al riesgo.	179
Tabla 102 Índice y relación de consistencia: Actitud frente al riesgo.	179
Tabla 103 Matriz de comparación de pares: Parámetro de dimensión ambiental.	180
Tabla 104 Matriz de normalización: Parámetro de dimensión ambiental.	180
Tabla 105 Índice y relación de consistencia: Parámetro de dimensión ambiental.....	180
Tabla 106 Matriz de comparación de pares del parámetro: Cercanía al botadero de basura....	181
Tabla 107 Matriz de normalización: Cercanía al botadero de basura.	181
Tabla 108 Índice y relación de consistencia: Cercanía al botadero de basura.	181

Tabla 109 Matriz de comparación de pares del parámetro: Manejo y disposición de residuos sólidos.	182
Tabla 110 Matriz de normalización: Manejo y disposición de residuos sólidos.	182
Tabla 111 Índice y relación de consistencia: Manejo y disposición de residuos sólidos.	183
Tabla 112 Matriz de comparación de pares del parámetro: Conocimiento en temas ambientales.	183
Tabla 113 Matriz de normalización: Conocimiento en temas ambientales.	184
Tabla 114 Índice y relación de consistencia: Conocimiento en temas ambientales.	184
Tabla 115 Niveles de vulnerabilidad.	184
Tabla 116 Estratificación de la vulnerabilidad parte 1.	185
Tabla 117 Estratificación de la vulnerabilidad parte 2.	186
Tabla 118 Nivel de riesgo.	188
Tabla 119 Matriz de los niveles de riesgo.....	188
Tabla 120 Estratificación de los niveles de riesgo parte 1.....	189
Tabla 121 Estratificación de los niveles de riesgo parte 2.....	190
Tabla 122 Estratificación de los niveles de consecuencia.	192
Tabla 123 Estratificación de los niveles de frecuencias de ocurrencia.....	193
Tabla 124 Matriz de consecuencias y daño.	193
Tabla 125 Medidas cualitativas de consecuencias y daños.....	194
Tabla 126 Nivel de aceptabilidad y tolerancia.....	195
Tabla 127 Matriz de aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo	195
Tabla 128 Prioridad de intervención.....	196
Tabla 129 Cuadro de perdidas probables.....	197

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del ámbito de estudio.	24
Figura 2 Ubicación Hidrográfica del ámbito de estudio.....	25
Figura 3 Mapa de accesibilidad del ámbito de estudio.....	26
Figura 4 Clasificación climática del ámbito de estudio.....	27
Figura 5 Histograma de temperaturas para la quebrada Ttittocpata.	29
Figura 6 (a) Esquema de desprendimiento (b) colapso.....	51
Figura 7 Esquema de un deslizamiento rotacional.	52
Figura 8 Esquema de un flujo de detritos.	53
Figura 9 Diagrama secuencial para la simulación con el programa iRIC Morpho2DH.....	56
Figura 10 Curva hipsométrica.....	60
Figura 11 Parámetros para la identificación y caracterización del peligro.	66
Figura 12 Factores condicionantes del peligro	67
Figura 13 Factores desencadenantes del peligro.....	69
Figura 14 Fórmula de cálculo de riesgo.....	70
Figura 15 Columna estratigráfica de la Formación Pisac.....	76
Figura 16 Mapa geológico regional.....	78
Figura 17 Unidades geomorfológicas regionales del cuadrángulo de Calca 27S.....	81
Figura 18 Fallas activas cercanas menores a 10 km del ámbito de estudio.....	83
Figura 19 Deslizamiento rotacional 01.....	85
Figura 20 Deslizamiento rotacional 02.....	85
Figura 21 Flujo de detritos 01.....	86
Figura 22 Deslizamiento rotacional 03.....	86
Figura 23 Caída de suelos 1.....	87

Figura 24 Flujo de detritos 2.....	87
Figura 25 Flujo de detritos 3.....	88
Figura 26 Caída de suelo 02.	88
Figura 27 Flujo de detritos 3.....	89
Figura 28 Erosión en Cárcavas.	89
Figura 29 Mapa de geodinámica externa del ámbito de estudio.....	90
Figura 30 Mapa de zonas sísmicas del Perú 2016.	92
Figura 31 Magnitudes (M_w) máximas posibles.	93
Figura 32 Mapa de aceleración sísmica para la falla Qoricocha.	94
Figura 33 Mapa de aceleración sísmica para la falla Tambomachay.	95
Figura 34 Mapa de aceleración sísmica para la falla Pachatusan.	95
Figura 35 Parámetros morfométricos de la microcuenca.	97
Figura 36 Precipitaciones máximas en 24 horas (P_{max24h}) multianuales.	99
Figura 37 Precipitaciones máximas y mínimas aceptadas (P_{max24h}).....	99
Figura 38 Ajuste de los datos de precipitación máxima de 24 horas a la función de distribución de Gumbel Max, para la estación quebrada Ttittocpata.....	101
Figura 39 Gráfico de curva de intensidad – duración y frecuencia.	106
Figura 40 Hietogramas de precipitación de diseño.....	106
Figura 41 Hidrogramas líquidos para diferentes periodos de retorno.	107
Figura 42 Imagen Satelital y modelo de elevación digital.....	108
Figura 43 Información del tamaño de celdas.....	109
Figura 44 Máxima profundidad de erosión.....	109
Figura 45 Ubicación de deslizamientos en el software iRIC Morpho2DH.	110
Figura 46 Ubicación de la celda inflow y el ingreso del hidrograma al programa.....	111

Figura 47 Modelado de viviendas consideradas como obstáculos.	112
Figura 48 Simulación del flujo de detritos a) y b).	113
Figura 49 Simulación del flujo de detritos c) y d).	114
Figura 50 Ventana estructural 01 del macizo rocoso de la formación Huancané.....	115
Figura 51 Ventana estructural 02 del macizo rocoso de la formación Huancané.....	116
Figura 52 Ventana estructural 03 del macizo rocoso de la formación Paucarbamba.	116
Figura 53 Ubicación de calicatas y muestras.	119
Figura 54 Perfil estratigráfico de suelo de la calicata N°1.	120
Figura 55 Perfil estratigráfico del suelo de la calicata N°2.	120
Figura 56 Perfil estratigráfico del suelo de la calicata N° 3.	121
Figura 57 Perfil estratigráfico del suelo de la muestra M-01.	121
Figura 58 Perfil estratigráfico del suelo de la muestra M-02.	122
Figura 59 Perfil estratigráfico del suelo de la muestra M-03.	122
Figura 60 Parámetros de entrada para el software SLIDE V 6.0.....	124
Figura 61 Factor de seguridad por el método Bishop Simplificado de la sección N°1.	125
Figura 62 Factor de seguridad por el método Bishop Simplificado de la sección N°2.	125
Figura 63 Factor de seguridad por el método Bishop Simplificado de la sección N°3.	126
Figura 64 Metodología para la determinación de la peligrosidad.	127
Figura 65 Flujo de detritos en la desembocadura de la quebrada Ttittocpata.....	129
Figura 66 Muros de gaviones destruidos en la desembocadura de la quebrada Ttittocpata.	130
Figura 67 Mapa de geomorfología del área de influencia de la quebrada Ttittocpata.....	136
Figura 68 Deposito aluvial en el área de influencia de la quebrada Ttittocpata.	138
Figura 69 Deposito coluvial en el área de influencia de la quebrada Ttittocpata.	138
Figura 70 Deposito coluvio deluvial del área de influencia de la quebrada Ttittocpata.....	139

Figura 71	Lutitas de la formación Maras.....	139
Figura 72	Areniscas de la formación Paucarbamba.....	140
Figura 73	Lutitas rojas de la formación Huancané – miembro superior.	140
Figura 74	Brechas intercaladas con areniscas y limolitas rojas de la formación Pisac.	141
Figura 75	Vista de afloramiento de la formación Pisac y Huancané.....	141
Figura 76	Mapa geológico del área de influencia de la quebrada Ttittocpata.	142
Figura 77	Perfil geológico de la sección transversal número 1.	142
Figura 78	Perfil geológico de la sección transversal número 2.	143
Figura 79	Mapa de pendientes del área de influencia de la quebrada Ttittocpata.	148
Figura 80	Fotografía de la matorrales y vegetación densa.	149
Figura 81	Fotografía de vegetación arbórea densa.	150
Figura 82	Mapa de cobertura vegetal del área de influencia de la quebrada Ttittocpata.	151
Figura 83	Mapa de susceptibilidad del área de influencia de la quebrada Ttittocpata	156
Figura 84	Ubicación y medición del flujo de detritos.	158
Figura 85	Mapa de altura de flujo en el área de influencia de la quebrada Ttittocpata.	159
Figura 86	Mapa de peligro del área de influencia de la quebrada Ttittocpata.....	163
Figura 87	Metodología del análisis de vulnerabilidad.....	164
Figura 88	Mapa de vulnerabilidad por flujo de detritos.	187
Figura 89	Mapa de riesgo por flujo de detritos.....	191
Figura 90	Dique de mampostería hidráulica.	198
Figura 91	a) Disipadores de energía, b) barras flexibles.	199
Figura 92	(a) presas contenedoras y (b) Geomallas y mallas metálicas.	199
Figura 93	Ubicación referencial de elementos estructurales	200
Figura 94	Obras de forestación en zonas de carcavamiento.....	201

ACRÓNIMOS

CENEPRED: Centro Nacional de Estimación, prevención y reducción del riesgo de desastres

SINAGERD: Sistema Nacional de Gestión del riesgo de Desastres

INDECI: Instituto Nacional de Defensa Civil

SENAMHI: Servicio nacional de Meteorología e Hidrología del Perú

INGEMMET: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico

GRD: Gestión del Riesgo de Desastres

MDT: Modelo Digital del Terreno

MDE: Modelo Digital de Elevación

ANA: Autoridad Nacional del Agua

PAJ: Procedimiento de Análisis Jerárquico

SIGRID: Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres

ESCALE: Estadística de la Calidad Educativa

GEOCATMIN: Sistema de Información Geológico y Catastral Minero

IRIC: International River Interface Cooperative

RPAS: Sistema de aeronave pilotada remotamente

NDVI: Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada

INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática

IGP: Instituto Geofísico del Perú

MINAG: Ministerio de Agricultura

ASTM: American Society for Testing and Materials (Sociedad Estadounidense de Pruebas y Materiales)

CAPITULO I: Aspectos Generales

1.1. Delimitación del Estudio

1.1.1. Ubicación Geográfica

El ámbito de estudio, se ubica en el centro poblado Huaynapata, distrito Coya, provincia Calca, departamento Cusco, el cual limita al Este y Sur con el distrito de Pisac y Taray, al Norte y Oeste con el Distrito de Lamay y Calca respectivamente. (Ver **Figura 1**)

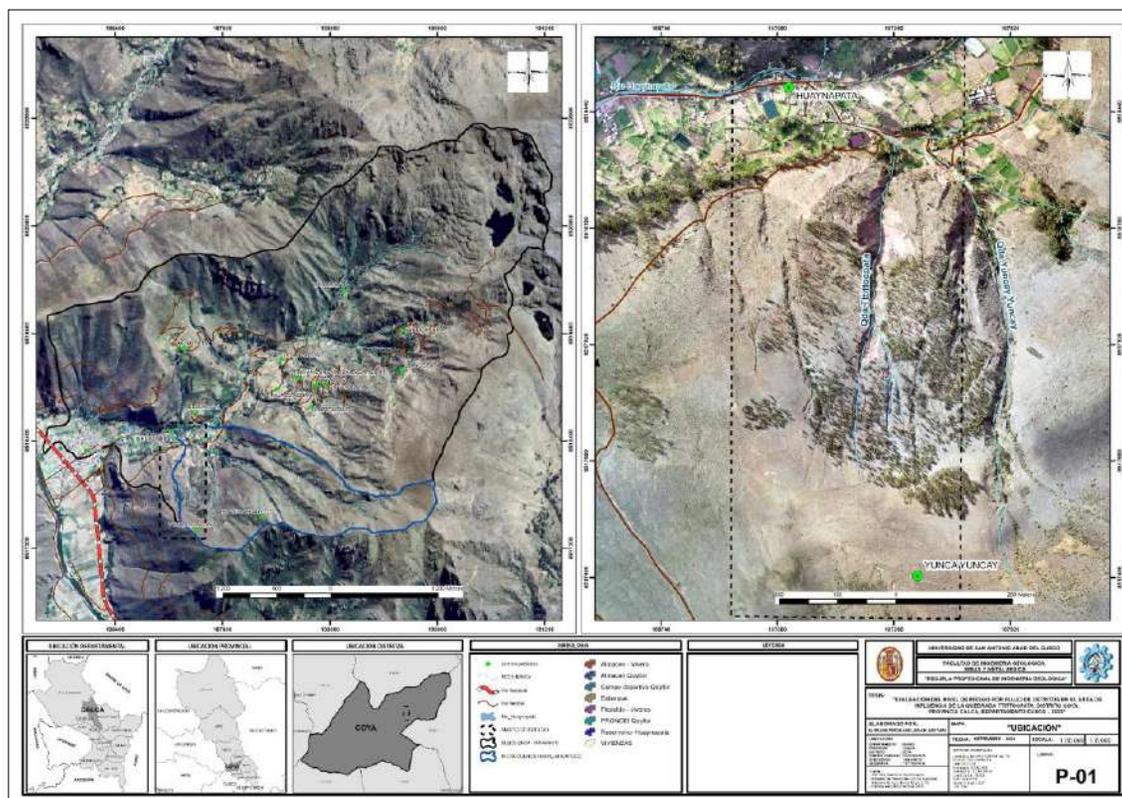
Tabla 1

Coordenadas de la quebrada Ttittocpata.

Coordenadas	UTM - WGS84 - Zona 19S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
P-01	187251.55	8518306.69	13°23'11.09"	71°53'14.90"

Figura 1

Ubicación del ámbito de estudio.



Nota. Adaptado de Google Satélite (Imagen satelital), por Google maps, SASPLANET.

1.1.2. Ubicación Hidrográfica

En términos hidrológicos, la zona de estudio se localiza en la cuenca hidrográfica de amazonas, en la Inter cuenca medio bajo Vilcanota. (Ver **Tabla 2, Figura 2**)

Tabla 2

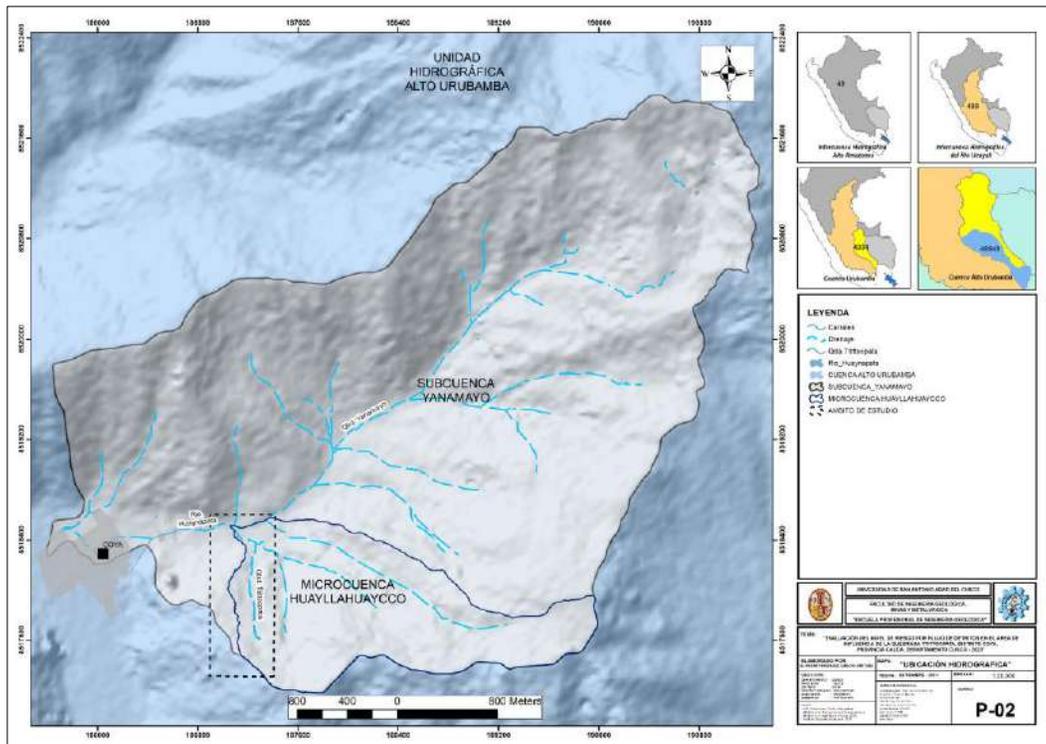
División hidrográfica según la clasificación PFAFSTETTER

NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	NIVEL 6	NIVEL 7
(4)	(49)	(499)	(4994)	(49949)	(499497)	(4994971)
Cuenca Hidrográfica a Del Rio Amazonas	Intercuenca Hidrográfica del alto amazonas	Intercuenca Hidrográfica del rio Ucayali	Cuenca Urubamba	Cuenca Alto Urubamba	Intercuenca medio Vilcanota	Intercuenca medio bajo Vilcanota

Nota. Tomado del “Inventario de fuentes de aguas superficiales del rio Vilcanota ámbito de la ATDR-CUSCO-ANA”.

Figura 2

Ubicación Hidrográfica del ámbito de estudio.



Nota. Adaptado de ANA - ATDR-CUSCO.

1.1.3. Accesibilidad

Para llegar al ámbito de estudio es por vía terrestre, y se han considerado tres rutas principales por los cuales se puede acceder. (Ver **Figura 3**)

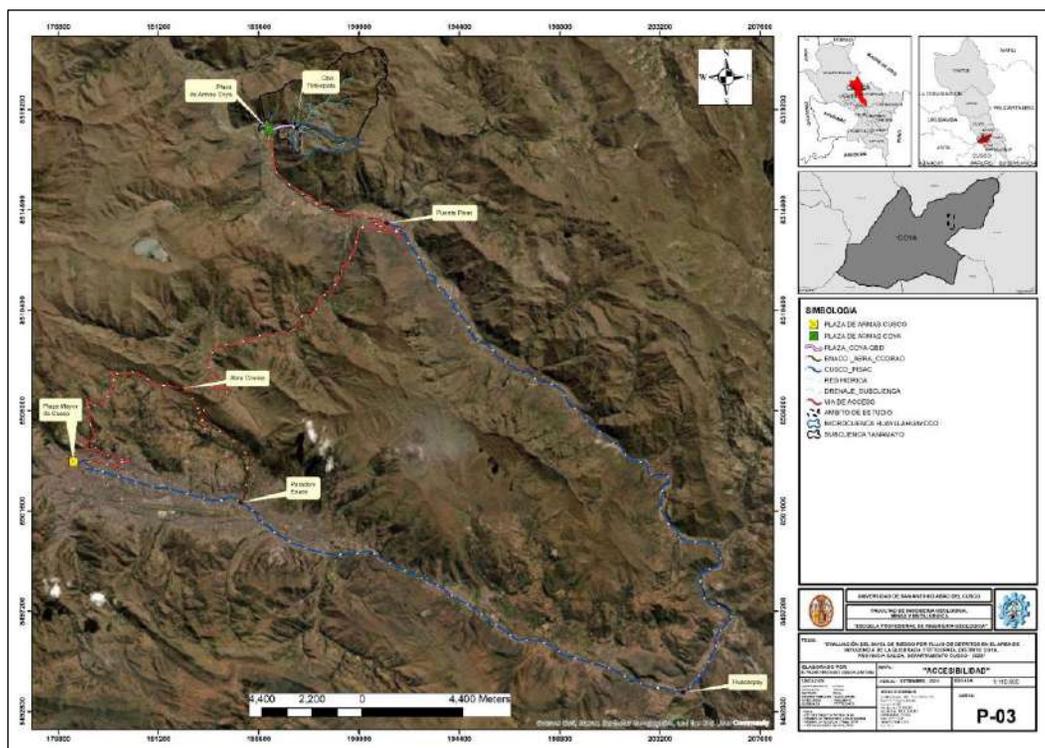
Tabla 3

Rutas de acceso al ámbito de estudio.

RUTA	TRAMO	DISTANCIA	TIEMPO	TIPO DE VIA
Ruta 1	Plaza Mayor de Cusco - Pisac- Plaza del distrito Coya	40 km	1h 00 min	Terrestre (asfaltado)
	Plaza de armas Coya – C.P Huaynapata (Quebrada Ttittocpata)	1.17 Km	10 min	Terrestre (Trocha carrozable)
Ruta 2	Plaza Mayor de Cusco - Paradero Enaco - Abra Ccorao - Pisac - Plaza de Armas Coya	52.6 Km	1 h 31 min	Terrestre (asfaltado)
Ruta 3	Plaza Mayor de Cusco - distrito Huacarpay - Pisac - Plaza de Armas Coya	62.4 Km	1 h 27 min	Terrestre (asfaltado)

Figura 3

Mapa de accesibilidad del ámbito de estudio.



Nota. Adaptado de Google Satélite (Imagen satelital), por Google maps, SASPLANET.

1.2. Condiciones Climáticas

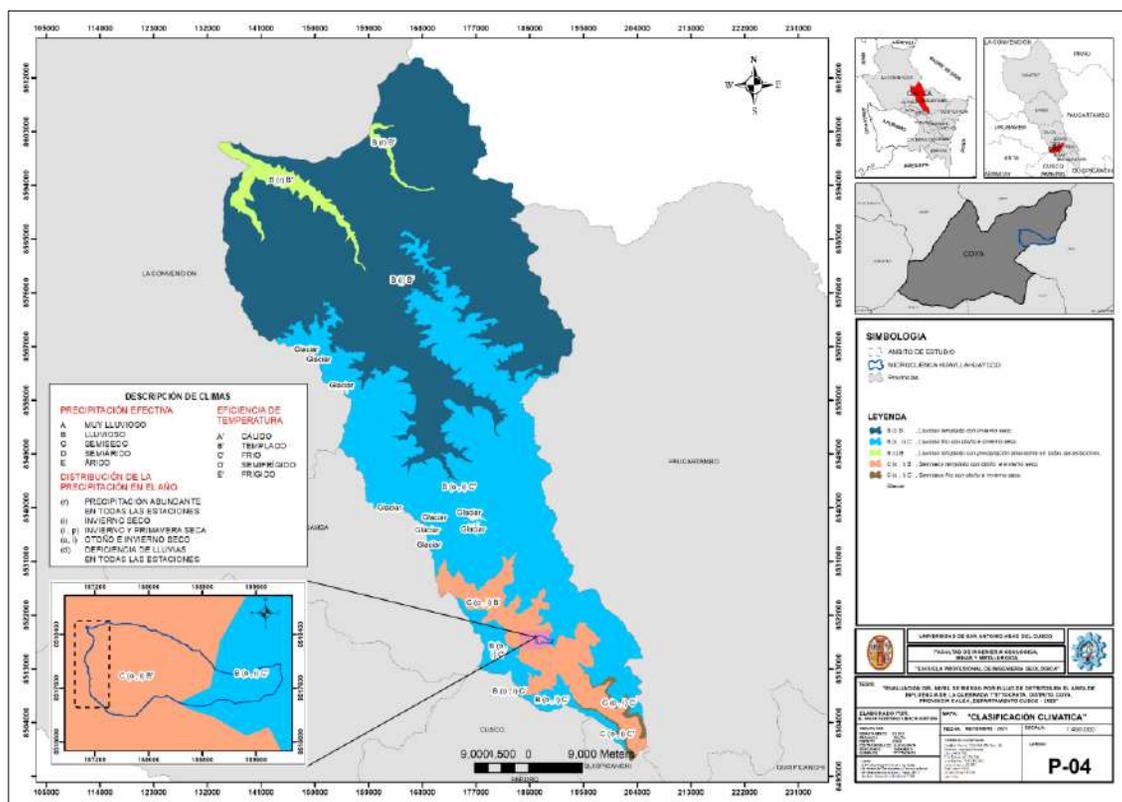
1.2.1. Clima

En base al Mapa de Clasificación Climática del Perú (SENAMHI, diciembre 2020), desarrollado a través del Sistema de Clasificación de Climas de Warren Thornthwaite, el área de evaluación, se caracteriza por presentar la siguiente zona de clima:

C (o, i) B': Zona de clima semiseco templado, con deficiencias de lluvias en otoño e invierno, donde los meses más lluviosos son de diciembre a marzo y el mes más seco es junio, mientras que el resto del año es relativamente seco, se presenta entre las cotas de 3500 m s. n. m. y 4000 m s. n. m, la Temperatura varía entre 5° a 27°C según el promedio histórico 1981 – 2010 del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

Figura 4

Clasificación climática del ámbito de estudio.



Nota. Obtenido de mapa de Clasificación Climática del Perú SENAMHI (2020).

1.2.2. Temperatura

La temperatura está estrechamente vinculada a la altitud y la topografía del área, así como a las estaciones del año y las variaciones en las lluvias. Para determinar las temperaturas máxima, media y mínima, se tomó como referencia la tesis intitulada “Estudio del potencial hídrico de la cuenca Sihuá – Coya, Cusco” de (Cornejo Rivero, 2019) , en el cual toma las estaciones meteorológicas de Kayra, Pisac, Caicay, Colquepata, Ccatcca. Utilizando un análisis de correlación regional y el método de regresión simple entre la altitud de cada estación. De los resultados de los valores de temperatura mínima, mediana y máxima, se realizó el método de regresión simple para la altitud de la Quebrada Ttittocpata.

Tabla 4

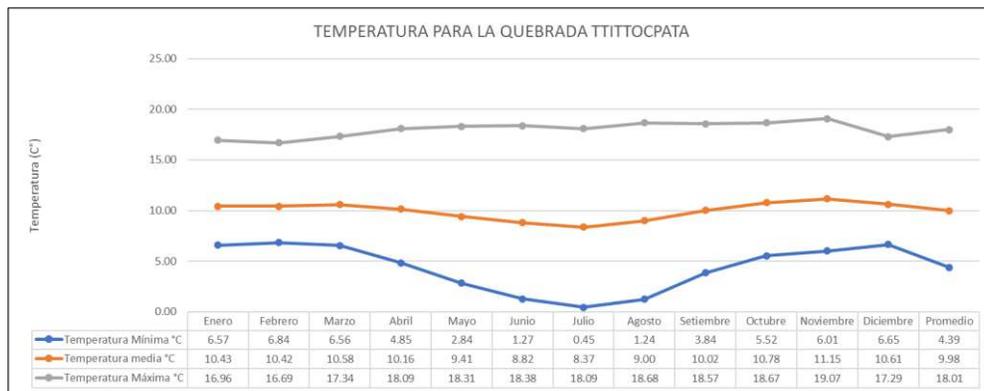
Resumen de temperaturas para la quebrada Ttittocpata.

Promedios de temperatura para la quebrada Ttittocpata (3437.14 msnm)			
Meses	Temperatura		
	Mínima °C	media °C	Máxima °C
Enero	6.57	10.43	16.96
Febrero	6.84	10.42	16.69
Marzo	6.56	10.58	17.34
Abril	4.85	10.16	18.09
Mayo	2.84	9.41	18.31
Junio	1.27	8.82	18.38
Julio	0.45	8.37	18.09
Agosto	1.24	9.00	18.68
Setiembre	3.84	10.02	18.57
Octubre	5.52	10.78	18.67
Noviembre	6.00	11.15	19.07
Diciembre	6.65	10.61	17.29
Promedio	4.39	9.98	18.01

Nota. Temperaturas para la quebrada Ttittocpata, modificado de (Cornejo Rivero, 2019).

Figura 5

Histograma de temperaturas para la quebrada Ttittocpata.



Nota. Histograma de temperatura para la quebrada Ttittocpata, modificado de (Cornejo Rivero, 2019).

CAPITULO II: Marco Metodológico de la Investigación

2.1. Planteamiento del Problema

A nivel mundial aproximadamente un 14% de muertes anuales son causados por deslizamientos y sus derivados como flujo de escombros o conocidos popularmente como “huaycos” (Aleotti & Chowdhury, 1999)

En el Perú, las lluvias intensas son el segundo fenómeno natural con mayores personas afectadas en las últimas décadas. Asimismo, uno de los peligros asociados a este fenómeno son los movimientos en masa, dentro de los cuales tenemos las caídas o desprendimientos, vuelcos, deslizamientos rotacionales y planares, expansiones laterales, flujos y deformación de pendientes; ya sean de rocas o suelos, según la clasificación de Varnes (1996), actualizada por Hungr y Picarelli (2013), Siendo el más habitual el flujo de detritos, conocido como flujo de derrubios o flujo de escombros, también es comúnmente conocido en el Perú como huaycos. Dichos peligros naturales, sumados a una alta vulnerabilidad de las ciudades y poblaciones en el país, todavía representan un alto riesgo en el Perú (Millán, 2019, p.1)

De acuerdo al informe técnico de geología ambiental denominado “Zonas críticas por peligros geológicos en la región Cusco”, dentro de la región Cusco se han determinado 75 zonas críticas, en el cual se consideran zonas de peligro potencial de generar desastres y que necesitan que se realicen obras de prevención y/o mitigación. En el informe se ha identificado como una zona crítica por flujo de detritos al centro poblado Huaynapata, como consecuencia de la activación de la quebrada Ttittocpata. (Vilchez, 2015)

En la provincia de Calca ocurren eventos como el flujo de detritos conocido como Huayco o “Lloclla”, es una corriente o flujos muy rápidos de aguas turbias, lodo, cargado de piedras, maleza y/o árboles que se desplazan a lo largo de un cauce definido de quebradas o riachuelos.

Los distritos más afectados son: Calca, Pisac, Coya, Taray, Lamay, Yanatile y San Salvador. (Municipalidad provincial de Calca, 2018, p.70)

El centro poblado Huaynapata, ubicada en el distrito Coya, tanto por su ubicación geográfica, ocupación informal, crecimiento poblacional sin planificación y condiciones de vulnerabilidad, es un área vulnerable debido a la presencia de eventos de flujo de detritos. Además de estar muy cercanas a la desembocadura de la quebrada Ttittocpata, los que generan problemas a la población, siendo esta una zona insegura y con condiciones muy vulnerables. De continuar habitando esta zona serán muchas actividades humanas que se encuentren en riesgo deteniendo la productividad y el desarrollo de la población que habita.

En diciembre del año 2010, las precipitaciones anómalas originaron un flujo de detritos, ocasionando daños en las viviendas, terrenos de cultivo, vías de acceso y riesgo en las vidas humanas de los habitantes del centro poblado Huaynapata. Además, hubo deslizamientos, derrumbes y caídas de suelo desencadenadas por las precipitaciones, aumentando la disposición de material suelto en el cauce de la quebrada Ttittocpata, el cual contribuye a la ocurrencia del flujo de detritos.

Ante esta situación, de no controlar el riesgo las consecuencias serían fatales para la población que habita en las zonas más próximas a la desembocadura de la quebrada Ttittocpata. Determinar los niveles de peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo, incluyendo una adecuada capacitación y sensibilización en gestión de riesgos de desastres permitirían que la productividad y el desarrollo de la población no se detenga. Así como también plantear medidas estructurales y no estructurales ayudarían en la toma de decisiones e intervención, con la finalidad de prevenir y disminuir los daños debido a la ocurrencia de un flujo de detritos.

2.2. Formulación del Problema

2.2.1. Problema general

¿Cuál es el nivel de riesgo por flujo de detritos de las viviendas ubicadas en el área de influencia de la quebrada Ttittocpata, centro poblado Huaynapata, distrito de Coya, provincia de Calca, departamento Cusco?

2.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el nivel de peligrosidad por flujo de detritos en el área de influencia de la quebrada Ttittocpata?
- ¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad por flujo de detritos de las viviendas en el área de influencia de la quebrada Ttittocpata?
- ¿Cuáles son los sectores críticos de riesgo ante la ocurrencia de un flujo de detritos?

2.3. Objetivos de la Investigación

2.3.1. Objetivo General

Determinar el nivel de riesgo por flujo de detritos de las viviendas ubicadas en el área de influencia de la quebrada Ttittocpata, centro poblado Huaynapata, distrito de Coya, provincia de Calca, departamento Cusco.

2.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar el nivel de peligrosidad por flujo de detritos en el área de influencia de la quebrada Ttittocpata.
- Determinar el nivel de vulnerabilidad por flujo de detritos de las viviendas ubicadas en el área de influencia de la quebrada Ttittocpata.
- Identificar los sectores críticos de riesgo por flujo de detritos en el área de influencia de la quebrada Ttittocpata.

2.4. Hipótesis de Investigación

2.4.1. Hipótesis General

Existe un nivel muy alto de riesgo por flujo de detritos en las viviendas ubicadas en el área de influencia de la quebrada Ttittocpata, centro poblado Huaynapata, distrito Coya, provincia Calca, Departamento Cusco.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- Existe un nivel muy alto de peligrosidad por flujo de detritos en el área de influencia de la quebrada Ttittocpata.

- Existe un nivel muy alto de vulnerabilidad por flujo de detritos en las viviendas ubicadas en el área de influencia de la quebrada Ttittocpata.

- El área de influencia de la quebrada Ttittocpata posee sectores críticos de riesgo, principalmente en las cercanías al flujo de detritos y en la desembocadura de la quebrada Ttittocpata.

2.5. Justificación de la Investigación

Este estudio se realiza con la finalidad de determinar los niveles de riesgo de las viviendas ubicadas en el ámbito de estudio, aplicando el método de jerarquías analíticas propuesto por Thomas Saaty.

2.5.1. Justificación práctica

La identificación de zonas de alto a muy alto riesgo permitirá que las autoridades del distrito Coya implementen medidas de prevención y reducción del riesgo por flujo de detritos.

2.5.2. Justificación Teórica

Teóricamente se justifica porque se sustenta mediante los libros, tesis y otros estudios con el propósito de aportar conocimiento en el tema de riesgo por flujo de detritos respecto a la quebrada Ttittocpata y alrededores (centro poblado Huaynapata).

2.5.3. *Justificación Social*

Los resultados obtenidos, en el trabajo de investigación, beneficiaran al centro poblado Huaynapata y al distrito Coya en cuanto a sus futuros planes de acondicionamiento territorial, ordenamiento territorial, así mismo conocerán de más cerca los niveles de peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo, de esta manera se alertará e incrementara la concientización de la población para evitar tanto pérdidas humanas como materiales.

2.5.4. *Justificación Metodológica*

Metodológicamente se justifica porque se basa en métodos descriptivos y estadísticos, por lo cual permite establecer el tipo de investigación de enfoque mixto (Cualitativo y cuantitativo). El método para determinar el nivel de riesgo en el área de influencia de la quebrada Ttittocpata se basa en el proceso de análisis jerárquico desarrollado por el matemático (Thomas L, Saaty) y los parámetros y descriptores referidos por el (CENEPRED,2014)

2.6. Limitaciones

2.6.1. *Falta de Estudios Previos de Investigación*

- La viabilidad de las fuentes, es limitado, porque se tomarán datos de estaciones que no se encuentran en la zona de estudio.
- Existen datos muy limitados respecto al monitoreo in situ y las características reológicas de flujo de detritos, por lo cual se asumen algunos parámetros utilizando algunas relaciones empíricas.
- La falta de información sobre los parámetros de evaluación para determinar el nivel de peligrosidad, por lo cual se realizará trabajos de campo y el uso de la cartografía y apoyo de softwares computacionales para obtener los datos.

2.6.2. Metodológicos o Prácticos

- El trabajo de investigación utiliza la metodología semicuantitativa a través del Método AHP Saaty (1980) y la segunda versión del manual para la evaluación de riesgo originado por fenómenos naturales del centro nacional de estimación, prevención y reducción del riesgo de desastres CENEPRED, el cual esta estandarizado en nuestro país.
- Solo aplica para el nivel de riesgo por flujo de detritos, no para otros peligros naturales.

2.7. Variables

2.7.1. Variable Dependiente

Riesgo por flujo de detritos

2.7.2. Variable Independiente

Peligro por flujo de detritos

Vulnerabilidad ante flujo de detritos

2.8. Operacionalización de Variables

Tabla 5

Operacionalización de variable dependiente e Indicadores.

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES							
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INDICES	DATOS	MATERIALES E INSTRUMENTOS	CARACTERÍSTICAS DE INSTRUMENTOS
VARIABLE DEPENDIENTE: RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS	"Es la probabilidad de que la población y sus medios de vida sufran daños y pérdidas a consecuencia de su condición de vulnerabilidad y el impacto de un peligro"(CENEPRED, 2014, p. 194).	NIVEL	Muy alto Alto Medio Bajo	Rangos	0.083 ≤ R < 0.221 0.029 ≤ R < 0.083 0.011 ≤ R < 0.029 0.004 ≤ R < 0.011	MATERIALES - Manual para la evaluación del riesgo originado por fenómenos naturales. INSTRUMENTOS - Software Arc Map - Microsoft office - Laptop	CARACTERÍSTICAS - Laptop core i7.
VARIABLES INDEPENDIENTE PELIGRO POR FLUJO DE DETRITOS	"Probabilidad de que un fenómeno físico, potencialmente dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, se presente en un lugar específico con una cierta intensidad y en un periodo de tiempo y frecuencia definidos" (CENEPRED, 2014, p.20).	Gomorfología	Pendiente	Rangos	0°-7°, 7° - 14°, 14° - 27°, 27° - 37° y >37°	MATERIALES -Cartografía de movimientos en masa. -Fotografías aéreas verticales del Drone RPAS. -Imágenes de alta resolución. -Modelo digital de elevación. -Boletín del INGENMET INSTRUMENTOS -Wincha -Matriz de jerarquización analítica de Saaty . -Camara fotografica -Microsoft office. -Software Slide. -Software Arcmap -Software iRC morpho2dh -RPAS / Drone. -Brújula y Gps. -Lupa.	CARACTERÍSTICAS - Laptop core i7. - Phantom 3 Professional DJI - Gps Garmin. Map-76 CSX, Cal area -Brújula tipo Brunton, Azimutales -Lupa de 15x de aumento. -Camara con cd, memoria 1gb . 12 Mpx cable USB.
			Fisigrafía	Unidades geomorfológicas	Vertiente aluvial, Vertiente aluvio torrencial,etc en formato vectorial.		
		Geología	Litología	Unidades litoestratigraficas	Depositos aluviales recientes, antiguos, depositos coluvio deluviales, etc en formato vectorial.		
			Hidrología	Hidrografía	Precipitación	Intensidad, duración y frecuencia	
		Caudal			Intensidad, Numero de curva		
		Geodinámica externa	Remocion en masas	Flujo	Altura de flujo de detritos		
		Geodinámica interna	Sismicidad	Fallas activas	Magnitud Sismica		
Geotecnia	Mecanica de suelos	Tipo de suelo	Peso unitario,Angulo de fricción, Cohesión, etc.				
VARIABLES INDEPENDIENTE VULNERABILIDAD ANTE FLUJO DE DETRITOS	Es la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro. La vulnerabilidad puede ser explicada por tres factores: Exposición, Fragilidad y Resiliencia" (CENEPRED, 2014, p. 194)	Vulnerabilidad Económica	Exposición económica	Distancia del area de flujo	Ubicación de viviendas	MATERIALES - Fotografías aéreas verticales del Drone RPAS. - Imágenes satelitales. - Manual para la evaluación del riesgo originado por fenómenos naturales. - Información de SIGRID. - Base de datos (INDECI) - Fichas de encuestas. INSTRUMENTOS - Matriz de jerarquización analítica de Saaty - Gps. - Software Arc Map - Microsoft office - Laptop - Camara fotografica. - Drone RPAS	CARACTERÍSTICAS - Laptop core i7. - Camara con cd, memoria 1gb . 12 Mpx cable USB. - Phantom 3 Professional DJI
			Fragilidad económica	Estado de conservación y material de construcción de la edificación	Viviendas con edificaciones con los diferentes estados de conseración y material de construcción.		
			Resiliencia económica	Ingreso familiar promedio mensual y población economicamente activa	Viviendas, numero de habitantes desempleadas, dedicas al hogar, ocupado de 14 años, trabajador independiente y trabajador dependiente.		
		Vulnerabilidad Social	Exposición social	Cantidad de habitantes	1 persona, 2 a 3 personas, etc.		
			Fragilidad social	Edad, Servicios basicos	0-5 años y >65 años, 6-12 años y 55-65 años, etc.		
			Resiliencia social	Conocimiento en temas de GRD	Conoce, desconoce, etc		
		Vulnerabilidad Ambiental	Exposición ambiental	Cercanía de residuos solidos	< 25m, 25-50m, etc		
			Fragilidad ambiental	Disposición de residuos solidos y excretas	desechar en rios, desechar en puntos criticos, etc		
			Resiliencia ambiental	Conocimiento en temas ambientales, manejo RRSS, conservación y protección de areas verdes	Sin conocimiento, conocimiento limitado, etc.		

2.9. Enfoque

La investigación tiene un enfoque mixto, para Hernández y Mendoza (2019). “Un enfoque mixto demanda claramente el uso e integración de los enfoques cuantitativos y cualitativos” (Hernández, 2014, p.540)

Es cuantitativo por que se ha realizado una medición de las variables mediante encuestas y recopilación de información en campo y gabinete, obteniendo un valor que coincida con la realidad. Es cualitativo por que se hizo una descripción, explicación y entrevistas a algunas personas del ámbito de estudio.

2.10. Tipo de Investigación

En este trabajo se utilizó la investigación de tipo “aplicada”. “La investigación aplicada es aquella que se realiza con el propósito de resolver problemas específicos o prácticos, en lugar de enfocarse solo en generar conocimientos teóricos” (Hernández, 2014, p. 42)

La información obtenida permite ofrecer recomendaciones y soluciones para abordar problemas relacionados con el riesgo por flujo de detritos, así como la implementación de medidas de prevención y mitigación. No obstante, también posee algo de investigación básica, ya que se está generando conocimiento básico sobre la zona, el cual podría servir como base para estudios futuros.

2.11. Alcance del Estudio

Es de nivel descriptivo. Para Hernández y Mendoza (2019), “los estudios descriptivos tienen como finalidad especificar propiedades y características de conceptos, fenómenos, variables o hechos en un contexto determinado” (p. 108).

Para obtener los datos deseados se realiza la recolección de información de las dimensiones de las variables independientes, con la visita a campo, imágenes satelitales y la fotogrametría con

el uso del dron (RPAS), se realizará una descripción de los datos y características de la quebrada Tittocpata.

2.12. Diseño de Investigación

Según Hernández y Mendoza (2019), “los diseños no experimentales son estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de las variables y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos” (p.175).

El diseño es no experimental de corte transversal, porque no existe una manipulación de las variables, y dichas variables se miden en un espacio y tiempo único.

2.13. Población y Muestra

2.13.1. Población

En el presente trabajo de investigación la población es el área de influencia de la quebrada Tittocpata a la probable ocurrencia de flujo de detritos, el cual cuenta con 44 viviendas.

2.13.2. Muestra

Para Hernández y otros. (2014), “La muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, los cuales deben de definirse y delimitarse de antemano con precisión, además de que debe ser representativo respecto a la población” (p. 173).

En el presente trabajo de tesis se determinó la muestra representada por el número de familias afectadas (Viviendas), que se encuentran en la parte baja del área de influencia de la quebrada Tittocpata.

La muestra es de tipo probabilística, Para Hernández y Mendoza (2019), “Subgrupo de la población en el que todos los elementos tienen la misma probabilidad de ser elegidos” (p. 215).

Para determinar el número de muestra se utilizó la siguiente fórmula el cual corresponde a un muestreo aleatorio simple de población finita.

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

$$n = \frac{44 * 1.645^2 * 60 * 40}{5^2 * (44 - 1) + 1.645^2 * 60 * 40}$$

$$n = 37.75$$

n =Tamaño de muestra buscado.

N =Tamaño de la población – Número de familias/Viviendas (44).

z = Parámetro estadístico que depende del nivel de confianza (NC) (1.645).

e =Error de estimación máximo aceptado (5).

p =Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (60).

q =(1-p) = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado (40).

De esta manera la muestra estuvo representada por 38 viviendas del área de influencia de la quebrada Ttittocpata.

2.13.3. Muestreo

Para el muestreo seleccionado, se consideró el grupo de habitantes comprendidos por ancianos, adultos y jóvenes, personas que estén en la capacidad de brindar información del peligro natural por flujo de detritos en el área de influencia de la quebrada Ttittocpata.

Se consideró un representante por cada familia, obteniendo como resultado 38 encuestas.

2.14. Área y Línea de Investigación

La línea de investigación de la tesis se encuentra dentro del área ciencias de la tierra, sub área de geología, ingeniería geológica y geotecnia, sustentado en la currícula académica de la escuela profesional de ingeniería Geológica a través del dictado en los cursos de geología aplicada a gestión de riesgos geológicos, cartografía, geología estructural, geotecnia, geomorfología, hidrología e hidrogeología.

2.15. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Técnicas:

Las técnicas para la recopilación de datos fueron los siguientes:

Documentos y registros: Recopilación de información en sitios de instituciones formales como GEOCATMIN, INEI, ANA, SENAMHI, SIGRID, CENEPRED.

Cuestionarios: Los cuestionarios de las fichas de encuestas son fundamentales para recoger datos sobre la cantidad de habitantes, edad, servicios básicos, conocimientos en temas de gestión de riesgo de desastres, distancia de los lotes del área de flujo de detritos, estado de conservación, material de la construcción, ingreso familiar promedio mensual, cercanía de residuos sólidos, disposición de residuos sólidos, conocimiento en temas ambientales, manejo de residuos sólidos, conservación y protección de áreas verdes, con el fin de evaluar la vulnerabilidad.

La técnica empleada para la investigación es por medio de la observación, por lo que se realizó un trabajo de campo con la finalidad de poder observar e identificar las condiciones del terreno como las pendientes, geología local, geomorfología local los cuales nos ayudaran a determinar los niveles de peligro y posteriormente el riesgo.

Instrumentos:

Los instrumentos utilizados son los siguientes:

- Imágenes de un drone RPAS
- Para la recolección de datos, se utiliza las plataformas de Google Earth, INEI, SENAMHI, ANA, CENEPRED, SIGRID, para de esta manera conocer la realidad de la zona de estudio.
- Instrumentos de laboratorio de suelos.
- Planos para observar las zonas susceptibles y vulnerables.
- Con el uso del análisis jerárquico SAATY, se determina los niveles de peligrosidad bajo, medio, alto y muy alto.

- Elaboración de la matriz de peligro, vulnerabilidad aplicando el modelo multicriterio SAATY.
- Se utiliza el software SLIDE para determinar los factores de seguridad de los taludes.
- Se utiliza el software iRIC Morpho2DH para determinar los parámetros de evaluación.
- Se realiza mapas temáticos en el software ArcGIS – ArcMap.

2.16. Plan de Análisis de Datos

2.16.1. Técnicas de Procesamiento

En el procesamiento y manejo de la información, se aplica los sistemas de información geográfica, escogiendo como software el ArcGIS – ArcMap 10.8, el cual incorpora las variables condicionantes y desencadenantes, así como el parámetro de evaluación y vulnerabilidad que determinarán los niveles de riesgo por flujo de detritos, todo ello implica la intersección, análisis cruzado de mapas de entrada y operaciones de geoprocésamiento en formato ráster y vectorial, sistematizando la información proveniente del análisis de imágenes aéreas o satelitales.

2.16.2. Técnicas de Análisis de Datos

Para la evaluación del nivel de riesgo por flujo de detritos se realiza el proceso de análisis jerárquico, desarrollado por Saaty (1980), la elaboración de mapas en el software ArcGIS – ArcMap, para la construcción de tablas se utilizará el software Microsoft Excel.

2.17. Metodología de Trabajo

Fase de gabinete I:

- Primera fase corresponde a la revisión y análisis de trabajos preliminares tanta información bibliográfica puntal, local y regional (cuadrángulo, revistas, papers, publicaciones, tesis, etc.).
- Generación de mapas topográficos, descargas de imágenes satelitales, imágenes DEM y preparación del modelo digital del terreno MDT.

- Análisis e interpretación de la zona de estudio a partir de la cartografía básica.
- Filtrar, seleccionar y preparar la base de datos preliminares para su posterior corroboración en campo.

Fase de campo:

- Vuelo fotogramétrico con RPAS.
- Recopilación de datos del área de influencia de la quebrada Tittocpata.
- Cartografiado y verificación de parámetros usados en la ponderación.
- Cartografiado del parámetro de evaluación para la peligrosidad por flujo de detritos.
- Ensayos Geotécnicos y Elaboración de perfiles estratigráficos.
- Toma de muestras y coordenadas de puntos importantes (flujo de detritos, derrumbes, deslizamientos, erosión de ladera, etc.)
- Encuestas a los habitantes del centro poblado Huaynapata.

Fase de laboratorio:

- Descripción de las muestras.
- Clasificación de suelos mediante SUCS, Cálculo de densidad y humedad natural.
- Ensayo de corte directo.

Fase de gabinete II:

- Generación del modelo digital del terreno MDT.
- Procesamiento y análisis de datos obtenidos en campo.
- Elaboración ordenada de base de datos con mapeos y descripciones de interés para el proyecto.
- Foto interpretación de las fotos tomadas en campo. Delimitación del área de influencia

- Generación de mapas temáticos de los factores condicionantes, desencadenantes para la generación de la susceptibilidad del territorio en el área de influencia de la quebrada Ttittocpata.
- Análisis de estabilidad de talud con el software SLIDE.
- Simulación del flujo de detritos con el software iRIC Morpho2DH.
- Determinar los valores de los rangos de niveles de peligrosidad y vulnerabilidad.
- Se determinará los valores de riesgo por medio de un producto matricial de los valores de peligro por vulnerabilidad.
- Elaboración de los mapas temáticos (mapa de nivel de peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo), con el uso del software ArcGIS – Arc Map.
- Control de riesgo e identificación de sectores críticos.

CAPITULO III: Marco Teórico

3.1. Antecedentes de la Investigación

Antes de realizar este estudio se revisaron minuciosamente trabajos de investigación previos relacionados al tema de investigación y el área de influencia de la quebrada Tittocpata, se toman en consideración las siguientes investigaciones entre artículos científicos, informes técnicos y tesis.

3.1.1. A Nivel Internacional

Antecedente 1: Lecaros (2021), en su tesis denominado “Evaluación de susceptibilidad a la generación de flujos de detritos, ladera oriental entre las localidades Chancoquín y la arena, valle del tránsito, región de atacama”, cuyo objetivo fue evaluar la susceptibilidad a la generación de procesos de remoción tipo flujo de detritos, la metodología que utilizo, permite evaluar los factores condicionantes y asignar un valor de susceptibilidad frente a eventos de remoción de tipo flujo de detritos, teniendo en consideración las características geológicas - geotécnicas, geomorfológicas, vegetación, clima de la zona, modificación por causas antrópicas y antecedentes de eventos anteriores ocurridos. Teniendo como conclusión la determinación de los principales materiales con cierto grado de susceptibilidad a ser movilizados, corresponden a depósitos no consolidados, como: Depósitos aluviales reciente, depósitos coluviales, depósitos aluviales antiguos, depósitos de remoción antiguos y zonas de alteración hidrotermal. Por otro lado, los polígonos de mayor susceptibilidad corresponden a zonas de alta pendiente ($>25^\circ$), donde se presenta zonas de material coluvial fino como producto de la meteorización de afloramientos pertenecientes la Formación Algarrobal (JKa).

Los aportes del antecedente al tema de investigación son los factores condicionantes tales como la geomorfología, geología, vegetación y pendiente, los cuales fueron de utilidad para la determinación del nivel de peligrosidad por flujo de detritos.

Antecedente 2: Bucarey (2018), en su tesis denominado “Evaluación de la susceptibilidad de flujos de detritos en las quebradas Carrizalillo y De Meléndez”, cuyo objetivo es evaluar la susceptibilidad de flujos de detritos en dichas quebradas, la metodología que se utilizó fue de Sergio (1998), “Metodología para evaluar el peligro de flujo de detritos en ambientes de montañas”, métodos estadísticos, aplicando una metodología semicuantitativa, en el que concluyeron de que presentan depósitos aluviales a lo largo de la quebrada Carrizalillo y es altamente susceptible, el cual genera flujo de detritos, así mismo los factores condicionantes considerados son pendientes de ladera, pendientes del canal de drenaje, geología, geotecnia, clima y vegetación.

Los aportes del antecedente al tema de investigación son los factores condicionantes como la geología, vegetación y pendiente, los cuales fueron de utilidad para la determinación del nivel de peligrosidad por flujo de detritos.

Antecedente 3: Onaka y otros. (2018), en su investigación denominado “Investigación de desastre complejo ocasionado por flujo de detritos e inundación en el río Higashi, sistema de río Shimata debido a la fuerte lluvia en Julio 2018”, cuyo objetivo es analizar el flujo de escombros e inundación debido a la fuerte lluvia, la metodología utilizada para el flujo de escombros, se realizó con el software morpho2DH de iRIC, en el que concluyeron en la generación de conocimientos sobre los sedimentos, inundaciones de ríos, flujo de escombros y desastres complejos, los cuales son importantes para desarrollar futuras medidas de Mitigación de desastres en áreas montañosas, en la investigación se realizó estudio de reconocimiento y estudio de campo basado en UAV para el desastre complejo con flujo de escombros e inundación del río en el distrito Osogoe de la ciudad de Iwakuni en la prefectura de Yamaguchi para aclarar la Situación real del desastre complejo.

El aporte del antecedente al trabajo de investigación es el conocimiento del flujo de detritos y la metodología usada a través del software Morpho2DH de iRIC, el cual fue de utilidad para la determinación de las alturas del flujo de detritos.

3.1.2. A Nivel Nacional

Antecedente 1: Villasante (2022), en su tesis “Evaluación de niveles de riesgo por flujo de detritos en la quebrada Chinchña localidad Pacsica, distrito Justo Apu Sahuaraura, Aymaraes, Apurímac 2021”, cuyos objetivos fueron evaluar el nivel de peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo por flujo de detritos, en el cual habitan 110 personas y la muestra es el volumen el que determina el flujo de detritos que afectaría directamente a la zona de la quebrada Chinchña, se empleó la metodología de CENEPRED. Teniendo como conclusión el nivel de riesgo por flujo de detritos en la quebrada Chinchña localidad de Pacsica tiene matriz de consecuencia y daños muy alta, matriz de aceptabilidad o tolerancia de riesgo inadmisibles y el nivel de priorización es inaceptable.

El aporte del antecedente al tema de investigación es la metodología del proceso de análisis Jerárquico (Thomas L, Saaty), el cual puede ayudar en la importancia y jerarquización de los parámetros y descriptores en la determinación del nivel de peligrosidad y vulnerabilidad.

Antecedente 2: Gamarra (2020), en su tesis “Evaluación de peligros geológicos, referidas al flujo de detritos en el distrito de cerro colorado”, cuyo objetivo principal es “elaborar el mapa de peligro geológico originado por flujo de detritos en la zona de estudio, la metodología para el informe cuantitativo de evaluación de riesgos , implica el conocimiento preciso de los peligros , elementos expuestos y de sus vulnerabilidades en una escala de trabajo adecuada, debido a la ejecución de diversos estudios técnicos in situ, que genera información actualizada y el uso del proceso de análisis jerárquico de Thomas L. Saaty (1980), concluyendo en la identificación de los factores condicionantes de la evaluación por flujo de detritos y su análisis los cuales fueron: litología, geomorfología, pendiente y cobertura vegetal y como factor desencadenante la

precipitación, se generó mapas temáticos y de evaluación de : geología, geomorfología pendiente y peligrosidad ante el evento de flujo de detritos con la aplicación integrada de los sistemas de información geográfica (GIS), así mismo se identificó y evaluó el peligros por flujo de detritos, determinando su grado de peligrosidad y se elaboró un mapa de peligro.

Los aportes del antecedente al tema de investigación son los factores condicionantes como la geología, geomorfología, cobertura vegetal y pendiente y como factor desencadenante la precipitación, estos factores se consideran en la determinación del nivel de peligrosidad por flujo de detritos.

3.1.3. A Nivel Regional y Local

Antecedente 1: INGEMMET (2022), en su informe “Evaluación de peligros geológicos por deslizamiento y flujo de detritos en la quebrada Huaychaumarca”, cuyos objetivos fueron identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa, determinar los factores condicionantes y detonantes que influyen en la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa, proponer medidas de prevención, reducción y mitigación necesarias a fin de prevenir o reducir los riesgos presentes o la generación de nuevos, se aplicó la metodología fotointerpretación, Cartografiado geológico y geodinámico, teniendo como resultados sobre el deslizamiento en el sector Huaychaumarca, al desplazarse cuesta abajo acumuló material en el canal de la quebrada, llegando a represar momentáneamente, el desembalse generó un flujo de detritos, Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas las quebradas Huaychaumarca son considerados de Peligro Muy Alto a la ocurrencia de deslizamientos y flujos de detritos, que pueden ser desencadenados en temporada de lluvias intensas y excepcionales. Los factores condicionantes de los movimientos en masa son las unidades litoestratigráficas, unidades geomorfológicas, pendientes del terreno, cobertura vegetal y como factor desencadenante del flujo de detritos las lluvias intensas y prolongadas.

Los aportes del antecedente al tema de investigación son los factores condicionantes y factor desencadenante, los cuales fueron de utilidad para la determinación del nivel de peligrosidad por flujo de detritos, así mismo se considera de utilidad las medidas de prevención como realizar muros de gaviones o de contención con estudios previos de máximos caudales, se deben construir barras transversales en el cauce de la quebrada, evitar tala de árboles en la quebrada y forestar las zonas que tengan poca arborización, etc.

Antecedente 2: Maldonado (2018), en su artículo científico intitulado “Evaluación de riesgo por flujo de detritos en la ciudad de Calca- Cusco”, cuyos objetivos son evaluar el riesgo de desastres por flujo de detritos en la ciudad de Calca y Contribuir a un proceso de desarrollo urbano, sostenible y seguro, se utilizó la metodología del CENEPRED, comenzando con la identificación de los parámetros generales de peligro, vulnerabilidad, exposición al peligro, resiliencia, definición de descriptores y sus ponderaciones utilizando el método denominado el proceso de análisis Jerárquico (Thomas L, Saaty), en el cual se llegó a las siguientes conclusiones, En el área urbana de la ciudad de Calca existen 2571 viviendas construidas en una zona de nivel de riesgo muy alto y 903 viviendas en una zona de nivel de riesgo alto, por el peligro de flujos de detritos. La vulnerabilidad identificada en la zona de estudio es alta, debido al grado de exposición al peligro identificado y a la fragilidad de las viviendas que en su mayoría son de adobe y tapia, así como al bajo nivel de resiliencia de sus pobladores.

El aporte del antecedente al tema de investigación es la metodología denominada el proceso de análisis Jerárquico (Thomas L, Saaty), el cual fue de utilidad para la ponderación de los parámetros y descriptores en la determinación del nivel de peligrosidad y vulnerabilidad.

3.2. Base Teórica

3.2.1. *Geodinámica Externa*

Son todos aquellos fenómenos que participan en la evolución del modelado de la superficie terrestre, como resultado de la interacción de agentes geodinámicos, que pueden ser percibidos por el hombre. Ocurren bajo diferentes modalidades o mecanismos, dependiendo del agente principal y los factores que participan en su origen y desarrollo. Se clasifican en: fenómenos de remoción en masa, flujos hídricos y otros. (Medina, 1991, p.17)

3.2.2. *Movimientos en Masa*

El término movimientos en masa incluye todos aquellos desplazamientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efecto de la gravedad. (Cruden, 1991)

Algunos movimientos en masa, como es el caso de la reptación de suelos, son lentos, a veces imperceptibles y difusos, en tanto que otros, como algunos deslizamientos pueden desarrollar velocidades altas y pueden definirse con límites claros, determinados por superficies de rotura. (Crozier & Glade, 2005)

3.2.3. *Clasificación de Movimientos en Masa*

La clasificación de movimientos en masa de Varnes (1978) y Hutchinson (1968) son en la actualidad, los sistemas más considerablemente aceptados en el mundo de habla inglesa e hispana. Los criterios principales en la clasificación, son en primer lugar el tipo de movimiento y en segundo lugar el tipo de material. De esta manera divide los movimientos en masa en cinco tipos: caídas, vuelcos, deslizamientos, propagaciones y flujos. Además, de un sexto grupo denominado movimientos complejos, el cual incluyen combinaciones de dos o más de los otros cinco tipos, los materiales se dividen en dos clases: rocas y suelos, éstos últimos subdivididos en detritos y tierra. (Varnes, 1978)

Tabla 6

Tipos de movimientos de masa

Tipo	Subtipo
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 de detritos
Flujo	Crecida de detritos
	Flujo de lodo
	Flujo de tierra
	Flujo de turba
	Avalancha de detritos
	Avalancha de rocas
	Deslizamientos por flujo o deslizamiento por licuación (de arena, limo, detritos, roca fracturada)
Reptación	Reptación de suelos
	Soliflucción, geliflucción (en permafrost)

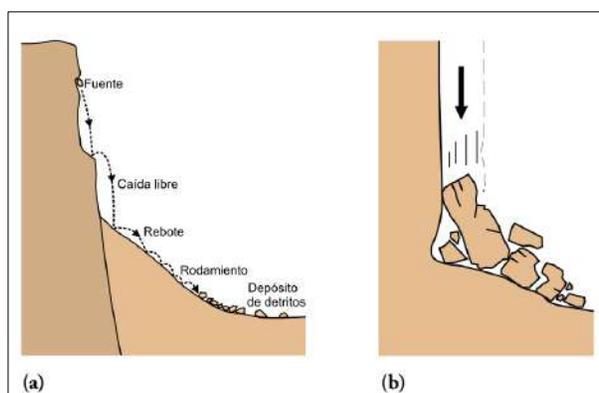
Nota. Libro “Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas” (Multinacional andino, 2007, p. 3).

A. Caída

La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, pendiente pronunciada o acantilado, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido. (Varnes, 1978)

Figura 6

(a) Esquema de desprendimiento (b) colapso.



Nota. Mecanismos de desprendimiento y colapso (Corominas y García Yagüe, 1997).

B. Deslizamientos

Es un desplazamiento de ladera abajo de una masa de suelo o roca, que tiene lugar predominantemente sobre una o más superficies de rotura, o zonas relativamente delgadas con intensa deformación de cizalla. Elementos característicos de este tipo de movimiento son la presencia de superficies de roturas definidas y la preservación a grandes rasgos de la forma de la masa desplazada. (Corominas, 2004, p.6)

En el sistema de Varnes (1978), se clasifican los deslizamientos, según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. Los deslizamientos traslacionales a su vez pueden ser planares o en cuña.

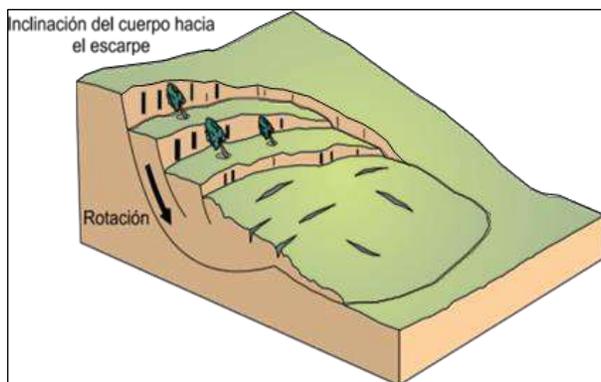
- Deslizamiento rotacional

Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los movimientos en masa rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y un contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Debido a que el mecanismo rotacional es auto estabilizante, y éste ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de

materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas. (Grupo de Estándares para Movimientos en Masa [GEMMA], 2007, p.11)

Figura 7

Esquema de un deslizamiento rotacional.



Nota. Libro “Movimientos en masa en la región andina: Una guía para la evaluación de amenazas” (GEMMA,2007, p.14).

C. Flujo de Detritos.

Es una masa móvil, saturada en agua, compuesta de una mezcla de rocas, sedimentos, agua y gases, donde entre el 50 y el 80% del material es sólido y se encuentra suspendido en agua. Se desplaza pendiente abajo por influencia de la gravedad, posee un rápido avance, gran movilidad y gran capacidad destructiva. (Servicio Nacional de Geología y Minería [SERNAGEOMIN], 2019)

Es un flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos (Índice de plasticidad menor al 5%), que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada, la mayoría de los flujos de detritos alcanzan velocidades en el rango de movimiento extremadamente rápido, y por naturaleza son de alto potencial destructivo sobre los terrenos o sectores que atraviesan. (Hungry, 2005).

Varnes (1978) clasifica a los flujos de detritos como una forma de movimiento en masa rápido en donde el suelo suelto y materia orgánica diversa son mezclados con el aire atrapado en

poros y agua, dando lugar a una corriente líquido-sólido que escurre pendiente abajo. Este mismo autor también propone algunas clasificaciones más específicas para cada tipo de flujo de detritos:

Flujo de Barro (Mudflow): Constituido al menos en un 50% de su peso por partículas tamaño arena, limo y arcilla, siendo muy húmedo y que escurre de forma rápida.

Avalancha de detritos (Debris Avalanche): Corresponde a un flujo de detritos rápido o muy rápido.

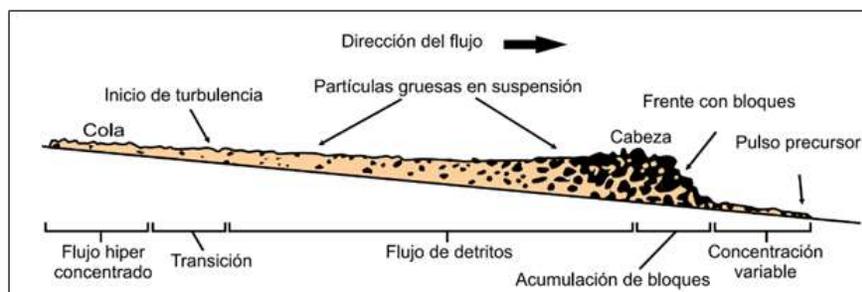
Flujo de Tierra (Earthflow): Movimiento de materiales de granulometría más fina o rocas con contenidos significativos en arcilla, secos o saturados

Torrente de Detritos: Movimiento en masa que involucra a un flujo de agua cargado predominantemente por material inorgánico de granulometría gruesa y materia orgánica

Lahares: Corriente de barro o detritos que se origina en las laderas de un volcán como consecuencia de la remoción y acarreo de depósitos volcánicos producido por lluvias intensas

Figura 8

Esquema de un flujo de detritos.



Nota. Obtenido de Pierson (1986).

Tabla 7

Comportamiento del flujo en función de la concentración de sedimentos.

Comportamiento del Flujo en Función de la Concentración de Sedimentos			
	Concentración de Sedimentos		Características del Flujo
	Por Volumen	Por Peso	
Deslizamientos	0.65 – 0.80 0.55 – 0.65	0.83 – 0.91 0.76 – 0.83	No fluye, falla por deslizamiento en bloque Deslizamiento en bloque con deformación interna y; reptación previa a la falla.
Flujo de barro	0.48 – 0.55 0.45 – 0.48	0.72 – 0.76 0.69 – 0.72	Flujo evidente; reptación sostenida de barro; deformación plástica bajo su propio peso; cohesivo; no ocurre esparcimiento sobre una superficie plana Flujo con esparcimiento sobre superficies planas. Flujo cohesivo; mezcla.
Inundaciones o crecidas de barro	0.40 – 0.45 0.35 – 0.40 0.30 – 0.35	0.65 – 0.69 0.59 – 0.65 0.54 – 0.59	Flujo se mezcla fácilmente; deposición de grandes bloques; ocurren ondas, pero se disipan rápidamente. Deposición marcada de gravas y cantos rodados; esparcimiento casi completo en superficies planas; dos fases en superficie con ondas. Separación del agua en superficie; las ondas viajan fácilmente; arena y grava viaje como carga de fondo
Inundaciones o crecidas de Agua	0.20 – 0.30 <0.20	0.41 – 0.54 <0.41	Ondas dominan el movimiento superficial Inundación de agua con posibilidad de sedimentos en suspensión o carga de fondo.

Nota. Obtenido de O´ Brien (2000).

3.2.4. Metodología del iRIC Morpho2DH

El modelo Morpho2DH emplea ecuaciones de conservación de masa y momento de flujo de lodo en forma bidimensional integrada en profundidad y una ecuación de conservación de masa de lecho de sedimento, en los cuales los flujos de escombros y lodo comprenden una mezcla de agua y sedimentos, que se trata como un cuerpo fluido monofásico continuo. La ecuación de conservación de masa para el cuerpo de flujo es el siguiente (Takebayashi & Fujita, 2020):

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hu}{\partial x} + \frac{\partial hv}{\partial y} = \frac{E}{C_*}$$

Donde:

t: *Tiempo.*

h: *Profundidad de flujo.*

u, v: *Velocidades promediadas en profundidad.*

E: *Taza de erosión del lecho.*

C_{}*: *Concetración de sedimento en la capa de deposición estatica (capa de lecho).*

Takebayashi y Fujita (2020), explican las ecuaciones desarrolladas por Egashira e Itoh, en el cual mencionan que el término del lado derecho indica el sumidero y la fuente de la masa y expresa el desarrollo y decrecimiento de un flujo de lodo.

Las ecuaciones de conservación de momento son las siguientes (Egashira & Itoh, 2004):

$$\frac{\partial hu}{\partial t} + \frac{\partial huu}{\partial x} + \frac{\partial huv}{\partial y} = -gh \frac{\partial z_b}{\partial x} - \frac{1}{\rho_m} \frac{\partial P}{\partial x} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_m}$$

$$\frac{\partial hv}{\partial t} + \frac{\partial huv}{\partial x} + \frac{\partial hvv}{\partial y} = -gh \frac{\partial z_b}{\partial y} - \frac{1}{\rho_m} \frac{\partial P}{\partial y} - \frac{\tau_{by}}{\rho_m}$$

Donde:

g: *Aceleración de la gravedad.*

Z_b: *Elevación de la cama.*

P: *Presión estatica.*

ρ_m: *Densidad del flujo de lodo.*

τ_{bx}, τ_{by}: *Esfuerzos cortantes en las direcciones x e y.*

Estas ecuaciones forman parte del modelo de análisis numérico instalado en Morpho2DH, uno de los solucionadores presentes en el software de dominio público gratuito iRIC, el modelo se puede utilizar para el flujo de agua bidimensional, análisis de la deformación del lecho de la carga

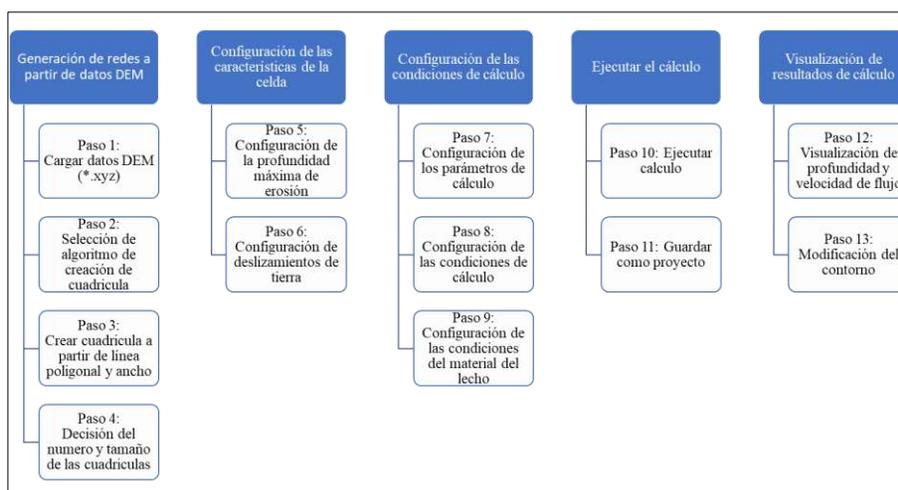
del material del lecho, reproducir los procesos de transportes y erosión/ deposición del flujo de detritos y flujo de lodo debido a deslizamientos de tierra (Takebayashi & Fujita, 2020).

3.2.5. Diagrama Para la Simulación de Flujo con iRIC Morpho2DH

Se muestra los pasos a seguir en la simulación de flujo de detritos con iRIC Morpho2DH.

Figura 9

Diagrama secuencial para la simulación con el programa iRIC Morpho2DH.



Nota. Adaptada del Tutorial “Flujo de escombros/lodo”, iRIC Morpho2DH Software, (Takebayashi, 2014)

3.2.6. Propiedades físico – Mecánicas de los Suelos

A) Ángulo de fricción interna

Es una propiedad que se manifiesta principalmente en suelos granulares, como gravas y arenas, y se relaciona con el ángulo máximo de reposo que puede alcanzar un material granular. Esta propiedad está directamente vinculada a la densidad, tamaño, forma y distribución de los granos. La determinación de este valor se realiza mediante estudio de mecánica de suelos, específicamente a través del ensayo de corte directo, basado en el modelo de Mohr-Coulomb. En la **Tabla 8** que sigue, se presentan algunos valores típicos para arenas, gravas y limos. Se denota esta propiedad con la letra griega " ϕ ".

B) Cohesión

La cohesión se manifiesta como una fuerza interna que genera adhesión entre las partículas del suelo. Esta característica es más evidente en suelos de textura fina, como limos y arcillas. No obstante, en suelos compuestos, que suelen ser más comunes, puede existir una combinación de ángulo de fricción y cohesión. Es importante tener en cuenta que, dependiendo de si la arcilla está normalmente consolidada o sobre consolidada, los valores de cohesión pueden ser nulos o mayores a cero. La determinación de este valor se realiza mediante el mismo ensayo que se utiliza para calcular el ángulo de fricción, y se representa con la letra "C".

C) Peso específico de los suelos

La magnitud del empuje de tierras se ve significativamente influenciada por el peso específico del suelo, siendo este uno de los parámetros más importantes. Este valor se determina considerando el peso y volumen del suelo, pudiendo resultar en el peso específico natural, seco o saturado. A continuación, se presentan algunos valores de referencia tanto para el peso específico como para los ángulos de fricción.

Tabla 8

Angulo de fricción y peso específico para diferentes tipos de suelo.

Tipo de suelo	$\gamma \left(\frac{Kg}{m^3} \right)$	ϕ (<i>grados</i>)
Arcilla Suave	1440 - 1920	0° - 15°
Arcilla Media	1600 - 1920	15° - 30°
Limo seco y suelto	1600 - 1920	27° - 30°
Limo Denso	1760 - 1920	30° - 35°
Arena Suelta y Grava	1600 - 2100	30° - 40°
Arena Densa y Grava	1920 - 2100	25° - 35°
Arena suelta, Seca y Bien graduada	1840 - 2100	33° - 35°
Arena Densa, Seca y Bien graduada	1920 - 2100	42° - 46°

Nota. Libro “Diseño de estructuras de concreto armado”, (Harmsen,2002)

3.2.7. Cuenca Hidrológica

Según la perspectiva hidrológica, una cuenca hidrográfica se describe como una región geográfica o unidad territorial delimitada por una divisoria topográfica (Divortium Aquarum). Esta cuenca recibe las precipitaciones y recoge el agua de escorrentía, que luego se dirige hacia un punto de recolección común, conocido como río principal, un lago natural, un embalse o directamente en el mar. (Vázquez, y otros, 2016)

3.2.7.1. Delimitación.

La delimitación de una cuenca se lleva a cabo utilizando un plano o mapa que muestra las curvas de nivel. Estas curvas de nivel son líneas imaginarias que separan las cuencas vecinas y dirigen el escurrimiento generado por la precipitación hacia el punto de salida de la cuenca en cada

sistema de corriente. El límite de las aguas se compone de los puntos más altos en términos topográficos y atraviesa los cursos de agua en los puntos de salida, conocidos como estaciones de aforo. (Villón Béjar, 2011, p.24)

3.2.7.2. Clasificación de Cuerpos de Agua

Se pueden clasificar los cursos de agua según la consistencia de la escorrentía.

