

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y
METALÚRGICA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS

**EVALUACIÓN DEL PELIGRO Y VULNERABILIDAD PARA
DETERMINAR EL NIVEL DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS
DE LA QUEBRADA ACCOHUAYCO, DISTRITO DE SAN
JERÓNIMO, PROVINCIA DE CUSCO, 2024**

PRESENTADO POR:

Br. JEFFERSON FABRICIO CLAUDIO
AMACHE

**PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO
GEÓLOGO**

ASESOR:

Mgt. IVAN CACERES ANGULO

**CUSCO – PERÚ
2026**



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor IVAN CACERES ANGULO.....
..... quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesis titulada: EVALUACIÓN DEL PELIGRO Y VULNERABILIDAD
PARA DETERMINAR EL NIVEL DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS DE LA QUEBRADA
ACCOHUAYCO, DISTRITO DE SAN JERÓNIMO, PROVINCIA DE CUSCO, 2024
.....

Presentado por: JEFFERSON FABRICIO CLAUDIO AMACHE..... DNI N° 77471907.....;
presentado por: DNI N°:
Para optar el título Profesional/Grado Académico de INGENIERO GEÓLOGO
.....

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el
Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de
Similitud en la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 1.....%.

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 sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	<u>X</u>
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

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

Cusco, 10 de AGOSTO..... de 20 26.....

Firma

Post firma Ivan Cáceres Angulo.....

Nro. de DNI 23948756.....

ORCID del Asesor 0000-0003-1959-3275.....

Se adjunta:

- Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
- Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: oid: 27259:613595692.....

JEFEERSON CLAUDIO

EVALUACIÓN DEL PELIGRO Y VULNERABILIDAD PARA DETERMINAR EL NIVEL DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITO...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:613595692

Fecha de entrega

10 ago 2026, 8:03 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

10 ago 2026, 8:14 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

Tesis Acchuayco -Jefeerson.pdf

Tamaño del archivo

27.1 MB

219 páginas

35.166 palabras

218.386 caracteres

1% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Coincidencias menores (menos de 30 palabras)

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 1%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 1%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

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

Con muchas ilusiones y esperanza agradezco en primer lugar a Dios, quien me ha dado la salud y la sabiduría para desarrollarme a lo largo de los años. A mis padres Patricia Amache Pérez y Felix Claudio Garibay porque siempre me brindaron su apoyo y la mejor educación para hacer de mí una mejor persona, a mis hermanos Paola Vargas Amache y Dante Vargas Amache, por siempre demostrarme su amor y paciencia, además que fueron también como unos padres que siempre me llevaron por el buen camino.

A mis docentes y mi asesor Ing. Ivan Cáceres Angulo, por brindarme una gran educación durante la etapa universitaria, dándome los conocimientos necesarios para afrontar la etapa profesional.

A mis amigos en la etapa universitaria con los que logré tener un gran vínculo aún después de terminar la universidad, siempre me dieron su apoyo y la compañía para afrontar las asignaturas de los semestres universitarios.

RESUMEN

La investigación titulada “Evaluación del peligro y vulnerabilidad para determinar el nivel de riesgo por flujo de detritos de la quebrada Accohuayco, distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco, 2024” tuvo como objetivo determinar el nivel de riesgo por flujo de detritos mediante la evaluación del peligro y la vulnerabilidad de las viviendas ubicadas en la zona de estudio. La investigación fue de tipo descriptivo, con enfoque mixto y diseño transversal. La evaluación del peligro se realizó considerando como factores condicionantes la geología, la geomorfología y las pendientes, y como factor desencadenante las precipitaciones pluviales, empleando un periodo de retorno de 40 años. La vulnerabilidad se evaluó mediante las dimensiones social, económica y ambiental, analizando la exposición, fragilidad y resiliencia de los elementos expuestos a través de encuestas aplicadas en el área de estudio.

Los resultados evidenciaron que la quebrada Accohuayco presenta condiciones geomorfológicas y geológicas que favorecen la ocurrencia de flujos de detritos, incrementando el nivel de riesgo en asentamientos ubicados en su área de influencia. La integración de los mapas de peligro y vulnerabilidad permitió determinar el nivel de riesgo, identificándose 26 viviendas en riesgo muy alto, 106 en riesgo alto, 538 en riesgo medio y 316 en riesgo bajo, correspondientes a las asociaciones de vivienda APV Sucso Auccaylle y APV Ángeles de María. Se concluye que la metodología aplicada permitió identificar las zonas de mayor riesgo, proporcionando información técnica para la planificación territorial y la implementación de medidas de prevención y reducción del riesgo de desastres.

PALABRAS CLAVE: Flujo de detritos, Peligro, Vulnerabilidad, Riesgo

ABSTRACT

The research entitled "Evaluation of Hazard and Vulnerability to Determine the Level of Debris Flow Risk in the Accohuayco Ravine, San Jerónimo District, Cusco Province, 2024" aimed to evaluate hazard and vulnerability levels in order to determine the debris flow risk level in the Accohuayco Ravine, located in the district of San Jerónimo, Cusco Province. The study was descriptive in nature, with a mixed-methods approach and a cross-sectional research design. Hazard assessment was carried out by considering geology, geomorphology, and slope as conditioning factors, while rainfall was considered the triggering factor, using a 40-year return period. Vulnerability was assessed through the social, economic, and environmental dimensions by analyzing the exposure, fragility, and resilience of the exposed elements based on field surveys conducted within the study area.

The results showed that the geomorphological and geological characteristics of the Accohuayco Ravine favor the occurrence of debris flows, increasing the risk level for the settlements located within its area of influence. The integration of hazard and vulnerability levels made it possible to determine the debris flow risk level, identifying 26 houses classified as very high risk, 106 as high risk, 538 as medium risk, and 316 as low risk in the APV Sucso Auccaylle and APV Ángeles de María housing associations. It is concluded that the applied methodology effectively identified the areas with the highest risk, providing technical information to support land-use planning and the implementation of disaster risk prevention and reduction measures.

KEY WORDS: Debris flow, Hazard, Vulnerability, Risk

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	19
CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES.....	20
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
1.1.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	20
1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	21
1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	21
1.2.1. VALOR TEÓRICO.....	21
1.2.2. UTILIDAD METODOLÓGICA.....	21
1.2.3. IMPLICACIONES PRÁCTICAS.....	21
1.2.4. CONVENIENCIA	22
1.2.5. RELEVANCIA SOCIAL.....	22
1.3. OBJETIVOS.....	22
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	22
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
1.4. DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO.....	22
1.4.1. ENFOQUE DE CUENCA	22
1.4.2. UBICACIÓN.....	24
1.4.3. ACCESIBILIDAD.....	26
1.4.4. CLIMA Y VEGETACIÓN	27
1.5. HIPÓTESIS	27
1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	27
1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS.....	27
1.6. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES Y DIMENSIONES	27
1.6.1. VARIABLES.....	27
1.6.2. DIMENSIONES	27
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	28
2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO.....	28
2.2. MARCO REFERENCIAL	28
2.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	28
2.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	29
2.2.3. ANTECEDENTES LOCALES	30
2.3. MARCO NORMATIVO.....	32
2.4. MARCO CONCEPTUAL	33

CAPÍTULO III. MÉTODO	40
3.1. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	40
3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	40
3.1.2. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN.....	40
3.1.3. NIVELES DE INVESTIGACIÓN	40
3.1.4. ETAPAS EN LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO	41
3.1.5. INSTRUMENTO Y TECNICAS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	41
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	43
4.1. GEOMORFOLOGÍA	43
4.1.1. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL.....	43
4.1.2. PENDIENTES	46
4.1.2.1. ZONA INCLINADA CON PENDIENTE SUAVE 0° A 5°.....	47
4.1.2.2. ZONA CON PENDIENTE MODERADA DE 5° A 15°.....	47
4.1.2.3. ZONA CON PENDIENTE FUERTE DE 15° A 25°	48
4.1.2.4. ZONA CON PENDIENTE ESCARPADA DE 25° A 45°	48
4.1.2.5. ZONA MUY ESCARPADA > 45°	49
4.1.2.6. CONTEXTUALIZACIÓN DE PENDIENTES ANTE EL PELIGRO	49
4.1.3.1. PISO DE VALLE	51
4.1.3.2. TERRAZAS FLUVIO-LACUSTRES	51
4.1.3.3. CARCAVAMIENTOS.....	53
4.1.3.4. LADERAS EROSIONALES	53
4.1.3.5. PIEDEMONTES COLUVIALES Y ELUVIO-COLUVIALES.....	54
4.1.3.6. RELIEVE COLINADO	55
4.1.3.7. CONTEXTUALIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA ANTE EL PELIGRO ...	55
4.2. GEOLOGÍA.....	57
4.2.1. GEOLOGÍA REGIONAL.....	57
4.2.1.1. DEPÓSITOS ALUVIALES (Q-al).....	57
4.2.1.2. DEPÓSITOS COLUVIALES (Q-cl).....	57
4.2.1.3. DEPÓSITOS FLUVIALES (Q-al).....	57
4.2.1.4. FORMACIÓN CHILCA (Q-ch)	57
4.2.1.5. FORMACIÓN SAN SEBASTIÁN (Q-sa)	57
4.2.1.6. FORMACIÓN KAYRA (Peo-ky)	58
4.2.1.7. FORMACIÓN SONCCO	58
4.2.2. GEOLOGÍA LOCAL	60
4.2.2.1. DEPÓSITOS DE RELLENOS ANTRÓPICOS	60
4.2.2.2. DEPÓSITOS FLUVIO-ALUVIALES (Q-fla)	61

4.2.2.3. DEPÓSITOS COLUVIALES (Q-co).....	61
4.2.2.4. DEPÓSITOS COLUVIO-ELUVIALES (Q-coe).....	62
4.2.2.5. FORMACIÓN SAN SEBASTIÁN (Q-sa)	63
4.2.2.6. FORMACIÓN KAYRA (Peo-ky)	63
4.2.2.7. CONTEXTUALIZACIÓN GEOLÓGICA ANTE EL PELIGRO	64
4.2.3. SECCIONES GEOLÓGICAS	66
4.2.3.1. SECCIÓN LONGITUDINAL N° 1 – CORTE A-A’	66
4.2.3.2. SECCIÓN TRANSVERSAL N° 2 – CORTE B-B’	66
4.2.3.3. SECCIÓN TRANSVERSAL N° 3 – CORTE C-C’	67
4.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	71
4.3.1. SISTEMA DE FALLAS ZURITE-CUSCO-URCOS-SICUANI (SFZCUS).....	71
4.3.1.1. FALLA TAMBOMACHAY	71
4.3.3.2. FALLA INFERIDA CUSCO.....	71
4.4. HIDROLOGIA.....	73
4.4.1. GENERALIDADES	73
4.4.1.1. UMBRALES DE PRECIPITACIONES PLUVIALES.....	74
4.4.2. ANALISIS HIDROMORFOMETRICO.....	75
4.4.2.1. AREA DE LA CUENCA	75
4.4.2.2. PERIMETRO DE LA CUENCA	75
4.4.2.3. FORMA DE LA CUENCA Y PARAMETROS DE FORMA.....	75
4.4.2.4. DRENAJE DE LA CUENCA	78
4.4.2.5. PENDIENTE MEDIA.....	79
4.4.2.6. ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS.....	80
4.4.2.7. PERIODOS DE RETORNO	81
4.4.2.8. MODELO DE FLUJO DE DETRITOS	82
4.4.2.8. CURVA HIPSOMETRICA.....	84
4.5. GEOTECNIA	87
4.5.1. INTRODUCCIÓN.....	87
4.5.3. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS GRANULOMÉTRICOS..	91
4.6. GEODINÁMICA.....	111
4.6.1. GEODINÁMICA INTERNA	111
4.6.2. GEODINÁMICA EXTERNA	112
4.7. PELIGROS GEOLÓGICOS.....	130
4.7.1. GENERALIDADES	130
4.7.2. IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO.....	131
4.7.3. PARÁMETRO DE EVALUACIÓN.....	132

4.7.4. ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD	133
4.7.5. ANÁLISIS DEL NIVEL DE PELIGRO	138
4.8. VULNERABILIDAD	143
4.8.1. METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD	143
4.8.2. ANÁLISIS DE LA DIMENSIÓN SOCIAL	145
4.8.3. ANÁLISIS DE LA DIMENSIÓN ECONÓMICA	160
4.8.4. ANÁLISIS DE LA DIMENSIÓN AMBIENTAL	173
4.8.5. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE VULNERABILIDAD	187
4.9. RIESGO	195
4.9.1. METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE RIESGO	195
4.9.2. ESTRATIFICACIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGO	196
4.9.3. CONTROLES DE RIESGO	200
4.10. MEDIDAS DE CONTROL	202
4.10.1. MEDIDAS DE CONTROL DE CARÁCTER ESTRUCTURAL	202
4.10.2. MEDIDAS DE CONTROL DE CARÁCTER NO ESTRUCTURAL	204
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	205
CONCLUSIONES	207
RECOMENDACIONES	208
Medidas Estructurales	208
Medidas No Estructurales	208
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	209
ANEXOS	212

LISTA DE ACRÓNIMOS

INGEMMET. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico

CENEPRED. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres

UTM. Universal Transverse Mercator

WGS. World Geodetic System

SENHAMI. Servicio Nacional de Hidrología y Meteorología

SINAGERD. Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres

LISTA DE IMÁGENES/FOTOS/GRÁFICOS/MAPAS

Imagen 1. <i>Tiempo estimado para llegar a la quebrada Accohuayco.</i>	26
Imagen 2. <i>Margen izquierda del río Huaura, Lima, Perú.</i>	35
Imagen 3. <i>Esquema de caída de rocas.</i>	35
Imagen 4. <i>Esquema de vuelco en bloque.</i>	36
Imagen 5. <i>Gráfica deslizamiento traslacional.</i>	36
Imagen 6. <i>Deslizamiento en cuña.</i>	37
Imagen 7. <i>Esquema de un deslizamiento con sus partes principales.</i>	37
Imagen 8. <i>Modelo representativo de flujos de detritos.</i>	38
Imagen 9. <i>Corte esquemático erosión en cárcavas.</i>	39
Imagen 10. <i>Erosión en surcos.</i>	39
Imagen 11. <i>Modelo de elevación digital de la quebrada Accohuayco.</i>	82
Imagen 12. <i>Simulación de flujo de detritos en el software IBER de la quebrada Accohuayco.</i>	83
Imagen 13. <i>Escala de Saaty para la determinación del nivel de peligro.</i>	130
Imagen 14. <i>Estructura con gaviones.</i>	202
Imagen 15. <i>Esquema de gaviones tipo caja.</i>	203
Imagen 16. <i>Muro de contención en carreteras.</i>	203
Imagen 17. <i>Ubicación referencial de las medidas de control de carácter estructural.</i>	204
Fotografía 1. <i>Se observa la poca pendiente de inclinación en el terreno.</i>	47
Fotografía 2. <i>Zona con pendiente moderada entre 5° a 15°.</i>	47
Fotografía 3. <i>Zona con pendiente fuerte entre 15° a 25°, donde se tienen varias viviendas.</i>	48
Fotografía 4. <i>Zona con pendiente escarpada entre 25° a 45°, se encuentra al pie de monte.</i>	48
Fotografía 5. <i>Zona con pendiente muy escarpada con 67° de inclinación, estas se encuentran en los carcavamientos.</i>	49
Fotografía 6. <i>Zona con pendiente muy escarpada con pendiente >45°, se encuentra en el relieve colinado.</i>	51
Fotografía 7. <i>Terraza fluvio-lacustre en la parte media del área de estudio, presenta estratos de arenas, arcillas, gravas con intercalaciones diatomíticas propias de la Fm. San Sebastián.</i>	52
Fotografía 8. <i>Terraza fluvio-lacustre donde se tienen viviendas, podemos observar laderas erosionales al borde junto con los carcavamientos formados por los diferentes tipos de erosión fluvial.</i>	52
Fotografía 9. <i>Se observan los carcavamientos producidos por la erosión hídrica, junto a la erosión por surcos producida por el agua de escorrentía.</i>	53
Fotografía 10. <i>Laderas erosionales con presencia de erosión en surcos causado por erosión hídrica, se observan viviendas al borde de las terrazas, siendo vulnerables a colapsar por peligros de flujo de detritos y/o sísmico.</i>	54
Fotografía 11. <i>Piedemonte coluvial ubicado en la parte media del área de estudio, se observa que junto con los materiales de arenas y fragmentos angulosos se tiene presencia de desmonte.</i>	54

Fotografía 12. <i>Se distingue el relieve colinado muy alto, piedemonte y las terrazas fluvio-lacustres, los límites no son tan claros porque los depósitos de pie de monte tienden a ser generalmente someros</i>	55
Fotografía 13. <i>Se observa el corte de talud junto al relleno que se realiza para recubrir el área de lo que fueron estas pequeñas terrazas de la formación San Sebastián</i>	60
Fotografía 14. <i>Se tiene la presencia de un área de carcavamiento donde se deposita desmonte de las ladrilleras y material litológico, relleno de la cárcava</i>	60
Fotografía 15. <i>Se observa el punto de desfogue del área de estudio, donde discurre la escorrentía superficial producto de las lluvias arrastrando desmonte de las ladrilleras junto con materiales litológicos</i>	61
Fotografía 16. <i>Se observan los depósitos coluviales, se tiene presencia de limos y arcillas, se tiene desmonte de ladrillos con el cual se está relleno de los carcavamientos</i>	62
Fotografía 17. <i>Se tiene la presencia de estos depósitos al pie de la formación Kayra, presenta clastos angulosos, arenas y materiales limoarcillosos</i>	62
Fotografía 18. <i>Se observa la intercalación de arenas, arcillas, lutitas y gravas con intercalaciones de niveles diatomíticos</i>	63
Fotografía 19. <i>Formación Kayra conformada por areniscas feldespáticas, junto a intercalaciones de lutitas rojas</i>	64
Fotografía 20. <i>Se observa las areniscas feldespáticas que presentan fracturas producto de la meteorización</i>	64
Fotografía 21. <i>Excavación y codificación de la Calicata N° 1 en la Formación San Sebastián</i>	88
Fotografía 22. <i>Excavación y codificación de la Calicata N° 2 en la Formación San Sebastián</i>	89
Fotografía 23. <i>Excavación y codificación de la Calicata N° 3 en los depósitos coluviales</i>	90
Fotografía 24. <i>Excavación y codificación de la Calicata N° 4 en los depósitos coluviales</i>	91
Fotografía 25. <i>Material competente compuesto por areniscas feldespáticas de la formación Kayra</i>	113
Fotografía 26. <i>Materiales incompetentes como arcillas, arenas, limos, niveles diatomíticos de la formación San Sebastián</i>	113
Fotografía 27. <i>Se tiene una vista de caída de rocas que presenta una pendiente alta</i>	114
Fotografía 28. <i>Meteorización mecánica de la Fm. Kayra</i>	115
Fotografía 29. <i>Meteorización química de la Fm. San Sebastián</i>	115
Fotografía 30. <i>Vista de erosión en surcos</i>	116
Fotografía 31. <i>Zonas de carcavamientos</i>	117
Fotografía 32. <i>Cortes de talud en las laderas</i>	117
Fotografía 33. <i>Cortes de talud para los hornos de ladrillos</i>	118
Fotografía 34. <i>Se tiene un corte de talud el cual será relleno con fin de construcción de viviendas</i>	118
Fotografía 35. <i>Se tiene tala de árboles ocasionando la presencia de poca vegetación, favoreciendo los procesos erosivos</i>	119
Fotografía 36. <i>Se tiene la evolución geodinámica a través de los años se evidencia los cortes de talud y rellenos de carcavamientos que se realizaron en la quebrada para la habitabilidad poblacional</i>	120

Fotografía 37. <i>Caida de rocas de la formación Kayra en la parte alta de la zona de estudio.....</i>	121
Fotografía 38. <i>Se observa un volcamiento o basculamiento en la formación San Sebastián debido a los carcavamientos que presenta.</i>	122
Fotografía 39. <i>Se tiene presencia de la erosión en surcos de la formación San Sebastián.....</i>	123
Fotografía 40. <i>Se tiene presencia de la erosión en surcos que avanzando progresivamente dan paso a los carcavamientos en la formación San Sebastián.....</i>	124
Fotografía 41. <i>Etapa temprana de carcavamiento en la parte media de la quebrada debido a la acción antrópica, se observa también depósitos de desmonte y ladrillos.</i>	125
Fotografía 42. <i>Deslizamiento antiguo en la parte baja de la quebrada, se observa que se construye viviendas al pie de este deslizamiento inactivo</i>	125
Fotografía 43. <i>Se observa un deslizamiento antiguo que presenta una parte con corte de talud y también con una vivienda al pie del mismo</i>	126
Fotografía 44. <i>Deslizamiento activo producto del corte de talud y desarrollo de las viviendas</i>	127
Fotografía 45. <i>Deslizamiento activo producto de la deposición de desmonte y ladrillos</i>	127
Fotografía 46. <i>Se observa acumulación de flujo en una parte de la carretera en la parte media de la quebrada.....</i>	128
Gráfico 1. <i>Porcentaje de pendientes en diagrama circular</i>	46
Gráfico 2. <i>Histograma de precipitación promedio mensual acumulada año 1974-1998</i>	74
Gráfico 3. <i>Histograma de precipitación promedio mensual acumulada año 1999-2023</i>	74
Gráfico 4. <i>Curva hipsométrica de la Quebrada Acohuaycco.....</i>	84
Gráfico 5. <i>Contenido de humedad natural de la muestra C-1A</i>	92
Gráfico 6. <i>Curva Granulométrica C-1A</i>	94
Gráfico 7. <i>Contenido de humedad natural de la muestra C-1B</i>	95
Gráfico 8. <i>Curva Granulométrica C-1B</i>	97
Gráfico 9. <i>Contenido de humedad natural de la muestra C-2A</i>	98
Gráfico 10. <i>Curva Granulométrica C-2A</i>	100
Gráfico 11. <i>Contenido de humedad natural de la muestra C-2B</i>	101
Gráfico 12. <i>Curva Granulométrica C-2B</i>	103
Gráfico 13. <i>Contenido de humedad natural de la muestra C-3</i>	104
Gráfico 14. <i>Curva Granulométrica C-3</i>	106
Gráfico 15. <i>Contenido de humedad natural de la muestra C-4</i>	107
Gráfico 16. <i>Curva Granulométrica C-4</i>	109
Gráfico 17. <i>Metodología para determinar los niveles de peligro en la quebrada Accohuayco.....</i>	131
Gráfico 18. <i>Metodología para determinar los niveles de vulnerabilidad por flujo de detritos en la quebrada Accohuayco</i>	143
Gráfico 19. <i>Metodología para determinar el análisis de la dimensión social</i>	145
Gráfico 20. <i>Metodología para determinar el análisis de la dimensión económica</i>	160
Gráfico 21. <i>Metodología para determinar el análisis de la dimensión ambiental.....</i>	173

Gráfico 22. Metodología aplicada, donde se intersectan los mapas de peligro y vulnerabilidad para determina los niveles de riesgo de la quebrada Accohuayco..... 195

Mapa 1. Mapa base de la quebrada Accohuayco.....	23
Mapa 2. Mapa de ubicación de la quebrada Accohuayco.....	25
Mapa 3. Mapa geomorfológico regional de la quebrada Accohuayco	45
Mapa 4. Mapa de pendientes de la quebrada Accohuayco. Adaptado de SAS Planet..	50
Mapa 5. Mapa geomorfológico local de la quebrada Accohuayco.....	56
Mapa 6. Mapa geológico regional de la quebrada Accohuayco.....	59
Mapa 7. Mapa geológico local de la quebrada Accohuayco	65
Mapa 8. Mapa estructural regional de la quebrada Accohuayco	72
Mapa 9. Mapa hidrológico local de la quebrada Accohuayco	85
Mapa 10. Mapa de precipitaciones de la quebrada Accohuayco.....	86
Mapa 11. Mapa de ubicación de calicatas de la quebrada Accohuayco	110
Mapa 12. Mapa Geodinámico de la quebrada Accohuayco.....	129
Mapa 13. Mapa de peligro por flujo de detritos de la quebrada Accohuayco	142
Mapa 14. Mapa de vulnerabilidad de la quebrada Accohuayco.....	194
Mapa 15. Mapa de riesgo de la quebrada Accohuayco	199

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas geográficas del punto de desfogue de la quebrada Accohuayco.	24
Tabla 2. Coordenadas geográficas de la quebrada Accohuayco	24
Tabla 3. Accesibilidad a la quebrada Accohuayco.	26
Tabla 4. Clasificación movimientos en masa	34
Tabla 5. Clasificación del rango de pendientes.....	46
Tabla 6. Estación Metereológica Granja Kayra	73
Tabla 7. Precipitación promedio anual acumulada para un periodo de 50 años.....	73
Tabla 8. Umbrales de Precipitación Granja Kayra	75
Tabla 9. Tipo de cuenca.....	78
Tabla 10. Densidad de drenaje.....	78
Tabla 11. Pendiente media	79
Tabla 12. Parámetros geomorfológicos de la Quebrada Accohuayco.....	80
Tabla 13. Coordenadas de ubicación de la estación metereológica Kayra	80
Tabla 14. Histograma de precipitaciones máximas en 24 horas en relación con los años de la estación Kayra	81
Tabla 15. Precipitaciones máximas en 24 horas para los tiempos de retorno	81
Tabla 16. Áreas parciales y acumuladas para la Curva Hipsométrica	84
Tabla 17. Contenido de humedad natural del estrato 1-calicata 1	92
Tabla 18. Análisis Granulométrico por tamiz	93
Tabla 19. Resultados del porcentaje acumulado retenido en los tamices o mallas del Análisis Granulométrico	93
Tabla 20. Resultados del tamaño de grano en los distintos subíndices.....	94
Tabla 21. Clasificación de suelos del estrato	94
Tabla 22. Contenido de humedad natural del estrato 2-calicata 1	95

Tabla 23. <i>Análisis Granulométrico por tamiz</i>	96
Tabla 24. <i>Resultados del porcentaje acumulado retenido en los tamices o mallas del Análisis Granulométrico</i>	96
Tabla 25. <i>Resultados del tamaño de grano en los distintos subíndices</i>	97
Tabla 26. <i>Clasificación de suelos del estrato</i>	97
Tabla 27. <i>Contenido de humedad natural del estrato 2-calicata 1</i>	98
Tabla 28. <i>Análisis Granulométrico por tamiz</i>	99
Tabla 29. <i>Resultados del porcentaje acumulado retenido en los tamices o mallas del Análisis Granulométrico</i>	99
Tabla 30. <i>Resultados del tamaño de grano en los distintos subíndices</i>	100
Tabla 31. <i>Clasificación de suelos del estrato</i>	100
Tabla 32. <i>Contenido de humedad natural del estrato 2-calicata 2</i>	101
Tabla 33. <i>Análisis Granulométrico por tamiz</i>	102
Tabla 34. <i>Resultados del porcentaje acumulado retenido en los tamices o mallas del Análisis Granulométrico</i>	102
Tabla 35. <i>Resultados del tamaño de grano en los distintos subíndices</i>	103
Tabla 36. <i>Clasificación de suelos del estrato</i>	103
Tabla 37. <i>Contenido de humedad natural de la calicata 3</i>	104
Tabla 38. <i>Análisis Granulométrico por tamiz</i>	105
Tabla 39. <i>Resultados del porcentaje acumulado retenido en los tamices o mallas del Análisis Granulométrico</i>	105
Tabla 40. <i>Resultados del tamaño de grano en los distintos subíndices</i>	106
Tabla 41. <i>Clasificación de suelos del estrato</i>	106
Tabla 42. <i>Contenido de humedad natural de la calicata 4</i>	107
Tabla 43. <i>Análisis granulométrico por tamiz</i>	108
Tabla 44. <i>Resultados del porcentaje acumulado retenido en los tamices o mallas del análisis granulométrico</i>	108
Tabla 45. <i>Resultados del tamaño de grano en los distintos subíndices</i>	109
Tabla 46. <i>Clasificación de suelos del estrato</i>	109
Tabla 47. <i>Catálogo de sismos históricos del año 1650 a 2018</i>	111
Tabla 48. <i>Descriptores del periodo de retorno, siendo el parámetro de evaluación..</i>	132
Tabla 49. <i>Matriz comparación de pares considerando el periodo de retorno como parámetro de evaluación</i>	132
Tabla 50. <i>Matriz de normalización de pares considerando como parámetro de evaluación el periodo de retorno</i>	133
Tabla 51. <i>Descriptores de factores condicionantes</i>	133
Tabla 52. <i>Matriz comparación de pares de factores condicionantes</i>	134
Tabla 53. <i>Matriz normalización de pares ponderados de factores condicionantes</i> ...	134
Tabla 54. <i>Descriptores del parámetro geología de los factores condicionantes</i>	134
Tabla 55. <i>Matriz normalización de los tipos de depósitos</i>	135
Tabla 56. <i>Matriz comparación de pares de geología</i>	135
Tabla 57. <i>Descriptores del parámetro geomorfología</i>	135
Tabla 58. <i>Matriz comparación de pares de la geomorfología</i>	136
Tabla 59. <i>Matriz normalización de los descriptores del parámetro geomorfología...</i>	136
Tabla 60. <i>Descriptores de pendientes</i>	136
Tabla 62. <i>Matriz comparación de pares de las pendientes</i>	137
Tabla 61. <i>Matriz normalización de los descriptores de parámetro pendientes</i>	137

Tabla 63. <i>Descriptores de parámetro precipitación pluvial</i>	137
Tabla 64. <i>Matriz comparación de pares de precipitación pluvial</i>	138
Tabla 65. <i>Matriz normalización de precipitación pluvial</i>	138
Tabla 66. <i>Valor y peso de factores condicionantes y desencadenantes para el análisis de los niveles de peligro por flujo de detritos</i>	139
Tabla 67. <i>Determinación de rangos de peligro de acuerdo a la susceptibilidad</i>	139
Tabla 68. <i>Determinación de los niveles de peligro de acuerdo a la susceptibilidad con el parámetro de evaluación</i>	140
Tabla 69. <i>Niveles de peligro por flujo de detritos en la quebrada Accohuayco</i>	140
Tabla 70. <i>Estratificación del peligro por flujo de detritos en la quebrada Accohuayco</i>	141
Tabla 71. <i>Descriptores de las dimensiones de vulnerabilidad</i>	144
Tabla 72. <i>Matriz comparación de pares de vulnerabilidad</i>	144
Tabla 73. <i>Matriz normalización de pares de vulnerabilidad</i>	144
Tabla 74. <i>Operación de matrices, matriz de suma ponderada de los descriptores de vulnerabilidad</i>	144
Tabla 75. <i>Matriz comparación de pares del análisis de la vulnerabilidad social</i>	145
Tabla 76. <i>Matriz normalización de pares de los descriptores de la vulnerabilidad social</i>	146
Tabla 77. <i>Matriz de suma ponderada hallada de los resultados de operación de matrices de la vulnerabilidad social</i>	146
Tabla 78. <i>Matriz de nomenclatura del número de habitantes</i>	146
Tabla 79. <i>Matriz comparación de pares del grupo de habitantes en la exposición social</i>	147
Tabla 80. <i>Matriz normalización del grupo de habitantes en la exposición social</i>	147
Tabla 81. <i>Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada del parámetro grupo de habitantes</i>	147
Tabla 82. <i>Descriptores de la fragilidad social</i>	148
Tabla 83. <i>Matriz comparación de pares de la fragilidad social</i>	148
Tabla 84. <i>Matriz normalización de pares de la fragilidad social</i>	148
Tabla 85. <i>Matriz operación de matrices para hallar el vector suma ponderada del parámetro fragilidad social</i>	149
Tabla 86. <i>Matriz de nomenclatura de grupo etario</i>	149
Tabla 87. <i>Matriz de comparación de pares del grupo etario</i>	149
Tabla 88. <i>Matriz de normalización de pares del grupo etario</i>	150
Tabla 89. <i>Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada del parámetro grupo etario</i>	150
Tabla 90. <i>Matriz de nomenclatura de acceso a servicios básicos de la fragilidad social</i>	150
Tabla 91. <i>Matriz comparación de pares de acceso a servicios básicos en la fragilidad social</i>	151
Tabla 92. <i>Matriz normalización de pares de acceso a los servicios básicos</i>	151
Tabla 93. <i>Matriz operación de matrices para hallar el vector suma ponderada del parámetro acceso a servicios</i>	151
Tabla 94. <i>Matriz de nomenclatura de discapacidad de la fragilidad social</i>	152
Tabla 95. <i>Matriz comparación de pares de discapacidad</i>	152
Tabla 96. <i>Matriz normalización de pares de acceso a los servicios básicos</i>	152

Tabla 97. <i>Matriz operación de matrices para hallar el vector suma ponderada del parámetro acceso a servicios</i>	153
Tabla 98. <i>Matriz de nomenclatura del nivel de educación en la fragilidad social</i>	153
Tabla 99. <i>Matriz comparación de pares del nivel de educación</i>	153
Tabla 100. <i>Matriz normalización de pares del nivel de educación</i>	154
Tabla 101. <i>Matriz operación de matrices para hallar el vector suma ponderada del parámetro nivel de educación</i>	154
Tabla 102. <i>Matriz de nomenclatura del acceso a seguro en la fragilidad social</i>	154
Tabla 103. <i>Matriz comparación de pares del acceso a seguro en la fragilidad social.....</i>	155
Tabla 104. <i>Matriz normalización de pares del acceso a seguro</i>	155
Tabla 105. <i>Matriz normalización de pares del acceso a seguro</i>	155
Tabla 106. <i>Matriz de nomenclatura del tipo de alumbrado en la fragilidad social....</i>	156
Tabla 107. <i>Matriz comparación de pares del tipo de alumbrado en la fragilidad social</i>	156
Tabla 108. <i>Matriz normalización de pares del tipo de alumbrado</i>	156
Tabla 109. <i>Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada del parámetro tipo de alumbrado.....</i>	157
Tabla 110. <i>Matriz de los parámetros de la resiliencia social</i>	157
Tabla 111. <i>Matriz de nomenclatura de la organización social en la resiliencia social</i>	157
Tabla 112. <i>Matriz comparación de pares de la organización social</i>	158
Tabla 113. <i>Matriz normalización de pares de la organización social</i>	158
Tabla 114. <i>Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada del parámetro organización social.....</i>	158
Tabla 115. <i>Matriz de nomenclatura del conocimiento de GRD en la resiliencia social</i>	159
Tabla 116. <i>Matriz comparación de pares del conocimiento de GRD</i>	159
Tabla 117. <i>Matriz normalización de pares de conocimiento de GRD</i>	159
Tabla 118. <i>Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada del parámetro conocimiento en GRD.....</i>	160
Tabla 119. <i>Matriz comparación de pares del análisis de vulnerabilidad económica.</i>	161
Tabla 120. <i>Matriz normalización de pares de vulnerabilidad económica</i>	161
Tabla 121. <i>Matriz operación de matrices para hallar el vector suma ponderada de la vulnerabilidad económica</i>	161
Tabla 122. <i>Matriz de nomenclatura de la localización de la vivienda frente al peligro</i>	162
Tabla 123. <i>Matriz comparación de pares de la localización de la vivienda frente al peligro.....</i>	162
Tabla 124. <i>Matriz normalización de pares de la localización de la vivienda frente al peligro.....</i>	162
Tabla 125. <i>Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada de la localización frente al peligro</i>	163
Tabla 126. <i>Matriz de nomenclatura de la fragilidad económica</i>	163
Tabla 127. <i>Matriz comparación de pares de la fragilidad económica</i>	163
Tabla 128. <i>Matriz normalización de pares de la fragilidad económica.....</i>	164
Tabla 129. <i>Matriz de operación de matrices para hallar la suma ponderada de la fragilidad económica</i>	164

Tabla 130. <i>Matriz de nomenclatura del estado de conservación</i>	164
Tabla 131. <i>Matriz comparación de pares del estado de conservación</i>	165
Tabla 132. <i>Matriz normalización de pares del estado de conservación</i>	165
Tabla 133. <i>Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada del estado de conservación.....</i>	165
Tabla 134. <i>Matriz de nomenclatura del material predominante.....</i>	166
Tabla 135. <i>Matriz comparación de pares del material predominante</i>	166
Tabla 136. <i>Matriz normalización de pares del material predominante</i>	166
Tabla 137. <i>Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada del material predominante</i>	167
Tabla 138. <i>Matriz de nomenclatura del uso de tecnologías constructivas.....</i>	167
Tabla 139. <i>Matriz comparación de pares del uso de tecnologías constructivas.....</i>	167
Tabla 140. <i>Matriz normalización de pares del uso de tecnologías constructivas en la fragilidad económica.....</i>	168
Tabla 141. <i>Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada del uso de tecnologías constructivas</i>	168
Tabla 142. <i>Matriz de nomenclatura de los niveles de edificación</i>	168
Tabla 143. <i>Matriz comparación de pares de los niveles de edificación.....</i>	169
Tabla 144. <i>Matriz normalización de pares de los niveles de edificación.....</i>	169
Tabla 145. <i>Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada del uso de tecnologías constructivas</i>	169
Tabla 146. <i>Matriz de nomenclatura de los parámetros de resiliencia económica.....</i>	170
Tabla 147. <i>Matriz de nomenclatura del ingreso promedio familiar mensual en la resiliencia económica</i>	170
Tabla 148. <i>Matriz comparación de pares del ingreso familiar mensual.....</i>	170
Tabla 149. <i>Matriz normalización de pares del ingreso familiar mensual.....</i>	171
Tabla 150. <i>Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada del ingreso familiar mensual.....</i>	171
Tabla 151. <i>Matriz de nomenclatura de actividad que realiza el jefe de familia en la resiliencia económica</i>	171
Tabla 152. <i>Matriz comparación de pares de actividad que realiza el jefe de familia en la resiliencia económica</i>	172
Tabla 153. <i>Matriz normalización de pares de actividad que realiza el jefe de familia en la resiliencia económica</i>	172
Tabla 154. <i>Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada de actividad que realiza el jefe de familia.....</i>	172
Tabla 155. <i>Matriz comparación de pares del análisis de la vulnerabilidad ambiental</i>	173
Tabla 156. <i>Matriz normalización de pares de la dimensión vulnerabilidad ambiental</i>	174
Tabla 157. <i>Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada de la vulnerabilidad ambiental</i>	174
Tabla 158. <i>Matriz de nomenclatura de cercanía de las viviendas a residuos sólidos en la exposición ambiental</i>	174
Tabla 159. <i>Matriz comparación de pares de la cercanía de las viviendas a residuos sólidos en la exposición ambiental.....</i>	175

Tabla 160. <i>Matriz normalización de pares de la cercanía de las viviendas a residuos sólidos en la exposición ambiental</i>	175
Tabla 161. <i>Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada de la cercanía de las viviendas a residuos sólidos</i>	175
Tabla 162. <i>Matriz de nomenclatura de la fragilidad ambiental</i>	176
Tabla 163. <i>Matriz comparación de pares de la fragilidad ambiental</i>	176
Tabla 164. <i>Matriz normalización de pares de la fragilidad ambiental</i>	176
Tabla 165. <i>Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada de la fragilidad ambiental</i>	177
Tabla 166. <i>Matriz de nomenclatura de disposición de residuos sólidos en la fragilidad ambiental</i>	177
Tabla 167. <i>Matriz comparación de pares de disposición de residuos sólidos en la fragilidad ambiental</i>	177
Tabla 168. <i>Matriz normalización de pares de disposición de residuos sólidos en la fragilidad ambiental</i>	178
Tabla 169. <i>Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada de la disposición de residuos sólidos</i>	178
Tabla 170. <i>Matriz de nomenclatura de disposición de excretas en la fragilidad ambiental</i>	178
Tabla 171. <i>Matriz comparación de pares de disposición de excretas en la fragilidad ambiental</i>	179
Tabla 172. <i>Matriz normalización de pares de disposición de excretas en la fragilidad ambiental</i>	179
Tabla 173. <i>Matriz operación de matrices para hallar el vector suma ponderada de la disposición de excretas</i>	179
Tabla 174. <i>Matriz de nomenclatura del impacto ambiental en la ocupación de la quebrada en la fragilidad ambiental</i>	180
Tabla 175. <i>Matriz comparación de pares del impacto ambiental en la evaluación de la fragilidad ambiental</i>	180
Tabla 176. <i>Matriz normalización de pares del impacto ambiental en ocupación de quebradas</i>	180
Tabla 177. <i>Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada del impacto ambiental en ocupación de quebradas</i>	181
Tabla 178. <i>Matriz de nomenclatura de vertimiento de aguas residuales en la fragilidad ambiental</i>	181
Tabla 179. <i>Matriz comparación de pares de vertimiento de aguas residuales en la fragilidad ambiental</i>	181
Tabla 180. <i>Matriz normalización de pares de vertimiento de aguas residuales en la fragilidad ambiental</i>	182
Tabla 181. <i>Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada de vertimiento de aguas residuales</i>	182
Tabla 182. <i>Matriz de nomenclatura de resiliencia ambiental</i>	182
Tabla 183. <i>Matriz comparación de pares de la resiliencia ambiental</i>	182
Tabla 184. <i>Matriz normalización de la resiliencia ambiental</i>	183
Tabla 185. <i>Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada de la resiliencia ambiental</i>	183

Tabla 186. <i>Matriz de nomenclatura de manejo de residuos sólidos en la resiliencia ambiental</i>	183
Tabla 187. <i>Matriz comparación de pares de manejo de residuos sólidos en la resiliencia ambiental</i>	184
Tabla 188. <i>Matriz normalización de pares de manejo de residuos sólidos en la resiliencia ambiental</i>	184
Tabla 189. <i>Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada de manejo de residuos sólidos</i>	184
Tabla 190. <i>Matriz de nomenclatura de protección de áreas verdes en la resiliencia ambiental</i>	185
Tabla 191. <i>Matriz comparación de pares de protección de áreas verdes en la resiliencia ambiental</i>	185
Tabla 192. <i>Matriz normalización de pares de protección de áreas verdes en la resiliencia ambiental</i>	185
Tabla 193. <i>Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada de protección de áreas verdes</i>	186
Tabla 194. <i>Matriz de nomenclatura de conocimiento en los temas ambientales en la resiliencia ambiental</i>	186
Tabla 195. <i>Matriz comparación de pares de conocimiento en los temas ambientales en la resiliencia ambiental</i>	186
Tabla 196. <i>Matriz normalización de pares de conocimiento en los temas ambientales en la resiliencia ambiental</i>	187
Tabla 197. <i>Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada de conocimiento en los temas ambientales</i>	187
Tabla 198. <i>Tabla de dimensión social para determinar los niveles de vulnerabilidad</i>	187
Tabla 199. <i>Descriptores de la exposición social para determinar la dimensión social</i>	188
Tabla 200. <i>Descriptores de la fragilidad social para determinar la dimensión social</i>	188
Tabla 201. <i>Descriptores de la resiliencia social para determinar la dimensión social</i>	188
Tabla 202. <i>Tabla de dimensión económica para determinar los niveles de vulnerabilidad</i>	189
Tabla 203. <i>Descriptores de la exposición económica para determinar la dimensión económica</i>	189
Tabla 204. <i>Descriptores de la fragilidad económica para determinar la dimensión económica</i>	189
Tabla 205. <i>Descriptores de la resiliencia económica para determinar la dimensión económica</i>	189
Tabla 206. <i>Tabla de la dimensión ambiental para determinar los niveles de vulnerabilidad</i>	190
Tabla 207. <i>Descriptores de la exposición ambiental para determinar la dimensión ambiental</i>	190
Tabla 208. <i>Descriptores de la fragilidad ambiental para determinar la dimensión ambiental</i>	190
Tabla 209. <i>Descriptores de la resiliencia ambiental para determinar la dimensión ambiental</i>	191

Tabla 210. <i>Intervalos de los rangos superiores e inferiores para los niveles de vulnerabilidad.....</i>	191
Tabla 211. <i>Rangos de niveles para la vulnerabilidad de la quebrada Accohuayco ...</i>	191
Tabla 212. <i>Estratificación de los niveles de vulnerabilidad de la quebrada Accohuayco</i>	192
Tabla 213. <i>Rangos de los niveles de riesgo de la quebrada Accohuayco</i>	196
Tabla 214. <i>Estratificación de los niveles de riesgo de la quebrada Accohuayco</i>	197
Tabla 215. <i>Valoración de las consecuencias del riesgo</i>	200
Tabla 216. <i>Valoración de las frecuencias de recurrencia.....</i>	200
Tabla 217. <i>Matriz de niveles de consecuencias y daños</i>	201
Tabla 218. <i>Medidas cualitativas de consecuencias y daños.....</i>	201
Tabla 219. <i>Aceptabilidad y tolerancia de riesgo.....</i>	201
Tabla 220. <i>Matriz de aceptabilidad y tolerancia de riesgo.....</i>	202
Tabla 221. <i>Nivel de priorización de riesgo</i>	202

INTRODUCCIÓN

El crecimiento acelerado de la población registrado en los últimos años ha ocasionado que los habitantes vivan en distintos lugares, ignorando las probables zonas que pueden presentar peligro para ellos y sus familias, ya que están expuestas a las afectaciones naturales, sumado a las precarias construcciones que se dan en las viviendas aumenta la probabilidad de que ocurran desastres naturales, esta probabilidad es conocida formalmente como riesgo.