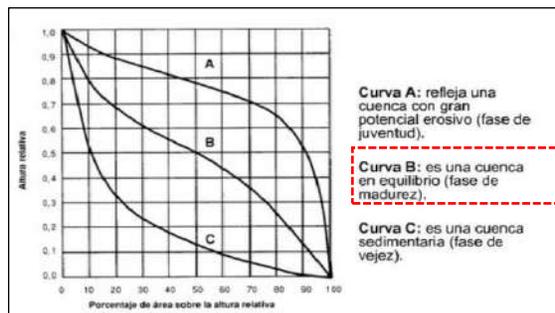
- a) **Perennes:** “Son corrientes con agua todo el tiempo. EL nivel del agua subterráneo mantiene una alimentación continua y no desciende nunca debajo del lecho del río” (Clavijo Piernagorda & Pérez Varón, 2016, p.23).
- b) **Intermitentes:** Se trata de ríos que escurren durante la temporada de lluvias y se secan durante el verano. Durante la estación de lluvias, el nivel del agua subterránea se mantiene por encima del lecho del río, pero durante el verano, el flujo de agua se detiene o solo ocurre durante o inmediatamente después de las tormentas. (Clavijo Piernagorda & Pérez Varón, 2016, p.23)
- c) **Efímero:** “Existen apenas durante o inmediatamente después de los periodos de precipitación, y solo transportan escurrimiento superficial” (Clavijo Piernagorda & Pérez Varón, 2016, p.23).

3.2.7.3. Curvas características de una cuenca.

- a) **Curva hipsométrica:** Ofrece un resumen de la altitud de la cuenca, representando gráficamente la distribución de la cuenca en función de diferentes rangos de alturas. Esta curva muestra, en el eje vertical, las diferentes altitudes de la cuenca, y en el eje horizontal, la superficie de la cuenca que se encuentra por encima de esas altitudes, ya sea en kilómetros cuadrados o como porcentaje de la superficie total de la cuenca. (Langbein, 1947)

Figura 10

Curva hipsométrica.



Nota. Adaptado del artículo “Topographic characteristics of drainage basins” (Langbein, 1947).

- b) Curvas de frecuencia de altitudes:** “Es la representación gráfica, de la distribución en porcentaje, de las superficies ocupadas por diferentes altitudes. Es un complemento de la curva hipsométrica” (Villón Béjar, 2011, p. 37).

3.2.7.4. Características físicas de una cuenca.

Para la determinación de los parámetros geomorfológicos, se tiene en cuenta las características fisiográficas de la Quebrada Ttittocpata.

A) Área de la cuenca.

El área de la cuenca se define como la proyección horizontal de su superficie y se puede medir directamente en un mapa topográfico. Desde la perspectiva hidrológica, esta proyección horizontal es más relevante que la superficie real de la cuenca. Por ejemplo, las gotas de lluvia caen verticalmente y no de forma ortogonal a la pendiente, al igual que el crecimiento de los árboles es vertical. (Langbein, 1947)

B) Perímetro de la cuenca

“Se refiere al borde de la forma de la cuenca proyectada en un plano horizontal, es de forma muy irregular, se obtiene después de delimitar la cuenca” (Villón Béjar, 2011, p. 32).

C) Forma de la cuenca

“La forma de la cuenca interviene de manera importante en las características de descarga de un río, en especial en los eventos de avenidas máximas” (Breña Puyol & Jacobo Villa, 2006, p.27).

Tabla 9

Rangos de factor forma según la forma de la cuenca.

Rango	Forma de la cuenca
0.0 - 0.2	Estrecha y alargada
0.2 - 0.4	Semi alargada
0.4 - 0.6	Semi rectangular

3.2.7.5. Índices representativos.

A) Índice o factor de forma de una cuenca H_f

“Es el cociente entre la superficie de la cuenca y el cuadrado de su longitud” (Horton, 1945)

$$H_f = \frac{A}{L_a^2}$$

Donde:

A: Área de la cuenca en km²

L_a : Longitud axial en km

B) Índice de compacidad (índice de Gravelious)

“El índice de compacidad de una cuenca, definida por Gravelious, expresa la relación entre el perímetro de la cuenca, y el perímetro equivalente de una circunferencia, que tiene la misma área de la cuenca” (Villón Béjar, 2011, p. 41).

$$k = 0.28 \frac{\text{perímetro de la cuenca}}{\text{perímetro de un círculo de igual área}} = 0.28 \frac{p}{\sqrt{A}}$$

El índice de compacidad busca representar la influencia del perímetro y el área de una cuenca en la escorrentía, especialmente en las características del hidrograma. Cuando $K=1$, la

cuenca tendrá una forma circular. Por lo general, se espera que $K > 1$ para cuencas alargadas. Las cuencas estrechas disminuyen las posibilidades de ser completamente cubiertas por una tormenta, lo cual afecta el tipo de respuesta que se observa en el río. (Villón Béjar, 2011, p. 42)

3.2.7.6. Rectángulo equivalente

El rectángulo equivalente es una transformación geométrica que permite representar una cuenca, que tiene una forma heterogénea, como un rectángulo con la misma área y perímetro (es decir, el mismo índice de compacidad o índice de Gravelious). Esta representación también garantiza una distribución uniforme de alturas (una curva hipsométrica igual) y una distribución similar del terreno en términos de sus condiciones de cobertura. (Villón Béjar, 2011, p. 42)

3.2.7.7. Pendiente de la cuenca

La pendiente de una cuenca, es un parámetro muy importante en el estudio de toda cuenca, tiene una relación importante y compleja con la infiltración, la escorrentía superficial, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea a la escorrentía. (Villón Béjar, 2011, p. 49)

Para el presente estudio se utilizó la clasificación de tierras (MINAG,2002).

Tabla 10

Clasificación de pendientes en porcentajes.

RANGO (%)	TERMINO DESCRIPTIVO	SIMBOLO
0.0 - 2.0	Plana o casi a nivel	A
2.0 – 4	Ligeramente inclinada	B
4- 8	Moderadamente inclinada	C
8 -15	Fuertemente inclinada	D
15 – 25	Moderadamente empinada	E
25 -50	Empinada	F
50 – 75	Muy empinada	G
>75	Extremadamente empinada	H

Nota. Tomado de reglamento de clasificación de tierras (MINAG,2002).

3.2.7.8. Hidrograma liquido

Un hidrograma liquido es una gráfica que muestra la tasa del flujo en función del tiempo en un lugar dado de la corriente. En efecto, el hidrograma es “una expresión integral de las características fisiográficas y climáticas que rigen las relaciones entre la lluvia y la esorrentía de una cuenca de drenaje particular” (Chow, 1959).

Para la estimación es necesario conocer los parámetros morfométricos de la microcuenca, el tiempo de retardo, los hietogramas de precipitación de diseño y el número de curva.

3.2.7.9. Numero de curva

Se determina mediante la metodología de Soil Conservation Service (SCS). Este valor de NC es adimensional, tal que $0 \leq NC \leq 100$. Corresponde un $NC=100$; para superficies impermeables y superficies de agua; un $NC < 100$ para superficies naturales. Para determinar el número de curva debemos conocer la descripción del suelo, el cual representa uno de los 4 grupos de suelos hidrológicos, por otro lado, cada uso de suelo representa un valor de NC, para su mejor comprensión se muestra las siguientes tablas.

Tabla 11

Grupo de suelos hidrológicos.

GRUPO	DESCRIPCIÓN
Grupo A	Suelos de bajo potencial de esorrentía, teniendo altas tasas de infiltración aun cuando está completamente saturado. Arena profunda muy bien drenadas, con alta tasa de transmisión de agua.
Grupo B	Suelos con moderadas tasas de infiltración. Suelos poco profundos, moderadamente drenadas, con texturas moderadamente finas a gruesas. Esto suelos tienen una moderada tasa de transmisión de agua.
Grupo C	Suelos con baja tasa de infiltración cuando está completamente saturado, principalmente suelos que tienen una capa que impide el movimiento descendente del agua o suelos de textura moderadamente finas a finas. Suelos con altos contenidos de arcilla y baja tasa de transmisión de agua.
Grupo D	Suelos de alto potencial de esorrentía, teniendo tasas muy bajas infiltración cuando está completamente saturado. Son suelos arcillosos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas. Suelos con muy baja tasa de transmisión de agua.

Nota. Tomado de Hidrología Aplicada de (Chow, 1994)

La peligrosidad, P, (Hazard) hace referencia a la frecuencia de ocurrencia de un proceso y al lugar. Se define como la probabilidad de ocurrencia de un proceso de un nivel de intensidad o severidad determinado, dentro de un periodo de tiempo dado y dentro de un área específica (Varnes,1984; Barbat, 1998). Para su evaluación es necesario conocer (Gonzales et al., 2002, p. 609):

- Dónde y cuándo ocurrieron los procesos en el pasado.
- La intensidad y magnitud que tuvieron.
- Las zonas en que pueden ocurrir procesos futuros.
- La frecuencia de ocurrencia.

3.2.9. Identificación del Probable Área de Influencia

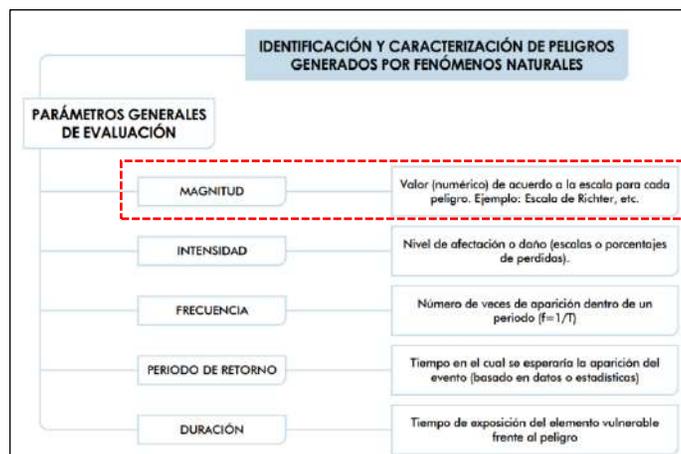
En primer lugar, se lleva a cabo la identificación de las posibles zonas afectadas por los fenómenos naturales, basándose en el conocimiento histórico de los efectos causados por dichos fenómenos en las áreas geográficas expuestas. Esto se logra principalmente mediante la organización de toda la información detallada recopilada, que incluye aspectos geográficos, urbanísticos, infraestructuras básicas y servicios esenciales. Para lograr una identificación precisa de las áreas probablemente afectadas por un fenómeno natural específico, es crucial realizar una caracterización adecuada de los peligros que estos generan. (CENEPRED, 2014, p.32)

3.2.10. Identificación y Caracterización de Peligros por Fenómenos de Origen Natural

Una vez que se ha identificado el área de influencia por los peligros generados por fenómenos naturales, es crucial examinar los parámetros que influyen en la génesis (mecanismo generador) de estos fenómenos, ya que estos parámetros facilitan su evaluación.

Figura 11

Parámetros para la identificación y caracterización del peligro.



Nota. Libro “Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales 2da versión” (CENEPRED, 2015, pág. 33)

3.2.11. Susceptibilidad

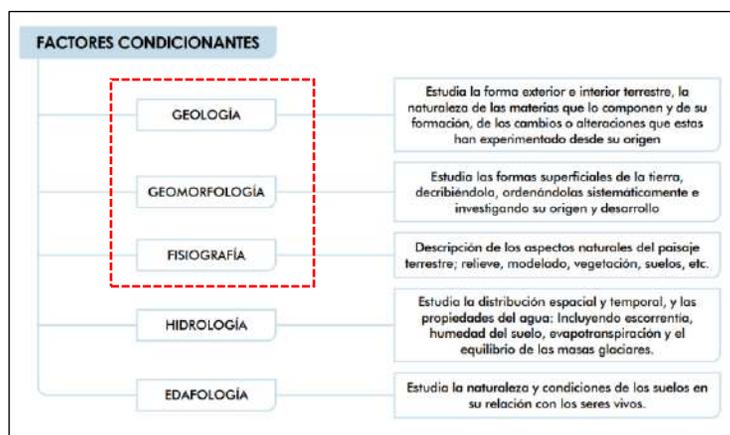
Puede definirse como la posibilidad de que una zona quede afectada por un determinado proceso, expresada en diversos grados cualitativos y relativos. Depende de los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos, que pueden ser intrínsecos a los propios materiales geológicos o externos. (Gonzales et al., 2002, p. 617)

3.2.11.1. Factores Condicionantes del Fenómeno en Estudio

Son parámetros propios del ámbito geográfico de estudio (ver imagen 14), el cual contribuye de manera favorable o no al desarrollo del fenómeno de origen natural (magnitud e intensidad), así como su distribución espacial. (CENEPRED, 2015, pág. 106)

Figura 12

Factores condicionantes del peligro



Nota. Libro “Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales 2da versión” (CENEPRED, 2015, pág. 106)

A) Pendiente

Brzezinski (2023), define a la pendiente como el grado de inclinación del terreno, es la relación existente entre la distancia vertical y la distancia horizontal de un determinado terreno:

$$\text{Pendiente} = (\text{Distancia vertical}) / (\text{Distancia Horizontal})$$

Al multiplicar la cantidad obtenida por 100 se expresa la pendiente en “tanto por ciento”.

B) Geomorfología

La geomorfología se define como la ciencia que trata la descripción y el estudio de la génesis, clasificación, procesos y evolución de las formas antiguas y actuales del terreno, y su relación con las estructuras infra yacentes. Esta ciencia está enfocada al análisis de la superficie de la tierra en donde interactúan la litosfera, a hidrosfera, la atmósfera y la biosfera. (Institución de Investigación e Información Geo científica, Minero Ambiental y Nuclear [INGEOMINAS], 2012, p.13)

C) Geología

- Unidades litoestratigráficas

Cuerpo rocoso definido y reconocido en base a sus características litológicas o a la combinación de sus propiedades litológicas y sus relaciones estratigráficas. una unidad litoestratigráfica puede estar formada por rocas sedimentarias, ígneas o metamórficas. Las unidades litoestratigráficas se definen y reconocen por sus rasgos físicos observables y no por su edad inferida, ni por el lapso de tiempo que representan, ni por su historia geológica, ni por la manera como se formaron. (Reguant & Ortiz, 2001, p.277)

Existe mayor presencia de flujos en aluviones y terrazas fluviales, coluviales, superficies residuales obtenidos de granito y gneis; restos volcánicos, arena y otros (Kanji et al., 2003).

D) Cobertura vegetal

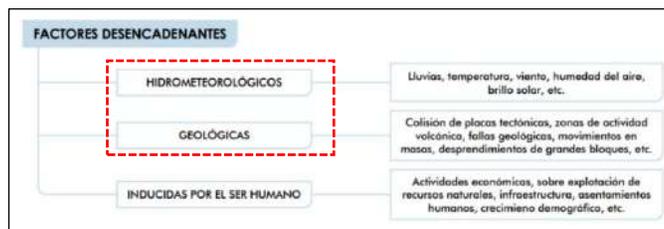
A la cobertura vegetal se la puede definir como la capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, comprendiendo una amplia gama de biomasas con diferentes características fisonómicas y ambientales que van desde pastizales hasta las áreas cubiertas por bosques naturales. También se incluyen las coberturas vegetales inducidas que son el resultado de la acción humana como serían las áreas de cultivos. (Bennett, 1999)

3.2.11.2. Factores Desencadenantes del Fenómeno en Estudio.

“Son parámetros que desencadenan eventos y/o sucesos asociados que pueden generar peligros en un ámbito geográfico específico. Por ejemplo: las lluvias generan deslizamiento de material suelto o meteorizado, los sismos de gran magnitud ocurridos en el mar (locales) ocasionan tsunamis, etc.” (CENEPRED, 2015, pág. 107).

Figura 13

Factores desencadenantes del peligro.



Nota. Libro “Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales 2da versión” (CENEPRED, 2015, pág. 107)

3.2.12. Análisis y Evaluación de Vulnerabilidades

En el marco de la Ley N° 29664 del sistema nacional de gestión del 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. (CENEPRED, 2015, p. 121)

3.2.13. Evaluación de Riesgo

Componente del procedimiento técnico del análisis de riesgos, el cual permite calcular y controlar los riesgos, previa identificación de los peligros y análisis de las vulnerabilidades, recomendando medidas de prevención y/o reducción del riesgo de desastres y valoración de riesgos. (CENEPRED, 2015, p. 190)

3.2.14. Estimación o Calculo del Riesgo

Según CENEPRED (2015), Una vez que se han identificado y examinado los peligros a los que está expuesta la zona geográfica de estudio, a través de la evaluación de la intensidad, magnitud, frecuencia o periodo de recurrencia, y la susceptibilidad ante fenómenos naturales, y se ha realizado el análisis correspondiente de los factores que afectan la vulnerabilidad, como la exposición, fragilidad y resiliencia, así como la identificación de elementos potencialmente

vulnerables y el tipo y grado de daños que podrían ocurrir, se procede a combinar estos elementos para calcular el nivel de riesgo del área en estudio.(p. 147)

Figura 14

Fórmula de cálculo de riesgo

$R_{ie} t = f(P_i, V_e) t$
<p>Dónde:</p> <p>R= Riesgo.</p> <p>f= En función</p> <p>P_i = Peligro con la intensidad mayor o igual a i durante un periodo de exposición t</p> <p>V_e = Vulnerabilidad de un elemento expuesto.</p>

Nota. Libro “Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales 2da versión” (CENEPRED, 2015, pág. 142).

3.2.15. Medidas de Prevención y Reducción de Desastres

En términos generales, las medidas de prevención y reducción del riesgo se refieren a aquellas acciones que se llevan a cabo antes de que ocurran desastres, con el objetivo de prevenir su aparición o mitigar sus impactos. En otras palabras, la reducción del riesgo implica tomar medidas anticipadas (ex-ante) antes de que ocurra el evento en cuestión. (CENEPRED, 2015, p. 161)

A) Medidas estructurales: Estas acciones implican intervenir físicamente a través del diseño o fortalecimiento de infraestructuras con el objetivo de disminuir o prevenir los efectos adversos de las amenazas. El propósito es lograr la capacidad de resistencia y recuperación de las estructuras o sistemas, con el fin de salvaguardar la seguridad de la población y sus propiedades. (CENEPRED, 2015, p. 161)

B) Medidas no estructurales: Se refiere a cualquier acción que no implique la creación de una estructura física, sino que se base en el conocimiento, las prácticas y los acuerdos existentes para reducir el riesgo y sus efectos adversos. Esto se logra principalmente a través de políticas y leyes, aumentando la conciencia pública, proporcionando capacitación

y educación. Estas medidas pueden ser tanto activas como pasivas, según lo establecido por ADM-UNAL en 2005. (CENEPRED, 2015, p. 161)

3.3. Marco Conceptual

3.3.1. *Desastre*

Conjunto de daños y pérdidas, en la salud, fuentes de sustento, hábitat físico, infraestructura, actividad económica y medio ambiente, que ocurre a consecuencia del impacto de un peligro o amenaza cuya intensidad genera graves alteraciones en el funcionamiento de las unidades sociales, sobrepasando la capacidad de respuesta local para atender eficazmente sus consecuencias, pudiendo ser de origen natural o inducido por la acción humana. (CENEPRED, 2014, p.189)

3.3.2. *Erosión de Cárcavas*

Es un fenómeno geodinámico de gran importancia en el desgaste y modelado de la superficie terrestre, se desarrolla en las laderas y mayormente en terrenos inclinados que tienen limitada cobertura vegetal y en regiones donde las lluvias son estacionales e intensas. Las llamadas cárcavas son zanjas o surcos que se forman en las laderas por acción de las aguas superficiales que al desplazarse hacia abajo tienen la capacidad de erosionar el material fino a lo largo de su recorrido. La evolución de las cárcavas se da tanto en profundidad como lateralmente, ganando así profundidad y extensión rápidamente. Las cárcavas constituyen la etapa embrionaria o inicio de las torrenteras o “quebradas secas”. (Rivera, 2011, p.373)

3.3.3. *Precipitación*

La precipitación está constituida por toda el agua, que de una u otra forma, es depositada en la superficie terrestre, por la condensación del vapor de agua contenido en el aire atmosférico. La precipitación puede ser de forma líquida (lluvia, roció), o en forma sólida (nieve, granizo). La

forma más común, y la que mayor interés tiene en la ingeniería, es la lluvia que viene a ser la causa de los más importantes fenómenos hidrológicos. (Mejía, 2006, p. 86)

Desde el punto de vista de ingeniería, son necesarios tres parámetros para definir completamente una precipitación: su duración, su intensidad y su frecuencia. La duración, D, de una precipitación es el tiempo transcurrido entre el inicio y fin de la lluvia, expresada en horas o minutos. La intensidad, I, está dada por la cantidad total de lluvia o lámina de agua, dividida por la duración. Conceptualmente, la intensidad, se define como la cantidad de lluvia por unidad de tiempo y puede variar de un instante para otro dentro de una misma lluvia. La intensidad se mide en mm/h o mm/min. (Mejía, 2006, p. 86)

3.3.4. Peligro

“Probabilidad de que un fenómeno físico, potencialmente dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, se presente en un lugar específico con una cierta intensidad y en un periodo de tiempo y frecuencia definidos” (CENEPRED, 2014, p.20).

3.3.5. Vulnerabilidad

“Es la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro. La vulnerabilidad puede ser explicada por tres factores: Exposición, Fragilidad y Resiliencia” (CENEPRED, 2014, p. 194).

3.3.6. 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. (CENEPRED, 2014, p. 122)

3.3.7. 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. (CENEPRED, 2014, p. 122)

3.3.8. 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. (CENEPRED, 2014, p. 123)

3.3.9. Riesgo

“Es la probabilidad de que la población y sus medios de vida sufran daños y pérdidas a consecuencia de su condición de vulnerabilidad y el impacto de un peligro” (CENEPRED, 2014, p. 194).

3.3.10. Prevención y Reducción del Riesgo

“Son acciones que se orientan a evitar la generación de nuevos riesgos en la sociedad y reducir la vulnerabilidad y riesgos existentes en el contexto de la gestión del desarrollo sostenible” (Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres [SINAGERD], 2011, p. 1).

3.3.11. Desarrollo Sostenible

Trascurso de transformación natural, social, cultural e institucional dirigida a mejorar las condiciones de la vida humana para garantizar la producción de bienes y la prestación de servicios sin deteriorar el entorno natural o para perjudicar los conceptos básicos del desarrollo similar para las generaciones futuras. (CENEPRED, 2014, p. 190)

3.3.12. Plan

Instrumento para la consecución de objetivos concretos, en el que los medios utilizables para alcanzar estos objetivos se definen en el espacio y el tiempo y se utilizan forma ordenada y coherente para tener en cuenta los objetivos, estrategias, políticas, lineamientos y tácticas, así como los instrumentos y medidas a tomar. (CENEPRED, 2014, p. 193)

3.3.13. Sistemas de Información Geográfica (SIG).

En general, un Sistema de Información (SI) consiste en la unión de información en formato digital y herramientas informáticas (programas) para su análisis con unos objetivos concretos dentro de una organización (empresa, administración, etc.). Un SIG es un caso particular de SI en el que la información aparece georreferenciada es decir incluye su posición en el espacio utilizando un sistema de coordenadas estandarizado (generalmente UTM). (Sarría, 2014, p.32)

3.3.14. Simulación

El término simulación tiene una gran variedad de significados en diferentes áreas, a nivel científico se refiere a la utilización de programas que simulan la actividad de ciertos sistemas, permitiendo obtener predicciones sobre su funcionamiento y efectividad antes de ser utilizados en el mundo real, estos resultados se obtienen por medio de análisis estadísticos. (Rodríguez, 2021)

3.3.15. Fluido Newtoniano

En este tipo de fluido la relación que existe entre esfuerzo cortante y la tasa de deformación (gradiente de velocidades) es lineal, es decir, este tipo de fluido es el que se obtiene para todos los líquidos puros (agua clara), cuyo comportamiento es Newtoniano con una muy buena aproximación. (Banda, 2015,p.11)

3.3.16. Fluido no Newtoniano

Comprenden en general mezclas complejas como barros, aceites lubricantes muy viscosos, fluidos orgánicos como la sangre, etc. Estos fluidos exhiben un comportamiento diferente. Dentro

de este tipo de fluido no-newtoniano se analizan los flujos de lodo o escombros. (Banda, 2015, p. 12)

3.3.17. Software *iRIC Morpho2DH*

Morpho2DH es el solucionador de análisis de flujo de lodo bidimensional horizontal que puede reproducir el proceso de transporte y deposición de flujo de lodo debido a los deslizamientos, estructuras (ej. presa sabo, vertedero, casa y así sucesivamente) y la distribución horizontal de la profundidad de la erosión se puede considerar en el análisis, fue desarrollado en 2014 por el profesor Hiroshi Takebayashi en el instituto de Investigación para la Prevención de Desastres de la Universidad de Kyoto. (Takebayashi, 2014)

3.3.18. Software *Slide V 6.0*

SLIDE es un programa de estabilidad de taludes en 2D para evaluar el factor de seguridad de superficies de falla circulares o no circulares en taludes de suelo o roca. SLIDE es muy fácil de usar y, sin embargo, los modelos complejos se pueden crear y analizar rápidamente y fácilmente. La carga externa, el agua subterránea y el apoyo pueden ser modelado en una variedad de formas. (Rocscience, 1989-2002, p.1)

3.3.19. Factor de Seguridad

Según el libro de Movimientos en Masa de la Región Andina del grupo GEMMA, lo define como “Cociente entre las fuerzas de resistencia y las fuerzas de empuje”, cuando el $FS=1.0$ indica que el movimiento es inminente, y en general, un $FS=1.5$ con respecto a la resistencia es aceptable.

3.3.20. Magnitud de un Sismo

Es la cantidad de energía liberada durante un terremoto, Richter estableció una escala logarítmica para medir la magnitud de los sismos, en la que cada unidad de magnitud representa un aumento de energía de aproximadamente 32 veces. (Richter, 1935)

CAPITULO IV: Características Generales de la Zona de Estudio

4.1. Aspectos Geológicos

4.1.1. Unidades Estratigráficas Regionales

4.1.1.1. Paleozoico – Mesozoico

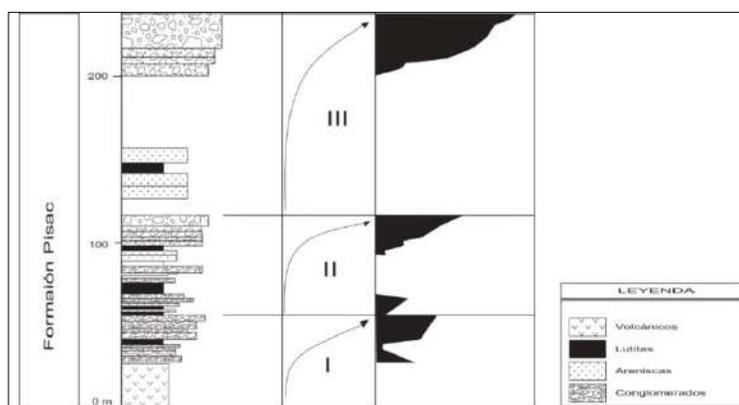
- **Grupo Mitú (Psti-M)**

Las unidades litoestratigráficas del Grupo Mitú afloran ampliamente a lo largo del anticlinal del Vilcanota. En el cuadrángulo de Calca, este grupo quedo indiferenciado. Está compuesta por aglomerados y lavas andesíticas con areniscas pardas y limolitas rojas, se aprecia en los alrededores de la zona de estudio (Sánchez y Zapata, 2003).

Las unidades litoestratigráficas del grupo Mitú precisan en el cuadrángulo de Calca, son las formaciones Pachatusan y Pisac (Candia y Carlotto,1985).

Figura 15

Columna estratigráfica de la Formación Pisac.



Nota. Obtenido de “Revisión y actualización del cuadrángulo de cusco 28-s” (INGEMMET, 2003, pág. 12).

4.1.1.2. Mesozoico

- **Formación Huancané (Ki-Hua)**

La formación Huancané aflora en las partes altas de Calca hasta San Salvador – Huanca, en los flancos de Vilcanota precisando a su basamento a manera de escamas tectónicas.

Esta formación está dividida en dos estratos (Candia y Carlotto, 1985). El miembro inferior está formado por conglomerados, areniscas cuarzosas de tonalidad blanca y areniscas conglomeradicos, en la base de los bancos se observan canales y la granulometría va decreciendo, pertenecientes a sucesiones de origen fluvial (Carlotto, 1992).

El miembro superior está compuesto localmente, por un nivel calcáreo (Queqayoc, parte superior de Huancalle y al norte de Pisac) o por niveles finos de lutitas rojas o negras.

4.1.1.3. Grupo Yuncaypata: Albiano – Maestrichtiano

- **Formación Paucarbamba: Albiano Inferior (Ki-pb)**

Formación perteneciente al grupo Moho, reposa concordantemente sobre la formación Huancané, litológicamente está compuesto por una intercalación de areniscas con estratificación flaser bedding y limo arcillitas rojas y a gris verdosa (Sánchez y Zapata, 2003).

En el cuadrángulo aflora en la mayoría de los sectores donde lo hace la formación Huancané, esta se distingue por su tonalidad rojiza. Esta formación presenta una alternancia de areniscas calcáreas, margas, lutitas amarillas, rojizas y verdes, formado secuencias grano-estrato crecientes depositados en una plataforma litoral (Chávez, 1995).

- **Formación Maras**

La formación maras descansa encima de la formación Paucarbamba. Aflora en la meseta de Sacsayhuamán (al norte del Cusco) y en el sector de Patabamba – Raranniyoc (cuadrángulo de Calca). Los afloramientos, en estos sectores se observan de manera desordenada, es decir se observa una mixtura de yesos, lutitas y en menor cantidad calizas, como resultado de las

4.2. Aspectos Geomorfológicos

La zona de estudio dentro de su geomorfología regional se encuentra en la zona intermedia Altiplano – Cordillera oriental.

La región presenta cuatro grandes unidades morfoestructurales que son la cordillera occidental, la cordillera oriental, la faja sub andina y el llano amazónico, que en conjunto confieren un matiz complejo al relieve, donde se observan diferentes paisajes: altiplanicies, paisajes montañosos, colinas y los paisajes de llanura amazónica. (Carlotto et al. 2011)

4.2.1. Geomorfología Regional

Regionalmente la zona de estudio se localiza en el borde Suroeste de la Cordillera Oriental. En esta región el río Vilcanota con dirección SE-NO corta a la cordillera oriental desarrollando relieves con fuertes pendientes.

La zona de estudio consta de tres unidades geomorfológicas regionales: Las Altiplanicies, la Cordillera Oriental y la Zona intermedia Altiplano, y además las unidades locales que se hallan dentro de éstas. El río Vilcanota-Urubamba define en grandes sectores el límite Cordillera Oriental- Altiplanicies. (Carlotto et al. 2011)

4.2.1.1. Cordillera oriental

Es una zona morfo-estructural fuertemente individualizada, que ocupa gran parte de los cuadrángulos en su parte occidental y septentrional. Esta unidad está bordeada por fallas NO-SE. Las partes más elevadas frecuentemente se hallan con glaciares, los que muestran signos de retroceso y evidencias de anteriores glaciaciones. El límite inferior de las nieves se halla por lo general a 4,800 msnm. Además de los glaciares se aprecian, circos, valles en U y morrenas.

Las rocas que afloran en la Cordillera Oriental son metamórficas del Paleozoico inferior y rocas volcánicas del Grupo Mitú (Permo-Triásico), las que se hallan cortadas por rocas intrusivas

del Permiano inferior. La tectónica se manifiesta por pliegues asociados a un metamorfismo, fallas inversas y cabalgamientos. (Carlotto et al. 2011)

4.2.1.2. Altiplanicies

Esta unidad corresponde a una zona con relieves relativamente planos cuyas altitudes varían entre 4,200 y 4,300 msnm, presentando algunas cumbres que se alinean entre 4,200 y 4,400 msnm. Las Altiplanicies están mejor desarrolladas al sur de la zona de estudio (cuadrángulos de Cotabambas y Cusco), en tanto que en los Cuadrángulos de Urubamba y Calca se halla su borde norte, el que limita con la Cordillera Oriental. El límite es bastante irregular y se hace a través de varias geoformas.

Se han diferenciado las siguientes geoformas: la Depresión de Anta, la Pampa de Maras, las Montañas de Cusco y la Depresión de Limatambo. Las geoformas pueden estar separadas, en algunos casos, por fallas NO-SE. (Carlotto et al. 2011)

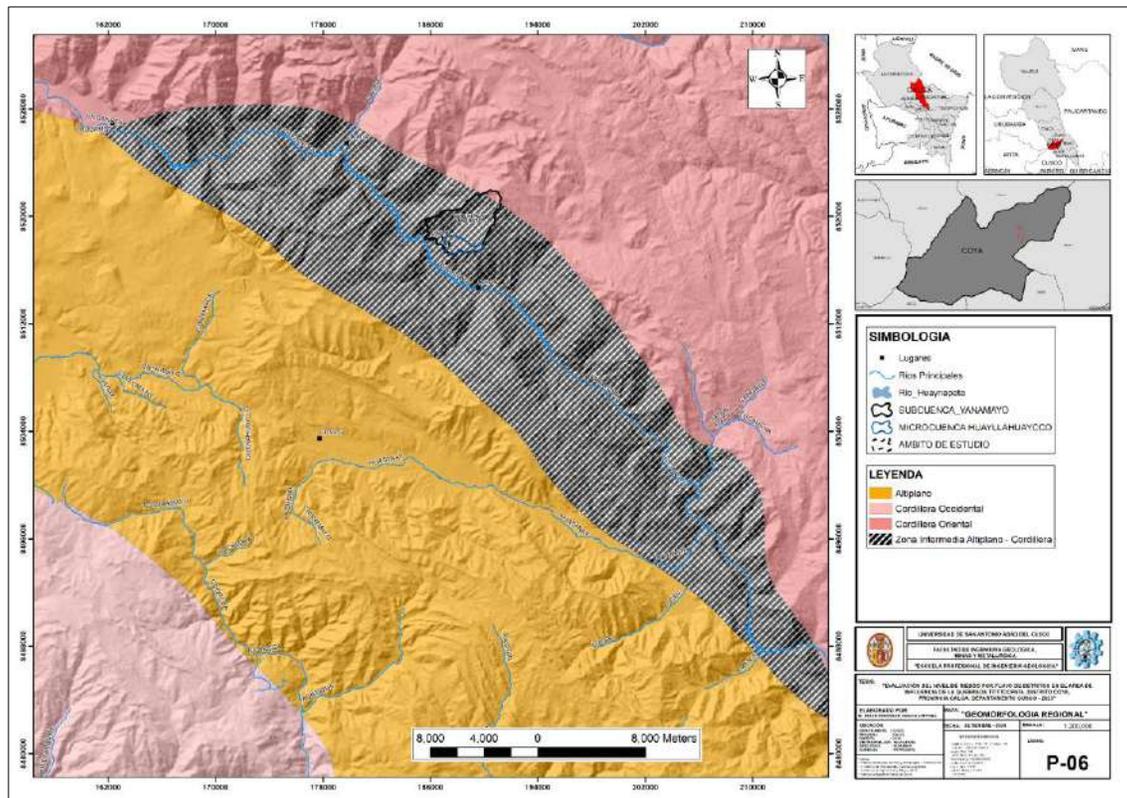
4.2.1.3. Zona intermedia Altiplano – Cordillera oriental

Es una franja alargada en dirección NO-SE que separa el Altiplano al sur, de la Cordillera Oriental al norte, en los cuadrantes I, III y IV. En general, la franja es más delgada al sureste y más ancha al noroeste donde está representada por el anticlinal de Vilcanota.

En el ámbito de estudio esta zona expone, calizas, margas, areniscas lutitas y volcanitas del Paleozoico superior (Grupo Copacabana y Formación Ene) y del Meso- Cenozoico (Grupo Mitú, formaciones Caicay y Huancané, Grupo Yuncaypata y formaciones Quilque-Chilca). Las alturas máximas alcanzadas en esta zona sobrepasan los 4800 msnm y destacan particularmente las Montañas de Pachatusan, cuyas laderas al norte son bastante abruptas por el desnivel en relación al río Vilcanota, en tanto que al sur es suave, incluso con presencia de mesetas como la de Huaccoto que se halla a una altura promedio de 4000 msnm. (Carlotto et al. 2011)

Figura 17

Unidades geomorfológicas regionales del cuadrángulo de Calca 27S.



Nota. Obtenido de INGEMMET.

4.3. Geología Estructural

La geología estructural se relaciona con las actividades tectónicas, los cuales modifican los estratos de los sedimentos, elevaciones de terrenos, así como la acción erosiva, por ende, la importancia de tener el conocimiento sobre dichas deformaciones y secuencias sedimentarias. Los sistemas de fallas inversas que afectan al ámbito de estudio son parte del sistema regional NO-SE Urcos-Sicuani-Ayaviri.

4.3.1. Geología Estructural Regional

La región Cusco se atribuye a una serie de procesos orogénicos que han ocurrido a lo largo de un extenso período de tiempo. Estos procesos engloban diversas fases que comprenden la acumulación de sedimentos, la modificación de la estructura de la tierra, la elevación de terrenos y, por último, la acción erosiva.

La tectónica tardiherciniana en la región que se extiende desde Vilcabamba en Cusco hasta el centro de Perú se caracteriza por un levantamiento de bloques a lo largo de las fallas con orientación noroeste-sureste. Estas fallas dieron lugar a la formación de fosas y pilares tectónicos, lo que a su vez provocó la separación de los mares. Como resultado, se produjo la erosión que condujo al depósito de una variedad de rocas sedimentarias, tanto terrestres como marinas. (INGEMMET, 1995)

Por lo cual tanto las deformaciones, levantamientos y erosión de la quebrada Ttittocpata, están vinculados al anticlinal del Vilcanota perteneciente a la fase tectónica inca.

4.3.2. Neotectónica

4.3.2.1. Fallas activas

Las fallas activas en la región de Cusco se han dividido en dos sectores conocidos como los sistemas Cusco y sistema Vilcanota. En el sistema de fallas Cusco, se han identificado las fallas de Tambomachay, Tamboray, Qoricoha, Zurite, Pachatusan y Zurite. Por otro lado, en el sistema de fallas de Pomacanchis, Pampamarca y Langui. (Carlotto et al. 1996)

En los cuadrángulos de Urubamba y Calca, se ubica la mayor parte del sistema de fallas activas de Cusco, con un énfasis en las fallas de Zurite, Tambomachay, Qoricacha y Tamboray. (Carlotto et al. 1996)

En el ámbito de estudio las fallas activas más cercanas corresponden a la falla Qoricocha y Lamay.

- Falla Qoricocha

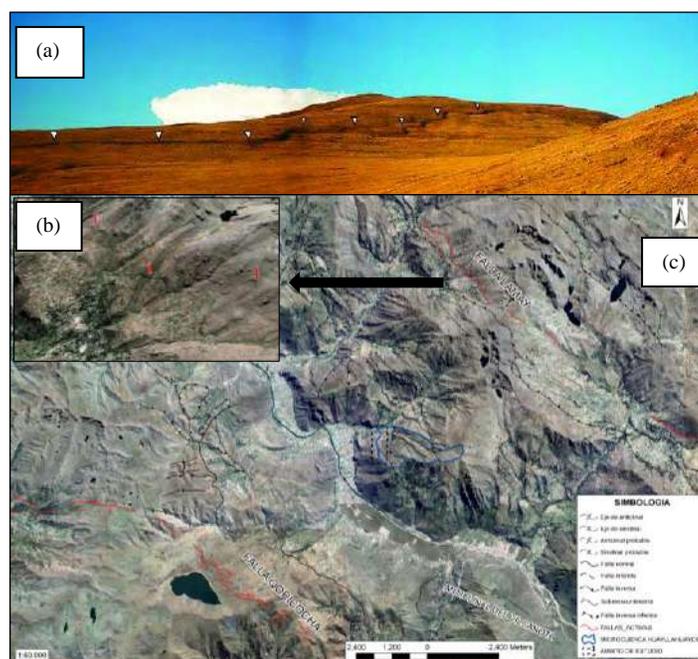
La falla Qoricocha tiene una dirección NW-SE con un escarpe de 6m, la reactivación de la falla fue mediante un movimiento de tipo normal siniestral, cinemática que es compatible con los movimientos cuaternarios y holocenos. La falla Qoricocha se extiende a lo largo de 23 kilómetros. Su ubicación respecto al ámbito de estudio (6 kilómetros) la convierte en un peligro latente. (Benavente, C. y otros., 2013).

- Falla Lamay

La falla Lamay es del tipo normal, tiene una dirección N 130°E y un buzamiento de 70° hacia el SE, el escarpe mayor mejor conservado se ubica en el cerro Juyayoc, tiene 30 metros aproximadamente. Se extiende a lo largo de 7 kilómetros. Su ubicación respecto al ámbito de estudio (6 kilómetros) la convierte en un peligro latente. (Benavente, C. y otros., 2013).

Figura 18

Fallas activas cercanas menores a 10 km del ámbito de estudio.



Nota. (a) Parte central de la falla Qoricocha, (b). Vista de la falla Lamay, (c) falla Qoricocha y falla Lamay ubicadas en una imagen satelital, obtenido de Google Earth Pro.

4.3.2.2. Pliegues

- Anticlinal del Vilcanota

Este anticlinal con orientación noroeste-sureste presenta el Grupo Copacabana aflorando en su núcleo afectando las rocas paleozoicas y mesozoicas. En la parte Noreste se tienen varios sistemas de fallas inversas de dirección NO-SE paralelo al anticlinal con inclinación hacia el Noreste. Estos cabalgamientos tectónicos hacen que el Grupo Mitú se superponga a la Formación Paucarbamba, al mismo tiempo que la Formación Paucartambo se superpone al Grupo Mitú. Estos procesos ocurren en el flanco noreste del Anticlinal de Vilcanota. (Carlotto et al. 1996)

4.4. Geodinámica Externa

4.4.1. Inventario de Movimientos en Masa

Los peligros por movimientos en masa, fueron identificados en el ámbito de estudio sobre la base topográfica con curvas de cada 2 metros generadas a partir del levantamiento fotogramétrico, imágenes disponibles de SAS Planet y Google Earth Pro, así mismo se han identificado por los trabajos de campo.

Para el inventario se utilizó una “Ficha”, donde se consigna datos de la identificación de peligros, características de la roca o suelo, dimensiones del fenómeno natural y observaciones.

A continuación, se muestra las fichas por cada tipo de movimiento en masa:

Figura 19

Deslizamiento rotacional 01.

INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA					FICHA N°1
PROVINCIA: Calca	DISTRITO: Coya	SECTOR: Huaynapata	QUEBRADA: Tittocpata	MARGEN: Izquierda	CODIGO DE MOVIMIENTOS EN MASA: D-01
Coordenadas UTM	WGS-84	ESTE	187156.7838	TIPOLOGIA DE MOVIMIENTO	
ZONA	19S	NORTE	8518156.144	Deslizamiento rotacional	
		ALTITUD	3274.2738 m.s.n.m		
Características de la roca o suelos.			Dimensiones Del Fenómeno		
Condiciones de la roca/suelo:			Dimensiones:		Unidad
*Clasificación de suelos: CL-ML Arcilla limosa de baja plasticidad con arena			*Longitud:	170.1	m
*Litología: Formación Huancane			*Ancho promedio:	150	m
*Meteorización: Alta			*Area:	19788.14	m ²
*Humedad: Baja			*Profundidad aproximado:	20	m
			*Volumen aproximado:	395762.8	m ³
Observaciones:		Fotografías:			
<p>Observaciones: En la imagen se observa las escarpas y grietas de hasta 1.90 m del deslizamiento rotacional transportadas por la acción de la gravedad así como consecuencia de las altas precipitaciones. El suelo posee una densidad alta por lo que este tipo de deslizamiento no produciría un flujo de detritos, sin embargo la erosión pluvial incrementa la cantidad de disposición de material en la quebrada lo que conduce a la generación de flujo de detritos.</p>					

Figura 20

Deslizamiento rotacional 02.

INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA					FICHA N°2
PROVINCIA: Calca	DISTRITO: Coya	SECTOR: Huaynapata	QUEBRADA: Tittocpata	MARGEN: Derecha	CODIGO DE MOVIMIENTOS EN MASA: D-02
Coordenadas UTM	WGS-84	ESTE	187253.421	TIPOLOGIA DE MOVIMIENTO	
ZONA	19S	NORTE	8518126.926	Deslizamiento rotacional	
		ALTITUD	3270.0738 m.s.n.m		
Características de la roca o suelos.			Dimensiones Del Fenómeno		
Condiciones de la roca/suelo:			Dimensiones:		Unidad
*Clasificación de suelos: GW, grava bien gradada arenosa			*Longitud:	45	m
*Litología: Formación Paucarbamba			*Ancho promedio:	20	m
*Meteorización: Alta			*Area:	367.533936	m ²
*Humedad: Baja			*Profundidad Aproximado.:	1	m
			*Volumen aproximado:	367.533936	m ³
Observaciones:		Fotografías:			
<p>En la imagen se observa las escarpas del deslizamiento transportadas por la acción de la gravedad así como consecuencia de las altas precipitaciones. El suelo posee una densidad muy baja por tratarse de suelos inconsolidados, por lo que este tipo de deslizamiento produciría un flujo de detritos, por otro lado la erosión pluvial y gravitacional incrementa la cantidad de disposición de material en la quebrada lo que conduce a la generación de flujo de detritos.</p>					
DESPLAZAMIENTO ROTACIONAL D-01					
Elaboracion:	FRANK FERDINAND LIMACHI AIMITUMA			FECHA:	28/09/2023

Figura 21

Flujo de detritos 01.

INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA					FICHA N°3
PROVINCIA: Calca	DISTRITO: Coya	SECTOR: Huaynapata	QUEBRADA: Tittocpata	MARGEN: Derecha	CODIGO DE MOVIMIENTOS EN MASA: F-01
Coordenadas UTM	WGS-84	ESTE		187275.148	TIPOLOGIA DE MOVIMIENTO
ZONA	19S	NORTE		8518175.448	Flujo de detritos
		ALTITUD		3250 m.s.n.m	
Características de la roca o suelos.			Dimensiones Del Fenómeno		
Condiciones de la roca/suelo:			Dimensiones:		Unidad
*Clasificación de suelos: GW, grava bien gradada arenosa			*Longitud:	46	m
*Litología: Formación Paucarbamba			*Ancho Promedio:	25	m
*Meteorización: Alta			*Area:	875.368717	m2
*Humedad: Baja			*Profundidad aproximado:	1	m
			*Volumen aproximado:	875.368717	m3
Observaciones:		Fotografías:			
<p>En la imagen se observa las escarpas del deslizamiento transportadas por la acción de la gravedad así como consecuencia de las altas precipitaciones. El suelo posee una densidad muy baja por tratarse de suelos inconsolidados, por lo que este tipo de deslizamiento produciría un flujo de detritos, por otro lado la erosión pluvial y gravitacional incrementa la cantidad de disposición de material en la quebrada lo que conduce a la generación de flujo de detritos.</p>		 <p>Area inestable N°3</p> <p>LEYENDA - - - Grietas tensionales - - - Area inestable 3 - - - Flujo de detritos</p>			

Figura 22

Deslizamiento rotacional 03.

INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA					FICHA N°4
PROVINCIA: Calca	DISTRITO: Coya	SECTOR: Huaynapata	QUEBRADA: Tittocpata	MARGEN: Derecha	CODIGO DE MOVIMIENTOS EN MASA: D-03
Coordenadas UTM	WGS-84	ESTE		187251.55	TIPOLOGIA DE MOVIMIENTO
ZONA	19S	NORTE		8518306.69	Deslizamiento rotacional
		ALTITUD		3213.385498 m.s.n.m	
Características de la roca o suelos.			Dimensiones Del Fenómeno		
Condiciones de la roca/suelo:			Dimensiones:		Unidad
*Clasificación de suelos: GW, grava bien gradada arenosa			*Longitud:	94.174487	m
*Litología: Formación Paucarbamba			*Ancho promedio:	31	m
*Meteorización: Alta			*Area:	2451.236234	m2
*Humedad: Baja			*Profundidad Aproximado.:	4	m
			*Volumen aproximado:	9804.944936	m3
Observaciones:		Fotografías:			
<p>En la imagen se observa las grietas tensionales del deslizamiento y caída de suelos por la acción de la gravedad. Las caídas de suelos y deslizamientos incrementan la cantidad de disposición de material en la quebrada lo que conduce a la generación de flujo de detritos.</p>		 <p>LEYENDA - - - Grietas tensionales - - - Deslizamiento rotacional</p>			

Figura 23

Caída de suelos 1.

INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA					FICHA N°5
PROVINCIA: Calca	DISTRITO: Coya	SECTOR: Huaynapata	QUEBRADA: Tittocpata	MARGEN: Izquierda	CODIGO DE MOVIMIENTOS EN MASA: CS-01
Coordenadas UTM	WGS-84	ESTE	187227.1445		TIPOLOGIA DE MOVIMIENTO
ZONA	19S	NORTE	8518216.225		Caída de suelo
		ALITUD	3206.051882		
Características de la roca o suelos.					
Condiciones de la roca/suelo:					
*Clasificación de suelos: GW- Grava bien gradada arenosa y CL-ML Arcilla limosa de baja plasticidad con arena					
*Litología: Formación Huancane					
*Meteorización: Alta					
*Humedad: Baja					
Observaciones:			Fotografías:		
<p>En la imagen se observa caídas de suelos, provocados por la acción de la gravedad y la precipitación, además de la pendiente. En la parte superior se puede observar las escarpas, los cuales aportan gran cantidad de sedimentos para la ocurrencia del flujo de detritos.</p>					

Figura 24

Flujo de detritos 2.

INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA					FICHA N°6
PROVINCIA: Calca	DISTRITO: Coya	SECTOR: Huaynapata	QUEBRADA: Tittocpata	MARGEN: Izquierda	CODIGO DE MOVIMIENTOS EN MASA: F-02
Coordenadas UTM	WGS-84	ESTE	187212.8569		TIPOLOGIA DE MOVIMIENTO
ZONA	19S	NORTE	8518168.07		Flujo de detritos y deslizamiento rotacional
		ALITUD	3236.548553		
Características de la roca o suelos.					Dimensiones Del Fenómeno Deslizamiento
Condiciones de la roca/suelo:					Dimensiones:
*Clasificación de suelos: GW- Grava bien gradada arenosa y CL-ML Arcilla limosa de baja plasticidad con arena					*Longitud:
*Litología: Formación Paucarbamba					*Ancho Promedio:
*Meteorización: Alta					*Area:
*Humedad: Baja					*Profundidad aproximado:
					*Volumen aproximado:
Observaciones:			Fotografías:		
<p>En la imagen se observa en la parte superior el escarpe de un deslizamiento antiguo, parte del deslizamiento rotacional D-02, además en la parte inferior se aprecia las caídas de suelos, provocados por la acción de la gravedad, pendiente y la precipitación, los cuales aportan gran cantidad de sedimentos para la ocurrencia del flujo de detritos. En la parte inferior se puede observar el flujo de detritos en el cauce de la quebrada Tittocpata.</p>					

Figura 25

Flujo de detritos 3.

INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA					FICHA N°7
PROVINCIA: Calca	DISTRITO: Coya	SECTOR: Huaynapata	QUEBRADA: Tittocpata	MARGEN: Izquierda	CODIGO DE MOVIMIENTOS EN MASA: F-03
Coordenadas UTM	WGS-84	ESTE		187228.2028	TIPOLOGIA DE MOVIMIENTO
ZONA	19S	NORTE		8518189.766	Flujo de detritos
		ALTITUD		3216.402831	
Características de la roca o suelos.					
Condiciones de la roca/suelo:					
*Clasificación de suelos: GW- Grava bien gradada arenosa y CL-ML Arcilla limosa de baja plasticidad con arena					
*Litología: Formación Paucarbamba					
*Meteorización: Alta					
*Humedad: Baja					
Observaciones:			Fotografías:		
<p>En la imagen se observa el flujo de detritos en el cauce de la quebrada Tittocpata, en el que se puede apreciar los materiales de escombros como parte de los arboles, ramas, rocas de diferentes diemnsiones, caídas de suelos, provocados por la acción de la gravedad y la precipitación, además de la pendiente. En la parte superior se puede observar la erosión natural gravitacional y la escarpa de un deslizamiento antiguo. los cuales aportan gran cantidad de sedimentos para la ocurrencia del flujo de detritos.</p>					

Figura 26

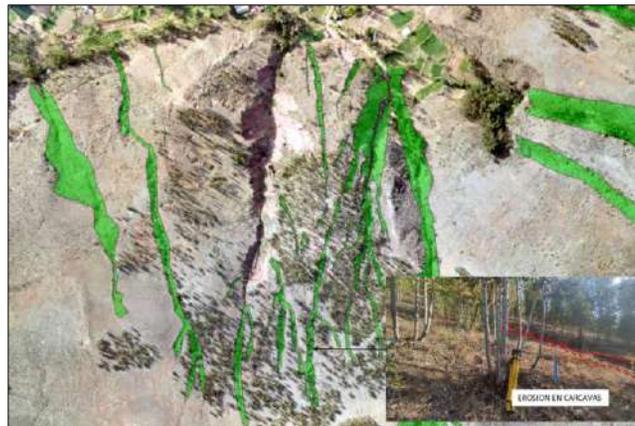
Caída de suelo 02.

INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA					FICHA N°8
PROVINCIA: Calca	DISTRITO: Coya	SECTOR: Huaynapata	QUEBRADA: Tittocpata	MARGEN: Derecha	CODIGO DE MOVIMIENTOS EN MASA: CS-02
Coordenadas UTM	WGS-84	ESTE		187265.7737	TIPOLOGIA DE MOVIMIENTO
ZONA	19S	NORTE		8518182.358	Caída de suelo
		ALTITUD		3243.234428	
Características de la roca o suelos.					
Condiciones de la roca/suelo:					
*Clasificación de suelos: GW- Grava bien gradada arenosa y CL-ML Arcilla limosa de baja plasticidad con arena					
*Litología: Formación Huancane					
*Meteorización: Alta					
*Humedad: Baja					
Observaciones:			Fotografías:		
<p>En la imagen se observa caídas de suelos, provocados por la acción de la gravedad y la precipitación, además de la pendiente. En la parte superior se puede observar la erosión natural gravitacional y la escarpa de un deslizamiento antiguo. los cuales aportan gran cantidad de sedimentos para la ocurrencia del flujo de detritos.</p>					

Figura 27*Flujo de detritos 3.*

INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA					FICHA N°9
PROVINCIA: Calca	DISTRITO: Coya	SECTOR: Huaynapata	QUEBRADA: Tittocpata	MARGEN: Derecha	CODIGO DE MOVIMIENTOS EN MASA: F-03
Coordenadas UTM	WGS-84	ESTE		187245.6653	TIPOLOGIA DE MOVIMIENTO
ZONA	19S	NORTE		8518154.312	Flujo de detritos
		ALTITUD		3235.331333	
Características de la roca o suelos.					
Condiciones de la roca/suelo:					
*Clasificación de suelos: GW- Grava bien gradada arenosa y CL-ML Arcilla limosa de baja plasticidad con arena					
*Litología: Formación Huancane					
*Meteorización: Alta					
*Humedad: Baja					
Observaciones:			Fotografías:		
<p>En la imagen se observa caídas de suelos, provocados por la acción de la gravedad y la precipitación, además de la pendiente. En la parte superior se puede observar las escarpa de deslizamiento y/o derrumbes, los cuales aportaron gran cantidad de sedimentos para la ocurrencia del flujo de detritos.</p>					

Así mismo se ha evidenciado una gran cantidad de erosión en cárcavas.

Figura 28*Erosión en Cárcavas.*

A continuación, se muestra los diferentes movimientos en masa identificados en el ámbito de estudio.

La geodinámica interna dominante en la región de Cusco es principalmente de origen tectónico.

4.5.1. Sismicidad

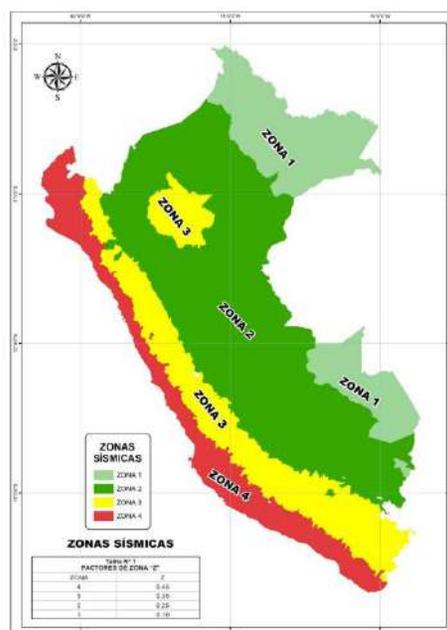
Dado que la subducción es la principal fuente sismogénica en el Perú, la mayoría de los mapas que representan la actividad sísmica y las fuerzas de aceleración se modelan teniendo en cuenta el límite costero o subductivo como origen.

Como se puede apreciar en el mapa elaborado para la normativa E-030 del diseño sismorresistente 2016, que describe las Zonas Sísmicas del Perú, la mayor parte del área del Cusco está dentro de la Zona 2, donde se asigna un valor de factor Z de 0.25. Este valor se interpreta como la máxima aceleración horizontal esperada en un suelo rígido, con una probabilidad del 10% de ser superada en un período de 50 años. El factor Z se representa como una fracción de la aceleración debida a la gravedad (Norma técnica E-0030 - 2016).

La categorización de las zonas sísmicas en esta escala resulta beneficiosa para algunas áreas específicas del país, pero no refleja adecuadamente la situación en todo el territorio nacional, ya que hay regiones donde los impactos de los sismos generados por fallas dentro de las placas (intraplaca) son más significativos que los provocados por fallas entre placas (interplaca).

Figura 30

Mapa de zonas sísmicas del Perú 2016.



Nota. Obtenido de Norma técnica E-0030, 2016.

4.5.2. Antecedentes Sísmicos

Tabla 13

Catálogo de sismos con epicentros más cercanos al ámbito de estudio.

FECHA	Latitud (Grados)	Longitud (Grados)	Profundidad (Km)	Mag. (MW)	Distancia del ámbito de estudio al epicentro
31 de marzo 1650	-13.5	-71.7	30	7.2	24 km NE
21 de mayo de 1950	-13.5	72	15	6	22.7 km NW
03 de junio de 1980	-13.36	-72.49	19	5	65 km al NW
25 de setiembre del 1986	-13.4	-71.85	37	4.9	4.4 km al SE
04 de junio del 1995	-13.28	-71.99	13	4.8	16.23 km al NW
07 de julio del 2003	-13.48	-71.96	40	4.9	12.7 km al SW
25 de julio del 2005	-13.34	-71.79	100	4.9	11.8 Km al NE
11 de noviembre de 2018	-13.42	-71.96	12	4.7	8.5 Km al SW

Nota. Los sismos del año 1650 y 1950, corresponden a sismos históricos, Obtenido de Instituto

Geofísico del Perú - IGP.

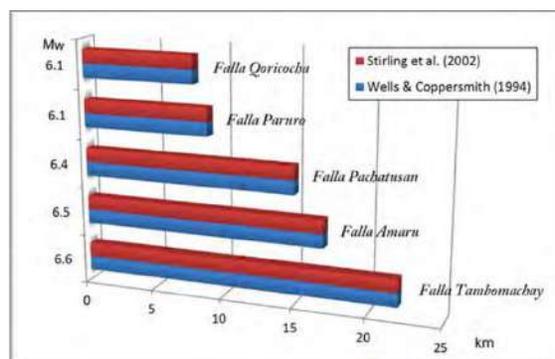
4.5.3. Sismicidad Local

La actividad sísmica en la región es influenciada por las fallas activas que están próximas, algunas de las cuales se encuentran a menos de 10 kilómetros de distancia de la quebrada Ttittocpata.

Benavente C (2013), llevó a cabo un estudio sobre la amenaza sísmica en las fallas de Tambomachay, Qoricocha y Pachatusan. Esta investigación incluyó el cálculo de las magnitudes máximas posibles utilizando la metodología desarrollada por Wells, D.L. y Coppersmith, K.J. en 1994, así como la propuesta por Stirling, M.W. en 2002. Estos enfoques consideran relaciones empíricas entre la magnitud del sismo, el momento sísmico, la longitud de la ruptura y el desplazamiento máximo y promedio por evento.

Figura 31

Magnitudes (M_w) máximas posibles.



Nota. Figura tomada de Benavente, C. et al. (2013).

Para desarrollar los escenarios de aceleración sísmica, Benavente, C. y otros. (2013), emplearon el modelo de atenuación propuesto por Abrahamson, N.A. y Silva, W.J. (2007). Además, se basaron en los parámetros fundamentales utilizados en la modelización sísmica, los cuales fueron obtenidos a partir del catálogo sísmico, las características de las fallas estudiadas y la distribución de los tipos de suelos, entre otros factores relevantes.

Tabla 14

Características de las fallas que localmente afectan a la quebrada Tiitocpata.

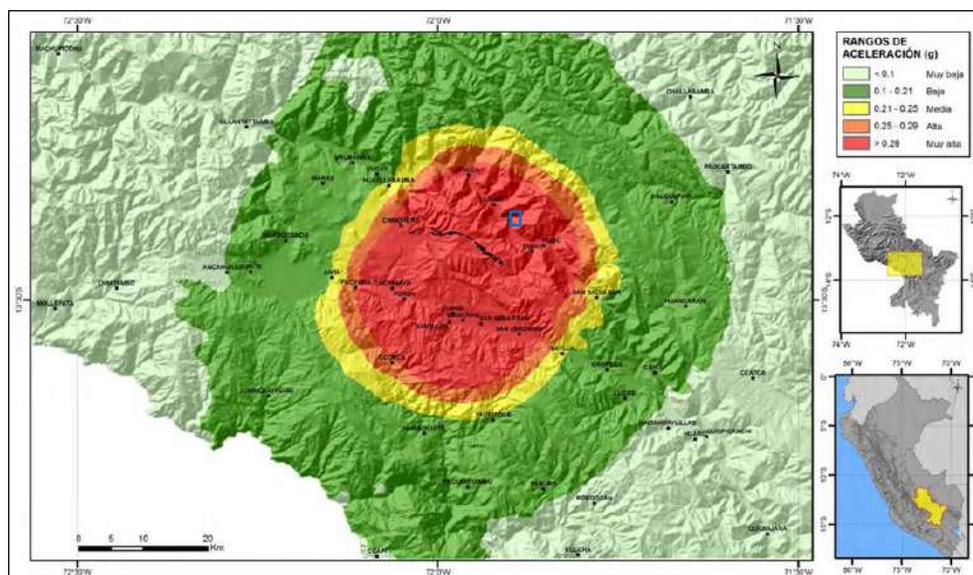
Nombre	Tipo	Magnitud (Mw)	Profundidad (km)	Buzamiento
Tambomachay	Normal	6.5	10	65SW
Qoricocha	Normal	6.1	10	70SW
Pachatusan	Normal	6.4	10	64SW

Nota. Tabla tomada de Benavente, C. et al. (2013).

En los escenarios sísmicos creados para las tres fallas mencionadas, el ámbito de estudio experimenta aceleraciones superiores a 0.29 g, una cifra que se sitúa dentro del rango considerado como muy alto según la clasificación de Ojeda J. y otros (2001).

Figura 32

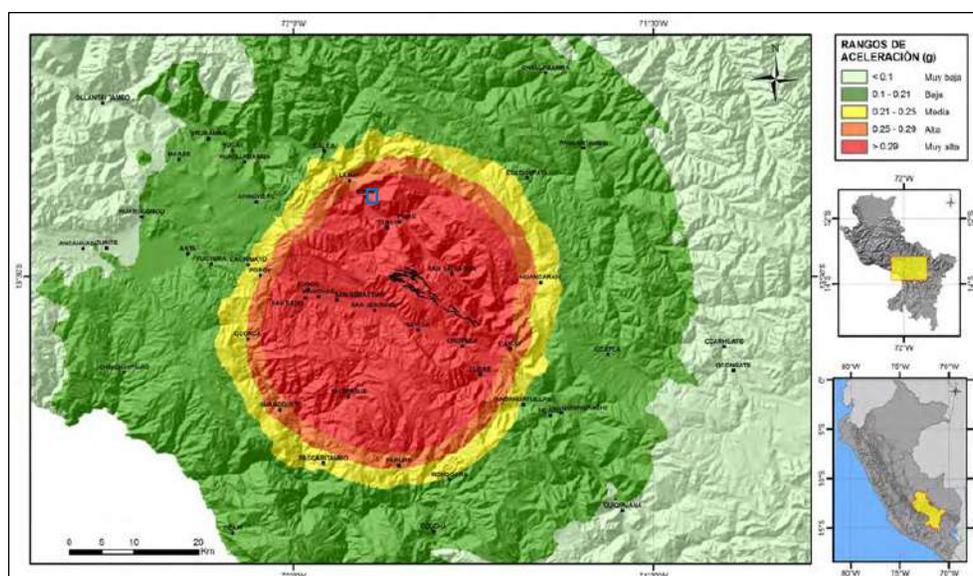
Mapa de aceleración sísmica para la falla Qoricocha.



Nota. El rectángulo azul muestra la zona de estudio, la cual estaría afectada por aceleraciones sísmicas $>0.29g$. Figura tomada de Benavente, C. et al. (2013).

Figura 33

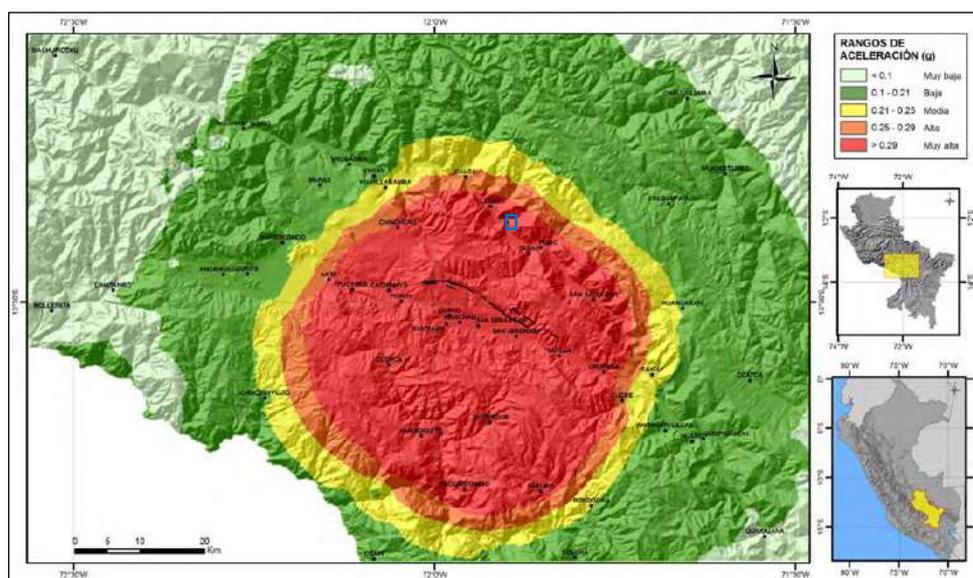
Mapa de aceleración sísmica para la falla Tambomachay.



Nota. El rectángulo azul muestra la zona de estudio, la cual estaría afectada por aceleraciones sísmicas $>0.29g$. Figura tomada de Benavente, C. et al. (2013).

Figura 34

Mapa de aceleración sísmica para la falla Pachatusan.



Nota. El rectángulo azul muestra la zona de estudio, la cual estaría afectada por aceleraciones sísmicas $>0.29g$. Figura tomada de Benavente, C. et al. (2013).

CAPITULO V: Hidrología

5.1. Análisis Morfométrico

5.1.1. *Parámetros Morfométricos*

Para describir los parámetros hidro morfométricos, es necesario considerar las características cuantitativas de la fisiografía de la microcuenca Huayllahuaycco.

Para determinar los parámetros hidro morfométricos, como el área, perímetro y longitud del cauce, se empleó el software ArcGIS – ArcMap y formulas ya establecidas en el manual de hidrología de Máximo Villegas (2002); a continuación, en la siguiente tabla se detalla los datos y parámetros de la microcuenca:

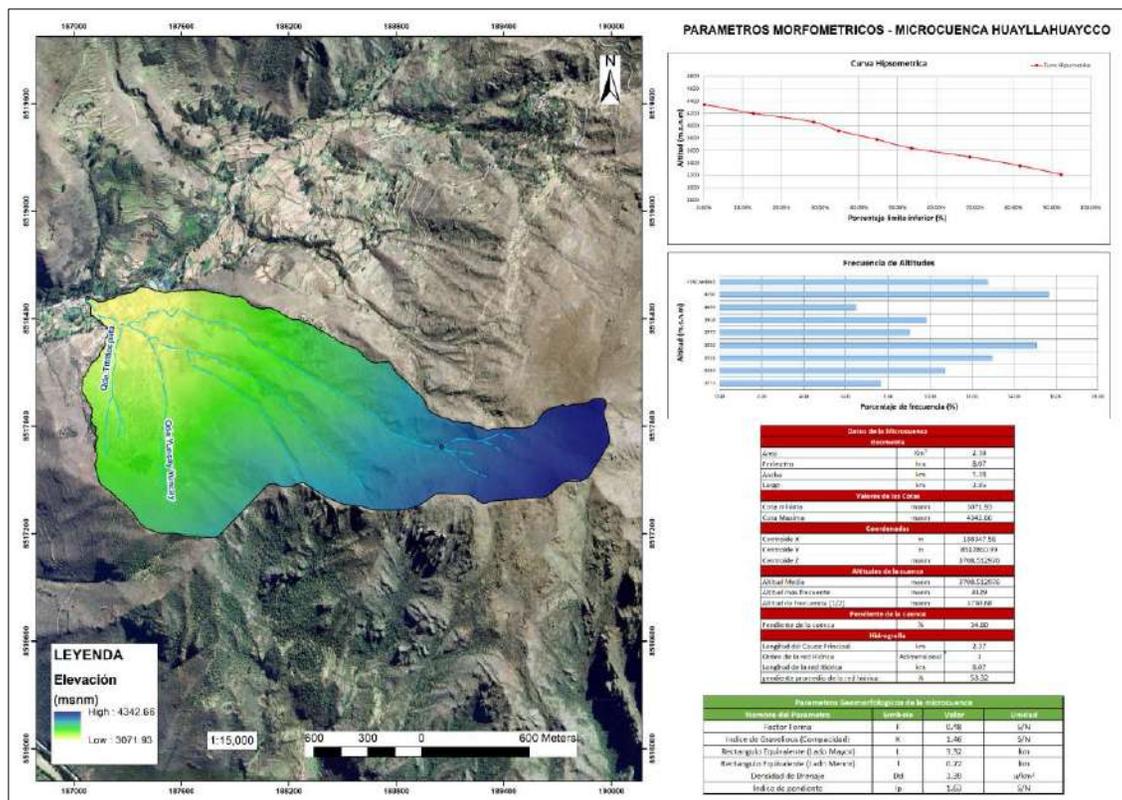
Tabla 15

Resumen de parámetros morfométricos de la microcuenca.

Parámetro	Valor
Área (Km ²)	2.38
Perímetro (Km)	8.07
Índice de compacidad (K)	1.46
Cota Máxima (msnm)	4342.66
Cota Mínima (msnm)	3071.93
Factor de Forma	0.48
Longitud de curso principal (Km)	2.37
Densidad de drenaje (km/km ²)	3.39
Pendiente del cauce principal (%)	45.75

Figura 35

Parámetros morfométricos de la microcuenca.



5.2. Análisis Hidrológico

La finalidad del análisis hidrológico es determinar los caudales máximos, para lo cual se debe conocer las intensidades máximas de precipitación y escorrentía. Sin embargo, el país tiene limitaciones en la disponibilidad de datos, tanto hidrométricos como pluviométricos, así como la mayor parte de las cuencas hidrográficas no se encuentran instrumentadas, por lo mencionado se aplicó métodos indirectos para estimar estos valores (siguiendo la metodología propuesta por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en su manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje aprobado mediante decreto supremo N° 0342008-MTC), los cuales se presentan a continuación:

5.2.1. Análisis de Precipitación Máxima en 24 Horas

Para el análisis de datos de precipitación de la microcuenca Huayllahuaycco, se reunieron datos de precipitaciones de cuatro estaciones meteorológicas más cercanas al área de evaluación (Pisac, Colquepata, Urubamba y Granja Kayra). Los datos analizados constan de 25 valores de precipitación máxima en 24 horas multianuales, abarcan registros desde 1998 hasta 2022. Para obtener los datos de precipitación máxima 24 horas de la microcuenca, se realizó la regionalización de las cuatro estaciones meteorológicas, considerando la altitud media de la Quebrada Ttittocpata.

Tabla 16

Coordenadas de ubicación de las estaciones meteorológicas.

Estación	Latitud	Longitud	Coordenadas UTM 19S		Altitud msnm	Distrito
Pisac	13°25'10.2" S	71°51'3.1" W	191261.8	8514688.9	2990	Pisac
Colquepata	13°21'47.27" S	71°40'24.1" W	210429.9	8521144.3	3696	Colquepata
Granja Kayra	13°33'24.29" S	71°52'30.61" W	188805.3	8499463	3214	San Jerónimo
Urubamba	13°18'18.6" S	72°7'28.4" W	160967.0	8524995.8	2850	Urubamba

Las precipitaciones generadas para el área de evaluación, se desarrolló mediante el método del U.S. National Weather Service.

El método consiste en ponderar los valores observados en una cantidad W_i igual al recíproco del cuadrado de la distancia (D) entre cada estación vecina y la estación A.

$$P_x = \frac{\sum P_i w_i}{\sum w_i}$$

Donde:

P_i : Precipitación observada para la fecha faltante, en las estaciones auxiliares circundantes.

$$w_i = 1/D_i^2$$

Siendo:

D_i : Distancia entre cada estación circundante a la estación incompleta en Km.

Las precipitaciones generadas para la quebrada Ttittocpata son los siguientes:

Figura 36

Precipitaciones máximas en 24 horas (P_{max24h}) multianuales.



Nota. Adaptado de SENAMHI, (1998 – 2022).

5.2.1.1. Análisis de Datos Dudosos Para las Precipitaciones Máximas

Para el análisis de datos dudosos, se utilizó la metodología propuesta por Chow (1994), el cual consiste en calcular las precipitaciones máximas y mínimas aceptadas (41.54 y 18.44 respectivamente). Los valores calculados permiten verificar la existencia de algún tipo de dato dudoso. A continuación, se observa que los valores de P_{max} 24h, están dentro de los límites aceptados, por lo cual no existe datos dudosos. (Ver Anexo B.1)

Figura 37

Precipitaciones máximas y mínimas aceptadas (P_{max24h})



Nota. Adaptado de SENAMHI, (1998 – 2022).

5.2.1.2. Prueba de Bondad de Ajuste

Consiste en determinar cuál de las distribuciones probabilísticas se adecua mejor a los datos de Pmax 24h. Por lo cual se realizó la prueba de bondad de ajuste de “Kolmogórov-Smirnov” a 5 distribuciones probabilísticas: “Normal”, “Gumbel”, “Log Normal”, “Pearson III” y “Log Pearson III”, mediante el uso del software Hydrognomon 4. (Ver anexo B.2)

El criterio de elección consiste en comparar el delta máximo ($D_{\text{máx}}$), con el delta crítico ($D_{\text{Crítico}}$), de manera que el $D_{\text{máx}} < D_{\text{Crítico}}$, entonces se valida la hipótesis de que los datos se ajustan a las funciones probabilísticas, con un nivel de significancia del 0.05 o una probabilidad de confianza del 99.5%

Tabla 17

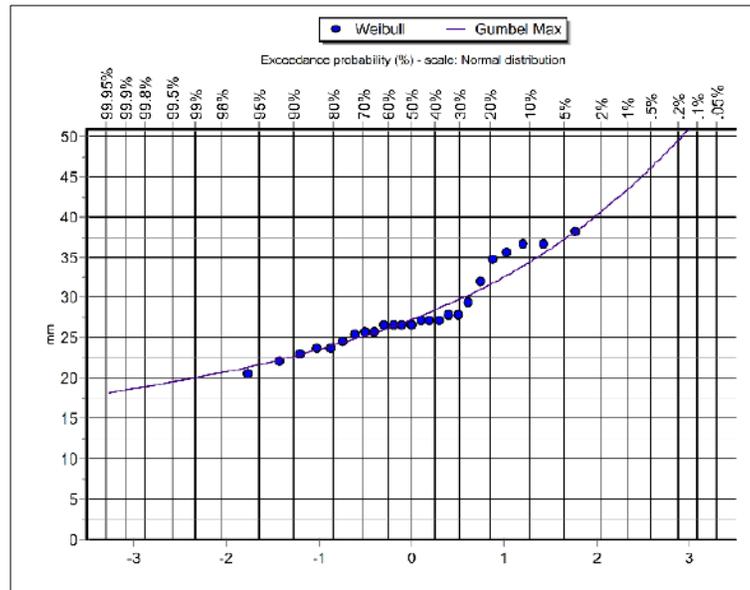
Prueba de ajuste de Kolmogórov-Smirnov para los datos Pmax 24h.

TIPO DE DISTRIBUCIÓN	DELTA MAXIMO	DELTA CRITICO
Normal	0.205	0.272
Log - Normal	0.171	0.272
Pearson III	0.150	0.272
Log Pearson III	0.138	0.272
Gumbel	0.135	0.272

Nota. La distribución con el menor valor del Dmax, en nuestro caso, la distribución de Gumbel Max, fue la que más se ajustó, A continuación, se puede apreciar el ajuste de datos de precipitación máxima en 24 horas.

Figura 38

Ajuste de los datos de precipitación máxima de 24 horas a la función de distribución de Gumbel Max, para la estación quebrada Tittocpata.



Para predecir la ocurrencia de una determinada magnitud de evento hidrometeorológico (tormenta máxima en 24 horas probable, se debe elegir la distribución que más se ajusta (Gumbel Max) y un determinado periodo de retorno.

5.2.1.3. Periodo de Retorno

Se define como el intervalo promedio de tiempo en años, el cual esta inversamente relacionado con el valor de la probabilidad de ocurrencia.

Para seleccionar el periodo de retorno, se tomaron en cuenta las recomendaciones del Ministerio de Economía y Finanzas, establecidas en su “Guía metodológica para proyectos de protección y/o control de inundaciones en áreas agrícolas o urbanas”. Además, se consideró la recurrencia de precipitaciones máximas multianuales según el análisis de dispersión de la tabla anterior. En este contexto, se seleccionaron cuatro periodos de retorno: 10, 25, 50 y 100 años. A

continuación, se muestran las precipitaciones máximas obtenidas a partir del software Hydrognomon.

Tabla 18

Precipitación máxima en 24 horas para distintos periodos de retorno.

Periodo de retorno (años)	Pmax 24h mm	(Pmax 24h) (1.13) (Corregida) mm
10	34.4148	38.888724
25	38.0173	42.959549
50	40.6899	45.979587
100	43.3428	48.977364

Nota. Se tomo en consideración el coeficiente de corrección (1.13) de Pmax, de acuerdo a las recomendaciones de la Organización Meteorológica Mundial OMM-N°168.

5.2.2. *Cálculo del número de Curva*

Para el cálculo de numero de curva se utilizó la información de cobertura vegetal y uso de suelos; en el cual se identificó siete unidades en la microcuenca Huayllahuaycco, los cuales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 19

Unidades de cobertura vegetal y uso de suelos.

Unidades de cobertura vegetal y uso de suelos	Área km2	NC	Área*NC
Áreas de bosque denso	0.1871	55	10.29
Cuerpo de agua	0.0002	100	0.017
Matorrales	0.7936	71	56.35
Pastizales	1.2828	79	101.34
Sin cobertura vegetal	0.0187	82	1.54
Tierras de cultivo	0.0927	71	6.58
Zonas urbanas y rurales	0.0043	98	0.43
Total	2.3795		176.54
Valor ponderado NC		74.192	

Asignando un tipo de suelo hidrológico tipo “B” y un número de curva por cada unidad de cobertura vegetal y uso de suelo, se determinó un valor ponderado estimado de CN igual a 74.19, el cual nos servirá para el cálculo del hidrograma líquido, desarrollado a continuación.

5.2.3. *Tiempo de Concentración (tc)*

El tiempo de concentración es el lapso que pasa desde que unas gotas de agua caen en puntos altos más lejanos de la quebrada hasta que alcanza la salida de la misma (estación de aforo).

Para la determinación del tiempo de concentración utilizamos la fórmula de Kirpich, Temez y Dogue los cuales se muestran a continuación.

a) **Formula de kirpich**

Desarrollada por Soil Conservation Service (SCS) en cuencas rurales de Tennessee y Pensilvania, con canales bien definidos y con pendientes muy pronunciadas (3 - 10%) en cuencas con áreas menores a 100 Ha.

$$Tc = 0.06628 \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.77}$$

b) **Formula de Temez**

Su aplicación se ve limitada por el rango adecuado de uso que está entre 1 Km² - 3 000 Km². Según los registros de sus usuarios y de la aplicación de la misma no hay limitaciones por el tipo de terreno o su morfología.

$$Tc = 0.3 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right) S^{0.76}$$

c) **Formula de Dooge**

Esencialmente es la ecuación de Kirpich, desarrollada para pequeñas cuencas montañosas de California.

$$Tc = 0.3 \left(\frac{A^{0.4}}{S^{0.1}} \right)$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración (Hrs) S: Pendiente de la cuenca (m/m)

A: Área de la microcuenca (Km²) L: Longitud del cauce principal (Km)

ΔH : Diferencia de altitud (m)

A continuación, se muestran los resultados de los distintos tiempos de concentración, de los cuales se escogió el tiempo de concentración obtenido por la fórmula de Temez.

Tabla 20

Tiempos de concentración para la microcuenca Huayllahuaycco.

Tiempo de concentración				
Unidad	kirpich	Temez	Dooge	Tiempo de concentración Promedio
Horas	0.18	0.64	0.47	0.43
Minutos	11.06	38.64	27.95	25.88

Posteriormente se calculó el tiempo de retardo (Tlag); un parámetro necesario para la generación del hidrograma con la siguiente formula:

$$Tlag = 0.60xTc$$

Tabla 21

Tiempos de retardo para la microcuenca Huayllahuaycco.

Tiempo de concentración (min)	Tiempo de retardo (min)
25.8843301	15.53059806

5.2.4. Estimación de Caudales

Para la estimación de caudales se utilizaron los datos de precipitaciones máximas multianuales como datos de entrada, los cuales originan un caudal máximo proporcional a la intensidad de la lluvia y el área de la cuenca. A continuación, se determinan las propiedades de la tormenta.

5.2.4.1. Cálculo de intensidad máxima

Para el cálculo de la intensidad máxima de la lluvia se utilizó el software Hidroesta 2, el software utiliza el modelo de regresión lineal múltiple, el cual propuso Aparicio (1997).

$$I_{max} = \frac{KT^m}{D^n}$$

Donde:

I_{max} : Intensidad Máxima

K, m, n: Factores característicos de la zona de estudio

Tr: Periodo de retorno en años

D: Duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración (min)

Para la quebrada Ttittocpata se obtuvo la siguiente ecuación.

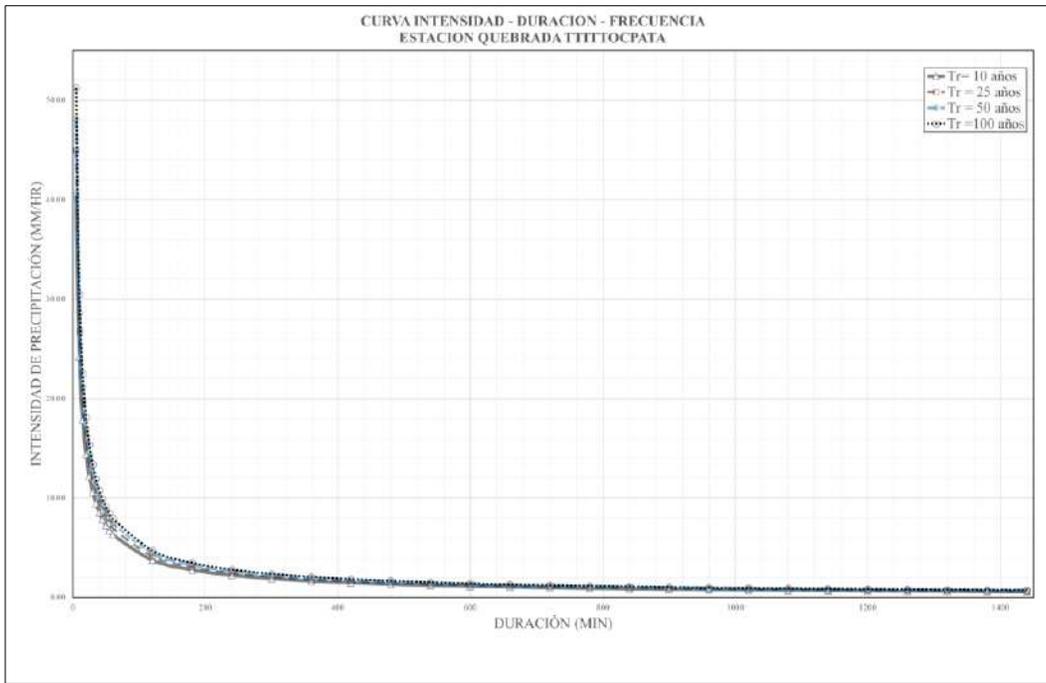
$$I_{max} = \frac{105.752854 x T^{0.10093458}}{D^{0.75}}$$

Este método permitió obtener las curvas sintéticas de Intensidad, Duración y Frecuencia (IDF) para diversos periodos de retorno (10, 25, 50, 100 años). A partir de estas curvas, se generaron los hietogramas de precipitación correspondientes a cada periodo y, posteriormente, se estimaron los hidrogramas de avenida y los caudales máximos para cada periodo de retorno en la microcuenca Huayllahuaycco. Esto se realizó con el objetivo de incorporar estos datos en el modelado numérico de flujos de detritos.

A continuación, se presentan las curvas I-D-F que reflejan las características hidrológicas, basadas en el estudio hidrológico regional realizado por IILA-SENAHMI-UNI.

Figura 39

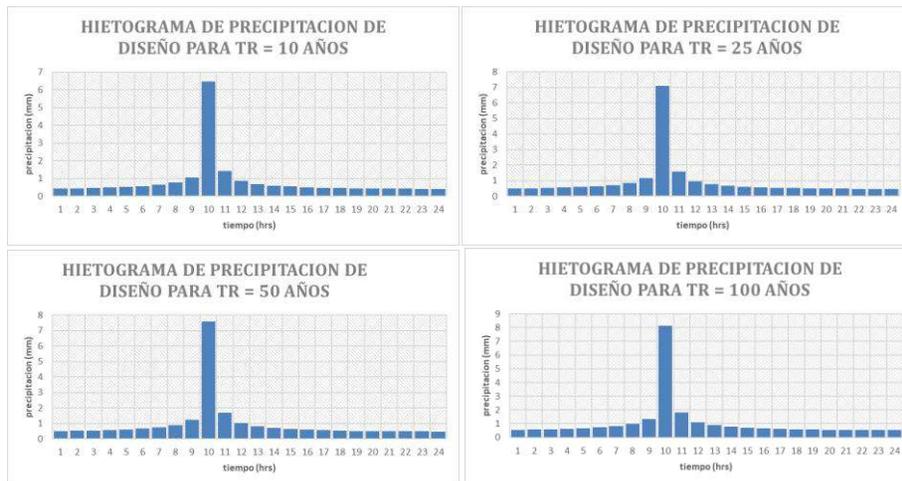
Gráfico de curva de intensidad – duración y frecuencia.



Posteriormente se determina los hietogramas de lluvia estimadas para los diferentes periodos de retorno seleccionados (10, 25, 50 y 100 años respectivamente), generado a partir de las curvas I-D-F en la zona de estudio. (Ver **Figura 39**)

Figura 40

Hietogramas de precipitación de diseño.



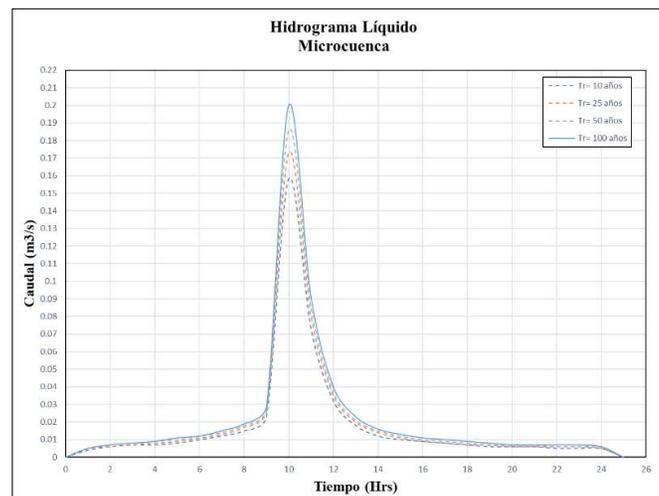
5.2.4.2. Hidrograma líquido

Para estimar el hidrograma de avenida, se utilizó el modelo hidrológico HEC-HMS, elegido por ser un programa de acceso libre y ampliamente reconocido a nivel mundial, además de contar con una interfaz de datos fácil de ingresar e interpretar. La metodología del Soil Conservation Service (SCS) fue empleada para el cálculo del hidrograma, ya que es una de las más simples para este propósito. Además, utiliza tormentas hipotéticas de 24 horas derivadas de los hietogramas sintéticos calculados en el ítem anterior. (Ver anexo B.6)

Los hidrogramas generados para cada periodo de retorno (10,25,50 y 100 años), los cuales presentan un caudal máximo de 0.16 m³/s, 0.17 m³/s, 0.19 m³/s y 0.2 m³/s, respectivamente se muestran a continuación.

Figura 41

Hidrogramas líquidos para diferentes periodos de retorno.



Nota. Hidrograma líquido para diferentes periodos de retorno con datos de precipitaciones máxima e intensidad.

Según el Reglamento para la Delimitación y Mantenimiento de Fajas Marginales, aprobado mediante la Resolución Jefatural N°332-2016-ANA (Bartelt P., 2017), en los cauces cercanos a

áreas urbanas se debe considerar un periodo de retorno (TR) de 100 años. Por lo tanto, para el ámbito de estudio se calculó el caudal correspondiente a un TR de 100 años.

5.2.5. Simulación iRIC Morpho 2DH

Para el análisis dinámico y cálculo del probable flujo de detritos, se utilizó el software iRIC The International River Interface Cooperative (iRIC). El modelo puede reproducir los procesos de transporte y erosión/deposición de flujo de escombros/lodo debido a deslizamientos y/o derrumbes de suelos.

Los flujos de detritos se distinguen de los otros flujos por transportar material granular suspendido en agua, el material va desde arenas hasta bloques de distintos tamaños, por lo cual la simulación se realizó para una concentración volumétrica 0.45.

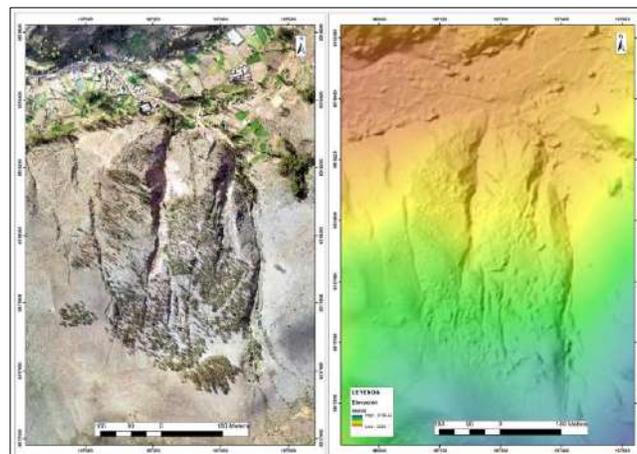
5.2.5.1. Información básica. Se recaudaron datos como el vuelo fotogramétrico de alta resolución, estudios de suelos de entrada de la quebrada Ttittocpata.

a) Topografía

Para el procesamiento en el software iRIC Morpho 2DH se utilizó el modelo de elevación digital con una resolución de 2m/pix; así mismo se ha obtenido una imagen del levantamiento fotogramétrico con dron a una resolución de 0.36 cm/pix.

Figura 42

Imagen Satelital y modelo de elevación digital.

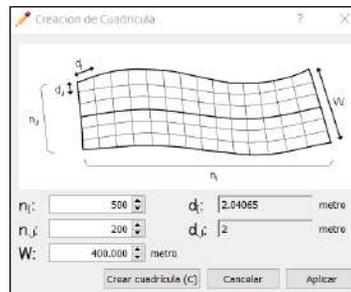


b) Tamaño de dominio

Se ingresa esta información en base a la delimitación del área a trabajar, a través del algoritmo de crear cuadrícula de línea polígona y anchura, por otro lado, se consideró el tamaño de celda de acuerdo a la resolución de la data de elevación.

Figura 43

Información del tamaño de celdas.

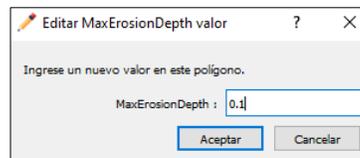


c) Máxima profundidad de erosión

Esta información hace referencia a la Profundidad máxima de erosión de la superficie terrestre, de acuerdo al levantamiento de información en campo se ha considerado un valor de 0.1 metros como una máxima profundidad de erosión.

Figura 44

Máxima profundidad de erosión.



d) Profundidad de área inestable

Esta información hace referencia a la profundidad de áreas inestables que puedan generar un flujo de detritos.

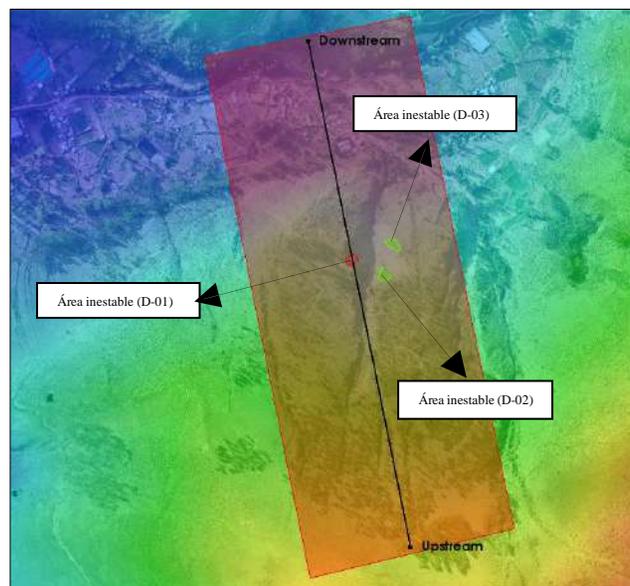
Tabla 22

Coordenadas y profundidad de las probables áreas inestables.

Zona	Este	Norte	Área (m ²)	Profundidad (m)	Volumen Aproximado (m ³)
Margen izquierda de la quebrada D-01	187193.8	8518151.8	408.92	3	1226.76
Margen derecha de la quebrada D-02	187255.2	8518119.5	367.53	0.6	220.52
Margen derecha de la quebrada D-03	187275.1	8518181.7	428.84	0.6	257.30

Figura 45

Ubicación de deslizamientos en el software iRIC Morpho2DH.



e) Factor de Fricción

Para el factor de rugosidad se utilizó las imágenes satelitales y la imagen de vuelo fotogramétrico con valores de número de Manning propuesto por Ven Te Chow.

Como resultado se escogió 6 componentes principales de rugosidad, mencionados en la siguiente tabla.

Tabla 23

Numero de Manning para la quebrada Tittocpata.

COMPONENTE	n-Manning
CAMPO ABIERTO CON FLUJO	0.1
CAUCE DE RIO Y CAUCES PRINCIPALES	0.04
MARGENES DE QUEBRADA Y ZONAS ALEDAÑAS AL CAUCE PRINCIPAL	0.055
VIAS PRINCIPALES	0.07
ZONAS RURALES	0.015

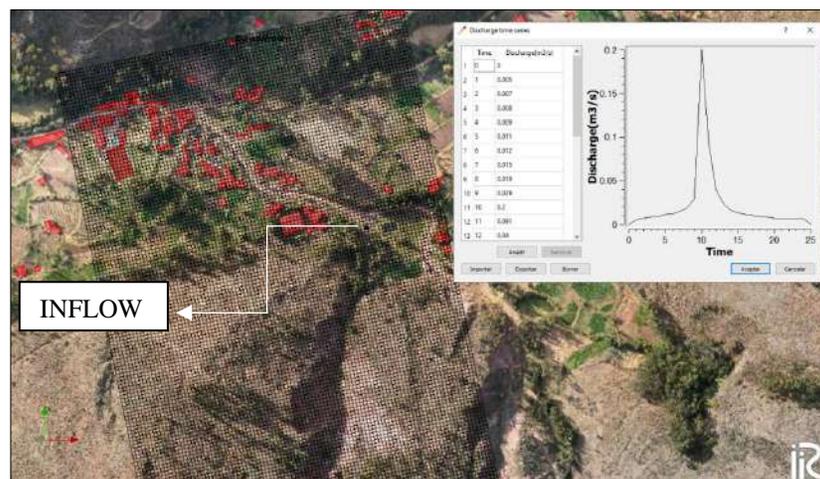
Nota. Obtenido de (Ven Te Chow, 1994).

f) Hidrograma líquido

Se considera el hidrograma líquido para un tiempo de retorno de 100 años. Cabe mencionar que estos valores son muy importantes por lo que serán la data de entrada (Inflow) en el modelo computacional iRIC Morpho 2DH.

Figura 46

Ubicación de la celda inflow y el ingreso del hidrograma al programa.

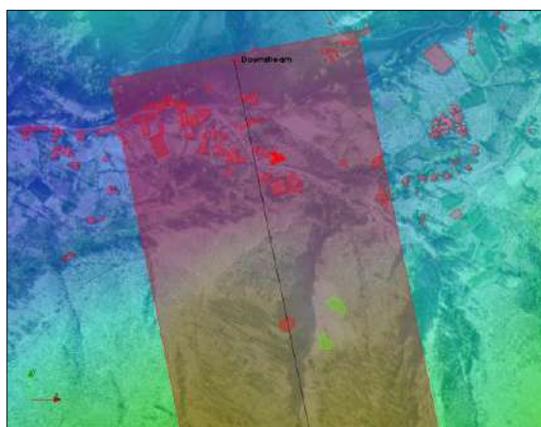


g) Obstáculos

Las viviendas dentro de la grilla que obstruyen o desvían el flujo fueron consideradas como obstáculos que obstruyen o desvían el flujo de detritos.

Figura 47

Modelado de viviendas consideradas como obstáculos.

**h) Parámetros**

En el cuadro, se muestra las condiciones de calculo que requiere el software Morpho 2DH. De acuerdo a las condiciones del terreno y con el apoyo de tablas promedio estandarizadas de los suelos se ingresó la siguiente información.

Tabla 24

Parámetros requeridos por el software Morpho 2DH.

Datos ingresados al programa	Valores
Concentración de sedimento	Change
Valor de concentración de sedimento	0.45
Densidad original del liquido	1
Densidad del sedimento	1.6
Concentración de sedimentos de deposición estática	0.54
Comportamiento del líquido Relación de sedimentos	0.2
Profundidad mínima de flujo	0.01
Angulo de fricción interna	36.54
Profundidad de flujo laminar	Constante
Relación de profundidad de flujo laminar	0.4
Coefficiente de resistencia	72
Elevación de lecho fija	Deshabilitado

i) Resultados de la simulación

El modelo numérico se desarrolló en base al estudio de suelos, análisis de estabilidad de taludes, registro fotográfico, morfología del terreno y data recopilada en campo.

La profundidad del evento se consideró en base al deslizamiento suscitado el 2010 en ladera de la margen derecha de la quebrada Ttittocpata, considerando una profundidad aproximada de 0.6 m y 1m en las áreas inestables.

La simulación con el software Morpho 2DH toma como base la topografía, el análisis de estabilidad de taludes y los parámetros de cohesión y ángulo de fricción, considerando así un área inestable de 0.0809 ha correspondiente al talud más inestable. Estos corresponden a un suelo GW suelta, Son este tipo de materiales los que favorecen a la ocurrencia de un flujo de detritos.

Se observa el modelamiento numérico para los deslizamientos, derrumbes y caídas de suelos con más probabilidad de ocurrencia, la profundidad de flujo de detrito máxima llega aproximadamente entre 0.01 m hasta 4.29 m en el ámbito de estudio

Figura 48

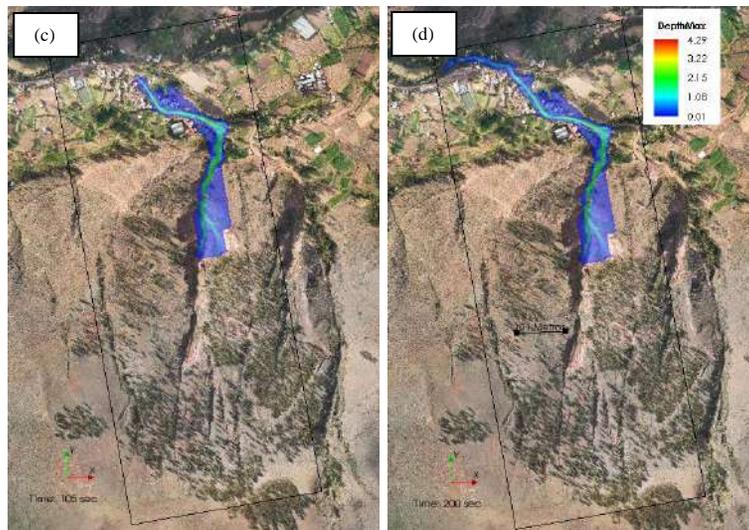
Simulación del flujo de detritos a) y b).



Nota. En las figuras (a) y (b) se muestran las alturas de flujo en los tiempos de 3s y 42s, respectivamente, obtenido de iRIC morpho2DH.

Figura 49

Simulación del flujo de detritos c) y d).



Nota. En las figuras (c) y (d) se muestran las alturas de flujo en los tiempos de 105s y 200s, respectivamente, obtenido de iRIC morpho2DH.

CAPITULO VI: Aspectos Geotécnicos

6.1. Mecánica de Rocas

La necesidad de comprender el comportamiento mecánico de las distintas formaciones rocosas presentes en la quebrada Tittocpata nos llevó a llevar a cabo evaluaciones del macizo rocoso y de los índices de calidad de rocas.

Los resultados obtenidos de estos análisis nos proporcionan una comprensión más precisa del comportamiento mecánico de las rocas y de sus propiedades ingenieriles en la zona de estudio. Por este motivo, se realizó una caracterización detallada de los afloramientos rocosos de las distintas formaciones presentes en la quebrada Tittocpata.

La formación Huancané: Está conformada por afloramientos de areniscas cuarzosas de tonalidad blanca que corresponden al miembro inferior, según la evaluación correspondiente al macizo rocoso insitu de la arenisca, la calidad de esta formación es regular.

Así mismo está conformada por lutitas correspondientes al miembro superior, según la evaluación correspondiente al macizo rocoso insitu de la lutita, la calidad de esta formación es mala (Muy Pobre), debido principalmente a la desintegración de las lutitas.

Figura 50

Ventana estructural 01 del macizo rocoso de la formación Huancané.



Figura 51

Ventana estructural 02 del macizo rocoso de la formación Huancané.



La formación Paucarbamba: Está conformada por afloramientos intercalación de areniscas con estratificación flaser bedding y limo arcillitas rojas y a gris verdosa, según la evaluación correspondiente al macizo rocoso insitu de la arenisca, la calidad de esta formación es mala (Pobre).

Figura 52

Ventana estructural 03 del macizo rocoso de la formación Paucarbamba.



En el área de estudio se examinaron las características naturales de las rocas, teniendo en cuenta que están sujetas a procesos ambientales como erosión, los cuales ocasionan fracturas, alteraciones y meteorización, a continuación, se muestra los resultados de las caracterizaciones de los macizos rocosos.

historia. La presencia de agua en los macizos rocosos disminuye su resistencia, genera presiones internas y altera sus propiedades.

Para determinar las propiedades físicas de las rocas en la quebrada Ttittocpata, empleamos dos métodos: El análisis mediante golpes de picota y la observación directa en el terreno. Estos métodos nos permitirán obtener información sobre las propiedades físicas de la roca, así como evaluar su comportamiento mecánico.

6.2. Mecánica de Suelos

a) Ensayos in situ

Para el análisis de estabilidad de talud en suelos y la simulación con el programa iRIC morpho2DH, se realizaron 3 calicatas y 3 muestreos, para la clasificación de suelos y obtener los parámetros geotécnicos, con el propósito de obtener el factor de seguridad del deslizamiento y las laderas de la quebrada Ttittocpata.

Se realizaron los siguientes procedimientos de identificación y muestreo de suelos alterados hasta una profundidad de 1.60 m, según las siguientes normas.

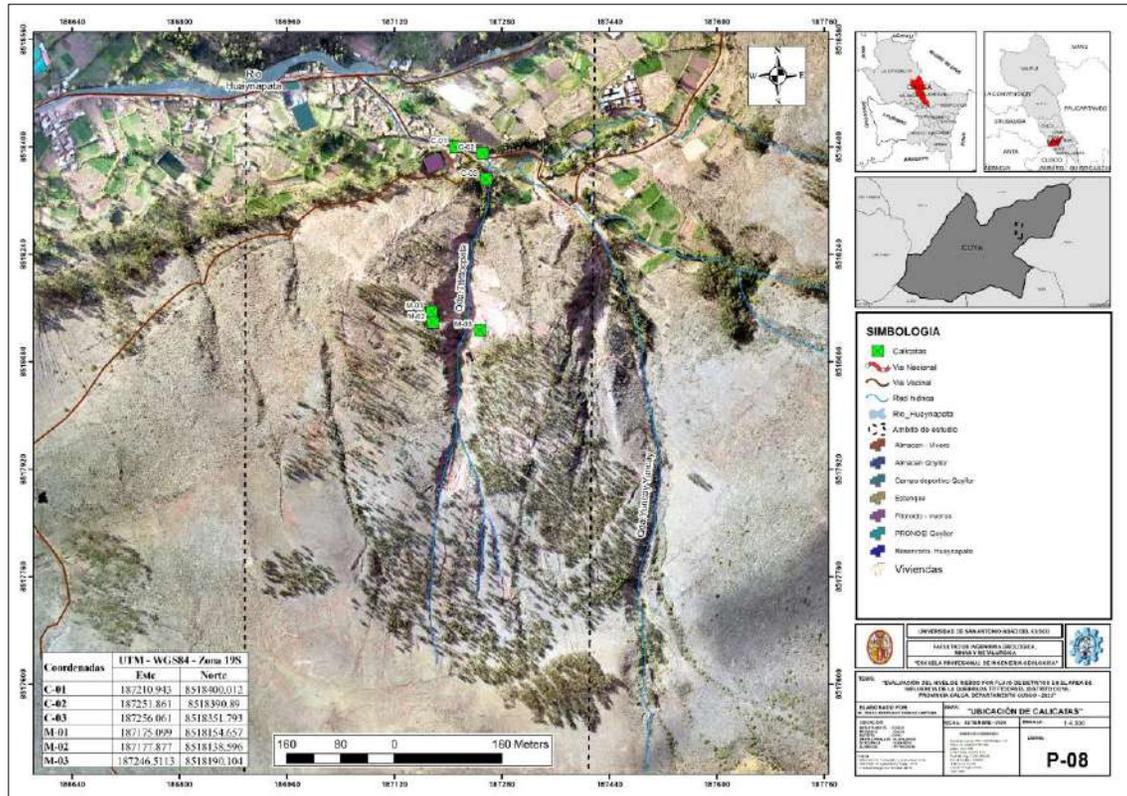
Tabla 28

Normas de ensayos insitu.

Ensayos insitu	Normas aplicables
Pozos o calicatas	ASTM D 420, UNE 7-371:1975
Técnicas de muestreo	ASTM D 420
Descripción Visual de Suelos	ASTM D 2487

Figura 53

Ubicación de calicatas y muestras.



b) Ensayos de laboratorio

Para la determinación de los parámetros de caracterización del terreno, se desarrollaron los diferentes ensayos según las normas aplicables a cada una de ellas:

Tabla 29

Normas de ensayos de laboratorio.

Ensayos de laboratorio	Normas aplicables
Preparación de Muestras	ASTM D 420-69, UNE 103-100-95
Granulometría e Identificación	NTP 339.128, ASTM D 422, ASTM D 2487
Límites de Consistencia	ASTM D – 4318
Humedad natural	ASTM D 2216
Corte Directo	NORMAS TECNICAS: MTC E 123 Y ASTM D 3080

Calicata N°1:

El primer estrato de 0.00 a 0.20 m, corresponde a material orgánico conformado por raíces y material cuaternario y el segundo estrato de 0.20 a 1.30 m, corresponde a grava mal graduada GP de coloración marrón rojiza con clastos de diámetro máximo de 16 cm, presencia de nivel freático a 1.20 m.

Figura 54

Perfil estratigráfico de suelo de la calicata N°1.

PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN		ENSAYOS
				SUCS	IMAGEN	IN SITU
-0.20	E-01		Material orgánico limoso			
	E-02		Grava mal graduada arenosa	GP		MUESTREO
N.F. -1.20						
-1.50						

Calicata N°2

El primer estrato de 0.00 a 0.20 m, corresponde a material orgánico conformado por raíces y material cuaternario y el segundo estrato de 0.20 a 0.70 m, corresponde a un suelo GW, de coloración rojiza con clastos de diámetro máximo de 9 cm, así mismo de 0.70 a 1.50 m posee clastos con diámetro máximo de 17cm.

Figura 55

Perfil estratigráfico del suelo de la calicata N°2.

PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN		ENSAYOS
				SUCS	IMAGEN	IN SITU
-0.20	E-01		Material orgánico limoso			
	E-02		Grava mal graduada arenosa	GP		MUESTREO
-1.50						

Calicata N°3

El primer estrato de 0.00 a 0.20 m, corresponde a material orgánico conformado por raíces y material cuaternario y el segundo estrato de 0.20 a 1.50 m, corresponde a un suelo GW, de coloración rojiza con clastos de diámetro máximo de 16 cm.

Figura 56

Perfil estratigráfico del suelo de la calicata N° 3.

PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN		ENSAYOS
				SUCS	IMAGEN	
-0.20	E-01		Materia orgánica limosa			
-1.50	E-02		Grava bien gradada arenosa	GW		MUESTREO

Muestra N°1

El primer estrato de 0.00 a 0.20 m, corresponde a material orgánico conformado por raíces y material cuaternario. El segundo estrato de 0.20 a 1.60 m, corresponde a un suelo Arcilla limosa de baja plasticidad con arena CL - ML, de coloración marrón amarillento con clastos esporádicos de diámetro máximo de 25 cm. Se determino la densidad del suelo mediante volumen conocido, obteniendo como resultado una densidad de 1.719 g/cm³.

Figura 57

Perfil estratigráfico del suelo de la muestra M-01.

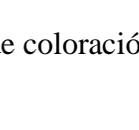
PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN		ENSAYOS
				SUCS	IMAGEN	
-0.20	E-01		Materia orgánica limosa			
-1.00	E-02		Arcilla limosa de baja plasticidad con arena	CL - ML		MUESTREO

Muestra N°2

El primer estrato de 0.00 a 0.20 m, corresponde a material orgánico conformado por raíces y material cuaternario y el segundo estrato de 0.20 a 1.60 m, corresponde a un suelo Arcilla limosa de baja plasticidad con arena CL - ML, de coloración marrón amarillento con clastos esporádicos de diámetro máximo de 19 cm.

Figura 58

Perfil estratigráfico del suelo de la muestra M-02.

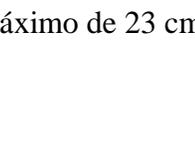
PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN		ENSAYOS
				SUCS	IMAGEN	IN SITU
-0.20	E-01		Material orgánico lirioso			
-1.60	E-02		Arcilla limosa de baja plasticidad con arena	CL - ML		MUESTREO

Muestra N°3

El primer estrato de 0.00 a 0.40 m, corresponde a material orgánico conformado por raíces y material cuaternario y el segundo estrato de 0.20 a 11 m aproximadamente, corresponde a una grava bien gradada arenosa GW, de coloración rojiza con clastos de diámetro máximo de 23 cm.

Figura 59

Perfil estratigráfico del suelo de la muestra M-03.

PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN		ENSAYOS
				SUCS	IMAGEN	IN SITU
-0.20	E-01		Material orgánico lirioso			
-1.60	E-02		Grava bien gradada arenosa	GW		MUESTREO

A continuación, se muestra el cuadro de resumen para la clasificación de suelos.

Tabla 30

Resumen de propiedades para la clasificación de suelos.

Propiedades	C-01	C-02	C-03	M-01	M-02	M-03
%pasa malla 200	1.52	0.90	1.64	72.57	70.69	3.71
Límite líquido (%)	N. P	N. P	N. P	21	23	N. P
Límite plástico (%)	N. P	N. P	N. P	15	16	N. P
I.P(%)	N. P	N. P	N. P	6	7	N. P
Clasificación	GP	GP	GW	CL – ML	CL-ML	GW
Humedad natural (%)	4.89	5.90	4.56	3.42	3.37	3.24
Angulo de fricción (°)	-	-	-	33	-	36.54
Cohesión (KN/m2)	-	-	-	1.27	-	6.82
Cohesión (Kg/Cm2)	-	-	-	0.013	-	0.07
Peso unitario (KN/m3)	-	-	-	16.86	-	15.68

Nota. El corte directo de las muestras 01 y 03 se realizó con muestras remoldeadas en el laboratorio con la información de las densidades obtenidas en campo y el apoyo de las tablas estandarizadas.

6.3. Cálculo de Estabilidad de Taludes

Para el cálculo del análisis de taludes, se determinó por el método de equilibrio límite, por lo que se realizó el ensayo de corte directo de las muestras M-01 Y M-03, con la finalidad de obtener los parámetros, tales como: Angulo de Fricción (ϕ), Cohesión (C), y el peso específico (γ); para posteriormente determinar el valor de factor de seguridad.

Para el desarrollo del análisis estático, se utilizó el software SLIDE V.6.0, en el que se considera el esfuerzo de corte Mohr – Coulomb, se utilizó el método de equilibrio límite de Bishop Simplificado, por ser el método más confiable en suelos, además se consideró una la aceleración sísmica de 0.29.

Figura 60

Parámetros de entrada para el software SLIDE V 6.0.

The image shows two side-by-side panels for material properties in the SLIDE V 6.0 software. The left panel is for material 'CL-ML' and the right panel is for 'GW-03'. Both panels have a 'Name' field, 'Colour' (yellow) and 'Hatch' (black) dropdowns. The 'Unit Weight' is 16.86 kN/m3 for CL-ML and 15.68 kN/m3 for GW-03. The 'Strength Type' is 'Mohr-Coulomb' for both, with the formula $\tau = c' + \sigma'_n \tan \phi'$ displayed. The 'Strength Parameters' section shows 'Cohesion' (1.27 kN/m2 for CL-ML, 6.82 kN/m2 for GW-03) and 'Phi' (33 degrees for CL-ML, 36.542 degrees for GW-03). The 'Water Parameters' section shows 'Water Surface' set to 'None' and 'R_u Value' set to '0'.

Nota. Se utilizaron los parámetros reológicos de las muestras M-01 y M-03 para las secciones S-01 y (S-02, S-03) respectivamente.

En la siguiente tabla se presenta el factor de seguridad obtenido de las distintas secciones del área de influencia de la quebrada Tittocpata.

Tabla 31

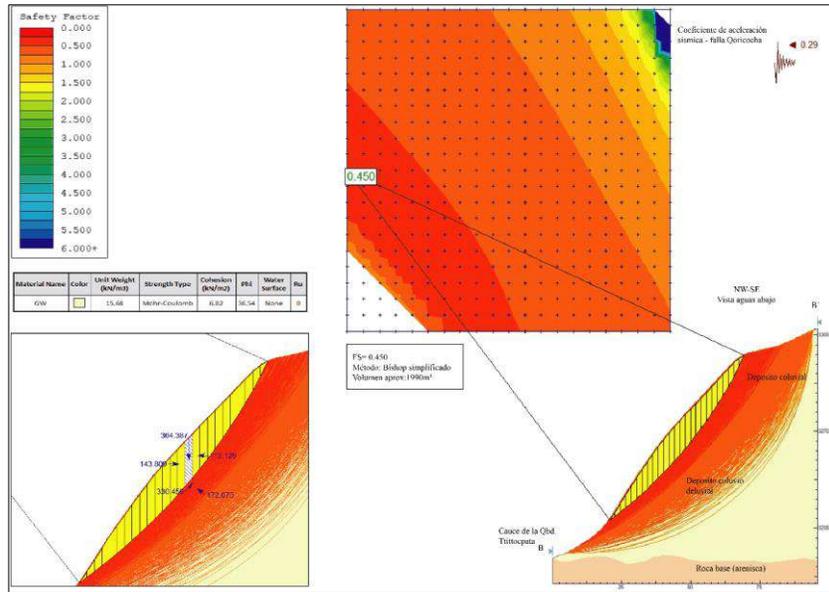
Factor de seguridad por el método de equilibrio limite.

Secciones	Métodos de equilibrio limite - Bishop simplificado	Conclusión
S-01 (B-B')	0.382	INESTABLE
S-02 (A-A')	0.450	INESTABLE
S-03 (C-C')	0.634	INESTABLE

Para la simulación del flujo de detritos, se tomó en consideración las tres áreas inestables, los cuales tienen un factor de seguridad < 1 , por el método de equilibrio limite Bishop Simplificado.

Figura 61

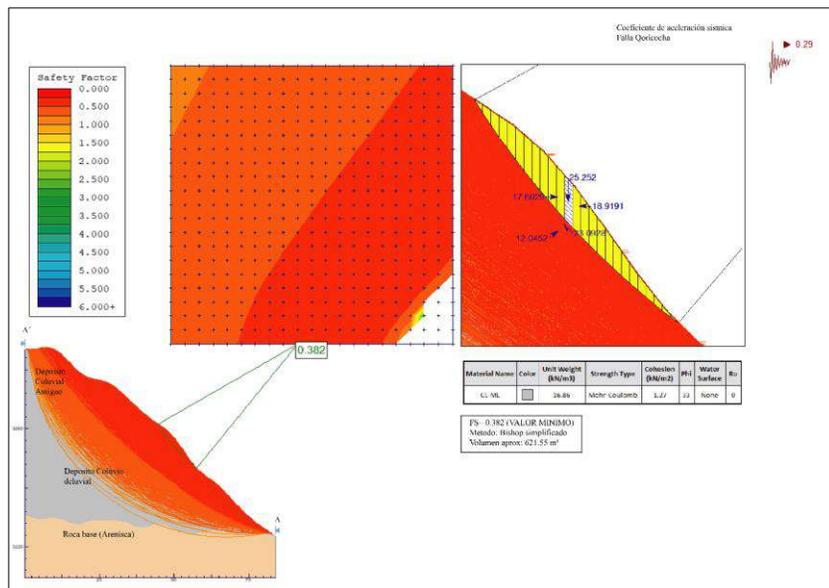
Factor de seguridad por el método Bishop Simplificado de la sección N°1.



Nota. Obtenido del software Slide V 6.0.

Figura 62

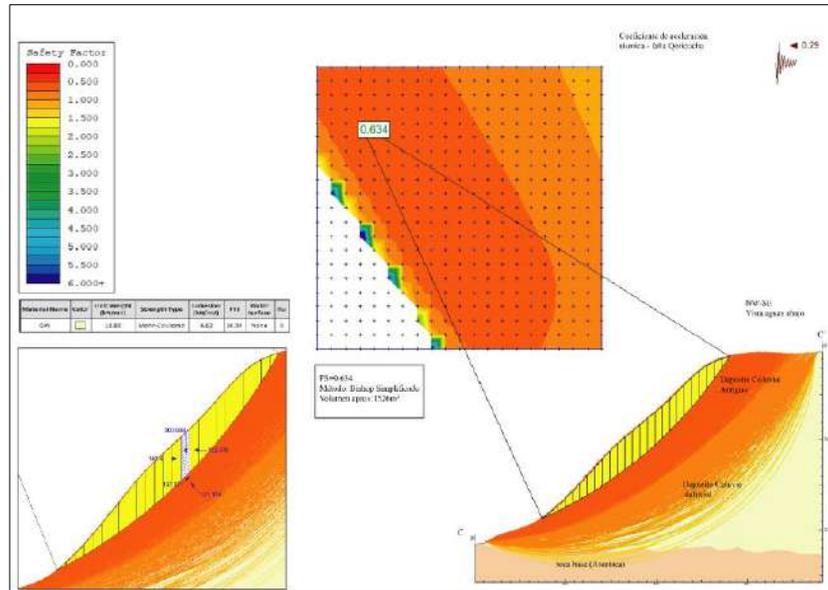
Factor de seguridad por el método Bishop Simplificado de la sección N°2.



Nota. Obtenido del software Slide V 6.0.

Figura 63

Factor de seguridad por el método Bishop Simplificado de la sección N°3.



Nota. Obtenido del software Slide V 6.0.

CAPITULO VII: Determinación del Peligro

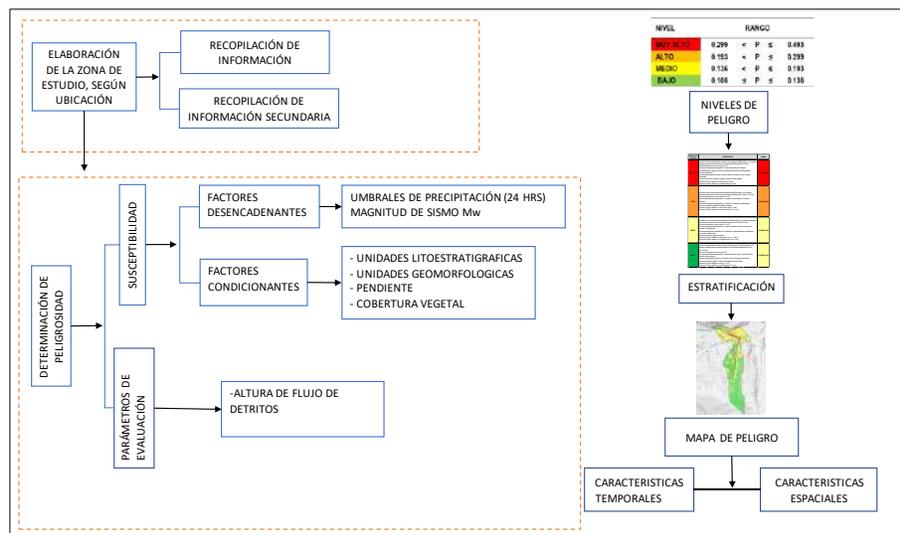
7.1. Metodología Para la Determinación de Peligrosidad

El método empleado para evaluar la susceptibilidad consistió en el análisis jerárquico de matriz de Satty, en el cual se identificaron la precipitación como el factor principal desencadenante, y los niveles de pendientes, componentes geomorfológicos, unidades litoestratigráficas y cobertura vegetal en el área de investigación como los factores condicionantes.

El siguiente método se utilizó para averiguar el peligro de flujo de detritos en la quebrada Ttittocpata del C.P Huaynapata, el cual se puede apreciar en la siguiente figura.

Figura 64

Metodología para la determinación de la peligrosidad.



Nota: Adaptado (CENEPRED,2014).

Para determinar los niveles de peligrosidad debido al flujo de detritos en el área de influencia de la quebrada Ttittocpata, en primer lugar, se llevó a cabo una evaluación e identificación del parámetro de evaluación, para lo cual se consideró la altura del flujo de detritos. Además, se analizó la susceptibilidad del terreno, determinando los factores condicionantes y desencadenantes.

7.1.1. Recopilación y Análisis de Información.

Se recopiló información de estudios publicados por organismos científicos y técnicos como (SENAMHI, INGEMMET, ESCALE, INEI, SIGRID, entre otras), en el cual se obtuvo información histórica, cartografía, clima, geología y geomorfología u otros.

7.1.2. Identificación de Peligros

Para la identificación de peligros se ha realizado el trabajo de campo respecto a la cartografía de fenómenos de origen natural en el área de influencia de la quebrada Ttittocpata.

Los resultados de la cartografía se pueden apreciar en las fichas del inventario de movimientos en masa en el ítem de geodinámica externa.

7.1.3. Identificación de la Probable Área de Influencia

La identificación del área de influencia se basa en el cartografiado y conocimientos históricos de fenómenos de geodinámica externa, que estén relacionados con el flujo de detritos. Por lo cual se identifica la disposición de material y la estabilidad de taludes que ocasionan un flujo de detritos, así mismo se realizó simulaciones de flujo de detritos por deslizamientos y/o derrumbes con el software iRIC Morpho2DH.

La topografía del lugar es otro aspecto, que se ha considerado para la identificación del área de influencia, en el cual se puede apreciar cambios bruscos del nivel de terreno, las zonas semiplanas cercanas a la desembocadura de la quebrada Ttittocpata son ocupadas por los habitantes del centro poblado Huaynapata, delimitando así de esta manera las partes más altas de la quebrada Ttittocpata y parte del centro poblado Huaynapata.

El área de influencia consta de: 24.81 hectáreas de área y 3.47 kilómetros de perímetro.

7.1.4. Caracterización del Peligro.

Las formaciones geológicas principales del ámbito de estudio son depósitos cuaternarios aluviales, coluviales y coluvio deluviales; así como también lutitas, areniscas altamente fracturadas y en menor proporción calizas meteorizadas. Geomorfológicamente se encuentra en vertientes aluviales, aluvio torrenciales, vertientes con depósito de deslizamiento, vertientes coluvio deluviales, vertientes coluviales de detritos, montañas en roca sedimentaria y volcans sedimentaria con pendientes ($>19.18^\circ$). La presencia de cobertura vegetal varia desde zonas sin cobertura vegetal hasta bosques densos. Todas estas condiciones favorecen la ocurrencia del flujo de detritos y afecta a las viviendas de la zona rural emplazada en la desembocadura de la Quebrada Ttittocpata.

Los taludes actuales son inestables y empeoran ante la acción del agua, ocasionando movimientos en masa como deslizamientos, caída de suelos. Los cuales Contribuyen a la concentración de sedimentos en el cauce de la quebrada Ttittocpata.

Figura 65

Flujo de detritos en la desembocadura de la quebrada Ttittocpata.



Nota. Sé observa el material removilizado del flujo de detritos que discurrió por la Trocha carrozable Coya – Ayarcancha, en el centro poblado Huaynapata, obtenido del informe técnico “Zonas críticas por peligros geológicos en la región Cusco (Vilchez, 2015).”

Figura 66

Muros de gaviones destruidos en la desembocadura de la quebrada Tittocpata.



Nota. Sé observa deslizamientos y derrumbes activos en la cabecera de la quebrada, materiales sueltos son acarreados en forma de flujo de detritos “Huayco”, además se puede observar los muros de gaviones destruidos, obtenido del informe técnico “Zonas críticas por peligros geológicos en la región Cusco (Vilchez, 2015).

7.1.5. Factores Condicionantes.

Los factores propios del área de evaluación influyen en la aparición de flujos de detritos. Se asigna un valor ponderado a cada uno de estos factores y se les asigna un descriptor correspondiente. Se elabora una tabla de comparación entre pares, evaluando la importancia relativa de un factor sobre otro según su jerarquía, lo que arroja el resultado siguiente.

Tabla 32*Matriz de comparación de pares de los factores condicionantes.*

Parámetro	Und. geomorfológica	Unid. geológica	Pendiente (°)	Cobertura vegetal
Und. geomorfológica	1.00	3.00	5.00	7.00
Unid. geológica	0.33	1.00	3.00	5.00
Pendiente (°)	0.20	0.33	1.00	3.00
Cobertura vegetal	0.14	0.20	0.33	1.00
suma	1.68	4.53	9.33	16.00
1/suma	0.60	0.22	0.11	0.06

Tabla 33*Matriz de normalización de los factores condicionantes.*

Parámetro	Und. geomorfológica	Unid. geológica	Pendiente (°)	Cobertura vegetal	Vector Priorización
Und. geomorfológica	0.597	0.662	0.536	0.438	0.558
Unid. geológica	0.199	0.221	0.321	0.313	0.263
Pendiente (°)	0.119	0.074	0.107	0.188	0.122
Cobertura vegetal	0.085	0.044	0.036	0.063	0.057
suma					1.000

Tabla 34*Índice y relación de consistencia.*

IC	0.039
RC	0.045

7.1.5.1. Unidades Geomorfológicas

La quebrada Ttittocpata muestra un relieve en forma de V, esculpido por la intensa erosión fluvial que converge en un lecho muy estrecho. En la actualidad, este tramo es altamente susceptible a derrumbes y deslizamientos de tierra debido tanto a las altas pendientes, como a la influencia de actividades humanas.

Tabla 35

Unidades Geomorfológicas del área de influencia de la quebrada Ttittocpata.

Origen	Unidad Geomorfológica	Área (ha)	%
Gravitacional	Vertiente o piedemonte aluvial	1.05	4.24%
	Vertiente con depósito de deslizamiento	10.19	41.09%
	Vertiente o piedemonte coluvio - deluvial	3.12	12.56%
	Vertiente o piedemonte aluvio - torrencial	5.76	23.23%
	Vertiente coluvial de detritos	0.09	0.35%
Denudacional	Montaña en roca sedimentaria	4.07	16.42%
	Montaña en roca volcans sedimentaria	0.03	0.11%
Fluvial	Llanura de inundación	0.49	1.99%
Total		24.81	100.00%

A) Vertiente o piedemonte aluvial

La vertiente o piedemonte aluvial en el área de influencia de la quebrada Ttittocpata se encuentran en la desembocadura de la quebrada, constituyen zonas de depósito de materiales que han sido erosionados desde las cabeceras de la quebrada y han sido transportados pendiente abajo por flujos aluviónicos recientes de la quebrada Ttittocpata, posee un área de 1.05 ha.

B) Vertiente con depósito de deslizamiento

Esta unidad geomorfológica se encuentran acumulaciones de material cuaternario producto de procesos de movimientos en masa tanto prehistóricos, antiguos y recientes, abarca un área de 10.19 ha.

C) Vertiente o piedemonte coluvio -deluvial

Esta unidad corresponde a las acumulaciones de laderas originadas por procesos de movimientos en masa, así como también por acumulaciones de material fino y detrítico, caídos o lavados por escorrentía superficial, se acumulan sucesivamente al pie de laderas, abarca un área de 3.12 ha.

Presenta zonas de desprendimiento lateral de movimientos verticales, están ubicados en laderas de montaña y en las laderas de la quebrada que tienen como materiales a la arcilla limosa de baja plasticidad con arena CL-ML y grava bien gradada arenosa GW. Se ha observado que existe gran cantidad de material de disposición.

Las cárcavas se evidencian en la parte alta de la quebrada Ttittocpata y una profundidad de 3 metros aproximadamente. Según las dimensiones de la cárcava.

D) Vertiente o piedemonte aluvio – torrencial

Esta geoforma se puede observar en la parte más baja, donde está asentada el sector de Huaynapata, estos son resultado de las acumulaciones de material movilizado a manera de flujo aluvio torrenciales antiguos o preexistentes, posee un área 5.76 ha.

E) Vertiente coluvial de detritos

Este tipo de geoforma corresponde a la acumulación de derrumbes y caídas los cuales podemos observarlo en la imagen de fotogrametría en la parte baja de la quebrada Ttittocpata, posee un área de 0.09 ha.

F) Montaña en roca sedimentaria

En general la montaña en roca sedimentaria está cubierta por depósitos residuales, están compuestos por material fragmentario transportado y acumulado por acción de la gravedad.

Esta unidad geomorfológica perteneciente a las formaciones Huancané, formación Paucarbamba y formación Maras, se encuentran altamente afectadas por procesos erosivos, posee un área de 4.07 ha.

G) Montaña en roca vulcano sedimentaria

Corresponde a laderas montañosas se observan en la parte baja de la margen izquierda de la quebrada Ttittocpata y está constituida por areniscas de la formación Pisac, posee un área de 0.03 ha.

H) Llanura de inundación

Constituyen pequeñas plataformas sedimentarias o mesas construidas en un valle fluvial, por los propios sedimentos del río Huaynapata, los cuales se depositan a los lados del cauce, posee un área de 0.49 ha.

Cauce del río Huaynapata, es a la depresión del terreno que contiene agua, también puede decirse que el cauce es el lugar físico por donde fluye el agua en su curso.

Tabla 36

Matriz de comparación de pares del parámetro Geomorfología.

DESCRIPTOR	V-al y Pl-i	V-cd y P-at	V-dd y V-d	RM-rs	RM-rvs
Vertiente o piedemonte aluvial y Llanura de inundación.	1.00	3.00	4.00	6.00	9.00
Vertiente o piedemonte coluvio - deluvial y Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial.	0.33	1.00	3.00	4.00	6.00
Vertiente con depósito de deslizamiento y vertiente coluvial de detritos.	0.25	0.33	1.00	3.00	4.00
Montaña en roca sedimentaria.	0.17	0.25	0.33	1.00	3.00
Montaña en roca volcano- sedimentaria.	0.11	0.17	0.25	0.33	1.00
SUMA	1.86	4.75	8.58	14.33	23.00
1/SUMA	0.54	0.21	0.12	0.07	0.04

Tabla 37

Matriz de normalización del parámetro geomorfología.

DESCRIPTOR	V-al y PI-i	V-cd y P-at	V-dd y V-d	RM- rs	RM- rvs	Vector Priorizaci ón
Vertiente o piedemonte aluvial y Llanura de inundación.	0.537	0.632	0.466	0.419	0.391	0.489
Vertiente o piedemonte coluvio - deluvial y vertiente o piedemonte aluvio-torrencial.	0.179	0.211	0.350	0.279	0.261	0.256
Vertiente con depósito de deslizamiento y vertiente coluvial de detritos.	0.134	0.070	0.117	0.209	0.174	0.141
Montaña en roca sedimentaria.	0.090	0.053	0.039	0.070	0.130	0.076
Montaña en roca volcansedimentaria.	0.060	0.035	0.029	0.023	0.043	0.038
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Índice de consistencia (IC) y relación de consistencia (RC) para nuestro estudio.

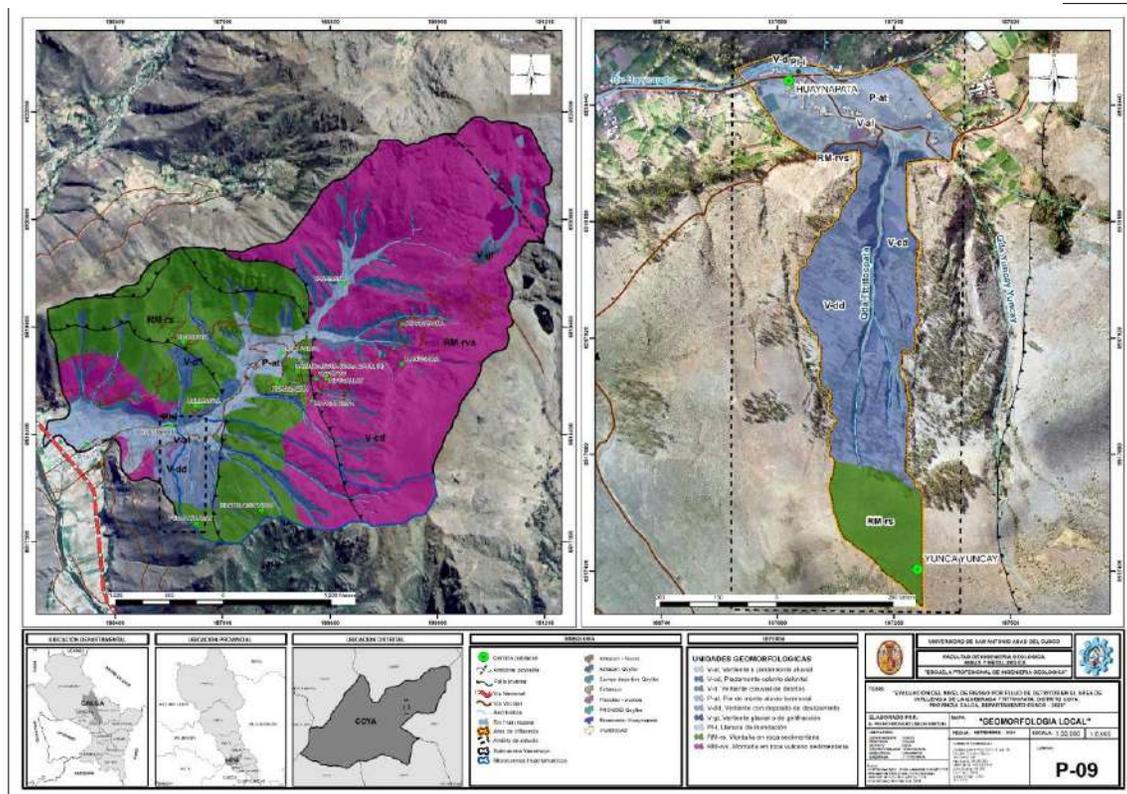
Tabla 38

Índice y relación de consistencia.

IC	0.054
RC	0.048

Figura 67

Mapa de geomorfología del área de influencia de la quebrada Tittocpata.



7.1.5.2. Unidades Litoestratigráficas

El mapeo de las unidades litoestratigráficas se realizó mediante el cartografiado obtenida en campo y el mapa geológico del cuadrángulo de calca, hoja 27-s II, a escala 1/50000, en base a la interpretación de imágenes satelitales y el vuelo fotogramétrico se realizó el mapa geológico.

Las unidades litoestratigráficas que afloran en el área de influencia de la quebrada Tittocpata corresponden a rocas de origen sedimentario de las formaciones Huancané (Ki-hua), formación Paucarbamba (Ki-pau), formación Maras (Kis-ma).

Estas unidades se encuentran cubiertas por depósitos coluviales de gran espesor, coluvio aluviales y aluviales, los cuales han sido acumulados desde el pleistoceno hasta la actualidad.

Tabla 39

Descriptores de las unidades litoestratigráficas.

Descripción	Área (has)	%
Deposito Fluvial	0.05	0.21%
Deposito aluvial reciente	1.05	4.24%
Deposito aluvial antiguo	6.21	25.02%
Deposito Coluvial	10.84	43.71%
Deposito Coluvio, deluvial	2.55	10.27%
Formación Maras	1.32	5.30%
Formación Paucarbamba	2.49	10.05%
Formación Huancané	0.27	1.08%
Formación Pisac	0.03	0.11%
TOTAL	24.81	100.00%

A) Deposito Fluvial (Q-fl)

Se encuentran dispuestos en los márgenes del río Huaynapata. Están conformadas por gravas. Han sido transportados por la acción del agua y depositados en el canal del arroyo. Esta unidad estratigráfica ocupa un 0.05 ha y representa un 0.21% del total del área de influencia de la quebrada Ttittocpata.

B) Deposito aluvial (Q-al)

Se encuentran dispuestos en el fondo y en la desembocadura de la quebrada Ttittocpata, se encuentran cubriendo las areniscas y lutitas muy fracturadas de la formación Huancané. Están conformadas por gravas mal gradadas arenosas y clastos dispersos de granulometría angulosas a subangulosas. Han sido depositados por flujos de corto recorrido. Esta unidad estratigráfica representa al depósito aluvial reciente y antiguo, en el cual el depósito aluvial reciente ocupa un área de 1.05 ha y representa el 4.24% del total, mientras que el depósito aluvial antiguo ocupa un área de 6.21 ha y representa el 25.02% dentro del área de influencia de la quebrada Ttittocpata.

Figura 68

Deposito aluvial en el área de influencia de la quebrada Ttittocpata.



C) Deposito coluvial (Q-co)

Un depósito coluvial es un depósito superficial que se forma por la acumulación de materiales transportados por la gravedad, el hielo y el agua. Se encuentran dispuestos en las laderas escarpadas y en la parte intermedia de la quebrada Ttittocpata, Estos depósitos están constituidos por arcilla limosa de baja plasticidad con arena en la margen izquierda de la quebrada, por otro lado, en la margen izquierda está constituida por gravas arenosas subangulosas y angulosas, dentro de una matriz limo arenosa, con escasa cohesión y se consideran suelos no competentes, susceptibles a la generación de movimientos en masa. Esta unidad estratigráfica ocupa un área de 10.84 ha y representa un 43.71% dentro del área de influencia de la quebrada Ttittocpata.

Figura 69

Deposito coluvial en el área de influencia de la quebrada Ttittocpata.



D) Deposito coluvio deluvial (Q-cd)

Se encuentran dispuestos en la ladera escarpada en su mayor proporción, debido a la acción de la gravedad e influencia de aguas de escorrentía superficial. Están compuestos por bloques y gravas que varían desde 0.3 m a 0.8 m, de formas angulosas a subangulosas, inmersos en escasa matriz arenoso limoso. Esta unidad estratigráfica ocupa un área de 2.55 y representa un 10.27% dentro del área de influencia de la quebrada Tittocpata.

Figura 70

Deposito coluvio deluvial del área de influencia de la quebrada Tittocpata.



E) Formación Maras (Kis-ma3)

Aflora en la parte más alta de la quebrada Tittocpata y hacia el este del área de influencia. Litológicamente este compuesto principalmente por lutitas rojas y menor proporción por calizas altamente meteorizadas. Esta unidad estratigráfica ocupa un área de 1.32 ha y representa un 5.30% dentro del área de influencia de la quebrada Tittocpata.

Figura 71

Lutitas de la formación Maras.



F) Formación Paucarbamba (Ki-pau3)

Aflora en la parte intermedia del cauce de la quebrada Ttittocpata, reposa concordantemente sobre la formación Huancané, litológicamente está compuesto por areniscas calcáreas y lutitas rojas. Esta unidad estratigráfica representa el 10.05% del total, ocupando así un aproximado de 2.49 ha dentro del área de influencia de la quebrada Ttittocpata.

Figura 72

Areniscas de la formación Paucarbamba.



G) Formación Huancané (Ki-hua3)

Aflora con predominancia en la margen izquierda de la quebrada Ttittocpata, conformada por un nivel calcáreo y por niveles finos de lutitas rojas (Figura N ° 61). Este tipo de unidad estratigráfica representa el 1.08% del total, ocupando así un aproximado de 0.27 ha dentro del área de influencia de la quebrada Ttittocpata.

Figura 73

Lutitas rojas de la formación Huancané – miembro superior.



H) Formación Pisac (PET-p)

Aflora en la parte baja de la margen izquierda de la quebrada Ttittocpata, conformada por brechas intercaladas con areniscas y limolitas rojas (Figura N°62). Este tipo de unidad estratigráfica representa el 0.11% del total, ocupando así un aproximado de 0.03 ha dentro del área de influencia de la quebrada Ttittocpata.

Figura 74

Brechas intercaladas con areniscas y limolitas rojas de la formación Pisac.



Figura 75

Vista de afloramiento de la formación Pisac y Huancané.

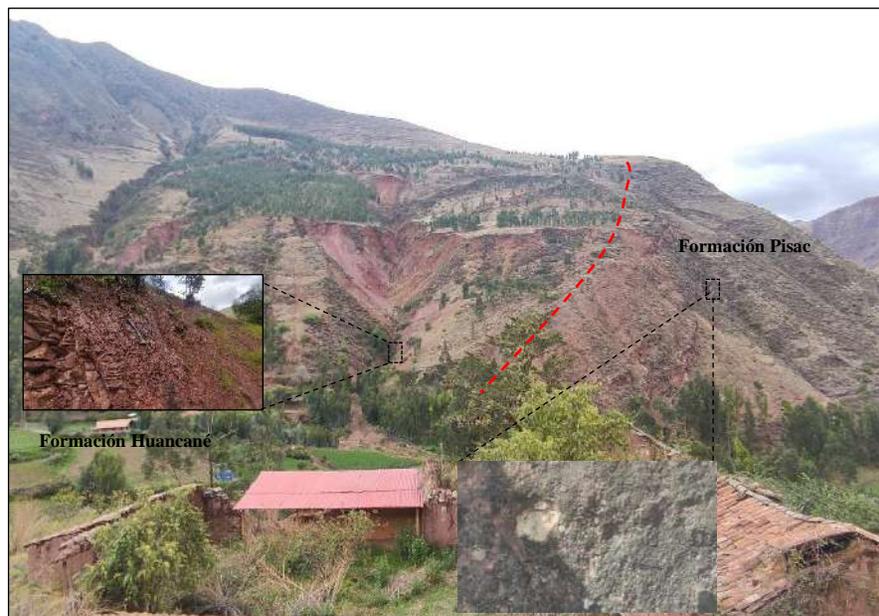


Figura 76

Mapa geológico del área de influencia de la quebrada Tittocpata.

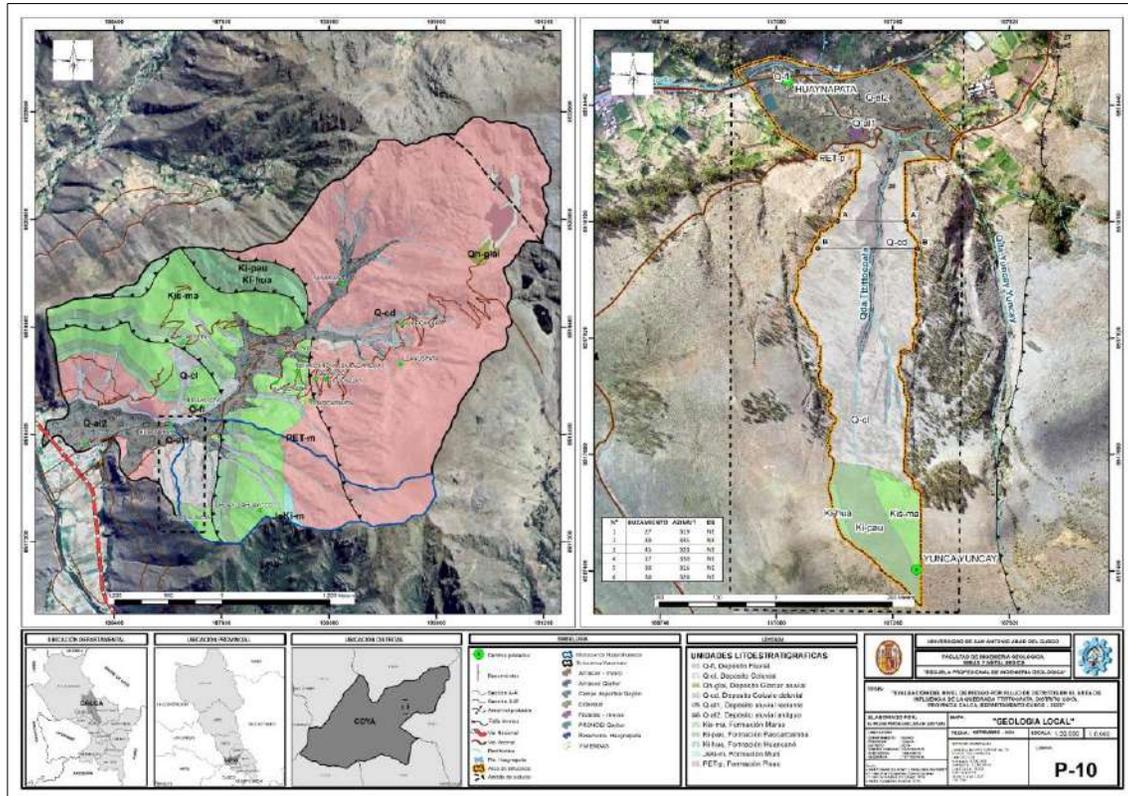
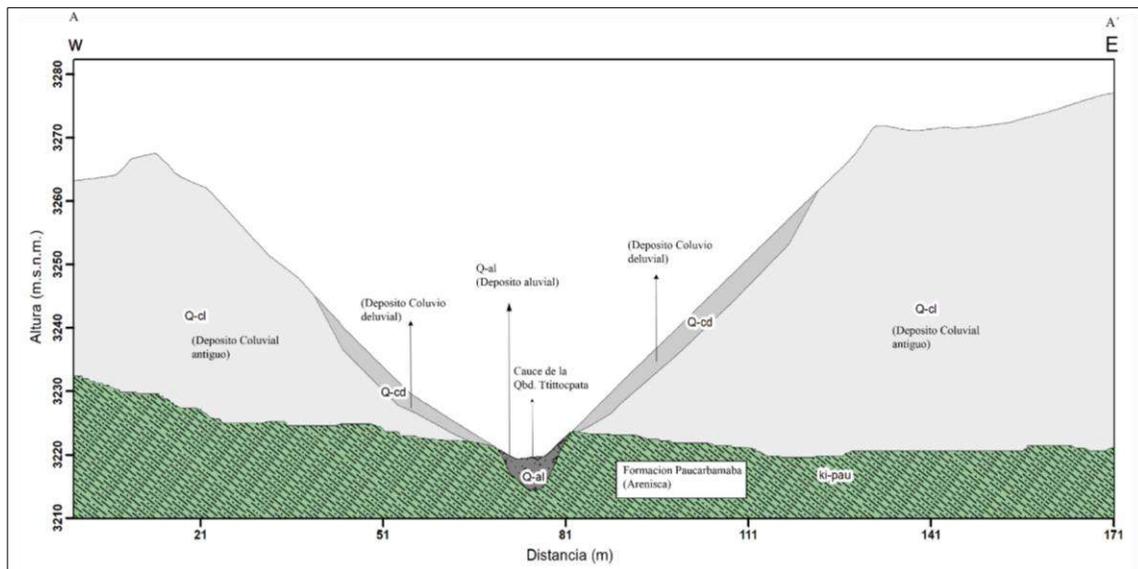


Figura 77

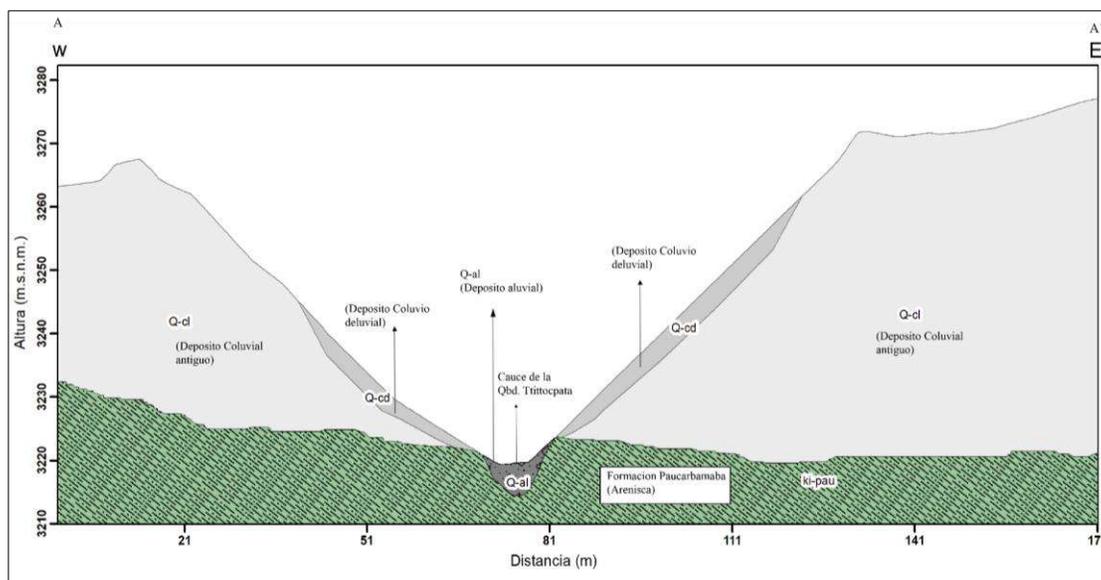
Perfil geológico de la sección transversal número 1.