La quebrada Accohuayco presenta rellenos antrópicos producto del desmonte de los pobladores y los cortes de talud que realizan los centros de ladrilleras, junto a las fallas activas cercanas a la zona y las lluvias presentes hacen que el ámbito de estudio sea potencialmente vulnerable a procesos de remoción en masa como flujo de detritos junto a derrumbes, deslizamientos y carcavamientos, generando posibles pérdidas materiales y humanas; por lo tanto una evaluación de la zona es de vital importancia para conocer los peligros que afrontarán las personas que viven y trabajan en la APV Sucso Auccaylle y APV Angeles de María.

Por lo expuesto, la presente investigación, titulada “Evaluación del peligro y la vulnerabilidad para determinar el nivel de riesgo por flujo de detritos de la quebrada Accohuayco”, tiene como finalidad generar información técnica que contribuya a las medidas orientadas a prevenir y reducir los riesgos de desastres. Para ello, se elaboran mapas de peligro para los procesos de remoción en masa, específicamente flujos de detritos, llamados comúnmente huaycos, mediante una metodología que comprende la recopilación y análisis de información, así como la identificación de los parámetros que intervienen en el fenómeno. La evaluación del peligro considera factores como geología, pendientes, geomorfología, geodinámica, la geotecnia e hidrología, mientras la vulnerabilidad se analiza a partir de las dimensiones de exposición, fragilidad y resiliencia. La integración de ambas variables permite hallar los niveles de riesgo presentes en la quebrada Accohuayco.

El contenido de la investigación se desarrolla en cinco capítulos, el primero presenta los aspectos generales que fundamentan la investigación; el segundo desarrolla el marco teórico y los antecedentes; el tercero describe la metodología, incluyendo el tipo, enfoque, nivel, diseño de investigación; el cuarto expone los resultados obtenidos, comprendiendo la caracterización geomorfológica, geológica, hidrológica, la evaluación del peligro, la vulnerabilidad, el riesgo y las medidas de control propuestas; finalizando, el último capítulo habla sobre la discusión de resultados, las conclusiones, las recomendaciones, las referencias bibliográficas y los anexos. Los resultados obtenidos constituyen un mecanismo de apoyo orientado a fortalecer la gestión de riesgos de desastres, ya que permiten identificar las zonas con mayor nivel de riesgo y plantear medidas estructurales y no estructurales orientadas a disminuir los posibles impactos ocasionados por futuros eventos de flujo de detritos.

CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Los flujos de detritos constituyen parte de los movimientos en masa de mayor capacidad destructiva, debido al rápido desplazamiento de una mezcla de agua, suelo, bloques rocosos y sedimentos a lo largo de quebradas y laderas, ocasionando pérdidas humanas, daños a la infraestructura y afectaciones ambientales y económicas. Su ocurrencia está condicionada por factores geológicos, geomorfológicos e hidrometeorológicos, por lo que representan una amenaza recurrente en regiones montañosas. En este sentido, Hungr et al. (2005) señalan que estos procesos constituyen uno de los peligros geológicos más importantes en zonas con fuertes pendientes, mientras que el CENEPRED que la evaluación y determinación del peligro, la vulnerabilidad y riesgo es fundamental para una adecuada gestión correctiva para los riesgos de desastres. (CENEPRED, 2014).

En el Perú, las condiciones fisiográficas de la Cordillera de los Andes, las precipitaciones estacionales intensas y la ocupación progresiva de quebradas y laderas incrementan la probabilidad de ocurrir flujos de detritos, conocidos comúnmente como huaycos. Estos eventos se presentan de manera recurrente en diversas regiones del país, ocasionando daños a viviendas, infraestructura vial, servicios básicos y áreas agrícolas. Asimismo, el CENEPRED (2014) señala que el crecimiento urbano no planificado y la ocupación de zonas de peligro incrementan la exposición y la vulnerabilidad de la población en la zona de estudio ante estos fenómenos naturales.

En la región Cusco, las características geológicas y geomorfológicas, como la presencia de rocas fracturadas, materiales meteorizados, laderas de fuerte pendiente y precipitaciones concentradas durante la temporada de lluvias, favorecen la ocurrencia de movimientos en masa. En este contexto, la quebrada Accohuayco, ubicada en distrito San Jerónimo, presenta factores condicionantes que incrementan la probabilidad de generación de flujos de detritos, entre ellos materiales fácilmente erosionables, antiguos deslizamientos, carcavamientos y la intervención antrópica mediante cortes de talud para la extracción de materiales. Además, el Informe Técnico N.º A6938 del INGEMMET identifica en la quebrada Apurante-Huayco, contigua al área de estudio, condiciones de alta susceptibilidad a movimientos en masa que podrían activarse durante precipitaciones extraordinarias, evidenciando la peligrosidad del entorno.

Ante esta situación, es indispensable realizar el diagnóstico de riesgo generado por flujos de detritos en la quebrada Accohuayco mediante el método establecido por CENEPRED, la cual integra el análisis de peligro y vulnerabilidad para determinar los niveles de riesgo que se tienen en el ámbito de estudio. Los resultados obtenidos permitirán reconocer los sectores con mayor nivel de riesgo y generar información técnica que sirva de base para una buena planificación del territorio, la gestión de riesgo de desastres y el diseño de acciones preventivas dirigidas a disminuir posibles efectos sobre la población y las estructuras civiles.

1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son los niveles de peligro, vulnerabilidad y riesgo por flujo de detritos en la quebrada Accohuayco, distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco, 2025?

1.1.2.1. PROBLEMAS ESPECIFICOS

1. ¿Cuáles son los niveles de peligro por flujo de detritos en la quebrada Accohuayco, distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco?
2. ¿Cuáles son los niveles de vulnerabilidad por flujo de detritos que presenta la población en la quebrada Accohuayco, distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco?
3. ¿Cuáles son los niveles de riesgo por flujo de detritos en la quebrada Accohuayco, distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco?

1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. VALOR TEÓRICO

Se justifica teóricamente porque amplía el conocimiento técnico sobre la valoración del riesgo generado por los flujos de detritos en la quebrada Accohuayco, mediante la aplicación metodológica propuesta por CENEPRED para la estimación del peligro, la vulnerabilidad y el riesgo. Asimismo, integra información geológica, geomorfológica, topográfica, hidrometeorológica y de vulnerabilidad, contribuyendo a un mayor entendimiento de factores asociados a la ocurrencia de estos fenómenos en las áreas de estudio. Los resultados obtenidos constituyen un antecedente técnico que podrá servir de referencia para futuras investigaciones relacionadas con estudios de riesgo en la región Cusco en zonas con características similares.

1.2.2. UTILIDAD METODOLÓGICA

La investigación se justifica metodológicamente porque aplica de manera sistemática las metodologías propuestas por CENEPRED para el análisis del riesgo asociado a flujos de detritos, utilizando como apoyo el PAJ propuesto por Saaty. para la ponderación de los factores que intervienen en la estimación del peligro y la vulnerabilidad. Asimismo, integra el uso de SIG, cartografía temática y trabajo de campo para la obtención, procesamiento y análisis de la información. La metodología empleada constituye un procedimiento técnico replicable que podrá servir como referencia para futuras investigaciones orientadas para la evaluación del riesgo presente en las áreas con las características geológicas y geomorfológicas similares.

1.2.3. IMPLICACIONES PRÁCTICAS

Desde el punto de vista práctico, esta investigación proporciona información técnica sobre estudios de riesgo por flujo de detritos en la quebrada Accohuayco. Los resultados obtenidos constituyen una herramienta de apoyo para las entidades competentes, al facilitar la planificación del territorio, fortalecer las acciones de riesgos de desastres y orientar la formulación con medidas preventivas y mitigación con relación a futuros eventos.

1.2.4. CONVENIENCIA

Es conveniente porque permite generar información sobre estudios de riesgo en la quebrada Accohuayco, donde existen condiciones geológicas, geomorfológicas e hidrometeorológicas que favorecen la ocurrencia de este fenómeno. La información obtenida constituye un insumo para la identificación de las zonas con mayor nivel de riesgo y proporciona elementos técnicos que pueden apoyar el ordenamiento territorial, la gestión de riesgos de desastres y la priorización de acciones con reducción de riesgo por parte de las autoridades competentes.

1.2.5. RELEVANCIA SOCIAL

La presente investigación adquiere relevancia social porque proporciona información técnica sobre la clasificación de estudios de riesgo en la quebrada Accohuayco, permitiendo identificar los sectores con mayor susceptibilidad frente a este fenómeno. La información generada constituye un insumo para las instituciones responsables en el ámbito de riesgo de desastres, las instituciones locales y la población, facilitando la planificación de acciones preventivas y la adopción de medidas orientadas a reducir los impactos sobre las personas, las viviendas y la infraestructura.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar los niveles de peligro, vulnerabilidad y riesgo por flujo de detritos en la quebrada Accohuayco, distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco el año 2025

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar los niveles de peligro por flujo de detritos en la quebrada Accohuayco, distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco
2. Determinar los niveles de vulnerabilidad de la población frente al flujo de detritos en la quebrada Accohuayco, distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco
3. Determinar los niveles de riesgo por flujo de detritos en la quebrada Accohuayco, distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco

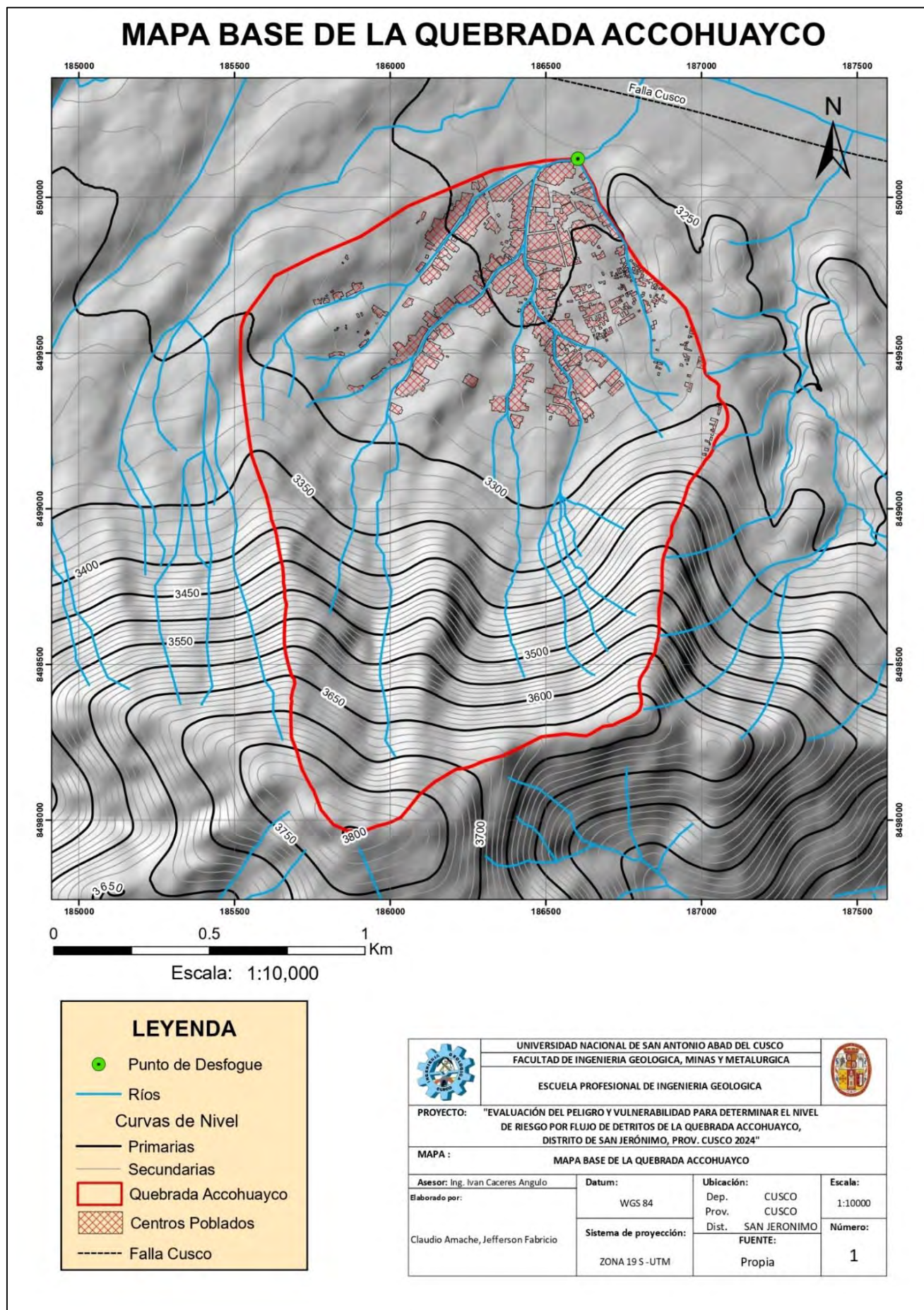
1.4.DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO

1.4.1. ENFOQUE DE CUENCA

Una cuenca hidrográfica constituye un sistema integrado por ríos, quebradas, arroyos y otros cauces de distinta magnitud que canalizan el escurrimiento del agua hacia un curso principal, el cual generalmente le da su denominación. Su límite está definido por la divisoria de aguas, representada por una línea irregular que separa el drenaje de las cuencas vecinas. (Tarbuck, 2005)

La quebrada Accohuayco se encuentra ubicada hidrográficamente dentro de la cuenca Alto Urubamba, subcuenca de Huatanay con codificación Pfafstetter 49949.

Mapa 1. Mapa base de la quebrada Accohuayco.



Nota. Elaboración propia, adaptado de SAS Planet

1.4.2. UBICACIÓN

1.5.2.1. UBICACIÓN POLÍTICA

La quebrada Accohuayco se sitúa en el distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco, departamento de Cusco, entre los 3200 a 3700 m.s.n.m, tomados desde su punta más bajo en la APV Sucso Auccaylle hasta su parte más alta, geográficamente el desfogue se ubica en las siguientes coordenadas:

Tabla 1. *Coordenadas geográficas del punto de desfogue de la quebrada Accohuayco.*

Coordenadas Geográficas UTM - Quebrada Accohuayco	
Zona	19S
Norte	8500117.92
Este	186608.26
Altura	3200 a 3700 m.s.n.m

Nota. Datos obtenidos de Google Earth Pro

1.5.2.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Geográficamente el pie, parte media y cabecera de la quebrada se ubican en las siguientes coordenadas:

Tabla 2. *Coordenadas geográficas de la quebrada Accohuayco*

Sistema y Datum	Referencia	Coordenadas		Altura
UTM 19S WGS84	Pie de la quebrada	Este:	186608.26	3230
		Norte:	8500117.92	
	Parte media	Este:	186424.69	3270
		Norte:	8499357.78	
	Cabecera de la quebrada	Este:	186345.31	3670
		Norte:	8498275.64	

Nota. Datos obtenidos de Google Earth Pro

Mapa 2. Mapa de ubicación de la quebrada Accohuayco



Nota. Elaboración propia, adaptado de SAS Planet

1.4.3. ACCESIBILIDAD

El ingreso a la quebrada Accohuayco se efectúa por red vial terrestre, desde la Plaza de Armas del Cusco hacia el distrito de San Jerónimo por la vía de evitamiento, hasta llegar a la APV Sucso Auccaylle, siendo el tiempo estimado alrededor de unos 30 min.

Tabla 3. *Accesibilidad a la quebrada Accohuayco.*

Ruta	Tipo de Vía	Tiempo/Kilometraje
Plaza de Armas Cusco- APV Sucso Auccaylle	Calles y avenidas asfaltadas	31 min/11.5 km

Nota. Datos obtenidos de Google Maps

Imagen 1. *Tiempo estimado para llegar a la quebrada Accohuayco.*



Nota. Datos obtenidos de Google Maps

1.4.4. CLIMA Y VEGETACIÓN

Las condiciones climáticas del área de estudio presentan variaciones a lo largo del año, predominando un clima templado a frío. En el periodo comprendido entre diciembre a marzo se registran máximas temperaturas cercanas a 21 °C y mínimas alrededor de 5 °C. En contraste, entre los meses de mayo a agosto se tienen temperaturas más inferiores del año, alcanzando valores máximos aproximados de 20 °C y mínimos de hasta -3.5 °C.

Con respecto a las precipitaciones, la información de la estación meteorológica Kayra indica que la temporada de lluvias se desarrolla principalmente entre octubre y marzo, concentrándose los mayores acumulados en diciembre y enero. Durante el periodo lluvioso 2009-2010 se registró una precipitación acumulada máxima de 155.6 mm (SENAMHI, 2012).

1.5. HIPÓTESIS

1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL

Existen diferentes niveles de peligro, vulnerabilidad y riesgo por flujo de detritos en la quebrada Accohuayco, distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco, 2025.

1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS

H1. Existen diferentes niveles de peligro por flujo de detritos en la quebrada Accohuayco, distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco.

H2. Existen diferentes niveles de vulnerabilidad frente al flujo de detritos en la población de la quebrada Accohuayco, distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco.

H3. Existen diferentes niveles de riesgo por flujo de detritos en la quebrada Accohuayco, distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco.

1.6. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES Y DIMENSIONES

1.6.1. VARIABLES

- **Variable 1:** Peligro
- **Variable 2:** Vulnerabilidad
- **Variable 3:** Riesgo

1.6.2. DIMENSIONES

a) Dimensiones del Peligro

✓ Geología, Geodinámica Externa, Geomorfología, Geotecnia, Hidrología

b) Dimensiones de Vulnerabilidad

Exposición, Fragilidad y Resiliencia

c) Dimensiones de Riesgo

Niveles de Peligro y niveles de Vulnerabilidad

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO

- Estudio del Mapa de Peligros de la Ciudad del Cusco (Benavente et al., 2004), menciona en su trabajo de investigación que el área donde se encuentra la quebrada Accohuayco presenta un basamento rocoso que pertenece a la Fm. Kayra y depósitos de origen lacustre de la Fm. San Sebastián, con presencia de terrazas amplias compuesto por depósitos lacustres, en ella se aprecian deslizamientos, derrumbes, junto a numerosas cárcavas que constituyen un riesgo para la población que con el transcurso de los años han ido urbanizándose y tomando residencia en dicha zona.
- Geología del Cuadrángulo de Cusco Hoja 28-s, escala 1:50 000 boletín A138 (Carlotto et al., 2011), en su trabajo nos habla de las características geológicas del área de estudio, describiendo la presencia de dos formaciones primordialmente: Formación San Sebastián y Kayra, con presencia de depósitos cuaternarios, dándonos a conocer la existencia de cortes de talud, suelos sin cobertura vegetal que reactivan los fenómenos geodinámicos.
- Evaluación de Peligros Geológicos en la Quebrada Apurante Huayco-Ladrilleras (INGEMMET, 2019), en su informe técnico, menciona que en la exploración de campo realizada a la APV Thancarpucyo, sector superior de la margen derecha de la quebrada Apurante Huayco, sureste de la ciudad de Cusco, se reconocieron dos sectores de cárcavas rellenadas inadecuadamente con material de desmonte, lo cual podría generar problemas geodinámicos futuros; no obstante, se menciona que las fábricas ladrilleras con fin de obtener materias primas estarían realizando cortes al talud, esta quebrada se encuentra aledaña a nuestra área de estudio, compartiendo gran parte de los cortes de talud, cárcavamientos, deslizamientos que podrían generar los flujos de detritos.

2.2. MARCO REFERENCIAL

En la realización de la presente tesis primaron cinco trabajos realizados por distintos exponentes, los cuales son de particular interés.

2.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

- **Antecedente 1.** Lecaros A. (2021), en su tesis titulada Evaluación de susceptibilidad a la generación de flujos de detritos, ladera oriental entre las localidades Chancoquín y La Arena, valle de Tránsito, región de Atacama, Chile, tuvo como finalidad estimar la susceptibilidad de la generación de flujos de detritos mediante el análisis de los factores condicionantes, asignando un nivel de susceptibilidad frente a este peligro a partir de variables geológicas, geotécnicas, geomorfológicas y del registro de eventos ocurridos con anterioridad. Como conclusión, determinó que los depósitos no consolidados presentan una mayor susceptibilidad a ser movilizados, destacando los depósitos aluviales modernos y antiguos, coluviales y materiales de remoción. Este antecedente aporta a la presente investigación al evidenciar la importancia de considerar factores condicionantes, como la geología y la geomorfología.

- **Antecedente 2.** Sepúlveda A., Patiño J. y Rodríguez C. (2016), en su artículo Metodología para evaluación de riesgo por flujo de detritos detonados por lluvia: caso Útica, Cundinamarca, Colombia, tuvieron como propósito evaluar los niveles de riesgo por flujo de detritos desencadenados por precipitaciones. Para la evaluación de la susceptibilidad aplicaron un modelo estadístico bivalente, entre los factores condicionantes analizados se incluyeron la pendiente, la litología, la curvatura, la cobertura y el espesor del estrato. Asimismo, las precipitaciones fueron empleadas como factor desencadenante, utilizando modelos de regresión logística con la finalidad de analizar una relación de la precipitación acumulada y la precipitación del evento, con la finalidad de definir el umbral de precipitación capaz de generar el flujo de detritos. Los parámetros considerados para la evaluación fueron la altura y la velocidad del flujo. En cuanto a la vulnerabilidad, se emplearon el índice de resistencia y el índice de exposición, integrando variables como la altura de depositación del flujo y la presión de impacto. Este antecedente contribuye a la presente investigación al proporcionar un procedimiento para el estudio de riesgo, basado en la integración de la vulnerabilidad con el peligro y el costo de las edificaciones, clasificados en niveles alto, medio y bajo mediante el método de cuartiles para diferentes periodos de retorno.
- **Antecedente 3.** Delgadillo A., Ferrer C. y Dugarte M. (2010), en su artículo Aspectos hidrogeomorfológicos de un sector de los Andes merideños (Venezuela): Un intento de zonificación por crecidas y flujos de detritos, tuvieron como objetivo estimar el riesgo asociado a precipitaciones que superan los umbrales críticos en periodos de retorno cortos, con la finalidad de establecer una zonificación de las áreas susceptibles a ser afectadas por flujos de detritos. Como resultado, determinaron que las precipitaciones exceden los valores críticos en periodos de retorno reducidos, incrementando la susceptibilidad del área frente a procesos erosivos y movimientos en masa. Este estudio aporta a la presente investigación al evidenciar la importancia de evaluar factores condicionantes, (pendiente, tipo de suelo, cobertura vegetal) considerando las precipitaciones como factor desencadenante. Asimismo, resalta la necesidad de contar con estudios técnicos previos al desarrollo de obras de infraestructura o proyectos urbanísticos, además de promover el conocimiento de los peligros existentes entre la población asentada en las zonas de influencia.

2.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES

- **Antecedente 1.** Delgado Estrada J. y Canqui G. (2022) en su informe de trabajo de campo para la evaluación del riesgo por flujo de detritos originado por precipitaciones anómalas en los A.H. “Cesar Vallejo” A.H. “Hijos de Saldaña”, distrito de Comas, Provincia y Departamento de Lima cuyo objetivo es identificar los lugares más susceptibles donde se podría desarrollar el peligro y alertar a la población, para ello se usaron datos obtenidos de INGEMMET y con la constatación de información de campo, junto con las encuestas desarrolladas para vulnerabilidad fueron realizados los mapas de riesgo de flujo de detritos considerando el manual del CENEPRED y calculando los daños y pérdidas. Nos

aporta con la correcta toma de datos a la hora de identificar el grado de vulnerabilidad que presentan las viviendas ubicadas en el área de estudio.

- **Antecedente 2.** Gamarra Pérez, M. (2020), en su tesis Evaluación de peligros geológicos referidas al flujo de detritos en el distrito de Cerro Colorado, la investigación estuvo dirigida a la elaboración de cartografía de peligro geológico por flujos de detritos mediante una metodología cuantitativa, considerando los elementos expuestos y aplicando el PAJ de Saaty para generación de información. Como conclusión, entre los factores condicionantes evaluados se incluyeron la geología, la geomorfología y las pendientes, mientras que las lluvias intensas fueron consideradas el factor desencadenante para la elaboración de mapas temáticos y la determinación de los niveles de peligrosidad frente a flujos de detritos. Este antecedente contribuye a la presente investigación al proporcionar criterios para la selección y evaluación de los factores condicionantes, especialmente la geología, la geomorfología y las pendientes, empleados en la determinación de los niveles de peligro.
- **Antecedente 3.** Millán Arancibia C. (2018) en su tesis Modelación del Flujo de Detritos para el análisis del riesgo en la quebrada Los Cóndores, Provincia de Lima, Perú con el propósito de establecer los rangos de riesgo por flujos de detritos en la quebrada Los Cóndores, llegando a los resultados que las áreas se encuentra expuestas a peligros como flujo de detritos que ya ocurrieron y podrían ocurrir próximamente atentando el entorno de la población aledaña a la quebrada, para ello se generaron mapas de riesgo y con el software RAMMS se modeló una simulación de altura y velocidades de flujo de detritos lo cual es beneficioso para entender mejor la ocurrencia y modelo en un tiempo de retorno dado, nos aporta un modelo para entender cómo se origina el fenómeno de flujo de detritos.

2.2.3. ANTECEDENTES LOCALES

- **Antecedente 1.** Limachi Aimituma, F. (2023), en su tesis Evaluación del nivel de riesgo por flujo de detritos en el área de influencia de la quebrada Tticctocpata, distrito de Coya, provincia de Calca, departamento de Cusco, tuvo como finalidad establecer niveles de riesgo asociados a flujos de detritos mediante la evaluación de peligro y vulnerabilidad, aplicando el PAJ de Saaty, para la determinación del peligro consideró como factores condicionantes las unidades litoestratigráficas (geología), la geomorfología, las pendientes y la cobertura vegetal, mientras que las precipitaciones pluviales fueron empleadas como factor desencadenante. En cuanto a la vulnerabilidad, identificó niveles altos y muy altos, asociados a la proximidad de las viviendas a las áreas de flujos de detritos, al elevado grado de exposición, a la fragilidad de las edificaciones, predominantemente de construcción precaria, y al bajo nivel de resiliencia de la población. Como conclusión, el área de estudio tiene un nivel de riesgo alto frente a flujos de detritos. Este antecedente aporta a la presente investigación al evidenciar la importancia de identificar los sectores críticos para brindar medidas preventivas y mermar el riesgo, tales como la construcción de gaviones, diques y dissipadores de energía, las cuales servirán como referencia para la propuesta de medidas en la quebrada Accohuayco.

- **Antecedente 2.** El informe técnico Evaluación de Peligros Geológicos en la quebrada Apurante Huayco, distrito de San Jerónimo, provincia y región Cusco (INGEMMET, 2019, Informe Técnico A6938) describe los resultados derivados del estudio de peligros geológicos relacionados a fenómenos de remoción en masa (deslizamientos, derrumbes, flujos de detritos), desarrollada en la quebrada Apurante Huayco. Entre los principales hallazgos se identificaron zonas con cárcavas en proceso de relleno, las cuales podrían originar futuros problemas geodinámicos, así como sectores afectados por procesos de erosión de laderas caracterizados por el ensanchamiento y profundización de las cárcavas. Estos fenómenos han ocasionado afectaciones en viviendas, vías de comunicación y terrenos de cultivo. Asimismo, el estudio determinó que el área evaluada presenta un nivel de peligro muy alto frente a procesos de licuefacción de suelos y flujos de detritos, siendo las zonas ubicadas al pie de la quebrada las de mayor susceptibilidad. Este informe constituye un antecedente relevante para la presente investigación, debido a que la quebrada Apurante Huayco se localiza próxima a la quebrada Accohuayco y presenta condiciones geológicas y geomorfológicas similares, proporcionando información de referencia para la identificación de procesos de deslizamiento y cárcavamientos.
- **Antecedente 3.** Peña Layme, N. (2019), en su tesis Evaluación del nivel de riesgo originado por flujo de detritos del centro poblado de Puente Santiago del distrito de Quellouno, provincia de La Convención, Cusco, se realizó un análisis para establecer rangos de riesgo asociado a flujos de detritos mediante elaboración de mapas de peligro, vulnerabilidad y riesgo, complementando el análisis con el software IBER para la simulación de los flujos y la determinación de la velocidad y altura alcanzadas por el material movilizado. Como resultado, identificó que las áreas clasificadas con niveles de riesgo alto y muy alto presentan una mayor concentración en la parte baja del área de estudio, donde existe mayor incidencia de flujos de detritos y predominan viviendas de construcción precaria. Asimismo, la evaluación del peligro se realizó considerando las precipitaciones pluviales como factor desencadenante y diversos factores condicionantes, obteniéndose mapas de estudios de riesgo. Este antecedente aporta a la presente investigación al destacar la importancia de proponer acciones preventivas y reductivas, tales como la implementación de disipadores de energía y obras destinadas al manejo y regulación del recurso hídrico en la cabecera de la cuenca para aminorar los efectos ocasionados por futuros flujos de detritos.

2.3. MARCO NORMATIVO

El presente estudio se sustenta en la normativa peruana vigente relacionada con la gestión de riesgos de desastres, la gestión de recursos hídricos e instrumentos técnicos aplicables a la evaluación del riesgo por flujo de detritos, entre las cuales se consideran las siguientes:

- Ley N.º 29664, Ley que se basa en el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD), la cual establece el marco legal para la gestión de riesgos de desastres, orientando las acciones destinadas a prevenir y reducir los riesgos existentes, evitar la generación de nuevos escenarios de riesgo y fortalecer los procesos de preparación, respuesta, rehabilitación y reconstrucción. En la presente investigación constituye el sustento para la formulación de medidas estructurales y no estructurales.
- Decreto Supremo N.º 048-2011-PCM, mediante el cual se aprueba el Reglamento de la Ley N.º 29664, estableciendo las disposiciones para la implementación y funcionamiento del SINAGERD.
- Ley N.º 30779, norma que establece medidas orientadas al fortalecimiento del SINAGERD, promoviendo una gestión más eficiente en materia de prevención y reducción del riesgo.
- Resolución Jefatural N.º 112-2014-CENEPRED/J, que aprueba la segunda versión del Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales, documento metodológico para una adecuada evaluación del peligro, la vulnerabilidad y el riesgo desarrollada en esta investigación.
- Resolución Ministerial N.º 220-2013-PCM, mediante la cual se aprueban los Lineamientos Técnicos para el Proceso de Reducción del Riesgo de Desastres, orientando la planificación e implementación de acciones destinadas a disminuir los riesgos existentes.
- Decreto Supremo N.º 111-2012-PCM, que aprueba la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, estableciendo los principios y lineamientos para el desarrollo de una gestión integral del riesgo en el territorio nacional.
- Ley N.º 29338, Ley de Recursos Hídricos, vigente desde el 30 de marzo de 2009, que regula el aprovechamiento y la gestión de las aguas superficiales y subterráneas, reconociendo su importancia social, económica y ambiental, y promoviendo su manejo integrado y sostenible.
- Decreto Supremo N.º 001-2010-AG, que aprueba el Reglamento de la Ley N.º 29338, desarrollando las disposiciones para la aplicación de la Ley de Recursos Hídricos y los mecanismos para su adecuada gestión.

2.4. MARCO CONCEPTUAL

- **Peligro**

Se define como la posibilidad de ocurrencia de fenómenos naturales, con capacidad de generar daños, ocurra en un área geográfica determinada, manifestándose con una intensidad, frecuencia y periodo de ocurrencia específicos. (CENEPRED, 2014).

- a. **Susceptibilidad**

La susceptibilidad corresponde al grado de predisposición que presenta un área geográfica para que ocurra un determinado fenómeno. Esta condición está influenciada por la interacción de factores condicionantes y desencadenantes en el ámbito de estudio (CENEPRED, 2014).

- b. **Factor Condicionante**

Corresponden a características propias del territorio que influyen en el comportamiento de un fenómeno natural, pudiendo favorecer o limitar su ocurrencia, así como modificar su magnitud, intensidad y distribución espacial (CENEPRED, 2014).

- c. **Factor Desencadenante**

Los factores desencadenantes corresponden a aquellos elementos o condiciones externas que generan la ocurrencia de un fenómeno natural, pudiendo activar eventos asociados que ocasionen situaciones de peligro dentro de un espacio geográfico determinado (CENEPRED, 2014).

- **Vulnerabilidad**

La vulnerabilidad hace referencia al grado de predisposición que presentan las personas, la infraestructura física y las actividades económicas o sociales para ser afectadas ante la ocurrencia de un peligro. Esta condición depende de las características y del nivel de exposición frente al fenómeno considerado (CENEPRED, 2014)

- a. **Exposición**

La exposición corresponde a la condición en la que las personas, sus bienes y sus recursos se localizan dentro del ámbito del peligro, lo que incrementa la posibilidad de sufrir daños ante su ocurrencia. Esta situación suele originarse por un inadecuado uso y ocupación del territorio, asociado a procesos de crecimiento poblacional, migración, expansión urbana sin planificación y políticas de desarrollo que no consideran criterios de sostenibilidad. En consecuencia, mientras mayor sea el grado de exposición, mayor será la vulnerabilidad frente al peligro. (CENEPRED, 2014)

- b. **Fragilidad**

Comprende las condiciones internas de los elementos expuestos que determinan su nivel de resistencia o susceptibilidad frente a un peligro, considerando principalmente aspectos físicos relacionados con la población y sus bienes. (CENEPRED, 2014)

c. Resiliencia

Describe la capacidad que poseen las personas, familias, poblaciones, instituciones públicas y privadas, actividades económicas e infraestructuras para afrontar los efectos ocasionados por un peligro, adaptarse a las condiciones generadas, recuperarse y fortalecer sus capacidades ante futuros eventos. Asimismo, comprende el aprendizaje obtenido de experiencias anteriores frente a desastres, permitiendo mejorar las acciones de preparación y respuesta para reducir sus impactos (CENEPRED, 2014).

- **Riesgo de Desastres**

Representa una posibilidad que los habitantes y las fuentes de sustento sufran afectación debido a la interacción entre las condiciones de vulnerabilidad existentes y la ocurrencia de un peligro. Este se determina mediante la relación entre peligro y vulnerabilidad de los elementos expuestos, permitiendo estimar los daños y consecuencias en ámbitos social, económico y ambiental ocasionados por la ocurrencia de uno o varios fenómenos naturales (CENEPRED, 2014).

- **Movimientos en Masa**

Tabla 4. *Clasificación movimientos en masa*

TIPO	SUBTIPO
Caídas	Caída de roca
Volcamiento	Volcamiento de roca
	Volcamiento flexural de roca
Deslizamiento de roca o suelo	Deslizamiento traslacional, deslizamiento en cuña
	Deslizamiento rotacional
Propagación Lateral	Propagación lateral lenta
	Propagación lateral por licuación
Flujo	Flujo de detritos
	Crecida de detritos
	Flujo de lodo
	Flujo de tierra
	Flujo de turba
	Avalancha de detritos
	Avalancha de rocas
	Deslizamiento por flujo o deslizamiento por licuación
Reptación	Reptación de suelos
	Solifluxión

Nota. Adaptado de Cenepred (2014)

a) Caída de roca o suelo

La caída corresponde está caracterizada por desprendimientos de uno o más bloques rocosos o suelo desde una ladera, sin que se produzca un desplazamiento significativo por corte sobre la superficie de ruptura. Una vez separados del macizo, los materiales descienden principalmente a través del aire, experimentando procesos de caída libre, rebote y rodamiento antes de alcanzar la superficie (Varnes, 1978). De acuerdo con la naturaleza del material movilizado, este fenómeno puede clasificarse como caída rocosa. Su comportamiento es considerado con desplazamiento rápido o de gran rapidez, con velocidades superiores a $5 \times 10 \text{ mm/s}$ (Cruden y Varnes, 1996), pudiendo incluso superar los 100 m/s en determinados eventos documentados.

Su principal característica muestra que el material se desplaza de manera individual, sin desarrollar un comportamiento de flujo. Aunque durante el descenso pueden producirse colisiones entre los fragmentos y variaciones en sus trayectorias, estos no se movilizan como una masa continua.

Imagen 2. *Margen izquierda del río Huaura, Lima, Perú*



Nota. Adaptado de INGEMMET (2014)

Imagen 3. *Esquema de caída de rocas.*

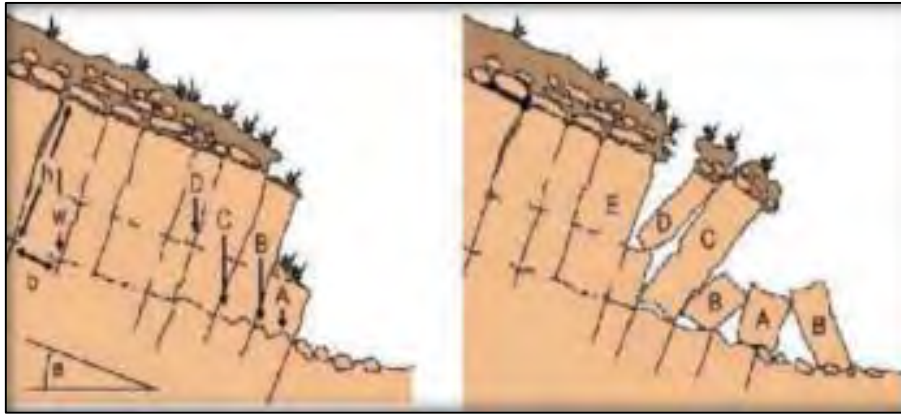


Nota. Adaptado de Evans y Hungr (1993)

b) Volcamientos o basculamientos

Los volcamientos o basculamientos constituyen un proceso de remoción en masa que variedad de bloques rocosos o suelo experimentan una rotación hacia adelante en torno a un punto de apoyo o eje de rotación. Dicho fenómeno puede originarse bajo efecto gravitatorio, el empuje ejercido por bloques contiguos o la presión de fluidos presentes en las discontinuidades o grietas del macizo rocoso (Varnes, 1978). De acuerdo con sus características, el volcamiento puede clasificarse en volcamiento en bloque, volcamiento por flexión y volcamiento flexional del macizo rocoso, los cuales se describen a continuación.

Imagen 4. *Esquema de vuelco en bloque*



Nota. Adaptado de Evans y Hungr (1993)

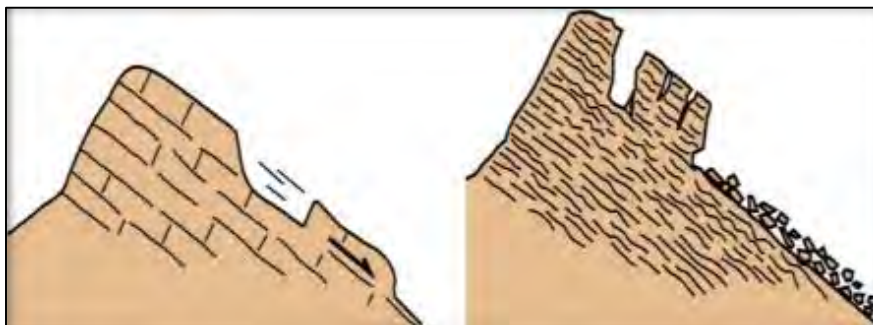
c) Deslizamiento de roca o suelo

Los deslizamientos corresponden a movimientos en masa en los que una masa rocosa o suelo se moviliza cuesta abajo a través de un área de ruptura concentrándose la deformación por esfuerzos cortantes. De acuerdo con la clasificación propuesta por Varnes (1978), dichos movimientos se agrupan según la geometría del área de falla en deslizamientos tipo traslacional y rotacional. Los deslizamientos traslacionales se presentan en forma planar o en cuña; más en numerosas situaciones la superficie de falla muestra una geometría compleja, conformada por la combinación de segmentos planos y curvos. En estas condiciones, el movimiento se clasifica como un deslizamiento compuesto (Hutchinson, 1988).

▪ Deslizamiento Traslacional

El deslizamiento traslacional es un movimiento en masa caracterizado por el desplazamiento de una porción rocosa o suelo sobre la zona de ruptura plana o leve ondulación. Este tipo de deslizamiento afecta materiales superficiales y se desarrolla siguiendo planos de discontinuidad geológica aprovechando estructuras de debilidad, entre ellas fallas, diaclasas, planos de estratificación y las superficies de contacto existentes entre el basamento rocoso y depósitos transportados que lo sobreyacen. (Cruden y Varnes, 1996).

Imagen 5. *Gráfica deslizamiento traslacional*



Nota. Adaptado de Dulcet y Garcia (1997)

Cuando el desplazamiento de la masa ocurre sobre una única superficie de ruptura, este tipo de movimiento recibe la denominación de deslizamiento planar (Hoek y Bray, 1981). Por otro lado, el deslizamiento tipo cuña se produce cuando el material movilizado está limitado por planos de discontinuidad que se convergen y, además, afloran en la cara del talud o de la ladera. En estas condiciones, el movimiento se desarrolla siguiendo la línea de intersección de ambos planos o, en determinados casos, a lo largo del buzamiento de uno de ellos.

Imagen 6. *Deslizamiento en cuña*

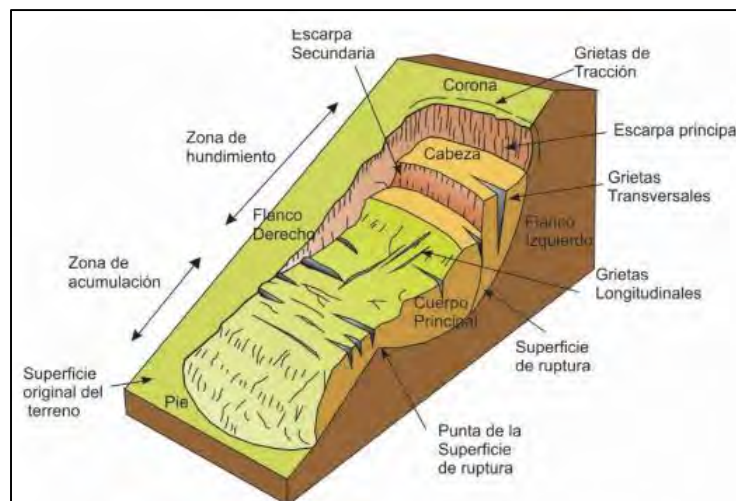


Nota. Adaptado de Hoek y Bray (1981)

Deslizamiento Rotacional

Constituye un proceso de remoción en masa donde el desplazamiento del material se produce sobre una superficie de ruptura curva y cóncava. Se caracteriza por presentar un escarpe principal bien definido y una superficie en la parte superior con inclinación hacia dicho escarpe, generalmente la masa desplazada experimenta poca deformación interna. Debido a su comportamiento autoestabilizante y a que suele desarrollarse en materiales de baja competencia, estos deslizamientos normalmente presentan velocidades reducidas, excepto cuando involucran materiales muy frágiles, como las arcillas sensitivas.