Nota. Perfil geológico B-B' transversal a la quebrada Tittocpata.

Figura 78

Perfil geológico de la sección transversal número 2.



Nota. Perfil geológico A-A' transversal a la quebrada Tittocpata.

Tabla 40

Matriz de comparación de pares del parámetro Unidades litoestratigráficas.

DESCRPTORES	Q-al1 y Q-fl	Q-cd, al2	Q-cl	Ki-hua, Ki-pau y Kis-ma	PET-p
Deposito aluvial reciente y deposito fluvial.	1.00	3.00	4.00	6.00	9.00
Deposito Coluvio deluvial y Deposito aluvial antiguo.	0.33	1.00	3.00	4.00	6.00
Deposito coluvial.	0.25	0.33	1.00	3.00	4.00
Formación Huancané, Formación Paucarabamba y Formación Maras.	0.17	0.25	0.33	1.00	3.00
Formación Pisac.	0.11	0.17	0.25	0.33	1.00
SUMA	1.86	4.75	8.58	14.33	23.00
1/SUMA	0.54	0.21	0.12	0.07	0.04

Tabla 41

Matriz de normalización del parámetro Unidades litoestratigráficas.

DESCRIPTORES	Q-al1 y Q-fl	Q-cd, al2	Q-cl	Ki-hua, Ki-pau y Kis-ma	PET-p	Vector Prioriza ción
Deposito aluvial reciente y deposito fluvial.	0.537	0.632	0.466	0.419	0.391	0.489
Deposito Coluvio deluvial y Deposito aluvial antiguo.	0.179	0.211	0.350	0.279	0.261	0.256
Deposito coluvial.	0.134	0.070	0.117	0.209	0.174	0.141
Formación Huancané, Formación Paucarbamba y Formación Maras.	0.090	0.053	0.039	0.070	0.130	0.076
Formación Pisac.	0.060	0.035	0.029	0.023	0.043	0.038
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Índice de consistencia (IC) y relación de consistencia (RC) para nuestro estudio.

Tabla 42

Índice y relación de consistencia.

IC	0.054
RC	0.048

7.1.5.3. Pendientes

Con la generación del modelo digital de elevación DEM con un tamaño de celda de 0.4 metros, mediante el vuelo fotogramétrico, se generó un modelo espacial de pendientes usando la herramienta (Slope).

Posteriormente se ha reclasificado según 5 rangos de pendientes, usando el software ArcGIS - ArcMap v10.4. Se ha considerado que las zonas de menor pendiente serían más afectadas, debido a que son las áreas que presentan mayor predisposición a que los flujos de detritos se propaguen, Sin embargo, se ha asignado un peso mayor al rango entre 14° - 27° , debido a que es la zona donde los flujos se han esparcido con mayor intensidad.

Tabla 43

Porcentaje de Nivel de pendiente en el área de influencia de la quebrada Ttittocpata.

Rango de pendiente	Nivel de Pendiente	Área Ha	%
14°-27°	Pendiente muy fuerte	7.79	31.41%
7°-14°	Pendiente fuerte	2.51	10.13%
$<7^\circ$	Pendiente moderada	1.15	4.65%
$>37^\circ$	Pendiente baja	6.37	25.67%
27°-37°	Pendiente muy baja	6.98	28.13%
Total		24.81	100.00%

A) Pendiente muy fuerte ($>37^\circ$)

Esta zona presenta laderas escarpadas, en el que existe procesos denudacionales intensos, son las que se encuentran dentro de las quebradas, en el cual existe gran disposición de material, cortes de rocas y deslizamientos. Abarcan 6.37 hectáreas de superficie del área de influencia de la quebrada Ttittocpata.

B) Pendiente fuerte (27° a 37°)

Las zonas de pendiente fuerte corresponden a zonas empinadas que se encuentran en la parte intermedia de la quebrada Ttittocpata. Abarcan 6.98 ha de superficie.

C) Pendiente moderada (14° a 27°)

Las zonas de pendiente moderada se encuentran en la desembocadura del área de influencia de la quebrada Ttittocpata. Abarcan 7.79 ha de superficie. En el cual se ha evidenciado la mayor ocurrencia de flujo de detritos.

D) Pendiente baja (7° a 14°)

La pendiente baja se encuentran en la parte más baja – centro poblado Huaynapata del área de influencia de la quebrada Ttittocpata. Abarcan 6.37 ha de superficie.

E) Pendiente Muy baja (0 a 7°)

Esta zona de pendiente plana se encuentra en el límite de la parte baja del área de influencia de la quebrada Ttittocpata. Abarca un área de 1.15 ha.

Se obtuvo datos de pendientes en grados en el software ArcMap 10.8. El procesamiento según el método SAATY se describe a continuación en las siguientes tablas.

Tabla 44

Matriz de comparación de pares del parámetro pendiente.

DESCRIPTOR S (°)	Pendiente baja (14° - 27°)	Pendiente muy baja (7° - 14°)	Pendiente moderada (0°-7°)	Pendiente fuerte (27° - 37°)	Pendiente muy fuerte (>37°)
Pendiente baja (14° - 27°)	1.00	2.00	3.00	5.00	7.00
Pendiente muy baja (7° - 14°)	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00
Pendiente moderada (0°-7°)	0.33	0.33	1.00	3.00	5.00
Pendiente fuerte (27° - 37°)	0.20	0.20	0.33	1.00	3.00
Pendiente muy fuerte (>37°)	0.14	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	2.18	3.68	7.53	14.33	23.00
1/SUMA	0.46	0.27	0.13	0.07	0.04

Tabla 45*Matriz de normalización del parámetro pendiente.*

DESCRIPTORES (°)	Pendiente baja (14° - 27°)	Pendiente muy baja (7° - 14°)	Pendiente moderada (0°-7°)	Pendiente fuerte (27° - 37°)	Pendient e muy fuerte (>37°)	Vector Prioriz ación
Pendiente baja (14° - 27°)	0.460	0.544	0.398	0.349	0.304	0.411
Pendiente muy baja (7° - 14°)	0.230	0.272	0.398	0.349	0.304	0.311
Pendiente moderada (0°-7°)	0.153	0.091	0.133	0.209	0.217	0.161
Pendiente fuerte (27° - 37°)	0.092	0.054	0.044	0.070	0.130	0.078
Pendiente muy fuerte (>37°)	0.066	0.039	0.027	0.023	0.043	0.040
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

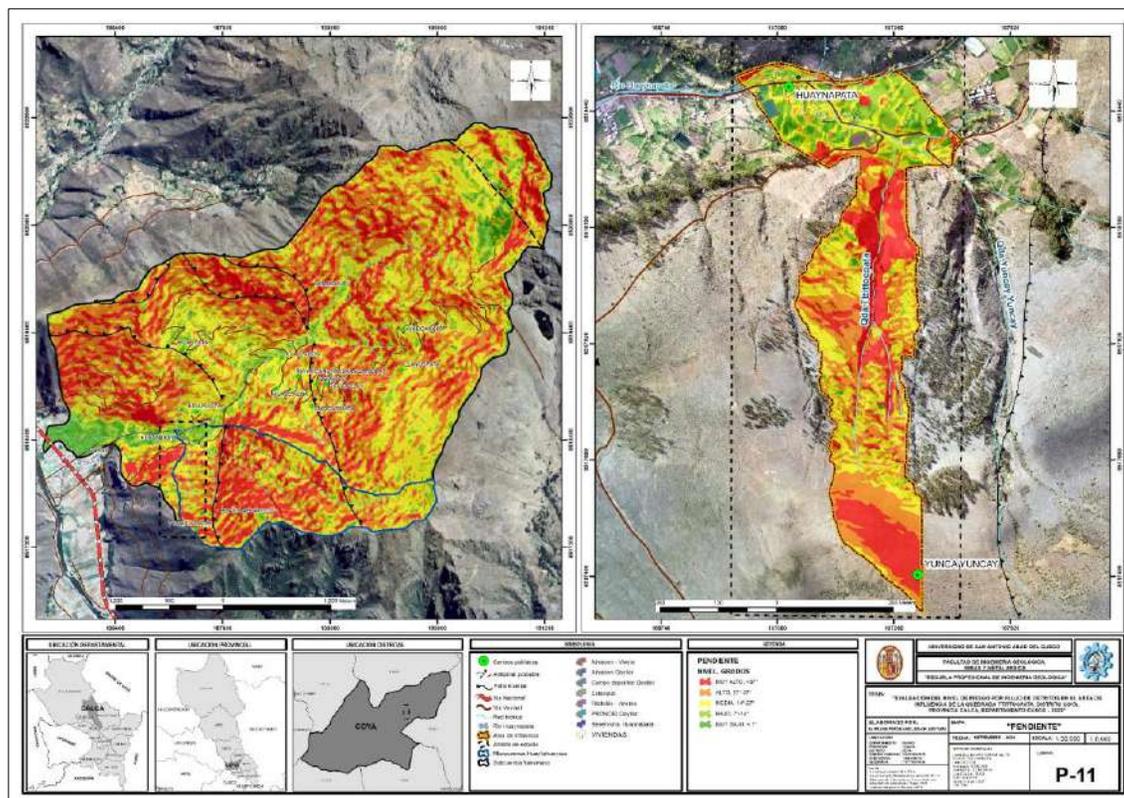
Índice de consistencia (IC) y relación de consistencia (RC) para nuestro estudio.

Tabla 46*Índice y relación de consistencia.*

IC	0.049
RC	0.044

Figura 79

Mapa de pendientes del área de influencia de la quebrada Tittocpata.



7.1.5.4. Cobertura Vegetal

El mapeo de la cobertura vegetal se realizó en base al levantamiento fotogramétrico y el uso del índice de vegetación NDVI en software Arc-Map.

Tabla 47

Descriptores de la cobertura vegetal.

Descripción	Área (has)	%
Sin cobertura vegetal	2.18	8.80%
Tierras de Cultivos	4.16	16.79%
Pastizales	8.67	34.96%
Matorrales	3.57	14.41%
Arborea - Vegetación densa	6.21	25.04%
Total	24.81	100%

A) Sin cobertura vegetal

Este tipo de cobertura representa el 14.30% del total, ocupando así un aproximado de 3.42 Ha dentro del área de influencia de la quebrada Ttittocpata.

B) Cultivos

Este tipo de cobertura representa el 19.37% del total, ocupando así un aproximado de 4.63 Ha dentro del área de influencia de la quebrada Ttittocpata.

C) Pastizales y pajonales andinos

Este tipo de cobertura representa el 39.60% del total, ocupando así un aproximado de 9.47 Ha dentro del área de influencia de la quebrada Ttittocpata.

D) Matorrales

Este tipo de cobertura representa el 5.20% del total, ocupando así un aproximado de 1.24 Ha dentro del área de influencia de la quebrada Ttittocpata.

Figura 80

Fotografía de la matorrales y vegetación densa.

**E) Arborea - Vegetación densa**

Este tipo de cobertura represento el 21.53% del total, ocupando así un aproximado de 5.15 Ha dentro del área de influencia de la quebrada Ttittocpata.

Índice de consistencia (IC) y relación de consistencia (RC) para nuestro estudio.

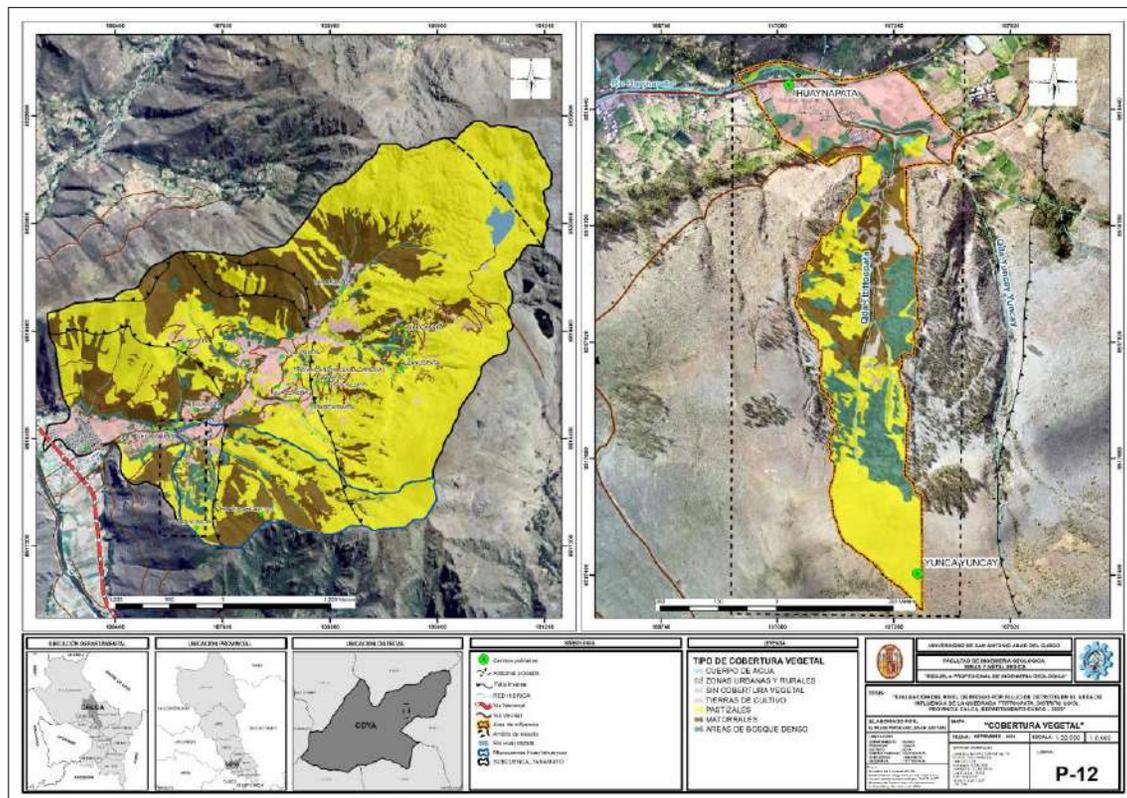
Tabla 50

Índice y relación de consistencia.

IC	0.049
RC	0.044

Figura 82

Mapa de cobertura vegetal del área de influencia de la quebrada Tittocpata.



7.1.6. Factores Desencadenantes

a) Precipitación máxima 24 horas

Se ha tomado como factor desencadenante los umbrales de precipitación absolutas de la estación Pisac, el cual SENAMHI utilizó la metodología descrita en la nota técnica 001-SENAMHI-DGM-2014 denominado “estimación de umbrales de precipitación extremas para la emisión de avisos meteorológicos”.

Del análisis de las precipitaciones máximas en 24 horas de la quebrada Tittocpata en el periodo 1998 – 2022, se ha considerado un evento de precipitación máxima diaria de 38.22 que ocurrió en el mes de diciembre del año 2010. Este evento corresponde a la categoría extremadamente lluvioso con umbral de precipitación > 26.3 mm.

Tabla 51

Caracterización de lluvias.

Caracterización de lluvias extremas	Umbrales de precipitación absolutas de la estación Pisac
Extremadamente lluvioso	$RR > 26.3$ mm
Muy lluvioso	$17.6 \text{ mm} < RR \leq 26.3$ mm
Lluvioso	$13.8 \text{ mm} < RR \leq 17.6$ mm
Moderadamente lluvioso	$8.2 \text{ mm} < RR \leq 13.8$ mm
Ligeramente lluvioso	$RR < 8.2$ mm

Nota. Umbrales de precipitación máxima de 24 horas, obtenido de SENAMHI - DGM, 2014.

Para el factor desencadenante se consideró los umbrales de precipitación de 24 horas y magnitud de sismo, en los cuales se realizó el análisis jerárquico para obtener los pesos ponderados del parámetro del factor desencadenante, a continuación, se muestra el resultado.

Tabla 52

Matriz de comparación de pares del parámetro precipitación.

DESCRIPTORES (Pp=0.1)	Extremadamente lluvioso RR>26,3mm	Muy lluvioso 17.6 mm<RR≤26.3 mm	Lluvioso 13.8mm<RR≤17,6mm	Moderadamente lluvioso 8.2 mm<RR≤13.8mm	Normal RR≤8,2mm
Extremadamente lluvioso RR>26.3 mm	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Muy lluvioso 17.6 mm<RR≤26.3 mm	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Lluvioso 13.8mm<RR≤17,6mm	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Moderadamente lluvioso 8.2 mm<RR≤13.8mm	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Normal RR≤ 8,2mm	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Nota. Obtenido de SENAMHI - DGM,2014.

Tabla 53

Matriz de normalización del parámetro precipitación.

DESCRIPTORES	Extremadamente lluvioso RR>26,3 mm	Muy lluvioso 17.6 mm<RR≤26.3 mm	Lluvioso 13.8mm<R R≤17,6mm	Moderadamente lluvioso 8.2 mm<RR≤13.8mm	Normal 1 RR≤8,2mm	Vector Priorización
Extremadamente lluvioso RR>26.3 mm	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Muy lluvioso 17.6 mm<RR≤26.3 mm	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Lluvioso 13.8mm<RR≤17,6 mm	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Moderadamente lluvioso 8.2 mm<RR≤13.8mm	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Normal RR≤ 8,2mm	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
TOTAL	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Nota. Obtenido de SENAMHI - DGM,2014.

Índice de consistencia (IC) y relación de consistencia (RC) para nuestro estudio.

Tabla 54

Índice y relación de consistencia.

IC	0.061
RC	0.054

b) Magnitud del Sismo M_w

Este valor se obtiene del estudio de Rosell, en el cual la magnitud máxima generada para la falla Qoricocha es 6.45 M_w . (Rosell, 2018)

Tabla 55

Matriz de comparación de pares del parámetro magnitud del sismo (M_w).

DESCRIPTORES PP.=0.1	> 8 M_w	6.0 M_w – 7.9 M_w	4.5 M_w – 5.9 M_w	3.5 M_w – 4.4 M_w	<3.4 M_w
> 8 M_w	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
6.0 M_w – 7.9 M_w	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
4.5 M_w – 5.9 M_w	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
3.5 M_w – 4.4 M_w	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
<3.4 M_w	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Nota. Se ha considerado un peso de 0.1 para el parámetro de magnitud del sismo.

Tabla 56

Matriz de normalización del parámetro magnitud del sismo (M_w).

DESCRIPTORES	> 8 M_w	6.0 M_w – 7.9 M_w	4.5 M_w – 5.9 M_w	3.5 M_w – 4.4 M_w	<3.4 M_w	Vector Priorización
> 8 M_w	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
6.0 M_w – 7.9 M_w	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
4.5 M_w – 5.9 M_w	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
3.5 M_w – 4.4 M_w	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
<3.4 M_w	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

Nota. Se ha considerado un rango con magnitud de 6.0 a 7.9 en la escala de Richter.

Índice de consistencia (IC) y relación de consistencia (RC) para nuestro estudio.

Tabla 57

Índice y relación de consistencia.

IC	0.061
RC	0.054

7.1.7. Susceptibilidad por flujo de detritos.

Para la susceptibilidad por flujo de detritos se considera los factores condicionantes (Geomorfología, geología, Pendientes y cobertura vegetal) y desencadenantes (Umbrales de precipitación y la magnitud de sismo) en el área de influencia de la quebrada Ttittocpata.

Mediante el uso del método SAATY, se desarrolló la matriz de comparación, normalización, así como el índice y relación de consistencia para los ponderados de cada descriptor y se describen en las siguientes tablas.

$$V_{SUCEP} = ((Pp_{Gmf})(Pd_{Gmf}) + (Pp_{Geol})(Pd_{Geol}) + (Pp_{Pend})(Pd_{Pend}) + (Pp_{Cv})(Pd_{Cv}))(0.8) + (V_{Fdp})(0.1) + (V_{Fdm})(0.1)$$

Pp_{Gmf} : Peso del parámetro de unidades geomorfológicas

Pd_{Gmf} : Peso del descriptor de las unidades geomorfológicas

Pp_{Geol} : Peso del parámetro de unidades litoestratigráficas

Pd_{Geol} : Peso del descriptor de las unidades litoestratigráficas

Pp_{Pend} : Peso del parámetro de pendientes

Pd_{Pend} : Peso del descriptor del rango de pendientes

Pp_{Cv} : Peso del parámetro de cobertura vegetal

Pd_{Cv} : Peso del descriptor de la cobertura vegetal

V_{Fdp} : Valor del factor desencadenante de precipitación máxima de 24 horas

V_{Fdm} : Valor del factor desencadenante de magnitud sísmica

De la formula anterior se obtuvo los rangos del nivel de susceptibilidad por flujo de detritos, lo cuales se muestran a continuación.

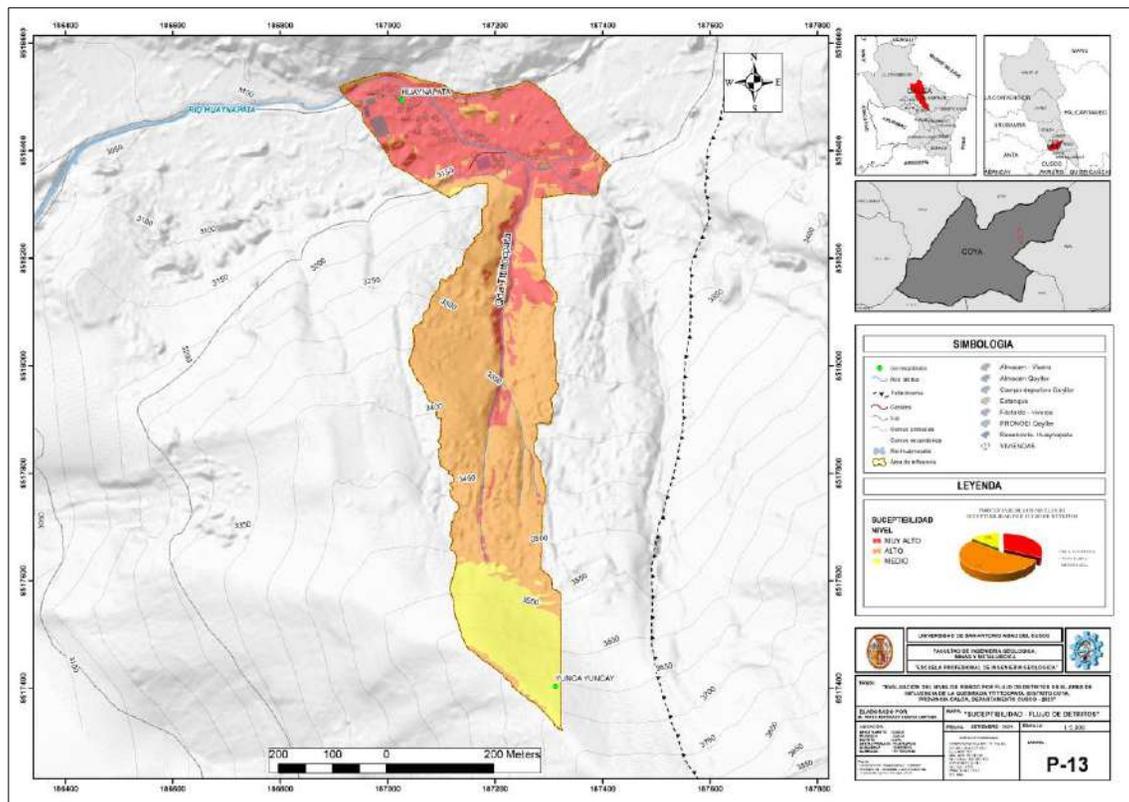
Tabla 58

Clasificación de los niveles de susceptibilidad por flujo de detritos.

NIVEL	RANGO
MUY ALTO	0.265 < V_SUCEP ≤ 0.481
ALTO	0.142 < V_SUCEP ≤ 0.265
MEDIO	0.075 < V_SUCEP ≤ 0.142
BAJO	0.038 ≤ V_SUCEP ≤ 0.075

Figura 83

Mapa de susceptibilidad del área de influencia de la quebrada Tittocpata



7.1.8. Parámetros de Evaluación de los Peligros y Ponderación

El parámetro de evaluación considerados más influyente es la altura del flujo de detritos. Esto se refiere a la profundidad generado por la gran disposición de material suelto y presencia de anomalías en la precipitación, que exceden las condiciones climáticas normales, y que son recurrentes en la quebrada de Tittocpata. Estas anomalías provocan la saturación del suelo, lo que a su vez desestabiliza las laderas con una pendiente muy pronunciada, dando lugar a movimientos

impulsados por la gravedad. Estos fenómenos ocurren de manera anual. La ponderación se puede observar en las siguientes tablas.

A) **Parámetro de evaluación de altura de flujo de detritos**

Se obtuvo datos de altura de flujo de detritos por deslizamientos y caídas de suelo con el software iRIC Morpho2DH, que se muestra a continuación.

Tabla 59

Matriz de comparación de pares del parámetro de altura de flujos de detritos.

DESCRIPTOR	Mayor 1m	0.5 m - 1m	0.3m - 0.5m	0.1 m - 0.3m	Menores a 0.1 m
Mayor 1m	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
0.5 m - 1m	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
0.3m - 0.5m	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
0.1 m - 0.3m	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Menores a 0.1 m	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Tabla 60

Matriz de normalización del parámetro altura de flujo.

ALTURA	Mayor a 1m	0.5 m - 1m	0.3 m - 0.5 m	0.1 m - 0.3 m	Menores a 0.1 m	Vector Priorización
Mayor a 1m	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
0.5 m - 1m	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
0.3 m - 0.5 m	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
0.1 m - 0.3 m	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Menores a 0.1 m	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
SUMA						1.000

Índice de consistencia (IC) y relación de consistencia (RC) para nuestro estudio.

Tabla 61

Índice y relación de consistencia.

IC	0.0607
RC	0.0544

Figura 84

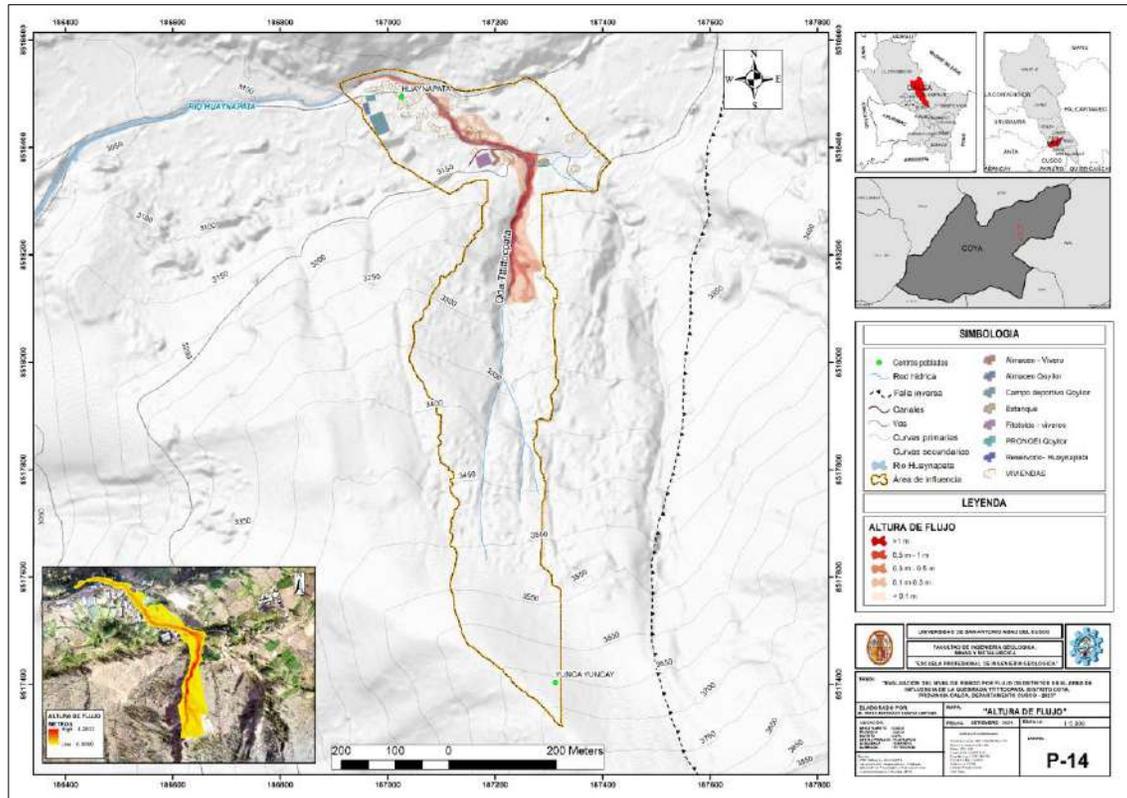
Ubicación y medición del flujo de detritos.



Nota. Sé observa el material de flujo de detritos en la desembocadura de la quebrada Tittocpata, donde se ha evidenciado bloques con diámetro de hasta 1 metro y alturas de hasta 2 metros.

Figura 85

Mapa de altura de flujo en el área de influencia de la quebrada Tittocpata.



7.1.9. Análisis de Elementos Expuestos.

La exposición en el área de influencia de la quebrada Tittocpata que son vulnerables son la población, centros educativos, vías, servicios básicos, etc. Se encuentran en zonas de peligrosidad por flujo de detritos.

A) Dimensión Social

La población expuesta es de 76 personas, de los cuales el 56.58% son varones y el 43.42% son mujeres. Existen 44 viviendas en el área de influencia de la quebrada Tittocpata del centro poblado Huaynacpata. El área no cuenta con un hospital ni centros de salud. El área cuenta con 01 institución educativa (Institución educativa rural inicial QOYLLOR 2340905)

B) Dimensión económica

Viviendas, agricultura, transporte y comunicaciones, energía, agua y saneamiento.

C) Dimensión Ambiental

En una región principalmente dedicada a la agricultura y la cría de ganado, con suelos fértiles que reciben riego de un canal temporal y lluvias en la parte baja, La gestión de los desechos sólidos producidos por los residentes del centro poblado Huaynapata no se lleva a cabo de manera adecuada, ya que se depositan de forma informal en un botadero al aire libre situado a una distancia de 0.8 kilómetros del centro poblado.

7.1.10. Definición de Escenario.

Del análisis del registro de precipitaciones máximas en 24 horas (PPmax 24h) de la estación meteorológica Huaynapata en el periodo 1998 - 2022, se ha considerado un evento de precipitación máxima diaria de 38.22 mm que ocurrió el mes de diciembre en el año 2010. Este evento corresponde a la categoría de Extremadamente lluvioso con umbrales de precipitación de extremadamente lluvioso $RR > 26.3\text{mm}$.

Se ha considerado un evento de sismo con magnitud de 6.0 a 7.9 en la escala de Richter, este valor se obtiene del estudio de Rosell donde se espera un escenario de un sismo de $M_w = 6.45$.

Se considero un caudal sintético de $0.2 \text{ m}^3/\text{s}$ equivalente a 200 litros/segundo, con un periodo de retorno de 100 años, para la simulación con el software iRIC Morpho2DH.

El escenario se basa en información recopilada en el trabajo de campo de las personas más antiguas del centro poblado Huaynapata que conocen la ocurrencia de flujo de detritos “huaycos” de la quebrada Ttittocpata, así como la manera en que estas afectan al centro poblado Huaynapata.

7.1.11. Nivel de Peligrosidad

El valor del nivel de peligrosidad por flujo de detritos se logra a partir de la suma de la susceptibilidad y el parámetro de evaluación en el programa ArcGIS, la cual se realizó con la siguiente ecuación.

$$V_{pel} = (V_{scp})(0.4) + (V_{pev})(0.6)$$

Donde:

V_{pel} : Valor del peligro por flujo de detritos

V_{scp} : Valor de susceptibilidad por flujo de detritos

V_{pev} : Valor del parámetro de evaluación (Altura de flujo de detritos)

A continuación, se presenta el resultado de los niveles de peligro y rango obtenidos con la fórmula anterior.

Tabla 62

Clasificación de los niveles de peligro por flujo de detritos.

NIVEL	RANGO			
MUY ALTO	0.262	<	V_PELIG	≤ 0.494
ALTO	0.138	<	V_PELIG	≤ 0.262
MEDIO	0.071	<	V_PELIG	≤ 0.138
BAJO	0.036	≤	V_PELIG	≤ 0.071

7.1.12. Estratificación del Nivel de Peligro

La siguiente estratificación de nivel de peligro se determinó, analizando los factores condicionantes, desencadenantes y los parámetros de evaluación obtenidos con el software iRIC Morpho 2DH.

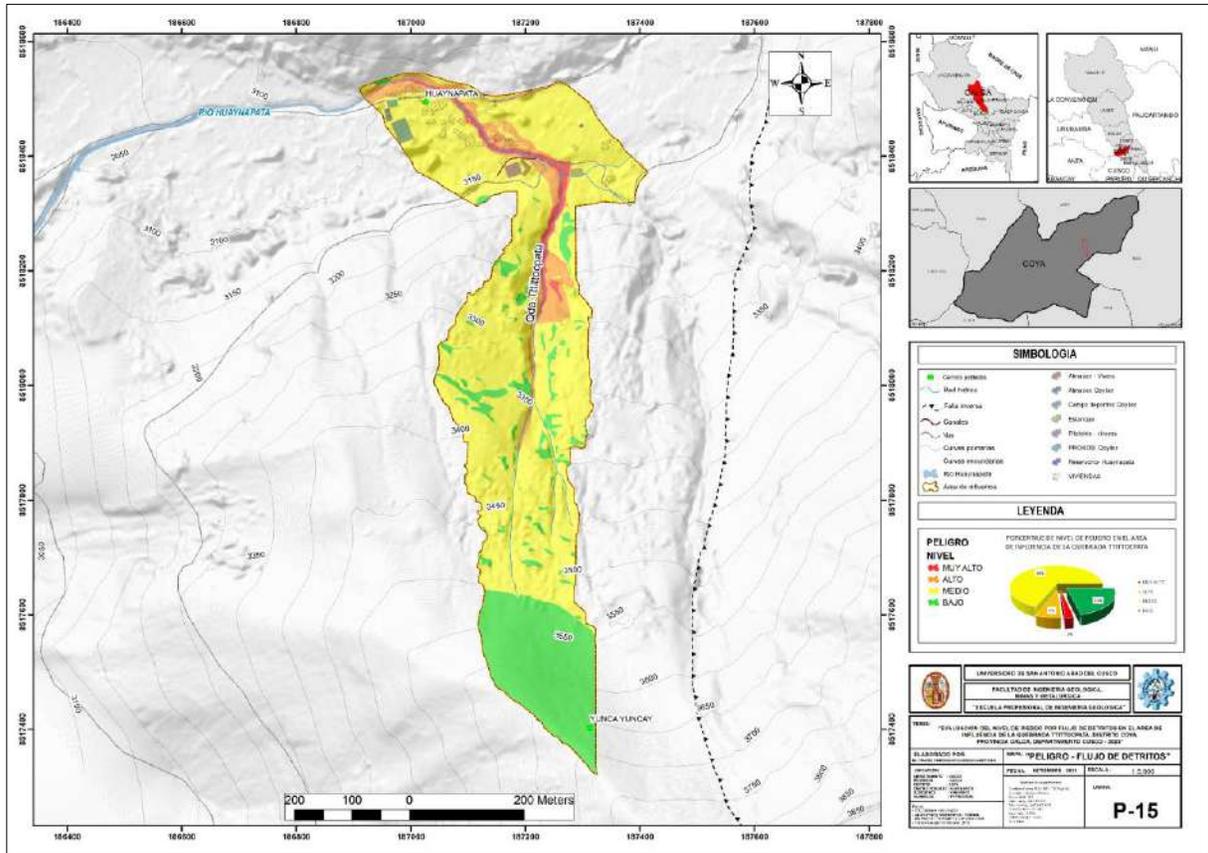
Tabla 63

Estratificación del nivel de peligrosidad.

NIVELES DE PELIGRO	DESCRIPCIÓN	RANGO
MUY ALTA	<p>Predomina: Extremadamente lluvioso: Umbrales de precipitaciones máximas diarias RR>26.3 mm.</p> <p>Predomina: Magnitud de sismo en el rango de 6.0 Mw a 7.9 Mw</p> <p>Predomina: La unidad geomorfológica corresponde a Vertiente o piedemonte aluvial y llanura de inundación.</p> <p>Predomina: Las unidades litoestratigráficas corresponden a zonas de depósitos aluviales recientes y deposito fluvial.</p> <p>Predomina: Pendiente de terreno entre 14° a 27°</p> <p>Predomina: Zonas sin cobertura vegetal o escasa cobertura vegetal.</p> <p>Predomina: Flujo de detritos con altura mayor a 1 m.</p>	0.262≤R≤0.494
ALTA	<p>Predomina: Extremadamente lluvioso: Umbrales de precipitaciones máximas diarias RR>26.3 mm.</p> <p>Predomina: Magnitud de sismo en el rango de 6.0 Mw a 7.9 Mw</p> <p>Predomina: Las unidades geomorfológicas corresponden Vertiente o piedemonte coluvio - deluvial y Vertiente o piedemonte aluvio - torrencial.</p> <p>Predomina: Las unidades litoestratigráficas corresponden a Deposito Coluvio deluvial y Deposito aluvial antiguo</p> <p>Predomina: Pendiente de terreno menor a 7° -14°</p> <p>Predomina: Tierras de cultivo.</p> <p>Predomina: Flujo de detritos con altura entre 0.5m - 1m</p>	0.138≤R<0.262
MEDIO	<p>Predomina: Extremadamente lluvioso: Umbrales de precipitaciones máximas diarias RR>26.3 mm.</p> <p>Predomina: Magnitud de sismo en el rango de 6.0 Mw a 7.9 Mw</p> <p>Predomina: Las unidades geomorfológicas corresponden a vertiente con depósito de deslizamiento y Vertiente coluvial de detritos.</p> <p>Predomina: Las unidades litoestratigráfica corresponden a deposito coluvial y Montaña en roca sedimentaria.</p> <p>Predomina: Pendiente de terreno menor a <7°</p> <p>Predomina: Cobertura vegetal pastizal.</p> <p>Predomina: Flujo de detritos con altura entre 0.3 m – 0.5 m</p>	0.071≤R<0.138
BAJO	<p>Predomina: Extremadamente lluvioso: Umbrales de precipitaciones máximas diarias RR>26.3 mm.</p> <p>Predomina: Magnitud de sismo en el rango de 6.0 Mw a 7.9 Mw</p> <p>Predomina: La unidad geomorfológica corresponde a montaña en roca volcano sedimentaria.</p> <p>Predomina: Las unidades litoestratigráficas corresponden a las Formación Pisac PET-p y parcialmente a las Formación Huancané, Formación Paucarbamba y Formación Maras.</p> <p>Predomina: Pendiente de terreno superiores 27°.</p> <p>Predomina: Cobertura vegetal - Arborea de vegetación densa.</p> <p>Predomina: Flujo de detritos con altura < 0.3 m.</p>	0.036≤R<0.071

Figura 86

Mapa de peligro del área de influencia de la quebrada Tittocpata.



CAPITULO VIII: Análisis de Vulnerabilidad

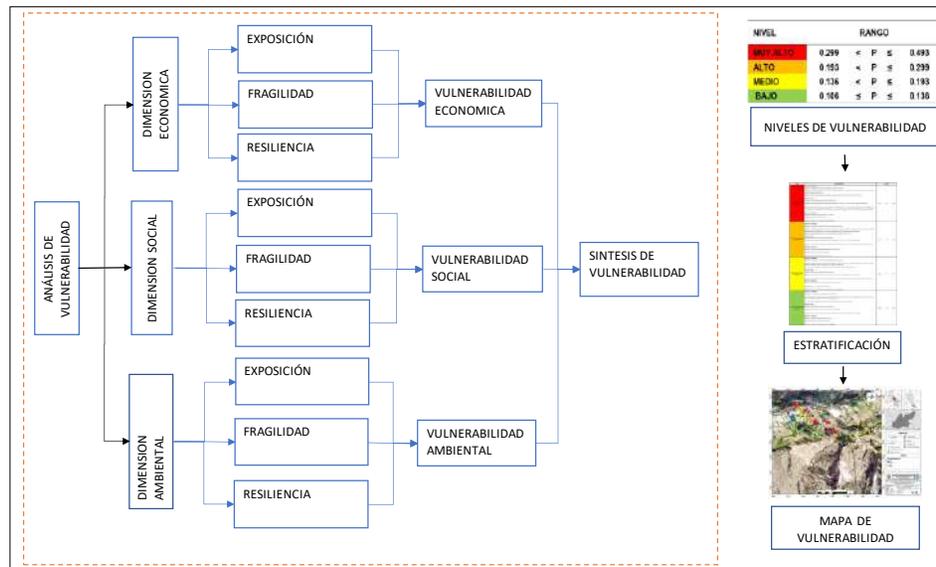
8.1. Análisis de Vulnerabilidad

8.1.1. Metodología Para el Análisis de Vulnerabilidad

Para el análisis de vulnerabilidad en el área de influencia de la quebrada Ttittocpata se del centro poblado Huaynapata se consideró la metodología de evaluación de riesgos originado por fenómenos naturales elaborado por CENEPRED, tomando en consideración la dimensión social, económica y ambiental. Se realizo la información cartográfica, así como información primaria recopilada en campo como las encuestas por lote.

Figura 87

Metodología del análisis de vulnerabilidad.



Nota. Adaptado de (CENEPRED, 2014)

En el análisis de elementos expuestos susceptibles al peligro, se consideró la vulnerabilidad de acuerdo a los lotes referenciales del centro poblado Huaynapata, para determinar el grado de vulnerabilidad del centro poblado Huaynapata, en los cuales se analizan las dimensiones socioeconómicas y ambientales.

8.1.1.1. Análisis de la Dimensión Económica

Tabla 64

Matriz de comparación de pares: Parámetro de dimensión económica.

Dimensión Económica (P 0.6)	Exposición	Fragilidad	Resiliencia
Exposición	1.00	3.00	5.00
Fragilidad	0.33	1.00	2.00
Resiliencia	0.20	0.50	1.00
SUMA	1.53	4.50	8.00
1/SUMA	0.65	0.22	0.13

Tabla 65

Matriz de normalización: Parámetro de 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

Tabla 66

Índice y relación de consistencia.

IC	0.002
RC	0.004

8.1.1.1.1. Análisis de la Exposición de la Dimensión Económica.

A) Parámetro: Exposición de la edificación al peligro.

Tabla 67

Matriz de comparación de pares del parámetro: Cercanía de la vivienda a la zona de peligro por flujo de detritos.

Cercanía de la vivienda a la zona de peligro por flujo de detritos (Pp=1)	Menor a 30 m	Entre 30 a 50 m.	Entre 50 a 100 m.	Entre 100 a 150 m.	Mayor a 150 m.
Menor a 30 m de la zona de peligro.	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00
Entre 30 a 50 m de la zona de peligro.	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00
Entre 50 a 100 m de la zona de peligro.	0.25	0.33	1.00	3.00	5.00
Entre 100 a 150 m de la zona de peligro.	0.17	0.25	0.33	1.00	3.00
Mayor a 150 m de la zona de peligro.	0.13	0.17	0.20	0.33	1.00
SUMA	2.04	3.75	8.53	15.33	24.00
1/SUMA	0.49	0.27	0.12	0.07	0.04

Tabla 68

Matriz de normalización: Cercanía de la vivienda a la zona de peligro por flujo de detritos.

Cercanía de la vivienda a la zona de peligro por flujo de detritos	Menor a 30 m.	Entre 30 a 50 m.	Entre 50 a 100 m.	Entre 100 a 150 m.	Mayor a 150 m.	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 150 m de la zona de peligro.	0.082	0.067	0.039	0.065	0.125	0.076
Mayor a 150 m de la zona de peligro.	0.061	0.044	0.023	0.022	0.042	0.039
SUMA						1.000

Tabla 69

Índice y relación de consistencia: Número de personas por viviendas.

IC	0.068
RC	0.06

8.1.1.1.2. Análisis de la Fragilidad de la Dimensión Económica.

A) Parámetro: Material predominante de la pared.

Tabla 70

Matriz de comparación de pares del parámetro: Material predominante de la pared.

Material predominante – pared (Pp=0.54)	Piedra con mortero de barro	Adobe	Tapia	Adobe con recubrimiento	Ladrillo y/o bloqueta de cemento
Piedra con mortero de barro.	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00
Adobe.	0.50	1.00	2.00	5.00	7.00
Tapia.	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00
Adobe con recubrimiento.	0.17	0.25	0.33	1.00	3.00
Ladrillo y/o bloqueta de cemento.	0.13	0.17	0.20	0.33	1.00
SUMA	2.04	3.92	7.53	15.33	24.00
1/SUMA	0.49	0.26	0.13	0.07	0.04

Tabla 71

Matriz de normalización: Material predominante de la 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
Total						1.000

Tabla 72

Índice y relación de consistencia: Material predominante de la pared.

IC	0.054
RC	0.05

B) **Parámetro:** Material predominante de techo.

Tabla 73

Matriz de comparación de pares del parámetro: Material predominante de techo.

Material predominante – techo (Pp=0.30)	Paja	Plástico	Tejas	Planchas de calamina, fibra de cemento o similares	Losa de concreto
Paja.	1.00	2.00	4.00	7.00	9.00
Plástico.	0.50	1.00	2.00	4.00	7.00
Tejas.	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00
Planchas de calamina, fibra de cemento o similares.	0.14	0.25	0.33	1.00	4.00
Losa de concreto.	0.11	0.14	0.20	0.25	1.00
SUMA	2.00	3.89	7.53	15.25	26.00
1/SUMA	0.50	0.26	0.13	0.07	0.04

Tabla 74

Matriz de normalización: Material predominante de 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
Total						1.000

Tabla 75

Índice y relación de consistencia: Material predominante de techo.

IC	0.042
RC	0.04

C) **Parámetro:** Estado de conservación.

Tabla 76

Matriz de comparación de pares del parámetro: Estado de conservación.

Estado de conservación de la vivienda (Pp=0.16)	Deteriorado	En proceso de deterioro	Con refacciones	Regular estado	Buen Estado
Deteriorado.	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00
En proceso de deterioro.	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00
Con refacciones.	0.25	0.33	1.00	3.00	5.00
Regular estado.	0.17	0.25	0.33	1.00	2.00
Buen Estado.	0.13	0.17	0.20	0.50	1.00
SUMA	2.04	3.75	8.53	15.50	23.00
1/SUMA	0.49	0.27	0.12	0.06	0.04

Tabla 77*Matriz de normalización: Estado de conservación.*

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
Total						1.000

Tabla 78*Índice y relación de consistencia: Estado de conservación.*

IC	0.054
RC	0.05

8.1.1.1.3. Análisis de la Resiliencia de la Dimensión Económica.**A) Parámetro: Ocupación principal (jefe de hogar)****Tabla 79***Matriz de comparación de pares del parámetro: Ocupación principal (jefe de hogar).*

Ocupación principal (Pp=0.5)	Trabajador familiar no remunerado	Obrero / peón	Agricultor	Empleado/Trabajador independiente	Empleador
Trabajador familiar no remunerado.	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Obrero/ peón.	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Agricultor.	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Empleado/Trabajador independiente.	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Empleador.	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Tabla 80

Matriz de normalización: Ocupación principal (jefe de hogar).

Ocupación principal	Trabajador familiar no remunerado	Obrero / peón	Agricultor	Empleado/Trabajador independiente	Empleador	Vector Priorización
Trabajador familiar no remunerado.	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Obrero/ peón.	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Agricultor.	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Empleado/Trabajador independiente.	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Empleador.	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
Total						1.000

Tabla 81

Índice y relación de consistencia: Ocupación principal (jefe de hogar).

IC	0.064
RC	0.0575

B) **Parámetro:** Ingreso familiar promedio mensual.

Tabla 82

Matriz de comparación de pares del parámetro: Ingreso familiar promedio mensual.

Ingreso familiar promedio mensual (Pp=0.5)	Menor al sueldo mínimo	De 931 a 1200	De 1201 a 1500	De 1501 a 1800	Mayor a 1800
Menor al sueldo mínimo.	1.00	2.00	4.00	5.00	6.00
De 1025 a 1300.	0.50	1.00	2.00	4.00	6.00
De 1300 a 1500.	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
De 1500 a 1800.	0.20	0.25	0.50	1.00	3.00
Mayor a 1800.	0.17	0.20	0.25	0.33	1.00
SUMA	2.12	3.95	7.75	12.33	20.00
1/SUMA	0.47	0.25	0.13	0.08	0.05

Tabla 83

Matriz de normalización: Ingreso familiar promedio mensual.

Ingreso familiar promedio mensual	Menor al sueldo mínimo	De 931 a 1200	De 1201 a 1500	De 1501 a 1800	Mayor a 1800	Vector Priorización
Menor al sueldo mínimo.	0.472	0.506	0.516	0.405	0.300	0.440
De 1025 a 1300.	0.236	0.253	0.258	0.324	0.300	0.274
De 1300 a 1500.	0.118	0.127	0.129	0.162	0.200	0.147
De 1500 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
Total						

Tabla 84

Índice y relación de consistencia: Ingreso familiar promedio mensual.

IC	0.046
RC	0.04

8.1.1.2. Análisis de Dimensión Social

Tabla 85

Matriz de comparación de pares: Parámetro de dimensión social.

Dimensión Social (P 0.3)	Exposición	Fragilidad	Resiliencia
Exposición	1.00	2.00	3.00
Fragilidad	0.50	1.00	2.00
Resiliencia	0.33	0.50	1.00
SUMA	1.83	3.50	6.00
1/SUMA	0.55	0.29	0.17

Tabla 86

Matriz de normalización: Parámetro de dimensión social.

Dimensión Social	Exposición	Fragilidad	Resiliencia	Vector Priorización
Exposición	0.545	0.571	0.500	0.539
Fragilidad	0.273	0.286	0.333	0.297
Resiliencia	0.182	0.143	0.167	0.164
Total				1.000

Tabla 87

Índice y relación de consistencia: Parámetro de dimensión social.

IC	0.0046
RC	0.0088

8.1.1.2.1. Análisis de la Exposición de la Dimensión Social.

A) Parámetros: Número de personas por viviendas.

Tabla 88

Matriz de comparación de pares del parámetro: Número de personas por viviendas.

Cantidad de habitantes (Pp=1)	Mas de 6 personas	De 3 a 6 personas	De 1 a 3 personas	Persona sola	Deshabitado
Mas de 6 personas.	1.00	2.00	3.00	5.00	6.00
De 3 a 6 personas.	0.50	1.00	2.00	3.00	5.00
De 1 a 3 personas.	0.33	0.50	1.00	2.00	5.00
Persona sola.	0.20	0.33	0.50	1.00	3.00
Deshabitado.	0.17	0.20	0.20	0.33	1.00
SUMA	2.20	4.03	6.70	11.33	20.00
1/SUMA	0.45	0.25	0.15	0.09	0.05

Tabla 89

Matriz de normalización: Número de personas por viviendas.

Cantidad de habitantes	Mas de 6 personas	De 3 a 6 personas	De 1 a 3 personas	Persona sola	Deshabitado	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
Deshabitado.	0.076	0.050	0.030	0.029	0.050	0.047
Total						1.000

Tabla 90

Índice y relación de consistencia: Número de personas por viviendas.

IC	0.031
RC	0.03

8.1.1.2.2. Análisis de la Fragilidad de la Dimensión Social.

A) Parámetro: Grupo etéreo.

Tabla 91

Matriz de comparación de pares del parámetro: Grupo etéreo.

Grupo etéreo (Pp=0.7)	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
0 a 5 años y mayor a 65 años	1.00	2.00	5.00	7.00	9.00
De 6 a 12 años y de 61 a 65 años	0.50	1.00	2.00	5.00	7.00
De 13 a 15 años y de 51 a 60 años	0.20	0.50	1.00	2.00	5.00
De 16 a 30 años	0.14	0.20	0.50	1.00	3.00
De 31 a 50 años	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.95	3.84	8.70	15.33	25.00
1/SUMA	0.51	0.26	0.11	0.07	0.04

Tabla 92

Matriz de normalización: 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
Total						1.000

Tabla 93

Índice y relación de consistencia: Grupo etáreo.

IC	0.041
RC	0.04

B) **Parámetro:** Servicios básicos.

Tabla 94

Matriz de comparación de pares del parámetro: Servicios básicos.

Servicios básicos (Pp=0.3)	Ningún servicio básico	Un servicio básico	Dos servicios básicos	Tres servicios básicos	Todos los servicios básicos
Ningún servicio básico.	1.00	2.00	5.00	7.00	9.00
Un servicio básico.	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00
Dos servicios básicos.	0.20	0.33	1.00	2.00	5.00
Tres servicios básicos.	0.14	0.20	0.50	1.00	2.00
Todos los servicios básicos.	0.11	0.14	0.20	0.50	1.00
SUMA	1.95	3.68	9.70	15.50	24.00
1/SUMA	0.51	0.27	0.10	0.06	0.04

Tabla 95*Matriz de normalización: Servicios básicos.*

Servicios básicos	Ningún servicio básico	Un servicio básico	Dos servicios básicos	Tres servicios básicos	Todos los servicios básicos	Vector Priorización
Ningún servicio básico.	0.512	0.544	0.515	0.452	0.375	0.480
Un servicio básico.	0.256	0.272	0.309	0.323	0.292	0.290
Dos servicios básicos.	0.102	0.091	0.103	0.129	0.208	0.127
Tres servicios básicos.	0.073	0.054	0.052	0.065	0.083	0.065
Todos los servicios básicos.	0.057	0.039	0.021	0.032	0.042	0.038
SUMA						1.000

Tabla 96*Índice y relación de consistencia: Servicios básicos.*

IC	0.037
RC	0.03

8.1.1.2.3. Análisis de Resiliencia de la Dimensión Social.**A) Parámetro:** Conocimiento en temas de GRD.

Tabla 97

Matriz de comparación de pares del parámetro: Conocimiento en temas de GRD.

Conocimiento en temas de GRD (Pp=0.6)	No conoce	Escaso conocimiento	Poco conocimiento	Regular conocimiento	Conocimiento amplio
No conoce	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Escaso conocimiento	0.33	1.00	2.00	5.00	8.00
Poco conocimiento	0.20	0.50	1.00	3.00	7.00
Regular conocimiento	0.14	0.20	0.33	1.00	2.00
Conocimiento amplio	0.11	0.14	0.14	0.50	1.00
SUMA	1.79	4.84	8.48	16.50	27.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.12	0.06	0.04

Tabla 98

Matriz de normalización: Conocimiento en temas de GRD.

Conocimiento en temas de GRD	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
SUMA						1.000

Tabla 99

Índice y relación de consistencia: Conocimiento en temas de GRD.

IC	0.058
RC	0.05

B) Parámetro: Actitud frente al riesgo

Tabla 100

Matriz de comparación de pares del parámetro: Actitud frente al riesgo.

Actitud frente al riesgo (Pp=0.4)	Fatalista y conformista	Escasamente previsor sin implementación de medidas	Parcialmente previsor sin implementación de medidas	Parcialmente previsor implementando escasas medidas	Previsor a con diversas medidas
Fatalista y conformista.	1.00	3.00	4.00	7.00	9.00
Escasamente previsor sin implementación de medidas.	0.33	1.00	2.00	4.00	5.00
Parcialmente previsor sin implementación de medidas.	0.25	0.50	1.00	2.00	3.00
Parcialmente previsor implementando escasas medidas.	0.14	0.25	0.50	1.00	3.00
Previsor con diversas medidas.	0.11	0.14	0.33	0.33	1.00
SUMA	1.84	4.89	7.83	14.33	21.00
1/SUMA	0.54	0.20	0.13	0.07	0.05

Tabla 101*Matriz de normalización: Actitud frente al riesgo.*

Actitud frente al riesgo.	Fatalista y conformista	Escasamente previsor sin implementación de medidas	Parcialmente previsor sin implementación de medidas	Parcialmente previsor implementando escasas medidas	Previsor a con diversas medidas	Vector Priorización
Fatalista y conformista.	0.544	0.613	0.511	0.488	0.429	0.517
Escasamente previsor sin implementación de medidas.	0.181	0.204	0.255	0.279	0.238	0.232
Parcialmente previsor sin implementación de medidas.	0.136	0.102	0.128	0.140	0.143	0.130
Parcialmente previsor implementando escasas medidas.	0.078	0.051	0.064	0.070	0.143	0.081
Previsor con diversas medidas.	0.060	0.029	0.043	0.023	0.048	0.041
SUMA						1.000

Tabla 102*Índice y relación de consistencia: Actitud frente al riesgo.*

IC	0.030
RC	0.03

8.1.1.3. Análisis de Dimensión Ambiental

Tabla 103

Matriz de comparación de pares: Parámetro de dimensión ambiental.

Dimensión Ambiental (P=0.1)	Exposición	Fragilidad	Resiliencia
Exposición	1.00	3.00	5.00
Fragilidad	0.33	1.00	2.00
Resiliencia	0.20	0.50	1.00
SUMA	1.53	4.50	8.00
1/SUMA	0.65	0.22	0.13

Tabla 104

Matriz de normalización: Parámetro de 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
SUMA				1.00

Tabla 105

Índice y relación de consistencia: Parámetro de dimensión ambiental.

IC	0.002
RC	0.004

8.1.1.3.1. Análisis de la Exposición de la Dimensión Ambiental.

A) **Parámetro:** Cercanía al botadero de basura.

Tabla 106

Matriz de comparación de pares del parámetro: Cercanía al botadero de basura.

Cercanía al botadero de basura (Pp=1)	Menor a 20 m.	De 20 a 50 m.	De 50 a 100 m.	De 100 a 200 m.	Mayor a 200 m.
Menor a 20 m.	1.00	2.00	3.00	4.00	6.00
De 20 a 50 m.	0.50	1.00	2.00	3.00	5.00
De 50 a 100 m.	0.33	0.50	1.00	2.00	4.00
De 100 a 200 m.	0.25	0.33	0.50	1.00	3.00
Mayor a 200 m.	0.17	0.25	0.25	0.33	1.00
SUMA	2.25	4.08	6.75	10.33	19.00
1/SUMA	0.44	0.24	0.15	0.10	0.05

Tabla 107

Matriz de normalización: Cercanía al botadero de basura.

Cercanía al 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
SUMA						1.000

Tabla 108

Índice y relación de consistencia: Cercanía al botadero de basura.

IC	0.039
RC	0.03

8.1.1.3.2. Análisis de la Fragilidad de la Dimensión Ambiental.

A) **Parámetro:** Manejo y disposición de residuos sólidos.

Tabla 109

Matriz de comparación de pares del parámetro: Manejo y disposición de residuos sólidos.

Manejo y disposición de residuos sólidos (Pp=1)	Sin recojo de residuos solidos	Botadero en el cauce de la quebrada	Recojo con moto furgón (reciclador)	Recojo municipal (compactadora)	No genera (no botan)
Sin recojo de residuos sólidos.	1.00	2.00	3.00	5.00	8.00
Botadero en el cauce de la quebrada.	0.50	1.00	2.00	5.00	7.00
Recojo con moto furgón (reciclador).	0.33	0.50	1.00	3.00	5.00
Recojo municipal (compactadora).	0.20	0.33	0.33	1.00	2.00
No genera (no botan).	0.13	0.20	0.20	0.50	1.00
SUMA	2.16	4.03	6.53	14.50	23.00
1/SUMA	0.46	0.25	0.15	0.07	0.04

Tabla 110

Matriz de normalización: 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 moto furgón (reciclador)	Recojo municipal (compactadora)	No genera (no botan)	Vector Priorización
Sin recojo de residuos sólidos.	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 moto furgón (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
SUMA						1.000

Tabla 111

Índice y relación de consistencia: Manejo y disposición de residuos sólidos.

IC	0.065
RC	0.06

8.1.1.3.3. Análisis de la Resiliencia de la Dimensión Ambiental.

A) **Parámetro:** Conocimiento en temas ambientales.

Tabla 112

Matriz de comparación de pares del parámetro: Conocimiento en temas ambientales.

Conocimiento en temas ambientales (Pp=1)	No conoce	Conoce por comentarios de sus vecinos	Tiene ligeras nociones	Solo tiene conocimientos	Conoce y practica el reciclaje
No conoce.	1.00	2.00	3.00	5.00	9.00
Conoce por comentarios de sus vecinos.	0.50	1.00	2.00	4.00	5.00
Tiene ligeras nociones.	0.33	0.50	1.00	3.00	4.00
Solo tiene conocimientos.	0.20	0.33	0.33	1.00	3.00
Conoce y practica el reciclaje.	0.11	0.20	0.25	0.33	1.00
SUMA	2.14	4.03	6.58	13.33	22.00
1/SUMA	0.47	0.25	0.15	0.08	0.05

Tabla 113

Matriz de normalización: Conocimiento en temas ambientales.

Conocimiento en temas ambientales	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
SUMA						1.000

Tabla 114

Índice y relación de consistencia: Conocimiento en temas ambientales.

IC	0.042
RC	0.04

8.1.2. Definición y Estratificación de los Niveles de Vulnerabilidad

Se muestra los niveles de vulnerabilidad y sus rangos, los cuales fueron obtenidos del proceso de análisis jerárquico.

Tabla 115

Niveles de vulnerabilidad.

Nivel de vulnerabilidad	Rangos
Muy Alta	0.278 ≤ v < 0.449
Alta	0.152 ≤ v < 0.278
Media	0.081 ≤ v < 0.152
Baja	0.041 ≤ v < 0.081

8.1.3. Estratificación de la Vulnerabilidad

Tabla 116

Estratificación de la vulnerabilidad parte 1.

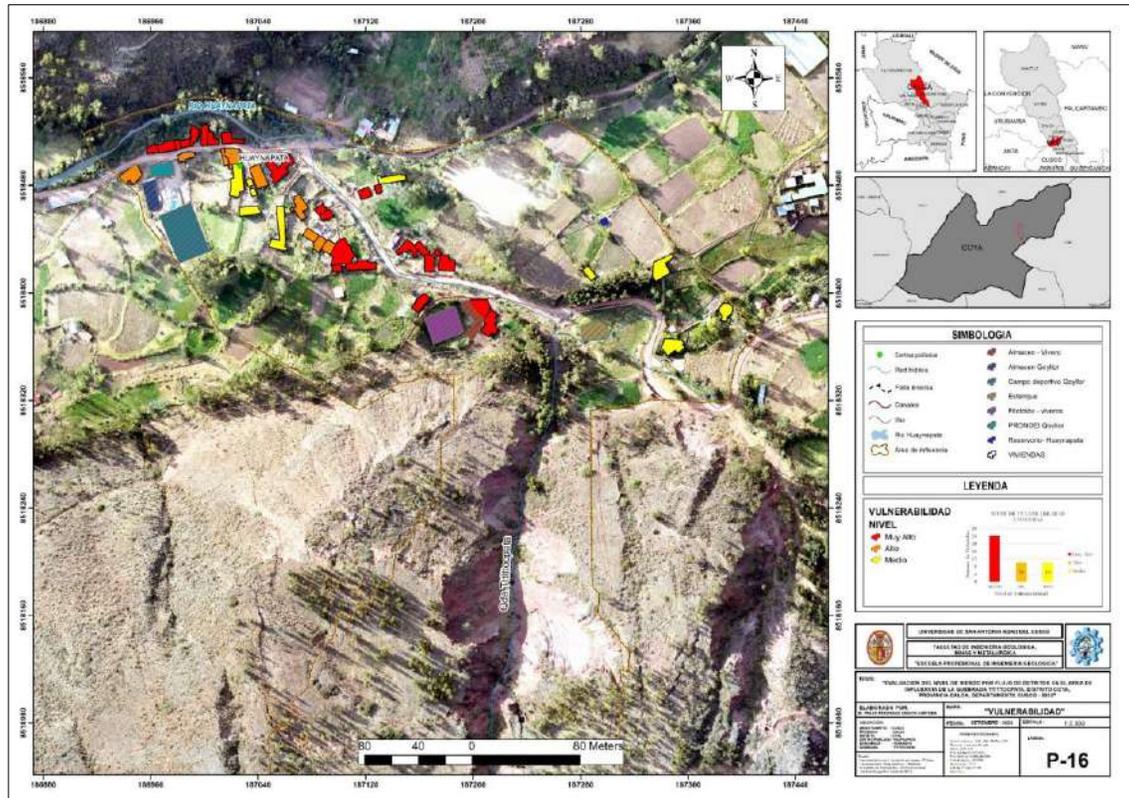
NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
VULNERABILIDAD MUY ALTA	<p>Dimensión Económica Exposición: Viviendas en zonas de flujo de detritos y menores a 30 metros. Fragilidad: Material predominante en paredes de edificación es piedra con mortero de barro. Material predominante de techo Paja. Estado de conservación deteriorado. Resiliencia: Ocupación principal trabajador familiar no remunerado. Ingreso familiar menor al sueldo mínimo.</p> <p>Dimensión Social Exposición: Número de personas a nivel de lote superior a 6. Fragilidad: Grupo etéreo predomina personas entre las edades de 0 - 5 años y > 65 años. No posee ningún servicio básico. Resiliencia: No tienen conocimiento en temas de GRD - No conocen acerca de ocurrencia pasada de desastres en su localidad, nunca han sido capacitados en gestión de riesgo de desastres por parte de sus autoridades. Actitud frente al riesgo - Fatalista y conformista.</p> <p>Dimensión Ambiental Exposición: Cercanía al botadero de basura < 20 metros. Fragilidad: Sin recojo de residuos sólidos. Resiliencia: No tienen conocimiento en temas ambientales.</p>	$0.278 \leq V < 0.449$
VULNERABILIDAD ALTA	<p>Dimensión Económica Exposición: Viviendas entre 30 a 50 metros del flujo de detritos reciente. Fragilidad: Material predominante en paredes de edificación es adobe. Estado de conservación de vivienda malo. Material predominante en techos es plástico y tejas. Estado de conservación de la vivienda en proceso de deterioro. Resiliencia: Ocupación principal obrero o peón. Ingreso familiar promedio de 931 a 1200</p> <p>Dimensión Social Exposición: Habitan de 3 a 6 personas en la edificación. Fragilidad: Grupo etéreo predomina personas entre las edades de 0 - 5 años y > 65 años. Un servicio básico. Resiliencia: Poseen escaso conocimiento en temas de GRD, escasamente previsoras sin implementación de medidas de prevención.</p> <p>Dimensión Ambiental Exposición: Cercanía al botadero de basura de 20 metros a 50 metros. Fragilidad: Botadero en el cauce de la quebrada Resiliencia: Conoce por comentarios de sus vecinos</p>	$0.152 \leq V < 0.278$

Tabla 117*Estratificación de la vulnerabilidad parte 2.*

VULNERABILIDAD MEDIA	<p>Dimensión Económica Exposición: Viviendas entre 50 a 150 metros del flujo de detritos reciente. Fragilidad: Material predominante en paredes de edificación es tapia y adobe con recubrimiento. Material predominante de tejas y planchas de calamina. Estado de conservación de vivienda con refacciones. Resiliencia: Ocupación principal la agricultura. Ingreso familiar promedio es de 1201 a 1500 soles.</p> <p>Dimensión Social Exposición: Habitan de 1 a 3 personas en la edificación. Fragilidad: Grupo etareo de 13 a 15 años y de 51 a 60 años. Dos servicios básicos agua y energía eléctrica. Resiliencia: Poseen poco conocimiento en GRD. Actitud frente al riesgo parcialmente previsora implementando escasas medidas.</p> <p>Dimensión Ambiental Exposición: Cercanía al botadero de basura de 50 metros a 100 metros. Fragilidad: Recogen con moto furgón (reciclador) Resiliencia: Tiene ligeras nociones en conocimiento en temas ambientales.</p>	0.081≤ V <0.152
VULNERABILIDAD BAJA	<p>Dimensión Económica Exposición: Viviendas entre >150 del flujo de detritos reciente. Fragilidad: Material predominante en paredes de edificación es ladrillo y/o bloqueta de cemento. Material predominante de techo losa de concreto. Estado de conservación de vivienda en buen estado. Resiliencia: Ocupación principal empleador. Ingreso familiar promedio mayor a 1800 soles.</p> <p>Dimensión Social Exposición: Deshabitado o persona sola en la edificación. Fragilidad: Grupo etareo de 16 a 30 años. Todos los servicios básicos. Resiliencia: Poseen regular conocimiento en GRD, Parcialmente previsora implementando escasas medidas.</p> <p>Dimensión Ambiental Exposición: Cercanía al botadero de basura >200 m. Fragilidad: No generan (no botan) residuos sólidos. Resiliencia: Solo tiene conocimientos en temas ambientales.</p>	0.041≤ V <0.081

Figura 88

Mapa de vulnerabilidad por flujo de detritos.



CAPITULO IX: Calculo de los Niveles de Riesgo

9.1. Determinación de los Niveles de Riesgo.

A) Nivel de Riesgo:

El valor del nivel de riesgo por flujo de detritos se logra a partir del producto del valor de peligro por el valor de vulnerabilidad en el programa ArcGIS. Los niveles de riesgo por flujo de detritos en el área de influencia de la quebrada Ttittocpata y el centro poblado Huaynapata, distrito Coya Se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 118

Nivel de riesgo.

Nivel de Riesgo	Rangos
Muy Alta	0.083 ≤ R < 0.221
Alta	0.029 ≤ R < 0.083
Media	0.011 ≤ R < 0.029
Baja	0.004 ≤ R < 0.011

B) Matriz del Riesgo:

La matriz de riesgo originado por flujo de detritos en el área de influencia es el siguiente:

Tabla 119

Matriz de los niveles de riesgo.

Peligrosidad	Muy alto	0.493	0.040	0.075	0.137	0.221
	Alto	0.299	0.024	0.045	0.083	0.134
	Medio	0.193	0.016	0.029	0.054	0.087
	Bajo	0.136	0.011	0.021	0.038	0.061
			0.081	0.152	0.278	0.449
			Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Vulnerabilidad						

9.1.1. Estratificación de los Niveles de Riesgo

Tabla 120

Estratificación de los niveles de riesgo parte 1.

NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO	
RIESGO MUY ALTO	PELIGRO Predomina: Extremadamente lluvioso: Umbrales de precipitaciones máximas diarias RR>26.3 mm. Predomina: Magnitud de sismo en el rango de 6.0 Mw a 7.9 Mw Predomina: La unidad geomorfológica corresponde a Vertiente o piedemonte aluvial y llanura de inundación. Predomina: Las unidades litoestratigráficas corresponden a zonas de depósitos aluviales recientes y depósito fluvial. Predomina: Pendiente de terreno entre 14° a 27° Predomina: Zonas sin cobertura vegetal o escasa cobertura vegetal. Predomina: Flujo de detritos con altura mayor a 1 m.	0.083 ≤ R <0.221	
	VULNERABILIDAD		
	Dimensión Económica Exposición: Viviendas en zonas de flujo de detritos y menores a 30 metros. Fragilidad: Material predominante en paredes de edificación es piedra con mortero de barro. Material predominante de techo Paja. Estado de conservación deteriorado. Resiliencia: Ocupación principal trabajador familiar no remunerado. Ingreso familiar menor al sueldo mínimo.		
	Dimensión Social Exposición: Número de personas a nivel de lote superior a 6. Fragilidad: Grupo etéreo predomina personas entre las edades de 0 - 5 años y > 65 años. No posee ningún servicio básico. Resiliencia: No tienen conocimiento en temas de GRD - No conocen acerca de ocurrencia pasada de desastres en su localidad, nunca han sido capacitados en gestión de riesgo de desastres por parte de sus autoridades. Actitud frente al riesgo - Fatalista y conformista.		
	Dimensión Ambiental Exposición: Cercanía al botadero de basura < 20 metros. Fragilidad: Sin recojo de residuos sólidos. Resiliencia: No tienen conocimiento en temas ambientales.		
	PELIGRO Predomina: Extremadamente lluvioso: Umbrales de precipitaciones máximas diarias RR>26.3 mm. Predomina: Magnitud de sismo en el rango de 6.0 Mw a 7.9 Mw Predomina: Las unidades geomorfológicas corresponden a Vertiente o piedemonte coluvio - deluvial y Vertiente o piedemonte aluvio -torrencial. Predomina: Las unidades litoestratigráficas corresponden a Depósito Coluvio deluvial y Depósito aluvial antiguo Predomina: Pendiente de terreno menor a 7° -14° Predomina: Tierras de cultivo. Predomina: Flujo de detritos con altura entre 0.5m - 1m		0.029 ≤ R <0.083
	VULNERABILIDAD		
	Dimensión Económica Exposición: Viviendas entre 30 a 50 metros del flujo de detritos reciente. Fragilidad: Material predominante en paredes de edificación es adobe. Estado de conservación de vivienda malo. Material predominante en techos es plástico y tejas. Estado de conservación de la vivienda en proceso de deterioro. Resiliencia: Ocupación principal obrero o peón. Ingreso familiar promedio de 931 a 1200		
	Dimensión Social Exposición: Habitan de 3 a 6 personas en la edificación. Fragilidad: Grupo etéreo predomina personas entre las edades de 0 - 5 años y > 65 años. Un servicio básico. Resiliencia: Poseen escaso conocimiento en temas de GRD, escasamente previsoras sin implementación de medidas de prevención.		
	Dimensión Ambiental Exposición: Cercanía al botadero de basura de 20 metros a 50 metros. Fragilidad: Botadero en el cauce de la quebrada Resiliencia: Conoce por comentarios de sus vecinos		

Tabla 121

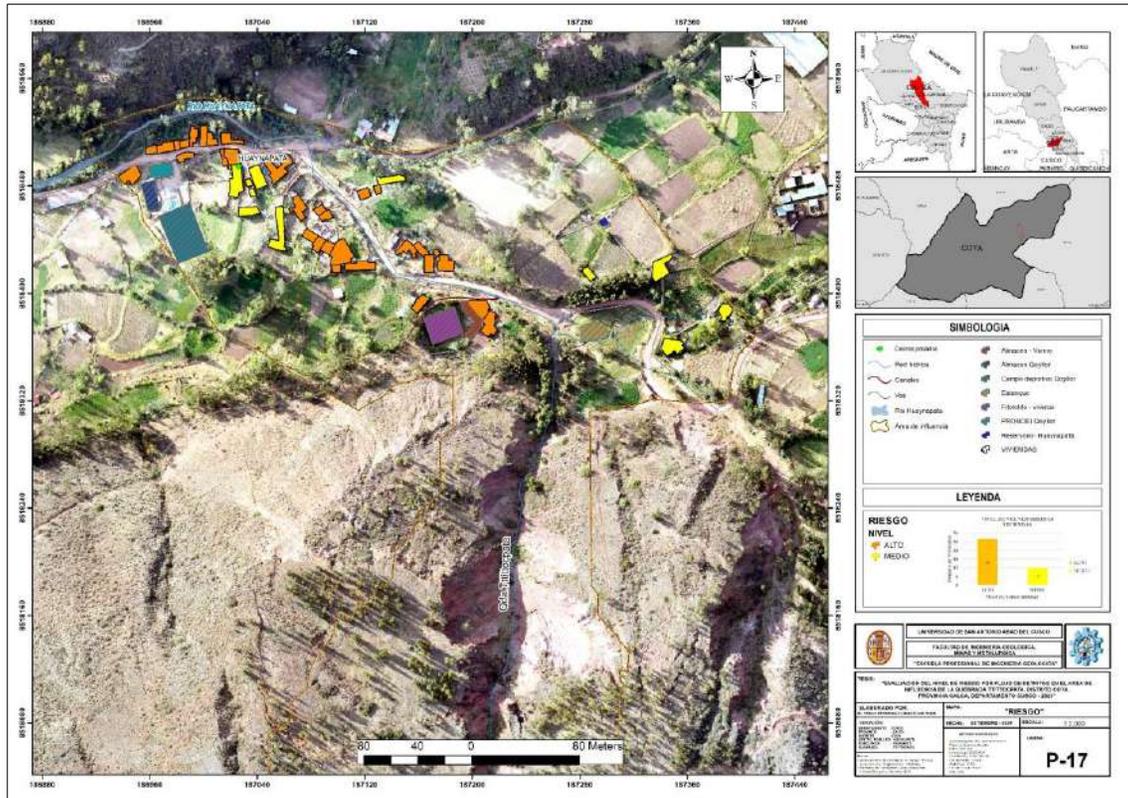
Estratificación de los niveles de riesgo parte 2.

RIESGO MEDIO	<p>PELIGRO Predomina: Extremadamente lluvioso: Umbrales de precipitaciones máximas diarias RR>26.3 mm. Predomina: Magnitud de sismo en el rango de 6.0 Mw a 7.9 Mw Predomina: Las unidades geomorfológicas corresponden a vertiente con depósito de deslizamiento y Vertiente coluvial de detritos. Predomina: Las unidades litoestratigráfica corresponden a deposito coluvial y Montaña en roca sedimentaria. Predomina: Pendiente de terreno menor a <7° Predomina: Cobertura vegetal pastizal. Predomina: Flujo de detritos con altura entre 0.3 m – 0.5 m</p>	
	<p>VULNERABILIDAD Dimensión Económica Exposición: Viviendas entre 50 a 150 metros del flujo de detritos reciente. Fragilidad: Material predominante en paredes de edificación es tapia y adobe con recubrimiento. Material predominante de tejas y planchas de lamina. Estado de conservación de vivienda con refacciones. Resiliencia: Ocupación principal la agricultura. Ingreso familiar promedio es de 1201 a 1500 soles. Dimensión Social Exposición: Habitan de 1 a 3 personas en la edificación. Fragilidad: Grupo etareo de 13 a 15 años y de 51 a 60 años. Dos servicios básicos agua y energía eléctrica. Resiliencia: Poseen poco conocimiento en GRD. Actitud frente al riesgo parcialmente previsora implementando escasas medidas. Dimensión Ambiental Exposición: Cercanía al botadero de basura de 50 metros a 100 metros. Fragilidad: Recogen con moto furgón (reciclador) Resiliencia: Tiene ligeras nociones en conocimiento en temas ambientales.</p>	0.011 ≤ R <0.029
RIESGO BAJO	<p>PELIGRO Predomina: Extremadamente lluvioso: Umbrales de precipitaciones máximas diarias RR>26.3 mm. Predomina: Magnitud de sismo en el rango de 6.0 Mw a 7.9 Mw Predomina: La unidad geomorfológica corresponde a montaña en roca volcano sedimentaria. Predomina: Las unidades litoestratigráficas corresponden a las Formación Pisac PET-p y parcialmente a las Formación Huancané, Formación Paucarbamba y Formación Maras. Predomina: Pendiente de terreno superiores 27°. Predomina: Cobertura vegetal - Arborea de vegetación densa. Predomina: Flujo de detritos con altura < 0.3 m.</p>	
	<p>VULNERABILIDAD Dimensión Económica Exposición: Viviendas entre >150 del flujo de detritos reciente. Fragilidad: Material predominante en paredes de edificación es ladrillo y/o bloqueta de cemento. Material predominante de techo losa de concreto. Estado de conservación de vivienda en buen estado. Resiliencia: Ocupación principal empleador. Ingreso familiar promedio mayor a 1800 soles. Dimensión Social Exposición: Deshabitado o persona sola en la edificación. Fragilidad: Grupo etareo de 16 a 30 años. Todos los servicios básicos. Resiliencia: Poseen regular conocimiento en GRD, Parcialmente previsora implementando escasas medidas. Dimensión Ambiental Exposición: Cercanía al botadero de basura >200 m. Fragilidad: No generan (no botan) residuos sólidos. Resiliencia: Solo tiene conocimientos en temas ambientales.</p>	0.004 ≤ R <0.011

9.1.2. Mapa de Zonificación de los Niveles de Riesgo.

Figura 89

Mapa de riesgo por flujo de detritos.



CAPITULO X: Control de Riesgo

10.1. Aceptabilidad y Tolerancia de Riesgo

Para el control de riesgo es necesario tener una referencia para estimar cuando las consecuencias sociales, económicas o ambientales podrían considerarse graves, importantes o insignificantes y si son aceptables o no por la población afectada.

10.1.1. Valoración del Nivel de Consecuencias.

Tabla 122

Estratificación de los niveles de consecuencia.

Valor	Niveles	Descripción
4	Muy alto	Las consecuencias debido a un impacto de Flujo de detritos son catastróficas, a la infraestructura existente, la salud y a la vida humana.
3	Alto	Las consecuencias debido a un impacto de flujo de detritos pueden ser gestionadas con apoyo externo (Gobierno Provincial o Gobierno Regional y de los pobladores.
2	Medio	Las consecuencias debido a un impacto de Deslizamiento pueden ser gestionadas con los recursos disponibles y apoyo de la población.
1	Bajo	Las consecuencias debido a un impacto de Deslizamiento pueden ser gestionadas sin dificultad.

Nota. Adaptado del Manual para la evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales

02 versión (pág. 167), CENEPRED, 2014.

Las consecuencias respecto al flujo de detritos pueden ser gestionadas con apoyo externo y corresponde a un nivel de valoración de consecuencias alto con un valor 3.

10.1.2. Valoración de los Niveles de Frecuencia

Tabla 123

Estratificación de los niveles de frecuencias de ocurrencia.

Valor	Nivel	Descripción
4	Muy alto	Puede ocurrir en la mayoría de las circunstancias.
3	Alto	Puede ocurrir en periodos de tiempo medianamente largos según circunstancias.
2	Medio	Puede ocurrir en periodos de tiempo largos según circunstancias.
1	Bajo	Puede ocurrir en circunstancias excepcionales.

Nota. Adaptado del Manual para la evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales 02 versión (pág. 167), CENEPRED, 2014.

Pueden ocurrir en periodos de tiempo medianamente largos, lo que significa que la probabilidad es alta con un nivel 3.

10.1.3. Matriz de Consecuencia y Daño

Tabla 124

Matriz de consecuencias y daño.

		Zona de consecuencias y daños				
Consecuencias	Muy alto	4	Alto	Alto	Muy Alto	Muy alto
	Alto	3	Alto	Alto	Alto	Muy alto
	Media	2	Media	Media	Alto	Alto
	Baja	1	Baja	Media	Media	Alto
			1	2	3	4
			Baja	Media	Alto	Muy alto
			Frecuencia			

Nota. Adaptado del Manual para la evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales 02 versión (pág. 168), CENEPRED, 2014.

El área de influencia de la quebrada Ttittocpata se encuentra en una zona de consecuencias y daños alta, por lo cual la zona de consecuencias y daños corresponde al nivel alto.

10.1.4. Medidas Cualitativas de Consecuencias y Daño

Tabla 125

Medidas cualitativas de consecuencias y daños.

Valor	Niveles	Descripción
4	Muy alto	Muerte de personas, enorme pérdidas económicas y bienes.
3	Alto	Lesiones grandes en las personas, pérdida de la capacidad de producción, pérdida de bienes.
2	Medio	Requiere tratamiento médico en las personas, perdidas de bienes y financieras altas.
1	Bajo	Tratamiento de primeros auxilios a las personas, pérdidas de bienes y financieras altas.

Nota. Adaptado del Manual para la evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales

02 versión (pág. 168), CENEPRED, 2014.

Según las medidas cualitativas de consecuencias y daños son lesiones grandes en las personas y pérdida de capacidad de producción, corresponde al nivel 3 de nivel alto.

10.1.5. Aceptabilidad y/o Tolerancia

La aceptabilidad y tolerancia de riesgo justificara aplicar o no medidas correctivas.

Tabla 126

Nivel de aceptabilidad y tolerancia.

Nivel	Nivel de la aceptabilidad	Descripción
4	INADMISIBLE	Se debe aplicar inmediatamente medidas de control físico y de ser posible transferir inmediatamente recursos económicos para reducir riesgos.
3	INACEPTABLE	Se deben desarrollar actividades INMEDIATAS Y PRIORITARIAS para el manejo de riesgos ante Flujo de detritos.
2	TOLERABLE	Se deben desarrollar actividades para el manejo de riesgos.
1	ACEPTABLE	El riesgo no presenta un peligro significativo

Nota. Adaptado del Manual para la evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales

02 versión (pág. 168), CENEPRED, 2014.

Se deben desarrollar actividades y prioritarias para el manejo de riesgo, por lo cual corresponde a un nivel 3 – inaceptable.

10.1.6. Matriz de Aceptabilidad y Tolerancia

Tabla 127

Matriz de aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo

Nivel de aceptabilidad y/o tolerancia			
Riesgo inaceptable	Riesgo inaceptable	Riesgo Inadmisible	Riesgo Inadmisible
Riesgo inaceptable	Riesgo inaceptable	Riesgo inaceptable	Riesgo Inadmisible
Riesgo Tolerable	Riesgo Tolerable	Riesgo inaceptable	Riesgo inaceptable
Riesgo Aceptable	Riesgo Tolerable	Riesgo Tolerable	Riesgo inaceptable

Nota. Adaptado del Manual para la evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales

02 versión (pág. 168), CENEPRED, 2014.

Al cualificar las consecuencias como nivel alto y la frecuencia como alta, el riesgo es inaceptable, por lo cual se debe activarse la capacidad de mitigar y prevenir daños potenciales.

10.1.7. Prioridad de Intervención

Tabla 128

Prioridad de intervención.

Valor	Descriptor	Nivel de priorización
4	INADMISIBLE	I
3	INACEPTABLE	II
2	TOLERABLE	III
1	ACEPTABLE	IV

Nota. Adaptado del Manual para la evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales 02 versión (pág. 170), CENEPRED, 2014.

Nivel de prioridad correspondiente es de nivel II, en el cual se debe desarrollar actividades inmediatas y prioritarias para el manejo de riesgos ante flujo de detritos.

10.2. Sectores Críticos

Del mapa de riesgo por flujo de detritos, se identificaron los principales sectores que están en situación crítica si no se interviene de manera correcta.

a) Sector Crítico de Riesgo (SCR-1)

Este sector se ubica en las zonas más cercanas a la desembocadura de la quebrada Ttittocpata y al cauce principal de la microcuenca Huayllahuaycco, el cual aumenta la generación y transporte del flujo de detritos por la trocha carrozable Coya – Ayarcancha. Se caracteriza principalmente por la cercanía al flujo de detritos. En este sector se ubican 24 viviendas y la trocha carrozable Centro poblado Huaynapata – Ayarcancha.

b) Sector Crítico de Riesgo (SCR-1)

Este sector se ubica en la intersección del cauce principal de la microcuenca Huayllahuaycco y el cauce del río Huaynapata. Se caracteriza por que el flujo de detritos continúa su recorrido por el cauce del río Huaynapata ocasionado otro tipo de flujo, afectando a las viviendas muy cercanas en las riberas del cauce fluvial. Por otro lado, es importante mencionar que este sector ocasionalmente sufre de inundaciones fluviales y pluviales. En este sector se encuentran 8 viviendas.

10.3. Cálculo de Posibles Perdidas

Se han identificado 44 viviendas, una institución educativa, un almacén de la institución educativa, un campo deportivo, un vivero, un almacén de vivero, un reservorio y un reservorio - estanque, del total de viviendas 33 propiedades tienen riesgo alto debido principalmente a su cercanía al área de impacto del flujo de detritos.

Tabla 129

Cuadro de perdidas probables.

Efectos probables	Área (m²)	Perdidas S/.	Perdidas probables S/.	Total. S/
37 viviendas (S/214 x área de vivienda)	2818.53	214.02	603221.79	603221.79
Agricultura (Costo x área de cultivo)	3476.81	2.00	6953.622282	6953.6223
Costo de adquisición de carpas (S/700.00)			25900	25900
Atención de emergencias			50000	50000
Costo por infraestructura de I.EE Inicial		31993.02		31993.019
Estanque-reservorio		49761.74		49761.738
Almacén y vivero	192.34	80.00	15387.2	15387.2
Total, aproximado		82050.777		783217.37

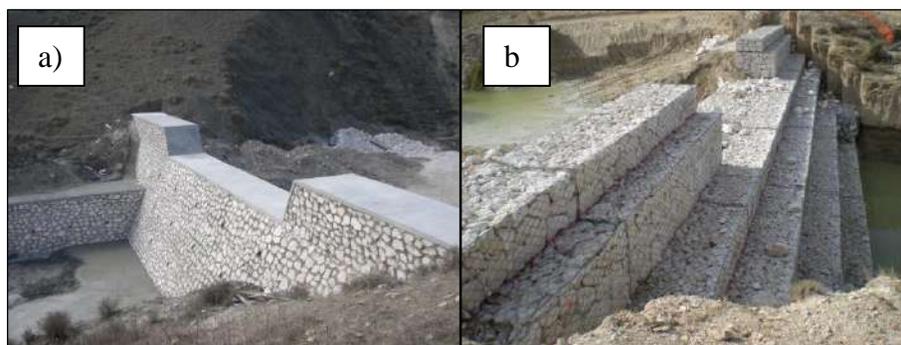
10.4. Medidas de Prevención y Reducción

A) Medidas de Carácter Estructural

- Construcciones de gaviones y diques, con el fin de retención de material detrítico y reducción de la velocidad de flujo. Las medidas de las construcciones antes mencionadas deben ser realizadas por un especialista en el tema, teniendo en consideración cálculos hidrológicos y geotécnicos.

Figura 90

Dique de mampostería hidráulica.

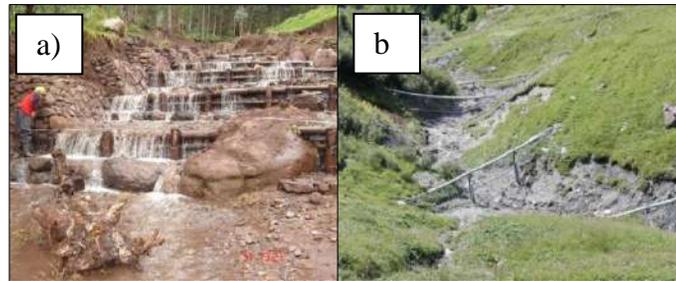


Nota. (a) Dique de mampostería hidráulica, (b) Dique de gaviones tipo caja, obtenido de tesis “Evaluación/ análisis de sistemas de protección contra detritos” (González, 2019)

- Construcciones de disipadores de energía, con el fin de reducción la velocidad de flujo de detritos, mediante diques transversales y canalización del cauce con muros escalonados.
- Construir barras flexibles, cuya finalidad es de reducir el transporte de material grueso, permitiendo el paso del agua debido a la red.

Figura 91

a) Disipadores de energía, b) barras flexibles.



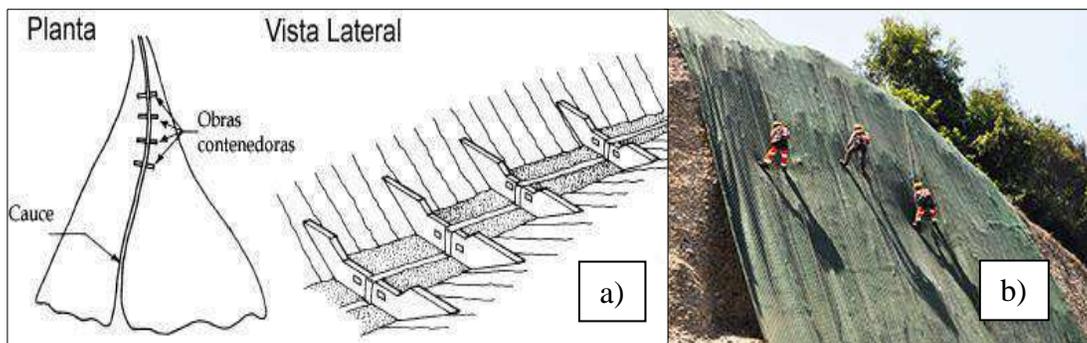
Nota. Obtenido de Informe técnico N°A6696, (INGEMMET,2015).

Para los deslizamientos de áreas más inestables se recomienda las siguientes medidas estructurales:

- Construir presas contenedoras transversales al eje de la quebrada, con la finalidad de estabilizar y contener los deslizamientos y/o derrumbes que puedan generar un flujo de detritos.
- Los taludes de ambos lados de la quebrada deben ser cubiertos con geomallas o similares. En la geometría existente en el talud, se tendría que hacer instalaciones complementarias para su auto sostenimiento mediante una geomanta, el cual protege la superficie contra la erosión y una malla metálica, el cual evita la caída de rocas y suelos.

Figura 92

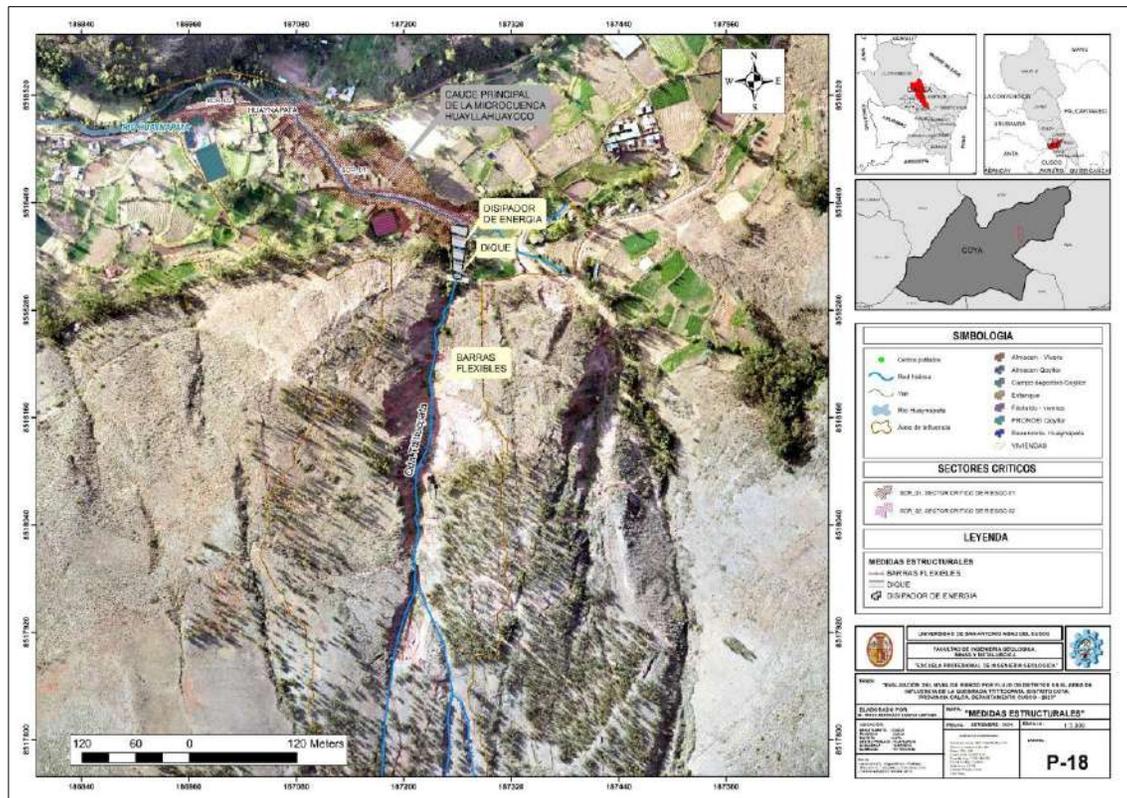
(a) presas contenedoras y (b) Geomallas y mallas metálicas.



Nota. (a) Obtenido de (VanDine, 1996) y (b) Obtenido en línea de <https://www.tdmexico.mx/>

Figura 93

Ubicación referencial de elementos estructurales



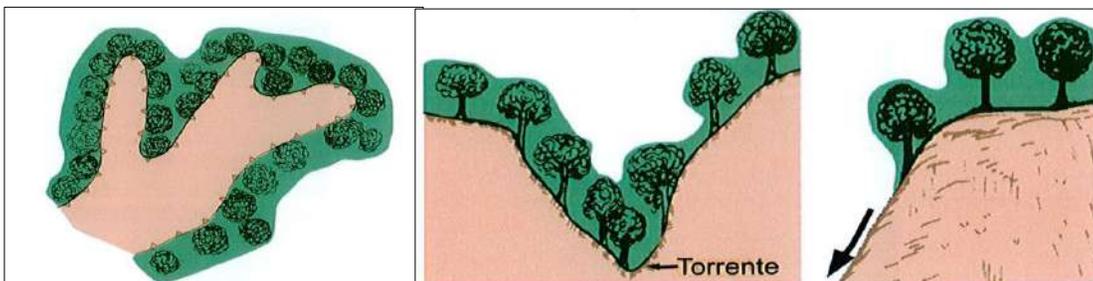
B) Medidas de Carácter no estructural

- Realizar un monitoreo continuo mediante sensores inalámbricos interconectados y visual de la presencia de nuevos agrietamientos en los deslizamientos en las laderas de la quebrada Tittocpata.
- Realizar un monitoreo continuo mediante sensores inalámbricos interconectados y visual de la presencia de nuevos agrietamientos en los deslizamientos en las laderas de la quebrada Tittocpata.
- Prohibir la tala de árboles. Forestar las laderas desprovistas de vegetación, con plantas nativas de la zona.

- Elaborar su programa de sensibilización con los pobladores del centro poblado Huaynapata en temas de peligros geológicos y gestión de riesgo de desastres, con el propósito de que, la intervención antrópica no acelere los procesos de activación y/o reactivación de movimientos en masa. Así mismo, para que estén preparados y sepan cómo actuar ante la ocurrencia de fenómenos de origen natural como los deslizamientos y flujo de detritos.
- Construcción y conformación de un comité de sistemas de alerta de alerta temprana para aviso a la población.
- Realizar actividades de limpieza y descolmatación en la desembocadura de la quebrada Tittocpata.
- Elaborar el plan de prevención de Reducción de riesgo del distrito coya.
- Reforestación y agroforestación con árboles altos y de raíces profundas en áreas con la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos que puedan propiciar un flujo de detritos con la finalidad de protección de la superficie de talud contra la erosión.

Figura 94

Obras de forestación en zonas de carcavamiento.



Nota. Obtenido de informe técnico N° A6838 “Deslizamientos – Flujo de detritos en el sector Cancal” (INGEMMET, 2018)

CAPITULO XI: Discusión de Resultados

De acuerdo a los resultados obtenidos del nivel de peligrosidad por flujo de detritos en el área de influencia de la quebrada Ttittocpata, el 2.57 % (0.64 ha) está en una zona de peligrosidad muy alta, el 7.29 % (1.81 ha) está en una zona de peligrosidad alta, el 68.81 % (17.07 ha) en una zona de peligrosidad media y el 21.33 % (5.29 ha) en peligrosidad baja. De los resultados del nivel de peligrosidad, el peligro muy alto y alto se focaliza en la desembocadura de la quebrada Ttittocpata y la trocha carrozable Coya – Ayarcancha, donde se ubican todas las viviendas.

Para los resultados de los niveles de peligrosidad por flujo de detritos, se han identificado los factores condicionantes como las unidades litoestratigráficas, unidades geomorfológicas, pendiente, cobertura vegetal y como factores desencadenantes la precipitación máxima de 24 horas los cuales se relacionan con la tesis de Gamarra (2020), en el que identifico los factores condicionantes de la evaluación los cuales fueron: litología, geomorfología, pendiente, cobertura vegetal y como factor desencadenante la precipitación.

Del resultado de mapa de pendientes en el área de influencia de la quebrada Ttittocpata, se observa que el rango que oscila entre 14° a 27° es la zona donde los flujos se han esparcido con mayor intensidad, además favorece al transporte de flujo de detritos siguiendo una trayectoria NW, a través de la trocha carrozable Ayarcancha – Centro poblado Huaynapata – Coya.

De los resultados del mapa geomorfológico local se constata que el flujo de detritos en el área de influencia de la quebrada Ttittocpata, está vinculado a vertientes aluviales recientes y aluviales torrenciales prehistóricos. Estas vertientes aluviales son activos. También está vinculado al deslizamiento, caídas de suelo y la gran cantidad de erosión en cárcavas, así como a la acumulación de depósitos coluviales en la quebrada Ttittocpata. lo que favorece la ocurrencia del flujo de detritos.

De los resultados del mapa geológico local se evidencia que en el área de influencia de la quebrada Ttittocpata, existen principalmente depósitos coluviales, coluvio deluviales, aluviales, lutitas y calizas altamente meteorizadas. Estos depósitos están compuestos principalmente por masas inestables debido a la presencia de materiales no consolidados, heterogéneos y los resultados del análisis de estabilidad de taludes con $F_s < 1$, los cuales contribuyen a la generación del flujo de detritos. Por otro lado, en el mapa de cobertura vegetal, se observa que la mayor ocurrencia del flujo de detritos se aprecia en zonas sin cobertura vegetal.

De los resultados de análisis morfométrico, la pendiente media de la microcuenca es 34.80%, lo que genera mayor erosión en laderas escarpadas y empinadas, generando mayor disposición de material suelto.

De los resultados de la simulación con el software iRIC Morpho2dh de flujo de detritos no newtonianos. se realizó para un periodo de retorno de 100 años con un caudal de 0.2 m³/s, considerando además una concentración de sedimentos por volumen de 0.45 y una concentración de sedimentos por peso de 0.69. De los resultados del nivel de altura máxima del depósito con respecto al flujo de detritos varía entre 0.01 m hasta 4.29 m, los mismos que se relacionan con el levantamiento de información en campo. Por otro lado, las calicatas C-01, C-02 y C-03 en la desembocadura de la quebrada Ttittocpata no presentan índices de plasticidad por lo que no superan el 5% los cuales se relacionan con la definición de un flujo de detritos.

De los resultados obtenidos del mapa de niveles de vulnerabilidad, el 54.55% que vendrían a ser 24 viviendas se ubican en una zona de vulnerabilidad muy alta, el 22.73 % que vendrían a ser 10 viviendas se ubican en zona de vulnerabilidad alta, el 22.73 % que vendrían a ser 10 viviendas se ubican en una zona de vulnerabilidad media. De estos resultados los niveles de vulnerabilidad muy alta y alta son debido principalmente a la cercanía de las zonas de flujo de detritos, además habitan personas de tercera edad y sus edificaciones son de piedra con mortero

de barro y adobe deteriorados, así mismo tienen un actitud fatalista y conformista o son escasamente previsoras sin implementación de medidas de prevención, lo cual se relacionan con el artículo científico de Maldonado (2018), en el que determinó que la vulnerabilidad alta en la ciudad de calca es debido al grado de exposición al peligro identificado y a la fragilidad de las viviendas que en su mayoría son de adobe y tapia, así como al bajo nivel de resiliencia de sus pobladores.

De los resultados obtenidos del mapa de niveles de riesgo en el que se relacionaron el peligro y la vulnerabilidad, el 72.7 % que vendría a ser 32 viviendas se ubica en una zona de riesgo alto, el 27.3 % que vendrían a ser 12 viviendas se ubica en una zona de riesgo medio. El principal factor en el aumento de riesgo es la exposición de la población frente a la ocurrencia del flujo de detritos, debido a que se han ocupado de manera informal zonas muy cercanas al flujo de detritos.

Se han identificado 2 sectores críticos de riesgo clasificados como SCR 01 y 02. Los sectores críticos identificados están estrechamente relacionados al nivel de riesgo alto de las viviendas y la cercanía al flujo de detritos. Además, según manifestaciones de los residentes y la verificación en campo del SCR 02, las viviendas que ocupan las riberas del río Huaynapata sufren ocasionalmente inundaciones tanto fluviales como pluviales.

CONCLUSIONES

1. En el área de influencia de la quebrada Ttittocpata, 32 viviendas se encuentran en riesgo alto y enfrentan la posibilidad de ser afectadas por la presencia de material arrastrado por el flujo de detritos, 12 viviendas adicional en zonas de riesgo medio. Al cualificar las consecuencias como nivel alto y la frecuencia como alta, el riesgo es inaceptable, por lo cual se debe activarse la capacidad de mitigar y prevenir daños potenciales.
2. En la determinación del nivel de peligrosidad del área de influencia de la quebrada Ttittocpata, un 2.57 % del total se encuentra en zona de peligrosidad muy alta, un 7.29 % del total se encuentran en una zona de peligrosidad alta, un 68.81 % en una zona de peligrosidad media y un 21.33 % en peligrosidad baja, a pesar de ello el peligro muy alto y alto se focaliza en la desembocadura de la quebrada Ttittocpata, donde se ubican todas las viviendas, esto debido principalmente a que se encuentran sobre vertientes aluvio torrenciales y muy cercanas a una vertiente aluvial, así como a depósitos aluviales recientes y antiguos, pendientes entre 14° a 27° en los que se ha evidenciado la mayor ocurrencia y transporte el flujo de detritos. Además, se ha considerado un evento de precipitación máxima diaria de 38.22 que ocurrió en el mes de diciembre del año 2010 y una magnitud máxima generada para la falla Qoricocha de 6.45 Mw, así mismo se ha considerado como parámetro de evaluación a las alturas de flujo de detritos máxima que varía desde 0.001m hasta 4.29m.
3. Del análisis de vulnerabilidad en las dimensiones económica, social y ambiental, se han analizado 44 viviendas existentes en el área de influencia de la quebrada Ttittocpata del centro poblado Huaynapata, de los cuales 24 viviendas presentan vulnerabilidad muy alta, 10 viviendas presentan vulnerabilidad alta y 10 viviendas en nivel de vulnerabilidad media. Las viviendas que presentan vulnerabilidad muy alta y alta son principalmente debido a que se encuentran menores a 30 metros muy cercanas a las zonas de flujo de detritos, además habitan

más de 6 personas (con personas de tercera edad) y sus edificaciones son de piedra con mortero de barro y adobe deteriorados. Los que presentan vulnerabilidad media son principalmente debido a que se encuentran entre 50 a 150 metros a las zonas de flujo de detritos, además habitan menos de 3 personas, sus edificaciones son de adobe con recubrimiento en regular estado.

4. Se han identificado 2 sectores críticos de riesgo. El SCR-01 es el que está clasificado como “sector crítico Alto” y afecta a las viviendas y la trocha carrozable más cercanas al flujo de detritos y al cauce principal de la microcuenca Huayllahuaycco. El SCR-02 está clasificada como “sector crítico alto” y afecta a las viviendas que se encuentran en las riberas del río Huaynapata y muy cercanas al flujo de detritos, por lo cual se debe intervenir en la prevención y reducción del riesgo por flujo de detritos, de lo contrario estos sectores serían gravemente afectados.

RECOMENDACIONES

1. Habiéndose determinado el nivel de riesgo Alto, se recomienda la implementación de las medidas de prevención y mitigación de este trabajo, tomando en consideración el mapa de ubicación referencial de medidas estructurales.
2. Se recomienda realizar trabajos de investigación en diferentes metodologías sobre la construcción de muros de gaviones y disipadores de energía con el fin de disminuir la velocidad y el impacto del flujo de detritos.
3. Evitar las construcciones a futuro cerca del área de influencia de la quebrada Tittocpata para disminuir el efecto de riesgo y vulnerabilidad por flujo de detritos de las viviendas, infraestructuras y áreas agropecuarias.
4. Incluir trabajos de investigación en la gestión de riesgo de desastres para la gestión ambiental básica, la ordenación y el acondicionamiento del territorio.
5. Se recomienda realizar un levantamiento topográfico de detalle y tener información de los parámetros geotécnicos de resistencia del área donde se construirán los diques y disipadores de energía.
6. Se recomienda realizar trabajos de investigación para el diseño e implementación de rutas de evacuación con un sistema de alerta temprana (SAT) y zonas seguras con el fin de incrementar la seguridad de la población ante la ocurrencia del flujo de detritos.
7. Se recomienda realizar estudios de evaluaciones de riesgo por inundación fluvial para la zona de riesgo crítico 2 (SCR-02).

BIBLIOGRAFIA

- Aleotti, P., & Chowdhury, R. (1999). *Landslide Hazard Assessment: Summary Review and New Perspectives*. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 58(1).
- Aparicio Mijares. (1992). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. Obtenido de https://www.academia.edu/8254237/Fundamentos_de_hidrologia_de_superficie_Aparicio
- Banda Flores, M. A. (2015). *Análisis comparativo de un modelo hidrodinámico unidimensional para flujo newtonianos y no newtonianos del río seco zona urbana Tacna*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Obtenido de http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/2815/624_2015_banda_flores_ma_%20fiag_ingenieria_geologia_y_geotecnia.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bennett, A. (1999). *Enlazando el paisaje. EL papel de los corredores y la conectividad en la conservación de la vida silvestre. Programa de conservación de bosque UICN, Conservando los ecosistemas boscosos serie N°1; primera y segunda parte*. Union Mundial para la naturaleza.
- Bravo, J. D. (2000). *Breve introducción a la cartografía y a los sistemas de información geográfica (SIG)*. Ciemat.
- Breña Puyol, A. F., & Jacobo Villa, M. A. (2006). *Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial*. Retrieved from https://www.uamenlinea.uam.mx/materiales/licenciatura/hidrologia/principios_fundamen
- Brzezinski, A. C. (2023). *Concepto de pendiente*. Obtenido de <https://www.geogebra.org/m/wmGn9JAW>
- Bucarey Aichele, N. C. (2018). *Evaluación de la susceptibilidad de flujo de detritos en quebradas Carrizalillo y de Meléndez, comuna de tierra amarilla, región de Atacama*. Universidad de Chile.

- Carlotto, V., Gil, W., Cárdenas, J., & Chávez, R. (1996). *Geología de los cuadrángulos de Urubamba y Calca. Hojas: 27-r y 27-s*. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional.
- Castillo, Y., & Ojeda, H. (2019). *Evaluación del nivel de peligrosidad originado por movimientos en masa en la quebrada Saqramayo distrito Santiago - Cusco*. Universidad de San Antonio Abad del Cusco.
- CENEPRED. (2014). *Glosario de Términos ENAGERD*. Obtenido de <https://dimse.cenepred.gob.pe/simse/glosario>
- CENEPRED. (2015). *Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales 2da versión*. Obtenido de https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos_v2.pdf
- Clavijo Piernagorda, L. X., & Pérez Varón, C. C. (2016). *Cálculo del Caudal de Creciente en la Quebrada Canoas Hasta su Desembocadura en la Quebrada Tapias, Municipio de Cuitiva, Departamento de Boyacá*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Cornejo Rivero, P. (2019). *"Estudio del potencial Hídrico del cuenca de Sihua - Coya, Cusco"*. Retrieved from https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/5000/253T20190775_T C.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Corominas, J. (2004). *Tipos de rotura en laderas y taludes*. Universidad Politécnica De Cataluña. Obtenido de https://www.academia.edu/11425017/Tipos_de_rotura_en_laderas_y_taludes
- Crozier, M. J., & Glade, T. (2005). Landslide hazard and risk: concepts and approach. *Landslide Hazard and Risk*, 1-40. Obtenido de <https://doi.org/10.1002/9780470012659.ch1>
- Cruden, D. M. (1991). A simple definition of a Landslide. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*(43), 27-29. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/BF02590167>

- Cruden, D. M., & Varnes, D. J. (1996). Landslides types and processes. *Transportation Research Board, Special Report 247*, 36 -75.
- Egashira, S., & Itoh, T. (2004). Numerical simulation of debris flow. *The Japan Society of Fluid Mechanics*, 33-43.
- FLO-2D. (2003). *USER MANUAL*. Obtenido de https://issuu.com/asociacionvivamosmejor/docs/manual_flo-2d
- Gamarra Perez, M. A. (2020). *Evaluación de peligros geológicos, referidas al flujo de detritos en el distrito de cerro colorado*. Universidad nacional de san agustín de arequipa.
- GEMMA. (2007). *Movimientos en masa en la region andina: Una guía para la evaluación de amenazas*. Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las comunidades Andinas.
- Gomez Delgado, M., & Barredo Cano, J. I. (2005). *Sistemas de información geografica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*. Grupo Editorial Ra-Ma S.A.
- Gonzales de vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2002). *Ingenieria Geológica*. PEARSON EDUCACIÓN.
- Gray, H., & Sotir, R. (1996). *Biotechnical and Soil Bioengineering Slope Stabilization. A Practical Guide for Erosion Control*. A Wiley-Interscience publication.
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2019). *Metodologia de la investigación Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mexico: MCGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V.
- Hoek, E., & Bray, J. W. (1981). Rock slope engineering. *The Institution of Mining and Metallurgy*, 341-351.
- Horton, R. (1945). *Erosional Deelopment of Streams and their Drainage Basins*. Bulletin of the Geological Society of America.

- Hungr, Evans, S., Bovis, M. J., & Hutchinson, J. N. (2001). Review of the classification of landslides of the flow type. *Environmental & Engineering Geoscience*, 7(3), 221-238. Retrieved from <https://doi.org/10.2113/gseegeosci.7.3.221>
- Hutchinson, J. N. (1968). *Mass movements*. In: *Geomorphology*. Encyclopedia of Earth Sciences. Springer. Obtenido de https://doi.org/10.1007/3-540-31060-6_238
- Hutchinson, J. N. (1988). Genral report morphological and geotechnical parameters of landslides in realtion to Geology and Hydrogeology. in *C. Bonnard*, 3-35.
- INDECI. (2019). *Plan Operativo del indeci ante lluvias intensas*. Lima. Obtenido de <https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2020/01/RJ-N%C2%B0-263-2019-INDECI-PO-LLUVIAS-INTENSAS.pdf>
- INGEMMET. (1995). *Geología del Perú*. Obtenido de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwix0JWx6piBAxU6g4QIHd_fDm4QFnoECBoQAQ&url=https%3A%2F%2Frepositorio.ingemmet.gob.pe%2Fbitstream%2F20.500.12544%2F176%2F80%2FA-055-Boletin_Geolog%25C3%25ADa_del_Peru.pdf&usg=AOvVaw0sJ
- Institución de Investigación e Información Geocientífica, Minero Ambiental y Nuclear INGEOMINAS. (2012). *Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia*. Servicio geológico Colombiano.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. (2022). *Evaluación de peligros geológicos por derrumbe en los cacerios de Apangoya y Bello Horizonte*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3833>
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. (2022). *Evaluación de peligros geológicos por deslizamiento y flujo de detritos en la quebrada Huaychaumarca*. Retrieved from

- https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/3849/1/A7256-Eval.pelig.flujo_detritos_Huaychaamarca-Cusco.pdf
- Kanji, M. A., Massad, F., & Cruz, P. (2003). Debris flows in areas of residual soils: occurrence and characteristics. *International Workshop on Occurrence and Mechanisms of Flows in Natural Slopes and Earthfills.*, 1-13.
- Langbein, W. B. (1947). Topographic Characteristics of drainage basins. *U.S. Geol. Survey on water supply*(document 968-C), 125-157.
- Lecaros Álvarez, Y. (2021). *Evaluación de susceptibilidad a la generación de flujos de detritos, ladera oriental entre las localidades Chanchoquín y la arena, valle del tránsito, región de atacama*. Chile: Universidad Andres Bello.
- Maldonado Leiva, F. O. (2019). Evaluación de riesgo por flujo de detritos en la ciudad de Calca - Cusco (2018). *Puriq*, 1(01), 100-106. Obtenido de <https://doi.org/10.37073/puriq.1.01.16>
- Medina, J. (1991). *Fenómenos Geodinamicos: estudio y medidas de tratamiento*. Soluciones practicas. Obtenido de <http://www.funsepa.net/soluciones/pubs/MTQ4.pdf>
- Mejía, A. (2006). *Hidrología Aplicada*. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Millán Arancibia, C. (2019). *Manual del sistema de monitoreo de movimientos en masa potenciales generados de lluvias intensas del SENAMHI (SILVIA)*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI. Dirección de hidrología-DHI.
- Municipalidad provincial de Calca. (2018). *Plan de Prevención y Reducción de Riesgo de Desastres de la Provincia de Calca al 2021*. SIGRID. Obtenido de http://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//6190_plan-de-prevencion-y-reduccion-del-riesgo-de-desastres-municipalidad-provincial-de-calca.pdf
- Olaya, V. (2012). *Sistemas de Información Geográfica*. CreateSpace Independent Publishing Platform (Amazon).

- Onaka, N., Yoshihisa, A., Takanori, K., & Kohei, Y. (2019). Investigation of complex disaster of debris flow and flood in higashi river, shimata river system by the heavy rain in July 2018. *Japan Society of civil Engineers(75)*, 260-269. Obtenido de https://www.jstage.jst.go.jp/article/journalofjsce/9/1/9_291/_pdf
- Ortecho, R., Medina, D., Manayay, D., Prieto, G., & Taramona, L. (2020). Determinación de peligros, vulnerabilidades y riesgo por movimientos de tierra en la provincia de Tayacaja, Perú. *TAYACAJA*, 3(2). Obtenido de <https://doi.org/10.46908/rict.v3i2.138>
- Reguant, S., & Ortiz, R. (2001). *Guía Estratigráfica Internacional versión abreviada*. España: Universidad de Barcelona.
- Rivera, H. (2011). *Geología General*. Grupo Editorial Megabyte S.A.C.
- Rocscience. (1989-2002). *Slide 2D Limit equilibrium slope stability for soil and rocks slopes - User's guia*. Obtenido de <https://www.roscience.com/software/slide2>
- Rodriguez Dangeolo. (2021). *Definición de simulación*. Obtenido de <https://conceptodefinicion.de/simulacion/>
- Sánchez Meza, L. I. (2018). *Análisis de vulnerabilidad ante la probable ocurrencia de flujo de detritos en la quebrada Carossio, distrito de Lurigancho Chosica, Lima*. Universidad Nacional Federico Villarreal.
- Sarría, F. A. (2014). *Sistemas de Información Geográfica*. Universidad de Murcia.
- Sepúlveda Bello, A., Patiño Franco, J., & Rodríguez Pineda, C. E. (2016). Metodología para evaluación de riesgo por flujo de detritos detonados por lluvia: caso Útica, Cundinamarca, Colombia. *Obras y proyectos(20)*, 31-34. Obtenido de <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-28132016000200003>
- SERNAGEOMIN. (2019). *Definición de Flujo de detritos*. Obtenido de <https://rnvv.sernageomin.cl/faq-items/flujo-de-detritos/>

- SINAGERD. (2011). *LEY N°29664 - Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de*.
Obtenido de <https://dimse.cenepred.gob.pe/simse/cenepred/docs/ley-sinagerd.pdf>
- Takebayashi, H. (2014). *Morpho2DH Tutorial - Debris/Mud flow*. Retrieved from https://i-ric.org/webadmin/wp-content/uploads/2019/11/Morpho2DH_Tutorial_DebrisMudFlow_En.pdf
- Takebayashi, H., & Fujita, M. (2020). Numerical Simulation of a Debris Flow on the Basis of Two-Dimensional Continuum Body Model. *Geosciences*, 10(2), 45. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/geosciences10020045>
- Vargas Cuervo, G. (2000). *Criterios para la clasificación y descripción de movimientos en masa*. Ediciones UIS.
- Varnes, D. J. (1978). Slope Movements Types and Processes. *National Academy of Science*, 11-33.
- Vásquez Villanueva, A., Mejía Marcacuzco, A., Faustino Manco, R., Vásquez Romero, I., Díaz Rimarachin, J., Vásquez Romero, C., & Alcantara Ramos, J. (2016). *Manejo y Gestión de Cuencas Hidrográficas*. Obtenido de <https://www.fondoeditorialunalm.com/wp-content/uploads/2020/09/CUENCAS-HIDROGRAFICAS.pdf>
- Vázquez, A., Mejía, A., Faustino, J., Teran, R., Vásquez, I., Díaz, J., & Alcántara, J. (2016). *Manejo y gestión de cuencas hidrográficas*.
- Vilchez, M. (2015). *Zonas críticas por peligros geológicos en la región cusco*. INGEMMET.
- Villasante Escalante, A. B. (2022). *Evaluación de niveles de riesgos por flujo de detritos en la quebrada Chinchña localidad Pacsica, distrito Justo Apu Sahuaraura, Aymaraes, Apurimac 2021*. Universidad tecnológica de los andes.
- Villón Béjar. (2011). *HIDROLOGIA*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/312660908/HIDROLOGIA-Ing-Maximo-Villon-Bejar-pdf>

ANEXOS

ANEXO A: Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA					
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	METODOLOGIA	POBLACIÓN Y MUESTRA	TECNICAS E INSTRUMENTOS
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Enfoque de Investigación	Población	TECNICAS
¿Cuál es el nivel de riesgo por flujo de detritos de las viviendas ubicadas en el área de influencia de la quebrada Títtocpata, centro poblado Huaynapata, distrito de Coya, provincia de Calca, departamento Cusco?	Determinar el nivel de riesgo por flujo de detritos de las viviendas ubicadas en el área de influencia de la quebrada Títtocpata, centro poblado Huaynapata, distrito de Coya, provincia de Calca, departamento Cusco.	Existe un nivel muy alto de riesgo por flujo de detritos en las viviendas ubicadas en el área de influencia de la quebrada Títtocpata, centro poblado Huaynapata, distrito Coya, provincia Calca, Departamento Cusco.	Mixto	El universo de trabajo realizado son el área de influencia de la quebrada Títtocpata y las 44 viviendas ubicadas dentro del área de influencia.	La técnica empleada para la investigación es por medio de la observación
			Tipo de Investigación		Documentos y registros (Recopilación de información en sitios de instituciones formales como GEOCATMIN, INEI, ANA, SENAMHI, GOOGLE EARTH, SIGRID, CENEPRED)
			Aplicada		Cuestionarios Los cuestionarios de las fichas de encuestas serán fundamentales para recoger datos sobre la cantidad de habitantes, edad, servicios básicos, conocimientos en temas de gestión de riesgo de desastres u otros, con el fin de evaluar la vulnerabilidad.
Problema específico	Objetivo específico	Hipótesis específicos	Diseño de Investigación	Muestra	INSTRUMENTOS
¿Cuál es el nivel de peligrosidad por flujo de detritos en el área de influencia de la quebrada Títtocpata?	Determinar el nivel de peligrosidad por flujo de detritos en el área de influencia de la quebrada Títtocpata.	Existe un nivel muy alto de peligrosidad por flujo de detritos en el área de influencia de la quebrada Títtocpata.	No experimental		
			Alcance del estudio		
¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad por flujo de detritos de las viviendas en el área de influencia de la quebrada Títtocpata?	Determinar el nivel de vulnerabilidad por flujo de detritos de las viviendas ubicadas en el área de influencia de la quebrada Títtocpata	Existe un nivel muy alto de vulnerabilidad por flujo de detritos en las viviendas ubicadas en el área de influencia de la quebrada Títtocpata.	Descriptivo	Es la altura o tirantes de flujo de detritos que afecta directamente a la población, que se encuentra en la parte baja del área de influencia de la quebrada Títtocpata, así mismo se realizó 38 encuestas a los habitante en el área de influencia de la quebrada Títtocpata.	Imágenes de un drone RPAS, cartas nacionales, software SLIDE, instrumentos de laboratorio de suelos, manual del CENEPRED, análisis jerárquico SAATY, matriz de peligro, matriz de vulnerabilidad, matriz de riesgo, Software iRIC Morpho2DH , Software ArcGIS - ArcMap e instrumentos de laboratorio de suelos.
¿Cuáles son los sectores críticos de riesgo ante la ocurrencia de un flujo de detritos?	Identificar los sectores críticos de riesgo por flujo de detritos en el área de influencia de la quebrada Títtocpata.	El área de influencia de la quebrada Títtocpata posee sectores críticos de riesgo, principalmente en las cercanías al flujo de detritos y en la desembocadura de la quebrada Títtocpata.			

ANEXO B: Anexos Hidrología

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MENSUALES COMPLETADOS

PRECIPITACIONES MENSUALES PARA LA ESTACIÓN PISAC (mm)															
Distrito:		Coya			Latitud		13°25'10.2"S		Max (mm)			270.1		Periodo	
Provincia:		Calca			Longitud		71°51'3.1"W		Min (mm)			0.0		1998-2022	
Departamento:		Cusco			Altitud		2990 msnm								
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Precipitación Total Anual	Promedio mensual	
1998	129.8	98.7	38.2	21.6	4.2	3.0	0.0	0.8	13.5	64.0	50.9	51.3	476.0	39.7	
1999	93.2	122.3	51.5	28.3	4.9	0.0	2.6	0.0	30.0	17.7	40.2	105.9	496.6	41.4	
2000	159.8	105.4	58.7	2.2	9.1	3.7	0.0	2.0	4.4	41.6	11.0	70.6	468.5	39.0	
2001	211.2	136.4	152.2	19.9	12.1	0.0	19.4	5.6	8.0	50.0	77.4	102.0	794.2	66.2	
2002	90.6	161.4	106.1	35.8	6.6	4.3	46.6	3.3	10.9	39.4	91.6	127.9	724.5	60.4	
2003	114.4	108.7	110.7	15.8	4.4	6.8	0.0	23.6	4.0	31.7	18.3	120.9	559.3	46.6	
2004	149.9	109.2	95.6	15.8	2.0	16.4	10.3	6.9	32.5	25.9	43.0	94.3	601.8	50.2	
2005	127.0	76.9	69.1	29.6	0.0	0.0	1.5	3.7	4.1	18.0	50.5	58.6	439.0	36.6	
2006	170.7	82.2	125.0	34.5	0.0	30.0	0.0	14.3	5.2	42.7	69.7	117.1	691.4	57.6	
2007	102.7	55.8	135.8	42.1	7.6	0.0	1.7	0.0	4.9	32.7	66.9	83.3	533.5	44.5	
2008	154.3	151.5	61.5	8.5	5.9	3.6	0.7	3.2	9.8	46.8	64.1	133.9	643.8	53.7	
2009	89.9	89.4	66.2	14.1	0.2	0.0	3.1	0.8	20.4	8.2	118.1	115.3	525.7	43.8	
2010	270.1	145.1	155.8	6.0	6.5	1.1	1.4	11.4	1.8	72.7	26.3	204.2	902.4	75.2	
2011	100.7	170.6	109.2	32.9	6.8	7.0	8.6	0.6	27.9	26.2	48.0	139.5	678.0	56.5	
2012	67.0	157.0	54.2	30.1	1.2	0.0	0.8	0.5	24.1	8.6	127.0	146.8	617.3	51.4	
2013	104.8	152.2	68.1	23.3	10.7	5.4	4.1	15.8	5.6	132.0	52.9	170.1	745.0	62.1	
2014	143.8	82.6	68.7	50.0	12.8	0.0	1.3	1.5	23.2	19.2	12.5	113.7	529.3	44.1	
2015	88.6	64.8	39.8	78.7	16.7	0.0	7.0	0.5	13.1	7.4	23.1	59.3	399.0	33.3	
2016	90.0	103.7	19.7	10.0	22.5	1.2	7.3	0.0	14.1	72.9	27.1	98.2	466.7	38.9	
2017	66.4	52.3	116.4	55.4	12.1	5.2	0.8	5.5	9.0	24.6	41.0	61.9	450.6	37.5	
2018	124.3	121.1	10.7	32.0	3.9	14.2	13.6	15.0	11.8	80.9	92.6	70.0	590.1	49.2	
2019	100.0	77.7	126.0	18.8	17.6	0.5	9.1	0.0	4.8	53.1	95.8	93.9	597.3	49.8	
2020	132.1	107.7	87.7	25.3	9.9	4.8	0.9	0.0	0.1	16.3	19.8	79.8	484.3	40.4	
2021	90.0	92.3	25.7	24.3	6.8	3.3	0.0	2.3	2.3	29.5	87.8	66.3	430.6	35.9	
2022	102.9	43.4	73.4	1.3	1.1	0.2	0.0	10.5	13.2	0.6	27.6	72.4	346.6	28.9	
Suma	3074.2	2668.4	2026.0	656.3	185.6	110.6	140.8	127.8	298.7	962.7	1383.2	2557.2	14191.5	1182.6	
No datos	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	
Promedio	123.0	106.7	81.0	26.3	7.4	4.4	5.6	5.1	11.9	38.5	55.3	102.3	567.7	47.3	
Desviación estándar	44.9	35.4	40.0	17.2	5.7	6.7	9.7	6.3	9.2	28.7	32.2	36.9	131.0	10.9	
P. Máxima	270.1	170.6	155.8	78.7	22.5	30.0	46.6	23.6	32.5	132.0	127.0	204.2	902.4	75.2	
P. Mínima	66.4	43.4	10.7	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	11.0	51.3	346.6	28.9	

Nota. Modificado de SENAMHI.

PRECIPITACIONES MENSUALES PARA LA ESTACIÓN COLQUEPATA (mm)															
Distrito:		Coya			Latitud		13°21'47.27"S		Max (mm)			297.1		Periodo	
Provincia:		Calca			Longitud		71°40'24.1"W		Min (mm)			0.0		1998-2022	
Departamento:		Cusco			Altitud		3696 msnm								
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Precipitación Total Anual	promedio anual	
1998	13.8	73.0	15.4	0.2	1.2	3.5	0.1	1.2	2.8	7.1	18.3	17.1	153.7	12.8	
1999	37.2	94.5	106.9	10.8	2.2	1.2	3.3	2.3	22.2	13.3	5.4	91.7	391.0	32.6	
2000	175.1	121.3	111.6	27.2	2.4	1.3	1.3	1.1	4.7	23.3	1.2	48.2	518.7	43.2	
2001	269.0	165.4	155.3	80.3	32.4	1.9	19.2	29.3	20.1	82.1	118.2	91.6	1064.8	88.7	
2002	120.3	162.1	144.2	75.5	6.6	14.3	50.3	23.4	32.6	73.1	51.6	135.0	889.0	74.1	
2003	152.0	164.6	136.9	39.4	13.7	5.8	2.0	24.7	6.3	19.2	23.2	142.9	730.7	60.9	
2004	174.9	122.9	80.2	13.5	11.7	9.3	26.7	26.9	33.2	40.4	50.9	109.0	699.6	58.3	
2005	63.4	158.7	73.0	35.6	8.4	0.0	4.7	4.8	8.6	32.7	47.4	68.4	505.7	42.1	
2006	176.2	56.5	89.6	36.7	2.2	1.2	0.0	24.8	7.1	70.6	67.0	113.0	644.9	53.7	
2007	145.9	75.4	163.5	38.9	15.8	0.4	8.7	12.0	7.7	37.1	39.1	135.4	679.9	56.7	
2008	165.2	138.9	76.7	36.6	16.8	19.6	4.4	18.2	18.6	62.9	57.0	153.5	768.4	64.0	
2009	138.4	122.8	109.5	23.0	1.6	0.0	20.0	3.4	7.7	7.8	135.5	114.0	683.7	57.0	
2010	225.5	113.5	160.4	15.1	4.4	10.1	12.5	1.3	10.5	87.4	27.1	145.8	813.6	67.8	
2011	149.1	169.9	148.6	55.9	6.1	12.0	21.0	11.3	42.5	39.2	34.1	121.3	811.0	67.6	
2012	137.2	166.5	60.0	32.2	9.3	5.0	2.7	4.8	28.8	15.2	80.8	175.3	717.8	59.8	
2013	182.3	160.6	116.6	41.6	17.2	18.5	5.3	27.7	9.5	103.7	33.2	169.2	885.4	73.8	
2014	199.6	86.7	82.2	40.8	25.4	6.1	6.0	28.0	12.8	33.2	40.0	122.6	683.4	57.0	
2015	92.4	93.4	79.9	120.0	51.1	3.8	10.1	20.6	10.7	17.9	92.1	133.2	725.2	60.4	
2016	124.9	124.7	18.0	49.0	11.4	10.2	11.7	2.4	12.7	59.1	22.9	98.9	545.9	45.5	
2017	104.9	111.6	297.1	43.9	48.3	9.1	1.0	16.5	16.8	37.5	57.2	82.6	826.5	68.9	
2018	184.5	143.6	159.8	27.9	2.2	37.2	31.3	25.2	8.8	146.2	49.0	85.1	900.8	75.1	
2019	162.0	172.3	125.6	46.0	39.9	31.4	9.1	0.4	17.3	81.8	91.2	127.9	904.9	75.4	
2020	97.7	216.7	118.3	17.6	26.0	11.7	0.5	0.0	0.0	23.3	39.6	0.0	551.4	45.9	
2021	107.7	163.5	98.7	47.8	9.2	7.9	4.0	0.3	24.0	22.7	100.7	113.7	700.2	58.4	
2022	94.4	126.4	108.8	15.9	21.7	0.2	0.2	7.1	16.6	1.8	34.7	86.1	513.9	42.8	
Suma	3493.6	3305.5	2836.8	971.4	387.2	221.7	256.1	317.7	382.6	1138.6	1317.4	2681.5	17310.1	1442.5	
No datos	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	
Promedio	139.7	132.2	113.5	38.9	15.5	8.9	10.2	12.7	15.3	45.5	52.7	107.3	692.4	57.7	
Desviación estándar	55.8	37.8	54.4	24.7	14.2	9.3	11.8	10.8	10.3	34.7	33.2	41.6	187.7	15.6	
P. Máxima	269.0	216.7	297.1	120.0	51.1	37.2	50.3	29.3	42.5	146.2	135.5	175.3	1064.8	88.7	
P. Mínima	13.8	56.5	15.4	0.2	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	1.2	0.0	153.7	12.8	

Nota. Modificado de SENAMHI.

REGISTRO HIDROMETEOROLOGICO COMPLETADO															
PRECIPITACIONES MENSUALES PARA LA ESTACIÓN GRANJA KAYRA (mm)															
Distrito:	Coya			Latitud	13°33'24.29"S			Max (mm)			268.6			Periodo	
Provincia:	Calca			Longitud	71°52'30.61"W			Min (mm)			0.0			1998-2022	
Departamento:	Cusco			Altitud	3214 msnm										
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Precipitacion Total Anual	Promedio anual	
1998	116.3	156.2	22.6	31.0	1.6	1.9	0.0	1.6	4.3	49.8	49.7	58.9	493.9	41.2	
1999	89.3	92.2	92.0	42.8	1.3	3.4	1.0	0.0	43.1	18.8	39.7	119.5	543.1	45.3	
2000	197.4	137.3	119.5	10.9	2.6	5.8	2.7	4.5	10.7	49.3	29.3	82.0	652.0	54.3	
2001	233.0	173.1	137.4	36.4	11.5	0.0	17.4	10.2	20.6	38.3	96.8	89.4	864.1	72.0	
2002	134.5	184.6	112.7	21.6	16.2	2.5	27.1	3.7	10.3	78.7	97.8	132.4	822.1	68.5	
2003	163.9	135.5	142.9	56.5	2.0	6.4	0.0	21.3	3.7	34.6	23.1	123.8	713.7	59.5	
2004	173.7	125.8	66.5	21.0	2.4	20.5	17.0	9.0	21.7	25.6	60.9	87.9	632.0	52.7	
2005	140.8	0.0	120.2	33.1	3.2	0.4	1.2	4.0	4.5	39.1	59.3	102.5	508.3	42.4	
2006	203.4	155.5	145.9	40.9	0.2	4.9	0.0	10.5	7.5	72.5	67.8	147.2	856.3	71.4	
2007	140.8	58.7	107.3	93.6	5.8	0.0	4.0	0.0	1.0	49.4	72.4	88.4	621.4	51.8	
2008	108.8	109.2	64.4	7.6	8.7	2.1	0.0	3.9	13.9	51.7	90.2	131.9	592.4	49.4	
2009	112.5	108.3	79.1	21.3	5.3	0.0	3.3	0.7	15.1	8.3	88.7	82.9	525.5	43.8	
2010	268.6	168.5	129.2	16.6	1.3	0.1	1.4	4.7	8.2	63.6	40.4	174.1	876.7	73.1	
2011	103.4	179.3	131.9	67.6	3.9	3.2	3.7	0.0	38.9	38.2	60.2	110.2	740.5	61.7	
2012	70.5	157.9	41.7	48.1	4.5	1.2	0.0	0.1	18.4	19.5	138.2	179.5	679.6	56.6	
2013	187.3	137.2	75.5	13.0	6.4	6.1	2.0	12.4	6.3	105.0	86.0	159.4	796.6	66.4	
2014	161.9	116.5	40.0	35.0	10.1	0.0	3.2	5.8	12.6	82.2	37.5	155.9	660.7	55.1	
2015	151.3	140.9	66.7	70.8	16.4	3.9	10.3	4.6	16.1	19.1	48.5	113.0	661.6	55.1	
2016	102.9	151.7	51.6	25.2	3.0	0.0	4.5	0.0	7.0	79.5	28.4	89.4	543.2	45.3	
2017	110.4	94.7	118.1	47.5	11.2	4.3	0.0	8.0	18.3	27.7	60.0	101.7	601.9	50.2	
2018	134.7	160.8	145.7	19.6	0.2	16.2	15.8	7.1	7.0	80.7	80.4	95.2	763.4	63.6	
2019	121.0	126.6	164.4	38.9	28.2	1.5	3.7	0.0	9.8	82.4	111.7	140.4	828.6	69.1	
2020	124.5	153.3	103.3	34.2	8.1	4.2	8.2	1.0	14.6	17.5	40.9	139.7	649.4	54.1	
2021	150.5	116.5	74.1	33.4	6.7	11.5	3.0	4.3	1.5	38.2	102.3	106.1	648.1	54.0	
2022	198.1	89.7	142.2	6.2	1.0	0.5	0.0	2.5	21.9	1.2	27.5	99.5	590.3	49.2	
Suma	3699.5	3230.0	2494.9	872.8	161.8	100.6	129.5	119.9	337.0	1170.9	1637.7	2910.9	16865.5	1405.5	
No datos	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	
Promedio	148.0	129.2	99.8	34.9	6.5	4.0	5.2	4.8	13.5	46.8	65.5	116.4	674.6	56.2	
Desviación estandar	46.0	40.3	38.6	20.6	6.3	5.0	6.9	5.0	10.1	26.9	29.6	30.5	114.4	9.5	
P. Máxima	268.6	184.6	164.4	93.6	28.2	20.5	27.1	21.3	43.1	105.0	138.2	179.5	876.7	73.1	
P. Mínima	70.5	0.0	22.6	6.2	0.2	0.0	0.0	0.0	1.0	1.2	23.1	58.9	493.9	41.2	

Nota. Modificado de SENAMHI.

PRECIPITACIONES MENSUALES PARA LA ESTACIÓN URUBAMBA (mm)															
Distrito:	Coya			Latitud	13°18'18.6"S			Max (mm)			188.2			Periodo	
Provincia:	Calca			Longitud	72°7'28.4"W			Min (mm)			0.0			1998-2022	
Departamento:	Cusco			Altitud	2850 msnm										
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Precipitacion Total Anual	Promedio mensual	
1998	54.7	73.2	26.7	10.4	4.0	0.7	0.0	0.4	1.7	22.2	49.7	47.0	290.7	24.2	
1999	124.2	122.3	66.1	29.6	17.5	0.8	0.1	0.0	23.7	38.4	52.2	125.5	600.4	50.0	
2000	172.0	92.9	87.3	6.5	6.4	8.8	0.8	0.1	15.6	44.8	87.6	76.0	598.8	49.9	
2001	167.2	86.9	102.2	7.2	8.4	0.0	16.9	11.6	10.0	72.9	64.2	62.1	609.6	50.8	
2002	126.3	117.8	78.3	50.1	5.8	5.0	62.7	1.8	2.5	64.5	52.1	135.5	702.4	58.5	
2003	96.9	74.3	124.3	12.9	4.3	8.4	1.2	18.0	1.0	31.7	32.5	94.4	499.9	41.7	
2004	123.9	87.2	75.3	17.3	1.5	30.6	21.5	10.3	6.2	39.9	34.5	78.7	526.9	43.9	
2005	47.6	97.0	62.7	20.6	3.0	0.0	1.6	1.9	11.7	10.9	51.1	82.0	390.1	32.5	
2006	111.8	92.8	68.9	33.5	0.0	1.9	0.0	4.0	10.0	50.1	64.6	82.0	519.6	43.3	
2007	56.8	70.5	82.6	42.4	4.6	1.0	1.9	0.1	0.0	57.4	61.0	74.3	452.6	37.7	
2008	98.3	83.2	72.2	4.6	7.1	2.8	0.0	3.1	3.9	35.5	104.2	121.4	536.3	44.7	
2009	152.0	114.1	63.7	10.9	6.3	0.1	0.0	1.6	8.9	4.6	128.4	76.9	567.5	47.3	
2010	188.2	129.7	101.3	13.2	2.2	0.0	1.5	8.2	5.0	16.7	23.9	114.6	604.5	50.4	
2011	107.3	149.9	84.9	44.9	14.9	17.9	15.7	4.8	28.2	38.9	31.9	107.5	646.8	53.9	
2012	69.4	121.1	57.1	16.8	0.3	0.2	1.8	0.3	17.2	7.4	52.3	133.8	477.7	39.8	
2013	127.4	129.4	84.7	2.4	1.4	4.3	0.0	20.6	2.2	79.3	113.9	134.9	700.5	58.4	
2014	123.7	70.8	52.5	32.5	10.1	0.0	0.9	0.0	1.8	51.7	30.6	96.4	471.0	39.3	
2015	129.2	90.8	42.2	28.4	4.6	0.0	7.8	5.6	3.7	15.2	41.1	118.5	487.1	40.6	
2016	69.4	119.0	57.1	22.9	2.1	0.0	5.2	0.0	4.6	45.6	58.5	114.5	498.9	41.6	
2017	77.9	81.8	60.6	66.3	1.7	5.2	0.0	10.8	1.1	40.3	69.3	55.1	470.1	39.2	
2018	88.2	142.1	85.3	9.1	0.0	26.8	16.7	19.0	3.1	65.7	50.1	64.6	570.7	47.6	
2019	88.9	98.4	104.1	16.9	9.3	1.8	3.0	0.0	2.8	54.6	90.0	152.8	622.6	51.9	
2020	113.8	154.9	63.4	20.3	6.5	5.1	0.0	0.5	0.3	20.2	21.8	137.2	544.0	45.3	
2021	73.7	70.0	44.6	26.4	7.9	1.5	0.0	0.0	5.1	30.2	79.8	51.1	390.3	32.5	
2022	128.1	99.0	74.1	15.7	0.0	0.0	0.0	3.8	5.4	1.2	32.7	49.9	409.9	34.2	
Suma	2716.9	2569.1	1822.2	561.8	129.9	122.9	159.3	126.5	175.7	939.9	1478.0	2386.7	13188.9	1099.1	
No datos	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	
Promedio	108.7	102.8	72.9	22.5	5.2	4.9	6.4	5.1	7.0	37.6	59.1	95.5	527.6	44.0	
Desviación estandar	36.6	25.1	21.3	15.4	4.4	8.1	13.1	6.3	7.2	21.2	27.6	31.3	97.2	8.1	
P. Máxima	188.2	154.9	124.3	66.3	17.5	30.6	62.7	20.6	28.2	79.3	128.4	152.8	702.4	58.5	
P. Mínima	47.6	70.0	26.7	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	21.8	47.0	290.7	24.2	24.2	

Nota. Modificado de SENAMHI.

PRECIPITACIONES MENSUALES PARA LA ESTACIÓN QUEBRADA TITTOCPATA (mm)														
Distrito:	Coya		Latitud	13°24'22.02"S			Max (mm)		265.0966427			Periodo		
Provincia:	Calca		Longitud	71°53'15.91"W			Min (mm)		0			1966-2022		
Departamento:	Cusco		Altitud	3337 msnm										
N°REG	AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
33	1998	120.36	99.80	35.70	20.62	3.88	2.90	0.01	0.86	12.03	58.79	48.99	49.71	453.65
34	1999	90.81	119.04	57.32	28.20	4.92	0.28	2.47	0.13	30.13	18.14	38.61	106.48	496.52
35	2000	163.16	107.73	65.96	4.21	8.28	3.84	0.25	2.04	5.11	41.12	13.80	70.17	485.66
36	2001	214.33	138.62	150.03	23.80	13.08	0.11	19.20	7.35	9.45	51.79	80.37	99.51	807.64
37	2002	95.82	161.46	107.75	37.61	7.12	4.77	46.17	4.39	11.81	44.26	88.56	128.78	738.52
38	2003	118.79	112.29	114.40	19.34	4.77	6.77	0.15	23.36	4.02	31.17	19.27	121.49	575.83
39	2004	151.87	110.25	92.48	16.01	2.54	16.67	11.93	8.23	31.13	27.10	44.21	94.28	606.69
40	2005	121.89	77.63	72.04	29.86	0.74	0.02	1.66	3.72	4.60	19.81	50.85	62.35	445.19
41	2006	171.11	85.28	122.56	34.96	0.13	26.13	0.00	14.36	5.58	46.17	69.29	117.54	693.11
42	2007	105.89	57.49	134.11	44.88	7.86	0.05	2.22	0.67	4.69	34.64	65.50	86.20	544.20
43	2008	150.63	146.34	62.83	9.89	6.70	4.38	0.84	4.07	10.34	47.63	66.40	134.50	644.54
44	2009	95.73	93.07	69.26	14.91	0.75	0.00	3.95	0.96	19.05	8.08	117.69	112.23	535.68
45	2010	265.10	144.23	152.90	7.32	5.96	1.51	2.02	10.36	2.74	71.32	27.08	196.57	887.11
46	2011	103.73	170.44	111.95	36.51	6.84	7.39	9.22	1.28	29.35	27.98	47.45	135.86	688.00
47	2012	71.16	156.50	53.89	30.85	1.81	0.35	0.89	0.71	23.83	9.55	122.85	149.86	622.24
48	2013	114.48	151.13	71.70	23.10	10.54	6.13	3.92	16.41	5.75	127.31	55.53	168.39	754.38
49	2014	147.32	84.41	67.32	48.11	13.26	0.34	1.66	3.17	21.38	24.55	15.99	116.09	543.59
50	2015	93.61	71.51	43.63	79.03	18.22	0.43	7.38	2.00	12.86	8.88	28.91	68.23	434.69
51	2016	92.05	108.06	22.55	13.41	20.16	1.59	7.32	0.13	13.33	71.70	27.88	98.22	476.42
52	2017	71.39	58.89	124.82	54.64	13.74	5.32	0.74	6.41	9.73	25.96	43.83	65.12	480.58
53	2018	127.14	125.24	28.90	30.38	3.48	15.96	14.80	15.23	11.10	84.05	88.22	72.11	616.61
54	2019	104.30	86.35	127.52	21.40	19.19	2.31	8.61	0.02	5.72	56.41	96.28	100.20	628.29
55	2020	129.22	117.75	89.56	25.20	10.60	5.12	1.27	0.07	0.93	16.87	22.16	80.53	499.27
56	2021	93.95	96.95	33.07	26.18	6.96	3.97	0.39	2.23	3.54	29.64	89.10	70.74	456.74
57	2022	108.62	52.30	79.31	2.82	2.20	0.21	0.01	9.65	13.65	0.72	28.14	74.03	371.68
N°Datos	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Media	124.90	109.31	83.66	27.33	7.75	4.66	5.88	5.51	12.07	39.35	55.88	103.17	579.47	
Suma	3122.45	2732.77	2091.55	683.25	193.74	116.55	147.09	137.81	301.85	983.65	1396.94	2579.19	14486.83	
Des. Estndar	44.00	33.82	38.52	16.99	5.81	6.31	9.83	6.24	8.93	28.32	31.50	35.79	266.07	
Varianza	1936.17	1144.05	1483.68	288.81	33.79	39.84	96.63	38.92	79.69	802.26	992.16	1280.68	8216.67	
Prec. Max.	265.10	170.44	152.90	79.03	20.16	26.13	46.17	23.36	31.13	127.31	122.85	196.57	887.11	
Prec. Min.	71.16	52.30	22.55	2.82	0.13	0.00	0.00	0.02	0.93	0.72	13.80	49.71	371.68	

Nota. Modificado de SENAMHI.

REGISTRO DE PRECIPITACION MÁXIMA EN 24 HORAS (MM)

PRECIPITACIONES MÁXIMAS DE 24 HRS PARA LA ESTACIÓN PISAC (mm)														
Distrito:	Coya		Latitud	13°25'10.2"S			Max (mm)		39.2			Periodo		
Provincia:	Calca		Longitud	71°51'3.1"W			Min (mm)		0.0			1998-2022		
Departamento:	Cusco		Altitud	2990 msnm										
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Precipitación máxima	Log(24h)
1998	24.4	17.0	10.0	6.1	2.2	2.1	0.0	0.5	13.5	13.7	17.7	11.0	24.4	1.387
1999	12.4	27.7	9.5	9.2	4.9	0.0	2.1	0.0	5.5	7.5	10.1	17.1	27.7	1.442
2000	36.6	18.0	12.5	1.8	2.9	2.0	0.0	1.0	2.9	9.1	6.9	13.5	36.6	1.563
2001	26.2	23.1	18.4	11.2	5.7	0.0	12.8	2.8	2.8	21.8	14.6	17.7	26.2	1.418
2002	17.0	25.0	21.5	11.6	4.2	3.1	20.6	2.9	4.1	7.6	25.8	27.5	27.5	1.439
2003	18.1	15.7	19.5	6.5	1.5	6.8	0.0	12.6	3.5	10.9	5.6	28.8	28.8	1.459
2004	23.7	19.6	17.2	4.8	1.2	6.4	7.2	5.9	10.2	20.3	14.2	25.2	25.2	1.401
2005	23.0	11.0	18.0	13.5	0.0	0.0	1.5	2.0	1.7	3.8	14.1	9.2	23.0	1.362
2006	21.5	17.8	20.0	13.0	0.0	30.0	0.0	5.4	2.5	9.8	11.3	29.0	30.0	1.477
2007	20.9	13.2	28.1	15.5	3.4	0.0	1.4	0.0	2.9	10.3	19.7	20.6	28.1	1.449
2008	22.6	38.7	17.6	2.8	3.3	2.8	0.3	2.0	3.8	12.2	25.9	30.4	38.7	1.588
2009	26.8	19.8	21.3	8.6	0.2	0.0	1.0	0.4	14.9	3.0	38.3	21.0	38.3	1.583
2010	30.6	26.4	20.6	2.5	5.0	1.1	1.4	5.2	1.0	14.4	10.8	39.2	39.2	1.593
2011	24.3	33.6	24.8	7.8	5.3	6.0	4.9	0.4	7.3	7.4	19.3	17.2	33.6	1.526
2012	15.0	29.1	8.8	6.0	0.6	0.0	0.8	0.5	10.2	4.0	27.2	29.3	29.3	1.467
2013	20.6	22.6	19.8	7.5	5.8	3.8	2.5	10.8	2.2	17.6	15.3	36.6	36.6	1.563
2014	19.0	11.8	11.5	21.0	6.2	0.0	0.8	1.2	10.5	12.9	3.1	16.4	21.0	1.322
2015	15.1	20.0	11.5	27.6	4.2	0.0	4.8	0.5	8.2	5.2	6.2	15.3	27.6	1.441
2016	18.5	20.5	10.2	4.2	22.5	1.2	7.3	0.0	7.7	14.0	6.8	25.0	25.0	1.398
2017	14.8	10.8	27.0	25.6	3.2	1.2	0.8	3.6	3.3	5.5	11.5	9.2	27.0	1.431
2018	26.5	26.6	19.4	10.0	2.0	8.5	7.5	9.0	5.2	14.1	20.3	10.5	26.6	1.425
2019	19.0	12.3	26.7	7.4	8.5	0.3	3.0	0.0	1.8	13.6	18.6	12.7	26.7	1.427
2020	23.0	11.0	13.8	7.3	4.5	3.1	0.9	0.0	0.1	6.7	10.3	18.5	23.0	1.362
2021	20.2	20.3	6.5	6.7	2.6	1.8	0.0	1.8	0.9	7.0	27.0	9.8	27.0	1.431
2022	25.4	8.0	19.6	0.8	0.3	0.2	0.0	9.0	5.4	0.6	18.3	12.4	25.4	1.405
Suma	545.2	499.6	433.8	239.0	100.2	80.3	81.6	77.5	132.1	253.0	398.9	503.1	722.5	36.4
No datos	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
Promedio	21.8	20.0	17.4	9.6	4.0	3.2	3.3	3.1	5.3	10.1	16.0	20.1	28.9	1.5
Desviación Estándar	5.3	7.5	6.0	6.7	4.4	6.0	4.7	3.6	3.9	5.3	8.2	8.5	5.1	0.1
P.Máxima	36.6	38.7	28.1	27.6	22.5	30.0	20.6	12.6	14.9	21.8	38.3	39.2	39.2	1.6
P.Minima	12.4	8.0	6.5	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	3.1	9.2	21.0	1.3

Nota. Modificado de SENAMHI.