Imagen 7. *Esquema de un deslizamiento con sus partes principales*



Nota. Adaptado de Cruden y Varnes (1996)

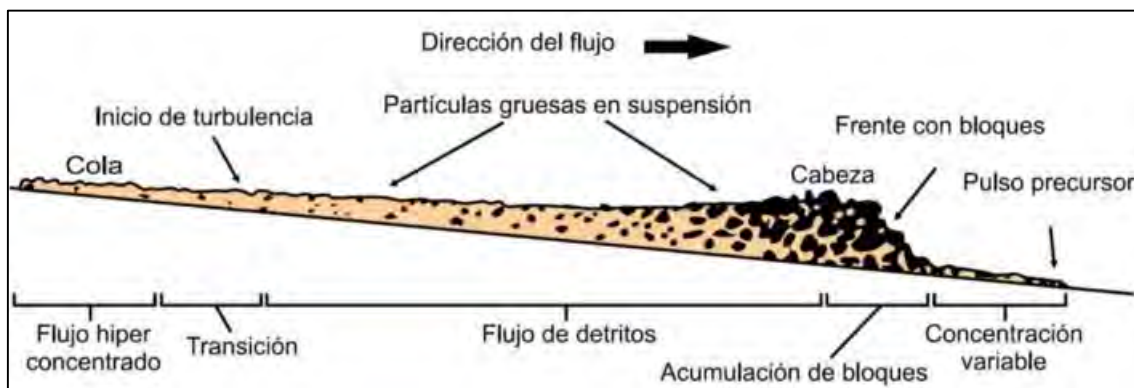
d) Flujo de detritos

Proceso natural que suele originarse en cuencas de reducida extensión y con fuertes pendientes, donde las precipitaciones intensas de corta duración generan la erosión, el transporte y la acumulación de sedimentos no consolidados. Este fenómeno corresponde a una mezcla de agua, lodo y fragmentos rocosos de diferentes tamaños que desciende por gravedad a través de quebradas o cauces, ocasionando daños en los elementos que encuentra a lo largo de su recorrido. En regiones áridas y semiáridas, este tipo de evento es conocido como huayco (Martínez, 1999).

Debido a su elevado contenido de sedimentos, el flujo puede desplazarse a velocidades altas, siguiendo el trazado de cauces y laderas de fuerte inclinación. Durante su recorrido incorpora progresivamente bloques, gravas y otros materiales sueltos, los cuales finalmente se depositan en las zonas de menor pendiente, formando abanicos de detritos (Región Andina, 2007).

Los flujos de detritos (Imagen 8) son movimientos en masa que se desplazan principalmente por cauces o canales con pendientes pronunciadas. Generalmente, se originan a partir de deslizamientos superficiales individuales o múltiples en las cabeceras de cuencas o la pérdida de estabilidad de segmentos del canal natural. Durante su recorrido incorporan grandes volúmenes de material saturado, el cual es transportado pendiente abajo hasta ser depositado en abanicos de detritos al final de su trayectoria (PMA, 2007).

Imagen 8. Modelo representativo de flujos de detritos



Nota. Adaptado de Pierson (1986)

- **Procesos Erosivos**

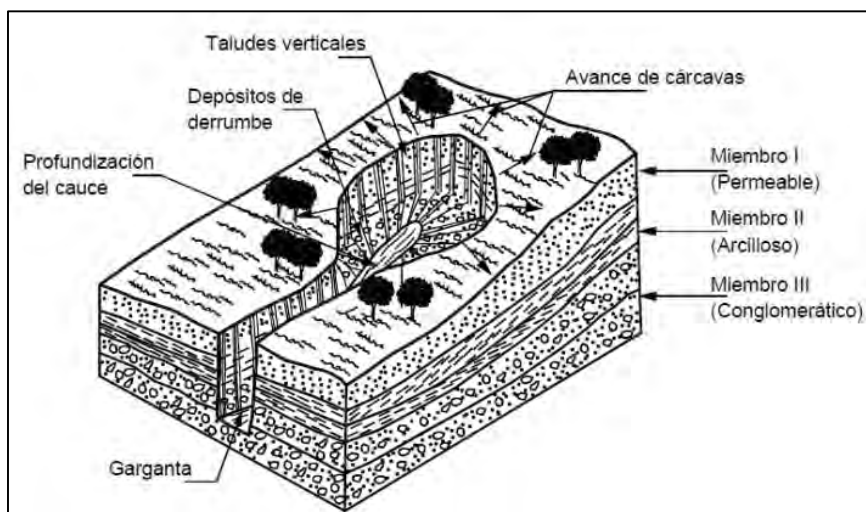
- a) **Erosión en cárcavas**

Una cárcava es una incisión o canal natural originado por la acción del flujo concentrado de agua, por donde circula la escorrentía superficial durante o inmediatamente después de precipitaciones intensas (SCSA, 1982).

La formación de cárcavas está relacionada con la interacción de factores antrópicos y condiciones físicas del terreno. Entre los principales factores se encuentran el mal uso del territorio y la cobertura vegetal, el pastoreo excesivo, la habilitación de caminos, el tránsito continuo de animales y vehículos, las precipitaciones intensas o abundantes y las

características del relieve, las dimensiones y forma de la cuenca, la longitud y pendiente de las laderas y las características propias del suelo (Bocco, 1991; Strunk, 2005). Las cárcavas representan la etapa más desarrollada del proceso erosivo y se distinguen por la profundidad, condición que favorece la expansión lateral y frontal mediante el desprendimiento progresivo del material.

Imagen 9. Corte esquemático erosión en cárcavas



Nota. Adaptado de Suarez (2009)

b) Erosión en surcos

La erosión en surcos corresponde al desgaste producido por el flujo de agua en cursos naturales, como quebradas, ríos y escorrentías superficiales. Este proceso ocurre cuando la fuerza ejercida por el agua supera la resistencia de los materiales del terreno, generando socavación tanto en el fondo como en los márgenes del cauce. Como consecuencia, se movilizan materiales de diferentes tamaños, entre ellos arcillas, limos, arenas, gravas, cantos y bloques, los cuales pueden ser transportados en solución, suspensión o como carga de fondo. En cauces de régimen torrencial, este tipo de erosión puede desplazar grandes volúmenes de sedimentos (Escobar, 2016).

Imagen 10. Erosión en surcos



Nota. Adaptado de Pixabay (2014)

CAPÍTULO III. MÉTODO

3.1. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación planteada es de naturaleza básica, el cual tiene como finalidad generar conocimiento técnico sobre los elementos que intervienen en la estimación de riesgo por flujo de detritos de la quebrada Accohuayco, mediante análisis de las características geológicas, geomorfológicas, hidrometeorológicas y sociales del área de estudio.

Según Hernández Sampieri et al. (2014), esta modalidad básica busca ampliar el conocimiento sobre un fenómeno determinado, sin que necesariamente implique una intervención directa o la modificación de la realidad estudiada.

En este sentido, la investigación emplea la metodología establecida por CENEPRED para evaluar el riesgo por flujo de detritos, permitiendo identificar y caracterizar los niveles de los componentes de riesgo presentes en la quebrada Accohuayco, los resultados obtenidos constituyen información técnica que puede servir como referencia para futuras acciones relacionadas con la gestión del riesgo de desastres.

3.1.2. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

Mixto

El enfoque mixto integra procedimientos de recopilación, análisis e interpretación de información cuantitativa y cualitativa dentro de una misma investigación, con el propósito de abordar y dar respuesta al problema planteado (Hernández et al., 2014).

Parte de la evaluación del nivel de peligro y vulnerabilidad, nace a partir de cuantificar y describir la exposición, susceptibilidad y ocurrencia de un desastre que puede generar daños a las infraestructuras, actividad económica, vida e integridad física de la población. Mediante la interacción de los factores asociados al peligro y las condiciones de vulnerabilidad se establecerá el nivel de riesgo a los que están expuestas las viviendas ubicadas en nuestra zona de estudio.

3.1.3. NIVELES DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación tiene un nivel descriptivo, debido a que busca caracterizar y determinar los componentes del estudio de riesgo de la quebrada Accohuayco, mediante análisis de las condiciones físicas, geológicas, geomorfológicas, hidrometeorológicas y sociales del área de estudio.

Se enfoca en analizar y presentar las características propias de un fenómeno, considerando sus rasgos y condiciones que permiten su adecuada descripción sometido a análisis, permitiendo describir sus componentes y comportamiento dentro de un contexto determinado. (Hernández et al., 2014).

En este sentido, la investigación describe los factores condicionantes y desencadenantes asociados al peligro por flujo de detritos, así como las condiciones de vulnerabilidad de la población y elementos expuestos, para finalmente determinar la categorización del riesgo empleando el procedimiento metodológico de CENEPRED.

3.1.4. ETAPAS EN LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

A) Etapa pre-campo

Etapa en la cual se recopiló antecedentes e información bibliográfica. La información bibliográfica se obtuvo de la biblioteca del INGEMMET y de la biblioteca de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica de la UNSAAC. Se tomaron en cuenta en la recopilación de estudios hidrogeológicos, geológicos, ambientales, recursos hídricos, hidrológicos, estratigráficos, estructurales, etc. La información cartográfica que se utilizó fue proporcionada por el Centro Nacional de Información Geográfica del Instituto Geográfico Nacional (IGN), la cartografía geológica del Geocatmin (Ingemmet) y los datos meteorológicos e hidrológicos del SENHAMI.

La delimitación del área de estudio se obtuvo mediante técnicas SIG de delimitación de cuenca específica, uso del software ArcGis, así como las imágenes satelitales obtenidas de SASPlanet que nos ayudaron a reconocer las estructuras geológicas importantes.

B) Etapa de campo

Las labores de campo que se realizarán en varias campañas en el año 2024 en temporadas de aguas bajas y altas, básicamente se centrarán en diversas tareas; primero el inventario georeferenciado de movimientos en masa de la zona, tomando sus parámetros, la ubicación con los mapas satelitales, el mapeo de la zona para realizar mapas locales tomando de base la geología regional de INGEMMET.

C) Etapa post-campo (Análisis de interpretación de resultados)

La parte que se resuelve en el laboratorio corresponde a los análisis de los datos tomados en campo para realizar mapa geológico local, mapa geomorfológico local, mapa de pendientes, secciones geológicas, y con ayuda de las matrices de Saaty de CENEPRED realizar los mapas de peligros, vulnerabilidad para hallar finalmente el mapa de riesgos por movimientos en masa con ayuda del software ArcGis 10.5 y Autocad 2022.

3.1.5. INSTRUMENTO Y TECNICAS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.1.5.1. TECNICAS PARA LA RECOLECCION DE DATOS

Para lograr los objetivos planteados, las principales técnicas empleadas en el estudio son: Elaboración de mapas temáticos (base, ubicación, geológico, geomorfológico, pendientes, geodinámica externa e interna, hidrológico, geotécnico, peligros, vulnerabilidad y riesgos), muestreos y ensayos de laboratorio los cuales nos permiten determinar los niveles de riesgo.

Asimismo, también se hará uso de los siguientes softwares:

- SAS Planet 15.1 (se utilizará para descargar imágenes satelitales de alta resolución).
- ASF Data Search (se utilizará para generar curvas de nivel a 10 metros).
- ArcGIS 10.8 (para generación de mapas temáticos).
- FieldMove (para la toma de datos de mediciones y buzamientos en el campo)

3.1.5.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se hará uso de los materiales e instrumentos siguientes.

- GPS
- Brújula
- Cámara Fotográfica
- Equipos Topográficos
- Materiales de Campo
- Cronómetro
- Cíncel
- Picota
- Tablero
- Plumones y lapiceros
- Flexómetro
- Lupas 10x-20x
- Rayador
- Protacto
- Bolsas de muestreo para rocas y suelo
- Ácido Clorhídrico
- Laptop
- Encuestas de vulnerabilidad

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1. GEOMORFOLOGÍA

4.1.1. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

4.1.1.1. VERTIENTE O PIEDEMONTE ALUVIO-TORRENCIAL (P-at)

Corresponde al depósito conformado por materiales depositados durante procesos de transporte y sedimentados como consecuencia del desplazamiento de un flujo de detritos (huayco), generan cambios locales en la trayectoria de los cauces fluviales y se localizan en las zonas donde las quebradas confluyen con los ríos principales. En esta unidad se pueden apreciar flujo de detritos (INGEMMET, 2020).

4.1.1.2. CAUCE DE RÍO

Corresponde a cauces y lechos de quebradas que se encuentran en la ciudad del Cusco, principales recolectores del drenaje fluvial principal del río Huatanay (INGEMMET, 2020).

4.1.1.3. COLINA EN ROCA SEDIMENTARIA (RC-rs)

Esta unidad geomorfológica está conformada por afloramientos de rocas sedimentarias y brechas pertenecientes a la Formación Chincheros, los cuales han sido modelados por procesos geológicos y conforman relieves elevados, en estos sectores se evidencian procesos de erosión en las laderas (INGEMMET, 2020).

4.1.1.4. MONTAÑA EN ROCA SEDIMENTARIA (RM-rs)

Se distingue por presentar relieves escarpados y cumbres de gran elevación ubicadas en los contornos de la cuenca. En el sector norte se localizan las montañas Pachatusan, con altitudes comprendidas entre los 3600 y 4200 m s. n. m. Sus laderas son de fuerte pendiente y están constituidas por rocas sedimentarias pertenecientes al Grupo Yuncaypata y al Grupo San Jerónimo. (INGEMMET, 2020).

4.1.1.5. MONTAÑA ESTRUCTURAL EN ROCA SEDIMENTARIA (RME-rs)

Conformada por relieves montañosos producto de la actividad tectónica, los cuales han sido sometidos a procesos de modelamiento superficial ocasionados por agentes exógenos, principalmente la acción combinada de las precipitaciones y la esorrentía, estas están ubicadas al sur del Cusco. Litológicamente corresponde a rocas sedimentarias correspondientes al Grupo San Jerónimo (areniscas, lutitas y conglomerados). Las estructuras tectónicas tienen el dominio del alineamiento de las estructuras andinas (NW-SE). Esta unidad se asocia a procesos geomorfológicos vinculados al desgaste de las laderas, remoción de bloques de roca, inestabilidades por derrumbe y movimientos de masa con mecanismo traslacional. (INGEMMET, 2020).

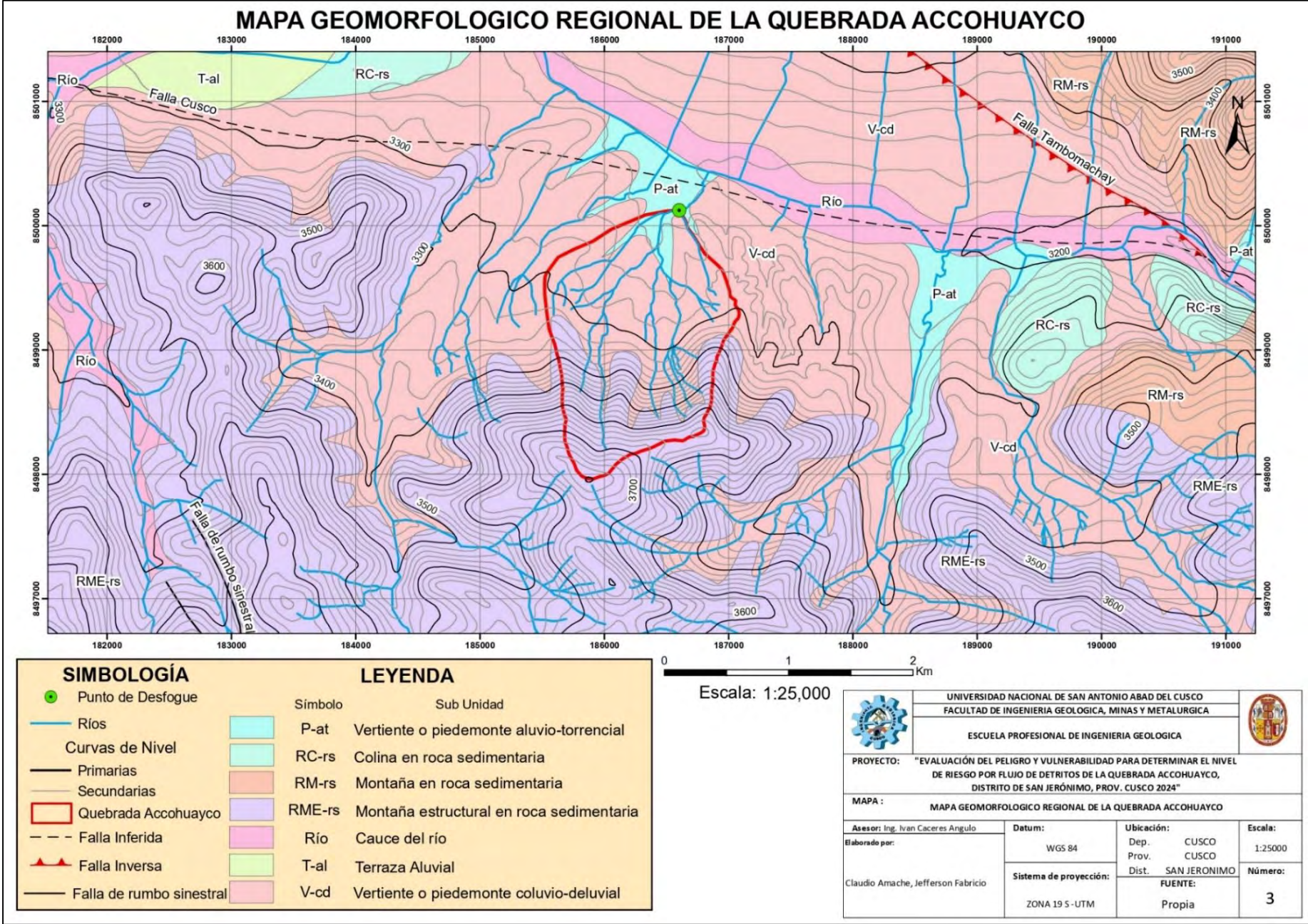
4.1.1.6. TERRAZA ALUVIAL (T-al)

Las terrazas aluviales corresponden a superficies ubicadas a ambos lados del cauce principal del río Huatanay. Los niveles de mayor elevación representan antiguos depósitos de origen fluvial que han sido disectados debido al proceso de profundización del valle ocasionado por la acción del río. Estas unidades presentan superficies planas o ligeramente inclinadas y están conformadas, principalmente, por depósitos aluviales asociados a antiguas zonas de inundación (INGEMMET, 2020).

4.1.1.7. VERTIENTE O PIEDEMONTE COLUVIO-DELUVIAL (V-cd)

Esta unidad geomorfológica está constituida por depósitos intercalados de origen coluvial y deluvial, provenientes de la Formación San Sebastián y de depósitos cuaternarios cercanos al área de estudio. Debido a su disposición interestratificada, es difícil diferenciarlos como unidades individuales, los materiales se acumulan en la base de las laderas montañosas y, desde el punto de vista geodinámico, se encuentran asociados a la ocurrencia de flujos de detritos. (INGEMMET, 2020).

Mapa 3. Mapa geomorfológico regional de la quebrada Accohuayco



Nota. Adaptado de INGEMMET

4.1.2. PENDIENTES

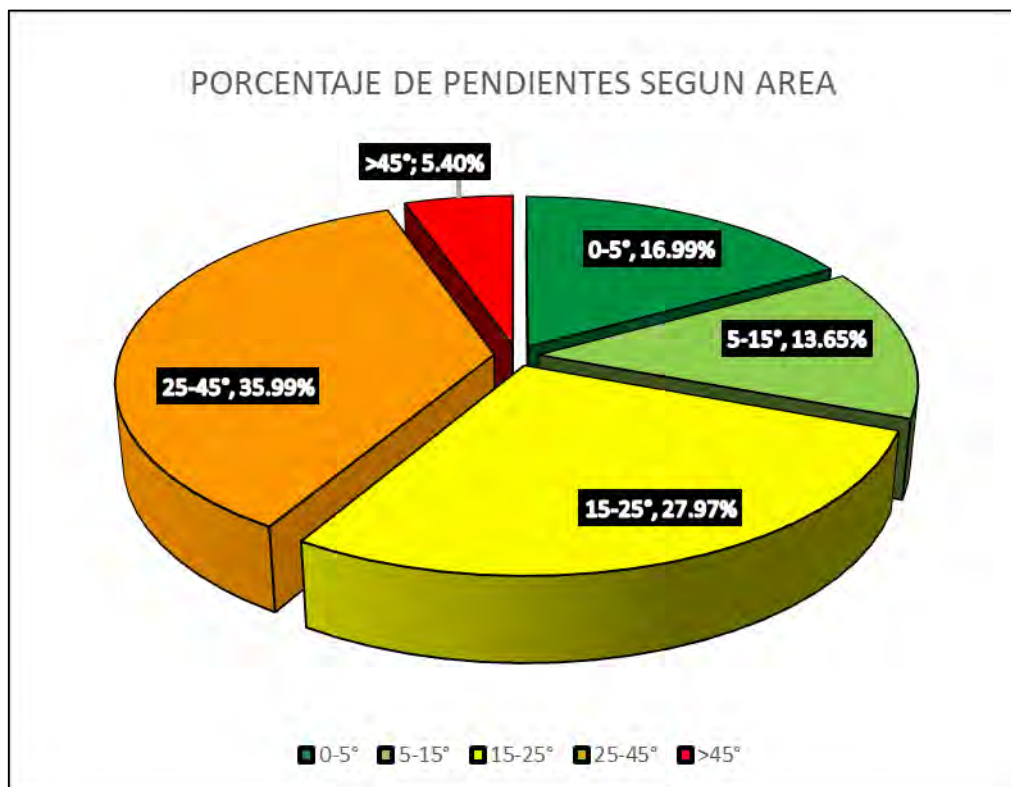
El relieve del área de la quebrada Accohuayo evidencia una topografía bastante diversa por la acción antrópica, la geología y la erosión, desde el inicio de la quebrada en la parte baja hasta la parte alta de la quebrada, se precisa que para desarrollar el estudio correspondiente se tiene en cuenta cinco rangos de valores de las pendientes (Gráfico N° 1), con la presencia predominante de las pendientes escarpadas, abarcando un 35.99% del área de estudio.

Tabla 5. Clasificación del rango de pendientes

Pendiente (grados)	Descripcion	Area (km2)	Porcentaje
0-5°	Terreno inclinado con pendiente suave	0.396668	16.99%
5-15°	Terreno con pendiente moderada	0.318734	13.65%
15-25°	Terreno con pendiente fuerte	0.65327	27.97%
25-45°	Terreno con pendiente escarpada	0.840343	35.99%
>45°	Terreno muy escarpado	0.126188	5.40%

Nota. Elaboración propia, adaptado de Geogpsperu

Gráfico 1. Porcentaje de pendientes en diagrama circular



Nota. Elaboración propia, adaptado de Geogpsperu

4.1.2.1. ZONA INCLINADA CON PENDIENTE SUAVE 0° A 5°

Estas pendientes están distribuidas en la parte baja a media de la quebrada, englobando sectores con muy poco grado de inclinación y/o zonas planas abarcando una proporción del 16.99 % del sector de la quebrada, se evidencian en las terrazas fluvio-lacustres y en el piso de valle.

Fotografía 1. *Se observa la poca pendiente de inclinación en el terreno*



4.1.2.2. ZONA CON PENDIENTE MODERADA DE 5° A 15°

Estas pendientes abarcan la parte media de la quebrada, ocupan un 13.65 % del área total de la quebrada, estas zonas están habitadas por gran parte de la población por su bajo grado de inclinación, aunque algunos sectores podrían presentar indicios y evidencias de peligros por movimientos en masa.

Fotografía 2. *Zona con pendiente moderada entre 5° a 15°*



4.1.2.3. ZONA CON PENDIENTE FUERTE DE 15° A 25°

Las pendientes de esta zona albergan un 27.97 % del área de la quebrada, se evidencian desde la parte baja de la quebrada hasta la parte alta, ocupando gran parte del área de estudio, se encuentran dentro de los piedemontes eluvio-columviales y las laderas erosionales, parte de las viviendas se encuentran ubicadas por estos sectores presentando indicios y evidencias de estar propensos a los peligros por movimientos en masa.

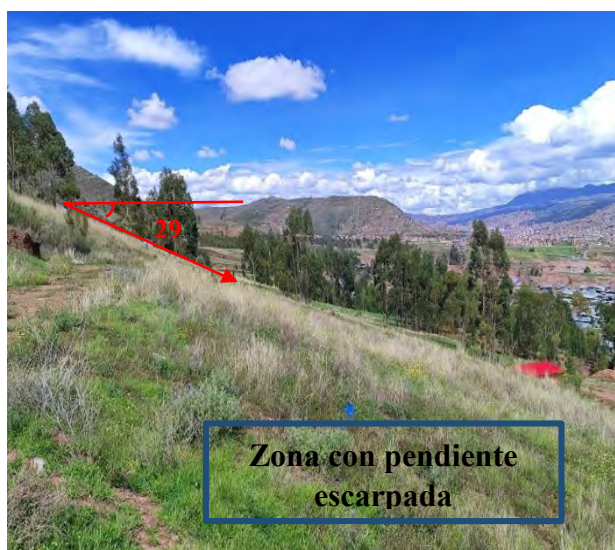
Fotografía 3. Zona con pendiente fuerte entre 15° a 25°, donde se tienen varias viviendas.



4.1.2.4. ZONA CON PENDIENTE ESCARPADA DE 25° A 45°

Las pendientes de esta clasificación ocupan una gran parte de la zona alta y algunas partes de la zona media de la quebrada Accohuayco, se encuentran en las unidades geomorfológicas de relieve colinado disectado, estas áreas son de gran interés para los análisis de peligros por flujo de detritos.

Fotografía 4. Zona con pendiente escarpada entre 25° a 45°, se encuentra al pie de monte.



4.1.2.5. ZONA MUY ESCARPADA > 45°

La distribución de estas pendientes ocupa un 5.4 % de la quebrada Accohuayco, se evidencian en las unidades geomorfológicas de carcavamientos. Estos sectores son las áreas más susceptibles a los peligros por movimientos en masa debido a la escorrentía superficial ocasionada por las precipitaciones pluviales y la acción del hombre.

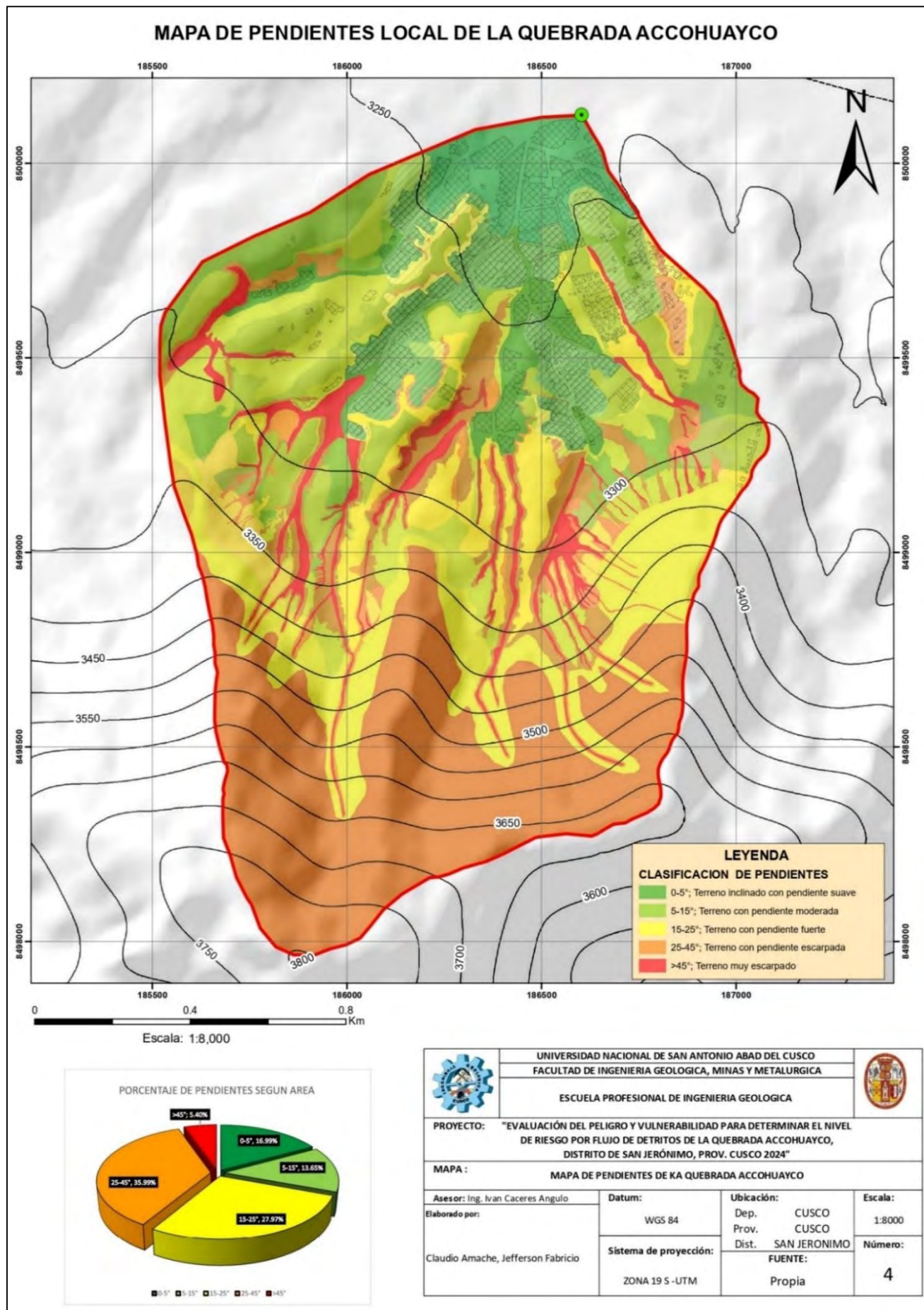
Fotografía 5. Zona con pendiente muy escarpada con 67° de inclinación, estas se encuentran en los carcavamientos.



4.1.2.6. CONTEXTUALIZACIÓN DE PENDIENTES ANTE EL PELIGRO

Luego de analizar las categorías de pendientes presentes en la zona evaluada, se reconoce la incidencia de este factor para la ocurrencia de procesos de remoción en masa, como deslizamientos y flujo de detritos. La zona presenta predominancia de pendientes escarpadas (25°-45°), representando el 35.99 % del área evaluada, condición que favorece la ocurrencia de estos fenómenos y constituye un factor condicionante relevante para la estimación de niveles de peligros mediante el proceso de Saaty.

Mapa 4. Mapa de pendientes de la quebrada Accohuayco. Adaptado de SAS Planet



Nota. Elaboración propia, adaptado de Geogpsperu

4.1.3. GEOMORFOLOGÍA LOCAL

El área de estudio consta con siete unidades geomorfológicas determinadas de acuerdo a los distintos mapeos geomorfológicos locales, teniendo unidades como piso de valle, carcavamientos, laderas erosionales, terrazas fluvio-lacustres, piedemontes coluviales, piedemontes eluvio-coluviales, relieves colinados disectados y además se tienen rellenos antrópicos donde se tienen una gran cantidad de viviendas.

4.1.3.1. PISO DE VALLE

Corresponde a la parte baja de la quebrada Accohuayco, presenta una morfología plana y pendiente menor a 5° , el piso de valle ocupa un área pequeña dentro del área de estudio, ubicándose en el punto de desfogue de la quebrada, se puede apreciar en mayor medida modificaciones antrópicas donde al ir creciendo la población y habitar la zona se procedió a realizar cortes en las terrazas para ir nivelando el terreno con el piso de valle.

Fotografía 6. Zona con pendiente muy escarpada con pendiente $>45^\circ$, se encuentra en el relieve colinado



4.1.3.2. TERRAZAS FLUVIO-LACUSTRES

Se encuentran en la parte inferior y media del área de estudio, están conformadas por estratos de arcillas, arenas y gravas, así como niveles diatomíticos de la Fm. San Sebastián, presentan pendientes moderadas de 5 a 15° .

Fotografía 7. *Terraza fluvio-lacustre en la parte media del área de estudio, presenta estratos de arenas, arcillas, gravas con intercalaciones diatomíticas propias de la Fm. San Sebastián*



Fotografía 8. *Terraza fluvio-lacustre donde se tienen viviendas, podemos observar laderas erosionales al borde junto con los carcavamientos formados por los diferentes tipos de erosión fluvial*



4.1.3.3. CARCAVAMIENTOS

Estos pequeños valles de paredes verticales, las cuales fueron formadas por la erosión hídrica a lo largo del tiempo geológico se evidencian en la parte media del área de estudio, estas se presentan en mayor medida en el piedemonte seguido de las terrazas, tienen una profundidad de hasta 20 metros y algunas ya no se evidencian porque se encuentran rellenas de manera antrópica de desmonte, presentan pendientes mayores a 45° , además se visualiza volcamientos o basculamientos de material cuaternario.

Fotografía 9. *Se observan los carcavamientos producidos por la erosión hídrica, junto a la erosión por surcos producida por el agua de escorrentía*



4.1.3.4. LADERAS EROSIONALES

Estas unidades geomorfológicas se presentan en la parte media del área de estudio, colindando con geoformas como las terrazas fluvio-lacustres, carcavamientos y piedemontes coluviales y eluvio-coluviales, presentan pendientes escarpadas en su mayoría entre 25 a 45° .

Fotografía 10. *Laderas erosionales con presencia de erosión en surcos causado por erosión hídrica, se observan viviendas al borde de las terrazas, siendo vulnerables a colapsar por peligros de flujo de detritos y/o sísmico*



4.1.3.5. PIEDEMONTES COLUVIALES Y ELUVIO-COLUVIALES

Estas acumulaciones ubicadas en las laderas se generan como consecuencia de procesos de remoción en masa como derrumbes, deslizamientos y flujos de detritos, donde materiales finos y fragmentos detríticos son desprendidos, transportados por la escorrentía superficial y posteriormente depositados al pie de las laderas (Nuñez y Luza, 2015). Estas geoformas se distribuyen principalmente en la zona media y en la base del relieve colinado.

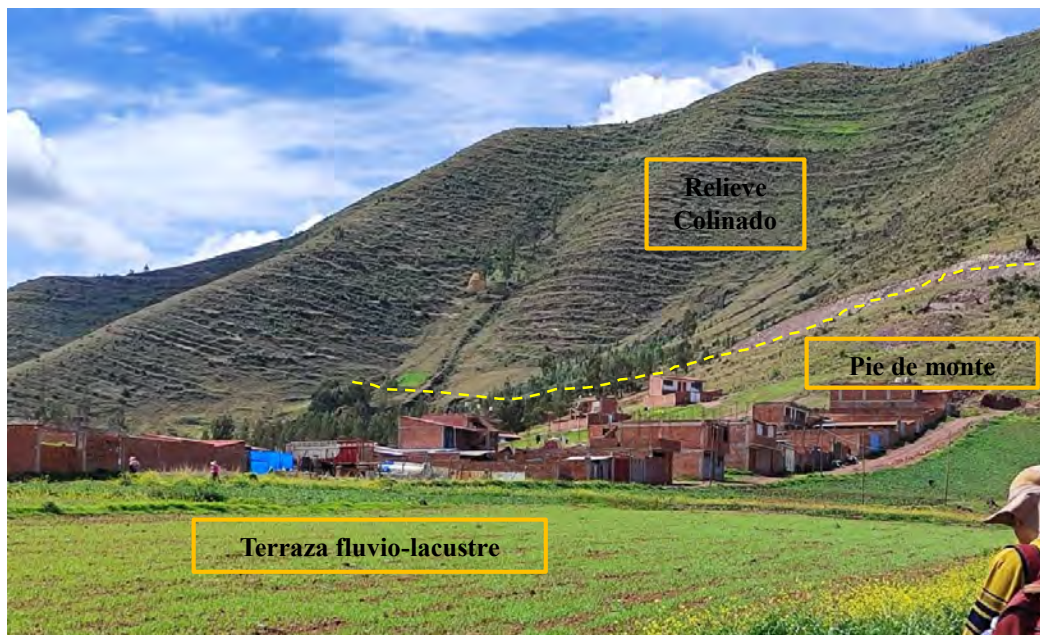
Fotografía 11. *Piedemonte coluvial ubicado en la parte media del área de estudio, se observa que junto con los materiales de arenas y fragmentos angulosos se tiene presencia de desmonte*



4.1.3.6. RELIEVE COLINADO

Geoformas que se utilizan preferentemente para áreas en que se repiten los patrones de relieve que las definen y que, por tanto, ocupan cierta extensión. La zona descrita está ubicada en la parte más alta de la quebrada conformada únicamente por la formación Kayra, por sus fuertes pendientes (entre 25 a 45°), además esta unidad se encuentra disectada por antiguos procesos erosivos.

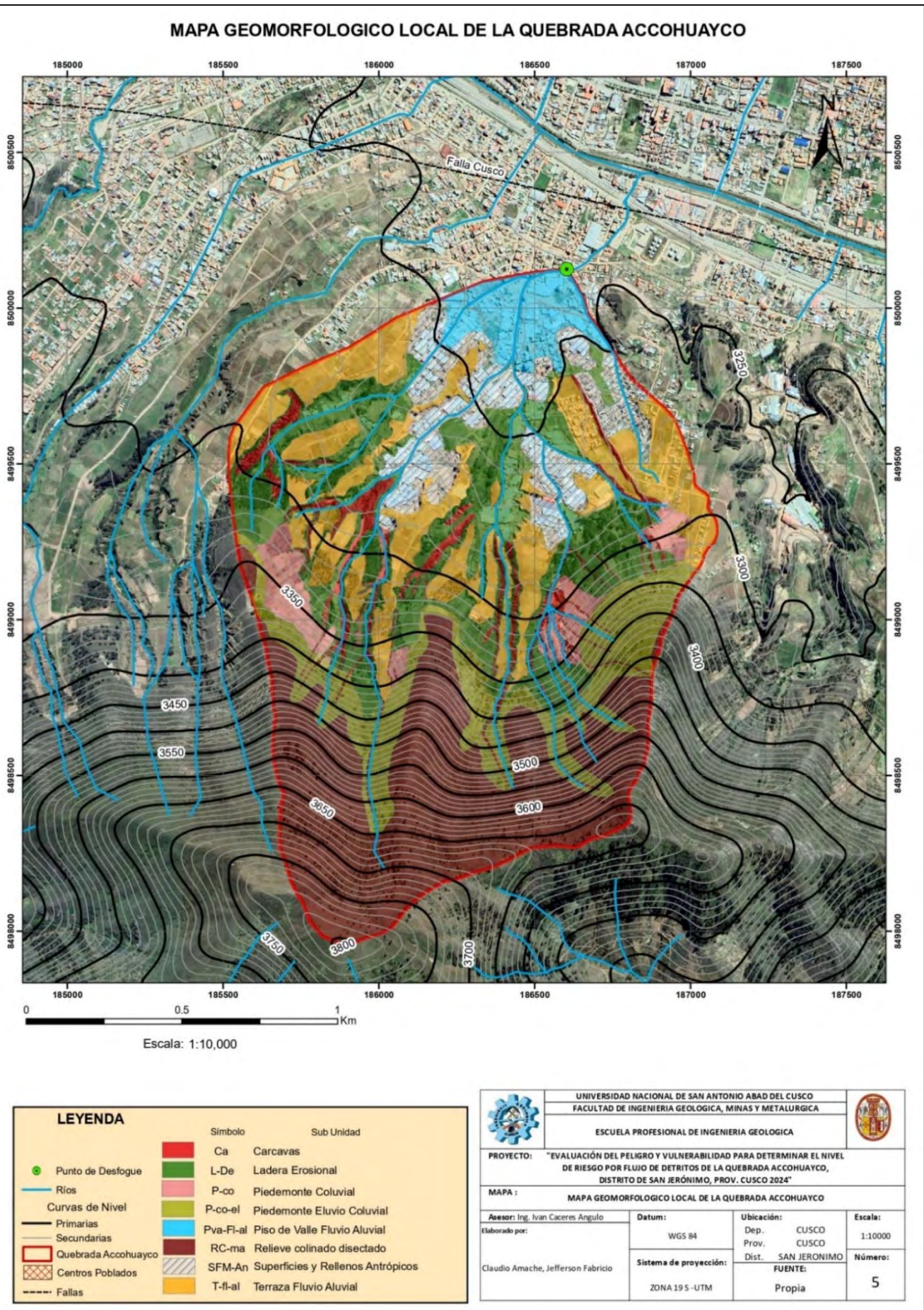
Fotografía 12. *Se distingue el relieve colinado muy alto, piedemonte y las terrazas fluvio-lacustres, los límites no son tan claros porque los depósitos de pie de monte tienden a ser generalmente someros*



4.1.3.7. CONTEXTUALIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA ANTE EL PELIGRO

Tras la descripción de las unidades geomorfológicas, las unidades que tienen más influencia para el origen de los movimientos en masa como deslizamientos, flujos de detritos son los cárcavamientos y las laderas erosionales, los cárcavamientos funcionan como canales de concentración de agua y sedimentos, sirviendo como un punto de partida en la generación de los flujos, las laderas erosionales son superficies de pendiente amplias aportando sedimento no consolidado, por ello la geomorfología es considerado un factor condicionante ante la ocurrencia de flujo de detritos.

Mapa 5. Mapa geomorfológico local de la quebrada Accohuayco



Nota. Elaboración propia, adaptado de SAS Planet

4.2. GEOLOGÍA

4.2.1. GEOLOGÍA REGIONAL

4.2.1.1. DEPÓSITOS ALUVIALES (Q-al)

En esta unidad se incluyen conos aluviales y conos de deyección, los cuales se encuentran asociados principalmente a las zonas de desembocadura de quebradas cercanas a ríos principales como el Vilcanota, Apurímac, Santo Tomás y Velille. Estos depósitos están constituidos por fragmentos de diferentes tamaños, como bloques, gravas de calizas, cuarcitas, areniscas y rocas volcánicas, contenidos en una matriz compuesta principalmente por materiales areno-arcillosos (Carlotto Caillaux, Cárdenas Roque, & Carlier, 2011).

4.2.1.2. DEPÓSITOS COLUVIALES (Q-cl)

Son depósitos constituidos por fragmentos de roca y suelo acumulados debido a la acción de la gravedad, los cuales se encuentran principalmente en las cabeceras de cuenca y en los taludes de las laderas. Presentan una composición heterogénea y corresponden a depósitos asociados a zonas de pendiente, donde se incluyen materiales generados por procesos como los deslizamientos (Carlotto, Cárdenas & Carlier, 2011).

4.2.1.3. DEPÓSITOS FLUVIALES (Q-al)

Se localizan principalmente en zonas bajas de valles, especialmente en los ríos Huatanay, Vilcanota, Apurímac, Santo Tomás y Velille. Compuestos por acumulaciones de arenas y gravas dispuestas en bancos, dando a terrazas fluviales (Carlotto Caillaux, Cárdenas Roque, & Carlier, 2011).

4.2.1.4. FORMACIÓN CHILCA (Q-ch)

La Formación Chilca aflora en sectores similares a la Formación Quilque, aunque en varios puntos presenta erosión parcial. Presenta discordancia erosional encima de la Formación Quilque (Paleoceno inferior) y debajo de la Formación Kayra (Eoceno inferior). Supera los 100 m de potencia, predominan las lutitas rojas acompañadas de intercalaciones yesíferas, margas y areniscas calcáreas originadas por medios lacustres, pasando progresivamente a areniscas feldespáticas rojas asociadas a sistemas fluviales de canales entrelazados, evidenciando procesos de progradación. Debido a la similitud fosilífera con la Formación Quilque, su diferenciación se basa en observaciones de campo y correlaciones estratigráficas, asignándose una edad del Paleoceno superior–Eoceno inferior (Carlotto Caillaux, Cárdenas Roque, & Carlier, 2011).

4.2.1.5. FORMACIÓN SAN SEBASTIÁN (Q-sa)

Compuesta por dos secuencias sedimentarias descritas por Cabrera (1988). La primera corresponde a una secuencia grano decreciente, conformada por areniscas fluviales de canales entrelazados, lutitas de origen lacustre o palustre y niveles superiores con diatomitas y materiales calcáreos. La segunda presenta una tendencia grano creciente, constituida por areniscas y conglomerados asociados a cono-terrazas fluvio-torrenciales, relacionados con la parte baja del área de estudio. Debido al contenido de fósiles vertebrados y palinomorfos, esta unidad ha sido asignada al Pleistoceno (Cabrera, 1988).