REGISTRO HIDROMETEOROLOGICO COMPLETADO															
PRECIPITACIONES MAXIMAS DE 24 HRS PARA LA ESTACIÓN COLQUEPATA (mm)															
Distrito:	Coya			Latitud	13°21'47.27"S			Max (mm)			48.2			Periodo	
Provincia:	Calca			Longitud	71°40'24.1"W			Min (mm)			0.0			1998-2022	
Departamento:	Cusco			Altitud	3696 msnm										
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Precipitación máxima	Log(24h)	
1998	3.4	25.3	5.2	0.1	1.1	2.2	0.1	1.1	1.5	3.2	5.2	5.0	25.3	1.4	
1999	11.2	25.1	20.1	4.4	2.1	1.2	2.1	1.2	5.1	4.4	3.1	33.3	33.3	1.5	
2000	18.4	18.1	20.1	11.3	1.2	1.2	1.2	1.1	2.3	16.5	0.6	14.3	20.1	1.3	
2001	33.6	21.8	21.6	28.8	17.6	0.7	9.4	10.5	9.4	24.4	33.5	12.4	33.6	1.5	
2002	27.7	35.5	18.2	11.5	4.1	8.9	10.3	5.7	10.8	24.5	12.2	18.6	35.5	1.6	
2003	17.7	48.2	19.8	12.5	7.0	5.7	1.8	7.4	1.6	5.6	8.5	24.9	48.2	1.7	
2004	26.1	27.6	11.7	3.3	6.2	3.0	12.8	10.0	8.4	16.5	13.6	16.2	27.6	1.4	
2005	13.0	26.3	13.1	14.6	7.2	0.0	4.4	3.1	4.3	5.3	7.7	15.5	26.3	1.4	
2006	37.5	14.6	15.5	13.1	1.5	0.5	0.0	14.3	3.4	19.4	14.5	16.5	37.5	1.6	
2007	14.2	15.5	26.7	12.1	6.2	0.4	3.7	5.5	4.3	8.3	14.5	18.8	26.7	1.4	
2008	21.5	26.0	21.1	9.1	8.6	10.6	3.1	15.8	4.9	17.8	11.5	16.3	26.0	1.4	
2009	34.0	22.2	25.0	7.4	0.7	0.0	8.2	1.7	4.5	2.0	30.9	12.4	34.0	1.5	
2010	33.2	16.0	39.0	6.8	2.2	7.5	5.0	1.3	5.5	19.0	8.8	32.7	39.0	1.6	
2011	25.3	24.1	17.4	17.8	5.5	9.8	10.1	7.0	9.7	12.7	11.2	14.2	25.3	1.4	
2012	17.1	29.4	16.6	6.2	4.5	2.7	1.8	2.5	10.6	3.7	14.5	33.8	33.8	1.5	
2013	34.2	22.8	23.2	14.2	5.8	6.2	3.4	14.5	6.2	18.9	8.2	35.0	35.0	1.5	
2014	26.2	11.9	22.0	15.1	4.8	4.3	3.2	6.7	2.5	12.4	10.3	18.8	26.2	1.4	
2015	10.4	25.1	17.3	22.0	11.1	1.7	7.6	9.0	4.8	4.9	24.2	16.4	25.1	1.4	
2016	17.2	22.7	4.1	13.0	4.2	4.2	11.0	2.2	8.5	9.3	7.5	13.7	22.7	1.4	
2017	20.0	22.3	26.6	10.7	12.2	3.7	0.6	10.0	5.0	9.8	15.3	12.8	26.6	1.4	
2018	24.3	37.0	20.7	7.2	1.1	11.1	14.6	8.6	5.6	29.4	14.5	19.4	37.0	1.6	
2019	27.8	22.2	29.8	12.4	16.2	18.0	3.1	0.4	9.2	27.4	28.2	20.8	29.8	1.5	
2020	19.0	32.7	17.3	4.6	10.3	4.2	0.5	0.0	0.0	14.0	14.7	19.5	32.7	1.5	
2021	33.7	29.0	14.4	12.3	3.0	2.7	1.5	0.2	15.0	7.1	29.2	46.0	46.0	1.7	
2022	15.5	20.2	16.8	5.0	7.8	0.1	0.2	5.6	8.1	1.8	28.5	13.4	28.5	1.5	
Suma	562.2	621.6	483.3	275.5	152.2	110.6	119.7	145.4	151.2	318.3	370.9	500.7	781.8	37.1	
No datos	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	
Promedio	22.5	24.9	19.3	11.0	6.1	4.4	4.8	5.8	6.0	12.7	14.8	20.0	31.3	1.5	
Desviación Estándar	8.7	7.6	7.1	6.0	4.5	4.4	4.3	4.7	3.5	8.2	8.9	9.1	6.8	0.1	
P.Máxima	37.5	48.2	39.0	28.8	17.6	18.0	14.6	15.8	15.0	29.4	33.5	46.0	48.2	1.7	
P.Mínima	3.4	11.9	4.1	0.1	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.6	5.0	20.1	1.3	

Nota. Modificado de SENAMHI.

PRECIPITACIONES MAXIMAS DE 24 HRS PARA LA ESTACIÓN GRANJA KAYRA (mm)															
Distrito:	Coya			Latitud	13°33'24.29"S			Max (mm)			51.6			Periodo	
Provincia:	Calca			Longitud	71°52'30.61"W			Min (mm)			0.0			1998-2022	
Departamento:	Cusco			Altitud	3214 msnm										
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Precipitación Total Anual	Log(24h)	
1998	35.9	23.1	4.9	11.7	1.0	1.9	0.0	1.5	3.3	11.1	18.9	14.1	35.9	1.6	
1999	12.7	14.9	17.0	13.6	1.3	3.2	1.0	0.0	10.9	7.2	19.3	16.4	19.3	1.3	
2000	25.5	24.9	22.6	5.7	0.8	4.5	1.5	2.4	4.9	9.5	17.3	11.4	25.5	1.4	
2001	15.6	31.0	21.4	10.6	4.3	0.0	9.9	3.6	5.4	15.9	23.1	11.6	31.0	1.5	
2002	21.2	25.1	13.5	8.1	5.7	1.0	6.9	2.4	2.6	15.2	26.7	23.5	26.7	1.4	
2003	24.6	24.0	18.0	39.1	1.0	6.4	0.0	10.8	1.7	10.2	7.0	23.4	39.1	1.6	
2004	24.5	30.8	12.6	6.4	1.4	12.6	8.0	4.9	7.3	14.7	11.0	25.2	30.8	1.5	
2005	23.0	0.0	27.8	23.2	2.0	0.4	1.2	2.2	2.1	13.6	11.7	17.2	27.8	1.4	
2006	37.3	51.6	26.4	30.2	0.2	4.0	0.0	5.4	4.1	15.0	12.6	15.3	51.6	1.7	
2007	26.7	13.7	19.7	32.9	3.4	0.0	3.0	0.0	1.0	14.9	18.9	16.9	32.9	1.5	
2008	25.6	27.9	11.2	5.6	2.8	1.0	0.0	2.0	8.3	11.2	24.5	16.4	27.9	1.4	
2009	27.8	17.8	23.6	5.9	2.5	0.0	1.8	0.4	7.6	2.2	24.1	11.9	27.8	1.4	
2010	41.2	25.7	25.7	5.1	1.3	0.1	1.4	2.6	3.0	18.6	10.9	35.9	41.2	1.6	
2011	22.6	22.0	25.0	15.6	1.7	3.2	3.0	0.0	9.6	18.9	29.8	14.6	29.8	1.5	
2012	14.8	39.5	8.1	28.4	3.4	1.2	0.0	0.1	10.3	9.2	30.7	24.3	39.5	1.6	
2013	23.2	21.1	18.7	4.5	3.2	3.0	1.0	6.2	2.7	17.9	13.7	27.2	27.2	1.4	
2014	31.1	21.9	8.8	16.9	4.4	0.0	1.4	3.0	7.0	23.2	15.8	35.5	35.5	1.6	
2015	38.3	23.6	9.7	12.5	8.0	2.3	5.5	3.0	6.2	6.3	16.4	23.1	38.3	1.6	
2016	19.1	24.2	9.0	5.4	3.0	0.0	4.5	0.0	2.9	22.7	12.8	14.5	24.2	1.4	
2017	24.6	21.8	24.9	9.8	5.9	0.0	0.0	7.0	12.7	7.1	14.1	12.9	24.9	1.4	
2018	20.1	27.7	33.9	12.5	0.2	11.6	6.7	3.3	4.5	20.0	13.6	23.0	33.9	1.5	
2019	22.2	17.5	34.0	14.8	10.9	0.8	1.8	0.0	3.8	34.3	25.6	17.8	34.3	1.5	
2020	26.7	20.2	17.3	14.2	3.1	2.7	8.2	1.0	9.0	10.0	17.0	22.6	26.7	1.4	
2021	28.8	20.7	18.0	30.4	2.6	10.7	3.0	4.2	0.9	13.1	25.3	20.0	30.4	1.5	
2022	33.5	19.9	16.8	4.6	1.0	0.5	0.0	1.6	6.3	1.0	15.4	17.1	33.5	1.5	
Suma	646.6	590.6	468.6	367.7	75.1	71.1	69.8	67.6	138.1	343.0	456.2	491.8	795.7	37.3	
No datos	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	
Promedio	25.9	23.6	18.7	14.7	3.0	2.8	2.8	2.7	5.5	13.7	18.2	19.7	31.8	1.5	
Desviación Estándar	7.1	9.0	7.7	10.0	2.5	3.6	3.0	2.6	3.2	7.0	6.3	6.5	6.7	0.1	
P.Máxima	41.2	51.6	34.0	39.1	10.9	12.6	9.9	10.8	12.7	34.3	30.7	35.9	51.6	1.7	
P.Mínima	12.7	0.0	4.9	4.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.9	1.0	7.0	11.4	19.3	1.3	

Nota. Modificado de SENAMHI.

PRECIPITACIONES MAXIMAS DE 24 HRS PARA LA ESTACIÓN URUBAMBA (mm)														
Distrito:	Coya			Latitud	13°18'18.6"S			Max (mm)		42.3		Periodo		
Provincia:	Calca			Longitud	72°7'28.4"W			Min (mm)		0.0		1998-2022		
Departamento:	Cusco			Altitud	2850 msnm									
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Precipitación Total Anual	Log(24h)
1998	14.7	13.4	9.6	5.9	2.4	0.7	0.0	0.4	1.6	7.0	9.0	9.8	14.7	1.2
1999	28.1	21.5	14.6	10.4	15.6	0.8	0.1	0.0	11.7	11.2	13.4	23.8	28.1	1.4
2000	30.0	9.8	21.5	2.5	5.0	6.6	0.4	0.1	14.8	22.2	12.1	13.2	30.0	1.5
2001	17.8	15.0	15.1	4.0	4.7	0.0	9.5	3.9	5.2	35.5	13.7	11.0	35.5	1.6
2002	23.4	16.0	9.9	27.6	5.5	2.5	19.0	1.2	1.2	14.9	16.8	23.5	27.6	1.4
2003	20.0	21.4	22.4	8.8	3.3	8.4	0.9	9.2	0.8	14.9	18.2	16.2	22.4	1.4
2004	11.4	16.1	15.1	4.5	0.7	13.1	12.4	5.1	2.3	17.4	7.9	18.4	18.4	1.3
2005	14.5	19.5	12.8	12.5	3.2	0.0	1.5	0.6	8.3	3.8	14.3	17.7	19.5	1.3
2006	28.5	24.2	19.0	13.6	0.0	1.0	0.0	2.5	5.6	11.2	20.7	14.4	28.5	1.5
2007	12.3	20.5	17.1	18.0	3.0	0.0	1.2	0.1	0.0	15.9	16.2	18.6	20.5	1.3
2008	21.0	14.6	13.7	2.5	4.2	1.5	0.6	2.8	1.2	8.3	24.6	22.5	24.6	1.4
2009	29.8	28.3	13.9	3.0	6.0	0.1	0.8	1.1	6.2	1.9	25.6	8.2	29.8	1.5
2010	19.8	19.5	26.1	3.6	0.8	0.0	2.4	5.7	1.8	10.1	4.9	24.7	26.1	1.4
2011	21.0	21.1	18.9	11.6	6.0	15.3	13.0	2.5	11.1	16.3	7.6	15.7	21.1	1.3
2012	10.4	20.3	9.9	7.0	0.2	0.2	1.6	0.3	7.5	2.8	16.6	21.6	21.6	1.3
2013	33.4	23.1	14.0	1.2	0.9	2.5	0.0	8.4	1.7	25.5	24.9	24.5	33.4	1.5
2014	32.7	13.4	11.4	10.4	7.8	0.0	0.9	0.0	1.1	19.8	11.9	18.9	32.7	1.5
2015	17.8	23.4	14.3	7.0	2.8	0.0	4.5	2.2	2.7	8.4	3.2	24.6	24.6	1.4
2016	12.0	19.0	26.0	5.7	1.0	0.0	5.0	0.0	2.0	11.0	18.8	19.6	26.0	1.4
2017	17.7	10.2	17.2	23.0	0.6	0.0	0.0	9.0	0.6	18.2	17.2	11.3	23.0	1.4
2018	13.2	25.0	22.2	2.7	0.0	17.1	7.2	10.1	1.7	14.0	11.7	27.5	27.5	1.4
2019	11.5	19.6	42.3	11.8	4.1	0.9	2.3	0.0	1.5	12.7	11.7	16.6	42.3	1.6
2020	22.7	23.2	17.0	8.3	3.6	0.0	0.0	0.5	0.3	11.2	18.2	29.5	29.5	1.5
2021	21.5	14.0	10.4	6.9	5.0	1.5	0.0	0.0	2.4	10.9	14.5	19.1	21.5	1.3
2022	28.0	14.4	18.1	8.3	0.0	0.0	0.0	1.7	2.9	1.0	10.5	12.2	28.0	1.4
Suma	513.2	466.5	432.5	220.8	86.4	72.2	83.3	67.4	96.2	326.1	364.2	463.1	656.9	35.2
No datos	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
Promedio	20.5	18.7	17.3	8.8	3.5	2.9	3.3	2.7	3.8	13.0	14.6	18.5	26.3	1.4
Desviación Estándar	7.0	4.7	6.9	6.3	3.3	5.0	5.0	3.2	3.9	7.6	5.7	5.6	5.9	0.1
P.Máxima	33.4	28.3	42.3	27.6	15.6	17.1	19.0	10.1	14.8	35.5	25.6	29.5	42.3	1.6
P.Mínima	10.4	9.8	9.6	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	3.2	8.2	14.7	1.2

Nota. Modificado de SENAMHI.

PRECIPITACIONES MAXIMAS DE 24 HRS PARA LA ESTACIÓN QUEBRADA TITTOCPATA (mm)														
Distrito:	Coya			Latitud	13°24'22.02"S			Max (mm)		38.21799119		Periodo		
Provincia:	Calca			Longitud	71°53'15.91"W			Min (mm)		0		1998-2022		
Departamento:	Cusco			Altitud	3337 msnm									
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	P.MAX	Log(24h)
1998	23.61	17.70	9.43	6.08	2.08	2.05	0.01	0.59	11.90	12.77	16.82	10.81	23.61	1.37301063
1999	12.82	26.64	10.67	9.22	4.86	0.27	1.98	0.07	5.97	7.42	10.34	18.16	26.64	1.42552
2000	34.76	18.15	13.77	2.57	2.75	2.24	0.16	1.06	3.34	9.92	7.30	13.42	34.76	1.54109694
2001	25.75	23.24	18.65	11.92	6.25	0.04	12.35	3.30	3.39	22.02	16.10	16.86	25.75	1.41081441
2002	18.02	25.32	20.51	11.87	4.32	3.28	19.20	2.98	4.30	9.19	24.83	26.66	26.66	1.42558023
2003	18.51	18.14	19.52	8.76	1.83	6.76	0.13	12.11	3.21	10.69	6.22	27.90	27.90	1.44558312
2004	23.51	20.58	16.57	4.80	1.47	6.77	7.71	6.05	9.70	19.68	13.80	24.50	24.50	1.38914283
2005	22.19	11.47	18.13	14.09	0.61	0.02	1.64	2.03	2.06	4.44	13.61	10.26	22.19	1.34620635
2006	23.50	19.75	20.09	14.01	0.09	26.01	0.00	5.81	2.73	10.67	11.83	27.09	27.09	1.4327885
2007	20.60	13.57	27.21	16.38	3.54	0.02	1.61	0.31	2.78	10.62	19.26	20.23	27.21	1.4347821
2008	22.66	36.66	17.31	3.30	3.59	3.09	0.45	2.79	4.04	12.34	24.98	28.58	36.66	1.56418241
2009	27.35	20.07	21.41	8.21	0.53	0.00	1.44	0.49	13.65	2.87	36.70	19.62	36.70	1.56465554
2010	31.03	25.58	22.07	2.92	4.51	1.36	1.63	4.85	1.39	14.77	10.52	38.22	38.22	1.58226786
2011	24.16	32.04	24.23	8.91	5.13	6.33	5.32	0.81	7.68	8.62	19.10	16.84	32.04	1.50565894
2012	14.97	29.45	9.22	7.32	0.96	0.22	0.83	0.58	10.15	4.24	26.38	29.03	29.45	1.46905094
2013	21.88	22.54	19.75	7.51	5.50	3.85	2.39	10.67	2.43	17.93	15.10	35.61	35.61	1.55159915
2014	20.50	12.43	11.92	20.12	6.07	0.24	0.97	1.57	9.58	13.67	4.49	17.70	20.50	1.31174811
2015	16.25	20.59	11.80	25.81	4.76	0.23	4.99	1.16	7.73	5.34	7.69	16.08	25.81	1.41180267
2016	18.27	20.79	10.27	4.80	19.73	1.26	7.28	0.12	7.30	14.15	7.54	23.61	23.61	1.37315588
2017	15.73	12.05	26.56	23.79	3.77	1.22	0.72	4.31	3.85	6.21	12.03	9.67	26.56	1.42430382
2018	25.61	27.19	20.38	9.77	1.79	9.08	7.84	8.69	5.08	15.28	19.34	12.22	27.19	1.43441382
2019	19.45	13.36	27.76	8.23	8.93	1.33	2.92	0.02	2.31	15.52	19.32	13.56	27.76	1.44334828
2020	22.98	13.09	14.29	7.57	4.73	3.01	1.27	0.07	0.61	7.43	11.16	19.12	22.98	1.36137303
2021	21.48	20.62	7.71	8.37	2.69	2.35	0.25	1.79	1.72	7.47	26.65	12.66	26.65	1.42570567
2022	25.39	9.55	19.24	1.47	0.75	0.21	0.01	8.17	5.53	0.70	18.47	12.72	25.39	1.40471547
Suma	551.0	510.6	438.5	247.8	101.2	81.2	83.1	80.4	132.4	263.9	399.6	501.1	701.4	36.1
No datos	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
Promedio	22.0	20.4	17.5	9.9	4.0	3.2	3.3	3.2	5.3	10.6	16.0	20.0	28.1	1.4
Desviación Estándar	4.8	6.7	5.7	6.2	3.8	5.3	4.5	3.5	3.5	5.2	7.6	7.8	4.8	0.1
P.Máxima	34.8	36.7	27.8	25.8	19.7	26.0	19.2	12.1	13.6	22.0	36.7	38.2	38.2	1.6
P.Mínima	12.8	9.5	7.7	1.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.6	0.7	4.5	9.7	20.5	1.3

Nota. Modificado de SENAMHI.

B.1. Análisis de frecuencias

Datos de precipitación máxima en 24 horas – Quebrada Ttittocpata

Análisis de datos dudosos (Método de Water Resources Council,1981)

Utilizando la metodología de Ven te Chow (1994), de su libro de Hidrología aplicada, se tiene:

$$n = 25$$

$$Kn = 2.486$$

Kn: Valor recomedado, varia segun el valor dee n (Water Resources Council, 1981)

Umbral de datos dudosos altos ($X_H = \text{unid. Logaritmicas}$)

$$X_H = \bar{x} + K_n \cdot s \quad X_H = 1.62$$

Precipitación máxima aceptada:

$$PH = 10^{X_H} \quad PH = 41.54$$

Umbral de datos dudosos bajos ($X_L = \text{unid. Logaritmicas}$)

$$X_L = \bar{x} - K_n \cdot s \quad X_L = 1.27$$

Precipitación máxima aceptada:

$$PL = 10^{X_L} \quad PL = 18.44$$

De los resultados obtenidos se observa que todos los valores de P24 están dentro de los límites de

PH Y PL, Por consiguiente: **No existen datos dudosos.**

VALORES K_n PARA LA PRUEBA DE DATOS DUDOSOS

TABLA 12.5.3
Valores K_n para la prueba de datos dudosos

Tamaño de muestra n	K_n						
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

Fuente: U. S. Water Resources Council, 1981. Esta tabla contiene valores de K_n de un lado con un nivel de significancia del 10% para la distribución normal.

Nota. Obtenido de Hidrología Aplicada, (Ven Te Chow, 1994)

B.2. Análisis probabilístico de los datos hidrológicos

PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE – KOLMOGOROV – SMIRNOV

Kolmogorov-Smirnov test for: All data	$\alpha=1\%$	$\alpha=5\%$	$\alpha=10\%$	Attained α	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	19.7179%	0.20521
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	19.5892%	0.20552
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	38.5971%	0.17098
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	51.7206%	0.15334
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	82.8905%	0.11509
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	71.8181%	0.12916
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	31.4611%	0.18213
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	53.8387%	0.15071
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	64.1606%	0.13829
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	66.6453%	0.13534
EV2-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	86.9295%	0.10924
EV1-Min (Gumbel)	ACCEPT	REJECT	REJECT	3.36385%	0.27584
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	9.16399%	0.23831
GEV-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	53.8463%	0.15070
GEV-Min	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	57.1578%	0.14665
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	31.2006%	0.18256
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	80.3909%	0.11845
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	78.2651%	0.12120
EV1-Max (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	66.8624%	0.13508
EV2-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	92.8599%	0.09882
EV1-Min (Gumbel, L-Moments)	ACCEPT	REJECT	REJECT	3.38781%	0.27559
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	9.00980%	0.23899
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	14.7387%	0.21836
GEV-Max (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	85.0685%	0.11201
GEV-Min (kappa specified)	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	9.33417%	0.23757
GEV-Max (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	92.8035%	0.09894
GEV-Min (kappa specified, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	9.27851%	0.23781

Nota. Para nuestros datos, distribución que más se ajusta es Gumbel Max, Obtenido del software

Hydrognomon.

B.3. Precipitaciones de diseño para duración menores a 24 horas.

QUEBRADA TTITTOCPATA							
DURACIÓN	PERIODOS DE RETORNO						
HORAS	2	5	10	25	50	100	500
0.08	2.69	3.11	3.39	3.75	4.01	4.27	4.88
0.17	3.19	3.70	4.03	4.46	4.77	5.08	5.80
0.25	3.54	4.09	4.46	4.93	5.28	5.62	6.42
0.33	3.80	4.40	4.80	5.30	5.67	6.04	6.90
0.42	4.02	4.65	5.07	5.60	6.00	6.39	7.29
0.50	4.20	4.87	5.31	5.86	6.28	6.69	7.63
0.58	4.37	5.06	5.52	6.09	6.52	6.95	7.93
0.67	4.52	5.23	5.70	6.30	6.74	7.18	8.20
0.75	4.65	5.39	5.87	6.49	6.95	7.40	8.45
0.83	4.78	5.53	6.03	6.66	7.13	7.60	8.67
0.92	4.89	5.67	6.18	6.82	7.30	7.78	8.88
1	5.00	5.79	6.31	6.97	7.46	7.95	9.08
2	5.95	6.89	7.51	8.29	8.88	9.46	10.79
3	6.58	7.62	8.31	9.18	9.82	10.46	11.94
4	7.07	8.19	8.93	9.86	10.56	11.24	12.83
5	7.48	8.66	9.44	10.43	11.16	11.89	13.57
6	7.83	9.06	9.88	10.91	11.68	12.44	14.20
7	8.13	9.42	10.27	11.34	12.14	12.93	14.76
8	8.41	9.74	10.62	11.73	12.55	13.37	15.26
9	8.66	10.03	10.93	12.08	12.93	13.77	15.72
10	8.89	10.30	11.23	12.40	13.27	14.14	16.14
11	9.11	10.54	11.50	12.70	13.59	14.48	16.53
12	9.31	10.78	11.75	12.98	13.89	14.80	16.89
13	9.49	10.99	11.99	13.24	14.17	15.10	17.23
14	9.67	11.20	12.21	13.49	14.44	15.38	17.55
15	9.84	11.39	12.42	13.72	14.69	15.65	17.86
16	10.00	11.58	12.63	13.95	14.93	15.90	18.15
17	10.15	11.76	12.82	14.16	15.16	16.14	18.43
18	10.30	11.93	13.00	14.36	15.37	16.38	18.69
19	10.44	12.09	13.18	14.56	15.58	16.60	18.95
20	10.57	12.24	13.35	14.75	15.78	16.81	19.19
21	10.70	12.39	13.51	14.93	15.98	17.02	19.43
22	10.83	12.54	13.67	15.10	16.17	17.22	19.65
23	10.95	12.68	13.82	15.27	16.35	17.41	19.87
24	11.07	12.82	13.97	15.44	16.52	17.60	20.09

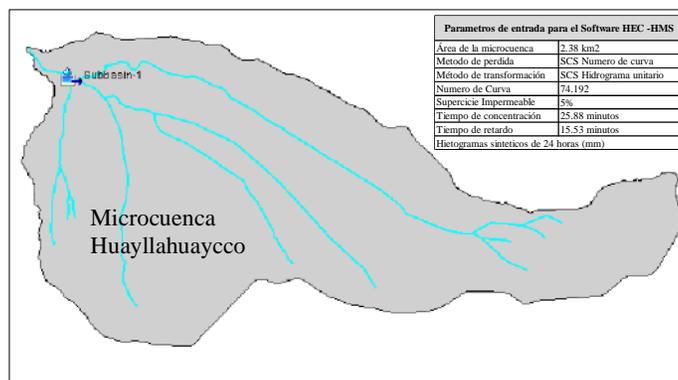
B.4. Intensidades de diseño para duración menores a 24 horas.

QUEBRADA TTITTOCPATA								
DURACIÓN		PERIODOS DE RETORNO						
(Horas)	(min)	2	5	10	25	50	100	500
0.08	5	32.24	37.33	40.70	44.96	48.12	51.26	58.51
0.17	10	19.17	22.20	24.20	26.74	28.61	30.48	34.79
0.25	15	14.14	16.38	17.86	19.72	21.11	22.49	25.67
0.33	20	11.40	13.20	14.39	15.90	17.01	18.12	20.69
0.42	25	9.64	11.16	12.17	13.45	14.39	15.33	17.50
0.50	30	8.41	9.74	10.62	11.73	12.55	13.37	15.26
0.58	35	7.49	8.67	9.46	10.45	11.18	11.91	13.60
0.67	40	6.78	7.85	8.56	9.45	10.12	10.78	12.30
0.75	45	6.20	7.18	7.83	8.65	9.26	9.87	11.26
0.83	50	5.73	6.64	7.24	8.00	8.56	9.12	10.41
0.92	55	5.34	6.18	6.74	7.44	7.97	8.49	9.69
1.00	60	5.00	5.79	6.31	6.97	7.46	7.95	9.08
2.00	120	2.97	3.44	3.75	4.15	4.44	4.73	5.40
3.00	180	2.19	2.54	2.77	3.06	3.27	3.49	3.98
4.00	240	1.77	2.05	2.23	2.47	2.64	2.81	3.21
5.00	300	1.50	1.73	1.89	2.09	2.23	2.38	2.71
6.00	360	1.30	1.51	1.65	1.82	1.95	2.07	2.37
7.00	420	1.16	1.35	1.47	1.62	1.73	1.85	2.11
8.00	480	1.05	1.22	1.33	1.47	1.57	1.67	1.91
9.00	540	0.96	1.11	1.21	1.34	1.44	1.53	1.75
10.00	600	0.89	1.03	1.12	1.24	1.33	1.41	1.61
11.00	660	0.83	0.96	1.05	1.15	1.24	1.32	1.50
12.00	720	0.78	0.90	0.98	1.08	1.16	1.23	1.41
13.00	780	0.73	0.85	0.92	1.02	1.09	1.16	1.33
14.00	840	0.69	0.80	0.87	0.96	1.03	1.10	1.25
15.00	900	0.66	0.76	0.83	0.91	0.98	1.04	1.19
16.00	960	0.62	0.72	0.79	0.87	0.93	0.99	1.13
17.00	1020	0.60	0.69	0.75	0.83	0.89	0.95	1.08
18.00	1080	0.57	0.66	0.72	0.80	0.85	0.91	1.04
19.00	1140	0.55	0.64	0.69	0.77	0.82	0.87	1.00
20.00	1200	0.53	0.61	0.67	0.74	0.79	0.84	0.96
21.00	1260	0.51	0.59	0.64	0.71	0.76	0.81	0.93
22.00	1320	0.49	0.57	0.62	0.69	0.73	0.78	0.89
23.00	1380	0.48	0.55	0.60	0.66	0.71	0.76	0.86
24.00	1440	0.46	0.53	0.58	0.64	0.69	0.73	0.84

B.5. Tabla de valores del hietograma de precipitación para los diferentes periodos de retorno escogidos.

DURACIÓN (min)	TABLA DE VALORES DEL HIETOGRAMA DE PRECIPITACIÓN			
	Tr=10	Tr=25	Tr=50	Tr=100
60	0.17	0.19	0.20	0.22
120	0.19	0.21	0.22	0.24
180	0.21	0.23	0.25	0.26
240	0.23	0.26	0.27	0.29
300	0.27	0.29	0.31	0.33
360	0.31	0.34	0.37	0.39
420	0.38	0.42	0.45	0.48
480	0.50	0.55	0.59	0.63
540	0.79	0.86	0.92	0.99
600	6.19	6.79	7.28	7.81
660	1.17	1.28	1.38	1.48
720	0.61	0.67	0.71	0.77
780	0.43	0.47	0.51	0.54
840	0.34	0.37	0.40	0.43
900	0.29	0.31	0.34	0.36
960	0.25	0.27	0.29	0.31
1020	0.22	0.24	0.26	0.28
1080	0.20	0.22	0.23	0.25
1140	0.18	0.20	0.21	0.23
1200	0.17	0.19	0.20	0.22
1260	0.17	0.18	0.20	0.21
1320	0.16	0.18	0.19	0.20
1380	0.15	0.17	0.18	0.20
1440	0.15	0.16	0.18	0.19

B.6. Resultados del software HEC – HMS para el hidrograma líquido.



Nota. Obtenido del Software HEC – HMS.

B.7. Resultados del software HEC – HMS para el hidrograma líquido para un periodo de retorno de 10 años.

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
01ene.2000	00:00				0.000	0.000	0.000
01ene.2000	01:00	0.17	0.16	0.01	0.004	0.000	0.004
01ene.2000	02:00	0.19	0.18	0.01	0.006	0.000	0.006
01ene.2000	03:00	0.21	0.20	0.01	0.007	0.000	0.007
01ene.2000	04:00	0.23	0.22	0.01	0.007	0.000	0.007
01ene.2000	05:00	0.27	0.25	0.01	0.008	0.000	0.008
01ene.2000	06:00	0.31	0.30	0.02	0.010	0.000	0.010
01ene.2000	07:00	0.38	0.36	0.02	0.012	0.000	0.012
01ene.2000	08:00	0.50	0.48	0.03	0.015	0.000	0.015
01ene.2000	09:00	0.79	0.75	0.04	0.023	0.000	0.023
01ene.2000	10:00	6.19	5.88	0.31	0.158	0.000	0.158
01ene.2000	11:00	1.17	1.11	0.06	0.073	0.000	0.073
01ene.2000	12:00	0.61	0.58	0.03	0.032	0.000	0.032
01ene.2000	13:00	0.43	0.41	0.02	0.018	0.000	0.018
01ene.2000	14:00	0.34	0.32	0.02	0.012	0.000	0.012
01ene.2000	15:00	0.29	0.27	0.01	0.010	0.000	0.010
01ene.2000	16:00	0.25	0.24	0.01	0.009	0.000	0.009
01ene.2000	17:00	0.22	0.21	0.01	0.008	0.000	0.008
01ene.2000	18:00	0.20	0.19	0.01	0.007	0.000	0.007
01ene.2000	19:00	0.18	0.17	0.01	0.006	0.000	0.006
01ene.2000	20:00	0.17	0.16	0.01	0.006	0.000	0.006
01ene.2000	21:00	0.17	0.16	0.01	0.006	0.000	0.006
01ene.2000	22:00	0.16	0.15	0.01	0.005	0.000	0.005
01ene.2000	23:00	0.15	0.15	0.01	0.005	0.000	0.005
02ene.2000	00:00	0.15	0.14	0.01	0.005	0.000	0.005

Nota. Obtenido del programa HEC - HMS

B.8. Resultados del software HEC – HMS para el hidrograma líquido para un periodo de retorno de 25 años

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
01ene.2000	00:00				0.000	0.000	0.000
01ene.2000	01:00	0.19	0.18	0.01	0.005	0.000	0.005
01ene.2000	02:00	0.21	0.20	0.01	0.006	0.000	0.006
01ene.2000	03:00	0.23	0.22	0.01	0.007	0.000	0.007
01ene.2000	04:00	0.26	0.24	0.01	0.008	0.000	0.008
01ene.2000	05:00	0.29	0.28	0.01	0.009	0.000	0.009
01ene.2000	06:00	0.34	0.32	0.02	0.011	0.000	0.011
01ene.2000	07:00	0.42	0.40	0.02	0.013	0.000	0.013
01ene.2000	08:00	0.55	0.52	0.03	0.017	0.000	0.017
01ene.2000	09:00	0.86	0.82	0.04	0.026	0.000	0.026
01ene.2000	10:00	6.79	6.45	0.34	0.173	0.000	0.173
01ene.2000	11:00	1.28	1.22	0.06	0.080	0.000	0.080
01ene.2000	12:00	0.67	0.63	0.03	0.035	0.000	0.035
01ene.2000	13:00	0.47	0.45	0.02	0.020	0.000	0.020
01ene.2000	14:00	0.37	0.36	0.02	0.014	0.000	0.014
01ene.2000	15:00	0.31	0.30	0.02	0.011	0.000	0.011
01ene.2000	16:00	0.27	0.26	0.01	0.009	0.000	0.009
01ene.2000	17:00	0.24	0.23	0.01	0.008	0.000	0.008
01ene.2000	18:00	0.22	0.21	0.01	0.007	0.000	0.007
01ene.2000	19:00	0.20	0.19	0.01	0.007	0.000	0.007
01ene.2000	20:00	0.19	0.18	0.01	0.006	0.000	0.006
01ene.2000	21:00	0.18	0.17	0.01	0.006	0.000	0.006
01ene.2000	22:00	0.18	0.17	0.01	0.006	0.000	0.006
01ene.2000	23:00	0.17	0.16	0.01	0.006	0.000	0.006
02ene.2000	00:00	0.16	0.16	0.01	0.005	0.000	0.005

Nota. Obtenido del programa HEC - HMS

B.9. Resultados del software HEC – HMS para el hidrograma líquido para un periodo de retorno de 50 años

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
01ene.2000	00:00				0.000	0.000	0.000
01ene.2000	01:00	0.20	0.19	0.01	0.005	0.000	0.005
01ene.2000	02:00	0.22	0.21	0.01	0.007	0.000	0.007
01ene.2000	03:00	0.25	0.23	0.01	0.008	0.000	0.008
01ene.2000	04:00	0.27	0.26	0.01	0.009	0.000	0.009
01ene.2000	05:00	0.31	0.30	0.02	0.010	0.000	0.010
01ene.2000	06:00	0.37	0.35	0.02	0.012	0.000	0.012
01ene.2000	07:00	0.45	0.43	0.02	0.014	0.000	0.014
01ene.2000	08:00	0.59	0.56	0.03	0.018	0.000	0.018
01ene.2000	09:00	0.92	0.88	0.05	0.027	0.000	0.027
01ene.2000	10:00	7.28	6.92	0.36	0.186	0.000	0.186
01ene.2000	11:00	1.38	1.31	0.07	0.085	0.000	0.085
01ene.2000	12:00	0.71	0.68	0.04	0.037	0.000	0.037
01ene.2000	13:00	0.51	0.48	0.03	0.021	0.000	0.021
01ene.2000	14:00	0.40	0.38	0.02	0.015	0.000	0.015
01ene.2000	15:00	0.34	0.32	0.02	0.012	0.000	0.012
01ene.2000	16:00	0.29	0.28	0.01	0.010	0.000	0.010
01ene.2000	17:00	0.26	0.25	0.01	0.009	0.000	0.009
01ene.2000	18:00	0.23	0.22	0.01	0.008	0.000	0.008
01ene.2000	19:00	0.21	0.20	0.01	0.007	0.000	0.007
01ene.2000	20:00	0.20	0.19	0.01	0.007	0.000	0.007
01ene.2000	21:00	0.20	0.19	0.01	0.007	0.000	0.007
01ene.2000	22:00	0.19	0.18	0.01	0.006	0.000	0.006
01ene.2000	23:00	0.18	0.17	0.01	0.006	0.000	0.006
02ene.2000	00:00	0.18	0.17	0.01	0.006	0.000	0.006

Nota. Obtenido del programa HEC - HMS

B.10. Resultados del software HEC – HMS para el hidrograma líquido para un periodo de retorno de 100 años

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
01ene.2000	00:00				0.000	0.000	0.000
01ene.2000	01:00	0.22	0.21	0.01	0.005	0.000	0.005
01ene.2000	02:00	0.24	0.23	0.01	0.007	0.000	0.007
01ene.2000	03:00	0.26	0.25	0.01	0.008	0.000	0.008
01ene.2000	04:00	0.29	0.28	0.01	0.009	0.000	0.009
01ene.2000	05:00	0.33	0.32	0.02	0.011	0.000	0.011
01ene.2000	06:00	0.39	0.37	0.02	0.012	0.000	0.012
01ene.2000	07:00	0.48	0.46	0.02	0.015	0.000	0.015
01ene.2000	08:00	0.63	0.60	0.03	0.019	0.000	0.019
01ene.2000	09:00	0.99	0.94	0.05	0.029	0.000	0.029
01ene.2000	10:00	7.81	7.42	0.39	0.200	0.000	0.200
01ene.2000	11:00	1.48	1.40	0.07	0.091	0.000	0.091
01ene.2000	12:00	0.77	0.73	0.04	0.040	0.000	0.040
01ene.2000	13:00	0.54	0.52	0.03	0.023	0.000	0.023
01ene.2000	14:00	0.43	0.41	0.02	0.016	0.000	0.016
01ene.2000	15:00	0.36	0.34	0.02	0.013	0.000	0.013
01ene.2000	16:00	0.31	0.30	0.02	0.011	0.000	0.011
01ene.2000	17:00	0.28	0.26	0.01	0.010	0.000	0.010
01ene.2000	18:00	0.25	0.24	0.01	0.009	0.000	0.009
01ene.2000	19:00	0.23	0.22	0.01	0.008	0.000	0.008
01ene.2000	20:00	0.22	0.21	0.01	0.007	0.000	0.007
01ene.2000	21:00	0.21	0.20	0.01	0.007	0.000	0.007
01ene.2000	22:00	0.20	0.19	0.01	0.007	0.000	0.007
01ene.2000	23:00	0.20	0.19	0.01	0.007	0.000	0.007
02ene.2000	00:00	0.19	0.18	0.01	0.006	0.000	0.006

Nota. Obtenido del programa HEC – HMS

ANEXO C: Geotecnia

C.1. Ensayos de laboratorio de suelos

UNIVERSIDAD DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA						
TESIS : "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS EN EL AREA DE INFLUENCIA DE LA QUEBRADA TITITOCPATA, DISTRITO COYA, PROVINCIA CALCA, DEPARTAMENTO CUSCO-2023"						
UBICACIÓN : Sector huaynapata, Coya, Calca, Cusco						
SH- GE01	LABMS - 001	REGISTRO : N°01				
LABORATORIO INSTITUCIONAL DE INVESTIGACIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS, ROCAS Y GEOTECNIA DE LA E.P. ING. GEOLÓGICA						
PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUELO						
DATOS DE LA MUESTRA						
CONCEPTO : Clasificación de suelos		MUESTRA : E-02				
UBICACIÓN : Sector Huaynapata		FECHA : 11/09/2023				
REFERENCIA: Desembocadura de la quebrada Tititocpata		PROFUNDIDAD : -1.50 m				
CALICATA : C-01		HECHO POR : F.F.L.A.				
PROFUNDIDAD (m)	MUESTRA	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN		ENSAYOS
				SUCS	IMAGEN	IN SITU
-0.20	E-01		Material organico limoso			
-1.20	E-02		Grava mal gradada arenosa	GP		MUESTREO
-1.50						
Observaciones: <ul style="list-style-type: none"> - La muestra analizada corresponde al estrato E-02. - Presencia de Nivel Freático A - 1.20m. - Se obtuvieron muestras alteradas. 						
Elaborado por: Nombre/ Tesista : Br. Frank Ferdinand Limachi Aimituma Firma: D: 10 M: 01 A: 24		Revisado por: Nombre/ Responsable de laboratorio: Ing. Edison Santiago Mejias Ojeda Firma: D: 10 M: 01 A: 24		Revisado por: Nombre / Encargado del Laboratorio: Ing. Valentin... Firma: D: 10 M: 01 A: 24		

**UNIVERSIDAD DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA**

TESIS : "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS EN EL AREA DE INFLUENCIA DE LA QUEBRADA TITTOCPATA, DISTRITO COYA, PROVINCIA CALCA, DEPARTAMENTO CUSCO - 2023"

UBICACIÓN : Sector huaynapata, Coya, Calca, Cusco

SH-GE01 LABMS-001 REGISTRO : N° 04

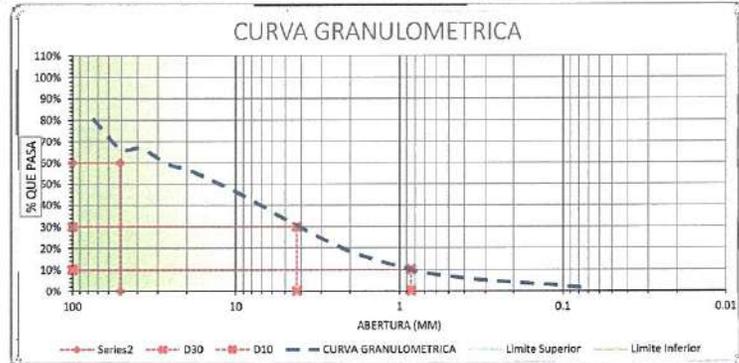
LABORATORIO INSTITUCIONAL DE INVESTIGACIÓN DE MECANICA DE SUELOS, ROCAS Y GEOTECNIA DE LA E.P. ING. GEOLÓGICA

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
NORMAS TECNICAS: NTP 336.128, ASTM D 422

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : Clasificación de suelos MUESTRA : E-02
 UBICACIÓN : Sector Huaynapata FECHA : 11/09/2023
 REFERENCIA: Desembocadura de la quebrada Tittocpata PROFUNDIDAD : -1.50 m
 CALICATA : C-01 HECHO POR : F.F.L.A.

TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000	472.44	19.17%	80.83%	Peso de Muestras Peso Total Seco (gr.) 2464.35 Peso Después de Lavar (gr.) Pérdida por Lavado (gr.) Datos Generales % de Cirujosos 98.48% % de Finos 1.52% Total 100.00% Fraciones de Grava, Arena, Finos % de Grava (Ret. Tamiz N° 4) 67.37% % de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200) 31.12% % de Finos (Pasa Tamiz N° 200) 1.52%
2"	50.800	351.25	14.25%	66.58%	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00%	66.58%	
1"	25.400	186.51	7.57%	59.01%	
3/4"	19.000	69.06	2.80%	56.21%	
3/8"	9.500	264.57	10.74%	45.47%	
N° 4	4.760	316.28	12.83%	32.63%	
N° 10	2.000	347.13	14.09%	18.55%	
N° 20	0.840	211.96	8.60%	9.95%	
N° 40	0.425	90.03	3.65%	6.29%	
N° 60	0.260	39.94	1.62%	4.67%	
N° 140	0.106	50.56	2.05%	2.62%	
N° 200	0.075	27.23	1.10%	1.52%	
< N° 200	Cazuela	37.67	1.53%	-	
Lavado	-	-	-0.01%	100.00%	
			100.00%		



Tamaño Máximo Absoluto =	3"	Tamaño Máximo Nominal =	
D60 =	50.8	Cu =	59.9740889
D30 =	4.2437075	Cc =	0.41853052
D10 =	0.8476325		

Observaciones:

Elaborado por:		Revisado por:		Nombre / Responsable de laboratorio:	
D: 10	M: 01	D: 10	M: 01	D: 10	M: 01
Ing. Frank Ferrera Jimenez		Ing. Edilson Suctilaga Muñoz Ojeda		Ing. Yvonne Yvonne (Fuentes Machi)	
Firma:		Firma:		Firma:	



UNIVERSIDAD DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA

TESIS : "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS EN EL AREA DE INFLUENCIA DE LA QUEBRADA TTITTOCPATA, DISTRITO COYA, PROVINCIA CALCA, DEPARTAMENTO CUSCO - 2023"

UBICACIÓN : Sector Huaynapata, Coya, Calca, Cusco

SH- GE04 LABMS - 001 REGISTRO : Nº 04

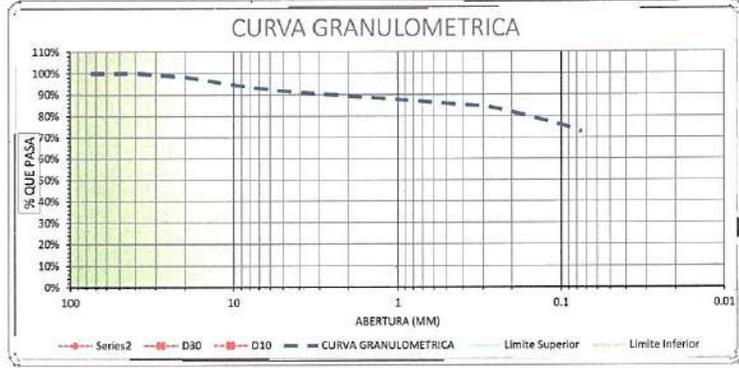
LABORATORIO INSTITUCIONAL DE INVESTIGACIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS, ROCAS Y GEOTECNIA DE LA E.P. ING. GEOLÓGICA

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 NORMAS TÉCNICAS: NTP 338.128, ASTM D 422

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : Clasificación de suelos MUESTRA : E-02
 UBICACIÓN : Sector Huaynapata FECHA : 11/09/2023
 REFERENCIA: Parte baja del deslizamiento rotacional PROFUNDIDAD : -1.60 m
 CALICATA : M-01 HECHO POR : F.F.L.A.

TAMIZ	PESO RETENIDO	PESO PARCIAL	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
						Peso de Muestras	
3"	75.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	Peso Total Seco (gr.) 2350.00	
2"	50.800	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	Peso Despues de Lavar (gr.) 649.80	
1½"	38.100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	Pérdida por Lavado (gr.) 1700.20	
1"	25.400	26.25	1.12%	1.12%	98.88%	Datos Generales	
¾"	19.000	17.46	0.74%	1.86%	98.14%	% de Gruesos 27.43%	
3/8"	9.500	90.07	3.83%	5.69%	94.31%	% de Finos 72.57%	
Nº 4	4.760	66.07	2.81%	8.50%	91.50%	Total 100.00%	
Nº 10	2.000	50.45	2.15%	10.65%	89.35%	Fraciones de Grava, Arena, Finos	
Nº 20	0.840	48.85	2.08%	12.73%	87.27%	% de Grava (Ret. Tamiz Nº 4) 8.50%	
Nº 40	0.425	44.65	1.90%	14.63%	85.37%	% de Arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200) 18.93%	
Nº 60	0.250	38.27	1.63%	16.26%	83.74%	% de Finos (Pasa Tamiz Nº 200) 72.57%	
Nº 140	0.106	171.54	7.30%	23.56%	76.44%		
Nº 200	0.075	91.10	3.88%	27.43%	72.57%		
< Nº 200	Cauzala	5.93	0.25%	27.69%	-		
Lavado	-	1700.2	72.31%	100.00%	-		



Tamaño Máximo Absoluto =	1½"	Tamaño Máximo Nominal =	
D60 =	-	Cu =	-
D30 =	-	Cc =	-
D10 =	-		

Observaciones:

Elaborado por:		Revisado por:		Revisado por:	
Nombre/ Testista:	D: 10	Nombre / Responsable de laboratorio:	D: 10	Nombre / Encargado de laboratorio:	D: 10
Dr. Frank Ferdinand Limón Almituna	M: 01	Ing. Edison Nicolás Marín Cjeda	M: 01	Ing. Valente Manfarrinachi	M: 01
Firma:	A: 24	Firma:	A: 24	Firma:	A: 24

JEFATURA
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA GEOLÓGICA

UNIVERSIDAD DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA				
TESIS : "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS EN EL AREA DE INFLUENCIA DE LA QUEBRADA TTITTOCPATA, DISTRITO COYA, PROVINCIA CALCA, DEPARTAMENTO CUSCO - 2023"				
UBICACIÓN : Sector Huaynapata, Coya, Calca, Cusco				
SH- GE05	LABMS - 001	REGISTRO : N° 03		
<small>LABORATORIO INSTITUCIONAL DE INVESTIGACIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS, ROCAS Y GEOTECNIA DE LA E.P. ING. GEOLÓGICA</small>				
LÍMITES DE CONSISTENCIA <small>NORMAS TÉCNICAS: ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90</small>				
DATOS DE LA MUESTRA				
CONCEPTO : Clasificación de suelos	MUESTRA : E-02			
UBICACIÓN : Sector Huaynapata	FECHA : 11/09/2023			
REFERENCIA: Margen derecha de la quebrada Ttittopata	PROFUNDIDAD : -1.60 m			
CALICATA : M-02	HECHO POR : F.F.L.A.			
LIMITE LIQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)				
NUMERO DE GOLPES	26	29	34	40
PESO DE LA TARA (gr.)	19.14	19.13	19.25	19.21
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	31.80	30.01	29.31	28.23
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	29.50	28.10	27.80	27.00
PESO DE AGUA (gr.)	2.30	1.91	1.51	1.23
PESO DEL SUELO SECO (gr.)	10.36	8.97	8.55	7.79
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	22.20%	21.29%	17.66%	15.79%
LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)				
PESO DE LA TARA (gr.)	19.19	19.21	19.18	19.31
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	22.17	22.39	21.99	22.40
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	21.75	21.95	21.60	21.95
PESO DEL AGUA (gr.)	0.42	0.44	0.39	0.45
PESO DEL SUELO SECO (gr.)	2.56	2.74	2.42	2.64
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	16.41%	16.06%	16.12%	17.05%
LIMITE LIQUIDO 				
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		OBSERVACIONES:		
LIMITE LIQUIDO (%)	23			
LIMITE PLASTICO (%)	16			
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	7			
Elaborado por: Nombre/ Tesista : Br. Frank Ferdinand Limachi Aimituma D: 10 M: 02 A: 24 Firma:		Revisado por: Nombre / Responsable de laboratorio: Ing. Edison Santiago Mattos Ojeda D: 10 M: 01 A: 24 Firma:		Revisado por: Nombre / Encargado del Laboratorio: Ing. Valentín D: 10 M: 01 A: 24 Firma:

UNIVERSIDAD DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TESIS : "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS EN EL AREA DE INFLUENCIA DE LA QUEBRADA TITTOCPATA, DISTRITO COYA, PROVINCIA CALCA, DEPARTAMENTO CUSCO - 2023"

UBICACIÓN : Sector Huaynapata, Coya, Calca, Cusco

SH-GE05 LABMS-001 REGISTRO : N° 04

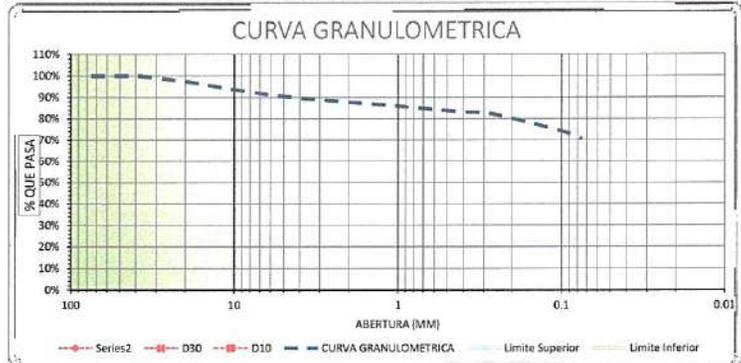
LABORATORIO INSTITUCIONAL DE INVESTIGACIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS, ROCAS Y GEOTECNIA DE LA E.P. ING. GEOLOGICA

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 NORMAS TÉCNICAS: NTP 331.128, ASTM D 422

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : Clasificación de suelos MUESTRA : E-02
 UBICACIÓN : Sector Huaynapata FECHA : 11/09/2023
 REFERENCIA: Margen derecha de la quebrada Tittojata PROFUNDIDAD : -1.60 m
 CALICATA : M-02 HECHO POR : F.F.L.A.

TAMIZ	PESO	% RETENIDO		% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
		RETENIDO	PARCIAL			
3"	75.000	0.00	0.00%	100.00%	Peso de Muestra	
2"	50.800	0.00	0.00%	100.00%		Peso Total Seco (gr.) 2475.00
1½"	38.100	0.00	0.00%	100.00%	Peso Después de Lavar (gr.) 741.30	
1"	25.400	38.85	1.57%	98.43%	Pérdida por Lavado (gr.) 1733.70	
¾"	19.000	29.26	1.18%	97.25%	Datos Generales	
3/8"	9.500	99.10	4.00%	93.24%		% de Gruesos 29.31%
N° 4	4.760	76.50	3.09%	90.15%	% de Finos 70.69%	
N° 10	2.000	60.15	2.43%	87.72%	Total 100.00%	
N° 20	0.840	58.35	2.36%	85.37%	Fraciones de Grava, Arena, Finos	
N° 40	0.425	54.23	2.19%	83.17%		% de Grava (Ret. Tamiz N° 4) 9.85%
N° 60	0.260	28.26	1.14%	82.03%		% de Arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200) 19.46%
N° 140	0.106	180.54	7.29%	74.74%		% de Finos (Pasa Tamiz N° 200) 70.69%
N° 200	0.075	100.10	4.04%	29.31%	70.69%	
< N° 200	Cazuela	15.93	0.64%	29.95%	-	
Lavado	-	1733.7	70.65%	100.00%	-	
			100.00%			



Tamaño Máximo Absoluto = 1½"	Tamaño Máximo Nominal =
D60 = -	Cu = -
D30 = -	Cc = -
D10 = -	

Observaciones:

Elaborado por:		Revisado por:	
Nombre/ Tesisista: Dr. Frank Ferdinand Limón Alimintuma	D: 10 M: 01 A: 24	Nombre / Responsable de laboratorio: Ing. Edison Santiago Matos Ojeda	D: 10 M: 01 A: 24
Firma:	<i>[Signature]</i>	Firma:	<i>[Signature]</i>



**UNIVERSIDAD DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA**

TESIS : "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS EN EL AREA DE INFLUENCIA DE LA QUEBRADA TTITTOCPATA, DISTRITO COYA, PROVINCIA CALCA, DEPARTAMENTO CUSCO - 2023"

UBICACIÓN : Sector huaynapata, Coya, Calca, Cusco

SH- GE06

LABMS - 001

REGISTRO : N° 04

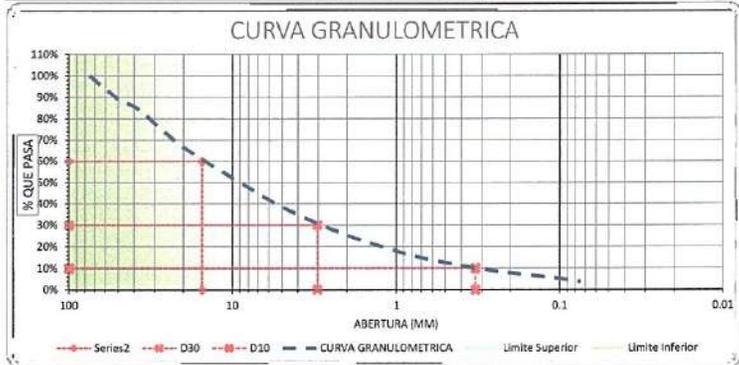
LABORATORIO INSTITUCIONAL DE INVESTIGACION DE MECANICA DE SUELOS, ROCAS Y GEOTECNIA DE LA E.P. ING. GEOLÓGICA

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
NORMAS TÉCNICAS: NTP 339 126, ASTM D 422

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : Clasificación de suelos **MUESTRA :** E-02
UBICACIÓN : Sector Huaynapata **FECHA :** 11/09/2023
REFERENCIA: Margen derecha de la quebrada Ttittocpata **PROFUNDIDAD :** -1.60 m
CALICATA : M-03 **HECHO POR :** F.F.L.A.

TAMIZ	PESO RETENIDO	PESO PARCIAL	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	
2"	50.800	309.95	10.38%	10.38%	89.62%	Peso Total Seco (gr.) 2984.72
1 1/2"	38.100	149.87	5.02%	15.41%	84.59%	Peso Despues de Lavar (gr.) 2875.63
1"	25.400	348.38	11.67%	27.08%	72.92%	Perdida por Lavado (gr.) 109.09
3/4"	19.000	225.57	7.56%	34.64%	65.36%	
3/8"	9.500	422.59	14.16%	48.79%	51.21%	
N° 4	4.760	399.30	13.38%	62.17%	37.83%	
N° 10	2.000	371.20	12.44%	74.61%	25.39%	
N° 20	0.840	269.24	9.02%	83.63%	16.37%	
N° 40	0.425	145.56	4.88%	88.51%	11.49%	
N° 60	0.260	75.88	2.54%	91.05%	8.95%	
N° 140	0.106	106.40	3.56%	94.61%	5.39%	
N° 200	0.075	50.01	1.68%	96.29%	3.71%	
< N° 200	Cazuela	109.09	3.65%	99.94%	-	
Lavado	-	109.1	0.06%	100.00%	-	



Tamaño Máximo Absoluto =	3"	Tamaño Máximo Nominal =	
D60 =	15.40048	Cu =	46.946384
D30 =	3.0227763	Cc =	1.80861291
D10 =	0.328044		

Observaciones:

Elaborado por:		Revisado por:		Revisado por:	
Nombre/ Testista:	D. 10	Nombre / Responsable de laboratorio:	D. 10	Nombre / Encargado de SUELOS Y GEOTECNIA:	D. 10
Br. Frank Ferdinard Lirazchi Aimitama	M. 01	Ing. Edison Santiago Medina Ojeda	M. 06	Ing. Víctor Manuel Jaramilla	M. 01
Firma:	A. 24	Firma:	A. 24	Firma:	A. 24



C.2. Ensayo de corte directo.

(Normas técnicas MTC E 123 Y ASTM D 3080)

	ALLPA LABORATORIO			Form. Aprob. por: L.C.C.
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, GEOMECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO			Fecha: 25/08/2020
	CORTE DIRECTO			Revisión N° 0
	NORMAS TÉCNICAS: MTC E 123 y ASTM D 3080			Rev. por: B.C.H.C Fecha: 10/01/2024
V. Br 4.0				
DATOS GENERALES				
PROYECTO	Evaluación del nivel de riesgo por flujo de detritos en el área de influencia de la quebrada Tüttocpata, distrito Coya, provincia Calca, Departamento Cusco -2023			
SOLICITA	Br. Frank Ferdinand Limachi Aimituma			
DATOS ESPECÍFICOS				
UBICACIÓN	Margen izquierda - Quebrada Tüttocpata (parte baja del deslizamiento)	CALICATA	-	
FECHA	miércoles, 10 de Enero de 2024	MUESTRA	M-01	
HECHO POR	J.G.U.C.	PROFUNDIDAD	1.60 m	
MUESTRA				
	M01	M02	M03	M04
Características Iniciales de la Muestra				
Número de anillo	2	2	2	
Altura de la Muestra (cm)	3.60	3.41	3.42	
Diámetro de la Muestra (cm)	6.40	6.40	6.40	
Volumen de la Muestra (cm ³)	147.5	139.5	140.1	
Peso de la Muestra Húmeda (gr.)	265.94	254.26	253.51	
Características después de la Consolidación				
Asentamiento (mm)	0.30	0.36	0.58	
Altura de la Muestra (cm)	3.57	3.37	3.36	
Diámetro o lado de la Muestra (cm)	6.40	6.40	6.40	
Área de la Muestra (cm ²)	40.96	40.96	40.96	
Volumen de la Muestra (cm ³)	146.2	138.0	137.8	
Características después del Ensayo de Corte Directo				
Asentamiento (mm)	0.14	0.30	0.63	
Altura de la Muestra (cm)	3.556	3.339	3.301	
Volumen de la Muestra (cm ³)	145.6	136.8	135.2	
Contenido de Humedad				
Peso del Contenedor (gr.)	42.02	55.99	55.43	
Peso del Contenedor + Suelo Húmedo (gr.)	340.62	338.25	335.75	
Peso del Contenedor + Suelo Seco (gr.)	285.96	288.25	286.94	
Peso del Agua (gr.)	54.66	50.00	48.81	
Peso del Suelo Seco (gr.)	243.94	232.26	231.51	
Contenido de Agua Final (%)	22.4	21.5	21.1	
Relaciones Gravimétricas de la Muestra				
Densidad Húmeda Inicial (gr/cm ³)	1.804	1.823	1.809	
Contenido de Agua Inicial (%)	9.0	9.5	9.5	
Densidad Seca Inicial (gr/cm ³)	1.654	1.665	1.652	
Densidad Seca - consolidación (gr/cm ³)	1.668	1.683	1.680	
Densidad Húmeda Final (gr/cm ³)	2.050	2.064	2.073	
Densidad Seca Final (gr/cm ³)	1.675	1.698	1.712	
Gravedad Específica (gr/cm ³)	2.700			
Relación de Vacíos Inicial	0.632	0.621	0.634	
Grado de Saturación Inicial (%)	38.5	41.2	40.5	
Relación de Vacíos luego de consolidarse	0.618	0.604	0.607	
Relación de Vacíos Final	0.612	0.590	0.577	
Grado de Saturación Final (%)	98.8	98.5	98.7	

Observaciones: Las muestras cumplen con el requisito de que su grado de saturación sea mayor a 80%.
 La muestra ha sido remodelada con su densidad y humedad naturales.
 La muestra fue entregada por el solicitante y se asume un peso específico de 2.7.

RESPONSABLE DE LABORATORIO

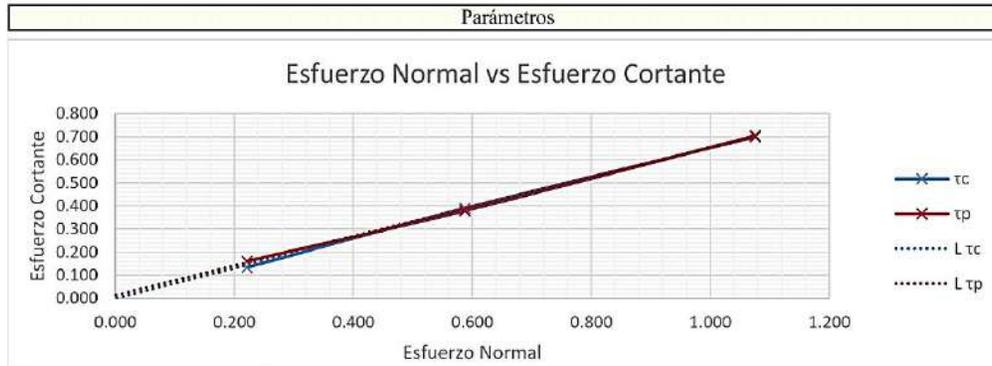
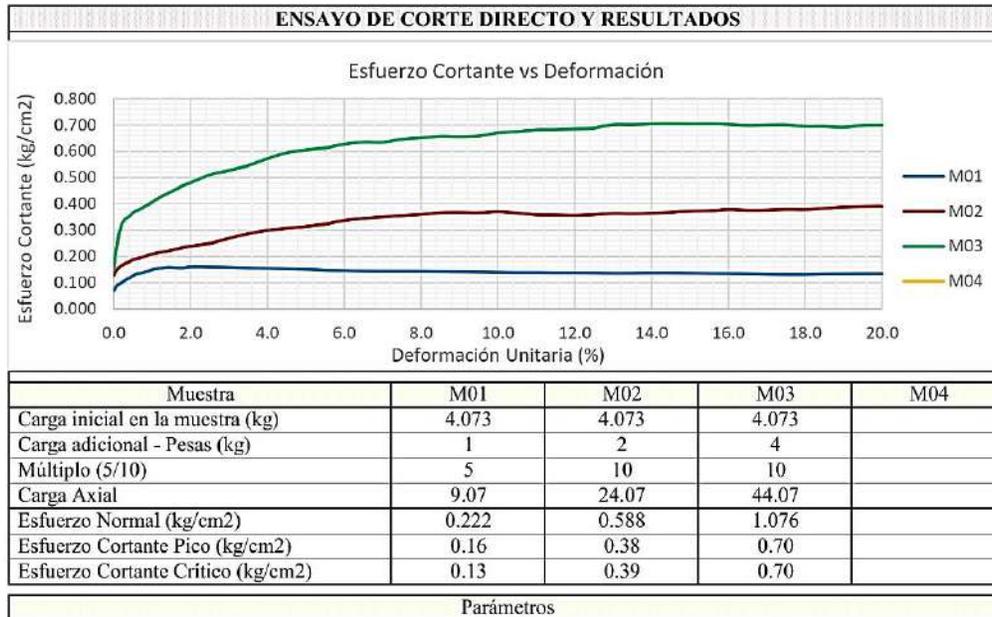
 Ing. Sebastian Quispe Ccarita
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 170058

ENSAYO DE CORTE DIRECTO										
Deformación Horizontal		Área Correg.	Fuerza (kg)				Esfuerzo Cortante (kg/cm ²)			
(%)	(cm)	(cm ²)	M01	M02	M03	M04	M01	M02	M03	M04
0.0	0.0000	40.96	2.81	5.20	6.06		0.069	0.127	0.148	
0.1	0.0064	40.92	3.73	6.24	10.46		0.091	0.152	0.255	
0.2	0.0128	40.88	4.08	6.77	13.07		0.100	0.165	0.319	
0.3	0.0192	40.84	4.49	7.08	13.99		0.110	0.173	0.342	
0.4	0.0256	40.80	4.79	7.34	14.40		0.117	0.179	0.352	
0.5	0.0320	40.76	5.14	7.65	14.99		0.125	0.187	0.366	
0.6	0.0384	40.71	5.45	7.83	15.34		0.133	0.191	0.374	
0.7	0.0448	40.67	5.57	7.97	15.62		0.136	0.195	0.381	
0.8	0.0512	40.63	5.75	8.18	15.97		0.140	0.200	0.390	
0.9	0.0576	40.59	5.89	8.38	16.27		0.144	0.205	0.397	
1.0	0.0640	40.55	6.14	8.54	16.62		0.150	0.209	0.406	
1.2	0.0768	40.47	6.36	8.83	17.40		0.155	0.216	0.425	
1.4	0.0896	40.39	6.51	9.03	18.01		0.159	0.221	0.440	
1.6	0.1024	40.30	6.46	9.30	18.58		0.158	0.227	0.454	
1.8	0.1152	40.22	6.42	9.58	19.23		0.157	0.234	0.470	
2.0	0.1280	40.14	6.59	9.81	19.68		0.161	0.239	0.480	
2.5	0.1600	39.94	6.57	10.22	20.90		0.160	0.249	0.510	
3.0	0.1920	39.73	6.51	11.01	21.60		0.159	0.269	0.527	
3.5	0.2240	39.53	6.42	11.73	22.35		0.157	0.286	0.546	
4.0	0.2560	39.32	6.34	12.26	23.43		0.155	0.299	0.572	
4.5	0.2880	39.12	6.26	12.58	24.35		0.153	0.307	0.594	
5.0	0.3200	38.91	6.20	12.87	24.80		0.151	0.314	0.605	
5.5	0.3520	38.71	6.08	13.24	25.10		0.148	0.323	0.613	
6.0	0.3840	38.50	5.98	13.79	25.68		0.146	0.337	0.627	
6.5	0.4160	38.30	5.91	14.11	26.00		0.144	0.345	0.635	
7.0	0.4480	38.09	5.87	14.34	25.98		0.143	0.350	0.634	
7.5	0.4800	37.89	5.87	14.56	26.45		0.143	0.355	0.646	
8.0	0.5120	37.68	5.85	14.74	26.67		0.143	0.360	0.651	
8.5	0.5440	37.48	5.81	15.01	26.92		0.142	0.366	0.657	
9.0	0.5760	37.27	5.79	15.05	26.88		0.141	0.367	0.656	
9.5	0.6080	37.07	5.77	15.01	26.98		0.141	0.366	0.659	
10.0	0.6400	36.86	5.73	15.15	27.45		0.140	0.370	0.670	
10.5	0.6720	36.66	5.69	14.97	27.67		0.139	0.365	0.676	
11.0	0.7040	36.45	5.69	14.70	27.90		0.139	0.359	0.681	
11.5	0.7360	36.25	5.65	14.66	27.92		0.138	0.358	0.682	
12.0	0.7680	36.04	5.65	14.60	28.06		0.138	0.356	0.685	
12.5	0.8000	35.84	5.63	14.72	28.20		0.137	0.359	0.689	
13.0	0.8320	35.64	5.57	14.91	28.71		0.136	0.364	0.701	
13.5	0.8640	35.43	5.59	14.87	28.73		0.136	0.363	0.702	
14.0	0.8960	35.23	5.63	14.95	28.82		0.137	0.365	0.704	
14.5	0.9280	35.02	5.63	15.07	28.86		0.137	0.368	0.705	
15.0	0.9600	34.82	5.59	15.25	28.82		0.136	0.372	0.704	
15.5	0.9920	34.61	5.55	15.32	28.84		0.135	0.374	0.704	
16.0	1.0240	34.41	5.51	15.52	28.78		0.134	0.379	0.703	
16.5	1.0560	34.20	5.45	15.42	28.61		0.133	0.376	0.699	
17.0	1.0880	34.00	5.40	15.44	28.67		0.132	0.377	0.700	
17.5	1.1200	33.79	5.38	15.54	28.69		0.131	0.379	0.701	
18.0	1.1520	33.59	5.38	15.52	28.43		0.131	0.379	0.694	
18.5	1.1840	33.38	5.42	15.70	28.43		0.132	0.383	0.694	
19.0	1.2160	33.18	5.45	15.91	28.31		0.133	0.388	0.691	
19.5	1.2480	32.97	5.47	15.97	28.61		0.133	0.390	0.699	
20.0	1.2800	32.77	5.49	15.99	28.65		0.134	0.390	0.700	

Observaciones: El ensayo se ha realizado según las exigencias del MTC.

RESPONSABLE DE LABORATORIO

 Ing. Sebastian Quispe Ccarita
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 170058



Valores Pico	
Pendiente σ vs τ_c Pico	0.641
Ángulo de Fricción Pico (°)	32.6
Cohesión Pico (kg/cm ²)	0.013

Valores Críticos	
Pendiente σ vs τ_c Crítica	0.651
Ángulo de Fricción Crítica (°)	33.0
Cohesión Crítica (kg/cm ²)	0.000

Observaciones: Se han hallado los parámetros de cohesión y ángulo de fricción según la Ley de Coulomb.