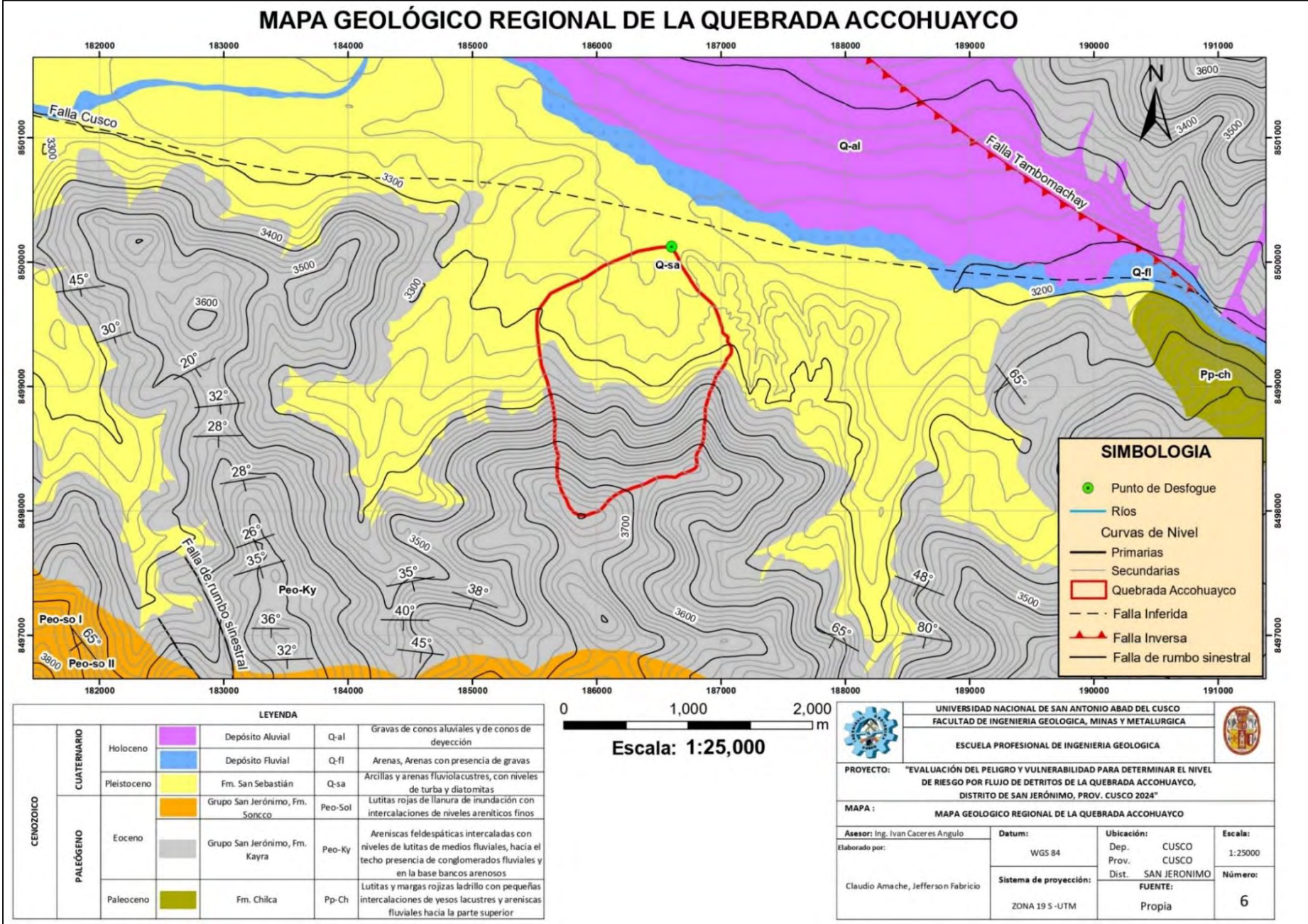
4.2.1.6. FORMACIÓN KAYRA (Peo-ky)

Presenta amplios afloramientos en el sector sur de la ciudad de Cusco, integra estructuras como el sinclinal de Anahuarqui, anticlinal de Puquín, sinclinal de Ancaschaca y otros sectores de la región, está conformada por areniscas feldespáticas con intercalaciones de lutitas rojas, acompañadas por niveles interestratificados de lutitas rojas, depositadas en ambientes fluviales entrelazados y llanuras de inundación. En sus niveles superiores presenta areniscas y microconglomerados con clastos volcánicos y cuarcíticos, alcanzando espesores aproximados entre 2000 y 3000 m. Esta unidad corresponde al Eoceno inferior (Carlotto Caillaux, Cárdenas Roque, & Carlier, 2011).

4.2.1.7. FORMACIÓN SONCCO

La Formación Soncco se encuentra sobre la Formación Kayra mediante un contacto concordante o una discordancia progresiva, presentando afloramientos en zonas similares y también hacia el oeste de Yaurisque. Esta unidad está conformada por dos miembros: el Miembro I, de aproximadamente 200 a 300 m de espesor, compuesto por lutitas rojas de llanura de inundación con intercalaciones de areniscas finas con presencia de mineralización de cobre; y el Miembro II, entre 1000 y 2000 m de espesor, constituido por areniscas conformadas con clastos blandos y conglomerados compuestas de fragmentos volcánicos asociados a sistemas fluviales entrelazados. Su edad corresponde al Eoceno superior–Oligoceno inferior.

Mapa 6. Mapa geológico regional de la quebrada Accohuayco



Nota. Elaboración propia, adaptado de SAS Planet

4.2.2. GEOLOGÍA LOCAL

4.2.2.1. DEPÓSITOS DE RELLENOS ANTRÓPICOS

Estos depósitos se encuentran cubriendo los carcavamientos antiguos y rellenando los cortes de talud que se dieron en las laderas, estos suelos no son recomendables para la construcción de las viviendas al ser inestables por la baja compactación, se pueden apreciar en gran medida en la parte baja del área de estudio interrumpiendo flujos de escorrentía del agua.

Fotografía 13. Se observa el corte de talud junto al relleno que se realiza para recubrir el área de lo que fueron estas pequeñas terrazas de la formación San Sebastián



Fotografía 14. Se tiene la presencia de un área de carcavamiento donde se deposita desmonte de las ladrilleras y material litológico, rellenando la cárcava



4.2.2.2. DEPÓSITOS FLUVIO-ALUVIALES (Q-fla)

Depósitos transportados por ríos, corresponde a los pisos de valle del área de estudio, están compuestos por arenas, gravas con clastos sub-redondeadas y matriz limo arcillosa transportados por la escorrentía superficial.

Fotografía 15. *Punto de desfogue del área de estudio, donde discurre la escorrentía superficial producto de las lluvias arrastrando desmonte de las ladrilleras junto con materiales litológicos.*



4.2.2.3. DEPÓSITOS COLUVIALES (Q-co)

Estos depósitos son reconocidos por su geometría y son originados por procesos de remoción en masa como deslizamientos, desprendimiento de rocas, derrumbes, entre otros. Están compuestos por bancos de suelos no consolidados que se producen de la alteración y desprendimiento in situ, generalmente están conformados por bloques angulosos, arenas, limos y arcillas en menor proporción, que son transportados por gravedad y flujos hídricos, se ubican en la zona de carcavamientos.

Fotografía 16. *Se observan los depósitos coluviales, se tiene presencia de limos y arcillas, se tiene desmonte de ladrillos con el cual se está rellenando los carcavamientos*



4.2.2.4. DEPÓSITOS COLUVIO-ELUVIALES (Q-coe)

Se producen como resultado de la alteración y erosión in situ de los afloramientos rocosos y muy poco transporte. Por lo general, son constituidos por masas inestables de gravas de clastos angulosos con presencia de arenas y material fino. Posee matriz limo arcillosa y no supera los 5m de potencia.

Fotografía 17. *Se tiene la presencia de estos depósitos al pie de la formación Kayra, presenta clastos angulosos, arenas y materiales limoarcillosos*



4.2.2.5. FORMACIÓN SAN SEBASTIÁN (Q-sa)

Se caracteriza por contener arenas, gravas y limos fluvio-lacustres no consolidados, se encuentran presentes en las laderas erosionales. En nuestra área de estudio está formada por estratos de arenas finas, arenas medias, gravas subredondeadas, arcillas con niveles diatomíticos lacustres de color amarillo blanquecino. Se encuentra presente en más de la mitad del área de estudio, infrayace a la Formación Kayra.

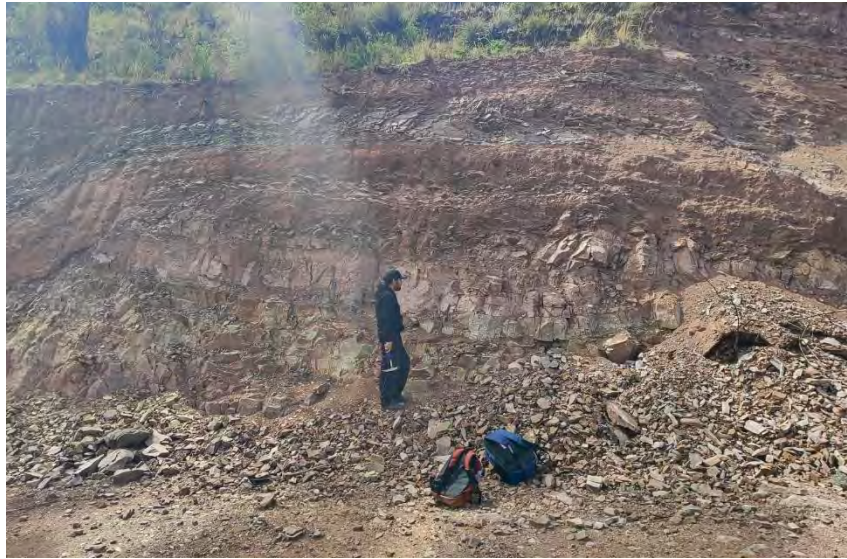
Fotografía 18. *Se observa la intercalación de arenas, arcillas, lutitas y gravas con intercalaciones de niveles diatomíticos*



4.2.2.6. FORMACIÓN KAYRA (Peo-ky)

Compuesta principalmente por areniscas feldespáticas con intercalaciones de lutitas rojas, asociadas a ambientes fluviales entrelazados y zonas de llanura de inundación. Hacia sus niveles medio-superiores presenta una granulometría más gruesa, con presencia de areniscas y conglomerados. Las areniscas muestran tamaños de grano fino a medio y laminaciones paralelas. En el área de estudio se reconocieron afloramientos de areniscas feldespáticas con niveles conglomerádicos.

Fotografía 19. *Formación Kayra conformada por areniscas feldespáticas, junto a intercalaciones de lutitas rojas*



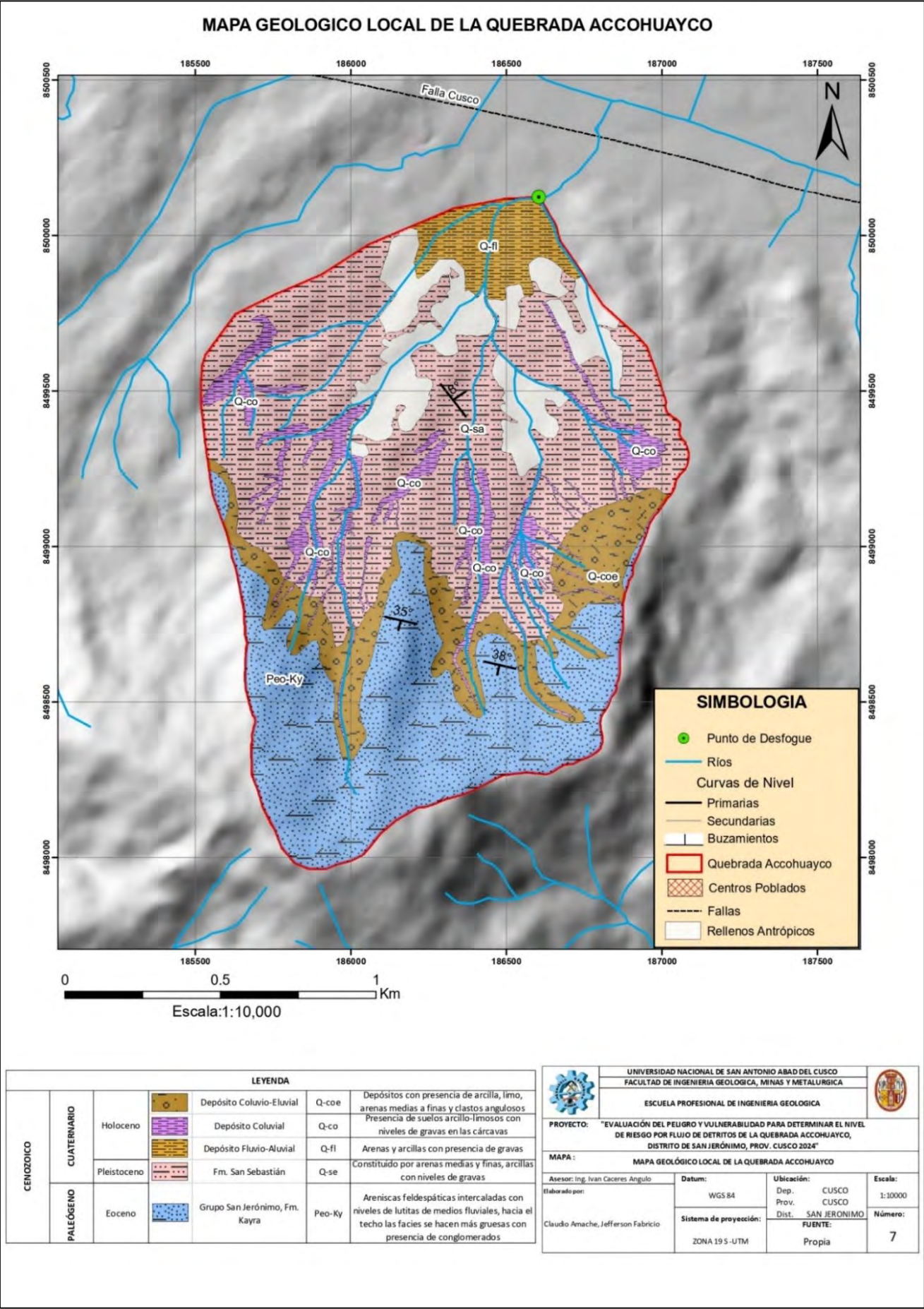
Fotografía 20. *Se observa las areniscas feldespáticas que presentan fracturas producto de la meteorización*



4.2.2.7. CONTEXTUALIZACIÓN GEOLÓGICA ANTE EL PELIGRO

Tras la descripción de las unidades geológicas, vemos la importancia de los depósitos coluviales en la generación de movimientos en masa tipo flujo de detritos, ubicándose en zonas de carcavamientos, conformado por material arcillo-limoso y bloques angulosos que pueden ser transportados por las fuertes precipitaciones pluviales, por ello el material litoestratigráfico de la zona de estudio es considerado como un factor condicionante.

Mapa 7. Mapa geológico local de la quebrada Accohuayco



Nota. Elaboración propia, adaptado de SAS Planet

4.2.3. SECCIONES GEOLÓGICAS

Al realizar cortes longitudinales y transversales en base al mapa geológico local de la quebrada Accohuayco se realizaron tres secciones, las cuales nos ayudarán a interpretar la distribución de las formaciones y materiales cuaternarios.

4.2.3.1. SECCIÓN LONGITUDINAL N° 1 – CORTE A-A'

Esta sección inicia de norte a sur permite observar la distribución de las unidades geológicas y depósitos superficiales presentes en la quebrada Accohuayco. En la parte baja se identifican depósitos cuaternarios fluvio-aluviales ubicados en el piso de valle, mientras que en la parte media se presentan depósitos coluviales asociados a zonas de carcavamiento y depósitos coluvio-eluviales ubicados al pie de la Formación Kayra. Estos depósitos corresponden a materiales poco consolidados producto de procesos de erosión y meteorización, por lo que representan una fuente potencial de sedimentos susceptibles de ser movilizados durante eventos de precipitación intensa.

En la parte superior de la sección se observa la Formación Kayra, que infrayace a la Formación San Sebastián, mientras que hacia la zona inferior se reconocen depósitos de relleno antrópico asociados a la ocupación urbana. La presencia de unidades sedimentarias con diferente grado de resistencia y alterabilidad, junto con depósitos superficiales acumulados en la quebrada, condiciona la disponibilidad de material suelto y favorece procesos erosivos que pueden contribuir a la generación de flujos de detritos. Asimismo, se infiere la presencia de las formaciones Quilque y Chilca por su posición estratigráfica, aunque estas no presentan afloramientos directos dentro de la sección evaluada.

4.2.3.2. SECCIÓN TRANSVERSAL N° 2 – CORTE B-B'

Esta sección va de oeste a este, ubicada en la parte baja de la quebrada Accohuayco, nos permite observar la distribución de la Formación San Sebastián, depósitos fluviales, depósitos coluviales asociados a zonas de carcavamiento y suelos de relleno antrópico. La presencia de depósitos coluviales y materiales de relleno evidencia zonas con acumulación de materiales poco consolidados, los cuales pueden ser removilizados durante eventos de precipitaciones intensas y contribuir al aporte de sedimentos hacia la parte baja de la quebrada.

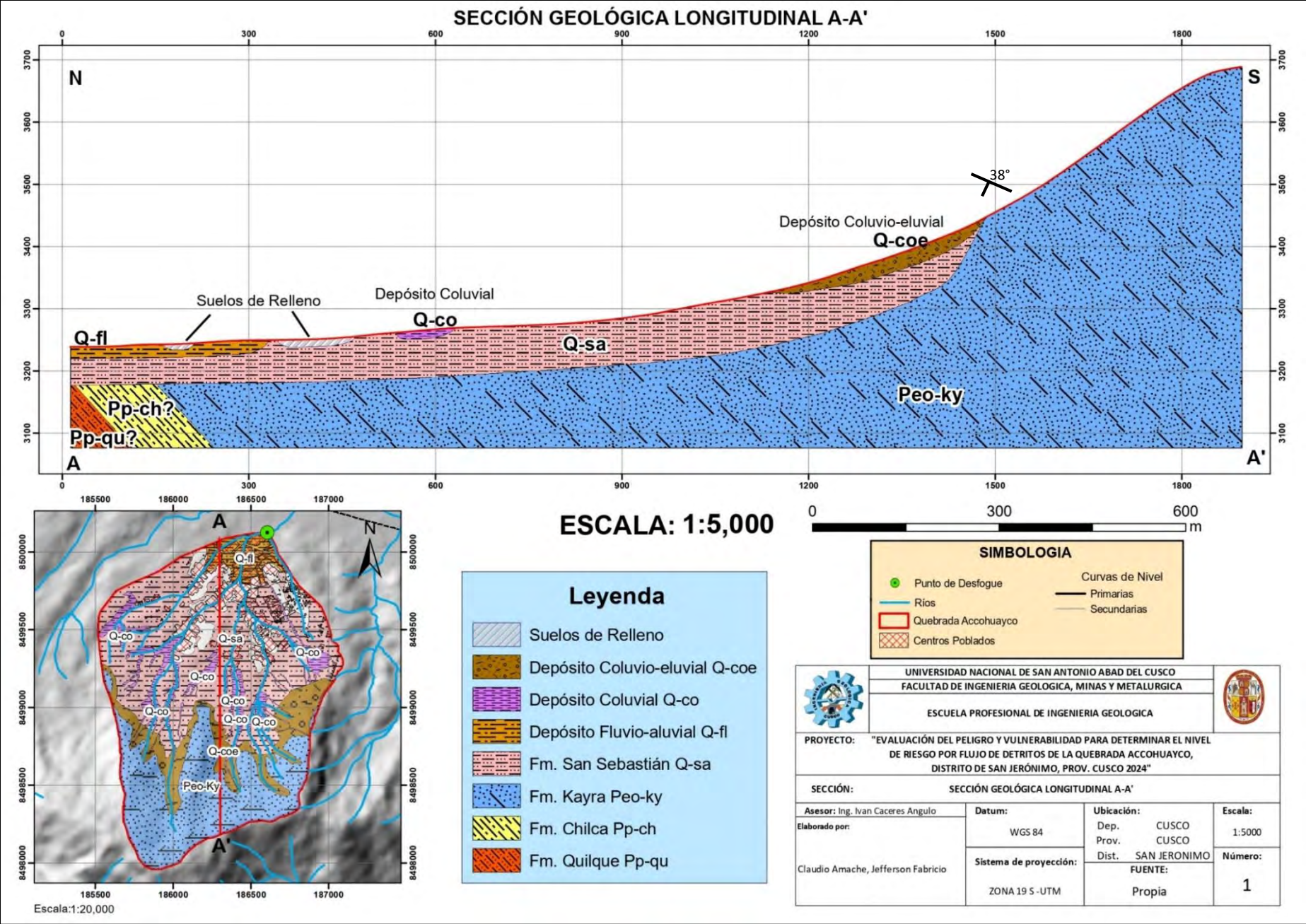
Asimismo, en esta sección se observa la presencia de viviendas ubicadas sobre rellenos antrópicos y próximas a los bordes de los carcavamientos, evidenciando condiciones de exposición y vulnerabilidad frente a procesos de remoción en masa. De acuerdo con la geología del cuadrángulo del Cusco (28-s), la Formación San Sebastián presenta un espesor aproximado de hasta 100 m y se encuentra sobreyaciendo a la Formación Kayra, la cual se interpreta como la unidad basal de la sección. Esta configuración geológica, junto con la presencia de depósitos superficiales y la ocupación urbana, constituye una condición que influye en la susceptibilidad del área frente a la generación de flujos de detritos.

4.2.3.3. SECCIÓN TRANSVERSAL N° 3 – CORTE C-C'

Esta sección va de oeste a este, ubicada en la parte media de la quebrada Accohuayco, permite observar la distribución de depósitos coluvio-eluviales asociados a piedemontes y depósitos coluviales relacionados con zonas de carcavamiento. Estos materiales se encuentran sobre la Formación San Sebastián, mientras que la Formación Kayra se ubica por debajo de esta unidad según su relación cronoestratigráfica. La presencia de depósitos de ladera y materiales poco consolidados evidencia zonas de acumulación de sedimentos producto de procesos erosivos y gravitacionales, los cuales pueden constituir una fuente de material susceptible de ser movilizado durante precipitaciones intensas.

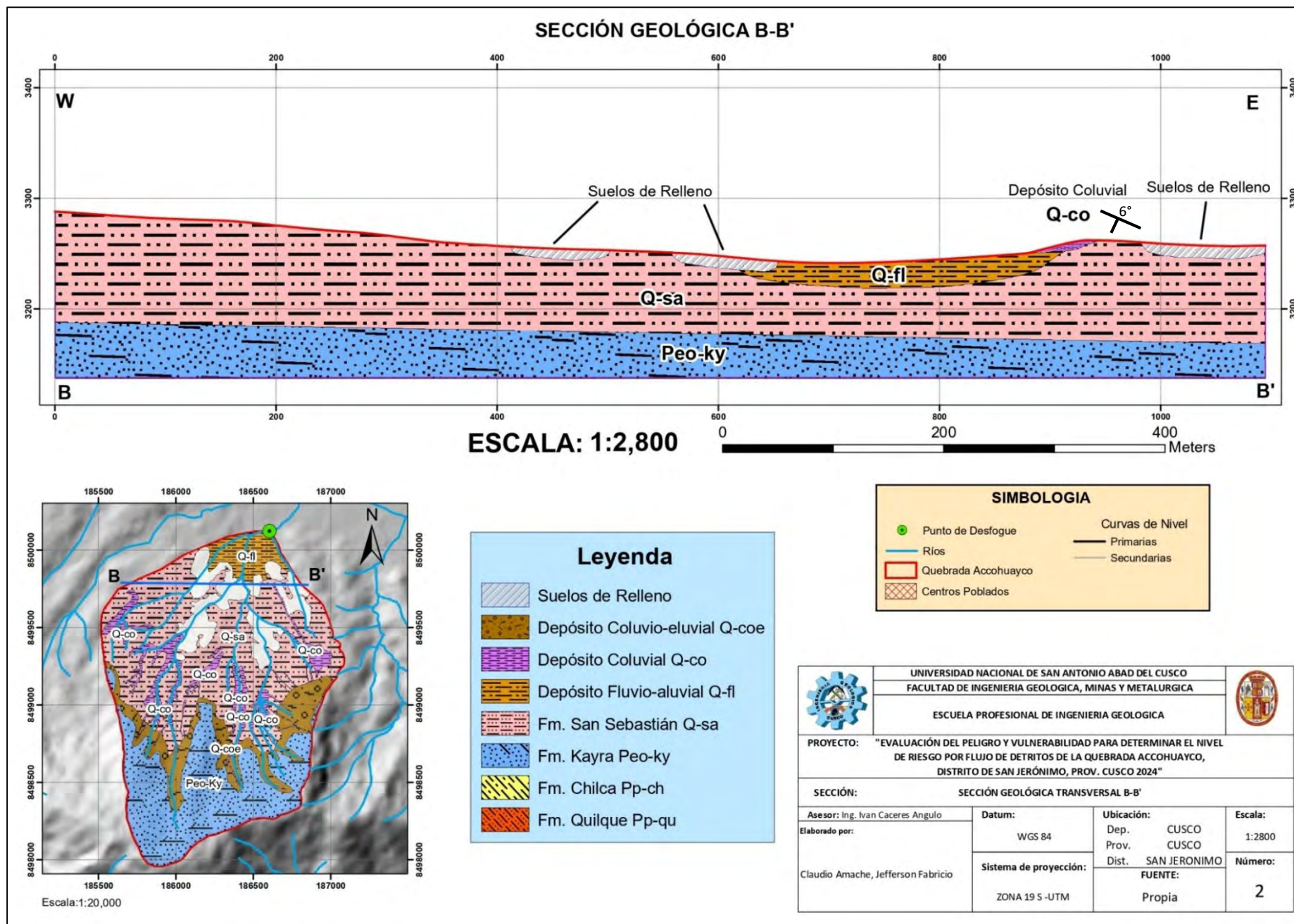
Asimismo, el corte geológico permite interpretar las unidades descritas y su relación con la geomorfología de la quebrada, evidenciando sectores donde la acumulación de depósitos superficiales puede favorecer procesos de erosión y transporte de sedimentos.

Sección Geológica Longitudinal 1. Sección A-A' de la quebrada Accohuayco



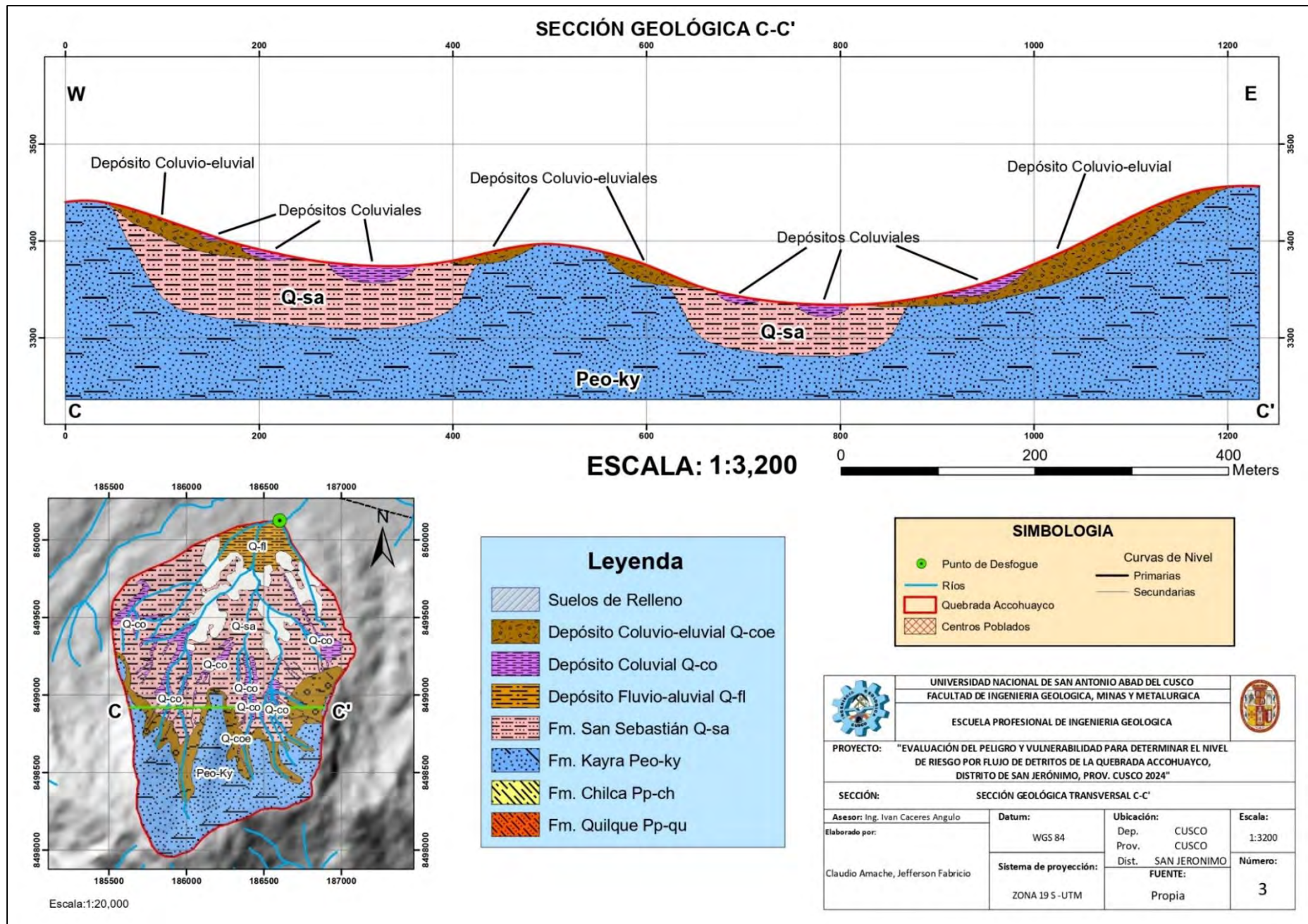
Nota. Elaboración propia, adaptado de SAS Planet

Sección Geológica Transversal 2. Sección B-B' de la quebrada Accohuayco



Nota. Elaboración propia, adaptado de SAS Planet

Sección Geológica Transversal 3. Sección C-C' de la quebrada Accohuayco



Nota. Elaboración propia, adaptado de SAS Planet

4.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

4.3.1. SISTEMA DE FALLAS ZURITE-CUSCO-URCOS-SICUANI (SFZCUS)

Los sistemas de fallas Zurite-Cusco-Urcos-Sicuani con extensión cerca de 220 km, orientación general con rumbo N 140° E. Este sistema marca el límite entre el Altiplano oriental por el oeste y la Cordillera Oriental por el este, mostrando hacia el norte una variación en su dirección hasta adoptar una tendencia cercana este-oeste. Las fallas que conforman este sistema presentan una geometría aproximadamente subvertical y generan escarpes que afectan depósitos cuaternarios, evidenciando procesos de actividad o reactivación en algunos segmentos.

4.3.1.1. FALLA TAMBOMACHAY

Se localiza al norte con respecto a la ciudad de Cusco y presenta una orientación aproximada N 120° E, con una medida cercana a 20 km. Esta estructura limita una cuenca conformada por depósitos cuaternarios de origen fluvial y lacustre. Debido a su proximidad a la ciudad del Cusco, ubicada aproximadamente a 4 km, representa una estructura de importancia por su potencial actividad geológica (INGEMMET, 2013). Se divide en tres segmentos dentro del análisis morfoestructural, la quebrada Accohuayco se ubica a más de 2 km de la Falla Tambomachay.

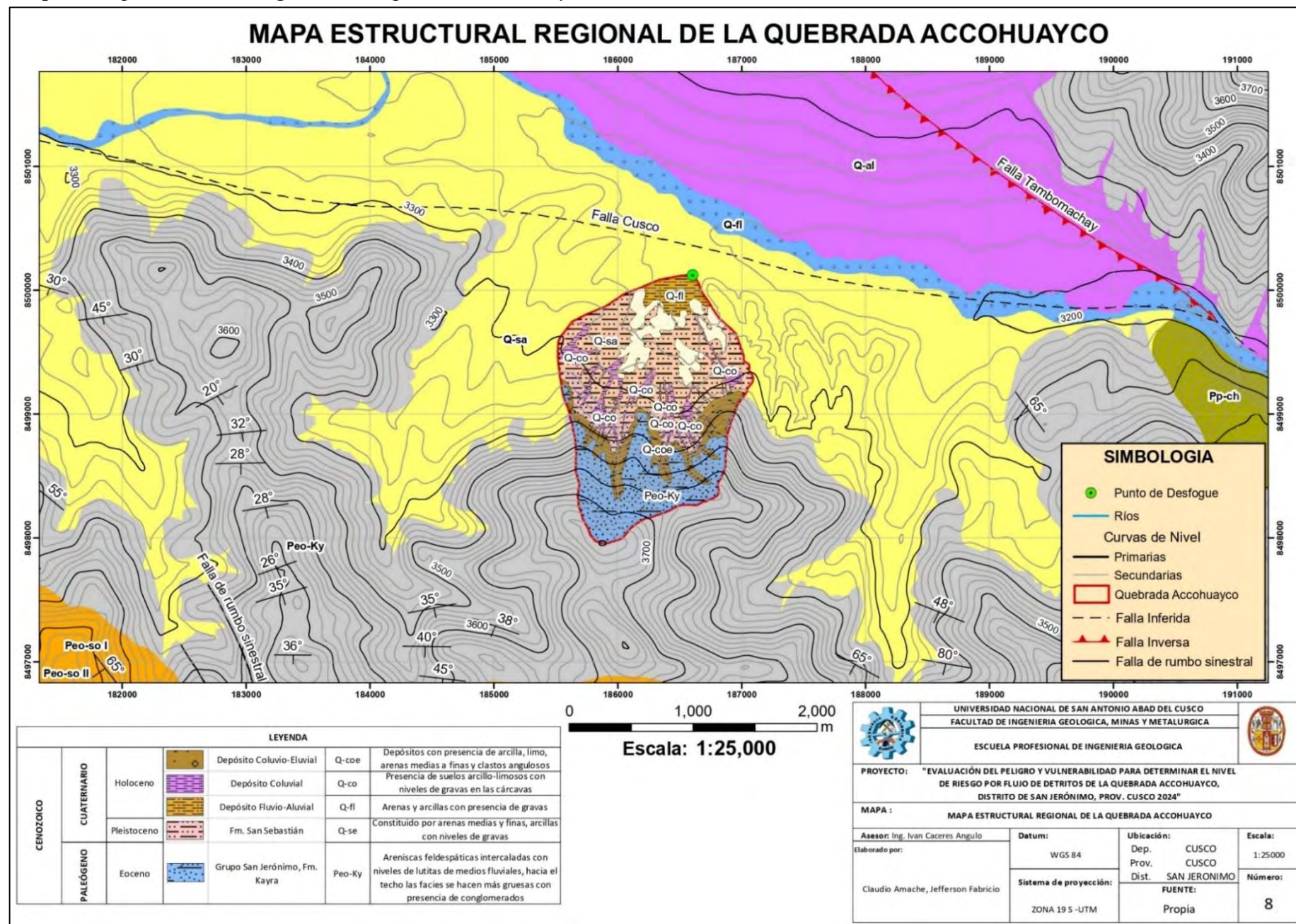
4.3.3.2. FALLA INFERIDA CUSCO

El valle del Cusco presenta una orientación NW-SE, coincidente con un lineamiento identificado mediante imágenes satelitales en la microcuenca del río Huatanay, prolongándose hacia Oropesa hacia el sur y la pampa de Anta hacia el norte (INGEMMET, 2013).

Se relaciona hacia el sur con parte de la Falla Tambomachay y el conjunto de fallas Pachatusan, formando parte del sistema Zurite-Cusco-Urcos-Sicuani. Por el norte continúa hasta Izcuchaca y la pampa de Anta, donde se vincula con la falla Zurite-Huarocondo de dirección E-W (INGEMMET, 2013).

El análisis de la estructura evidencia indicios de reactivaciones durante el Cuaternario, por lo que constituye una falla de importancia geológica. Debido a su cercanía a zonas urbanas, requiere estudios específicos para evaluar su posible comportamiento sísmogénico (INGEMMET, 2013).

Mapa 8. Mapa estructural regional de la quebrada Accohuayco



Nota. Elaboración propia, adaptado de SAS Planet

4.4. HIDROLOGIA

4.4.1. GENERALIDADES

La caracterización hidrológica en la quebrada Acohuaycco se realizó en base a los datos de la estación hidrometereológica de la Estación Kayra (SENAMHI, 2023).

Tabla 6. Estación Metereológica Granja Kayra

ITEM	CODIGO	NOMBRE/ ESTACION	PROVINCIA	DISTRITO	LATITUD (S)	LONGITUD (W)	ALTITUD
1	100044	Granja Kayra	Cusco	San Jerónimo	13°33'24.29''	71°52'30.61''	3214 msnm

Nota. Adaptado de SENAHMI (2023)

En nuestro país, las precipitaciones suelen ser causadas por la topografía de la Cordillera de los Andes, lo que significa que las precipitaciones están influenciadas por el relieve y la altitud de la zona donde se produzcan.

La precipitación promedio anual acumulada para un periodo de 50 años, tomando en cuenta desde el año 1974 al 2023; es de 679.937 mm.

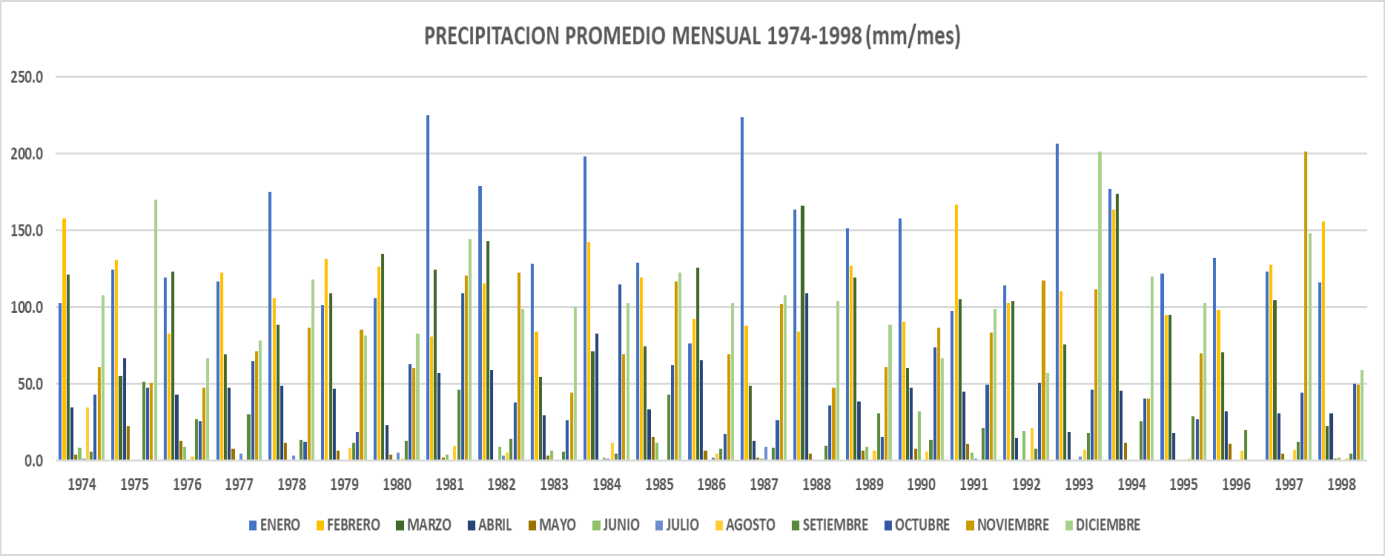
Tabla 7. Precipitación promedio anual acumulada para un periodo de 50 años

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PRECIPITACION ANUAL (mm/año)
1974	102.5	157.7	121.5	34.5	3.6	8.2	1.0	34.6	5.9	43.3	60.9	108.0	681.7
1975	124.7	131.0	55.3	66.8	22.5	0.7	0.3	0.6	51.1	47.5	51.0	170.1	721.6
1976	119.6	83.1	123.1	42.9	13.0	8.7	0.7	2.5	26.8	25.5	47.8	66.8	560.5
1977	116.7	122.8	69.3	47.6	7.9	0.0	4.4	0.0	29.9	65.0	71.5	78.0	613.1
1978	175.4	106.1	88.5	48.7	11.4	0.0	3.4	0.0	13.7	12.3	86.7	117.9	664.1
1979	101.1	131.6	108.8	46.8	6.2	0.0	0.9	8.1	11.5	18.4	85.6	81.8	600.8
1980	106.2	126.4	135.0	23.2	3.7	0.0	5.3	1.0	12.6	62.9	60.2	83.1	619.6
1981	225.4	80.8	124.4	56.9	1.8	3.9	0.0	9.8	45.9	108.9	120.8	144.3	922.9
1982	178.9	115.5	143.1	58.8	0.0	9.2	3.4	4.9	14.0	37.9	122.5	98.6	786.8
1983	128.4	84.0	54.5	29.8	3.4	6.2	0.5	0.9	5.5	26.0	44.3	100.2	483.7
1984	198.6	142.4	71.0	82.8	0.0	2.0	1.3	11.4	4.2	114.6	69.4	102.8	800.5
1985	129.1	119.4	74.2	33.2	15.6	11.6	0.9	0.0	43.3	62.1	116.5	122.4	728.3
1986	76.4	92.2	125.7	65.5	6.2	0.0	1.8	4.2	7.5	17.3	69.6	102.7	569.1
1987	224.3	87.9	48.6	13.1	2.1	1.3	9.2	0.0	8.2	26.5	101.8	107.6	630.6
1988	163.8	84.3	166.5	108.9	4.6	0.0	0.0	0.0	9.9	36.2	47.6	103.7	725.5
1989	151.4	126.8	119.3	38.6	6.4	9.1	0.0	6.1	30.7	15.7	60.7	88.5	653.3
1990	157.6	90.4	60.2	47.4	7.5	31.8	0.0	5.8	13.3	73.7	86.9	66.5	641.1
1991	97.6	166.6	105.2	45.1	11.0	5.1	1.5	0.0	21.4	49.3	83.6	99.0	685.4
1992	114.1	102.4	104.0	14.9	0.0	19.4	0.0	21.4	8.0	50.7	117.4	57.0	609.3
1993	206.7	110.5	75.8	18.8	0.9	0.0	2.7	6.9	18.0	46.2	111.9	201.5	799.9
1994	177.0	163.9	173.9	45.5	11.8	0.0	0.0	0.0	25.7	40.2	40.5	119.9	798.4
1995	122.0	94.8	95.3	17.8	0.0	0.0	0.6	1.2	28.8	26.7	70.2	102.6	560.0
1996	131.9	98.0	70.5	32.3	11.0	0.0	0.0	6.3	19.6	0.0	0.0	0.0	369.6
1997	123.3	127.7	104.8	31.0	4.8	0.0	0.0	7.1	12.3	44.4	201.5	148.4	805.3
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
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
2000	197.4	137.4	119.5	10.9	2.6	5.8	2.7	4.5	10.7	49.3	29.3	82.0	652.1
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
2002	134.5	168.6	112.7	21.6	16.2	2.5	27.1	3.7	10.3	78.7	97.8	132.4	806.1
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
2015	151.3	140.9	66.7	70.8	16.4	3.9	10.3	4.6	16.1	19.1	75.1	143.6	718.8
2016	157.1	150.0	80.8	41.9	7.1	2.4	3.4	4.6	16.7	54.6	72.9	153.7	745.2
2017	110.4	124.2	118.1	47.5	11.2	0.4	0.0	8.0	18.3	27.7	60.0	101.7	627.5
2018	154.8	162.2	145.7	20.2	0.2	16.2	15.8	7.1	7.0	80.7	80.8	95.2	785.9
2019	121.0	126.6	169.8	38.9	28.2	1.5	3.7	0.0	9.8	82.4	111.7	140.4	834.0
2020	124.5	153.3	138.1	0.0	0.0	0.0	8.2	1.0	14.6	17.5	42.3	139.7	639.2
2021	150.5	116.5	74.1	142.8	6.7	11.5	3.0	4.3	1.5	38.2	102.3	106.1	757.5
2022	198.1	96.6	142.2	6.2	1.0	0.5	0.0	2.5	21.9	1.2	28.4	46.7	545.3
2023	101.5	130.4	64.0	42.4	50.7	0.0	0.0	5.7	13.4	21.8	66.1	144.8	640.8

Nota. Adaptado de SENAHMI (2023)

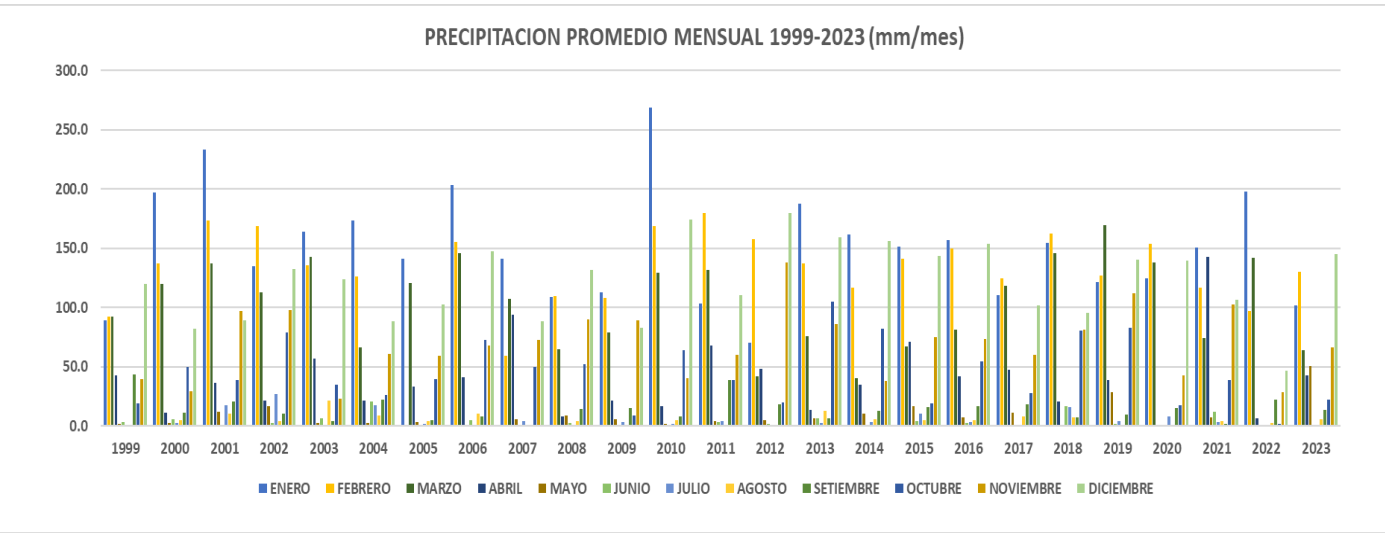
Los diagramas de barras que muestran la cantidad total de precipitaciones mensuales acumuladas a lo largo de 50 años desde 1974 hasta 2023 para el estudio.