RESPONSABLE DE LABORATORIO

 Ing. Sebastian Quispe Ccarita
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 170058


UNIVERSIDAD DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA


TESIS : "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS EN EL AREA DE INFLUENCIA DE LA QUEBRADA TITTOCPATA, DISTRITO COYA, PROVINCIA CALCA, DEPARTAMENTO CUSCO - 2023"

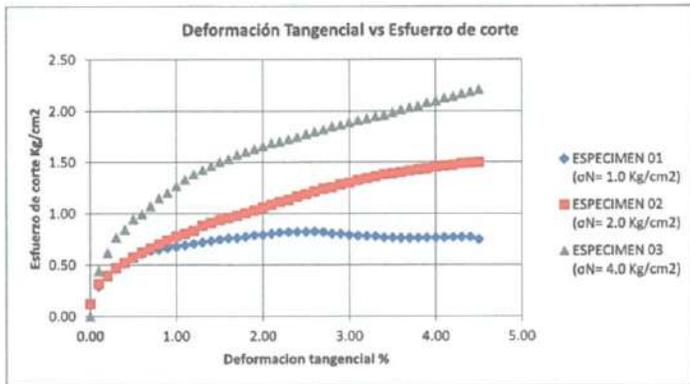
UBICACIÓN : Sector Huaynapata, Coya, Calca, Cusco

MD **LABMS - 001** **REGISTRO** **Nº2**

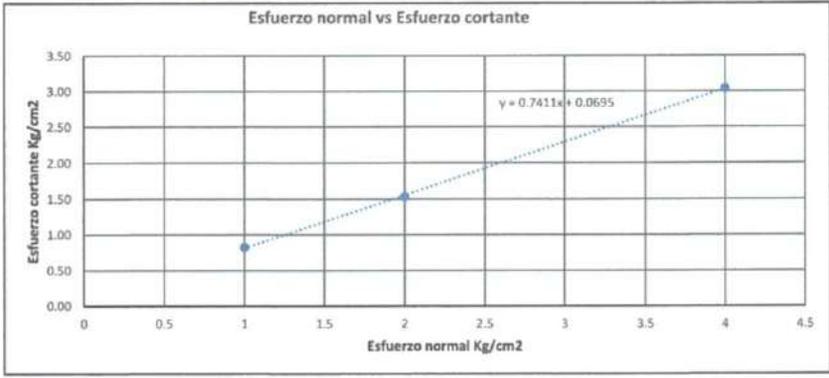
LABORATORIO INSTITUCIONAL DE INVESTIGACIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS, ROCAS Y GEOTECNIA DE LA E.P. ING. GEOLÓGICA

CORTE DIRECTO
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 123 y ASTM D 2089

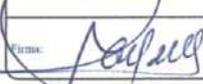
DATOS DE LA MUESTRA			
CONCEPTO : Corte directo	MUESTRA :	E-02	
UBICACIÓN : Sector Huaynapata	FECHA :	11/09/2023	
REFERENCIA: Margen derecha de la quebrada Tittocpata	PROFUNDIDAD :	-1.60 m	
CALICATA : M-3	HECHO POR :	F.F.LA	



MUESTRA	ESF. NORMAL	ESF. CORTANTE
	Kg/cm ²	Kg/cm ²
1	1	0.82
2	2	1.53
3	4	3.04



Angulo fricción : 36.54° Cohesion : 0.0695 Kg/cm²

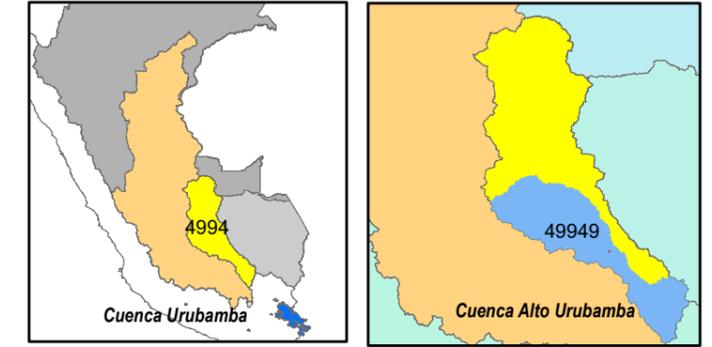
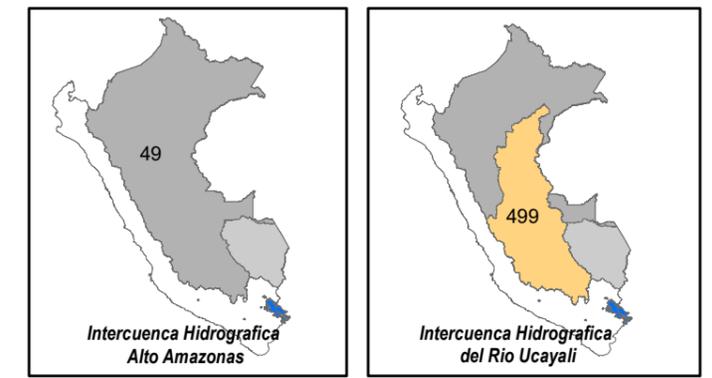
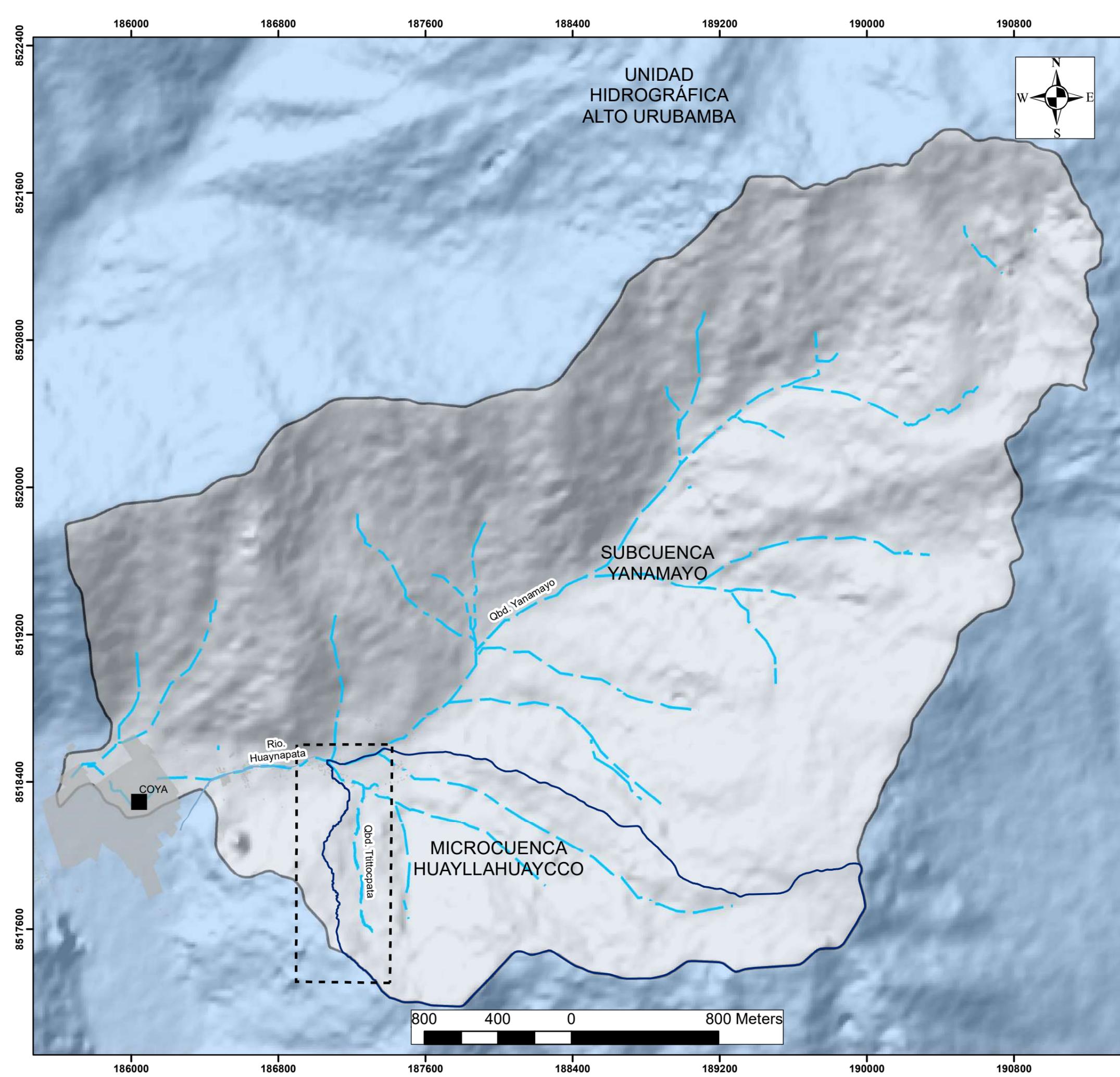
Elaborado por:		Revisado por:		Revisado por:	
Nombre/ Testista : Br. Frank Ferdinand Limachi Ainsituma	D: 10 M: 01 A: 24	Nombre / Responsable de laboratorio: Ing. Edison Santiago Matos Ojeda	D: 10 M: 01 A: 24	Nombre / Encargado de laboratorio: Ing. Valentin Huallpa	D: 10 M: 01 A: 24
Firma: 		Firma: 		Firma: 	



ANEXO D: Ficha de encuesta

UNIVERSIDAD DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS EN EL AREA DE INFLUENCIA DE LA QUEBRADA TITITCOPATA, DISTRITO COYA, PROVINCIA CALCA, DEPARTAMENTO CUSCO - 2023" INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE INFORMACIÓN																					
I. UBICACIÓN GENERAL																					
CÓDIGO DE FICHA										FECHA:											
URBEO		SECTOR		LOTE		S/N EDIFICACION/ LOTE VACIO															
DPTO	PROV	DIST.					EN CONSTRUCCION														
CU	CA	CO	HUAYNAPATA				ABANDONADO														
PLANO DE UBICACIÓN (CROQUIS)										CON EDIFICACIÓN											
II. DATOS																					
DATOS DEL ENCUESTADO																					
NOMBRES Y APELLIDOS:				N° DE DOCUMENTO - DNI																	
III. CARACTERIZACIÓN FÍSICA																					
INFRAESTRUCTURA DE SERVICIOS BÁSICOS:																					
CONEXIÓN DE AGUA		AGUA DETALLADO		DESAGUE		SI		NO		INFRAESTRUCTURA SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA		SERVICIO DE LIMPIEZA PÚBLICA		SI		NO					
SEDA CUSCO		CONEXIÓN DOMICILIARIA																			
JASS		PILETA PÚBLICA		CONEXIÓN DOMIC. A LA RED PÚBLICA DE SEDA CUSCO				CONEXIÓN DOMICILIO ELECTRO SUR ESTE S.A				SERVICIO DE LIMPIEZA POR PARTE DE SU MUNICIPALIDAD									
OTROS		CAMION CISTERNA		CONEX. DOMIC. RED LOCAL DE LAGUNA DE OXIDACIÓN				SUMINISTRO ELÉCTRICO DE GENERACIÓN PROPIA				SERVICIO DE LIMPIEZA POR PARTE DE PRIVADOS									
NINGUNA CONEXIÓN		AFLORAMIENTOS DE MANANTES OTROS		CONEXIÓN DOMINILIARIA PRIVADA				OTROS:				NINGUN SERVICIO DE LIMPIEZA									
				NINGUNA CONEXION																	
IV. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGOS A NIVEL DE VIVIENDAS																					
VULNERABILIDAD DIMENSIÓN SOCIAL																					
FRAGILIDAD		GRUPO ETAREO (cantidad)		FAMILIAS DE PROPIETARIOS		DE 0 A 5 AÑOS		V		DE 6 A 12 AÑOS		V		DE 13 A 18 AÑOS		V		DE 19 A 30 AÑOS		V	
								M				M				M				M	
				FAMILIAS DE INQUILINOS		DE 31 A 54 AÑOS		V		DE 55 A 65 AÑOS		V		> 66 AÑOS		V		TOTAL POBLACIÓN (CANTIDAD)			
								M				M				M					
RESILIENCIA		CONOCIMIENTO DE GRD Gestión de Riesgos de Desastre, Peligro Riesgo		NO CONOCE		ESCASO CONOCIMIENTO				POCO CONOCIMIENTO		REGULAR CONOCIMIENTO				CONOCIMIENTO AMPLIO					
		ACTITUD FRENTE AL RIESGO		FATALISTA, CONFORMISTA		ESCASAMENTE PREVISORA SIN IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS				PARCIALMENTE PREVISORA SIN IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS		PARCIALMENTE PREVISORA IMPLEMENTANDO ESCASAS MEDIDAS				PREVISORA CON DIVERSAS MEDIDAS					
VULNERABILIDAD DIMENSIÓN ECONÓMICA																					
FRAGILIDAD		MATERIAL PREDOMINANTE PARED		PEDRA CON MORTERO DE BARRO		ADOBE				TAPIA		ADOBE CON RECUBRIMIENTO				LADRILLO Y/O BLOQUETA DE CEMENTO					
		MATERIAL PREDOMINANTE TECHO		PAJA		PLASTICO				TEJAS		PLANCHAS DE CALAMINA				LOS A DE CONCRETO					
		ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA VIVIENDA		DETERIORADO		EN PROCESO DE DETERIORO				CON REFACCIONES		REGULAR ESTADO				BUEN ESTADO					
RESILIENCIA		INGRESO FAMILIAR PROMEDIO MENSUAL (Por mes)		≤ 1025		> 1025 - ≤ 1300				> 1300 - ≤ 1500		> 1500 - ≤ 1800				> 1800					
		OCUPACIÓN PRINCIPAL		TRABAJADOR FAMILIAR NO RUMUNERADO		OBRERO/PEON				AGRUCULTOR		EMPLEADO/ TRABAJADOR INDEPENDIENTE				EMPLEADOR					
VULNERABILIDAD DIMENSIÓN AMBIENTAL																					
FRAGILIDAD		MANEJO Y DISPOSICION DE RRS		SIN RECOJO DE RES DUOS SOLIDOS		BOTADERO EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA				RECOJO CON MOTOFURGON (RECKLADOR)		RECOJO MUNICIPAL				NO GENERAN (NO BOTAN)					
RESILIENCIA		CONOCIMIENTO EN TEMAS AMBIENTALES		NO CONOCE		CONOCE POR COMENTARIOS DE SUS VECNOS				TIENE LIGERAS NOCIONES		SOLO TIENE CONOCIMIENTOS				CONOCE Y PRACTICA EL RECKLAJE					
V. OBSERVACIONES																					

ANEXO E: Mapas



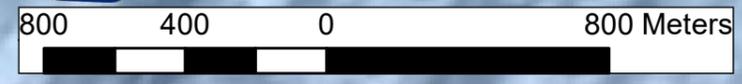
LEYENDA

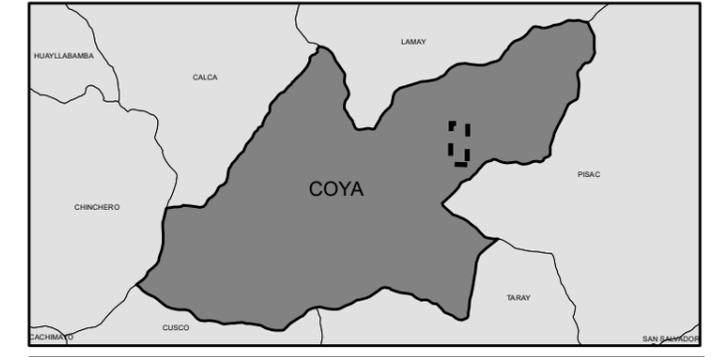
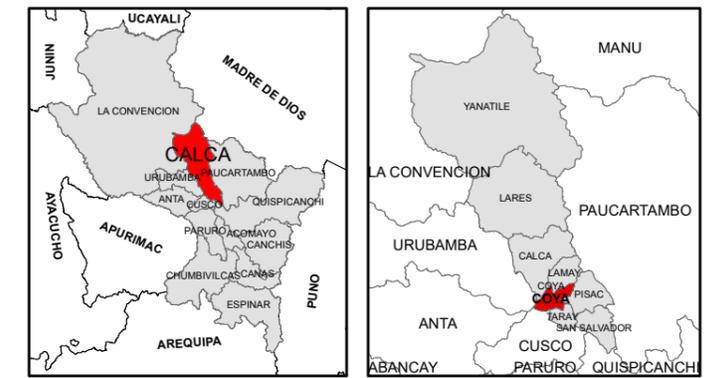
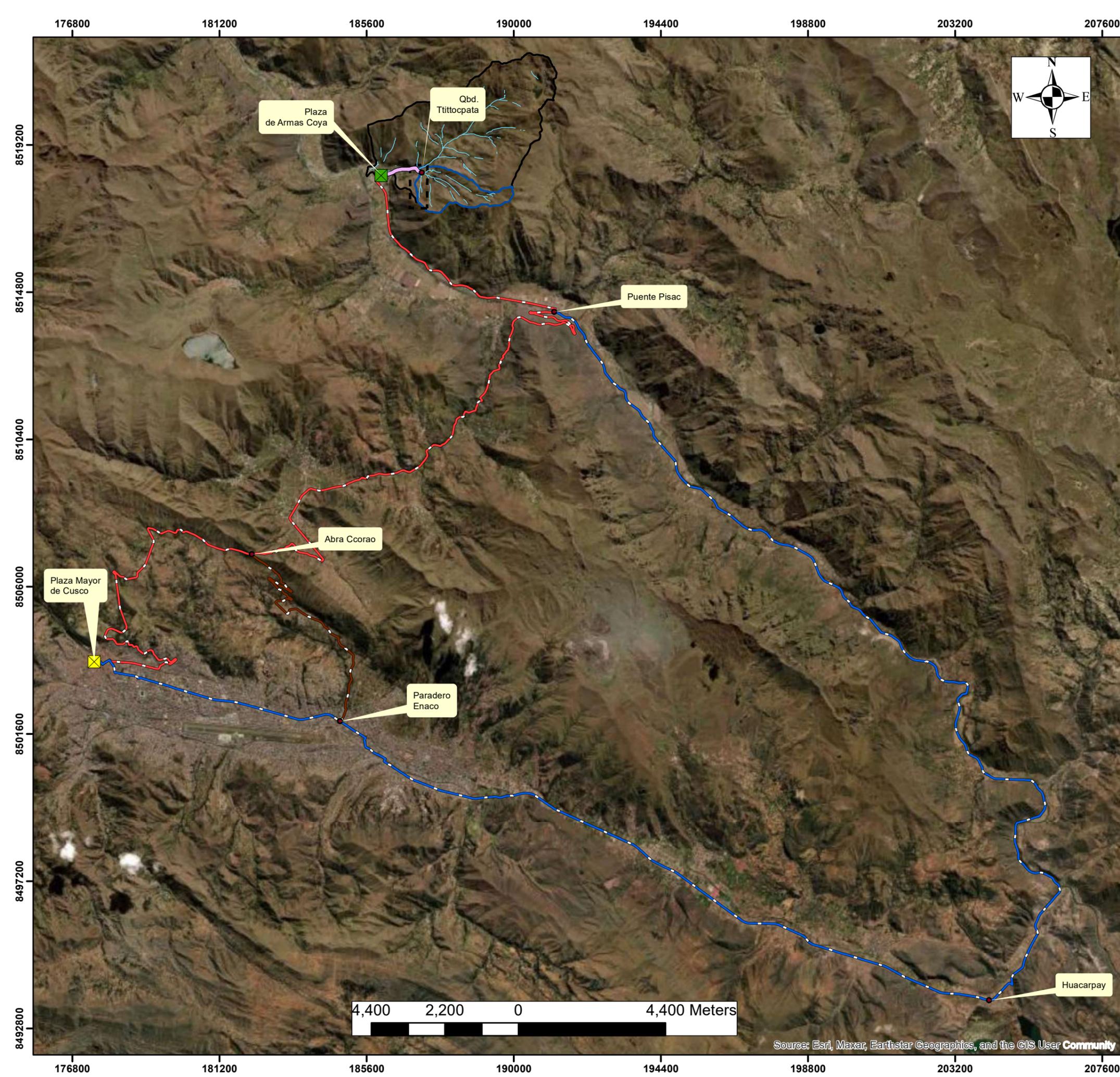
- Canales
- Drenaje
- Qda. Tittocpata
- Rio_Huaynapata
- CUENCA ALTO URUBAMBA
- SUBCUENCA_YANAMAYO
- MICROCUENCA HUAYLLAHUAYCCO
- AMBITO DE ESTUDIO

	UNIVERSIDAD DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA	
	"ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA"	

TESIS: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS EN EL AREA DE INFLUENCIA DE LA QUEBRADA TTITTOCPATA, DISTRITO COYA, PROVINCIA CALCA, DEPARTAMENTO CUSCO - 2023"

ELABORADO POR: Br. FRANK FERDINAND LIMACHI AIMITUMA	MAPA: "UBICACIÓN HIDROGRAFICA"	FECHA: SETIEMBRE - 2024	ESCALA: 1:20,000
UBICACIÓN: DEPARTAMENTO : CUSCO PROVINCIA : CALCA DISTRITO : COYA CENTRO POBLADO : HUAYNAPATA SUBCUENCA : YANAMAYO QUEBRADA : TTITTOCPATA	SISTEMA DE COORDENADAS Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 19S Projection: Transverse Mercator Datum: WGS 1984 False Easting: 500,000.0000 False Northing: 10,000,000.0000 Central Meridian: -69.0000 Scale Factor: 0.9996 Latitude Of Origin: 0.0000 Units: Meter		LAMINA: P-02





SIMBOLOGIA

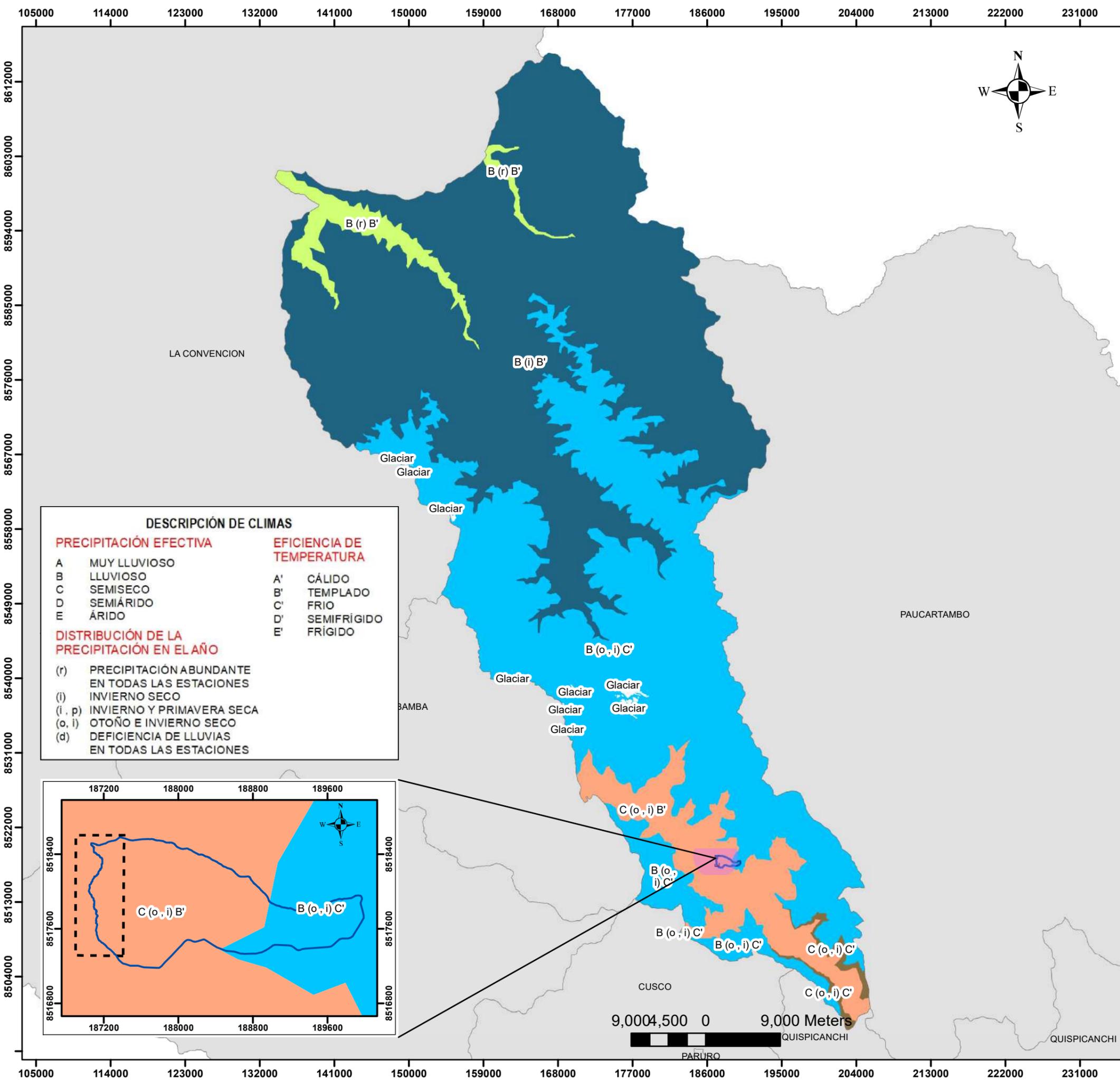
- PLAZA DE ARMAS CUSCO
- PLAZA DE ARMAS COYA
- PLAZA_COYA-QBD
- ENACO-ABRA_CCORAO
- CUSCO_PISAC
- RED HIDRICA
- DRENAJE_SUBCUENCA
- VIA DE ACCESO
- AMBITO DE ESTUDIO
- MICROCUENCA HUAYLLAHUAYCCO
- SUBCUENCA YANAMAYO

	UNIVERSIDAD DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA	
	"ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA"	

TESIS: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS EN EL AREA DE INFLUENCIA DE LA QUEBRADA TTITTOCPATA, DISTRITO COYA, PROVINCIA CALCA, DEPARTAMENTO CUSCO - 2023"

ELABORADO POR: Br. FRANK FERDINAND LIMACHI AIMITUMA	MAPA: "ACCESIBILIDAD"	
UBICACIÓN: DEPARTAMENTO : CUSCO PROVINCIA : CALCA DISTRITO : COYA CENTRO POBLADO : HUAYNAPATA SUBCUENCA : YANAMAYO QUEBRADA : TTITTOCPATA	FECHA: SETIEMBRE - 2024	ESCALA: 1:110,000
SISTEMA DE COORDENADAS Coordenata System: WGS 1984 UTM Zone 19S Projection: Transverse Mercator Datum: WGS 1984 False Easting: 500,000.0000 False Northing: 10,000,000.0000 Central Meridian: -69.0000 Scale Factor: 0.9996 Latitude of Origin: 0.0000 Units: Meter	LAMINA: P-03	

Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community

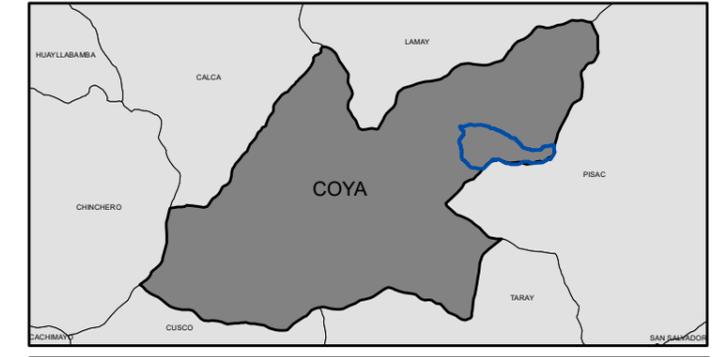
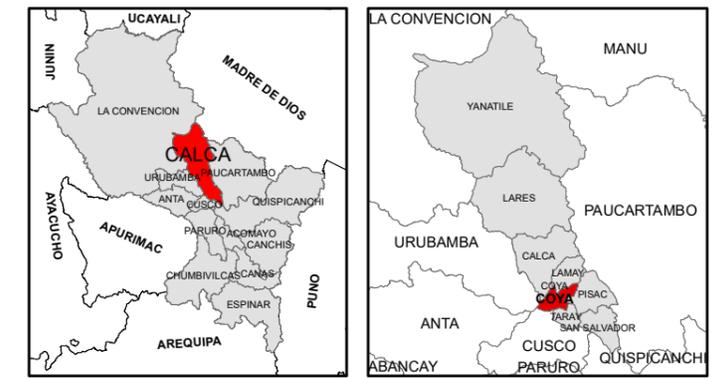
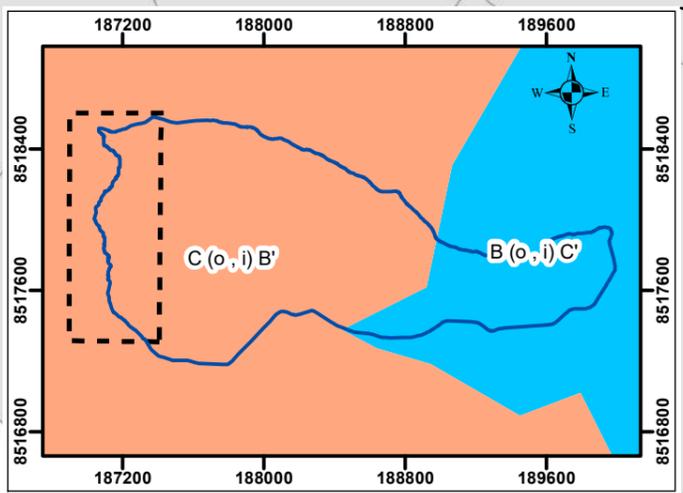


DESCRIPCIÓN DE CLIMAS

PRECIPITACIÓN EFECTIVA		EFICIENCIA DE TEMPERATURA	
A	MUY LLUVIOSO	A'	CÁLIDO
B	LLUVIOSO	B'	TEMPLADO
C	SEMISECO	C'	FRIO
D	SEMIÁRIDO	D'	SEMIFRÍGIDO
E	ÁRIDO	E'	FRÍGIDO

DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN EN EL AÑO

(r) PRECIPITACIÓN ABUNDANTE EN TODAS LAS ESTACIONES
 (i) INVIERNO SECO
 (i, p) INVIERNO Y PRIMAVERA SECA
 (o, i) OTOÑO E INVIERNO SECO
 (d) DEFICIENCIA DE LLUVIAS EN TODAS LAS ESTACIONES



SIMBOLOGIA

- AMBITO DE ESTUDIO
- MICROCUEENCA HUAYLLAHUAYCCO
- Provincias

LEYENDA

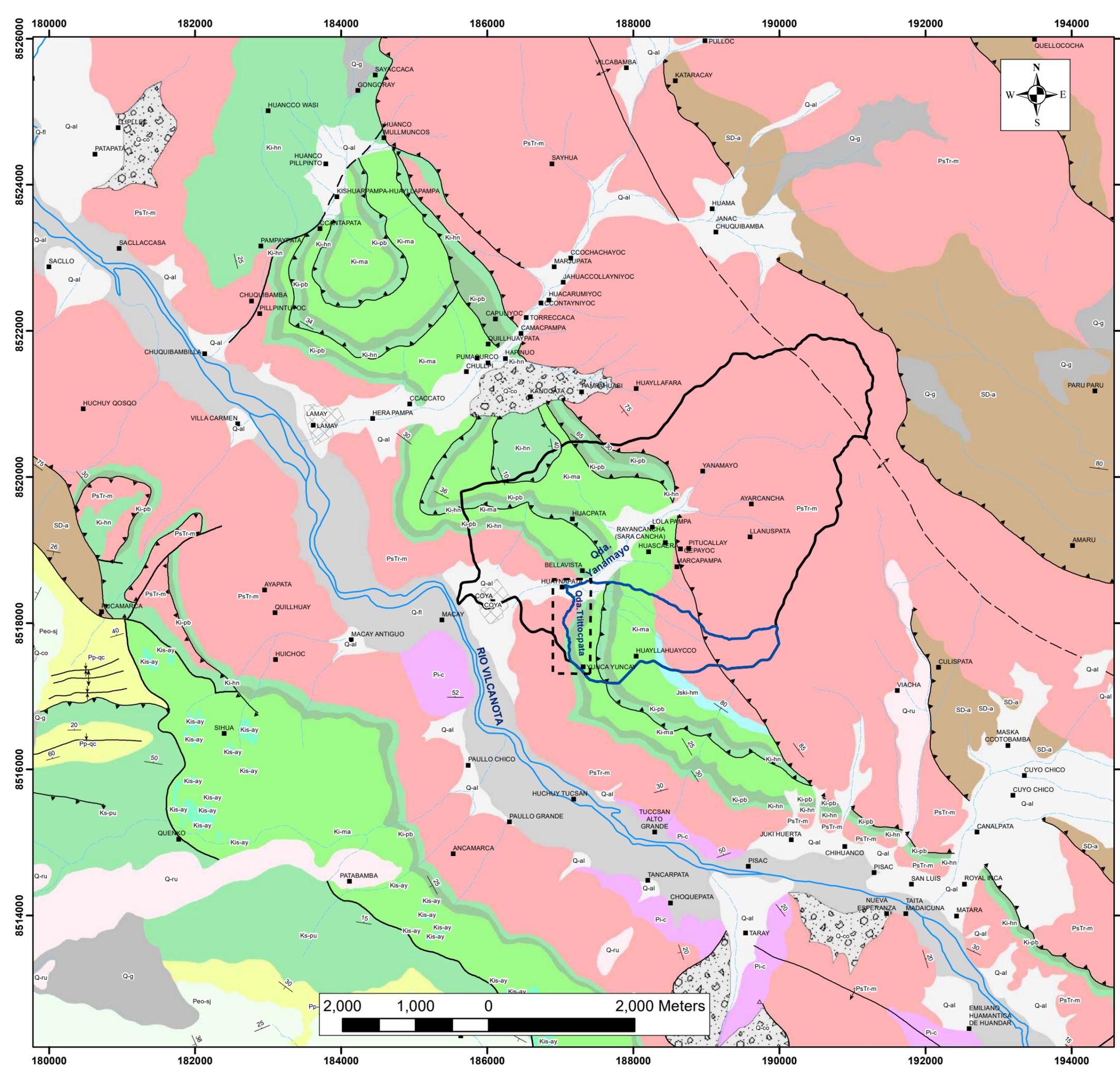
- B (i) B' , Lluvioso templado con invierno seco.
- B (o , i) C' , Lluvioso frio con otoño e invierno seco.
- B (r) B' , Lluvioso templado con precipitación abundante en todas las estaciones.
- C (o , i) B' , Semiseco templado con otoño e invierno seco.
- C (o , i) C' , Semiseco frio con otoño e invierno seco.
- Glaciar

UNIVERSIDAD DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 "ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA"

TESIS: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS EN EL AREA DE INFLUENCIA DE LA QUEBRADA TTITTOCPATA, DISTRITO COYA, PROVINCIA CALCA, DEPARTAMENTO CUSCO - 2023"

ELABORADO POR: Br. FRANK FERDINAND LIMACHI AIMTUMA	MAPA: "CLASIFICACIÓN CLIMATICA"
UBICACIÓN: DEPARTAMENTO : CUSCO PROVINCIA : CALCA DISTRITO : COYA CENTRO POBLADO : HUAYNAPATA SUBCUEENCA : YANAMAYO QUEBRADA : TTITTOCPATA	FECHA: SETIEMBRE - 2024 ESCALA: 1:450,000
SISTEMA DE COORDENADAS Coordinat System: WGS 1984 UTM Zone 19S Proyección: Transverse Mercator Datum: WGS 1984 False Easting: 500,000.0000 False Northing: 10,000,000.0000 Central Meridian: -69.0000 Scale Factor: 0.9996 Latitude Of Origin: 0.0000 Units: Meter	LAMINA: P-04

9,0004,500 0 9,000 Meters



LEYENDA

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	SIMB.
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Dep. Aluvial	Q-al
			Dep. Fluvial	Q-fl
			Dep. Coluvial	Q-co
			Dep. Glaciar	Q-g
	Pleistoceno	Fm. Rumicolca	Q-ru	
Paleogeno	Oligoceno	Gpo. San Jeronimo	Peo-sj2	
	Eoceno			
	Paleoceno	Fm. Quilque - Chilque	Pp-qc	
Mesozoico	Cretacico	Superior	Gpo. Yuncaypata	
			Fm. Puquin	Ks-pu
			Fm. Ayabacas	Kis-ay
			Fm. Maras	Kis-ma
	Inferior	Fm. Paucarbamba	Ki-pb	
		Fm. Huancane	Ki-hn	
	Jurascico		Jski-hu	
Paleozoico	Triascico	Inferior	Gpo. Mitu	Pstr-m
	Permico	Superior	Gpo. Copacabana	Pi-c
		Superior	Fm. Ananea	Sd-a
	Ordovicoico	Superior	Fm. San Gaban	Os-sg

SIMBOLOGIA

- CP
- ~ Quebrada
- ~ Rio
- ~ Eje de anticlinal
- ~ Eje de sinclinal
- ~ Anticlinal probable
- ~ Sinclinal probable
- ~ Rumbo y buzamiento de estratos
- ~ Capa volcada
- ~ Falla normal
- ~ Falla inferida
- ~ Falla inversa
- ~ Sobrescurrimiento
- ~ Falla inversa inferida
- ~ Área urbana
- ~ SUBCUENCA_YANAMAYO
- ~ MICROCUENCA HUAYLLAHUAYCCO
- ~ AMBITO DE ESTUDIO

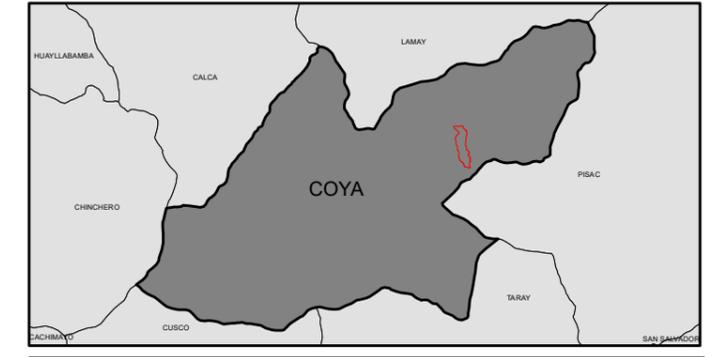
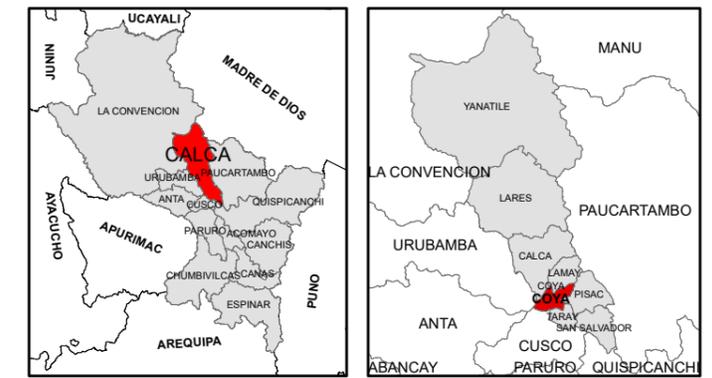
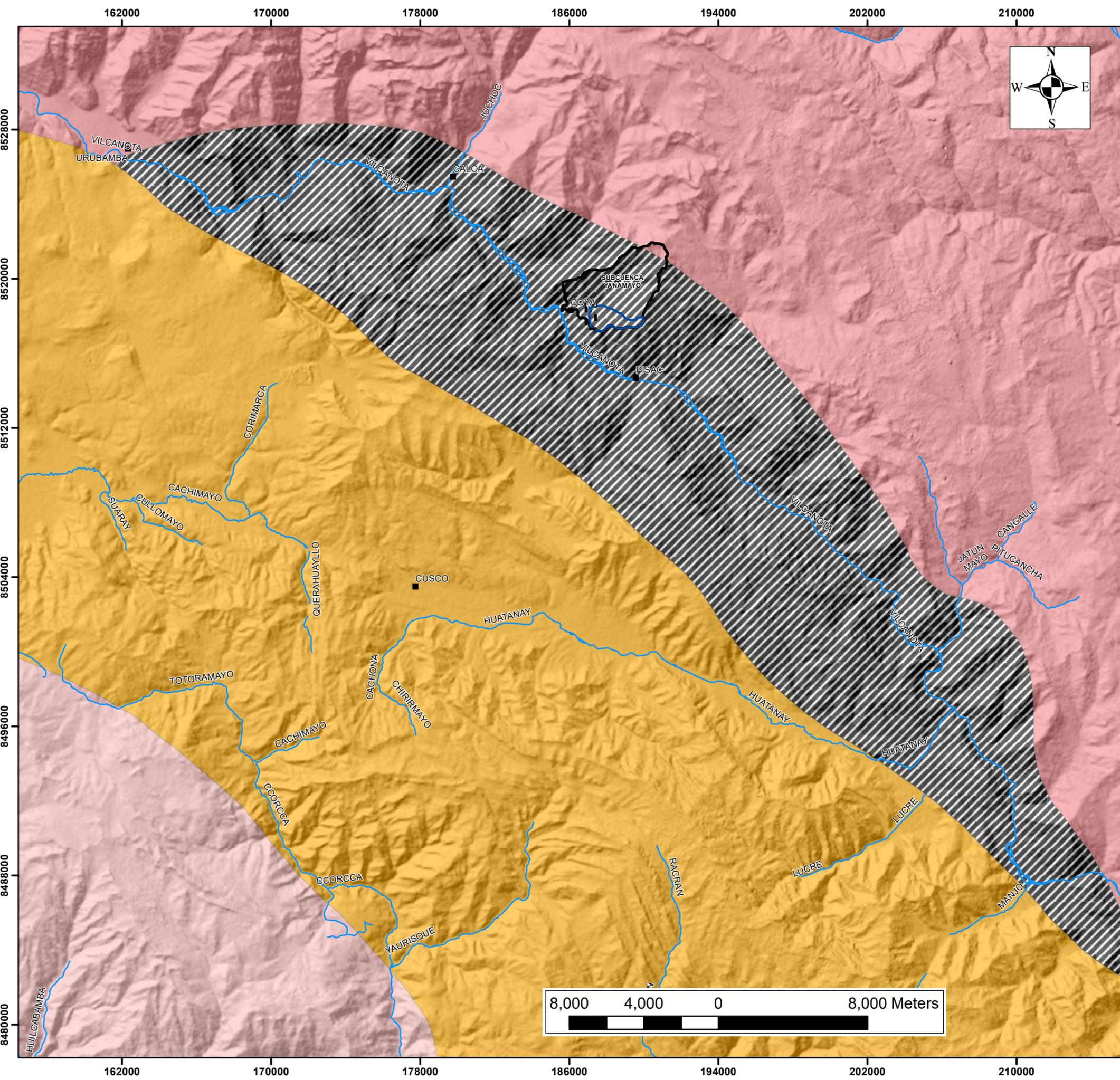
UNIVERSIDAD DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO

**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA,
MINAS Y METALURGICA**

"ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA"

TESIS: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS EN EL AREA DE INFLUENCIA DE LA QUEBRADA TITTOCPATA, DISTRITO COYA, PROVINCIA CALCA, DEPARTAMENTO CUSCO - 2023"

ELABORADO POR: Br. FRANK FERDINAND LIMACHI AIMITUMA	MAPA: "GEOLOGIA REGIONAL"
UBICACIÓN: DEPARTAMENTO : CUSCO PROVINCIA : CALCA DISTRITO : COYA CENTRO POBLADO : HUAYNAPATA SUBCUENCA : YANAMAYO QUEBRADA : TITTOCPATA	FECHA: SETIEMBRE - 2024 ESCALA: 1:50,000
Fuente: - Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET. - Ministerio de Transportes y Comunicaciones. - Ministerio de Agricultura y Riego, 2019. - Instituto Geográfico Nacional, 2016.	SISTEMA DE COORDENADAS Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 19S Projection: Transverse Mercator Datum: WGS 1984 False Easting: 500,000.0000 False Northing: 10,000,000.0000 Central Meridian: -69.0000 Scale Factor: 0.9996 Latitude Of Origin: 0.0000 Units: Meter
	LAMINA: P-05



SIMBOLOGIA

- Lugares
- ~ Rios Principales
- ~ Rio_Huaynapata
- ~ SUBCUENCA_YANAMAYO
- ~ MICROCUENCA HUAYLLAHUAYCCO
- ~ AMBITO DE ESTUDIO

LEYENDA

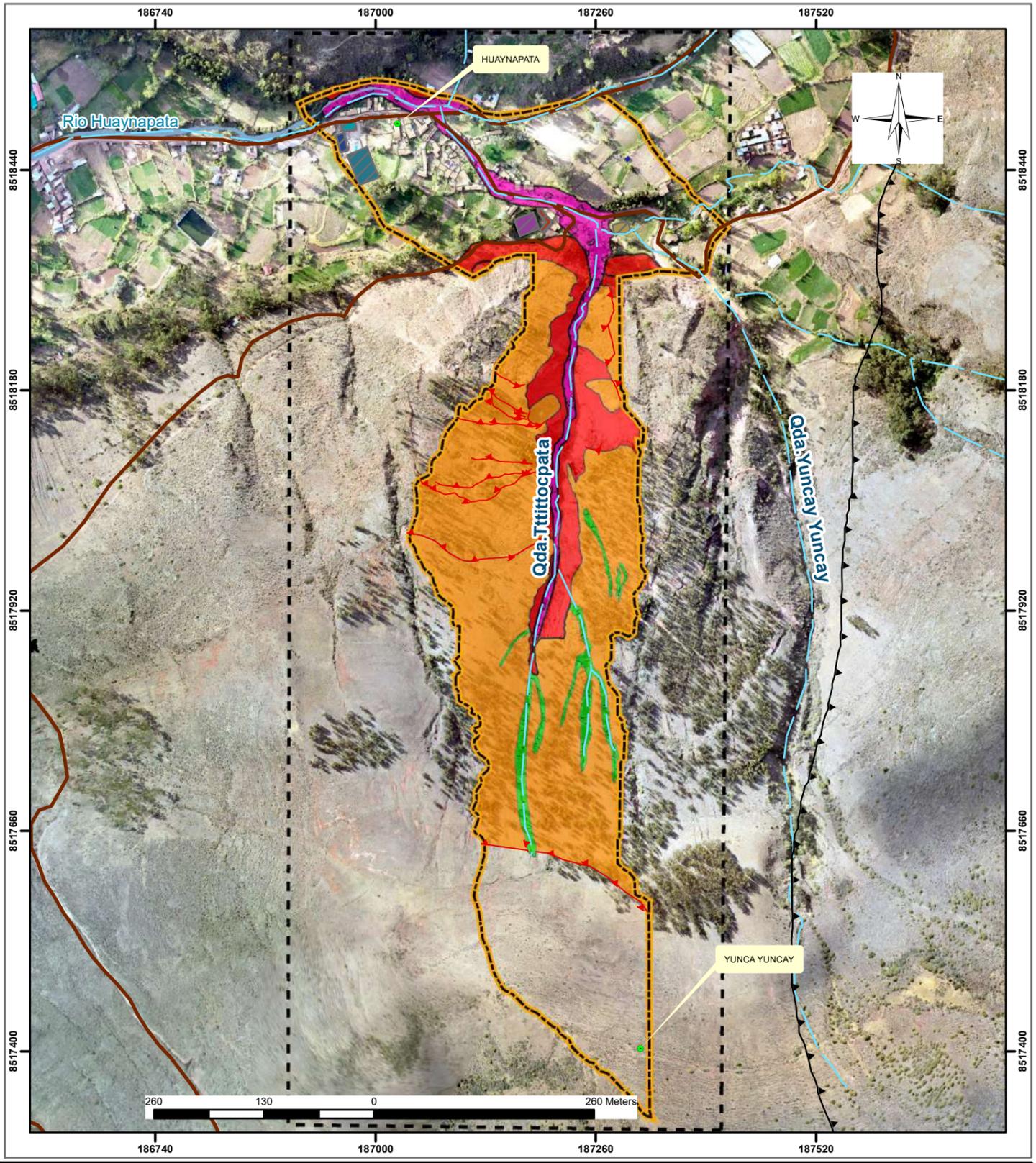
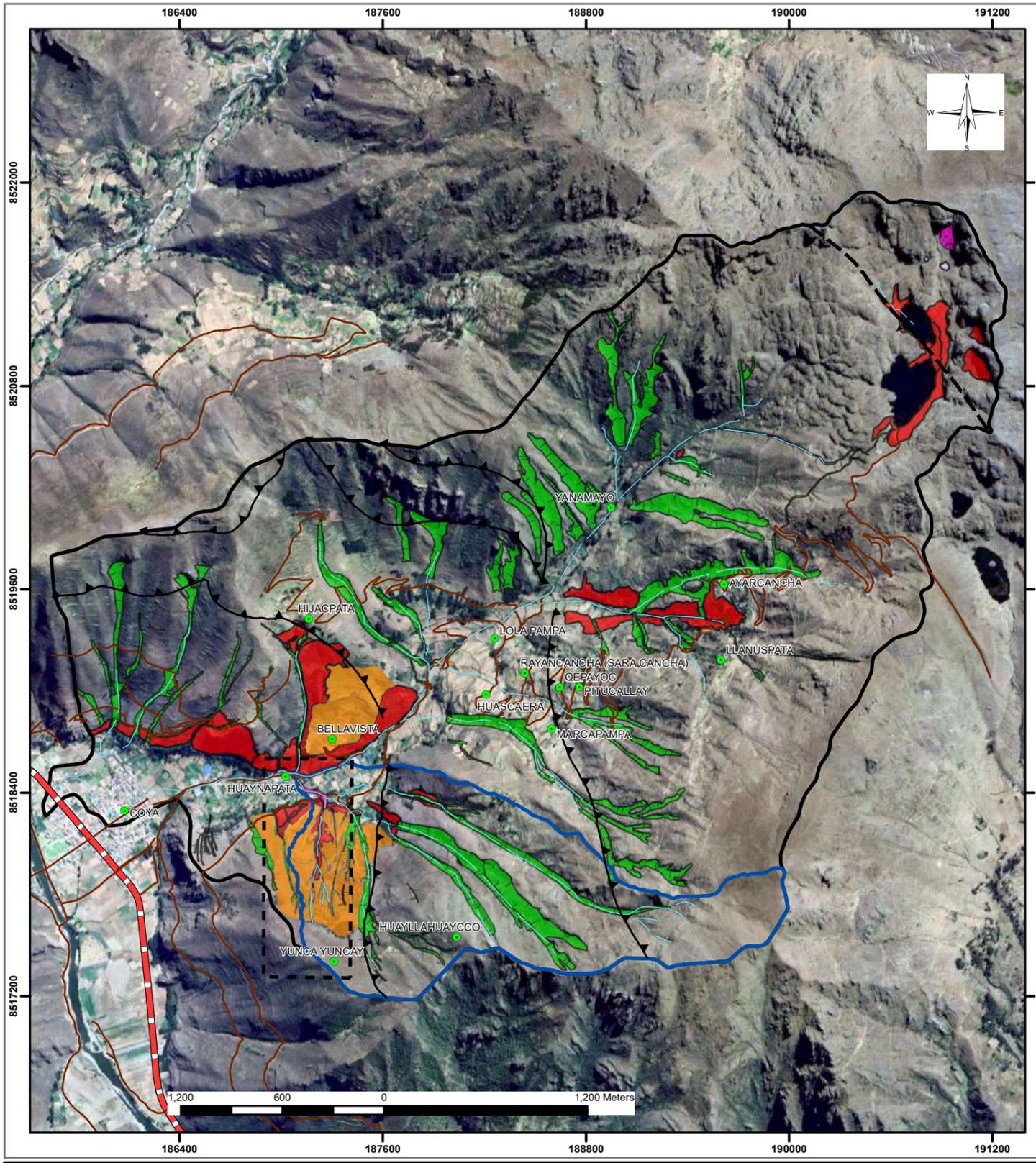
- Altiplano
- Cordillera Occidental
- Cordillera Oriental
- Zona Intermedia Altiplano - Cordillera

	UNIVERSIDAD DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA	
	"ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA"	

TESIS: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS EN EL AREA DE INFLUENCIA DE LA QUEBRADA TITTOCPATA, DISTRITO COYA, PROVINCIA CALCA, DEPARTAMENTO CUSCO - 2023"

ELABORADO POR: Br. FRANK FERDINAND LIMACHI AIMITUMA		MAPA: "GEOMORFOLOGIA REGIONAL"	
UBICACIÓN: DEPARTAMENTO : CUSCO PROVINCIA : CALCA DISTRITO : COYA CENTRO POBLADO : HUAYNAPATA SUBCUENCA : YANAMAYO QUEBRADA : TITTOCPATA		FECHA: SETIEMBRE - 2024	ESCALA: 1:200,000
Fuente: - Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET. - Ministerio de Transportes y Comunicaciones. - Ministerio de Agricultura y Riego, 2019. - Instituto Geográfico Nacional, 2016.		SISTEMA DE COORDENADAS Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 19S Projection: Transverse Mercator Datum: WGS 1984 False Easting: 500,000.0000 False Northing: 10,000,000.0000 Central Meridian: 49,0000 Scale Factor: 0.9996 Latitude Of Origin: 0.0000 Units: Meter	
		LAMINA: P-06	





SIMBOLOGIA

● Centros poblados	■ Almacén - Vivero
👤 Grietas del deslizamiento	■ Almacén Qoyllor
👤 Anticlinal probable	■ Campo deportivo Qoyllor
👤 Falla inversa	■ Estanque
👤 Red hídrica	■ Fitotoldo - viveros
👤 Via Nacional	■ PRONOEI Qoyllor
👤 Via Vecinal	■ Reservorio- Huaynapata
👤 Río Huaynapata	■ VIVIENDAS
👤 Área de influencia	
👤 Ámbito de estudio	
👤 Microcuenca Huayllahuaycco	
👤 Subcuenca Yanamayo	

LEYENDA

MOVIMIENTOS EN MASA

TIPO

- 👤 Caída de rocas
- 👤 Caída de suelo y erosión gravitacional
- 👤 Derrumbe
- 👤 Deslizamiento rotacional
- 👤 Erosión en Cárcavas
- 👤 Flujo de detritos
- 👤 Hundimiento

UNIVERSIDAD DE SAN ANTONIO ABAD DELCUSCO

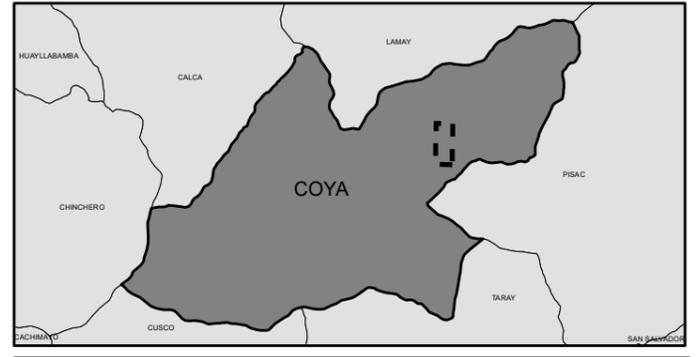
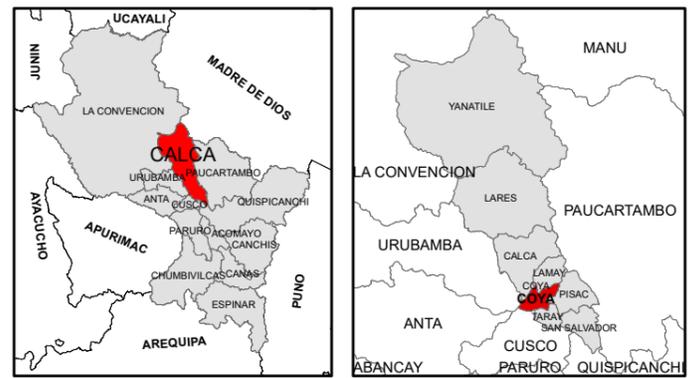
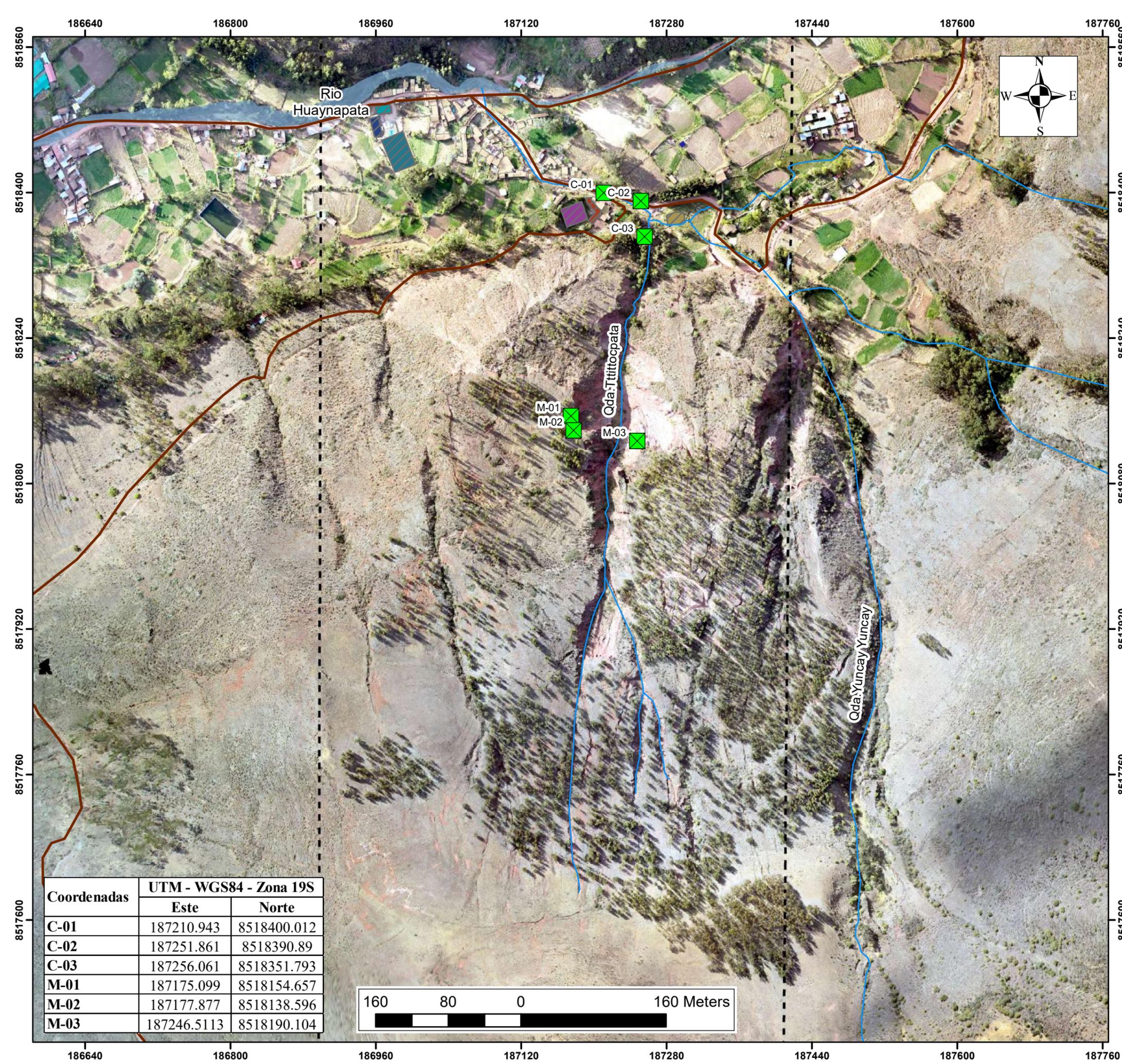
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA

"ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA"

TESIS: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS EN EL AREA DE INFLUENCIA DE LA QUEBRADA TTITTOCPATA, DISTRITO COYA, PROVINCIA CALCA, DEPARTAMENTO CUSCO - 2023"

ELABORADO POR: Br. FRANK FERDINAND LIMACHI AMITUMA	MAPA: "GEODINAMICA EXTERNA"	FECHA: SEPTIEMBRE - 2024	ESCALA: 1:30,000	1:6,000
UBICACIÓN: DEPARTAMENTO : CUSCO PROVINCIA : CALCA DISTRITO : COYA CENTRO POBLADO : HUAYNAPATA SUBCUENCA : YANAMAYO QUEBRADA : TTITTOCPATA		SISTEMA DE COORDENADAS Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 19S Projection: Transverse Mercator Datum: WGS 1984 False Easting: 500,000.0000 False Northing: 10,000,000.0000 Central Meridian: -69.0000 Scale Factor: 0.9996 Latitude Of Origin: 0.0000 Units: Meter		

LAMINA:
P-07



SIMBOLOGIA

- Calicatas
- Via Nacional
- Via Vecinal
- Red hidrica
- Rio_Huaynapata
- Ambito de estudio
- Almacen - Vivero
- Almacen Qoyllor
- Campo deportivo Qoyllor
- Estanque
- Fitotoldo - viveros
- PRONOEI Qoyllor
- Reservorio- Huaynapata
- Viviendas

Coordenadas	UTM - WGS84 - Zona 19S	
	Este	Norte
C-01	187210.943	8518400.012
C-02	187251.861	8518390.89
C-03	187256.061	8518351.793
M-01	187175.099	8518154.657
M-02	187177.877	8518138.596
M-03	187246.5113	8518190.104



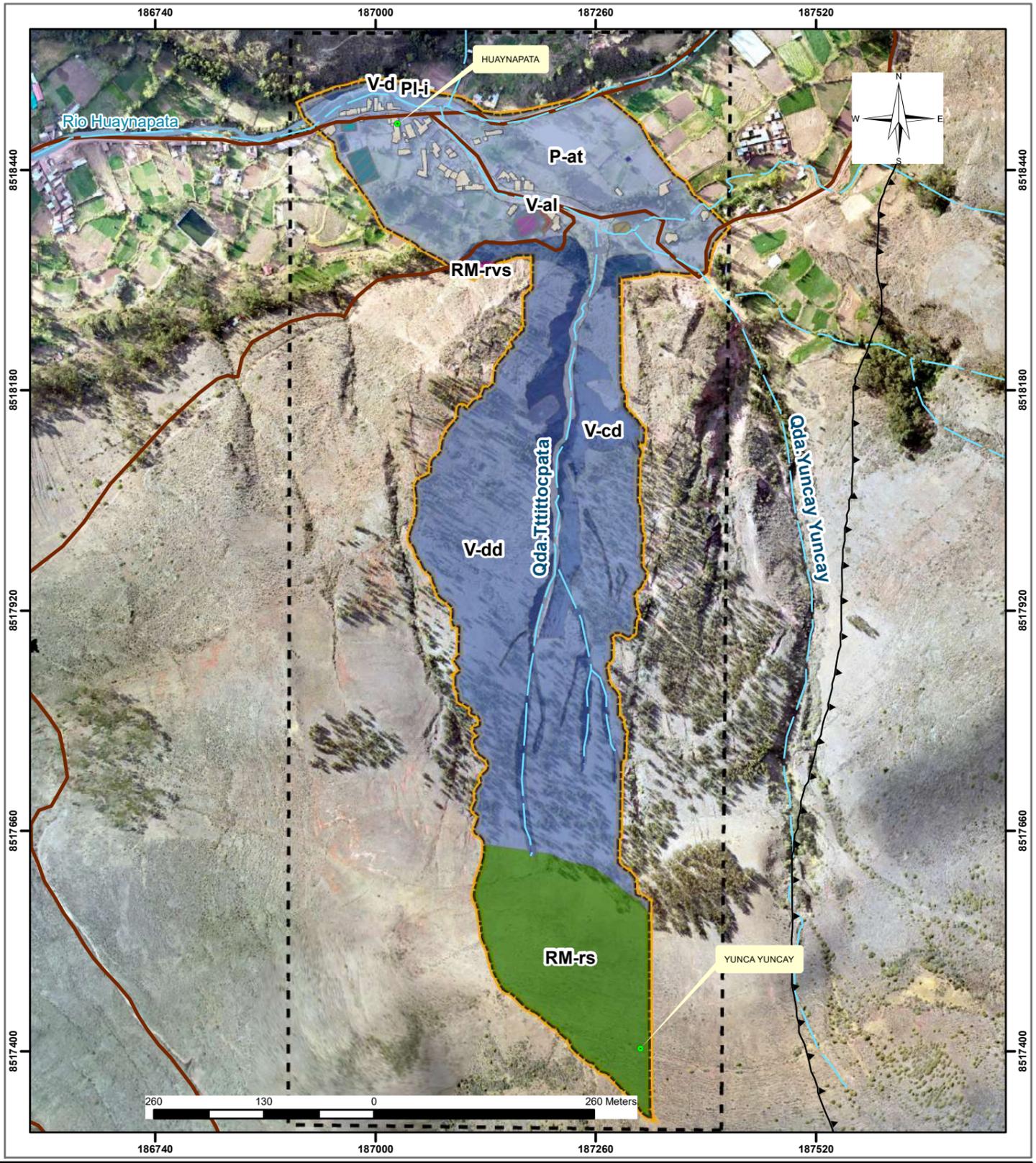
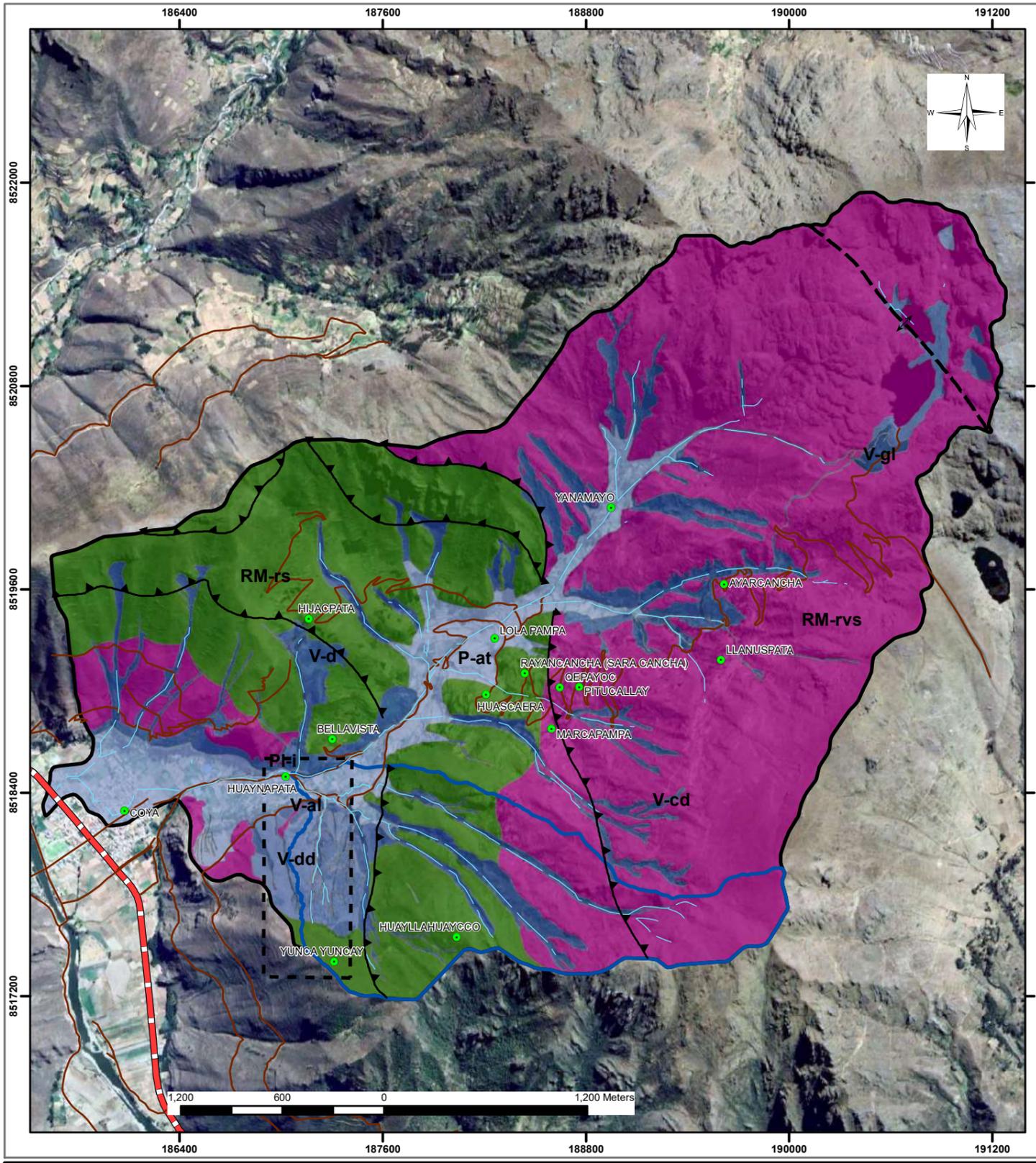
UNIVERSIDAD DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA,
MINAS Y METALURGICA

"ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA"

TESIS: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS EN EL AREA DE INFLUENCIA DE LA QUEBRADA TITTOCPATA, DISTRITO COYA, PROVINCIA CALCA, DEPARTAMENTO CUSCO - 2023"

ELABORADO POR: Br. FRANK FERDINAND LIMACHI AIMITUMA	MAPA: "UBICACIÓN DE CALICATAS"	
UBICACIÓN: DEPARTAMENTO : CUSCO PROVINCIA : CALCA DISTRITO : COYA CENTRO POBLADO : HUAYNAPATA SUBCUCENCA : YANAMAYO QUEBRADA : TITTOCPATA	FECHA: SETIEMBRE - 2024	ESCALA: 1:4,000
Fuente: - Ministerio de Transportes y Comunicaciones. - Ministerio de Agricultura y Riego, 2019. - Instituto Geografico Nacional, 2018.	SISTEMA DE COORDENADAS Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 19S Projection: Transverse Mercator Datum: WGS 1984 False Easting: 500,000.0000 False Northing: 10,000,000.0000 Central Meridian: -69.0000 Scale Factor: 0.9996 Latitude Of Origin: 0.0000 Units: Meter	LAMINA: P-08



SIMBOLOGIA

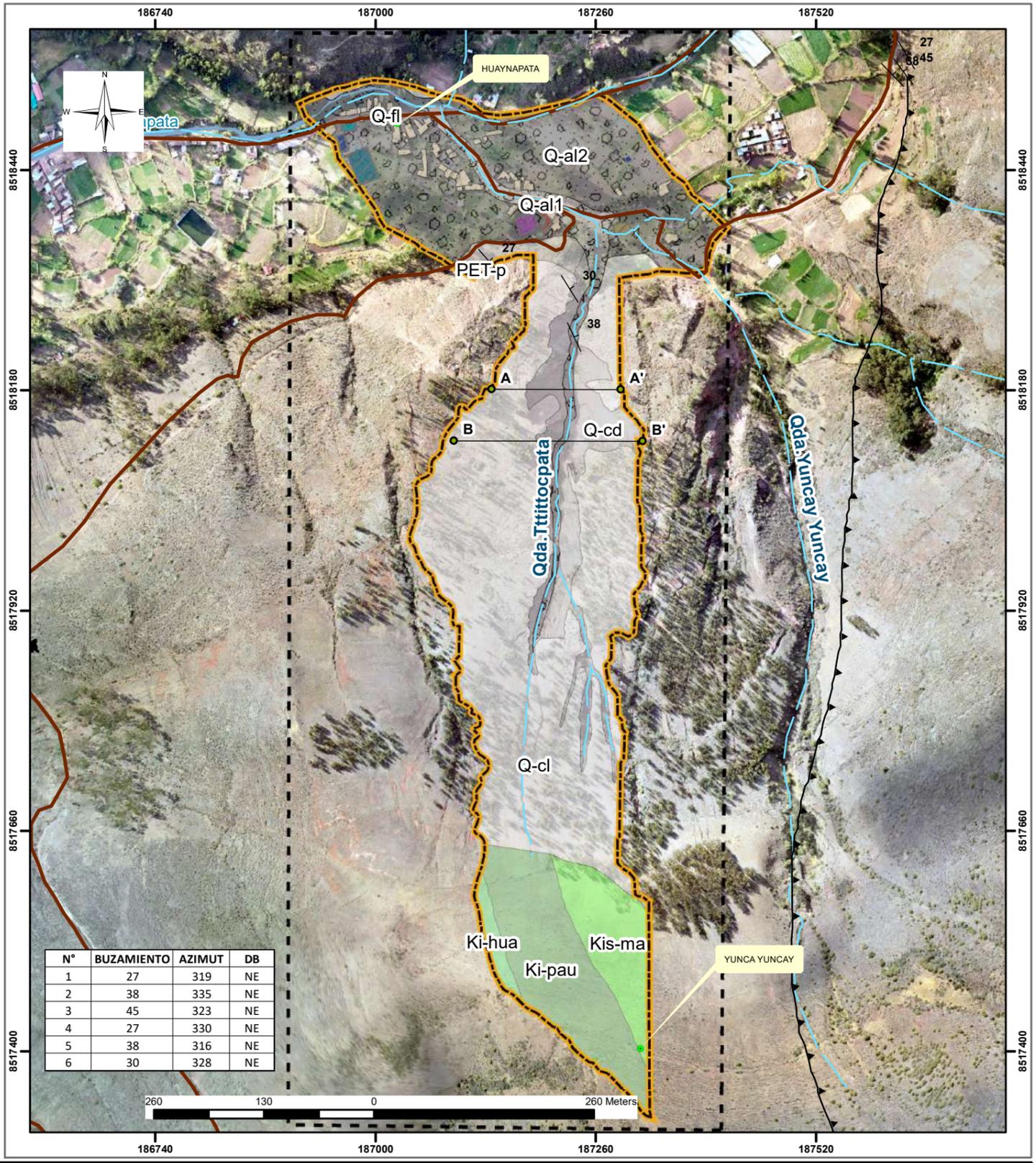
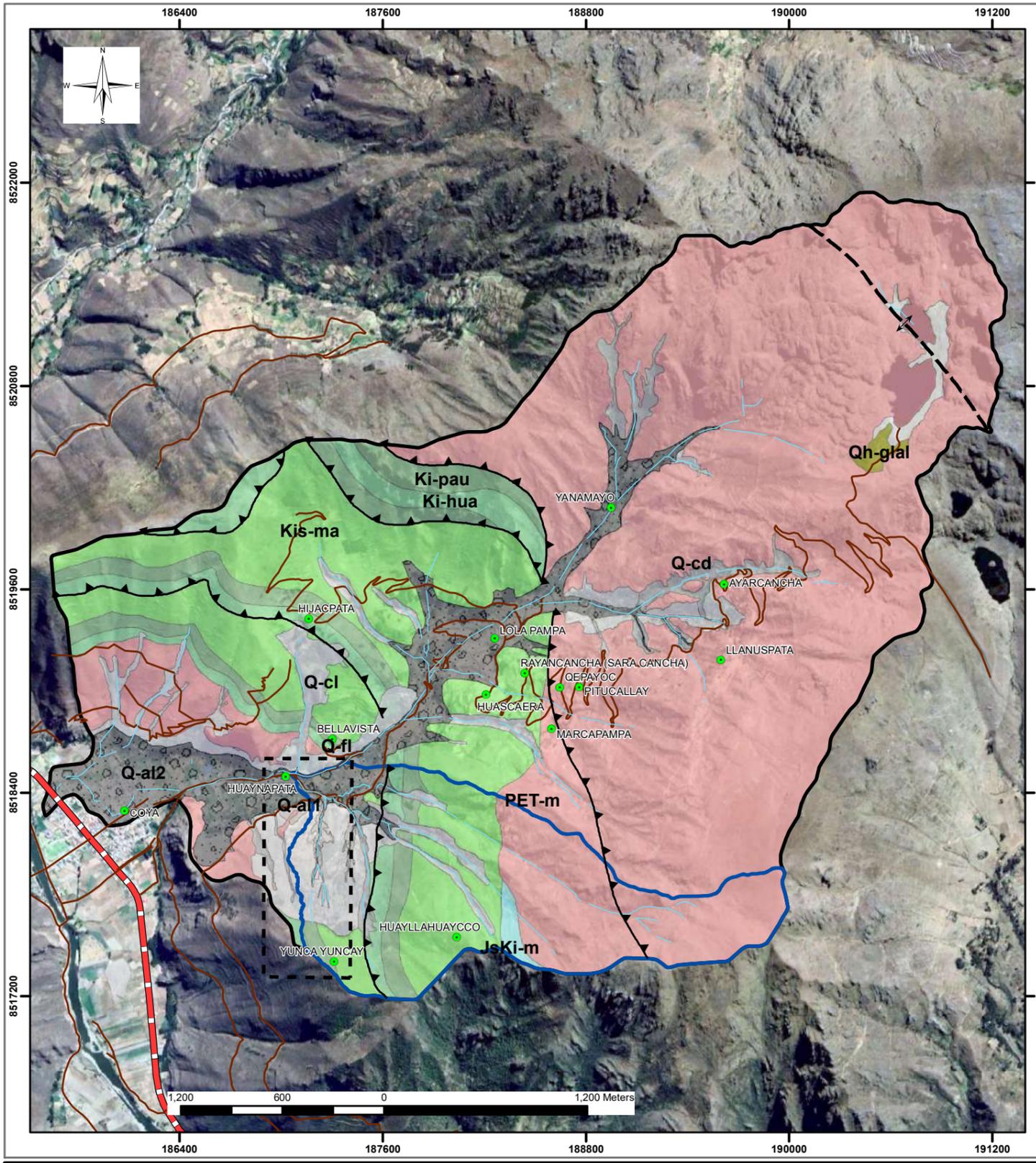
Centros poblados	Almacen - Vivero
Anticlinal probable	Almacen Qoyllor
Falla inversa	Campo deportivo Qoyllor
Via Nacional	Estanque
Via Vecinal	Fitotoldo - viveros
Red hidrica	PRONOEI Qoyllor
Rio Huaynapata	Reservorio- Huaynapata
Area de influencia	VIVIENDAS
Subcuenca Yanamayo	
Microcuenca Huayllahuaycco	

LEYENDA

UNIDADES GEOMORFOLOGICAS

- V-al, Vertiente o piedemonte aluvial
- V-cd, Piedemonte coluvio deluvial
- V-d, Vertiente coluvial de detritos
- P-at, Pie de monte aluvio torrencial
- V-dd, Vertiente con deposito de deslizamiento
- V-gl, Vertiente glacial o de gelifracción
- PI-i, Llanura de inundación
- RM-rs, Montaña en roca sedimentaria
- RM-rvs, Montaña en roca vulcano sedimentaria