Gráfico 2. *Histograma de precipitación promedio mensual acumulada año 1974-1998*



Nota. Adaptado de SENAHI (2023)

Gráfico 3. *Histograma de precipitación promedio mensual acumulada año 1999-2023*



Nota. Adaptado de SENAHI (2023)

4.4.1.1. UMBRALES DE PRECIPITACIONES PLUVIALES

Para la determinación de los umbrales de precipitación, el SENAMHI empleó registros diarios de lluvias correspondientes al periodo 1964-2014, los cuales fueron sometidos a controles de calidad por parte de la Dirección de Meteorología y Evaluación Ambiental Atmosférica. Esta estimación se realizó considerando la metodología establecida en la

Ficha Técnica N.º 001-SENAMHI-DGM-2014, “Estimación de umbrales de precipitaciones extremas para la emisión de avisos meteorológicos” (Alfaro et al., 2014).

Tabla 8. *Umbrales de Precipitación Granja Kayra*

Umbrales Precipitación	Caracterización de lluvias extremas	Umbrales para la Estación: GRANJA KAYRA
RR/día > 99p	Extremadamente lluvioso	RR > 26,7 mm
95p < RR/día ≤ 99p	Muy lluvioso	16,5 mm < RR ≤ 26,7 mm
90p < RR/día ≤ 95p	Lluvioso	12,5 mm < RR ≤ 16,5 mm
75p < RR/día ≤ 90p	Moderadamente lluvioso	6.8 mm < RR ≤ 12,5 mm
RR/día ≤ 75p	Precipitación normal	RR < 6,8 mm

Nota. Adaptado de SENAHMI (2023)

4.4.2. ANALISIS HIDROMORFOMETRICO

La hidromorfometría comprende el análisis de parámetros relacionados con la geometría, superficie, relieve y red de drenaje de una cuenca, permitiendo caracterizar sus condiciones físicas. Estos estudios facilitan la comparación entre diferentes cuencas, así como la comprensión de su comportamiento hidrológico y la planificación de estrategias para su manejo (Gaspari, 2012).

Se utilizó el software ArcGIS para la realización de los parámetros hidromorfométricos, los cuales son los siguientes:

4.4.2.1. AREA DE LA CUENCA

La quebrada Acohuaycco presenta un área total de 2.2 km²

4.4.2.2. PERIMETRO DE LA CUENCA

La quebrada Acohuaycco presenta un perímetro total de 6 km

4.4.2.3. FORMA DE LA CUENCA Y PARAMETROS DE FORMA

Para identificar la forma de la quebrada Acohuaycco, es necesario evaluar sus dimensiones a través de distintos parámetros, como el Índice de Gravelius, el cálculo del rectángulo equivalente y determinar el factor de forma, con el fin de comprender la morfología que presenta la quebrada.

a. Índice de Gravelius o coeficiente de compacidad

Para el cálculo del índice de Gravelius se tomó en cuenta el perímetro de la cuenca (P) y el área de la cuenca (A)

$$K = 0.28 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

P= Perímetro de la cuenca en Km

A= Área de la cuenca en Km²

Entonces:

$$K = 0.28 \times \frac{6}{\sqrt{2.2}}$$

$$K = 1.1412$$

b. Rectángulo Equivalente

Para el cálculo del rectángulo equivalente, utilizamos el resultado anterior del coeficiente de compacidad o índice de Gravelius para hallar tanto el rectángulo equivalente del lado menor como del lado mayor

$$\text{Lado mayor: } L = \frac{k\sqrt{A}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{k} \right)^2} \right)$$

$$\text{Lado menor } l = \frac{k\sqrt{A}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{k} \right)^2} \right):$$

Donde:

K= Índice de Gravelius

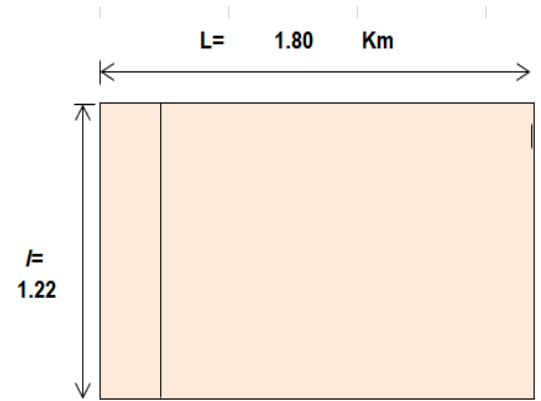
A= Área de la cuenca en km²

$$L = \frac{1.1412\sqrt{2.2}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{1.1412} \right)^2} \right)$$

Lado mayor de la cuenca = 1.801

$$l = \frac{k\sqrt{A}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{k} \right)^2} \right)$$

lado menor de la cuenca = 1.222



c. Factor de Forma

Para la realización del cálculo del factor de forma y así obtener cual es la forma que tiene la quebrada Acohuaycco se tiene que utilizar los cálculos hallados previamente en el cálculo del rectángulo equivalente. La fórmula para hallar el factor de forma es la siguiente:

$$F_f = \frac{l}{L} = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

L = Lado mayor del rectángulo equivalente = 1.801km

l = Lado menor del rectángulo equivalente = 1.222km

A = Área de la cuenca = 2.2km²

$$F_f = \frac{1.222}{1.801} = \frac{2.2}{1.801^2}$$

$$F_f = 0.6784$$

Tabla 9. *Tipo de cuenca*

RANGO	FORMA DE LA CUENCA
<0.22	Muy alargada
0.22 – 0.3	Alargada
0.3 – 0.37	Ligeramente alargada
0.37 – 0.476	Ni alargada ni ensanchada
0.45 – 0.6	Ligeramente ensanchada
0.6 – 0.8	Ensanchada
0.8 – 1.20	Muy ensanchada
>1.20	Rodeando el desfogue

Nota. Adaptado de Horton (1932)

Por lo tanto, la quebrada Accohuayco con un factor de forma 0.6784, es de una forma ensanchada.

4.4.2.4. DRENAJE DE LA CUENCA

La evaluación del drenaje de una cuenca se realiza mediante el cálculo de la densidad de red de drenaje, parámetro que relaciona la longitud total de los cauces, tanto permanentes como temporales, con la superficie correspondiente de la microcuenca, así como la formula:

$$Dd = \frac{l_c}{A}$$

Donde:

Dd = densidad de drenaje

Lc = longitud total de los cauces de agua en km

A = área de la cuenca en km²

$$Dd = \frac{13.19}{2.2}$$

$$Dd = 6$$

De esta manera, teniendo en cuenta el criterio de escala de drenajes

Tabla 10. *Densidad de drenaje*

RANGO	DENSIDAD DE DRENAJE
0.0 – 0.5	Poco drenado
0.5 – 1.0	Regular
>1.0	Alto

Nota. Adaptado de Horton (1932)

Por lo tanto, la quebrada Acohuaycco con un valor de densidad de drenaje de 6, presenta una densidad de drenaje alta.

4.4.2.5. PENDIENTE MEDIA

Para obtener el valor de pendiente media del área analizada, se emplea como referencia la variación de la inclinación del cauce fluvial, utilizando la ecuación que se presenta a continuación:

$$Pm = \frac{(A - B)}{L} \cdot 100\%$$

Donde:

Pm = Pendiente media del cauce (%)

A = punto más alto de la cuenca (m)

B = punto más bajo de la cuenca (m)

L = Lado mayor del rectángulo equivalente (m)

$$Pm = \frac{(3861 - 3275)}{1800.86} \cdot 100\%$$

$$Pm = 32.540\%$$

De tal manera que, teniendo en cuenta el criterio de pendiente media del cauce es:

Tabla 11. *Pendiente media*

RANGO	PENDIENTE MEDIA
0 – 5%	Plano
5 – 10%	Ligeramente empinado
10 – 15%	Moderadamente empinado
>15%	Empinado

Por lo tanto, la quebrada Acohuaycco con un valor de pendiente media de 32.540%, presenta una pendiente media del cauce Empinada.

Tabla 12. *Parámetros geomorfológicos de la Quebrada Accohuayco*

PARAMETROS				UND	NOMENCLATURA	CUENCA
Superficie total de la cuenca				Km²	At	2.200
Perímetro				Km.	P	6.000
UBICACIÓN	Zona de Proyeccion UTM			s/U	Zona	19
	X			m	Coord. Y	182648.87
	Y			m	Coord. X	8502281.15
RELACIONES DE FORMA	FACTOR DE CUENCA	Coeficiente de Compacidad (Gravelius)		s/U	$Kc = 0.28 P / (At)^{1/2}$	1.141
		FACTOR DE FORMA	Longitud de la Cuenca	Km.	LB	1.801
	Ancho Medio de la Cuenca		Km.	$AM = At / LB$	1.222	
	Factor de Forma		s/U	$Kf = AM / LB$	0.678	
	RECTANGULO EQUIVALENTE		Lado Mayor	Km.	$Kc \cdot (\pi \cdot A)^{1/2} / 2 \cdot (1 + (1.4 / \pi \cdot Kc^2))$	1.801
		Lado Menor	Km.	$Kc \cdot (\pi \cdot A)^{1/2} / 2 \cdot (1 - (1.4 / \pi \cdot Kc^2))$	1.222	
	Densidad de drenaje			Km./Km².	$Dd = Lt / At$	5.997
Desnivel total de la cuenca				Km.	Ht	0.586
Altura media de la cuenca				m.s.n.m.	Hm	3429
Pendiente cuenca (Met. Rectangulo Equivalente)				%	Ht / Lma	32.54%
Tiempo de Concentracion Kirpich				min.	$0.0195(L^{\wedge}3/h)^{\wedge}0.385$	9.65

Nota. Adaptado de Horton (1932)

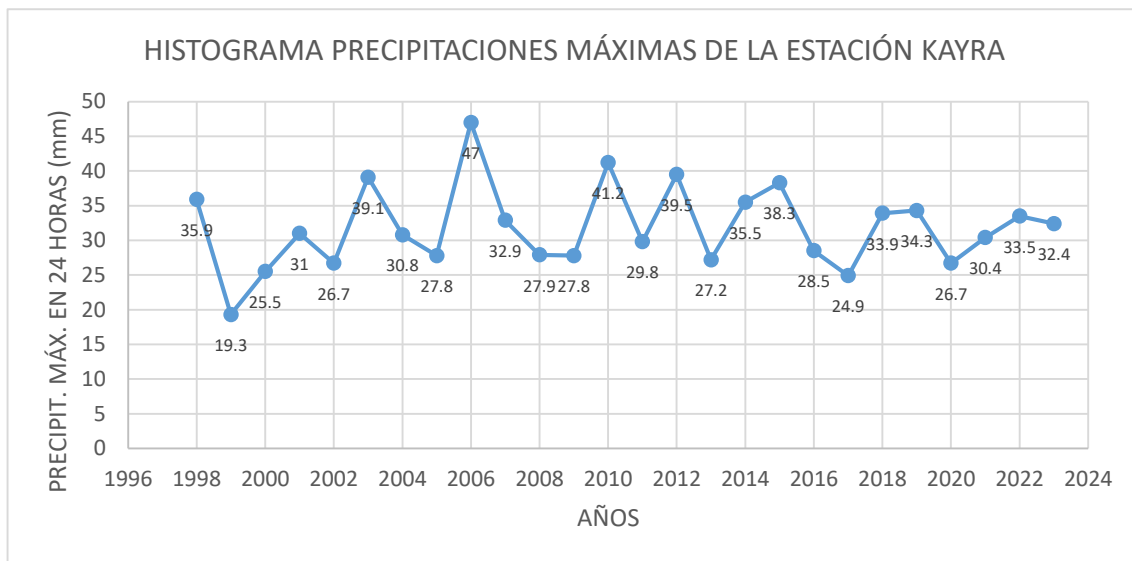
4.4.2.6. ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS

Para la interpretación de las precipitaciones pluviales en la quebrada Accohuayco, se utilizaron registros pluviométricos obtenidos de la estación Kayra.

Tabla 13. *Coordenadas de ubicación de la estación metereológica Kayra*

ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD	COORDENADAS UTM	
			ESTE	NORTE
Kayra	13°33'25"	71°52'30"	188000	8499460

Tabla 14. *Histograma de precipitaciones máximas en 24 horas en relación con los años de la estación Kayra*



Nota. Adaptado de Estación Kayra (2024)

4.4.2.7. PERIODOS DE RETORNO

Los periodos de retorno representan el tiempo promedio, expresado en años, en el que un evento de determinada magnitud, como un flujo de detritos, puede volver a ocurrir. Este concepto mantiene una relación inversa con la posibilidad de ocurrencia del evento.

Para definir los periodos de retorno del presente estudio, se analizaron los registros de precipitaciones máximas de los últimos años, considerando intervalos de 10, 25 y 50 años. Después se seleccionó un periodo de retorno de 50 años, para lo cual se elaboró la Serie Anual de Máximos utilizando información correspondiente a ese periodo y se aplicó la distribución de Gumbel para estimar las precipitaciones máximas anuales.

Tabla 15. *Precipitaciones máximas en 24 horas para los tiempos de retorno*

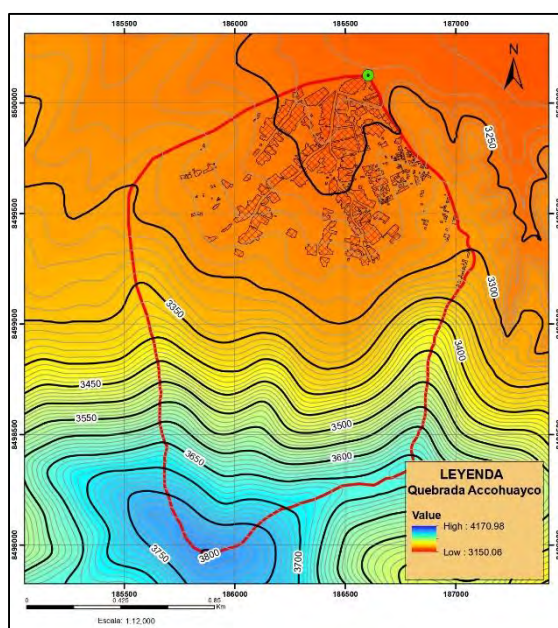
Periodo de retorno (años)	Precipitaciones máximas en 24 horas multianuales (mm)
10	42.11
25	47.48
50	51.45

4.4.2.8. MODELO DE FLUJO DE DETRITOS

Para el análisis dinámico y la estimación del comportamiento de los flujos de detritos se empleó el software IBER. Este modelo permitió simular los procesos de transporte y deposición de los materiales movilizados, identificando las posibles áreas de influencia dentro del ámbito de estudio.

a) Topografía. Para la gestión de datos con el software IBER, fueron utilizados el DEM (Modelo de elevación digital) de la quebrada Accohuayco, igualmente se usó imágenes de levantamiento fotográfico.

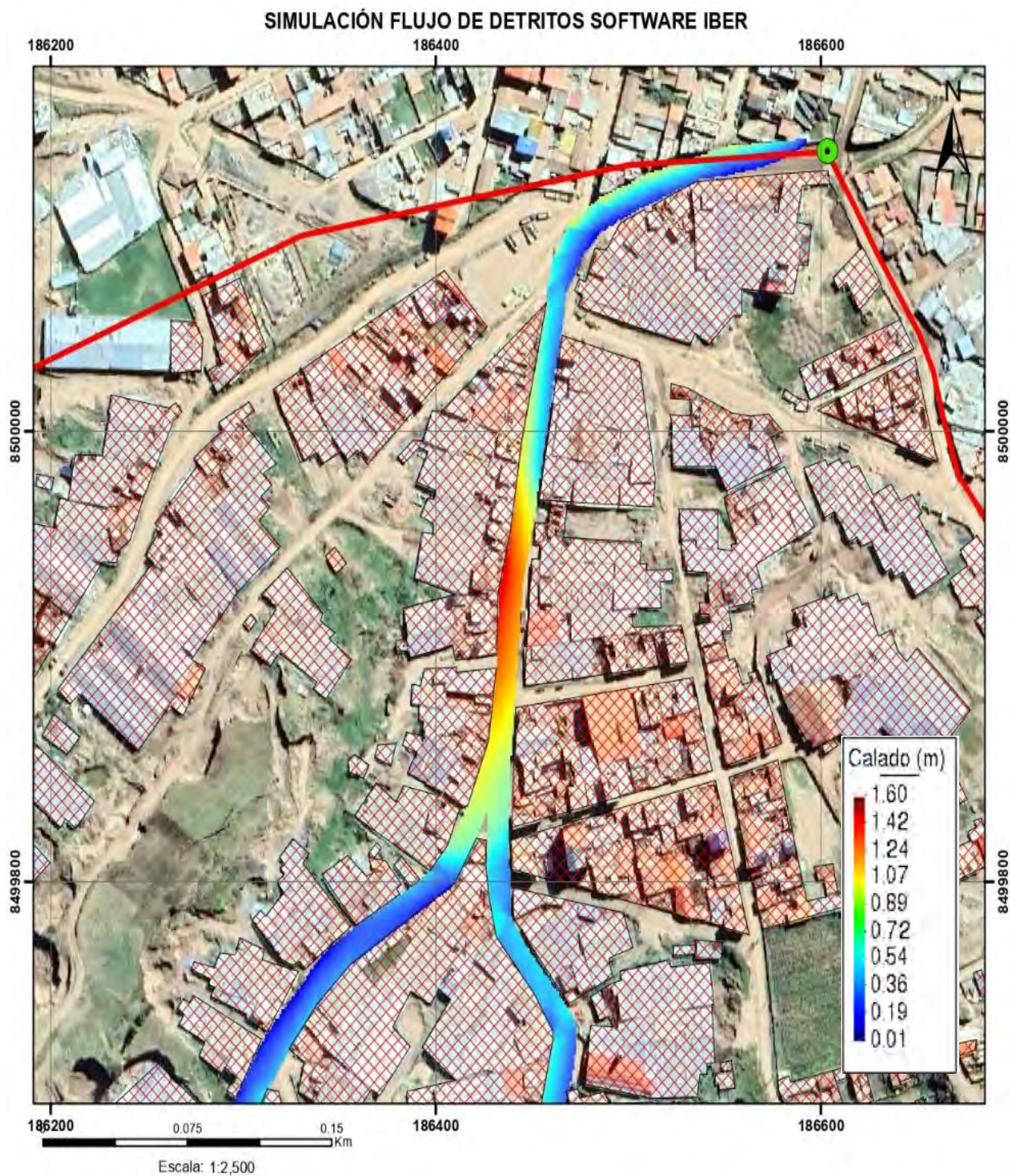
Imagen 11. *Modelo de elevación digital de la quebrada Accohuayco*



b) Delimitación del dominio. Se ingresa la delimitación del área que necesitamos trabajar, a través de la creación de las superficies por donde los flujos puedan recorrer, donde asignaremos nuestro mallado, considerando para los flujos un mallado no estructurada de 0.2, donde también se asignará la rugosidad, coeficientes importantes para el desarrollo de la simulación, determinaremos las entradas y la salida que sería el punto de desfogue de la zona de estudio.

c) Resultados de la simulación. El modelamiento efectuado con el software IBER utiliza los datos de topografía, el estudio de los suelos, donde tenemos suelos limoarenosos con presencia de gravas, correspondiendo a suelos SW-SM y la presencia de material gravoso proveniente de los depósitos coluviales como los carcavamientos y material detrítico por la formación Kayra.

Imagen 12. Simulación de flujo de detritos en el software IBER de la quebrada Accohuayco



4.4.2.8. CURVA HIPSOMETRICA

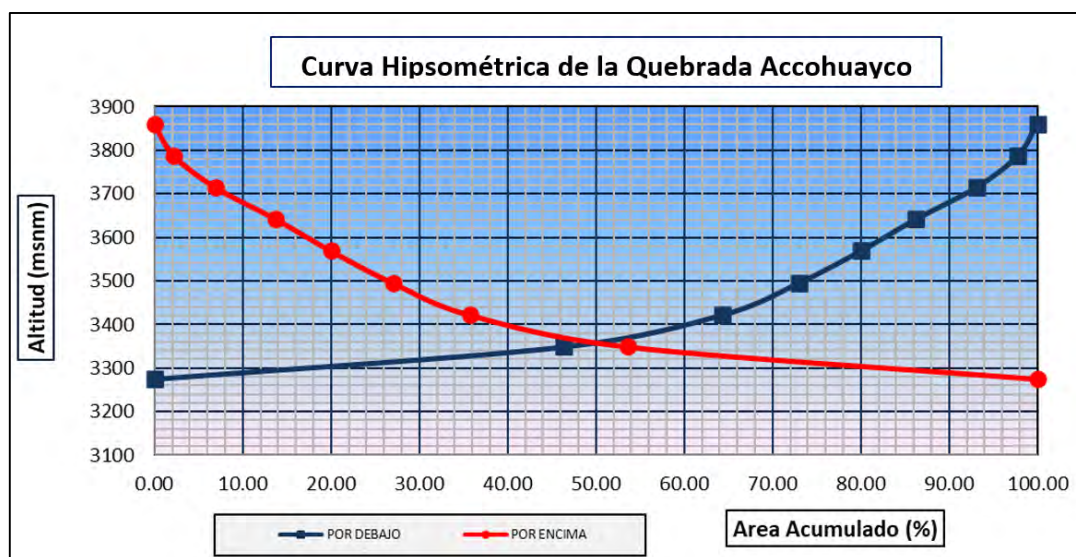
La curva hipsométrica representa la distribución porcentual del área de la cuenca y la superficie por encima de una cota específica. Para la realización, se segmentó la quebrada Acohuaycco en áreas parciales, se obtuvo la altitud de cada sección parcial y se ubica en un sistema de coordenadas y el porcentaje de las áreas acumuladas que pasan por encima de cada área parcial. La intersección de estas dos variables nos proporciona la curva hipsométrica.

Tabla 16. Áreas parciales y acumuladas para la Curva Hipsométrica

ALTITUD	AREAS PARCIALES		AREAS ACUMULADAS			
			POR DEBAJO		POR ENCIMA	
m.s.n.m.	Km2	(%)	(KM2)	(%)	KM2	(%)
Punto más bajo						
3275	0.00	0.00	0.00	0.00	2.33	100.00
3349	1.08	46.36	1.08	46.36	1.25	53.64
3422	0.42	17.90	1.50	64.26	0.83	35.74
3495	0.20	8.69	1.70	72.95	0.63	27.05
3569	0.16	7.05	1.87	80.00	0.47	20.00
3642	0.15	6.26	2.01	86.27	0.32	13.73
3715	0.16	6.85	2.17	93.12	0.16	6.88
3788	0.11	4.70	2.28	97.83	0.05	2.17
3861	0.05	2.17	2.33	100.00	0.00	0.00
Punto más alto						
TOTAL	2.33	100.00				

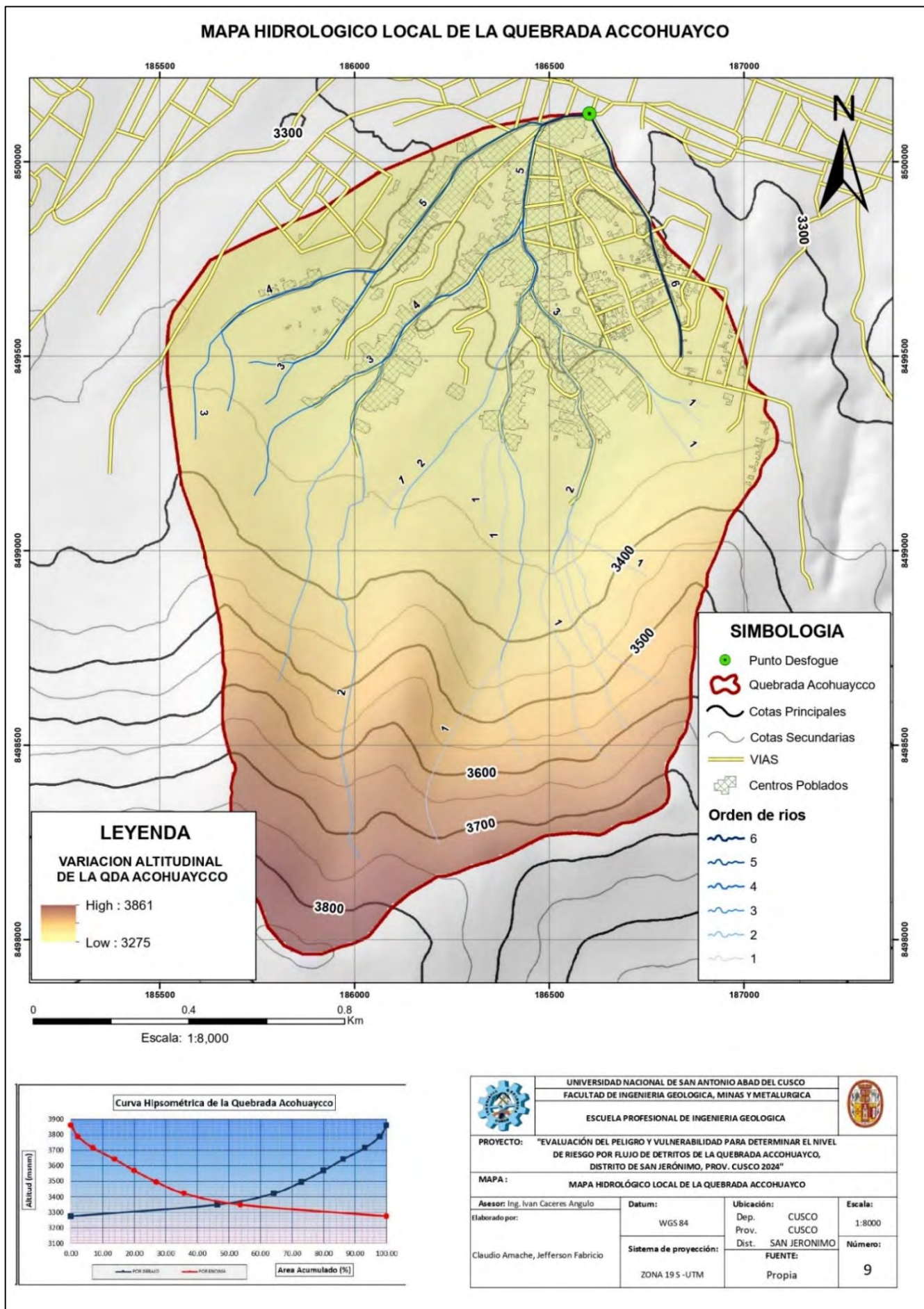
La curva hipsométrica nos indica, en caso de tener una concavidad hacia arriba, indica una cuenca con valles extensos y cumbres escarpadas y lo contrario indicaría valles profundos y un terreno plano.

Gráfico 4. Curva hipsométrica de la Quebrada Acohuaycco



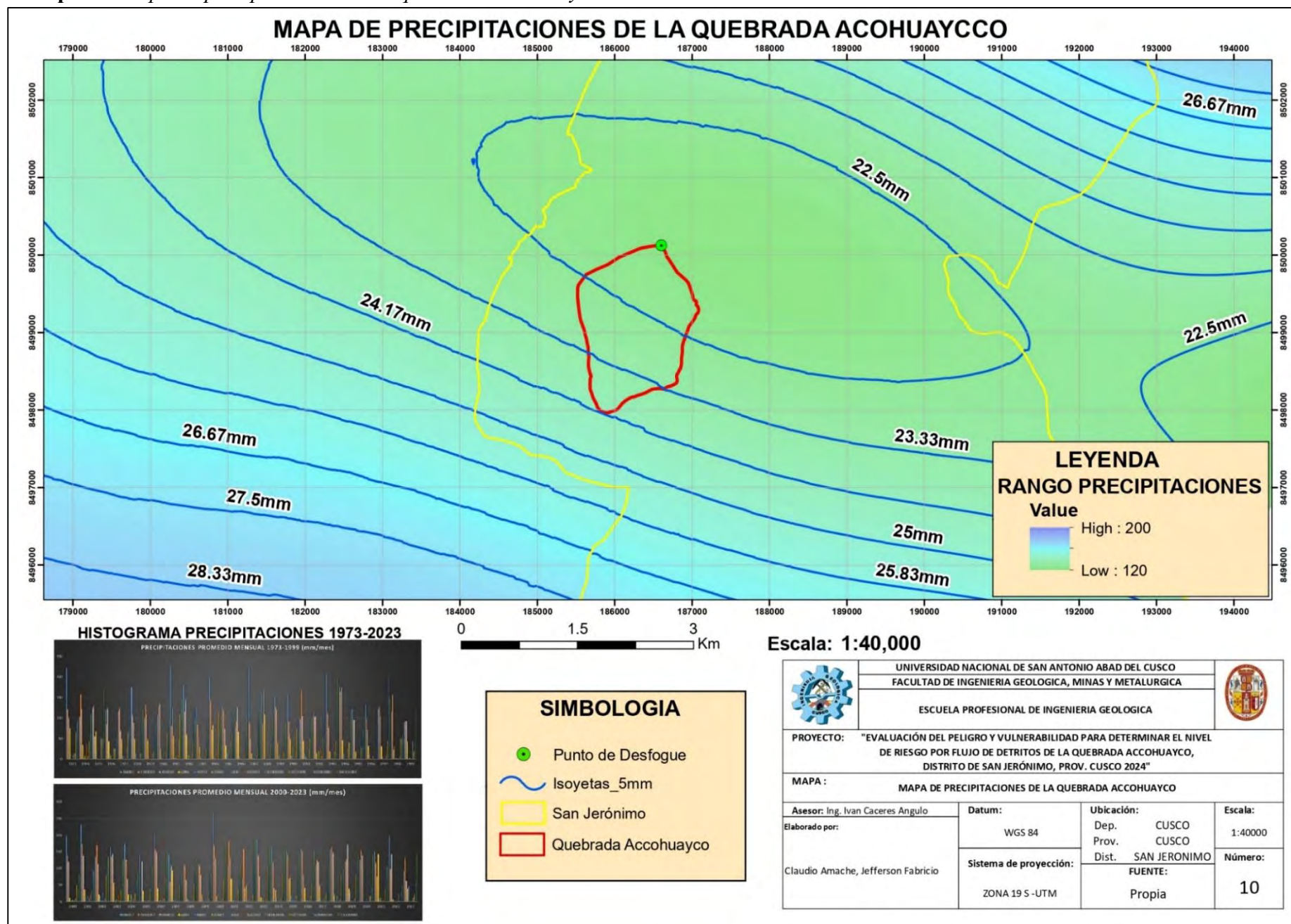
La curva hipsométrica resultante de la quebrada Acohuaycco nos determina una concavidad hacia arriba lo que nos determina una quebrada con valles y cumbres escarpadas lo que nos indica un gran potencial erosivo.

Mapa 9. Mapa hidrológico local de la quebrada Accohuayco



Nota. Elaboración propia, adaptado de SAS Planet

Mapa 10. Mapa de precipitaciones de la quebrada Accohuaycco



Nota. Elaboración propia, adaptado de SAS Planet

4.5. GEOTECNIA

4.5.1. INTRODUCCIÓN

La quebrada Accohuayco está comprendida primordialmente por dos formaciones geológicas, las formaciones Kayra y San Sebastián, aunque con las secciones geológicas se observaron que posiblemente por debajo de la Fm. Kayra se tenga presencia de las formaciones Quilque y Chilca, de entre estas formaciones nos interesa la formación San Sebastián que ocupa una gran parte del área de estudio, por la parte baja hasta la parte media, dentro se encuentran depósitos cuaternarios (coluvio-eluviales, coluviales y fluvio-aluviales) los cuales presentan diferentes comportamientos en el ámbito geotécnico.

En este análisis consideramos la Fm. San Sebastián por la cantidad de extensión de suelos que abarca en la zona de estudio y los depósitos coluviales por la importancia que tienen en los posibles flujos de detritos que discurren a través de estos, culminando su depósito sobre la Fm. San Sebastián.

4.5.2. CARACTERIZACIÓN Y ESTUDIO DE SUELOS

Para tener un conocimiento adecuado del comportamiento de los suelos de la quebrada Accohuayco se realizan ensayos granulométricos y límites de consistencia para determinar la clasificación de suelos según SUCS y AASHTO con el fin de determinar y clasificar las muestras tomadas de las calicatas realizadas.

4.5.2.1. NORMAS ASTM Y AASHTO UTILIZADAS

Las normas utilizadas en este análisis respetaron las pautas y recomendaciones de las “Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)” siguiendo específicamente la norma de estructura E.050 Suelos y Cimentaciones y “El manual de Ensayo de materiales EM. 2000” para conocer los procedimientos adecuados de ensayos de laboratorio concluyendo en un correcto análisis.

Las Normas ASTM que se llegaron a utilizar son:

- ASTM D2216, método de prueba estándar para la determinación de humedad de suelos y rocas en un laboratorio
- ASTM D422 y AASHTO T88, método para determinar la distribución de tamaños de partículas (granulometría) en suelos
- ASTM D4318 y AASHTO T89, establecen los procedimientos para determinar límites líquido, plástico y el índice de plasticidad para los suelos, parámetros utilizados para su clasificación e identificación geotécnica.
- ASTM D2487, práctica estándar para la clasificación de suelos en SUCS
- AASHTO M145 para la clasificación de suelos según AASHTO

4.5.2.2. ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos de muestras de suelos fueron realizados en 4 calicatas tomadas en 4 puntos dentro de la zona de estudio, 2 de las calicatas se realizaron en la Fm. San Sebastián con medidas de 1m de largo x 1 m de ancho con 2.5 m de profundidad y las otras 2 se realizaron en los depósitos coluviales con medidas de 1 m de largo x 1 m de ancho x 1 m de profundidad.

- **CALICATA 1.** Se realizó esta calicata para determinar la composición de los suelos que se tienen en la Fm. San Sebastián con coordenadas de E: 186772 y N: 8499364, se consideraron dos muestras de estratos en bolsas de muestreo para que conserven su humedad natural, siendo codificadas y llevadas al laboratorio para su posterior análisis.

Fotografía 21. *Excavación y codificación de la Calicata N° 1 en la Formación San Sebastián.*



- **CALICATA 2.** Se realizó esta excavación para determinar la composición de los suelos que se tienen en la Fm. San Sebastián con coordenadas de E: 186009 y N: 8499693, se consideraron dos muestras de estratos colocándolas en bolsas de muestreo conservando su humedad natural, siendo codificadas y llevadas al laboratorio para su posterior análisis.

Fotografía 22. *Excavación y codificación de la Calicata N° 2 en la Formación San Sebastián.*



- **CALICATA 3.** Se realizó esta calicata para determinar la composición de los suelos presentes en los depósitos coluviales con coordenadas de E: 186013 y N: 8499149, se tomó la muestra colocándola en bolsas de muestreo para que conserve su humedad natural, siendo codificadas y llevadas al laboratorio para su posterior análisis, la calicata posee una profundidad de 1 metro, con largo y ancho de 1 m.

Fotografía 23. Excavación y codificación de la Calicata N° 3 en los depósitos coluviales.



- **CALICATA 4.** Se realizó esta excavación para determinar la composición de los suelos presentes en los depósitos coluviales con coordenadas de E: 186542 y N: 8499049, se tomó la muestra en bolsas de muestreo conervando su humedad natural, siendo codificadas y llevadas al laboratorio para su posterior análisis, la calicata posee una profundidad de 1 metro, con largo y ancho de 1 m.

Fotografía 24. *Excavación y codificación de la Calicata N° 4 en los depósitos coluviales*



4.5.3. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS GRANULOMÉTRICOS

Para tener un conocimiento adecuado del comportamiento de los suelos de la quebrada Acconhuayco se realizan ensayos granulométricos y límites de consistencia para determinar la clasificación de los suelos según SUCS y AASHTO

4.5.3.1. ENSAYO CALICATA 1

4.5.3.1.1. CALICATA 1 – ESTRATO 1

Se llevó a cabo la determinación de humedad con el peso de la muestra húmeda y seca

Tabla 17. *Contenido de humedad natural del estrato 1-calicata 1*

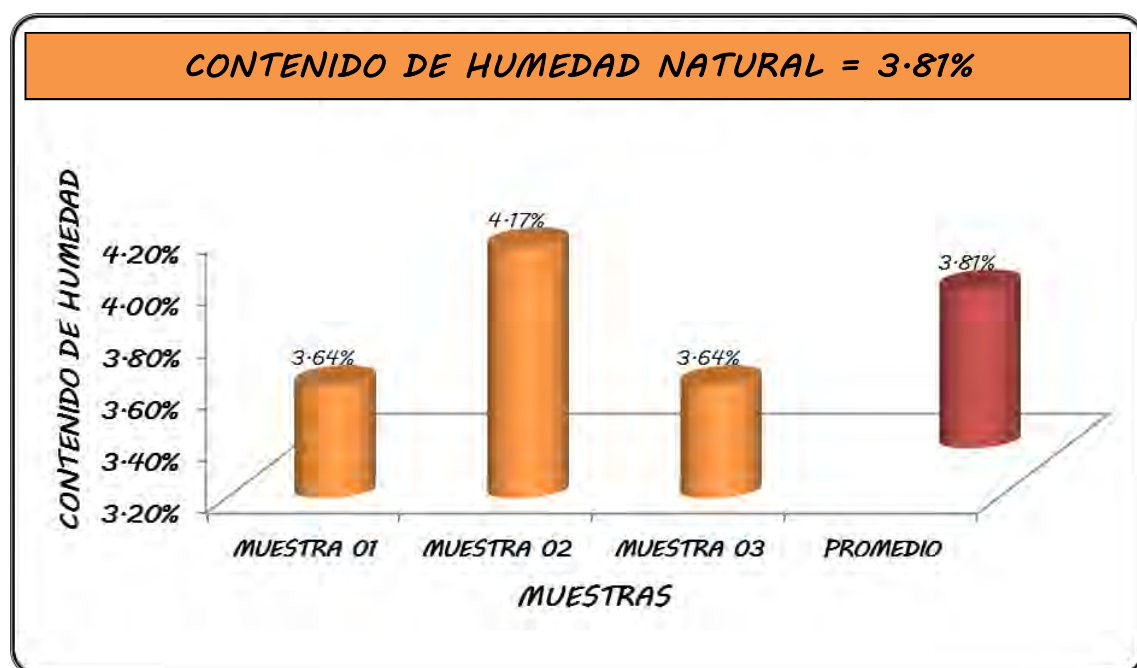


Laboratorio de suelos y materiales
V & G. Contratistas EIRL.
984704236
902094885

Proyecto:	"EVALUACIÓN DE RIESGO Y VULNERABILIDAD PARA DETERMINAR EL NIVEL DEL RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS DE LA QUEBRADA ACCOHUAYCO DEL DISTRITO SAN JERONIMO, PROVINCIA DE CUSCO"		
Ubicación:	Sector: Accohuayco, Dist. San Jeronimo , Prov. Cusco, Dpto Cusco.		
Solicita:	Bachiller: Jefferson Fabricio Claudio Amache		
Fecha:	Calca, 04 marzo del 2024	MUESTRA C-1A	
<u>CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL</u> <i>MTC E 108 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-2216</i>			
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	19.00	18.00	19.00
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	76.00	68.00	76.00
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	74.00	66.00	74.00
Peso del Agua (gr)	2.00	2.00	2.00
Peso de la Muestra Seca (gr)	55.00	48.00	55.00
Contenido de Humedad	3.64%	4.17%	3.64%

Nota. Adaptado de laboratorio de suelos V & G

Gráfico 5. *Contenido de humedad natural de la muestra C-1A*



Nota. Adaptado de laboratorio de suelos V & G

Se llevó a cabo el tamizado de cada una de las muestras utilizando los distintos tamices, determinando el peso retenido por cada tamiz.

Tabla 18. *Análisis Granulométrico por tamiz*

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO					
MTC E 107 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-422 y AASHTO T-88					
Antes del lavado			Después del lavado		
Peso de la Muestra Seca = 1065.00 gr			Peso de la Muestra Seca = 1065.00 gr		
			% de Error en Peso = 0.00%		
TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO QUE PASA (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
4"	100.000	0.00	1065.00	0.00%	100.00%
3"	75.000	0.00	1065.00	0.00%	100.00%
2"	50.000	0.00	1065.00	0.00%	100.00%
1½"	37.500	0.00	1065.00	0.00%	100.00%
1"	25.000	0.00	1065.00	0.00%	100.00%
¾"	19.000	0.00	1065.00	0.00%	100.00%
½"	12.500	0.00	1065.00	0.00%	100.00%
3/8"	9.500	0.00	1065.00	0.00%	100.00%
¼"	6.300	0.00	1065.00	0.00%	100.00%
N° 4	4.750	0.00	1065.00	0.00%	100.00%
N° 10	2.000	0.00	1065.00	0.00%	100.00%
N° 20	0.850	0.00	1065.00	0.00%	100.00%
N° 40	0.425	5.00	1060.00	0.47%	99.53%
N° 60	0.250	74.00	986.00	6.95%	92.58%
N° 100	0.150	587.00	399.00	55.12%	37.46%
N° 200	0.075	305.00	94.00	28.64%	8.83%
Cazuela	-	94.00	-	8.83%	-
Lavado	-	0.00	-	0.00%	-
Fracción Retenida en Lavado =		1065.00	94.00	100.00%	

Nota. Adaptado de laboratorio de suelos V & G

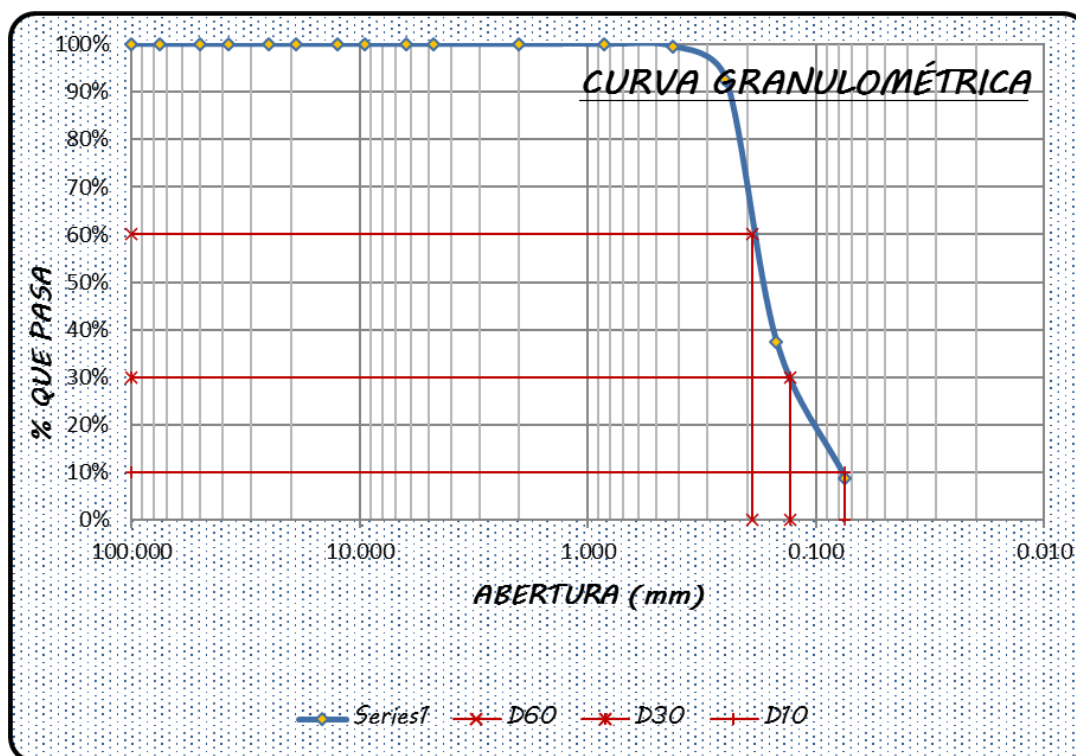
Tabla 19. *Resultados del porcentaje acumulado retenido en los tamices o mallas del Análisis Granulométrico*

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO CALICATA 1				
Muestra	Estrato	% grava (ret. malla N° 4)	% arena (pasa N° 4 y ret. N°200)	% finos (pasa malla N° 200)
1	C-1A	0	91.17	8.83

Nota. Adaptado de laboratorio de suelos V & G

Del análisis granulométrico se tiene la Curva Granulométrica, coeficiente de uniformidad (Cu) y coeficiente de compacidad (Cc)

Gráfico 6. Curva Granulométrica C-1A



Nota. Adaptado de laboratorio de suelos V & G

Tabla 20. Resultados del tamaño de grano en los distintos subíndices

CURVA GRANULOMÉTRICA CALICATA 1						
Muestra	Estrato	D60	D30	D10	Cu	Cc
1	C-1 ^a	0.19 mm	0.13 mm	0.075 mm	2.53	1.186

Nota. Adaptado de laboratorio de suelos V & G

De los ensayos realizados por análisis granulométrico tenemos la clasificación de suelos según SUCS Y AASHTO

Tabla 21. Clasificación de suelos del estrato

CLASIFICACIÓN SUELOS CALICATA 1					
Muestra	Estrato	Según SUCS		Según AASHTO	
1	C-1A	SP-SM	Arenas mal graduadas con limo	A-3 (0)	Arenas de granulometría deficiente que casi no contiene partículas finas ni gravas

Nota. Adaptado de laboratorio de suelos V & G

4.5.3.1.2. CALICATA 1 – ESTRATO 2

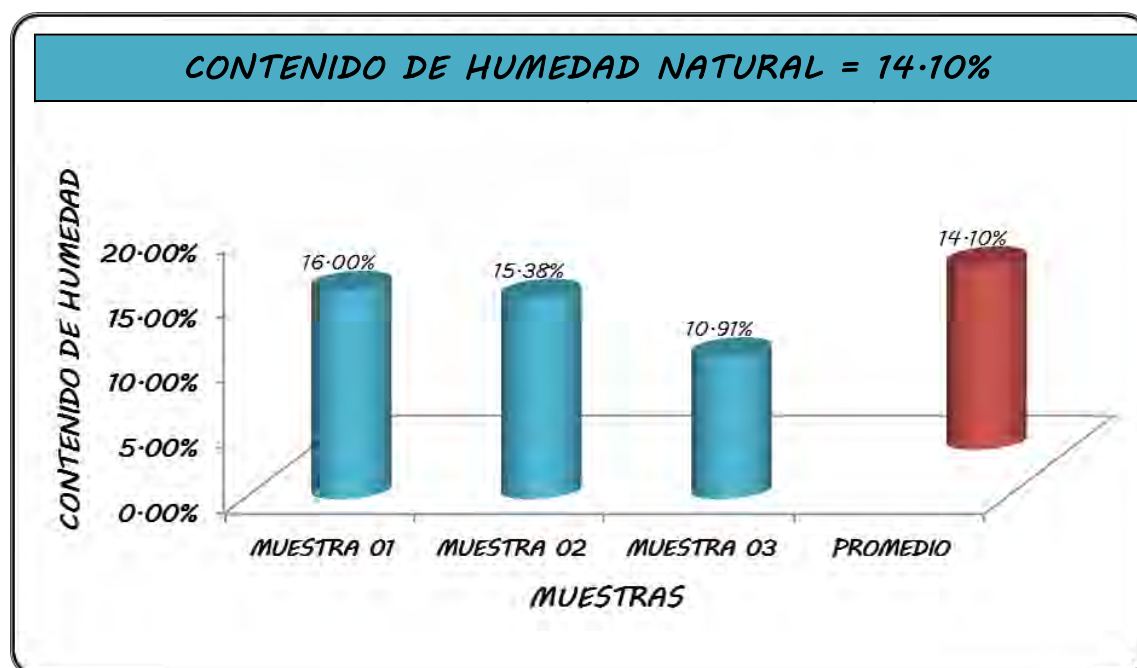
Se llevó a cabo la determinación de humedad con el peso de la muestra húmeda y seca

Tabla 22. *Contenido de humedad natural del estrato 2-calicata 1*

 Laboratorio de suelos y materiales V & G. Contratistas EIRL. 984704236 902094885						
Proyecto:	"EVALUACIÓN DE RIESGO Y VULNERABILIDAD PARA DETERMINAR EL NIVEL DEL RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS DE LA QUEBRADA ACCOHUAYCO DEL DISTRITO SAN JERONIMO, PROVINCIA DE CUSCO"					
Ubicación:	Sector: Accohuayco, Dist. San Jeronimo , Prov. Cusco, Dpto Cusco.					
Solicita:	Bachiller: Jefferson Fabricio Claudio Amache					
Fecha:	Calca, 04 marzo del 2024		MUESTRA C-1B			
<u>CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL</u>						
MTC E 108 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-2216						
DESCRIPCIÓN				MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)				23.00	23.00	19.00
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)				81.00	83.00	80.00
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)				73.00	75.00	74.00
Peso del Agua (gr)				8.00	8.00	6.00
Peso de la Muestra Seca (gr)				50.00	52.00	55.00
Contenido de Humedad				16.00%	15.38%	10.91%

Nota. Adaptado de laboratorio de suelos V & G

Gráfico 7. *Contenido de humedad natural de la muestra C-1B*



Nota. Adaptado de laboratorio de suelos V & G

Se llevó a cabo el tamizado de cada una de las muestras utilizando los distintos tamices, determinando el peso retenido por cada tamiz.

Tabla 23. *Análisis Granulométrico por tamiz*

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO					
MTC E 107 - 2000. Basado en la Norma ASTM D-422 y AASHTO T-88					
Antes del lavado			Después del lavado		
Peso de la Muestra Seca = 1243.00 gr			Peso de la Muestra Seca = 558.00 gr		
			% de Error en Peso = 0.00%		
TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO QUE PASA (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
4"	100.000	0.00	1243.00	0.00%	100.00%
3"	75.000	0.00	1243.00	0.00%	100.00%
2"	50.000	0.00	1243.00	0.00%	100.00%
1½"	37.500	0.00	1243.00	0.00%	100.00%
1"	25.000	0.00	1243.00	0.00%	100.00%
¾"	19.000	0.00	1243.00	0.00%	100.00%
½"	12.500	0.00	1243.00	0.00%	100.00%
3/8"	9.500	0.00	1243.00	0.00%	100.00%
¼"	6.300	0.00	1243.00	0.00%	100.00%
N° 4	4.750	0.00	1243.00	0.00%	100.00%
N° 10	2.000	1.00	1242.00	0.08%	99.92%
N° 20	0.850	1.00	1241.00	0.08%	99.92%
N° 40	0.425	2.00	1239.00	0.16%	99.84%
N° 60	0.250	7.00	1232.00	0.56%	99.44%
N° 100	0.150	137.00	1095.00	11.02%	88.98%
N° 200	0.075	360.00	735.00	28.96%	71.04%
Cazuela	-	50.00	-	4.02%	-
Lavado	-	685.00	-	55.11%	-
Total Fracción Retenida en Lavado =		558.00	50.00	100.00%	

Nota. Adaptado de laboratorio de suelos V & G

Tabla 24. *Resultados del porcentaje acumulado retenido en los tamices o mallas del Análisis Granulométrico*

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO CALICATA 1				
Muestra	Estrato	% grava (ret. malla N° 4)	% arena (pasa N° 4 y ret. N°200)	% finos (pasa malla N° 200)
2	C-1B	0	40.87	59.13

Nota. Adaptado de laboratorio de suelos V & G

Del análisis granulométrico se tiene la Curva Granulométrica, Cu y Cc

Gráfico 8. Curva Granulométrica C-1B

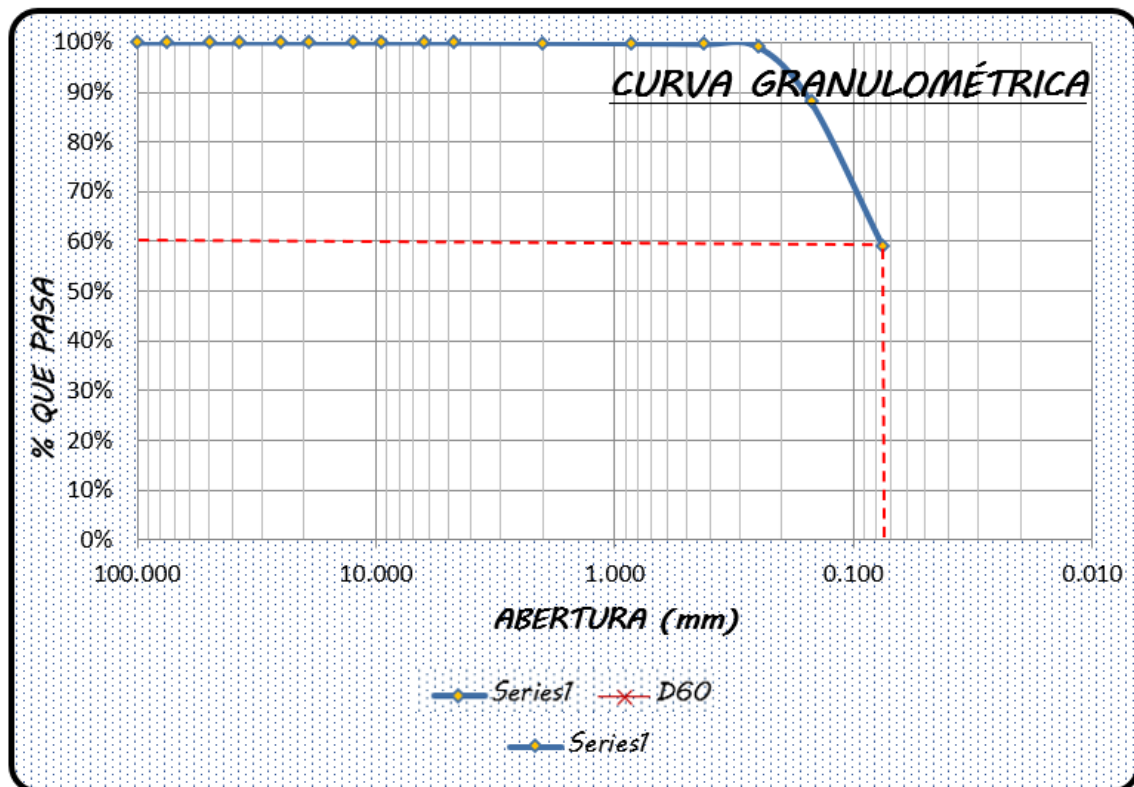


Tabla 25. Resultados del tamaño de grano en los distintos subíndices

CURVA GRANULOMÉTRICA CALICATA 1						
Muestra	Estrato	D60	D30	D10	Cu	Cc
2	C-1B	0.08	-	-	-	-

De los ensayos realizados por análisis granulométrico tenemos la clasificación de suelos

Tabla 26. Clasificación de suelos del estrato

CLASIFICACIÓN SUELOS CALICATA 1					
Muestra	Estrato	Según SUCS		Según AASHTO	
2	C-1B	ML	Limo arenoso de baja plasticidad	A-4 (5)	Principalmente partículas finas limosas

4.5.3.2. ENSAYO CALICATA 2

4.5.3.2.1. CALICATA 2 – ESTRATO 1

Se llevó a cabo la determinación de humedad con el peso de la muestra húmeda y seca

Tabla 27. Contenido de humedad natural del estrato 2-calicata 1

 Laboratorio de suelos y materiales V & G. Contratistas EIRL. 984704236 902094885			
Proyecto:	"EVALUACIÓN DE RIESGO Y VULNERABILIDAD PARA DETERMINAR EL NIVEL DEL RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS DE LA QUEBRADA ACCOHUAYCO DEL DISTRITO SAN JERONIMO, PROVINCIA DE CUSCO"		
Ubicación:	Sector: Accohuayco, Dist. San Jeronimo , Prov. Cusco, Dpto Cusco.		
Solicita:	Bachiller: Jefferson Fabricio Claudio Amache		
Fecha:	Calca, 04 marzo del 2024		MUESTRA C-2A
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL			
MTC E 108 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-2216			
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	18.00	19.00	19.00
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	71.00	73.00	77.00
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	69.00	71.00	75.00
Peso del Agua (gr)	2.00	2.00	2.00
Peso de la Muestra Seca (gr)	51.00	52.00	56.00
Contenido de Humedad	3.92%	3.85%	3.57%

Gráfico 9. Contenido de humedad natural de la muestra C-2A



Se llevó a cabo el tamizado de cada una de las muestras utilizando los distintos tamices, determinando el peso retenido por cada tamiz.

Tabla 28. *Análisis Granulométrico por tamiz*

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO					
MTC E 107 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-422 y AASHTO T-88					
Antes del lavado			Después del lavado		
Peso de la Muestra Seca = 1063.00 gr			Peso de la Muestra Seca = 1063.00 gr		
			% de Error en Peso = 0.00%		
TAMIZ Nº	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO QUE PASA(gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
4"	100.000	0.00	1063.00	0.00%	100.00%
3"	75.000	0.00	1063.00	0.00%	100.00%
2"	50.000	0.00	1063.00	0.00%	100.00%
1½"	37.500	0.00	1063.00	0.00%	100.00%
1"	25.000	0.00	1063.00	0.00%	100.00%
¾"	19.000	0.00	1063.00	0.00%	100.00%
½"	12.500	0.00	1063.00	0.00%	100.00%
⅜"	9.500	0.00	1063.00	0.00%	100.00%
¼"	6.300	0.00	1063.00	0.00%	100.00%
Nº 4	4.750	0.50	1062.50	0.05%	99.95%
Nº 10	2.000	1.50	1061.00	0.14%	99.81%
Nº 20	0.850	2.00	1059.00	0.19%	99.62%
Nº 40	0.425	55.00	1004.00	5.17%	94.45%
Nº 60	0.250	355.00	649.00	33.40%	61.05%
Nº 100	0.150	458.00	191.00	43.09%	17.97%
Nº 200	0.075	164.00	27.00	15.43%	2.54%
Cazuela	-	27.00	-	2.54%	-
Lavado	-	0.00	-	0.00%	-
Fracción Retenida en Lavado =		1063.00	27.00	100.00%	

Tabla 29. *Resultados del porcentaje acumulado retenido en los tamices o mallas del Análisis Granulométrico*

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO CALICATA 2				
Muestra	Estrato	% grava (ret. malla Nº 4)	% arena (pasa Nº 4 y ret. Nº 200)	% finos (pasa malla Nº 200)
1	C-2A	0.05	97.41	2.54

Del análisis granulométrico se tiene la Curva Granulométrica, coeficiente de uniformidad (Cu) y coeficiente de compacidad (Cc)

Gráfico 10. Curva Granulométrica C-2A

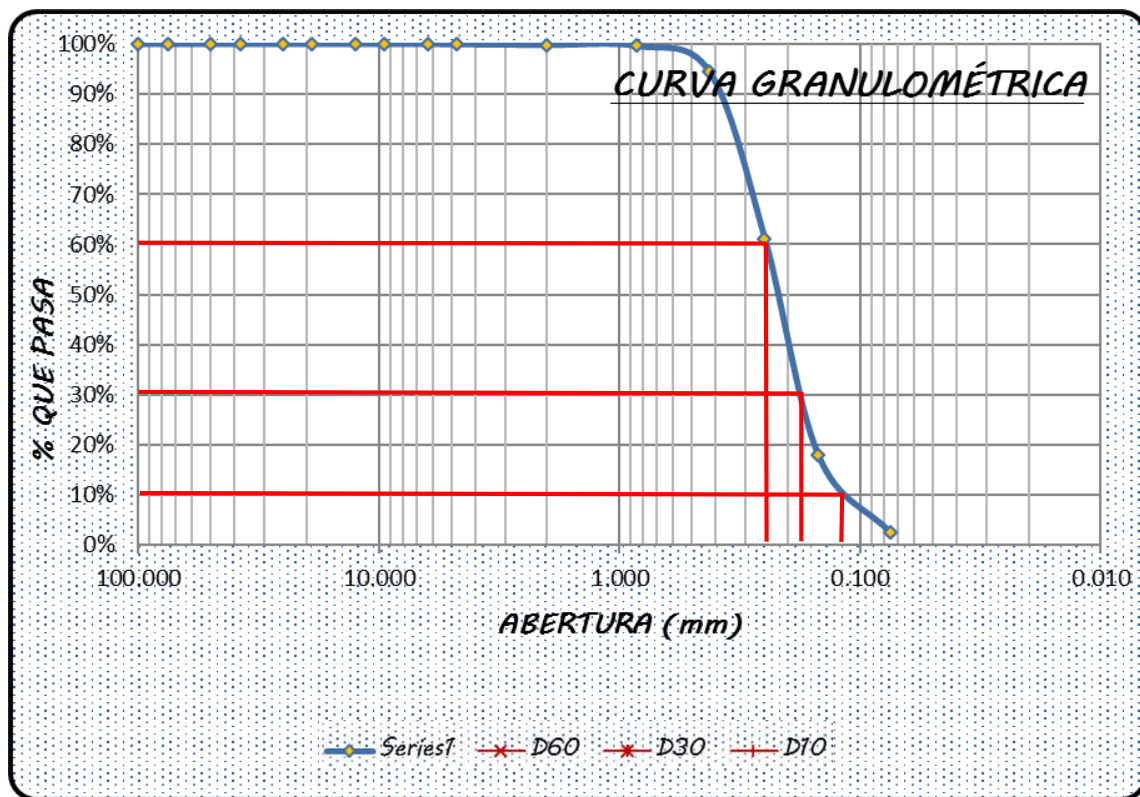


Tabla 30. Resultados del tamaño de grano en los distintos subíndices

CURVA GRANULOMÉTRICA CALICATA 2						
Muestra	Estrato	D60	D30	D10	Cu	Cc
1	C-2A	0.25 mm	0.18 mm	0.134 mm	1.85	0.953

De los ensayos realizados por análisis granulométrico tenemos la clasificación de suelos

Tabla 31. Clasificación de suelos del estrato

CLASIFICACIÓN SUELOS CALICATA 2					
Muestra	Estrato	Según SUCS		Según AASHTO	
1	C-2A	SP	Arenas mal graduadas	A-3 (0)	Arenas de granulometría deficiente

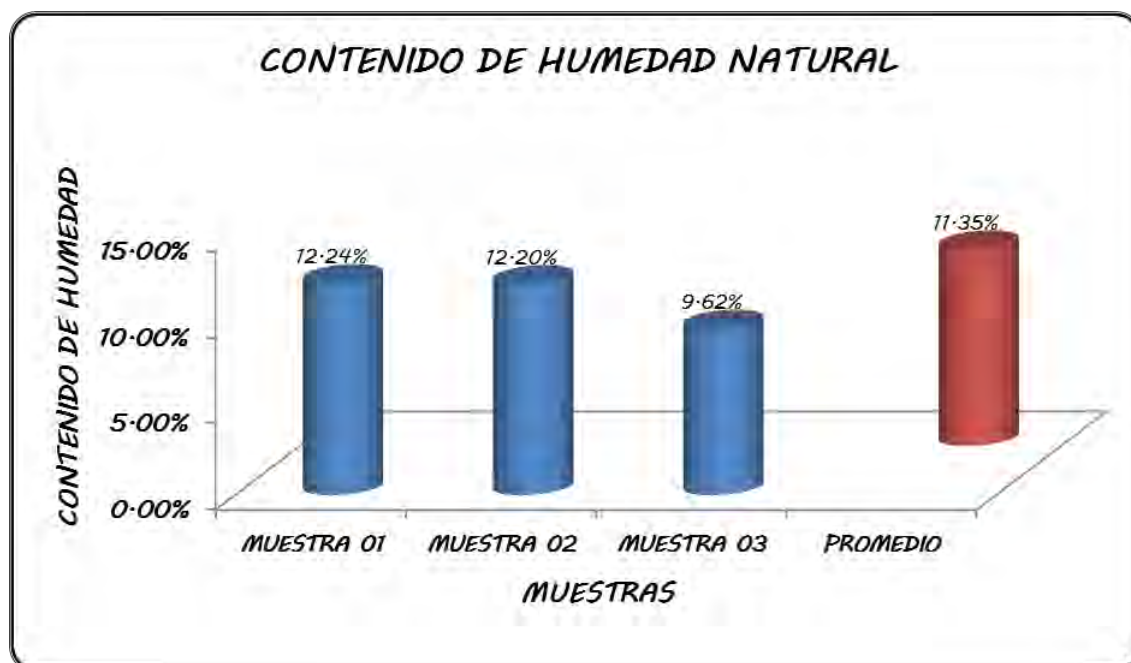
4.5.3.2.2. CALICATA 2 – ESTRATO 2

Se llevó a cabo la determinación de humedad con el peso de la muestra húmeda y seca

Tabla 32. *Contenido de humedad natural del estrato 2-calicata 2*

			
Laboratorio de suelos y materiales V & G. Contratistas EIRL. 984704236 902094885			

Gráfico 11. *Contenido de humedad natural de la muestra C-2B*



Se llevó a cabo el tamizado de cada una de las muestras utilizando los distintos tamices, determinando el peso retenido por cada tamiz.

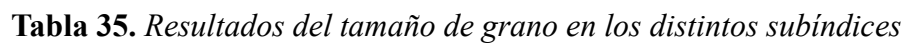
Tabla 33. Análisis Granulométrico por tamiz

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO					
MTC E 107 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-422 y AASHTO T-88					
Antes del lavado			Después del lavado		
Peso de la Muestra Seca = 1060.00 gr			Peso de la Muestra Seca = 672.00 gr		
			% de Error en Peso = 0.15%		
TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO QUE PASA (gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
4"	100.000	0.00	1060.00	0.00%	100.00%
3"	75.000	0.00	1060.00	0.00%	100.00%
2"	50.000	0.00	1060.00	0.00%	100.00%
1½"	37.500	0.00	1060.00	0.00%	100.00%
1"	25.000	0.00	1060.00	0.00%	100.00%
¾"	19.000	0.00	1060.00	0.00%	100.00%
½"	12.500	0.00	1060.00	0.00%	100.00%
⅜"	9.500	0.00	1060.00	0.00%	100.00%
¼"	6.300	0.00	1060.00	0.00%	100.00%
N° 4	4.750	0.00	1060.00	0.00%	100.00%
N° 10	2.000	0.50	1059.50	0.05%	99.95%
N° 20	0.850	1.00	1058.50	0.09%	99.86%
N° 40	0.425	1.50	1057.00	0.14%	99.72%
N° 60	0.250	6.00	1051.00	0.57%	99.15%
N° 100	0.150	261.00	790.00	24.62%	74.53%
N° 200	0.075	369.00	421.00	34.81%	39.72%
Cazuela	-	32.00	-	3.02%	-
Lavado	-	388.00	-	36.70%	-
Fracción Retenida en Lavado =		671.00	33.00	100.00%	

Tabla 34. Resultados del porcentaje acumulado retenido en los tamices o mallas del Análisis Granulométrico

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO CALICATA 2				
Muestra	Estrato	% grava (ret. malla N° 4)	% arena (pasa N° 4 y ret. N°200)	% finos (pasa malla N° 200)
2	C-2B	0	60.28	39.72

Gráfico 12. Curva Granulométrica C-2B



De los ensayos realizados por análisis granulométrico tenemos la clasificación de suelos

CLASIFICACIÓN SUELOS CALICATA 2					
Muestra	Estrato	Según SUCS		Según AASHTO	
2	C-2B	SM	Arenas limosas	A-4 (1)	Principalmente partículas finas limosas

4.5.3.3. ENSAYO CALICATA 3

4.5.3.3.1. CALICATA 3

Se llevó a cabo la determinación de humedad con el peso de la muestra húmeda y seca

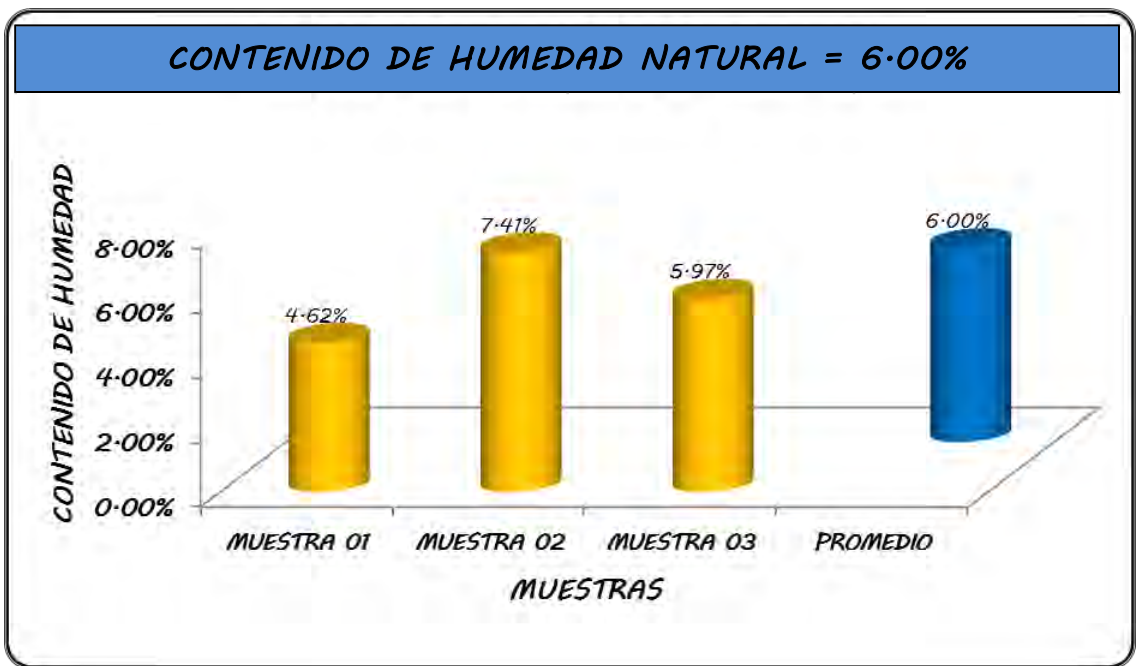
Tabla 37. Contenido de humedad natural de la calicata 3



Laboratorio de suelos y materiales
V & G. Contratistas EIRL.
984704236
902094885

Proyecto:	"EVALUACIÓN DE RIESGO Y VULNERABILIDAD PARA DETERMINAR EL NIVEL DEL RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS DE LA QUEBRADA ACCOHUAYCO DEL DISTRITO SAN JERONIMO, PROVINCIA DE CUSCO"		
Ubicación:	Sector: Accohuayco, Dist. San Jeronimo , Prov. Cusco, Dpto Cusco.		
Solicita:	Bachiller: Jefferson Fabricio Claudio Amache		
Fecha:	Calca, 04 marzo del 2024	MUESTRA C-3	
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL			
MTC E 108 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-2216			
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	18.00	19.00	19.00
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	86.00	77.00	90.00
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	83.00	73.00	86.00
Peso del Agua (gr)	3.00	4.00	4.00
Peso de la Muestra Seca (gr)	65.00	54.00	67.00
Contenido de Humedad	4.62%	7.41%	5.97%

Gráfico 13. Contenido de humedad natural de la muestra C-3



Se llevó a cabo el tamizado de cada una de las muestras utilizando los distintos tamices, determinando el peso retenido por cada tamiz.

Tabla 38. *Análisis Granulométrico por tamiz*

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO					
MTC E 107 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-422 y AASHTO T-88					
Antes del lavado			Después del lavado		
Peso de la Muestra Seca = 1154.00 gr			Peso de la Muestra Seca = 1154.00 gr		
			% de Error en Peso = 0.09%		
TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO QUE PASA(gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
4"	100.000	0.00	1154.00	0.00%	100.00%
3"	75.000	0.00	1154.00	0.00%	100.00%
2"	50.000	0.00	1154.00	0.00%	100.00%
1½"	37.500	0.00	1154.00	0.00%	100.00%
1"	25.000	43.00	1111.00	3.73%	96.27%
¾"	19.000	0.00	1111.00	0.00%	96.27%
½"	12.500	66.00	1045.00	5.72%	90.55%
3/8"	9.500	9.00	1036.00	0.78%	89.77%
¼"	6.300	39.00	997.00	3.38%	86.40%
N° 4	4.750	30.00	1015.00	2.60%	83.80%
N° 10	2.000	100.00	915.00	8.67%	75.13%
N° 20	0.850	159.00	756.00	13.78%	61.35%
N° 40	0.425	196.00	560.00	16.98%	44.37%
N° 60	0.250	165.00	395.00	14.30%	30.07%
N° 100	0.150	161.00	234.00	13.95%	16.12%
N° 200	0.075	108.00	126.00	9.36%	6.76%
Cazuela	-	77.00	-	6.67%	-
Lavado	-	0.00	-	0.09%	-
Fracción Retenida en Lavado =		1153.00	126.00	100.00%	

Tabla 39. *Resultados del porcentaje acumulado retenido en los tamices o mallas del Análisis Granulométrico*

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO CALICATA 3				
Muestra	Estrato	% grava (ret. malla N° 4)	% arena (pasa N° 4 y ret. N°200)	% finos (pasa malla N° 200)
1	C-3	16.2	77.04	6.76

Del análisis granulométrico se tiene la Curva Granulométrica, coeficiente de uniformidad (Cu) y coeficiente de compacidad (Cc)

Gráfico 14. Curva Granulométrica C-3

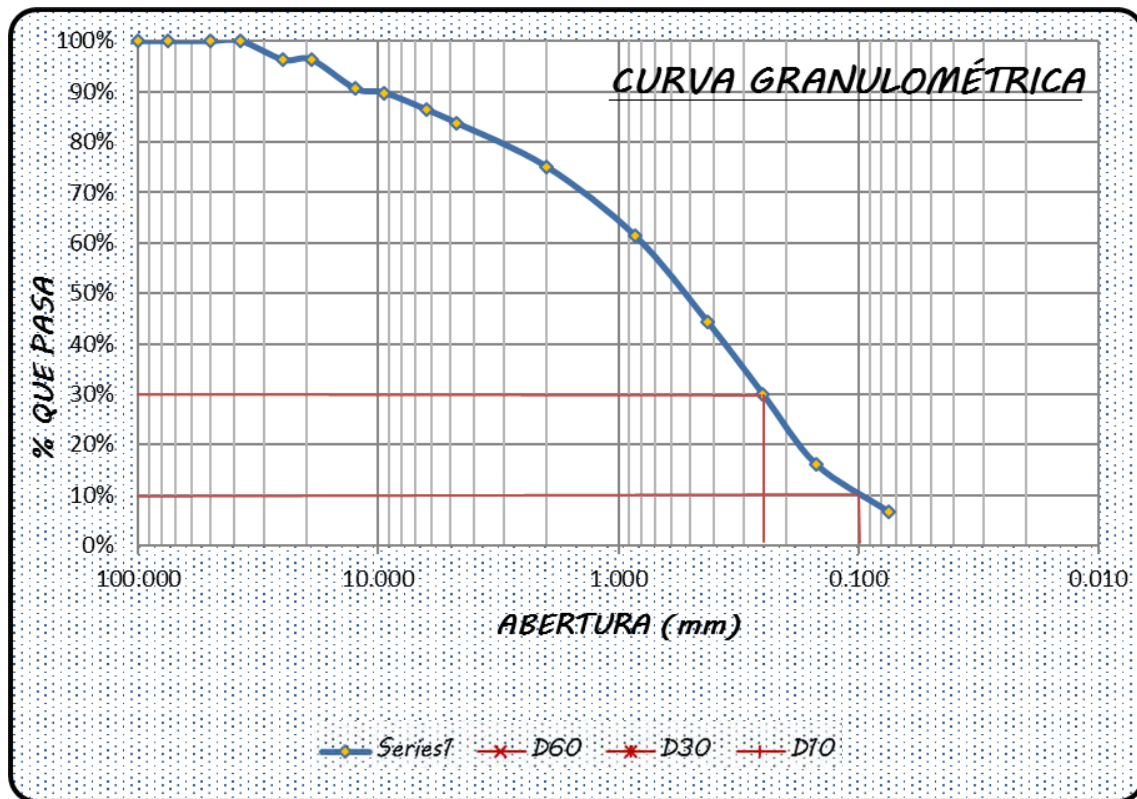


Tabla 40. Resultados del tamaño de grano en los distintos subíndices

CURVA GRANULOMÉTRICA CALICATA 3						
Muestra	Estrato	D60	D30	D10	Cu	Cc
1	C-3	0.79 mm	0.3 mm	0.1 mm	7.9	1.139

De los ensayos realizados por análisis granulométrico tenemos la clasificación de suelos

Tabla 41. Clasificación de suelos del estrato

CLASIFICACIÓN SUELOS CALICATA 3					
Muestra	Estrato	Según SUCS		Según AASHTO	
1	C-3	SW-SM	Arenas bien graduadas con presencia de limos y gravas	A-1-b (0)	Arenas con o sin partículas finas de granulometrías bien definidas

4.5.3.4. ENSAYO CALICATA 4

4.5.3.4.1. CALICATA 4

Se llevó a cabo la determinación de humedad con el peso de la muestra húmeda y seca

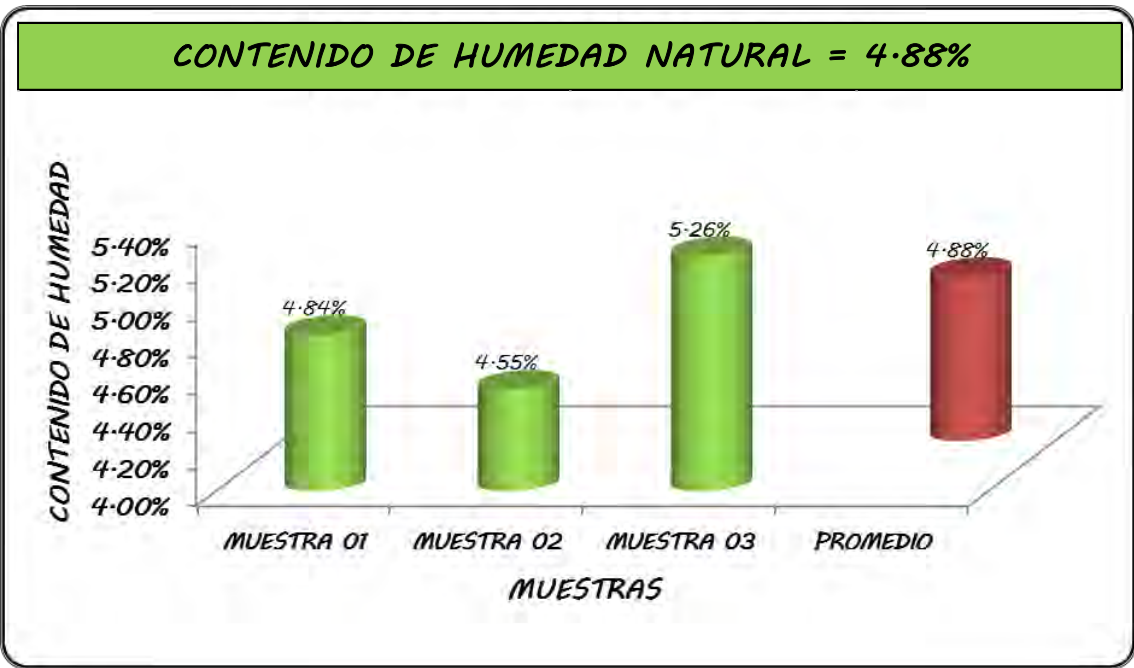
Tabla 42. Contenido de humedad natural de la calicata 4



Laboratorio de suelos y materiales
V & G. Contratistas EIRL.
984704236
902094885

Proyecto:	"EVALUACIÓN DE RIESGO Y VULNERABILIDAD PARA DETERMINAR EL NIVEL DEL RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS DE LA QUEBRADA ACCOHUAYCO DEL DISTRITO SAN JERONIMO, PROVINCIA DE CUSCO"		
Ubicación:	Sector: Accohuayco, Dist. San Jeronimo , Prov. Cusco, Dpto Cusco.		
Solicita:	Bachiller: Jefferson Fabricio Claudio Amache		
Fecha:	Calca, 04 marzo del 2024	MUESTRA C-4	
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL			
MTC E 108 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-2216			
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	19.00	18.00	19.00
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	84.00	87.00	79.00
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	81.00	84.00	76.00
Peso del Agua (gr)	3.00	3.00	3.00
Peso de la Muestra Seca (gr)	62.00	66.00	57.00
Contenido de Humedad	4.84%	4.55%	5.26%

Gráfico 15. Contenido de humedad natural de la muestra C-4



Se llevó a cabo el tamizado de cada una de las muestras utilizando los distintos tamices, determinando el peso retenido por cada tamiz.

Tabla 43. *Análisis granulométrico por tamiz*

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO					
MTC E 107 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-422 y AASHTO T-88					
Antes del lavado			Después del lavado		
Peso de la Muestra Seca = 1641.00 gr			Peso de la Muestra Seca = 1641.00 gr		
			% de Error en Peso = 0.37%		
TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO QUE PASA(gr)	% RETENIDO	% QUE PASA
4"	100.000	0.00	1641.00	0.00%	100.00%
3"	75.000	0.00	1641.00	0.00%	100.00%
2"	50.000	0.00	1641.00	0.00%	100.00%
1½"	37.500	0.00	1641.00	0.00%	100.00%
1"	25.000	88.00	1553.00	5.36%	94.64%
¾"	19.000	0.00	1553.00	0.00%	94.64%
½"	12.500	109.00	1444.00	6.64%	88.00%
3/8"	9.500	42.00	1402.00	2.56%	85.44%
¼"	6.300	88.00	1314.00	5.36%	80.07%
N° 4	4.750	55.00	1389.00	3.35%	76.72%
N° 10	2.000	234.00	1155.00	14.26%	62.46%
N° 20	0.850	283.00	872.00	17.25%	45.22%
N° 40	0.425	263.00	609.00	16.03%	29.19%
N° 60	0.250	151.00	458.00	9.20%	19.99%
N° 100	0.150	161.00	297.00	9.81%	10.18%
N° 200	0.075	108.00	189.00	6.58%	3.60%
Cazuela	-	53.00	-	3.23%	-
Lavado	-	0.00	-	0.37%	-
Fracción Retenida en Lavado =		1635.00	189.00	100.00%	

Tabla 44. *Resultados del porcentaje acumulado retenido en los tamices o mallas del análisis granulométrico*

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO CALICATA 4				
Muestra	Estrato	% grava (ret. malla N° 4)	% arena (pasa N° 4 y ret. N°200)	% finos (pasa malla N° 200)
1	C-4	23.28	73.13	3.6

Del análisis granulométrico se tiene la Curva Granulométrica, coeficiente de uniformidad (Cu) y coeficiente de compacidad (Cc)

Gráfico 16. Curva Granulométrica C-4

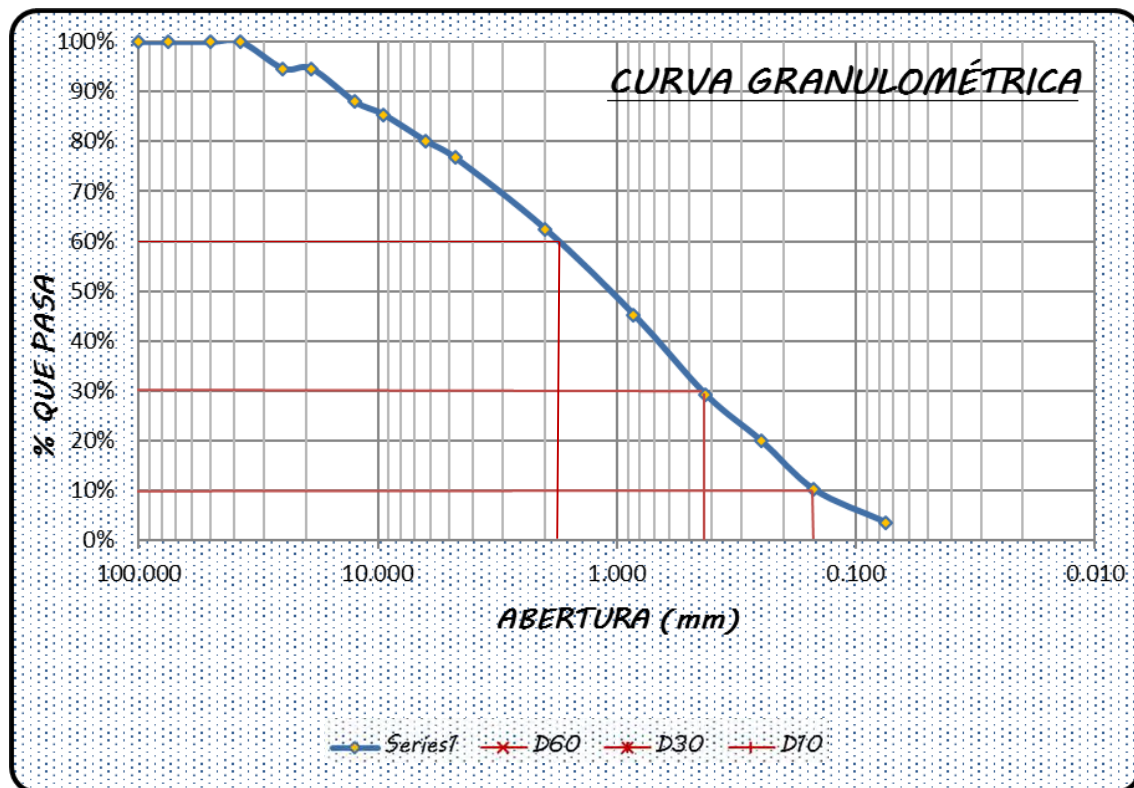


Tabla 45. Resultados del tamaño de grano en los distintos subíndices

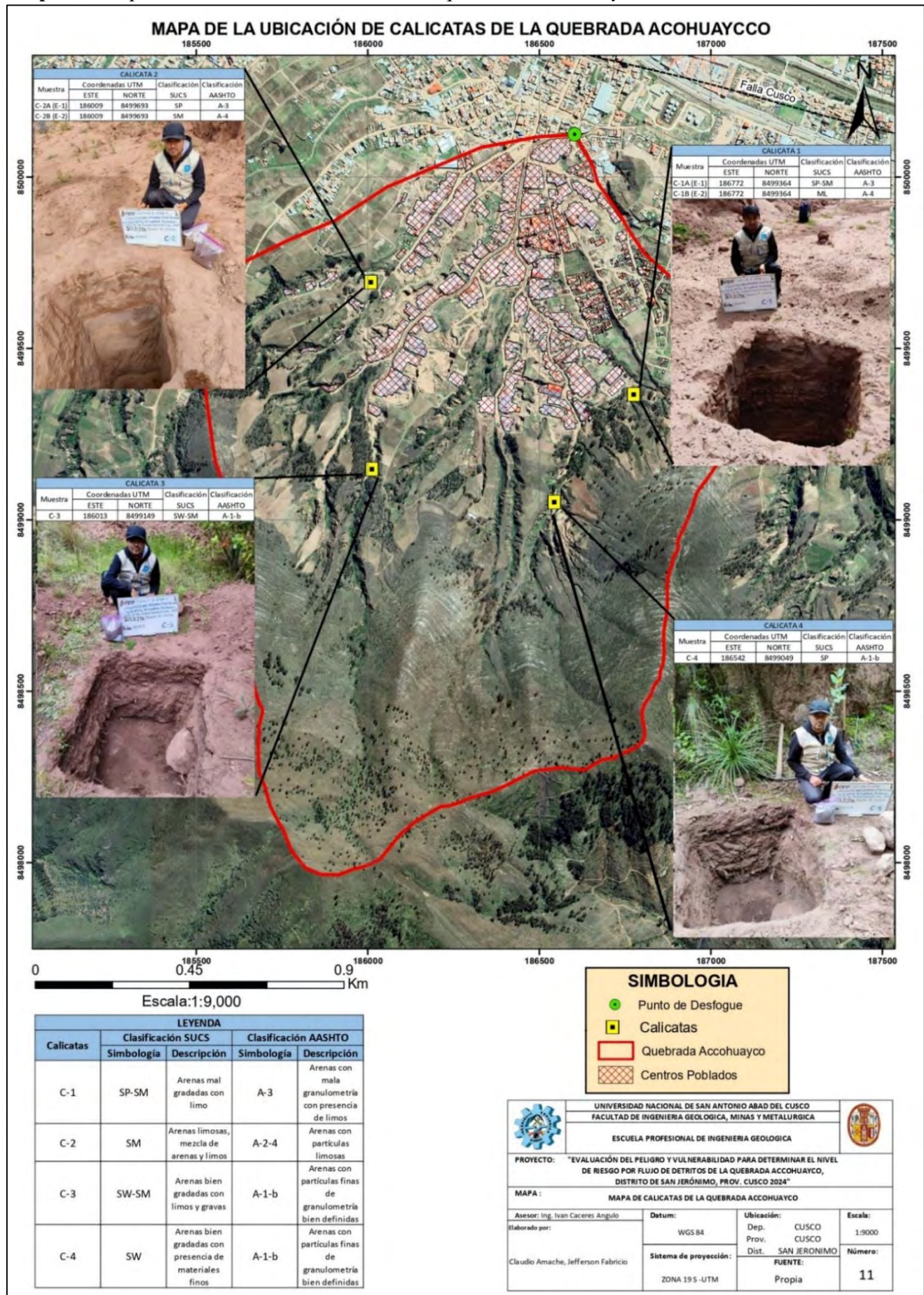
CURVA GRANULOMÉTRICA CALICATA 4						
Muestra	Estrato	D60	D30	D10	Cu	Cc
1	C-4	1.75 mm	0.44 mm	0.16 mm	10.94	0.691

De los ensayos realizados por análisis granulométrico tenemos la clasificación de suelos

Tabla 46. Clasificación de suelos del estrato

CLASIFICACIÓN SUELOS CALICATA 4					
Muestra	Estrato	Según SUCS		Según AASHTO	
1	C-4	SW-SM	Arenas bien graduadas con presencia de limos y gravas	A-1-b (0)	Arenas con o sin partículas finas de granulometrías bien definidas

Mapa 11. Mapa de ubicación de calicatas de la quebrada Accohuayco



Nota. Elaboración propia, adaptado de SAS Planet

4.6. GEODINÁMICA

4.6.1. GEODINÁMICA INTERNA

La deformación cuaternaria de los Andes está asociada al proceso de subducción entre la placa de Nazca por debajo de la placa Sudamericana (PMA, 2009).