<p>UNIVERSIDAD DE SAN ANTONIO ABAD DELCUSCO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA</p> <p>"ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA"</p>		
<p>TESIS: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS EN EL AREA DE INFLUENCIA DE LA QUEBRADA TTTITTOCPATA, DISTRITO COYA, PROVINCIA CALCA, DEPARTAMENTO CUSCO - 2023"</p>		
<p>ELABORADO POR: Br. FRANK FERDINAND LIMACHI AIMITUMA</p>	<p>MAPA: "GEOMORFOLOGIA LOCAL"</p>	
<p>UBICACIÓN: DEPARTAMENTO : CUSCO PROVINCIA : CALCA DISTRITO : COYA CENTRO POBLADO : HUAYNAPATA SUBCUENCA : YANAMAYO QUEBRADA : TTTITTOCPATA</p>	<p>FECHA: SETIEMBRE - 2024</p>	<p>ESCALA: 1:30,000 1:6,000</p>
<p>Fuente: - Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico-INGEMMET - Ministerio de Agricultura y Riego, 2019. - Instituto Geográfico Nacional, 2018.</p>	<p>SISTEMA DE COORDENADAS Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 19S Projection: Transverse Mercator Datum: WGS 1984 False Easting: 500,000.0000 False Northing: 10,000,000.0000 Central Meridian: -68.0000 Scale Factor: 0.9996 Latitude Of Origin: 0.0000 Units: Meter</p>	<p>LAMINA:</p> <p>P-09</p>



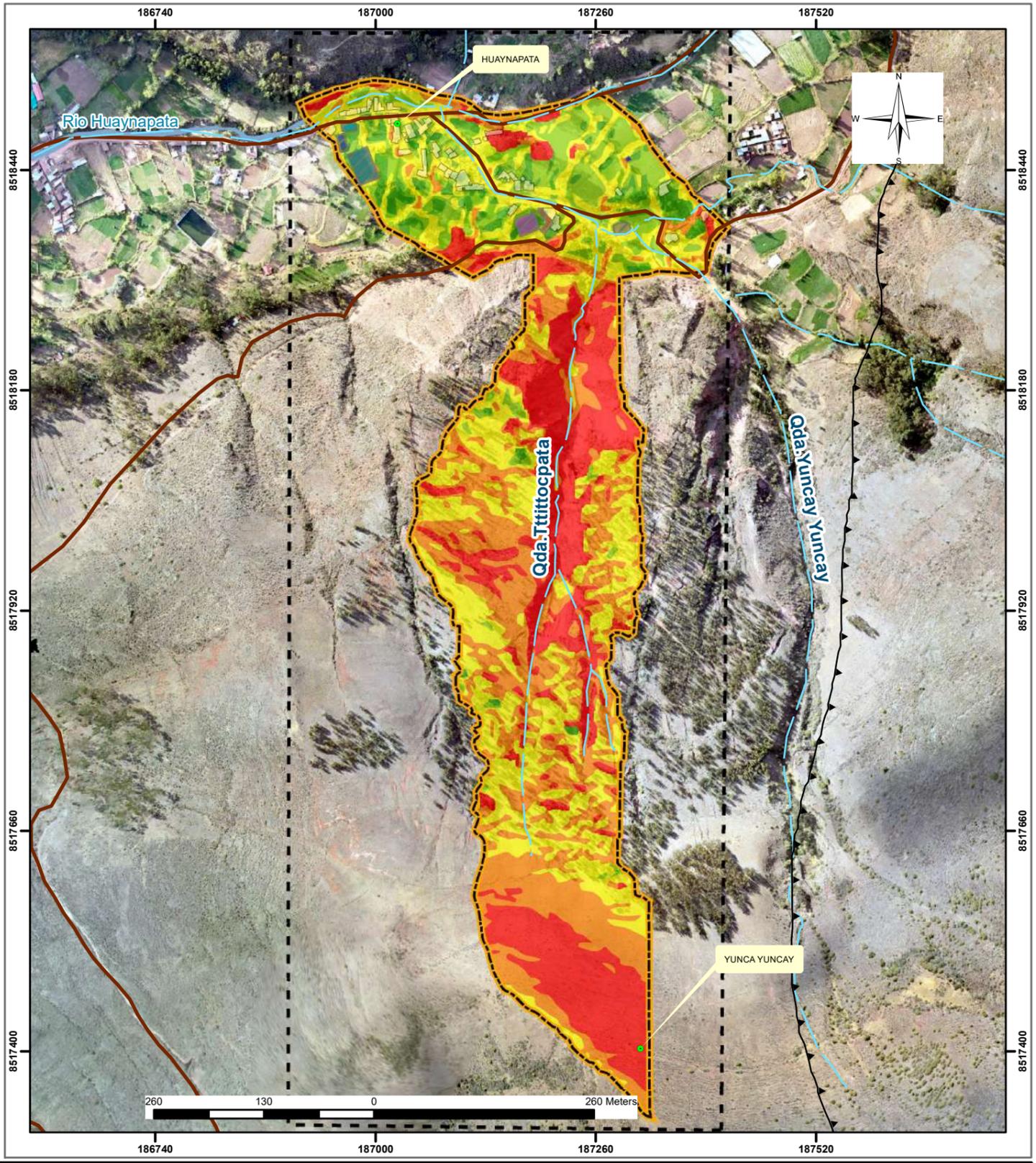
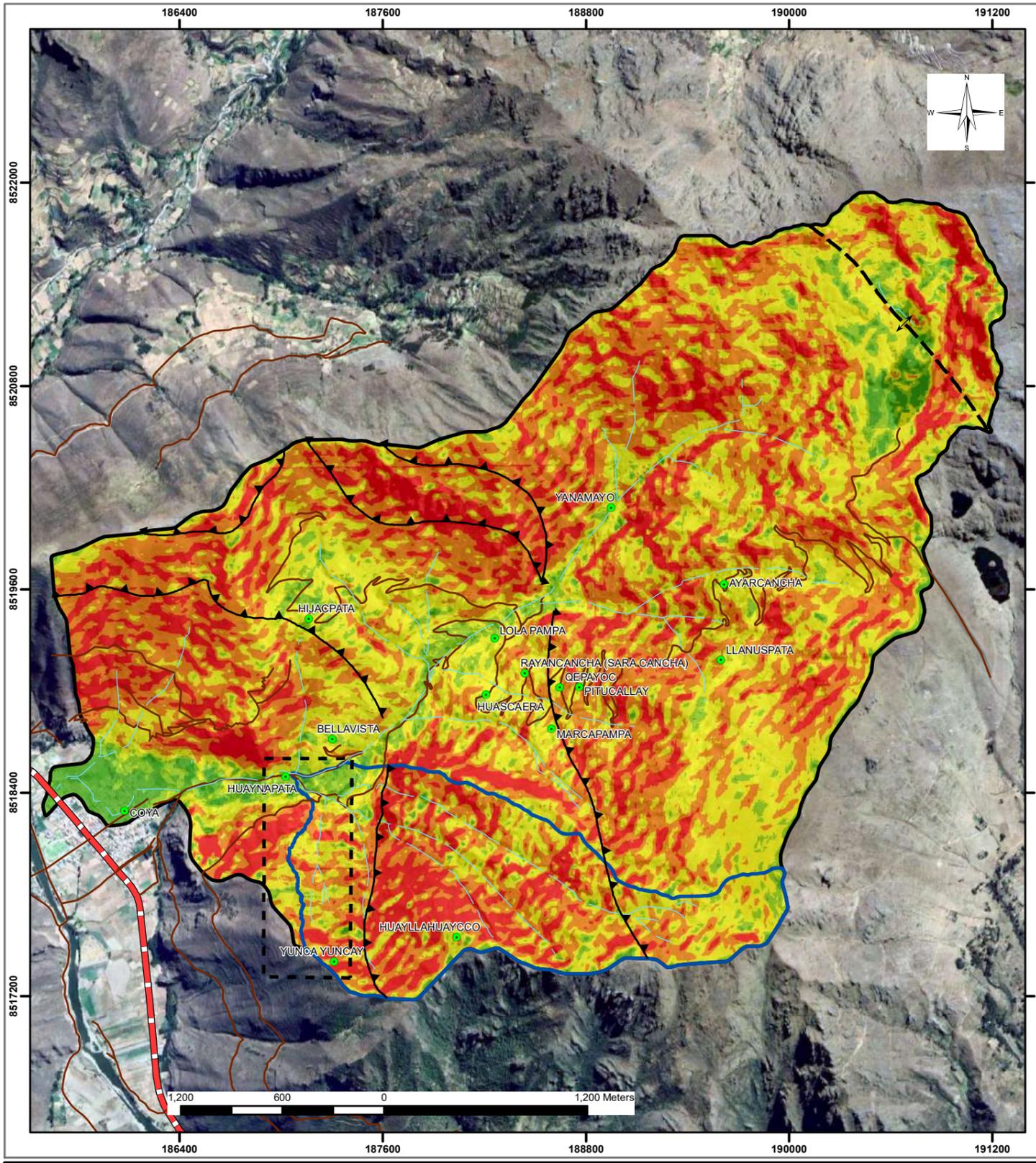
N°	BUZAMIENTO	AZIMUT	DB
1	27	319	NE
2	38	335	NE
3	45	323	NE
4	27	330	NE
5	38	316	NE
6	30	328	NE



UNIVERSIDAD DE SAN ANTONIO ABAD DELCUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA,
MINAS Y METALURGICA
"ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA"

TESIS: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS EN EL AREA DE INFLUENCIA DE LA QUEBRADA TTITTOCPATA, DISTRITO COYA, PROVINCIA CALCA, DEPARTAMENTO CUSCO - 2023"

ELABORADO POR: Br. FRANK FERDINAND LIMACHI AIMITUMA		MAPA: "GEOLOGIA LOCAL"	
UBICACIÓN: DEPARTAMENTO : CUSCO PROVINCIA : CALCA DISTRITO : COYA CENTRO POBLADO : HUAYNAPATA SUBCUENCA : YANAMAYO QUEBRADA : TTITTOCPATA	FECHA: SETIEMBRE - 2024	ESCALA: 1:30,000	1:6,000
Fuente: - Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico-INGEMMET - Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Ministerio de Agricultura y Riego, 2019. - Instituto Geográfico Nacional, 2018.		SISTEMA DE COORDENADAS Coordenada System: WGS 1984 UTM Zone 19S Proyección: Transversa Mercator Datum: WGS 1984 False Easting: 500,000,000 False Northing: 10,000,000,000 Central Meridian: -69,0000 Scale Factor: 0,9996 Latitude Of Origin: 0,0000 Units: Meter	LAMINA: P-10



SIMBOLOGIA

Centros poblados	Almacen - Vivero
Anticlinal probable	Almacen Qoyllor
Falla inversa	Campo deportivo Qoyllor
Via Nacional	Estanque
Via Vecinal	Fitotoldo - viveros
Red hidrica	PRONOEI Qoyllor
Rio Huaynapata	Reservorio- Huaynapata
Área de influencia	VIVIENDAS
Ámbito de estudio	
Microcuenca Huayllahuaycco	
Subcuenca Yanamayo	

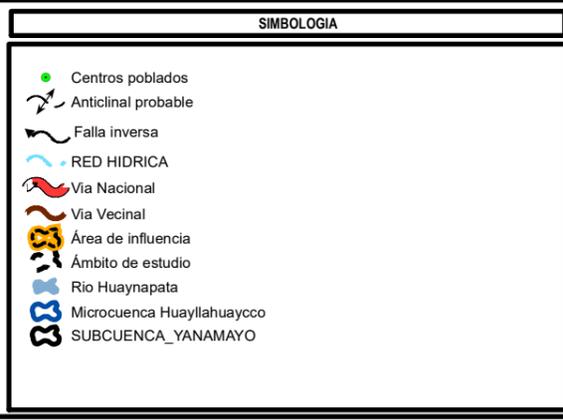
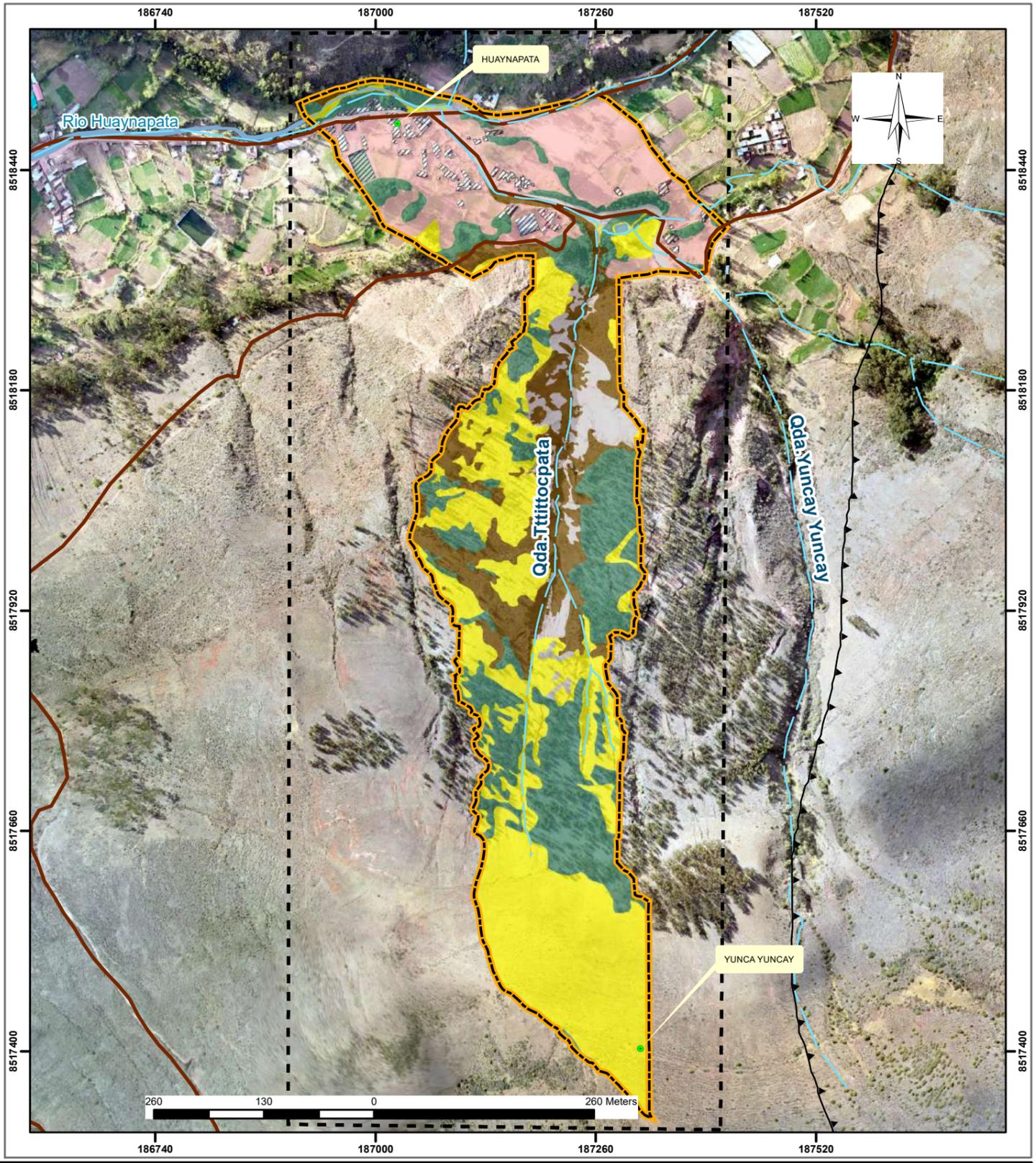
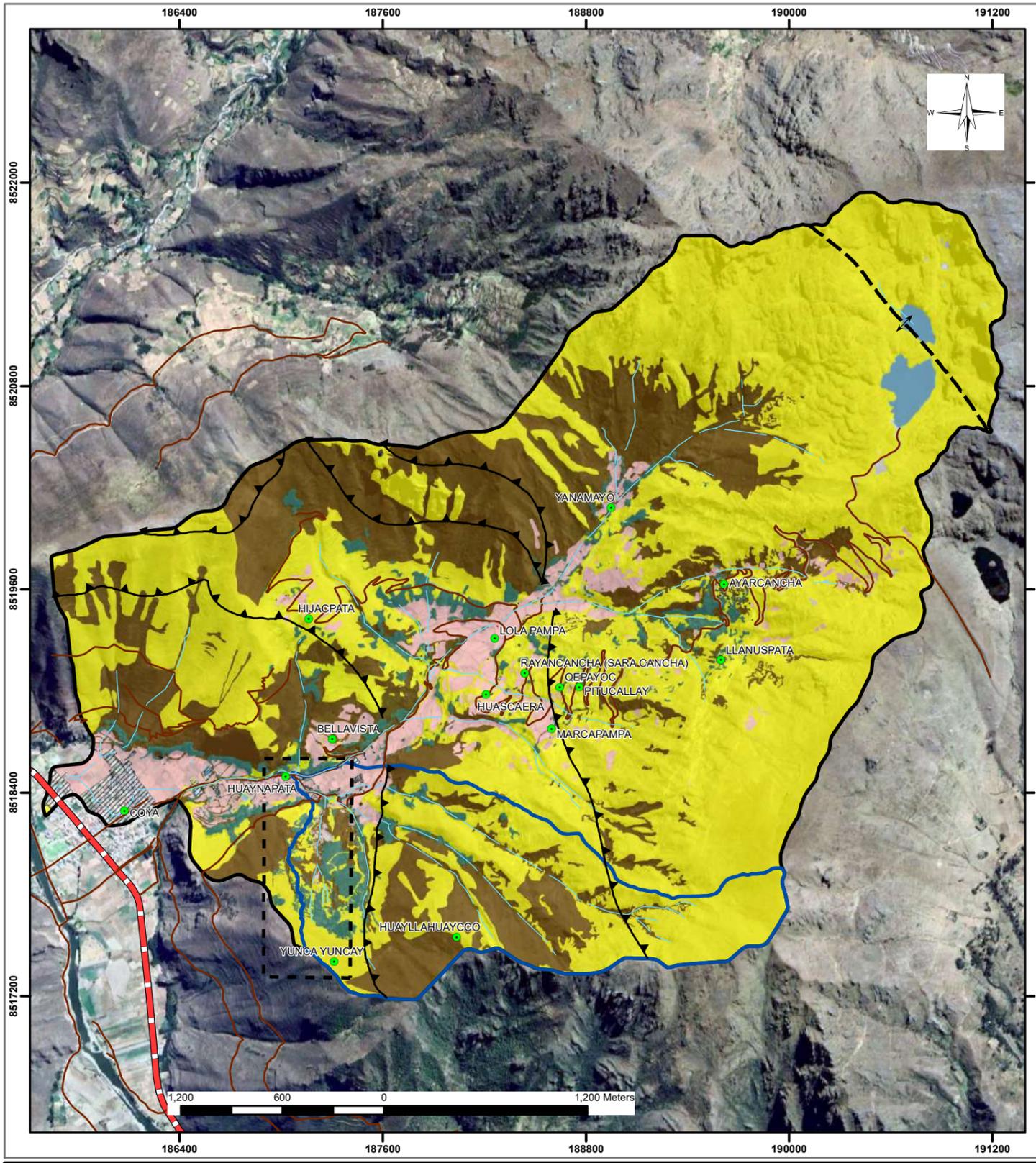
LEYENDA

PENDIENTE

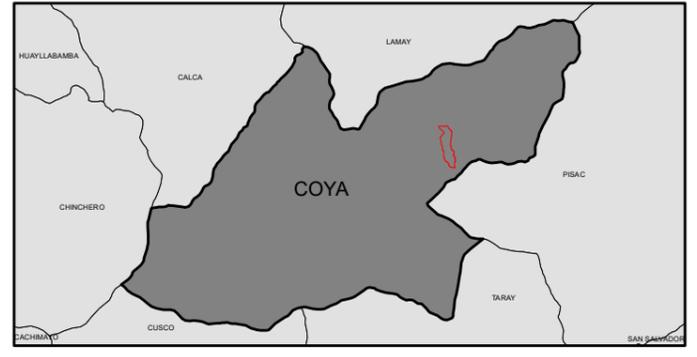
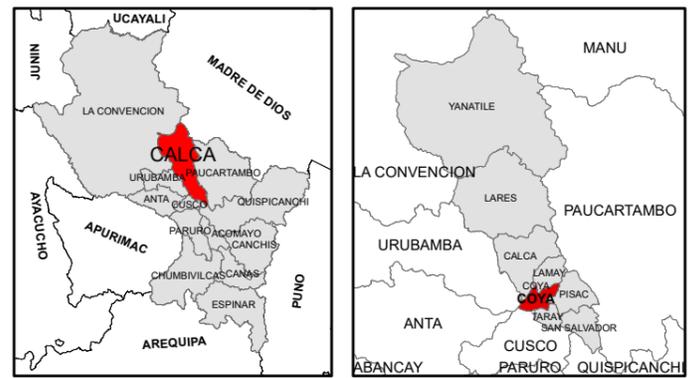
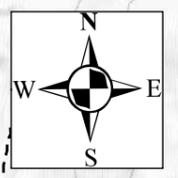
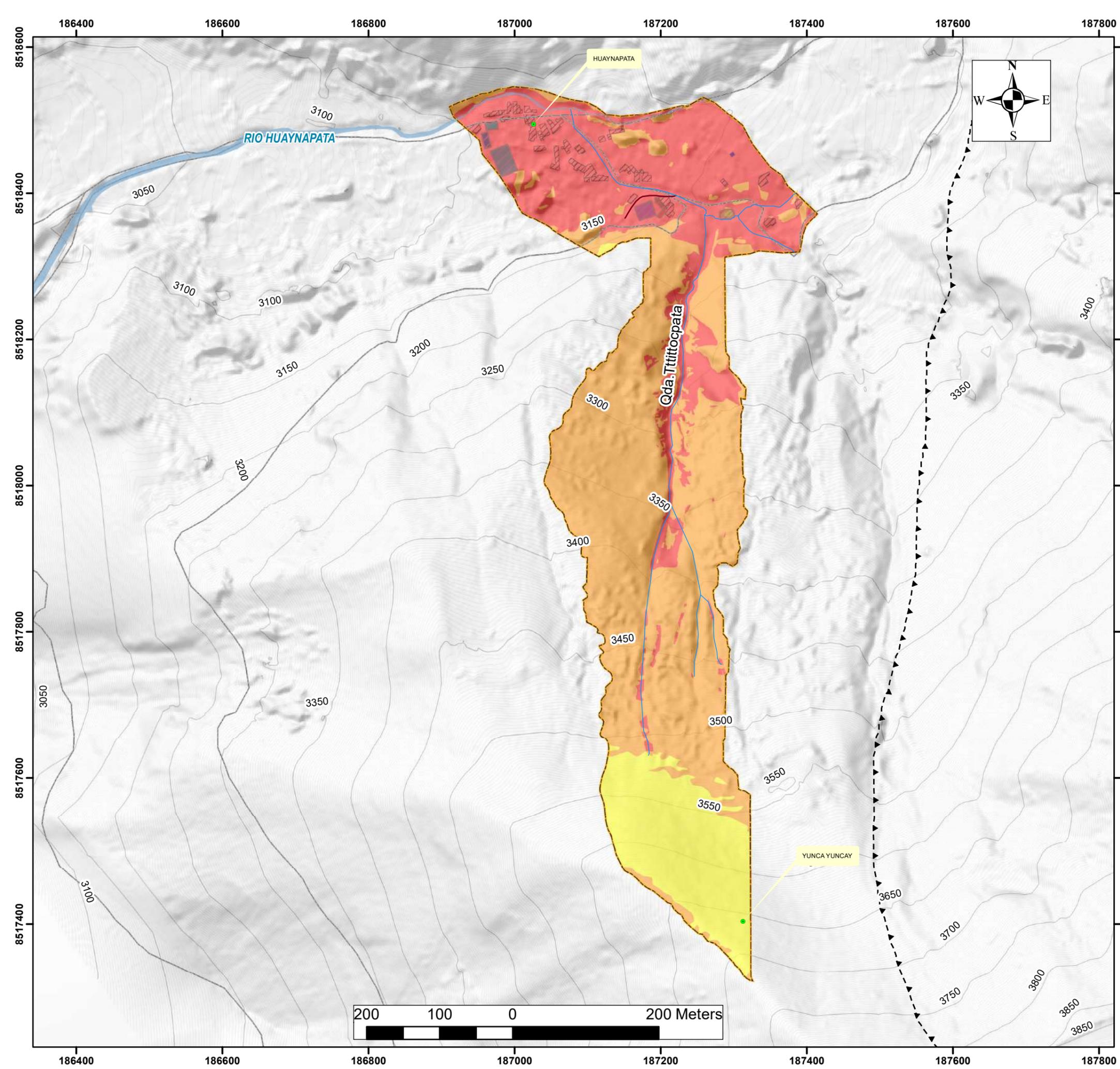
NIVEL, GRADOS

MUY ALTO, >37°
ALTO, 27°-37°
MEDIA, 14°-27°
BAJO, 7°-14°
MUY BAJO, < 7°

<p>UNIVERSIDAD DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA</p> <p>"ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA"</p>	
<p>TESIS: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS EN EL AREA DE INFLUENCIA DE LA QUEBRADA TTITTOCPATA, DISTRITO COYA, PROVINCIA CALCA, DEPARTAMENTO CUSCO - 2023"</p>	
<p>ELABORADO POR: Br. FRANK FERDINAND LIMACHI AIMITUMA</p>	<p>MAPA: "PENDIENTE"</p>
<p>UBICACIÓN: DEPARTAMENTO : CUSCO PROVINCIA : CALCA DISTRITO : COYA CENTRO POBLADO : HUAYNAPATA SUBCUECA : YANAMAYO QUEBRADA : TTITTOCPATA</p>	<p>FECHA: SETIEMBRE - 2024</p> <p>ESCALA: 1:30,000 1:6,000</p>
<p>Fuente: - Landsat/veer resolución 4, 78 m. - Levantamiento fotogramétrico resolución 0.4 m. - Ministerio de Transportes y Comunicaciones. - Ministerio de Agricultura y Riego, 2019. - Instituto Geográfico Nacional, 2018.</p>	<p>SISTEMA DE COORDENADAS Coordenada System: WGS 1984 UTM Zone 19S Proyeccion: Transversa Mercator Datum: WGS 1984 False Easting: 500,000,000 False Northing: 10,000,000,000 Central Meridian: -69,0000 Scale Factor: 0,9996 Latitude Of Origin: 0,0000 Units: Meter</p> <p>LAMINA: P-11</p>



<p>UNIVERSIDAD DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA</p> <p>"ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA"</p>		
<p>TESIS: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS EN EL AREA DE INFLUENCIA DE LA QUEBRADA TTITTOCPATA, DISTRITO COCHA, PROVINCIA CALCA, DEPARTAMENTO CUSCO - 2023"</p>		
<p>ELABORADO POR: Br. FRANK FERDINAND LIMACHI AIMITUMA</p>	<p>MAPA: "COBERTURA VEGETAL"</p>	<p>FECHA: SETIEMBRE - 2024</p>
<p>UBICACIÓN: DEPARTAMENTO : CUSCO PROVINCIA : CALCA DISTRITO : COCHA CENTRO POBLADO : HUAYNAPATA SUBCUENCA : YANAMAYO QUEBRADA : TTITTOCPATA</p>	<p>FECHA: SETIEMBRE - 2024</p>	<p>ESCALA: 1:30,000</p>
<p>SISTEMA DE COORDENADAS Coordenada System: WGS 1984 UTM Zone 19S Proyeccion: Transversa Mercator Datum: WGS 1984 False Easting: 500,000.0000 False Northing: 10,000,000.0000 Central Meridian: -69.0000 Scale Factor: 0.9996 Latitude Of Origin: 0.0000 Units: Meter</p>	<p>LAMINA:</p>	<p>1:6,000</p>
<p>Fuente: - Ministerio del Ambiente MINAM. - Levantamiento fotografico resolucion 0.4 m. - Imagen satelital google earth pro, SAS PLANET. - Ministerio de Transportes y Comunicaciones. - Instituto Geografico Nacional, 2018.</p>		
<p style="text-align: right; font-size: 2em; font-weight: bold;">P-12</p>		

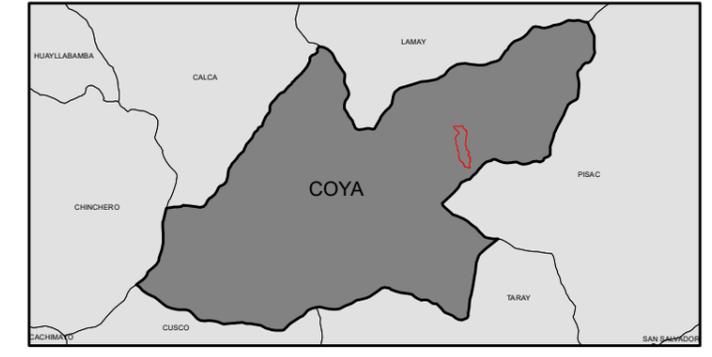
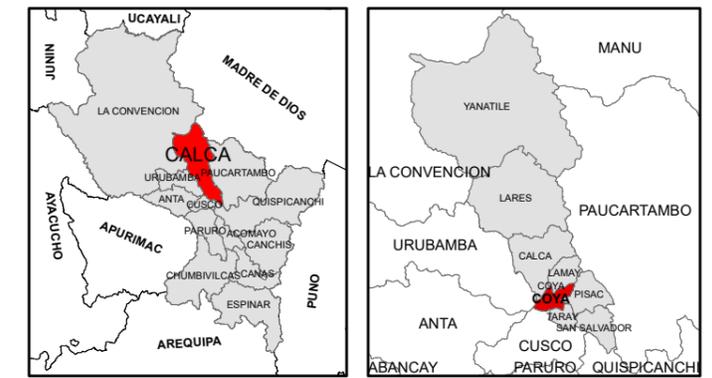
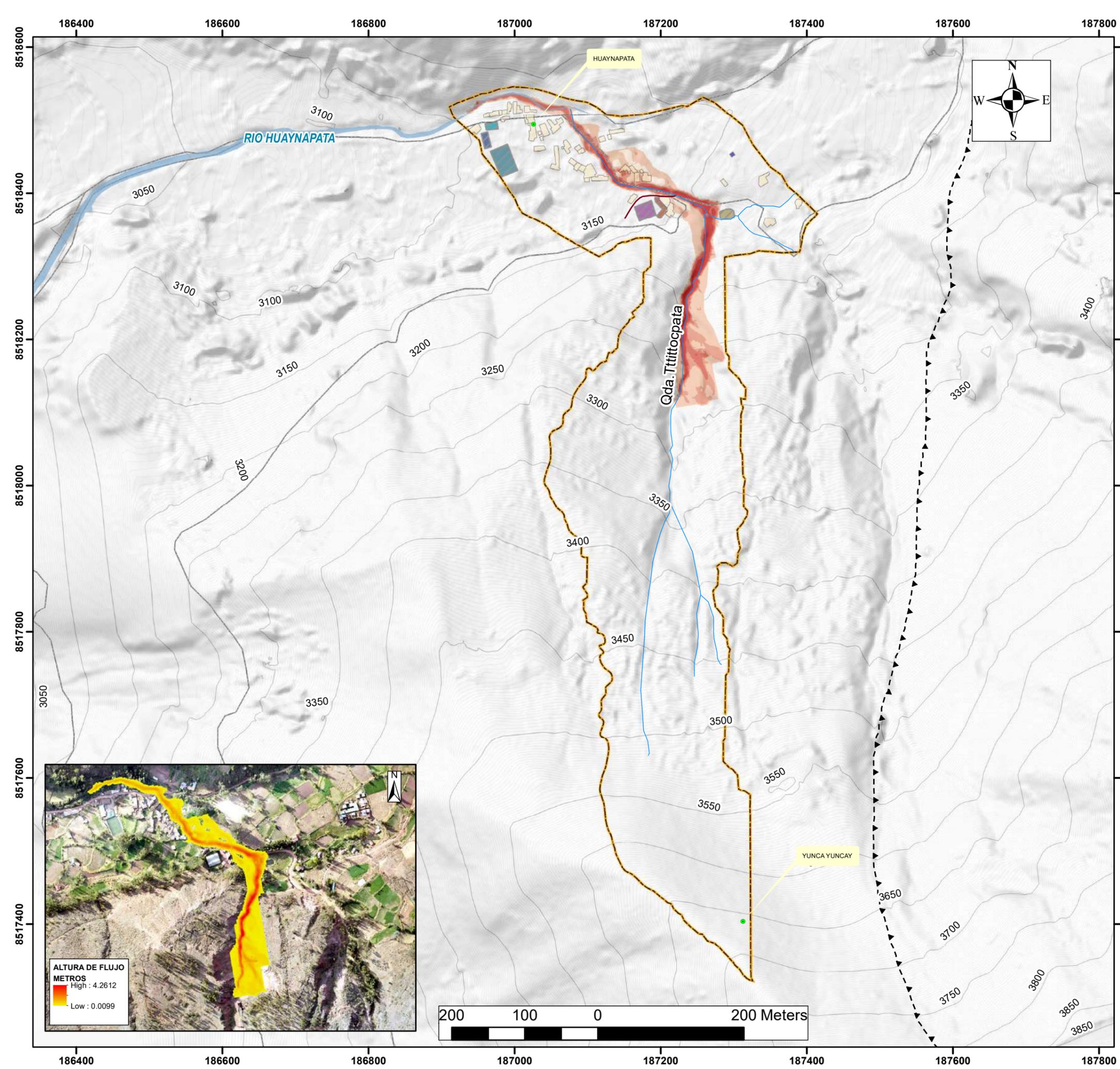


SIMBOLOGIA	
	Centros poblados
	Red hidrica
	Falla inversa
	Canales
	Vías
	Curvas primarias
	Curvas secundarias
	Rio Huaynapata
	Área de influencia
	Almacen - Vivero
	Almacen Qoyllor
	Campo deportivo Qoyllor
	Estanque
	Fitotoldo - viveros
	PRONOEI Qoyllor
	Reservorio- Huaynapata
	VIVIENDAS

LEYENDA	
SUCEPTIBILIDAD NIVEL	PORCENTAJE DE LOS NIVELES DE SUCEPTIBILIDAD POR FLUJO DE DETRITOS
	MUY ALTO
	ALTO
	MEDIO

	<ul style="list-style-type: none"> MUY ALTO 8.81 ha ALTO 13.28 ha MEDIO 3.60 ha
--	--

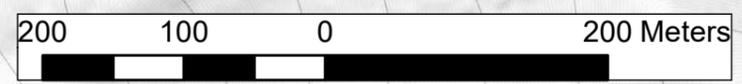
	UNIVERSIDAD DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA		
	"ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA"		
TESIS: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS EN EL AREA DE INFLUENCIA DE LA QUEBRADA TTITTOCPATA, DISTRITO COYA, PROVINCIA CALCA, DEPARTAMENTO CUSCO - 2023"			
ELABORADO POR: Br. FRANK FERDINAND LIMACHI AIMITUMA		MAPA: "SUCEPTIBILIDAD - FLUJO DE DETRITOS"	
UBICACIÓN: DEPARTAMENTO : CUSCO PROVINCIA : CALCA DISTRITO : COYA CENTRO POBLADO : HUAYNAPATA SUBCUCENCA : YANAMAYO QUEBRADA : TTITTOCPATA		FECHA: SETIEMBRE - 2024	ESCALA: 1:5,000
<small> Fuente: - Levantamiento fotogramétrico - Híbrido. - Ministerio de Transportes y Comunicaciones. - Instituto Geográfico Nacional, 2018. </small>		SISTEMA DE COORDENADAS Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 19S Projection: Transverse Mercator Datum: WGS 1984 False Easting: 500,000.0000 False Northing: 10,000,000.0000 Central Meridian: -69.0000 Scale Factor: 0.9996 Latitude Of Origin: 0.0000 Units: Meter	
		LAMINA:	
		P-13	

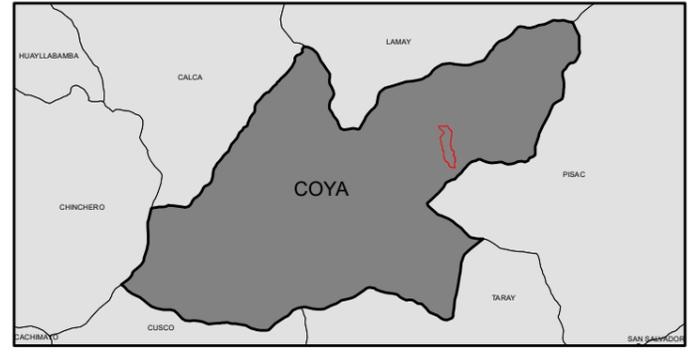
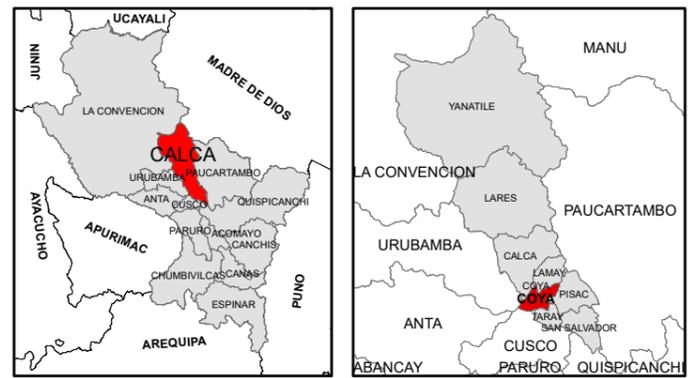
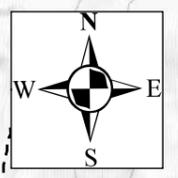
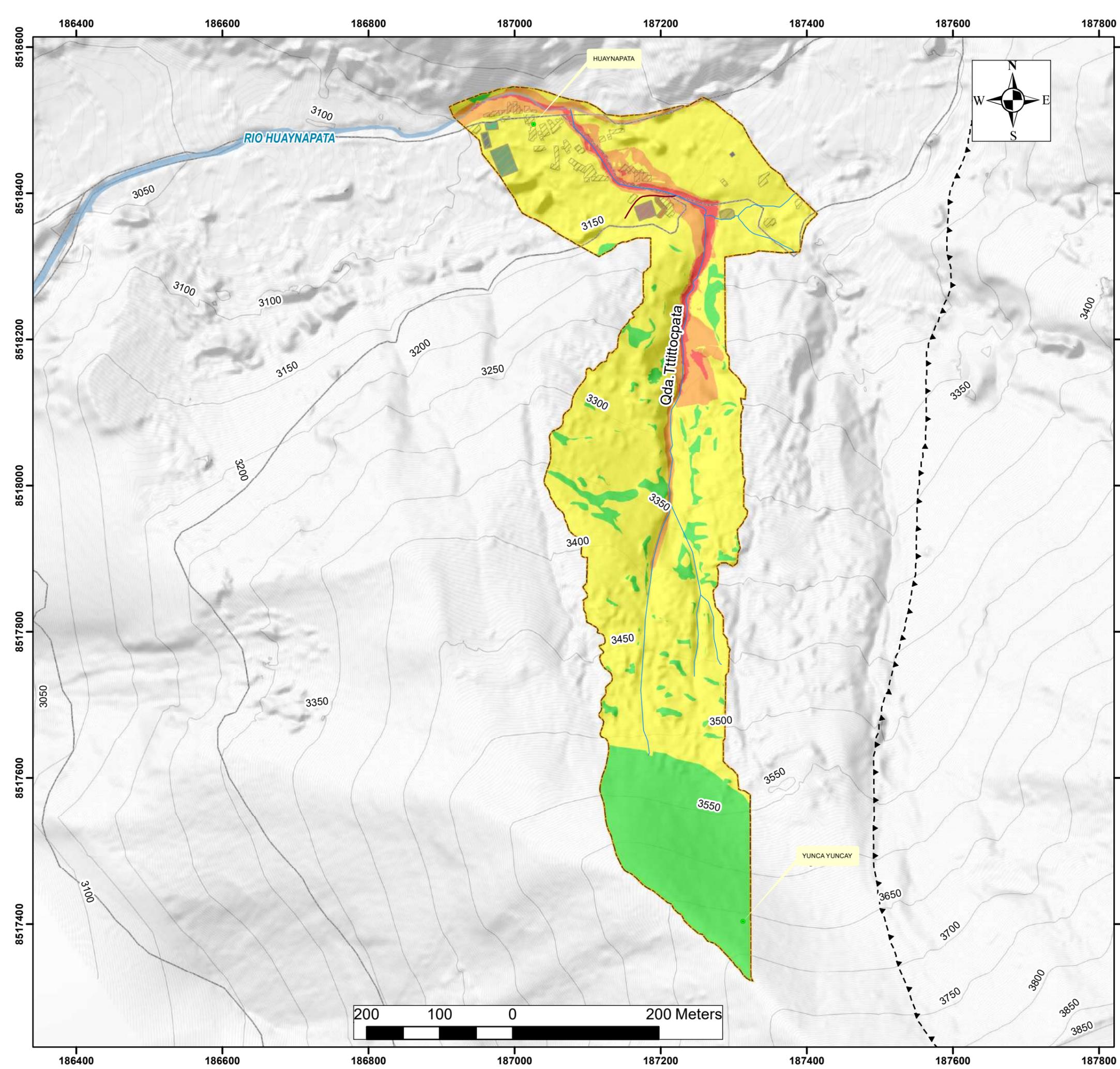


SIMBOLOGIA	
	Centros poblados
	Red hidrica
	Falla inversa
	Canales
	Vias
	Curvas primarias
	Curvas secundarias
	Rio Huaynapata
	Área de influencia
	Almacen - Vivero
	Almacen Qoyllor
	Campo deportivo Qoyllor
	Estanque
	Fitotoldo - viveros
	PRONOEI Qoyllor
	Reservorio- Huaynapata
	VIVIENDAS

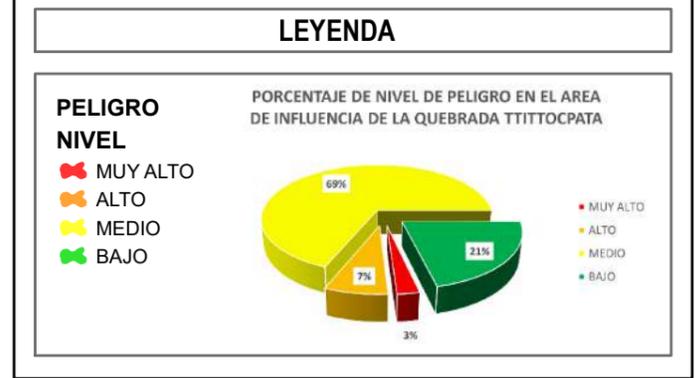
LEYENDA	
ALTURA DE FLUJO	
	>1 m
	0.5 m - 1 m
	0.3 m - 0.5 m
	0.1 m-0.3 m
	< 0.1 m

	UNIVERSIDAD DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA		
	"ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA"		
TESIS: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS EN EL AREA DE INFLUENCIA DE LA QUEBRADA TTITTOCPATA, DISTRITO COYA, PROVINCIA CALCA, DEPARTAMENTO CUSCO - 2023"			
ELABORADO POR: Br. FRANK FERDINAND LIMACHI AIMITUMA		MAPA: "ALTURA DE FLUJO"	
UBICACIÓN: DEPARTAMENTO : CUSCO PROVINCIA : CALCA DISTRITO : COYA CENTRO POBLADO : HUAYNAPATA SUBCUCUENCA : YANAMAYO QUEBRADA : TTITTOCPATA		FECHA: SETIEMBRE - 2024	ESCALA: 1:5,000
<small>Fuente: - IIRG Software - Morpho2DH. - Levantamiento fotogrametrico - Hillshade. - Ministerio de Transportes y Comunicaciones. - Instituto Geografico Nacional, 2016.</small>		<small>SISTEMA DE COORDENADAS Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 19S Projection: Transverse Mercator Datum: WGS 1984 False Easting: 500,000.0000 False Northing: 10,000,000.0000 Central Meridian: -69,0000 Scale Factor: 0.9996 Latitude Of Origin: 0.0000 Units: Meter</small>	
		P-14	



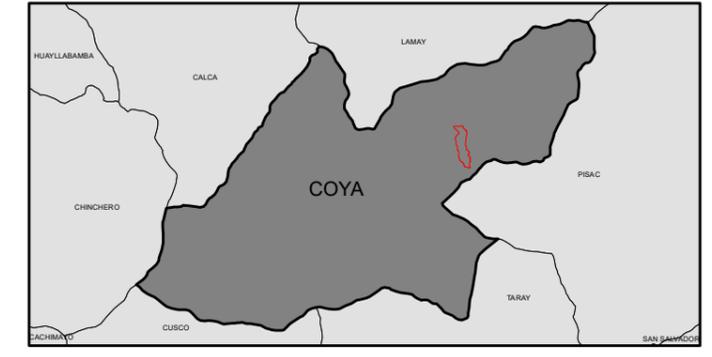
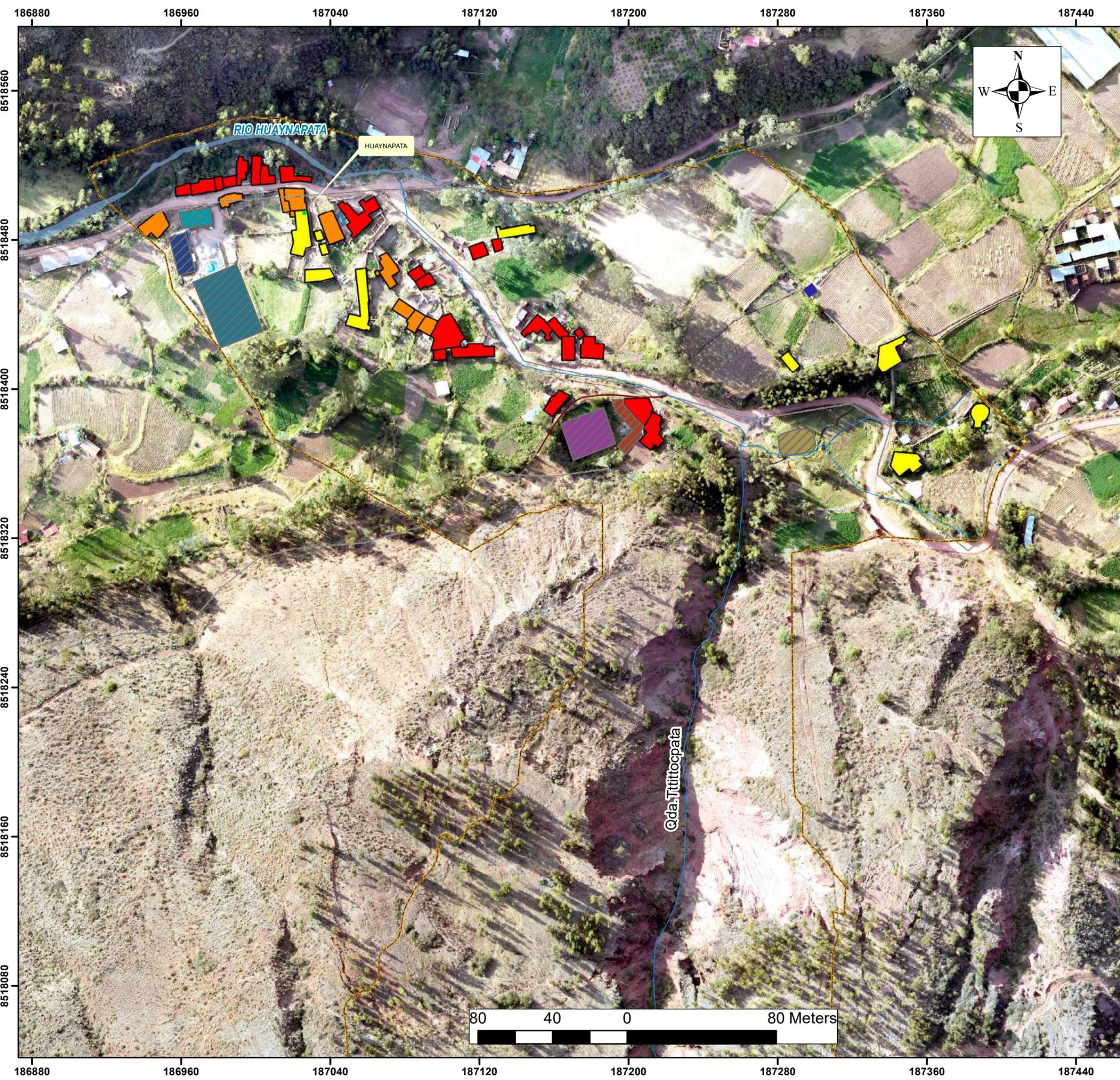


SIMBOLOGIA	
	Centros poblados
	Red hidrica
	Falla inversa
	Canales
	Vias
	Curvas primarias
	Curvas secundarias
	Rio Huaynapata
	Área de influencia
	Almacen - Vivero
	Almacen Qoyllor
	Campo deportivo Qoyllor
	Estanque
	Fitotoldo - viveros
	PRONOEI Qoyllor
	Reservorio- Huaynapata
	VIVIENDAS

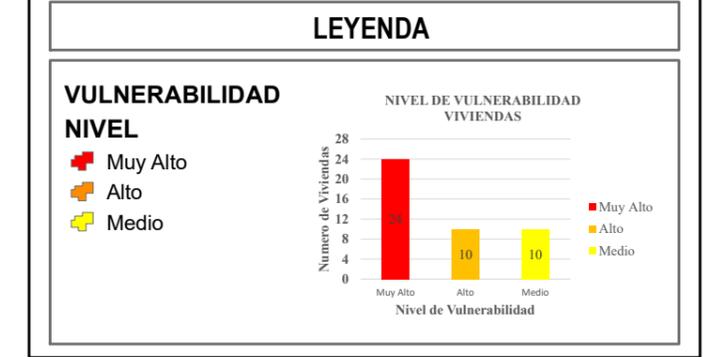


	UNIVERSIDAD DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA	
	"ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA"	

TESIS: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS EN EL AREA DE INFLUENCIA DE LA QUEBRADA TTITTOCPATA, DISTRITO COCHA, PROVINCIA CALCA, DEPARTAMENTO CUSCO - 2023"		
ELABORADO POR: Br. FRANK FERDINAND LIMACHI AIMITUMA	MAPA: "PELIGRO - FLUJO DE DETRITOS"	
UBICACIÓN: DEPARTAMENTO : CUSCO PROVINCIA : CALCA DISTRITO : COCHA CENTRO POBLADO : HUAYNAPATA SUBCUCUENCA : YANAMAYO QUEBRADA : TTITTOCPATA	FECHA: SETIEMBRE - 2024	ESCALA: 1:5,000
SISTEMA DE COORDENADAS Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 19S Projection: Transverse Mercator Datum: WGS 1984 False Easting: 500,000.0000 False Northing: 10,000,000.0000 Central Meridian: -69.0000 Scale Factor: 0.9996 Latitude Of Origin: 0.0000 Units: Meter	LAMINA: <div style="text-align: center; font-size: 2em; font-weight: bold;">P-15</div>	



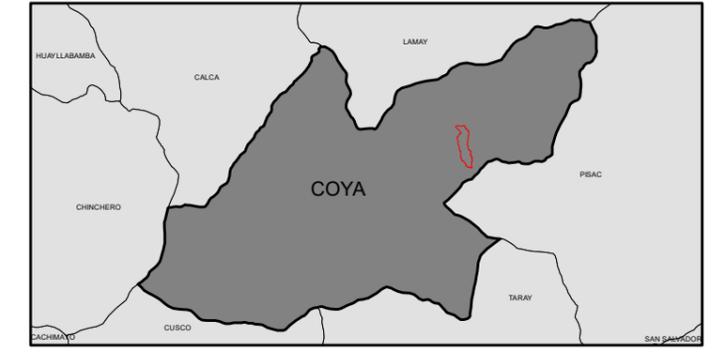
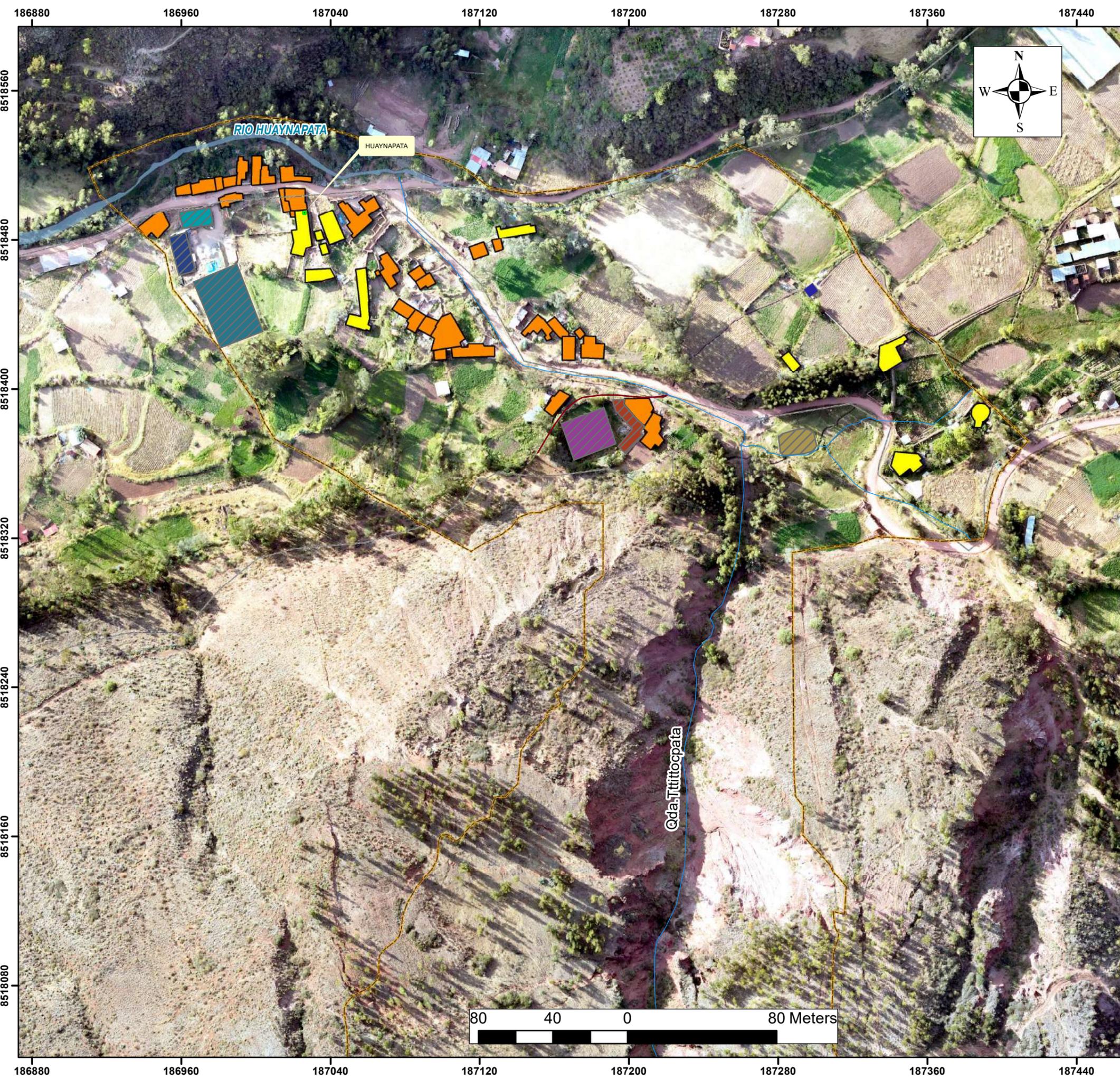
SIMBOLOGIA	
● Centros poblados	Almacen - Vivero
Red hidrica	Almacen Qoyllor
Falla inversa	Campo deportivo Qoyllor
Canales	Estanque
Vias	Fitotoldo - viveros
Rio Huaynapata	PRONOEI Qoyllor
Área de influencia	Reservorio- Huaynapata
	VIVIENDAS



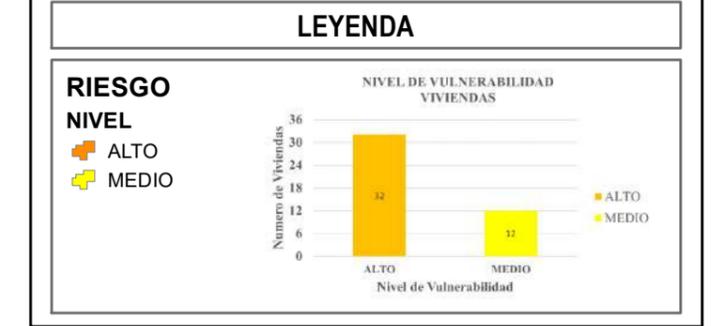
	UNIVERSIDAD DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA		
"ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA"		

TESIS: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS EN EL AREA DE INFLUENCIA DE LA QUEBRADA TITTOCPATA, DISTRITO COYA, PROVINCIA CALCA, DEPARTAMENTO CUSCO - 2023"

ELABORADO POR: Br. FRANK FERDINAND LIMACHI AIMITUMA	MAPA: "VULNERABILIDAD"
UBICACIÓN: DEPARTAMENTO : CUSCO PROVINCIA : CALCA DISTRITO : COYA CENTRO POBLADO : HUAYNAPATA SUBCUCENCA : YANAMAYO QUEBRADA : TITTOCPATA	FECHA: SETIEMBRE - 2024 ESCALA: 1:2,000
Fuente: - Levantamiento de información en campo - Fichas. - Levantamiento fotogramétrico - Hillshade. - Ministerio de Transportes y Comunicaciones. - Instituto Geográfico Nacional, 2016.	SISTEMA DE COORDENADAS Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 19S Projection: Transverse Mercator Datum: WGS 1984 False Easting: 500,000.0000 False Northing: 10,000,000.0000 Central Meridian: -69,0000 Scale Factor: 0.9996 Latitude Of Origin: 0.0000 Units: Meter
	LAMINA: P-16

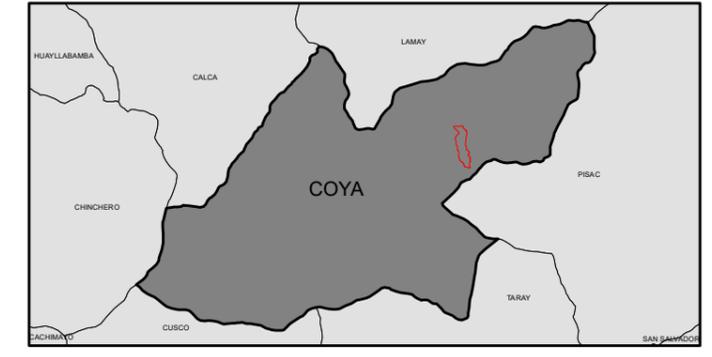
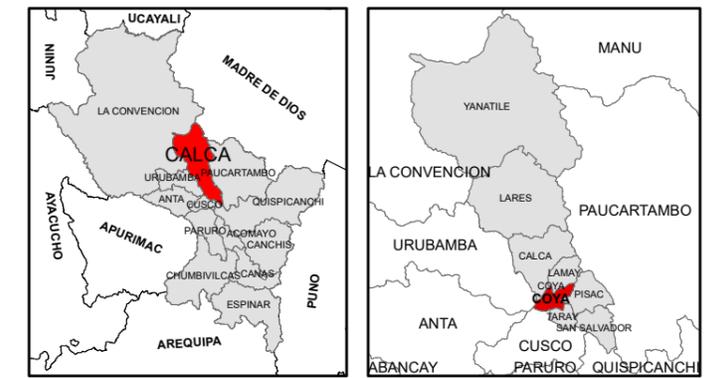
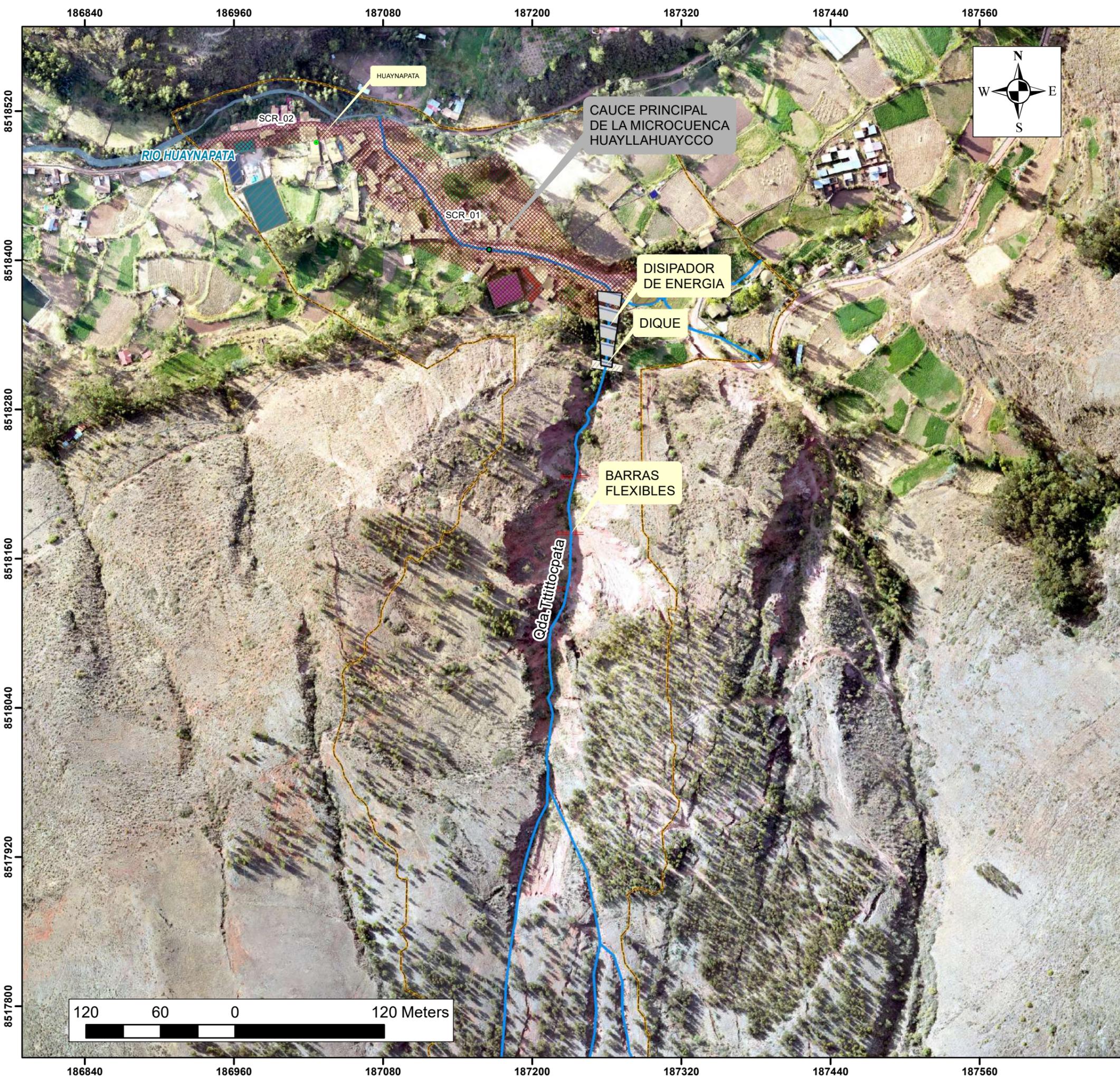


SIMBOLOGIA	
● Centros poblados	Almacen - Vivero
Red hidrica	Almacen Qoyllor
Canales	Campo deportivo Qoyllor
Vias	Estanque
Rio Huaynapata	Fitotoldo - viveros
Área de influencia	PRONOEI Qoyllor
	Reservorio- Huaynapata
	VIVIENDAS



	UNIVERSIDAD DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA		
"ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA"		

TESIS: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS EN EL AREA DE INFLUENCIA DE LA QUEBRADA TTITTOCPATA, DISTRITO COYA, PROVINCIA CALCA, DEPARTAMENTO CUSCO - 2023"		
ELABORADO POR: Br. FRANK FERDINAND LIMACHI AIMITUMA	MAPA: "RIESGO"	
UBICACIÓN: DEPARTAMENTO : CUSCO PROVINCIA : CALCA DISTRITO : COYA CENTRO POBLADO : HUAYNAPATA SUBCUENCA : YANAMAYO QUEBRADA : TTITTOCPATA	FECHA: SETIEMBRE - 2024	ESCALA: 1:2,000
Fuente: - Levantamiento fotogramétrico - Hilschade. - Ministerio de Transportes y Comunicaciones. - Instituto Geográfico Nacional, 2016.	SISTEMA DE COORDENADAS Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 19S Projection: Transverse Mercator Datum: WGS 1984 False Easting: 500,000.0000 False Northing: 10,000,000.0000 Central Meridian: -69.0000 Scale Factor: 0.9996 Latitude Of Origin: 0.0000 Units: Meter	LAMINA: P-17



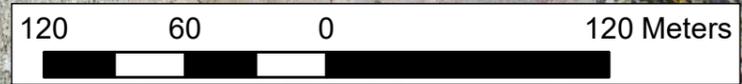
SIMBOLOGIA	
	Centros poblados
	Red hidrica
	Vias
	Rio Huaynapata
	Área de influencia
	Almacen - Vivero
	Almacen Qoyllor
	Campo deportivo Qoyllor
	Estanque
	Fitotoldo - viveros
	PRONOEI Qoyllor
	Reservorio- Huaynapata
	VIVIENDAS

SECTORES CRITICOS	
	SCR_01, SECTOR CRITICO DE RIESGO 01
	SCR_02, SECTOR CRITICO DE RIESGO 02

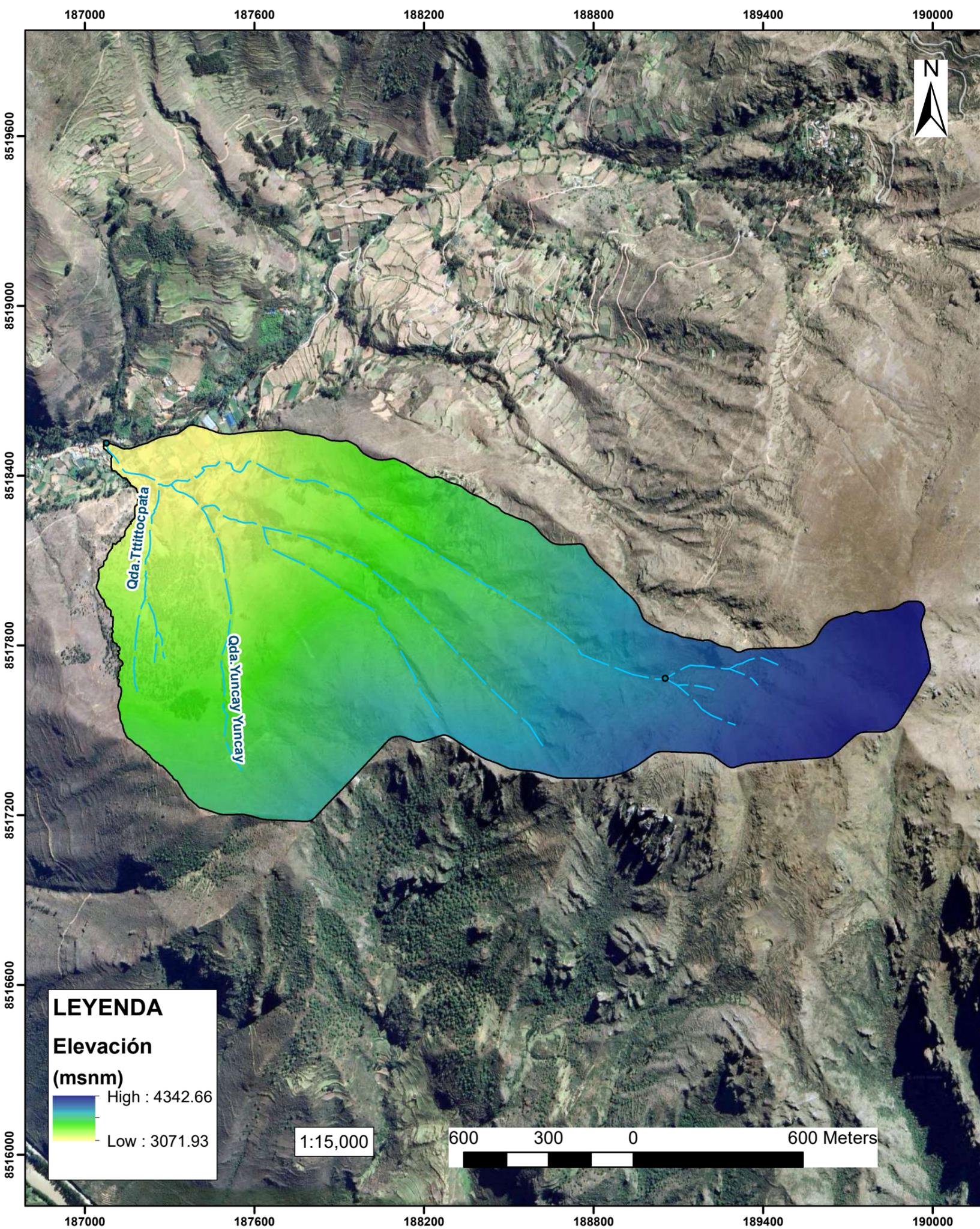
LEYENDA	
	BARRAS FLEXIBLES
	DIQUE
	DISIPADOR DE ENERGIA

	UNIVERSIDAD DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA	
	"ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA"	

TESIS: "EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS EN EL AREA DE INFLUENCIA DE LA QUEBRADA TTITTOCPATA, DISTRITO COYA, PROVINCIA CALCA, DEPARTAMENTO CUSCO - 2023"		
ELABORADO POR: Br. FRANK FERDINAND LIMACHI AIMITUMA	MAPA: "MEDIDAS ESTRUCTURALES"	
UBICACIÓN: DEPARTAMENTO : CUSCO PROVINCIA : CALCA DISTRITO : COYA CENTRO POBLADO : HUAYNAPATA SUBCUENCA : YANAMAYO QUEBRADA : TTITTOCPATA	FECHA: SETIEMBRE - 2024	ESCALA: 1:3,000
Fuente: - Levantamiento fotogramétrico - Hillshade, - Ministerio de Transportes y Comunicaciones, - Instituto Geográfico Nacional, 2018.	SISTEMA DE COORDENADAS Coordinate System: WGS 1984 UTM Zone 19S Projection: Transverse Mercator Datum: WGS 1984 False Easting: 500,000.0000 False Northing: 10,000,000.0000 Central Meridian: -69.0000 Scale Factor: 0.9996 Latitude Of Origin: 0.0000 Units: Meter	LAMINA: P-18



PARAMETROS MORFOMETRICOS - MICROCUENCA HUAYLLAHUAYCCO

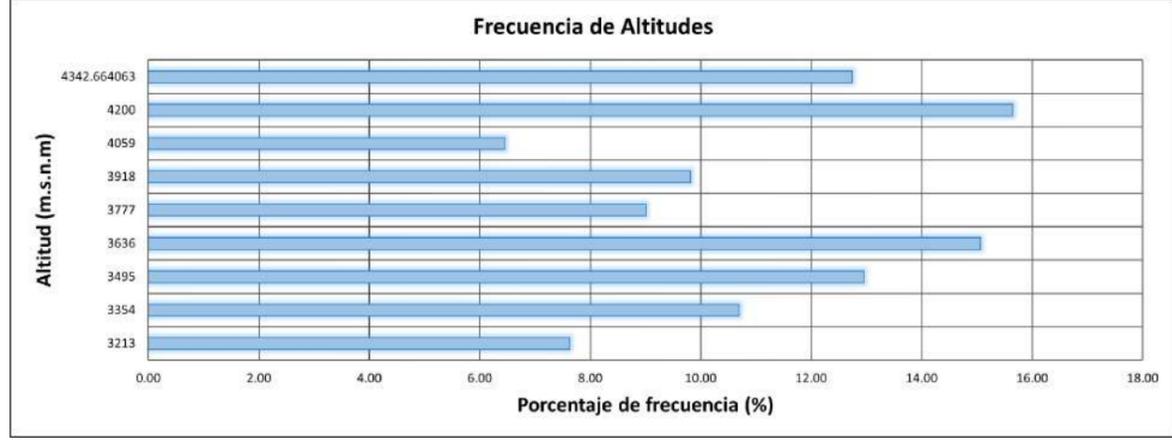
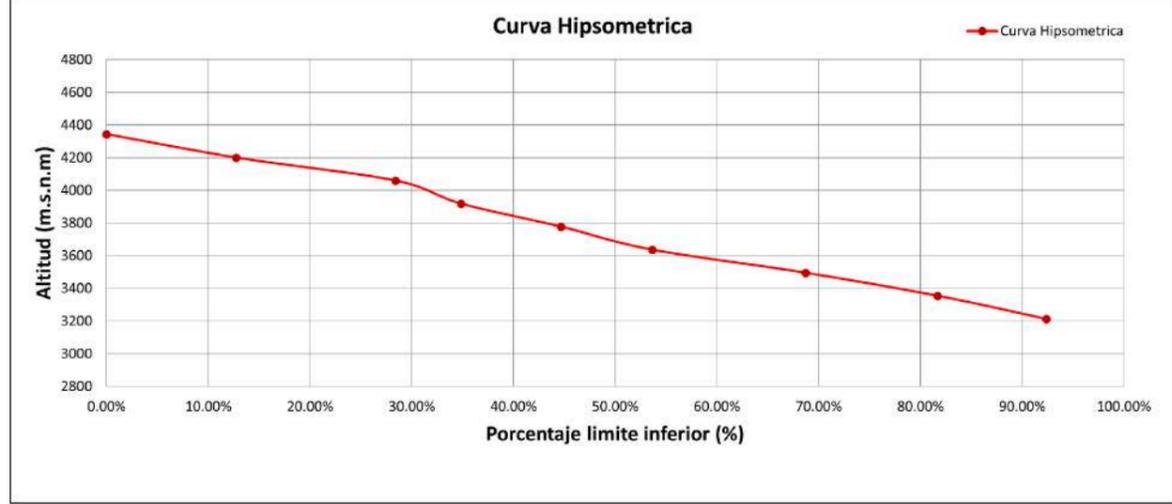


LEYENDA

Elevación (msnm)

High : 4342.66

Low : 3071.93



Datos de la Microcuenca		
Geometria		
Area	Km ²	2.38
Perimetro	km	8.07
Ancho	km	1.38
Largo	km	2.86
Valores de las Cotas		
Cota minima	msnm	3071.93
Cota Maxima	msnm	4342.66
Coordenadas		
Centroide X	m	188347.58
Centroide Y	m	8517860.99
Centroide Z	msnm	3708.512976
Altitudes de la cuenca		
Altitud Media	msnm	3708.512976
Altitud mas frecuente	msnm	4129
Altitud de frecuencia (1/2)	msnm	3730.68
Pendiente de la cuenca		
Pendiente de la cuenca	%	34.80
Hidrografia		
Longitud del Cauce Principal	km	2.37
Orden de la red Hidrica	Adimensional	3
Longitud de la red Hidrica	km	8.07
pendiente promedio de la red hidrica	%	53.32

Parametros Geomorfologicos de la microcuenca			
Nombre del Parametro	Simbolo	Valor	Unidad
Factor Forma	F	0.48	S/N
Indice de Gravelious (Compacidad)	K	1.46	S/N
Rectangulo Equivalente (Lado Mayor)	L	3.32	km
Rectangulo Equivalente (Lado Menor)	I	0.72	km
Densidad de Drenaje	Dd	3.39	u/km ²
Indice de pendiente	Ip	1.63	S/N