Desde el punto de vista sismotectónico andino, las fallas que han registrado actividad durante el Cuaternario (menos de 2,5 millones de años) son consideradas las de mayor potencial para generar futuros eventos sísmicos (Benavente et al., 2013).

Diversas investigaciones (Sébrier et al., 1985; Cabrera, 1988; Carlotto et al., 2011; Benavente et al., 2013) indican que la región del Cusco se ubica dentro de un sistema de fallas activas con capacidad sismogénica. Asimismo, los registros históricos evidencian que esta región ha experimentado sismos de gran magnitud, ocasionando pérdidas humanas y daños parciales o totales en las edificaciones (Benavente et al., 2013).

4.6.1.1. ANTECEDENTES SÍSMICOS

A lo largo de los años la región de Cusco ha sufrido diversos movimientos sísmicos, donde los más importantes y gran magnitud se dieron como se describen en la Tabla N° 48.

Tabla 47. *Catálogo de sismos históricos del año 1650 a 2018*

FECHA	Latitud (grados)	Longitud (grados)	Profundidad (km)	Magnitud (MW)
31 de marzo 1650	-13.5	-71.7	30	7.2
21 de mayo 1950	-13.5	72	15	6
3 de junio 1980	-13.36	-72.49	19	5
25 de setiembre 1986	-13.4	-71.85	37	4.9
4 de junio 1995	-13.28	-71.99	13	4.8
7 de julio 2003	-13.48	-71.96	40	4.9
25 de julio 2005	-13.34	-71.79	100	4.9
11 de noviembre 2018	-13.42	-71.96	12	4.7

Nota. Adaptado de Instituto Geofísico del Perú - IGP

4.6.1.2. SISMICIDAD LOCAL

Se han identificado múltiples sistemas de fallas activas en la región del Cusco, como Zurite-Cusco-Urcos-Sicuani, Chinchajpujio-Paruro-Acomayo, entre otras. La ciudad de Cusco se sitúa en un área activa de fallas regionales de tiempo paleozoico hasta neógeno, las fallas de Tambomachay y la falla Cusco son las que se encuentran relativamente próxima a nuestra zona de estudio.

4.6.1.2.1. FALLA TAMBOMACHAY

La Falla Tambomachay se ubica a unos 4 km por el norte de la ciudad de Cusco. Presenta una orientación N120°E, con un buzamiento de entre 70° y 80° hacia el sur, y una longitud cercana a los 20 km, delimitando una cuenca conformada por depósitos fluviales y lacustres correspondientes al cuaternario. Debido a la proximidad con la ciudad del Cusco, constituye una estructura de importancia por su potencial actividad geológica (Benavente et al., 2013). A lo largo de su traza se identifican numerosos deslizamientos asociados a la actividad tectónica. Asimismo, los estudios microtectónicos desarrollados por Huamán (1987), Cabrera (1988) y Benavente et al. (2010) indican que esta falla ha presentado movimientos de tipo normal, precedidos por eventos de carácter inverso, siniestral y posteriormente normal.

4.6.2. GEODINÁMICA EXTERNA

En la quebrada Accohuayco se realizó un estudio enfocado en identificar, describir y clasificar los factores que influyen en nuestra geodinámica externa, teniendo la presencia de caída de rocas, carcavamientos, zonas de erosión, deslizamientos antiguos, deslizamientos activos y flujo de detritos, distribuidos en la zona de estudio.

4.6.2.1. FACTORES INFLUYENTES EN LA GEODINAMICA EXTERNA

4.6.2.1.1. DEPÓSITOS CUATERNARIOS Y FORMACIONES GEOLÓGICAS

Los distintos depósitos y formaciones geológicas están compuestas por diferentes materiales, tanto suelo como roca, donde se debe identificar la litología predominante, brindándonos distintos comportamientos e influencias en la geodinámica externa.

Las rocas blandas son materiales arcillosos o limosos con cierto grado de cementación, cuyo comportamiento se encuentra entre el de los suelos y las rocas. Se caracterizan por su capacidad de modificar sus propiedades mecánicas en poco tiempo, pudiendo pasar de un comportamiento similar al rocoso a uno semejante al del suelo. Esta transformación, denominada degradación, implica pérdida de resistencia y rigidez, cambios volumétricos irreversibles y desarrollo de fisuras por agrietamiento (Alonso & Alcoverro, 2004).

Tal como se identificó en el mapa geológico local (Mapa 7) tenemos una gran influencia de depósitos blandos, depósitos fluvio-aluviales, coluviales, y coluvio-eluviales, así como la presencia relativamente duros como arenas y arcillas (Fm. San Sebastián) y materiales duros en areniscas feldespáticas (Fm. Kayra). Estos materiales blandos al ser menos competentes y al estar más expuestos a los distintos procesos erosivos son los más susceptibles, además de tener rellenos antrópicos que son otro material blando, son los factores más influyentes en la zona de estudio.

Fotografía 25. *Material competente compuesto por areniscas feldespáticas de la formación Kayra*



Fotografía 26. *Materiales incompetentes como arcillas, arenas, limos, niveles diatomíticos de la formación San Sebastián*



4.6.2.1.2. TIPOS DE PENDIENTES

Las pendientes abruptas son las que presentan mayores velocidades de la escorrentía superficial arrastrando los distintos materiales litológicos que encuentren en su recorrido natural. Las altas pendientes son muy susceptibles a la ocurrencia de caídas de materiales y flujos, con una mayor pendiente se requiere también esfuerzo mayor. El bloque se encontrará estable hasta que las fuerzas que actúan sean mayores que las fuerzas resistentes (Suarez, 2009).

En la quebrada Accohuayco se tienen 5 tipos de pendientes dependiendo del grado de inclinación con respecto a la horizontal. Tenemos pendientes suaves ($0-5^\circ$), pendientes moderadas ($5-15^\circ$), pendientes fuertes ($15-25^\circ$), pendientes escarpadas ($25-45^\circ$) y pendientes muy escarpadas ($>45^\circ$), donde pondremos más énfasis en las pendientes más abruptas ya que son más influyentes en los procesos geodinámicos externos facilitando la generación de procesos como movimientos en masa.

Fotografía 27. *Se tiene una vista de caída de rocas que presenta una pendiente alta*



4.6.2.1.3. METEORIZACIÓN Y CLIMA

El clima constituye uno de los principales factores que intervienen en la formación y evolución del suelo. En particular, la temperatura y la precipitación controlan la intensidad y profundidad de la meteorización, además de favorecer el predominio de procesos de alteración química o mecánica según las condiciones climáticas del lugar (Tarbuck, 2005).

En la quebrada Accohuayco se tiene la presencia de precipitaciones pluviales dependiendo del tipo de estación en la que se encuentre, teniendo los meses más lluviosos por diciembre hasta abril, influyendo en esas épocas fuertemente en los procesos de meteorización, tanto mecánica como química, podemos evidenciar la meteorización que se tiene en la zona de estudio (Fotografía N° 28).

Fotografía 28. *Meteorización mecánica de la Fm. Kayra*



Fotografía 29. *Meteorización química de la Fm. San Sebastián*



4.6.2.1.4. HIDROLOGÍA Y EROSIÓN

Los flujos de detritos dependen de la precipitación, la escorrentía y la saturación del suelo que provocan, afectando a los materiales permeables como los limos, arenas. La tasa de erosión del suelo presenta variaciones según las condiciones del terreno, estando relacionada principalmente con sus propiedades, el clima, la inclinación de la superficie y la cobertura vegetal (Tarbuck, 2005).

La quebrada Accohuayco es afectada por la erosión hídrica de las precipitaciones pluviales (diciembre – abril), erosionando los distintos materiales litológicos, podemos observar zonas de erosión en surcos (Fotografía N° 30) que evidencian el escurrimiento superficial de las aguas pluviales, produciendo a su vez los cárcavamientos (Fotografía N° 31).

Fotografía 30. *Vista de erosión en surcos*



Fotografía 31. Zonas de carcavamientos



4.6.2.1.5. ACTIVIDADES ANTRÓPICAS

La población a lo largo del tiempo al ir asentándose va adquiriendo y adaptándose a nuevos terrenos que considerarán sus viviendas, en el transcurso del tiempo si tienen un terreno con pendientes abruptas pueden remover el material o rellenarlo, en la quebrada Accohuayco tenemos la presencia de rellenos antrópicos y cortes de talud en las laderas afectando las terrazas, con el paso del tiempo este material litológico puede desprenderse por la escorrentía provocada por las precipitaciones pluviales en épocas de lluvia.

- **CORTES DE TALUD.** Los cortes se desarrollan para nivelar un terreno o corregir algunas imperfecciones que se presenta para empezar la construcción de las viviendas, aunque puede provocar la inestabilidad de los taludes. Se identificaron cortes realizados por la población para construir viviendas (Fotografía N° 32), para hacer los hornos donde se hacen los ladrillos (Fotografía N° 33).

Fotografía 32. Cortes de talud en las laderas



Fotografía 33. *Cortes de talud para los hornos de ladrillos*



- **RELLENOS ANTRÓPICOS.** Los rellenos de origen antrópico corresponden a depósitos constituidos principalmente por materiales derivados de actividades humanas, entre ellos residuos y escombros de construcción. Cuando estos materiales aparecen de manera aislada dentro de un suelo natural, pueden describirse como restos antrópicos y clasificarse según su proporción, por ejemplo, como arenas limosas con presencia escasa, moderada o abundante de dichos materiales (Fernández, 2005).

Fotografía 34. *Se tiene un corte de talud el cuál será relleno con fin de construcción de viviendas*



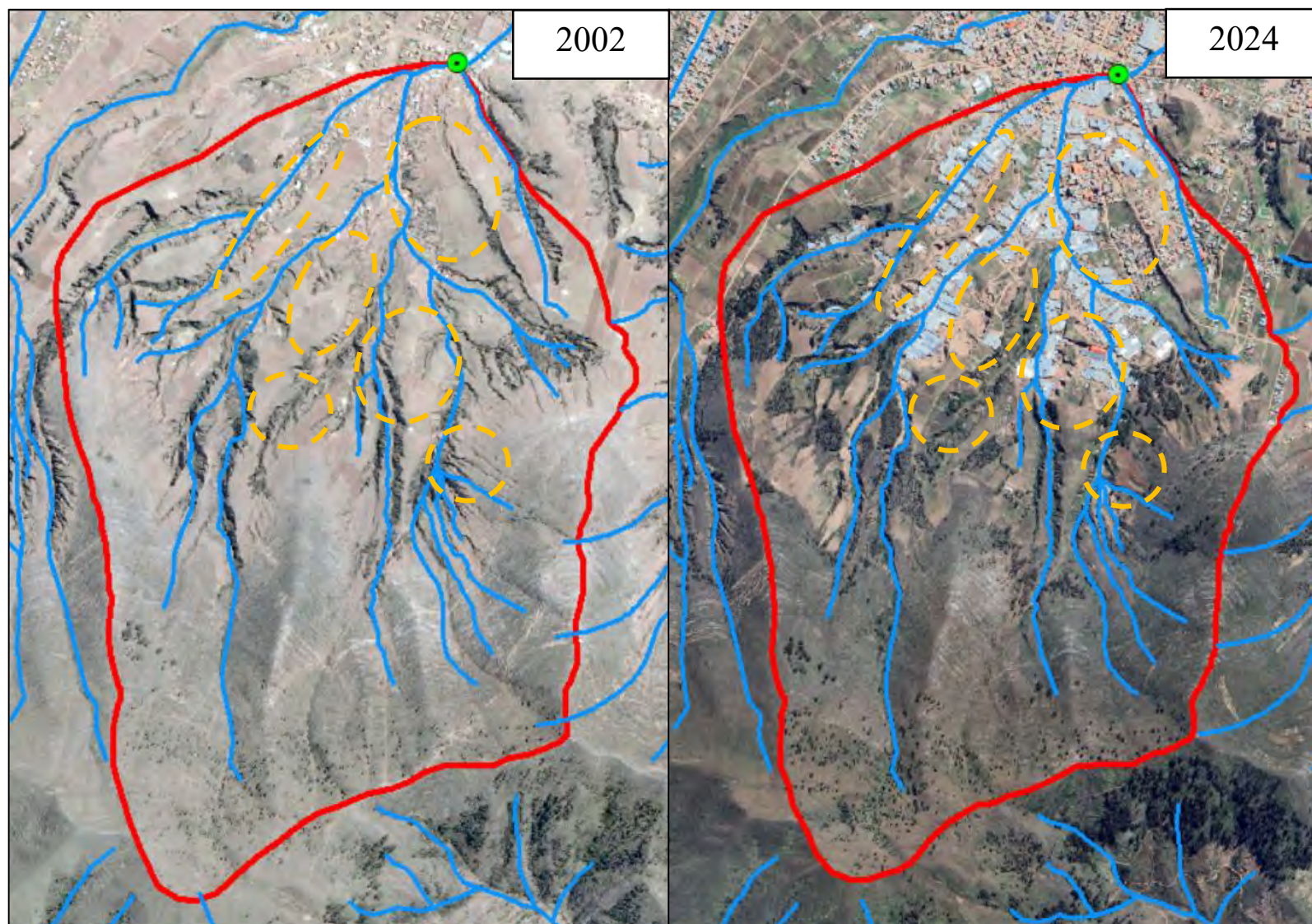
- **DEFORESTACIÓN.** Puede favorecer la ocurrencia de deslizamientos superficiales al reducir la protección que la vegetación proporciona al suelo. Esta situación resulta especialmente relevante en los bosques nublados, cuya conservación contribuye tanto al mantenimiento de la biodiversidad como a la regulación de los procesos hidrológicos y de estabilidad del suelo (CIFOR, 2017).

Fotografía 35. *Se tiene tala de árboles ocasionando la presencia de poca vegetación, favoreciendo los procesos erosivos*



4.6.2.1.6. EL TIEMPO. Los procesos que afectan la geodinámica externa se dan a lo largo del tiempo, el clima y las precipitaciones actúan más notablemente en las temporadas de lluvia, donde se pueden provocar mayormente los flujos de detritos. Vemos en la Foto N° X el área de nuestra quebrada en el año 2000 y al lado una más actual del año 2014, podemos ver el avance de la población, los cambios que provocaron al realizar los cortes de taludes en las laderas, disminuyendo las terrazas que se tenían en la zona y realizando rellenos antrópicos en distintas áreas remarcadas.

Fotografía 36. Se tiene la evolución geodinámica a través de los años se evidencia los cortes de talud y rellenos de carcavamientos que se realizaron en la quebrada para la habitabilidad poblacional



Nota. Adaptado de Google Earth Pro

4.6.2.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN LA GEODINÁMICA EXTERNA

Se describirán los tipos de movimientos en masa encontrados en el ámbito de estudio que influyen en procesos geodinámicos externos afectando a la quebrada Accohuayco.

4.6.2.2.1. CAÍDA DE ROCAS

Se produce por el desprendimiento de bloques rocosos o fragmentos de suelo desde una pendiente, su desplazamiento ocurre sin que exista un deslizamiento importante sobre una superficie de ruptura, predominando la caída libre, el rebote o el rodamiento del material debido a la acción de la gravedad. (Varnes, 1978)

Este movimiento se evidencia en la parte superior de la quebrada Accohuayco, se aprecia en la Formación Kayra, en las areniscas feldespáticas debido a la meteorización de la zona evidenciándose en las grietas, siendo un material litológico aportante para los posibles flujos de detritos que podrían ocurrir.

Fotografía 37. *Caida de rocas de la formación Kayra*



4.6.2.2.2. VOLCAMIENTOS

Las precipitaciones intensas pueden contribuir a la inestabilidad de las laderas al incrementar la saturación del terreno y favorecer los derrumbes de laderas. Esta pérdida de soporte puede reducir la estabilidad de las estructuras ubicadas en sectores susceptibles, generando desplazamientos del suelo y daños en las viviendas, con posibles afectaciones a las personas (Tarbuck, 2005).

Podemos evidenciar este tipo de movimiento en la parte central de la quebrada, se puede apreciar en la Formación San Sebastián, sobre todo en los niveles diatomíticos, donde podemos apreciar agrietamientos por donde se está infiltrando el agua haciendo que el material permeable se sature, favoreciendo los volcamientos.

Fotografía 38. *Se observa un volcamiento o basculamiento en la formación San Sebastián debido a los carcavamientos que presenta.*



4.6.2.2.3. ZONAS DE EROSIÓN

Entre los fenómenos asociados a la geodinámica externa se encuentra la erosión, proceso mediante el cual la superficie del suelo o de las rocas es desgastada y removida por agentes naturales como la lluvia y el viento. Estos procesos pueden modificar las condiciones del terreno e influir en su susceptibilidad frente a determinados peligros. (CENEPRED, 2014).

En la quebrada Accohuayco podemos observar este tipo de erosión en surcos presentes en la Formación San Sebastián (Fotografía N° 39), donde se tienen estos canales en los taludes y laderas.

Fotografía 39. *Se tiene presencia de la erosión en surcos de la formación San Sebastián*



4.6.2.2.4. CARCAVAMIENTOS

La concentración del flujo superficial, junto con las irregularidades presentes en el terreno, favorece la convergencia de diversos surcos, dando lugar a canales de mayor dimensión y elevada susceptibilidad a procesos erosivos (CENEPRED, 2014).

La erosión en cárcavas se desarrolla cuando el flujo concentrado de agua remueve progresivamente el material superficial, originando incisiones profundas y de mayor dimensión que los pequeños surcos. Estos canales suelen presentar escorrentía principalmente durante las precipitaciones intensas y poco después de su ocurrencia (Osterkamp, 2008).

En la quebrada Accohuayco observamos como los carcavamientos avanzan progresivamente, empezando de pequeñas erosiones en surcos, que por la escorrentía superficial provocado por las precipitaciones se van ampliando, conectándose a la cárcava principal (Fotografía 40).

También podemos apreciar como la acción antrópica de las personas residentes del lugar apoyan a la formación de carcavamientos y deslizamientos de desmonte y material litológico al realizar una disposición inadecuada de basura y desmonte en algunas partes medias de la zona (Fotografía 41)

Fotografía 40. Se tiene presencia de la erosión en surcos que avanzando progresivamente dan paso a los carcavamientos en la formación San Sebastián



Fotografía 41. *Etapa temprana de carcavamiento en la parte media de la quebrada debido a la acción antrópica, se observa también depósitos de desmonte y ladrillos*



4.6.2.2.5. DESLIZAMIENTOS ANTIGUOS

En la zona de estudio se evidencian deslizamientos que ocurrieron en el pasado, donde actualmente se encuentran inactivos por la vegetación sobre toda el área de desplazamiento, se deducen que son deslizamientos antiguos por la forma que presenta y observar las partes que un deslizamiento presenta cubiertas por vegetación y las grietas rellenas por material litológico. (Fotografías 42 y 43)

Fotografía 42. *Deslizamiento antiguo en la parte baja de la quebrada, se observa que se construye viviendas al pie de este deslizamiento inactivo*



Fotografía 43. *Se observa un deslizamiento antiguo que presenta una parte con corte de talud y también con una vivienda al pie del mismo*



4.6.2.2.6. DESLIZAMIENTOS ACTIVOS

Son desplazamientos de masas de tierra por una pendiente por efecto de la gravedad que actúa sobre las laderas, su ocurrencia también depende del tipo de suelos, la topografía de la zona, las fracturas o grietas que se presentan, la actividad humana, la cantidad de lluvia y la erosión. (Tarbuck, 2005)

En la quebrada Accohuayco tenemos deslizamientos activos, algunos desarrollados por la acción de la erosión y las precipitaciones, y también otros desarrollados por la acción humana como los cortes de las laderas realizados con el propósito de construir las viviendas, desarrollar las carreteras, alcantarillados, alumbrados de la APV. Podemos observar deslizamientos con pendientes fuertes, los cortes de talud que se realizaron, favoreciendo el deslizamiento (Fotografía 44), también tenemos una vista de la deposición de desmonte y basura, pudiendo producir en el futuro algunos flujos de estos materiales. (Fotografía 45).

Fotografía 44. *Deslizamiento activo producto del corte de talud y desarrollo de las viviendas*



Fotografía 45. *Deslizamiento activo producto de la deposición de desmonte y ladrillos*



4.6.2.2.7. FLUJOS

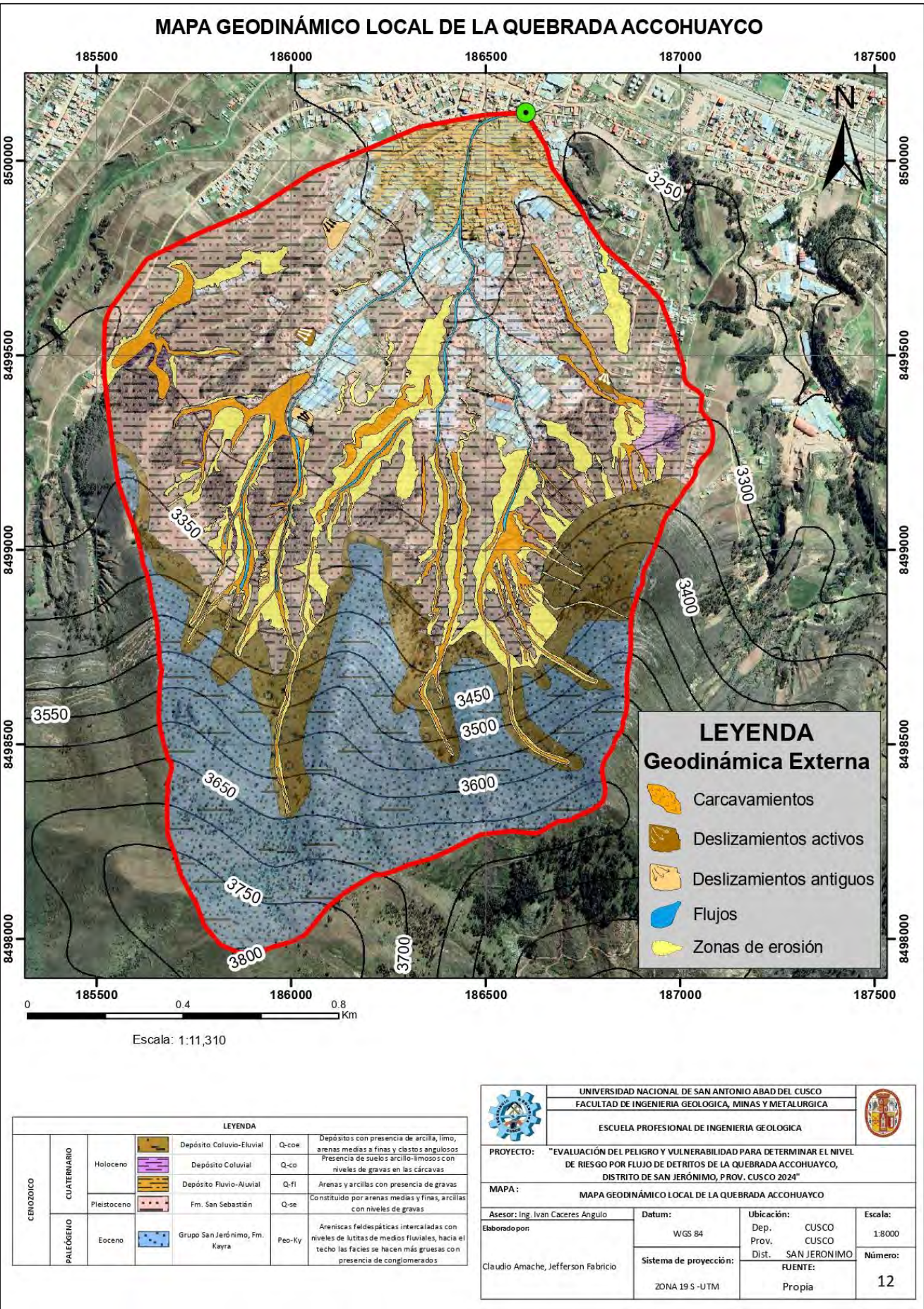
Los flujos constituyen movimientos de materiales que pueden presentar diferentes velocidades y grados de humedad, involucrando rocas, suelos, residuos u otros materiales. Su desarrollo suele estar asociado con el incremento de la humedad en las capas subsuperficiales, debido a que la infiltración y acumulación de agua pueden reducir la estabilidad del material y favorecer su movilización (UAP, 2014).

La quebrada Accohuayco es susceptible a generar flujo de detritos pues se tienen los distintos factores geodinámicos externos descritos anteriormente, donde los desmontes y materiales litológicos acumulados, junto a una lluvia extraordinaria podrían ser los detonantes para producir el flujo, afectando en su paso a las viviendas de la zona de estudio, podemos observar algunos cauces que se tienen en la quebrada en la Fotografía 46.

Fotografía 46. Se observa acumulación de flujo en una parte de la carretera en la parte media de la quebrada



Mapa 12. Mapa Geodinámico de la quebrada Accohuayco



Nota. Elaboración propia, adaptado de SAS Planet

4.7. PELIGROS GEOLÓGICOS

4.7.1. GENERALIDADES

Los rangos de peligro por flujo de detritos de la quebrada Accohuayco se determinan mediante la intracción entre susceptibilidad con el parámetro de evaluación, considerando sus respectivos descriptores. Para ello, se incorporan los factores condicionantes y desencadenantes y se aplica el Proceso de Análisis Jerárquico (PAJ), propuesto por Saaty y empleado por el CENEPRED como herramienta para analizar problemas que involucran diversos criterios.

La aplicación del PAJ requiere organizar los componentes del problema mediante una estructura jerárquica y efectuar comparaciones por pares entre los elementos de cada nivel. De esta manera, se establece la importancia relativa de cada parámetro de acuerdo con su influencia en el fenómeno estudiado. La valoración se realiza mediante la escala de Saaty, cuyos valores comprenden del 1 al 9, incluyendo valores intermedios y sus respectivos valores fraccionarios, permitiendo asignar una prioridad relativa a cada elemento.

Imagen 13. *Escala de Saaty para la determinación del nivel de peligro*

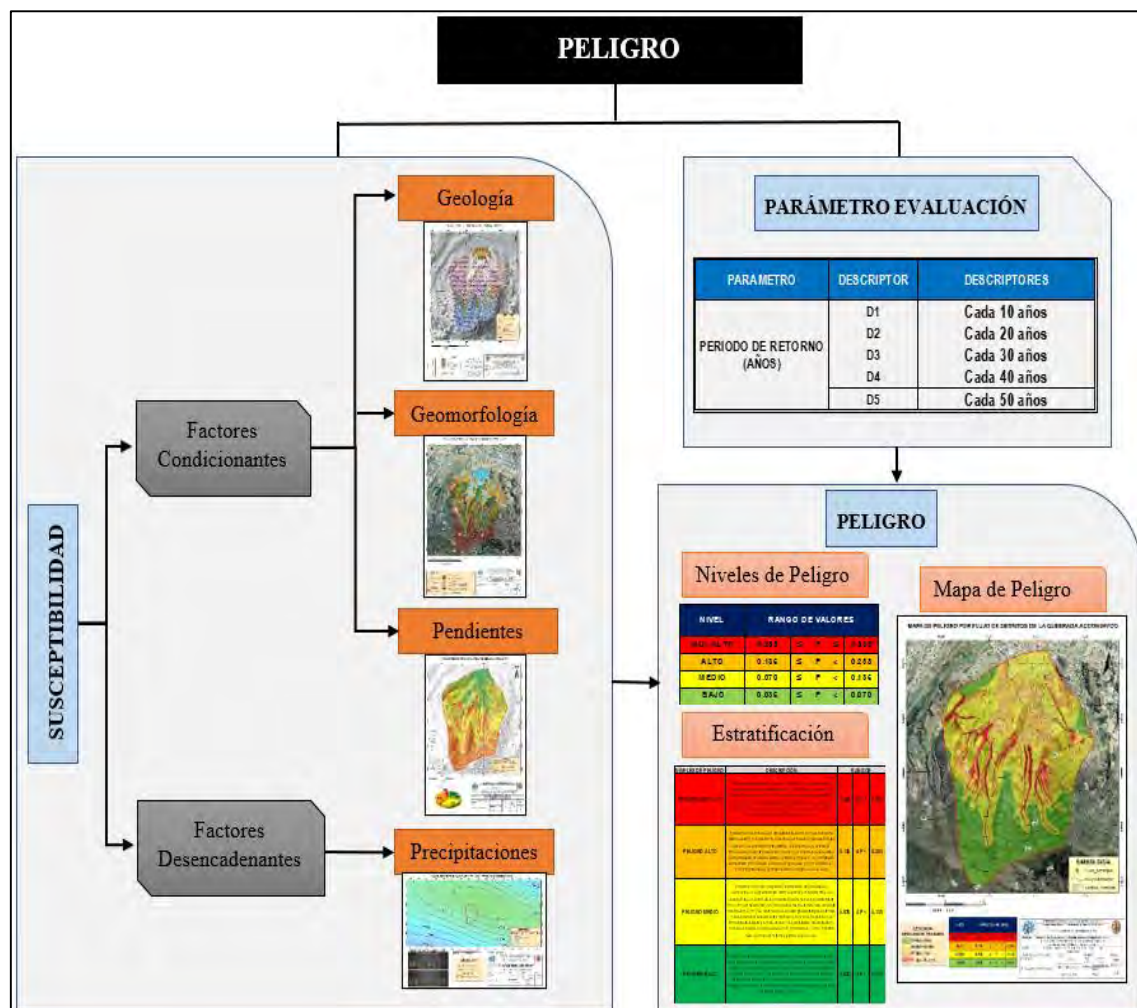
ESCALA NUMERICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo mas importante que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que ...	Al comparar un elemento con otro el primero se considera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

Nota. Adaptado de Saaty (1980)

4.7.2. IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO

Según lo analizado anteriormente, el tipo de peligro principal que se ha identificado en la quebrada Accohuayco son los flujos de detritos, se identificaron zonas erosivas en los carcavamientos, rellenos antrópicos, los cortes de talud en las laderas que junto al desarrollo de los factores condicionantes (geología, geomorfología, pendientes) pueden avanzar y reactivarse por factores desencadenantes como las precipitaciones pluviales podrían desencadenar los flujos de detritos que discurrirán por las vías y calles, transportando distinto tipo de material afectando también a las viviendas que se encuentren más susceptibles al peligro que inicia en la parte alta de la quebrada e irá aumentando la fuerza y volumen al ir bajando hasta las partes bajas de la quebrada.

Gráfico 17. Metodología para determinar los niveles de peligro en la quebrada Accohuayco



4.7.3. PARÁMETRO DE EVALUACIÓN

El parámetro de evaluación permite establecer las características e intensidad del peligro dentro del área analizada. Su representación cartográfica muestra la distribución espacial del fenómeno para un periodo de retorno o frecuencia determinada. La intensidad alcanzada depende de la intensidad del factor desencadenante, siendo necesario reconocer las características de este factor y su influencia en la generación del peligro.

Para determinar e identificar el parámetro de evaluación tenemos en cuenta los descriptores que se presentan en la tabla N° 49

Tabla 48. *Descriptores del periodo de retorno, siendo el parámetro de evaluación*

PARAMETRO	DESCRIPTOR	N° DE DESCRIPTORES	DESCRIPTORES
PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	D1	5	Cada 10 años
	D2		Cada 20 años
	D3		Cada 30 años
	D4		Cada 40 años
	D5		Cada 50 años

Para hallar el nivel de peligro de la quebrada Accohuayco se consideró la siguiente matriz de comparación de pares (Tabla 50) para la evaluación el cual fue desarrollado en función de la metodología mencionada anteriormente.

Tabla 49. *Matriz comparación de pares considerando el periodo de retorno como parámetro de evaluación*

MATRIZ COMPARACIÓN DE PARES					
FRECUENCIA	Cada 10 años	Cada 20 años	Cada 30 años	Cada 40 años	Cada 50 años
Cada 10 años	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
Cada 20 años	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
Cada 30 años	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
Cada 40 años	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
Cada 50 años	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000
SUMA	1.787	4.676	9.533	16.333	25.000
1/SUMA	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

La matriz de normalización (Tabla 50) se desarrolla en función de la multiplicación de la inversa de la suma por el valor numérico de cada descriptor de la frecuencia.

Tabla 50. *Matriz de normalización de pares considerando como parámetro de evaluación el periodo de retorno*

MATRIZ NORMALIZACIÓN						
FRECUENCIA	Cada 10 años	Cada 20 años	Cada 30 años	Cada 40 años	Cada 50 años	Vector de Priorización
Cada 10 años	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Cada 20 años	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Cada 30 años	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Cada 40 años	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Cada 50 años	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

4.7.4. ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD

El análisis de susceptibilidad en la quebrada Accohuayco permite determinar el grado de predisposición del área frente a la materialización de un peligro. Dicha condición se establece a partir de la relación de los factores condicionantes y desencadenantes presentes en el área de estudio, permitiendo reconocer las zonas con mayor o menor susceptibilidad ante el fenómeno natural.

4.7.4.1. FACTORES CONDICIONANTES

Los factores condicionantes son características propias del ámbito territorial, condicionan el comportamiento del peligro natural, incrementando o disminuyendo su probabilidad de ocurrencia, se consideraron tres principales factores condicionantes, los cuales son geología, pendientes y geomorfología. (Tabla 51)

Tabla 51. *Descriptores de factores condicionantes*

PARAMETROS	Nº DE PARAMETROS	PARAMETROS
P1	3	Geología
P2		Geomorfología
P3		Pendientes

Tabla 52. Matriz comparación de pares de factores condicionantes

MATRIZ COMPARACIÓN DE PARES			
PARAMETROS	Geología	Geomorfología	Pendientes
Geología	1.000	3.000	5.000
Geomorfología	0.333	1.000	3.000
Pendientes	0.200	0.333	1.000
SUMA	1.533	4.333	9.000
1/SUMA	0.652	0.231	0.111

Tabla 53. Matriz normalización de pares ponderados de factores condicionantes

MATRIZ NORMALIZACIÓN				
PARAMETROS	Geología	Geomorfología	Pendientes	Vector Priorización
Geología	0.652	0.692	0.556	0.633
Geomorfología	0.217	0.231	0.333	0.260
Pendientes	0.130	0.077	0.111	0.106
	1.000	1.000	1.000	1.000

4.7.4.1.1. PARÁMETRO GEOLOGÍA

El parámetro geología nos determina la litología de la quebrada, consideramos 5 descriptores en base al mapa geológico.

Tabla 54. Descriptores del parámetro geología de los factores condicionantes

PARAMETRO	DESCRIPTOR	Nº DE DESCRIPTORES	DESCRIPTORES
GEOLOGÍA	D1	5	Deposito Coluvial
	D2		Relleno
	D3		Deposito Fluvio-Aluvial y depósito coluvio-eluvial
	D4		Formacion San Sebastian
	D5		Formacion Kayra

Tabla 56. Matriz comparación de pares de geología

MATRIZ COMPARACIÓN DE PARES					
DESCRIPTORES	Deposito Coluvial	Relleno	Deposito Fluvio-Aluvial y depósito coluvio-eluvial	Formacion San Sebastian	Formacion Kayra
Deposito Coluvial	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Relleno	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Deposito Fluvio-Aluvial y depósito coluvio-eluvial	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Formacion San Sebastian	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Formacion Kayra	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.787	4.676	9.533	16.333	25.000
1/SUMA	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

Tabla 55. Matriz normalización de los tipos de depósitos

MATRIZ NORMALIZACIÓN						
DESCRIPTORES	Deposito Coluvial	Relleno	Deposito Fluvio-Aluvial y depósito coluvio-eluvial	Formacion San Sebastian	Formacion Kayra	Vector Priorizacion
Deposito Coluvial	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Relleno	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Deposito Fluvio-Aluvial y depósito coluvio-eluvial	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Formacion San Sebastian	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Formacion Kayra	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

4.7.4.1.2. PARÁMETRO GEOMORFOLOGÍA

El parámetro geomorfología se determina a partir de las geoformas presentes en la quebrada Accohuayco considerando los descriptores del mapa geomorfológico.

Tabla 57. Descriptores del parámetro geomorfología

PARAMETRO	DESCRIPTOR	Nº DE DESCRIPTORES	DESCRIPTORES
Geomorfología	D1	5	Carcavas
	D2		Ladera Erosional - Relleno antrópico
	D3		Piedemonte coluvial y eluvio-coluvial
	D4		Terrazas - Piso de Valle fluvio-aluvial
	D5		Relieve colinado-disectado

Tabla 58. Matriz comparación de pares de la geomorfología

MATRIZ COMPARACIÓN DE PARES					
DESCRIPTORES	Carcavas	Ladera Erosional - Relleno antrópico	Piedemonte coluvial y eluvio-coluvial	Terrazas - Piso de Valle fluvio-aluvial	Relieve colinado-disectado
Carcavas	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Ladera Erosional - Relleno antrópico	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Piedemonte coluvial y eluvio-coluvial	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Terrazas - Piso de Valle fluvio-aluvial	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Relieve colinado-disectado	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.787	4.676	9.533	16.333	25.000
1/SUMA	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

Tabla 59. Matriz normalización de los descriptores del parámetro geomorfología

MATRIZ NORMALIZACIÓN						
DESCRIPTORES	Carcavas	Ladera Erosional - Relleno antrópico	Piedemonte coluvial y eluvio-coluvial	Terrazas - Piso de Valle fluvio-aluvial	Relieve colinado-disectado	Vector Priorización
Carcavas	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Ladera Erosional - Relleno antrópico	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Piedemonte coluvial y eluvio-coluvial	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Terrazas - Piso de Valle fluvio-aluvial	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Relieve colinado-disectado	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

4.7.4.1.3. PARÁMETRO PENDIENTES

El parámetro de pendientes determina el ángulo de inclinación de los relieves en la quebrada Accohuayco considerando los descriptores del mapa de pendientes.

Tabla 60. Descriptores de pendientes

PARAMETRO	DESCRIPTOR	N° DE DESCRIPTORES	DESCRIPTORES
Pendientes	D1	5	Terreno muy empinada (>45°)
	D2		Terreno con pendiente escarpada (25 a 45°)
	D3		Terreno con pendiente fuerte (15 a 25°)
	D4		Terreno con pendiente moderada (5 a 15°)
	D5		Terreno inclinado con pendiente suave (0 a 5°)

Tabla 62. Matriz normalización de los descriptores de parámetro pendientes

DESCRIPTORES	Terreno muy empinado (>45°)	Terreno con pendiente escarpada (25 a 45°)	Terreno con pendiente fuerte (15 a 25°)	Terreno con pendiente moderada (5 a 15°)	Terreno inclinado con pendiente suave (0 a 5°)	Vector Priorización
Terreno muy empinado (>45°)	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Terreno con pendiente escarpada (25 a 45°)	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Terreno con pendiente fuerte (15 a 25°)	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Terreno con pendiente moderada (5 a 15°)	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Terreno inclinado con pendiente suave (0 a 5°)	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 61. Matriz comparación de pares de las pendientes

MATRIZ COMPARACIÓN DE PARES					
DESCRIPTORES	Terreno muy empinado (>45°)	Terreno con pendiente escarpada (25 a 45°)	Terreno con pendiente fuerte (15 a 25°)	Terreno con pendiente moderada (5 a 15°)	Terreno inclinado con pendiente suave (0 a 5°)
Terreno muy empinado (>45°)	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Terreno con pendiente escarpada (25 a 45°)	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Terreno con pendiente fuerte (15 a 25°)	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Terreno con pendiente moderada (5 a 15°)	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Terreno inclinado con pendiente suave (0 a 5°)	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.787	4.676	9.533	16.333	25.000
1/SUMA	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

4.7.4.2. FACTORES DESENCADENANTES

Estos factores desencadenan el peligro inducido en el ámbito geográfico determinado. En la quebrada Accohuayco se toma como principal factor desencadenante a las precipitaciones pluviales.

4.7.4.2.1. PARÁMETRO PRECIPITACIÓN CONCENTRADA

Se determina en este parámetro la precipitación concentrada en menos de 4 horas para la quebrada Accohuayco considerando los descriptores de acuerdo a la intensidad y cantidad de mm de precipitaciones pluviales.

Tabla 63. Descriptores de parámetro precipitación pluvial

PARAMETRO	DESCRIPTOR	N° DE DESCRIPTORES	DESCRIPTORES
PRECIPITACION CONCENTRADA EN MENOS DE 4 HORAS	DF1	5	Lluvia extrema; RR>26.7 mm
	DF2		Mucha lluvia; 16,5 mm<RR≤26,7 mm
	DF3		Lluvioso; 12,5 mm<RR≤16,5 mm
	DF4		Lluvia moderada; 6,8 mm<RR≤12,5 mm
	DF5		Normalidad; RR≤6,8 mm

Tabla 64. Matriz comparación de pares de precipitación pluvial

DESCRIPTORES	Lluvia extrema; RR>26.7 mm	Mucha lluvia; 16,5 mm<RR≤26,7 mm	Lluvioso; 12,5 mm<RR≤16,5 mm	Lluvia moderada; 6,8 mm<RR≤12,5 mm	Normalidad; RR<6,8 mm
Lluvia extrema; RR>26.7 mm	1.00	3.00	5.00	6.00	7.00
Mucha lluvia; 16,5 mm<RR≤26,7 mm	0.33	1.00	3.00	4.00	6.00
Lluvioso; 12,5 mm<RR≤16,5 mm	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Lluvia moderada; 6,8 mm<RR≤12,5 mm	0.17	0.25	0.33	1.00	3.00
Normalidad; RR<6,8 mm	0.14	0.17	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.84	4.75	9.53	14.33	22.00
1/SUMA	0.54	0.21	0.10	0.07	0.05

Tabla 65. Matriz normalización de precipitación pluvial

DESCRIPTORES	Lluvia extrema; RR>26.7 mm	Mucha lluvia; 16,5 mm<RR≤26,7 mm	Lluvioso; 12,5 mm<RR≤16,5 mm	Lluvia moderada; 6,8 mm<RR≤12,5 mm	Normalidad; RR<6,8 mm	Vector Priorizacion
Lluvia extrema; RR>26.7 mm	0.543	0.632	0.524	0.419	0.318	0.487
Mucha lluvia; 16,5 mm<RR≤26,7 mm	0.181	0.211	0.315	0.279	0.273	0.252
Lluvioso; 12,5 mm<RR≤16,5 mm	0.109	0.070	0.105	0.209	0.227	0.144
Lluvia moderada; 6,8 mm<RR≤12,5 mm	0.090	0.053	0.035	0.070	0.136	0.077
Normalidad; RR<6,8 mm	0.078	0.035	0.021	0.023	0.045	0.040
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

4.7.5. ANÁLISIS DEL NIVEL DE PELIGRO

La determinación de los rangos de niveles de peligro se realiza mediante el PAJ de Saaty, empleando la comparación por pares entre los descriptores correspondientes a los factores condicionantes y desencadenantes. A partir de estas comparaciones se obtienen valores ponderados para cada elemento, considerando su importancia relativa y el grado de influencia que presenta en la ocurrencia del peligro dentro del área de estudio. (tabla 67)

Tabla 66. Valor y peso de factores condicionantes y desencadenantes para el análisis de los niveles de peligro por flujo de detritos

FACTOR CONDICIONANTE (FC)								FACTOR DESENCADENANTE (FD)	
Geologia		Geomorfologia		Pendientes		VALOR	PESO	PRECIPITACION CONCENTRADA EN MENOS DE 4 HORAS	
Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc			VALOR	PESO
0.633	0.50	0.260	0.503	0.106	0.50	0.503	0.70	0.487	0.30
0.633	0.26	0.260	0.260	0.106	0.26	0.260	0.70	0.252	0.30
0.633	0.13	0.260	0.134	0.106	0.13	0.134	0.70	0.144	0.30
0.633	0.07	0.260	0.068	0.106	0.07	0.068	0.70	0.077	0.30
0.633	0.03	0.260	0.035	0.106	0.03	0.035	0.70	0.040	0.30

Con estos valores obtenidos se determina la susceptibilidad con los periodos de retorno, se vuelve a asignar nuevos pesos dependiendo de la importancia y criterio de la persona responsable del estudio. (Tabla 67).

Tabla 67. Determinación de rangos de peligro de acuerdo a la susceptibilidad

SUSCEPTIBILIDAD (S)		PARAMETRO DE EVALUACION	
VALOR	PESO	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	
(VALOR FC*PESO FC)+(VALOR FD*PESO FD)		VALOR	PESO
0.498	0.70	0.503	0.30
0.258	0.70	0.260	0.30
0.137	0.70	0.134	0.30
0.070	0.70	0.068	0.30
0.037	0.70	0.035	0.30

Con el producto de la susceptibilidad y parámetro de evaluación se determinan los rangos superiores e inferiores que se designarán a los niveles de peligro. (tabla 68)

Tabla 68. *Determinación de los niveles de peligro de acuerdo a la susceptibilidad con el parámetro de evaluación*

SUSCEPTIBILIDAD (S)		PARAMETRO DE EVALUACION		VALOR DE PELIGRO
VALOR	PESO	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)		
(VALOR FC*PESO FC)+(VALOR FD*PESO FD)			VALOR	PESO
0.498	0.70	0.503	0.30	0.500
0.258	0.70	0.260	0.30	0.258
0.137	0.70	0.134	0.30	0.136
0.070	0.70	0.068	0.30	0.070
0.037	0.70	0.035	0.30	0.036

4.7.5.1. NIVELES Y ESTRATIFICACIÓN DE PELIGRO

Del análisis de peligro, relacionando la susceptibilidad con el parámetro de evaluación se determinaron 4 niveles de peligro hallados a partir de los 5 rangos para la quebrada Accohuayco. (Tabla 69)

Tabla 69. *Niveles de peligro por flujo de detritos en la quebrada Accohuayco*

NIVEL	RANGO DE VALORES			
MUY ALTO	0.258	≤	P ≤	0.500
ALTO	0.136	≤	P <	0.258
MEDIO	0.070	≤	P <	0.136
BAJO	0.036	≤	P <	0.070

El peligro muy alto corresponde a las áreas muy inestables, en la geología se encuentra en depósitos coluviales, en la geomorfología predominan los carcavamientos, se evidencian zonas con pendiente mayor a 45°, se evidencia en la parte media de quebrada.

El peligro alto corresponde a las áreas consideradamente inestables, predominan los rellenos antrópicos, en la geomorfología se tiene principalmente carcavamientos y laderas erosionales junto a zonas de erosión, se evidencian zonas con pendiente escarpada (25 a 45°), se evidencia en la parte media y baja de la quebrada.

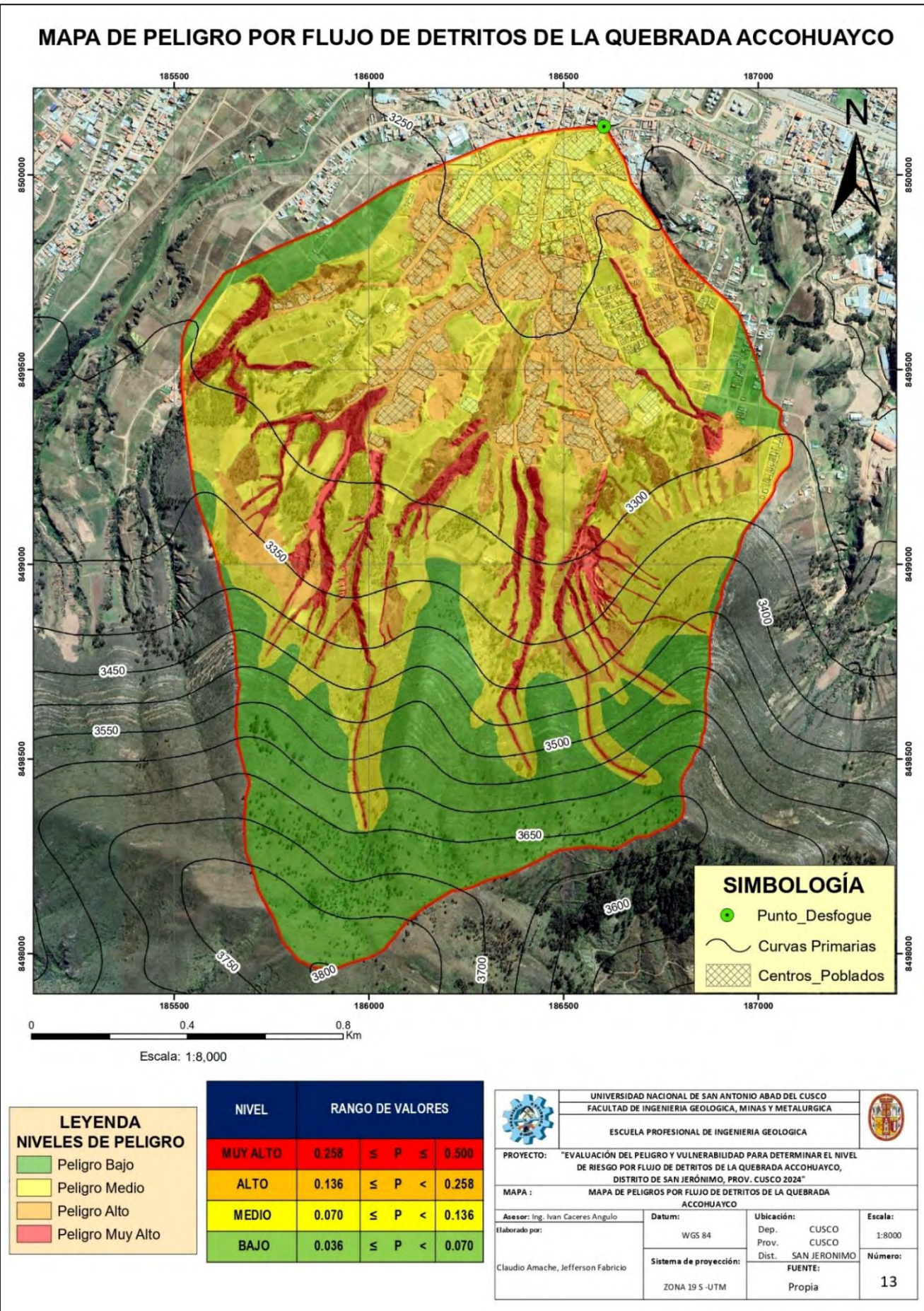
El peligro medio corresponde a las áreas poco estables por sus condiciones geológicas como la formación San Sebastian, en la geomorfología se tienen las terrazas, el piso de valle fluvio-aluvial y los piedemontes coluviales y eluvio-coluviales, se evidencian zonas con pendiente fuerte (15 - 25°) principalmente y en menor proporción pendientes moderadas (5 - 15°), se evidencian en gran proporción en la parte media y baja de quebrada.

El peligro bajo corresponde a las áreas consideradas las más estables como la formación Kayra por estar compuesta principalmente por rocas bien compactadas como las areniscas feldespáticas, en la geomorfología se tienen principalmente el relieve colinado disectado junto con algunas terrazas fluvio-aluviales, se evidencian zonas con pendiente suave (0 a 5°), se evidencian mayormente en la parte alta de la quebrada.

Tabla 70. Estratificación del peligro por flujo de detritos en la quebrada Accohuayco

NIVELES DE PELIGRO	DESCRIPCIÓN	RANGOS		
PELIGRO MUY ALTO	Predominan los depósitos coluviales, en la geomorfología predominan los carcavamientos, se evidencian zonas con pendiente mayor a 45°, la precipitación concentrada en menos de 4 horas es muy lluviosa ($16.5 \text{ mm} \leq \text{RR} \leq 26.7 \text{ mm}$) con periodo de retorno frecuente elegido de 40 años.	0.258	$\leq P \leq$	0.500
PELIGRO ALTO	Predominan los rellenos antrópicos, en la geomorfología se tiene principalmente carcavamientos y laderas erosionales junto a zonas de erosión, se evidencian zonas con pendiente escarpada (25 a 45°), la precipitación concentrada en menos de 4 horas es muy lluviosa ($16.5 \text{ mm} \leq \text{RR} \leq 26.7 \text{ mm}$) con periodo de retorno frecuente elegido de 40 años.	0.136	$\leq P <$	0.258
PELIGRO MEDIO	Predomina la formación San Sebastian, en la geomorfología se tienen las terrazas, el piso de valle fluvio-aluvial y los piedemontes coluviales y eluvio-coluviales, se evidencian zonas con pendiente fuerte (15 - 25°) principalmente y en menor proporción pendientes moderadas (5 - 15°). la precipitación concentrada en menos de 4 horas es muy lluviosa ($16.5 \text{ mm} \leq \text{RR} \leq 26.7 \text{ mm}$) con periodo de retorno frecuente elegido de 40 años.	0.070	$\leq P <$	0.136
PELIGRO BAJO	Predomina la formación Kayra, en la geomorfología se tienen principalmente el relieve colinado disectado junto con algunas terrazas fluvio-aluviales, se evidencian zonas con pendiente suave (0 a 5°), la precipitación concentrada en menos de 4 horas es muy lluviosa ($16.5 \text{ mm} \leq \text{RR} \leq 26.7 \text{ mm}$) con periodo de retorno frecuente elegido de 40 años.	0.036	$\leq P <$	0.070

Mapa 13. Mapa de peligro por flujo de detritos de la quebrada Accohuayco



Nota. Elaboración propia, adaptado de SAS Planet

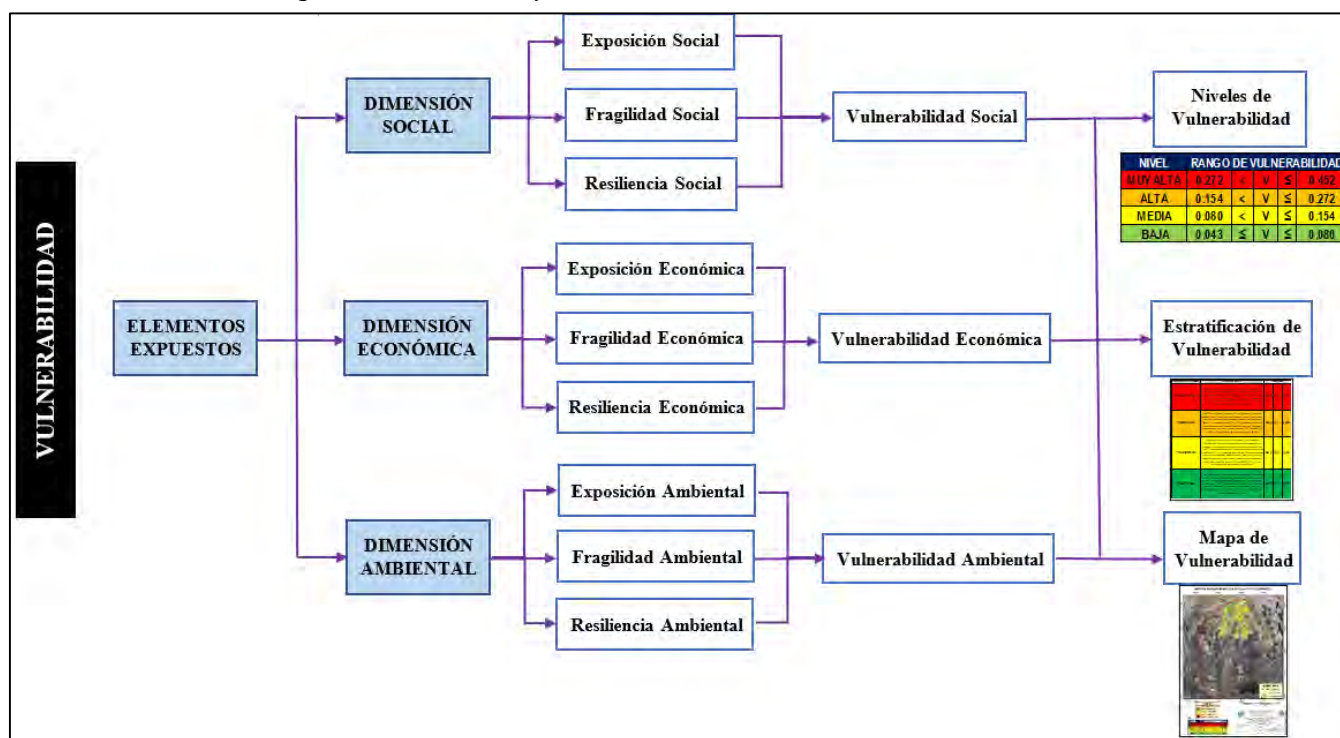
4.8. VULNERABILIDAD

4.8.1. METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

Con la finalidad de establecer los niveles de vulnerabilidad de la quebrada Accohuayco, distrito de San Jerónimo, se consideraron las dimensiones social, económica y ambiental, siguiendo los criterios establecidos por la metodología de evaluación de riesgos ante fenómenos naturales del CENEPRED (2014). Asimismo, los descriptores fueron ponderados mediante el Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1980).

Considerando que el área de estudio comprende zonas con actividad ladrillera, se incluyeron tanto las viviendas como los talleres de producción de ladrillos en la evaluación. La vulnerabilidad fue determinada mediante el análisis de exposición, fragilidad y resiliencia de las estructuras ubicadas en el área susceptible al peligro.

Gráfico 18. Metodología para determinar los niveles de vulnerabilidad por flujo de detritos en la quebrada Accohuayco



Con dicha metodología se determinarían los niveles de la vulnerabilidad teniendo en cuenta los parámetros nombrados con sus descriptores asignados.

Tabla 71. *Descriptores de las dimensiones de vulnerabilidad*

PARÁMETRO	DESCRIPTOR	Nº DESCRIPTORES	DESCRIPTORES
Dimensiones	D1	3	Dimensión Social
	D2		Dimensión Económica
	D3		Dimensión Ambiental

Tabla 72. *Matriz comparación de pares de vulnerabilidad*

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES			
DESCRIPTOR	D1	D2	D3
D1	1.000	3.000	5.000
D2	0.333	1.000	3.000
D3	0.200	0.333	1.000
SUMA	1.533	4.333	9.000
1/SUMA	0.652	0.231	0.111

Tabla 73. *Matriz normalización de pares de vulnerabilidad*

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN				
DESCRIPTOR	D1	D2	D3	Vector de Priorización
D1	0.65	0.69	0.56	0.633
D2	0.22	0.23	0.33	0.260
D3	0.13	0.08	0.11	0.106
SUMA	1.00	1.00	1.00	1.000

Tabla 74. Operación de matrices, matriz de suma ponderada de los descriptores de vulnerabilidad

OPERACIÓN DE MATRICES: VECTOR DE SUMA PONDERADA				
DESCRIPTOR	D1	D2	D3	Vector Suma Ponderada
D1	0.633	0.781	0.531	1.946
D2	0.211	0.260	0.318	0.790
D3	0.127	0.087	0.106	0.320

4.8.2. ANÁLISIS DE LA DIMENSIÓN SOCIAL

Comprende la evaluación de las características propias de la población y de los elementos sociales presentes dentro del área de estudio, considerando su relación con las condiciones de la vulnerabilidad.

Gráfico 19. Metodología para determinar el análisis de la dimensión social

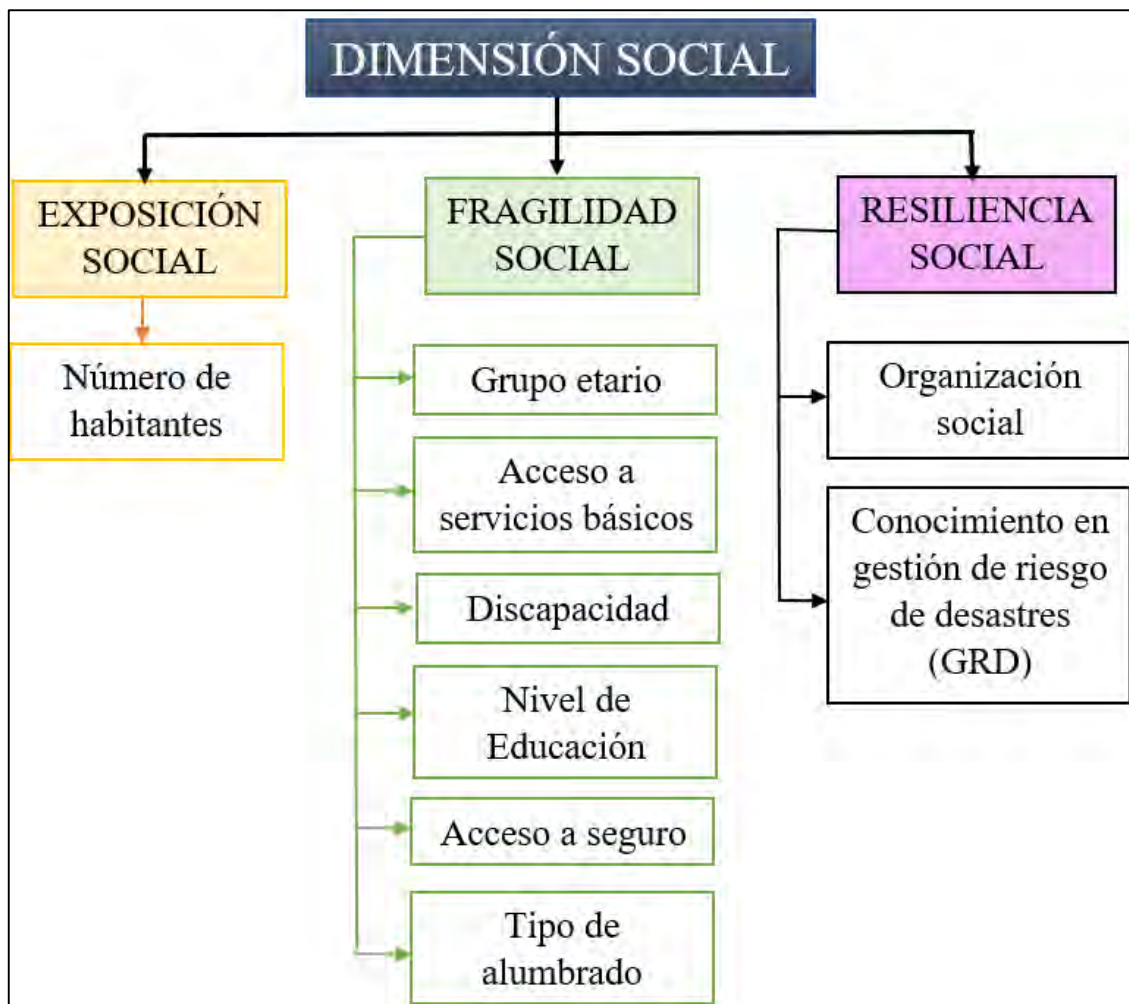


Tabla 75. Matriz comparación de pares del análisis de la vulnerabilidad social

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SOCIAL			
COMPARACIÓN DE PARES			
Vuln. Social	Exposición	Fragilidad	Resiliencia
Exposición	1.000	3.000	5.000
Fragilidad	0.333	1.000	3.000
Resiliencia	0.200	0.333	1.000
SUMA	1.533	4.333	9.000
1/SUMA	0.652	0.231	0.111

Tabla 76. Matriz normalización de pares de los descriptores de la vulnerabilidad social

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN				
Vuln. Social	Exposición	Fragilidad	Resiliencia	Vector Priorización
Exposición	0.65	0.69	0.56	0.633
Fragilidad	0.22	0.23	0.33	0.260
Resiliencia	0.13	0.08	0.11	0.106
SUMA	1.00	1.00	1.00	1.000

Tabla 77. Matriz de suma ponderada hallada de los resultados de operación de matrices de la vulnerabilidad social

VECTOR SUMA PONDERADO			
Resultados de la operación de las matrices			Vector Suma Ponderada
0.63	0.78	0.53	1.946
0.21	0.26	0.32	0.790
0.13	0.09	0.11	0.320

4.8.2.1. ANÁLISIS DE EXPOSICIÓN SOCIAL

4.8.2.1.1. Grupo de habitantes

Se caracteriza el número de habitantes de cada vivienda en la quebrada Accohuayco.

Tabla 78. Matriz de nomenclatura del número de habitantes

EXPOSICION SOCIAL: Número de Habitantes			
PARAMETRO	DESCRIPTOR	N° DE DESCRIPTORES	DESCRIPTORES
Número de Habitantes	NH1	5	Mayor a 25 habitantes
	NH2		de 15 a 25 habitantes
	NH3		de 8 a 15 habitantes
	NH4		de 4 a 8 habitantes
	NH5		menor a 4 habitantes

Tabla 79. Matriz comparación de pares del grupo de habitantes en la exposición social

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
DESCRIPTOR	NH1	NH2	NH3	NH4	NH5
NH1	1.000	2.000	3.000	4.000	6.000
NH2	0.500	1.000	3.000	4.000	6.000
NH3	0.333	0.333	1.000	3.000	4.000
NH4	0.250	0.250	0.333	1.000	2.000
NH5	0.167	0.167	0.250	0.500	1.000
SUMA	2.250	3.750	7.583	12.500	19.000
1/SUMA	0.444	0.267	0.132	0.080	0.053

Tabla 80. Matriz normalización del grupo de habitantes en la exposición social

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
DESCRIPTOR	NH1	NH2	NH3	NH4	NH5	Vector de Priorización
NH1	0.444	0.533	0.396	0.320	0.316	0.402
NH2	0.222	0.267	0.396	0.320	0.316	0.304
NH3	0.148	0.089	0.132	0.240	0.211	0.164
NH4	0.111	0.067	0.044	0.080	0.105	0.081
NH5	0.074	0.044	0.033	0.040	0.053	0.049
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 81. Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada del parámetro grupo de habitantes

OPERACIÓN DE MATRICES: VECTOR SUMA PONDERADA						
DESCRIPTOR	NH1	NH2	NH3	NH4	NH5	Vector Suma Ponderada
NH1	0.402	0.608	0.492	0.326	0.293	2.120
NH2	0.201	0.304	0.492	0.326	0.293	1.615
NH3	0.134	0.101	0.164	0.244	0.195	0.839
NH4	0.100	0.076	0.055	0.049	0.098	0.378
NH5	0.067	0.051	0.041	0.041	0.049	0.248

4.8.2.2. ANÁLISIS DE FRAGILIDAD SOCIAL

En este parámetro se tienen las condiciones de los habitantes, tales como nivel de educación, rango de edades, servicios básicos, discapacidad, acceso a seguro y el tipo de alumbrado.

Tabla 82. *Descriptores de la fragilidad social*

FRAGILIDAD SOCIAL		
FRAGILIDAD SOCIAL	D1	Grupo Etereo
	D2	Acceso a Servicios
	D3	Discapacidad
	D4	Nivel de Educacion
	D5	Acceso a seguro
	D6	Tipo de Alumbrado

Tabla 83. *Matriz comparación de pares de la fragilidad social*

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES						
DESCRIPTOR	D1	D2	D3	D4	D5	D6
D1	1.000	3.000	4.000	5.000	7.000	9.000
D2	0.333	1.000	3.000	4.000	5.000	7.000
D3	0.250	0.333	1.000	3.000	4.000	5.000
D4	0.200	0.250	0.333	1.000	3.000	4.000
D5	0.143	0.200	0.250	0.333	1.000	3.000
D6	0.111	0.143	0.200	0.250	0.333	1.000
SUMA	2.037	4.926	8.783	13.583	20.333	29.000
1/SUMA	0.491	0.203	0.114	0.074	0.049	0.034

Tabla 84. *Matriz normalización de pares de la fragilidad social*

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN							
DESCRIPTOR	D1	D2	D3	D4	D5	D6	Vector de Priorización
D1	0.491	0.609	0.455	0.368	0.344	0.310	0.430
D2	0.164	0.203	0.342	0.294	0.246	0.241	0.248
D3	0.123	0.068	0.114	0.221	0.197	0.172	0.149
D4	0.098	0.051	0.038	0.074	0.148	0.138	0.091
D5	0.070	0.041	0.028	0.025	0.049	0.103	0.053
D6	0.055	0.029	0.023	0.018	0.016	0.034	0.029
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 85. Matriz operación de matrices para hallar el vector suma ponderada del parámetro fragilidad social

OPERACIÓN DE MATRICES: VECTOR SUMA PONDERADA							
DESCRIPTOR	D1	D2	D3	D4	D5	D6	Vector Suma Ponderada
D1	0.430	0.745	0.596	0.455	0.369	0.263	2.858
D2	0.143	0.248	0.447	0.364	0.264	0.205	1.671
D3	0.107	0.083	0.149	0.273	0.211	0.146	0.969
D4	0.086	0.062	0.050	0.091	0.158	0.117	0.564
D5	0.061	0.050	0.037	0.030	0.053	0.088	0.319
D6	0.048	0.035	0.030	0.023	0.018	0.029	0.183

4.8.2.2.1. Grupo etario

En este parámetro tenemos los rangos de edades de los habitantes de la quebrada Accohuayco.

Tabla 86. Matriz de nomenclatura de grupo etario

GRUPO ETARIO		
Parámetro	Descriptor	Descripción
GRUPO ETARIO	GE1	De 0 a 5 años y mayor a 66
	GE2	De 6 a 12 años y de 55 a 65
	GE3	De 13 a 18 años
	GE4	De 19 a 30 años
	GE5	De 31 a 54 años

Tabla 87. Matriz de comparación de pares del grupo etario

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES					
DESCRIPTORES	GE1	GE2	GE3	GE4	GE5
GE1	1.000	3.000	4.000	5.000	7.000
GE2	0.333	1.000	3.000	4.000	5.000
GE3	0.250	0.333	1.000	3.000	5.000
GE4	0.200	0.250	0.333	1.000	4.000
GE5	0.143	0.200	0.200	0.250	1.000
SUMA	1.926	4.783	8.533	13.250	22.000
1/SUMA	0.519	0.209	0.117	0.075	0.045

Tabla 88. Matriz de normalización de pares del grupo etario

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
Acceso	GE1	GE2	GE3	GE4	GE5	Vector de Priorización
GE1	0.519	0.627	0.469	0.377	0.318	0.462
GE2	0.173	0.209	0.352	0.302	0.227	0.253
GE3	0.130	0.070	0.117	0.226	0.227	0.154
GE4	0.104	0.052	0.039	0.075	0.182	0.090
GE5	0.074	0.042	0.023	0.019	0.045	0.041
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 89. Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada del parámetro grupo etario

OPERACIÓN DE MATRICES: VECTOR SUMA PONDERADA						
Acceso	GE1	GE2	GE3	GE4	GE5	Vector Suma Ponderada
GE1	0.462	0.758	0.616	0.452	0.285	2.574
GE2	0.154	0.253	0.462	0.362	0.204	1.435
GE3	0.116	0.084	0.154	0.271	0.204	0.829
GE4	0.092	0.063	0.051	0.090	0.163	0.460
GE5	0.066	0.051	0.031	0.023	0.041	0.211

4.8.2.2.2. Acceso a servicios básicos

Este parámetro considera la disponibilidad y acceso de la población de la quebrada Accohuayco a servicios esenciales como agua, electricidad y sistema de desagüe.

Tabla 90. Matriz de nomenclatura de acceso a servicios básicos de la fragilidad social

ACCESO A SERVICIO BASICOS		
Parámetro	Descriptor	Descripción
ACCESO A SERVICIOS BASICOS	ASB1	Ninguno
	ASB2	Un solo servicio
	ASB3	Dos servicios
	ASB4	Todos los servicios
	ASB5	Todos los servicios especiales

Tabla 91. Matriz comparación de pares de acceso a servicios básicos en la fragilidad social

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES					
DESCRIPTORES	SAA1	SAA2	SAA3	SAA4	SAA5
SAA1	1.000	3.000	4.000	5.000	7.000
SAA2	0.333	1.000	2.000	3.000	5.000
SAA3	0.250	0.500	1.000	2.000	3.000
SAA4	0.200	0.333	0.500	1.000	3.000
SAA5	0.143	0.200	0.333	0.333	1.000
SUMA	1.926	5.033	7.833	11.333	19.000
1/SUMA	0.519	0.199	0.128	0.088	0.053

Tabla 92. Matriz normalización de pares de acceso a los servicios básicos

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
DESCRIPTORES	SAA1	SAA2	SAA3	SAA4	SAA5	Vector de Priorización
SAA1	0.519	0.596	0.511	0.441	0.368	0.487
SAA2	0.173	0.199	0.255	0.265	0.263	0.231
SAA3	0.130	0.099	0.128	0.176	0.158	0.138
SAA4	0.104	0.066	0.064	0.088	0.158	0.096
SAA5	0.074	0.040	0.043	0.029	0.053	0.048
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 93. Matriz operación de matrices para hallar el vector suma ponderada del parámetro acceso a servicios

OPERACIÓN DE MATRICES: VECTOR SUMA PONDERADA						
DESCRIPTORES	SAA1	SAA2	SAA3	SAA4	SAA5	Vector Suma Ponderada
SAA1	0.487	0.693	0.553	0.480	0.334	2.547
SAA2	0.162	0.231	0.276	0.288	0.238	1.196
SAA3	0.122	0.115	0.138	0.192	0.143	0.711
SAA4	0.097	0.077	0.069	0.048	0.143	0.434
SAA5	0.070	0.046	0.046	0.032	0.048	0.242

4.8.2.2.3. Discapacidad

En este parámetro tenemos la discapacidad del cuerpo o alguna enfermedad mental que presentan los habitantes de la quebrada Accohuyco.

Tabla 94. *Matriz de nomenclatura de discapacidad de la fragilidad social*

DISCAPACIDAD		
Parámetro	Descriptor	Descripción
DISCAPACIDAD	DI1	Multiple
	DI2	Física
	DI3	Cognitiva
	DI4	Sensorial
	DI5	Ninguna

Tabla 95. *Matriz comparación de pares de discapacidad*

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES					
DESCRIPTORES	DI1	DI2	DI3	DI4	DI5
DI1	1.000	2.000	4.000	5.000	7.000
DI2	0.500	1.000	2.000	3.000	5.000
DI3	0.250	0.500	1.000	3.000	5.000
DI4	0.200	0.333	0.333	1.000	3.000
DI5	0.143	0.200	0.200	0.333	1.000
SUMA	2.093	4.033	7.533	12.333	21.000
1/SUMA	0.478	0.248	0.133	0.081	0.048

Tabla 96. *Matriz normalización de pares de acceso a los servicios básicos*

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
DESCRIPTORES	NE1	NE2	NE3	NE4	NE5	Vector de Priorización
NE1	0.478	0.496	0.531	0.405	0.333	0.449
NE2	0.239	0.248	0.265	0.243	0.238	0.247
NE3	0.119	0.124	0.133	0.243	0.238	0.172
NE4	0.096	0.083	0.044	0.081	0.143	0.089
NE5	0.068	0.050	0.027	0.027	0.048	0.044
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 97. Matriz operación de matrices para hallar el vector suma ponderada del parámetro acceso a servicios

OPERACIÓN DE MATRICES: VECTOR SUMA PONDERADA						
DESCRIPTORES	NE1	NE2	NE3	NE4	NE5	Vector Suma Ponderada
NE1	0.449	0.493	0.686	0.446	0.307	2.381
NE2	0.224	0.247	0.343	0.268	0.219	1.301
NE3	0.112	0.123	0.172	0.268	0.219	0.894
NE4	0.090	0.082	0.057	0.044	0.131	0.404
NE5	0.064	0.049	0.034	0.030	0.044	0.221

4.8.2.2.4. Nivel de Educación

En este parámetro tenemos la discapacidad del cuerpo o alguna enfermedad mental que presentan los habitantes de la quebrada Accohuayco.

Tabla 98. Matriz de nomenclatura del nivel de educación en la fragilidad social

NIVEL DE EDUCACION		
Parámetro	Descriptor	Descripción
NIVEL DE EDUCACION	NE1	No lee ni escribe
	NE2	Primaria completa
	NE3	Secundaria completa
	NE4	Tecnico superior
	NE5	Superior universitario

Tabla 99. Matriz comparación de pares del nivel de educación

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES					
DESCRIPTORES	NE1	NE2	NE3	NE4	NE5
NE1	1.00	2.00	4.00	5.00	7.00
NE2	0.50	1.00	2.00	3.00	5.00
NE3	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00
NE4	0.20	0.33	0.33	1.00	3.00
NE5	0.14	0.20	0.20	0.33	1.00
SUMA	2.093	4.033	7.533	12.333	21.000
1/SUMA	0.478	0.248	0.133	0.081	0.048

Tabla 100. *Matriz normalización de pares del nivel de educación*

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
DESCRIPTORES	NE1	NE2	NE3	NE4	NE5	Vector de Priorización
NE1	0.478	0.496	0.531	0.405	0.333	0.449
NE2	0.239	0.248	0.265	0.243	0.238	0.247
NE3	0.119	0.124	0.133	0.243	0.238	0.172
NE4	0.096	0.083	0.044	0.081	0.143	0.089
NE5	0.068	0.050	0.027	0.027	0.048	0.044
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 101. *Matriz operación de matrices para hallar el vector suma ponderada del parámetro nivel de educación*

OPERACIÓN DE MATRICES: VECTOR SUMA PONDERADA						
DESCRIPTORES	NE1	NE2	NE3	NE4	NE5	Vector Suma Ponderada
NE1	0.449	0.493	0.686	0.446	0.307	2.381
NE2	0.224	0.247	0.343	0.268	0.219	1.301
NE3	0.112	0.123	0.172	0.268	0.219	0.894
NE4	0.090	0.082	0.057	0.044	0.131	0.404
NE5	0.064	0.049	0.034	0.030	0.044	0.221

4.8.2.2.5. Acceso a seguro

En este parámetro se tiene el acceso a los distintos tipos de seguro de vida de los habitantes de la quebrada Accohuayco.

Tabla 102. *Matriz de nomenclatura del acceso a seguro en la fragilidad social*

ACCESO A SEGURO		
Parámetro	Descriptor	Descripción
ACCESO A SEGURO	AS 1	Sin seguro
	AS 2	Cuenta con SIS
	AS 3	Seguro ESSALUD
	AS 4	Seguro FF.AA.
	AS 5	Seguro privado

Tabla 103. *Matriz comparación de pares del acceso a seguro en la fragilidad social*

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES					
DESCRIPTOR	AS 1	AS 2	AS 3	AS 4	AS 5
AS 1	1.00	3.00	4.00	5.00	7.00
AS 2	0.33	1.00	3.00	4.00	5.00
AS 3	0.25	0.33	1.00	2.00	4.00
AS 4	0.20	0.25	0.50	1.00	3.00
AS 5	0.14	0.20	0.25	0.33	1.00
SUMA	1.926	4.783	8.750	12.333	20.000
1/SUMA	0.519	0.209	0.114	0.081	0.050

Tabla 104. *Matriz normalización de pares del acceso a seguro*

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
DESCRIPTOR	AS 1	AS 2	AS 3	AS 4	AS 5	Vector de Priorización
AS 1	0.519	0.627	0.457	0.405	0.350	0.472
AS 2	0.173	0.209	0.343	0.324	0.250	0.260
AS 3	0.130	0.070	0.114	0.162	0.200	0.135
AS 4	0.104	0.052	0.057	0.081	0.150	0.089
AS 5	0.074	0.042	0.029	0.027	0.050	0.044
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 105. *Matriz normalización de pares del acceso a seguro*

OPERACIÓN DE MATRICES: VECTOR SUMA PONDERADA						
DESCRIPTOR	AS 1	AS 2	AS 3	AS 4	AS 5	Vector Suma Ponderada
AS 1	0.472	0.780	0.541	0.444	0.310	2.547
AS 2	0.157	0.260	0.406	0.355	0.222	1.400
AS 3	0.118	0.087	0.135	0.178	0.177	0.695
AS 4	0.094	0.065	0.068	0.089	0.133	0.449
AS 5	0.067	0.052	0.034	0.030	0.044	0.227

4.8.2.2.6. Tipo de Alumbrado

En este parámetro se tiene el tipo de alumbrado que se encuentran en las viviendas de la quebrada Accohuayco.

Tabla 106. *Matriz de nomenclatura del tipo de alumbrado en la fragilidad social*

Parámetro	Descriptor	Descripción
TIPO DE ALUMBRADO	TA1	No cuenta
	TA2	Vela, mechero
	TA3	Petróleo, Gas lámpara
	TA4	Grupo electrógeno/Paneles
	TA5	Servicio eléctrico

Tabla 107. *Matriz comparación de pares del tipo de alumbrado en la fragilidad social*

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES					
DESCRIPTORES	TA1	TA2	TA3	TA4	TA5
TA1	1.000	2.000	4.000	5.000	7.000
TA2	0.500	1.000	2.000	3.000	5.000
TA3	0.250	0.500	1.000	3.000	5.000
TA4	0.200	0.333	0.333	1.000	3.000
TA5	0.143	0.200	0.200	0.333	1.000
SUMA	2.093	4.033	7.533	12.333	21.000
1/SUMA	0.478	0.248	0.133	0.081	0.048

Tabla 108. *Matriz normalización de pares del tipo de alumbrado*

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
DESCRIPTORES	NE1	NE2	NE3	NE4	NE5	Vector de Priorización
NE1	0.478	0.496	0.531	0.405	0.333	0.449
NE2	0.239	0.248	0.265	0.243	0.238	0.247
NE3	0.119	0.124	0.133	0.243	0.238	0.172
NE4	0.096	0.083	0.044	0.081	0.143	0.089
NE5	0.068	0.050	0.027	0.027	0.048	0.044
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 109. Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada del parámetro tipo de alumbrado

OPERACIÓN DE MATRICES: VECTOR SUMA PONDERADA						
DESCRIPTORES	NE1	NE2	NE3	NE4	NE5	Vector Suma Ponderada
NE1	0.449	0.493	0.686	0.446	0.307	2.381
NE2	0.224	0.247	0.343	0.268	0.219	1.301
NE3	0.112	0.123	0.172	0.268	0.219	0.894
NE4	0.090	0.082	0.057	0.044	0.131	0.404
NE5	0.064	0.049	0.034	0.030	0.044	0.221

4.8.2.3. ANÁLISIS DE RESILIENCIA SOCIAL

En este parámetro se analiza si la población presenta la capacidad de afrontar posibles desastres naturales en cuanto a su conocimiento y la organización poblacional.

Tabla 110. Matriz de los parámetros de la resiliencia social

PARAMETROS RESILIENCIA SOCIAL			
PARAMETRO	DESCRIPTOR	N° DE DESCRIPTORES	DESCRIPTORES
Resiliencia	R1	0.5	Conocimiento en GRD
Resiliencia	R2	0.5	Organización Social

4.8.2.3.1. Organización social en la comunidad

En este parámetro se tiene la participación comunitaria de los habitantes frente a los determinados peligros y problemas en la quebrada Accohuayco.

Tabla 111. Matriz de nomenclatura de la organización social en la resiliencia social

PARAMETRO	DESCRIP TOR	DESCRIPTORES
Organización social	OC1	No participa
	OC2	1 vez por mes
	OC3	2 veces por mes
	OC4	3 veces por mes
	OC5	Siempre participa

Tabla 112. *Matriz comparación de pares de la organización social*

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
DESCRIPTOR	OC1	OC2	OC3	OC4	OC5
OC1	1.000	2.000	3.000	5.000	7.000
OC2	0.500	1.000	3.000	5.000	7.000
OC3	0.333	0.333	1.000	3.000	5.000
OC4	0.200	0.200	0.333	1.000	3.000
OC5	0.143	0.143	0.200	0.333	1.000
SUMA	2.176	3.676	7.533	14.333	23.000
1/SUMA	0.460	0.272	0.133	0.070	0.043

Tabla 113. *Matriz normalización de pares de la organización social*

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
DESCRIPTOR	OC1	OC2	OC3	OC4	OC5	Vector de Priorización
OC1	0.460	0.544	0.398	0.349	0.304	0.411
OC2	0.230	0.272	0.398	0.349	0.304	0.311
OC3	0.153	0.091	0.133	0.209	0.217	0.161
OC4	0.092	0.054	0.044	0.070	0.130	0.078
OC5	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

Tabla 114. *Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada del parámetro organización social*

OPERACIÓN DE MATRICES: VECTOR SUMA PONDERADA						
DESCRIPTOR	OC1	OC2	OC3	OC4	OC5	Vector Suma Ponderada
OC1	0.411	0.621	0.482	0.391	0.277	2.182
OC2	0.205	0.311	0.482	0.391	0.277	1.666
OC3	0.137	0.104	0.161	0.234	0.198	0.833
OC4	0.082	0.062	0.054	0.078	0.119	0.395
OC5	0.059	0.044	0.032	0.026	0.040	0.201

4.8.2.3.2. Conocimiento en Gestión de Riesgo de Desastres (GRD)

Considera el grado de información y comprensión de gestión de riesgo y desastres en la quebrada Accohuayco.

Tabla 115. *Matriz de nomenclatura del conocimiento de GRD en la resiliencia social*

Conocimiento de GRD		
PARAMETRO	DESCRIPTOR	DESCRIPTORES
Conocimiento en GRD	GRD1	Ninguno
	GRD2	Muy poco
	GRD3	Poco
	GRD4	Regular
	GRD5	Completo

Tabla 116. *Matriz comparación de pares del conocimiento de GRD*

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
DESCRIPTOR	GRD1	GRD2	GRD3	GRD4	GRD5
GRD1	1.000	3.000	5.000	6.000	7.000
GRD2	0.333	1.000	3.000	4.000	5.000
GRD3	0.200	0.333	1.000	3.000	4.000
GRD4	0.167	0.250	0.333	1.000	2.000
GRD5	0.143	0.200	0.250	0.500	1.000
SUMA	1.843	4.783	9.583	14.500	19.000
1/SUMA	0.543	0.209	0.104	0.069	0.053

Tabla 117. *Matriz normalización de pares de conocimiento de GRD*

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
DESCRIPTOR	GRD1	GRD2	GRD3	GRD4	GRD5	Vector de Priorización
GRD1	0.543	0.627	0.522	0.414	0.368	0.495
GRD2	0.181	0.209	0.313	0.276	0.263	0.248
GRD3	0.109	0.070	0.104	0.207	0.211	0.140
GRD4	0.090	0.052	0.035	0.069	0.105	0.070
GRD5	0.078	0.042	0.026	0.034	0.053	0.047
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 118. Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada del parámetro conocimiento en GRD

OPERACIÓN DE MATRICES: VECTOR SUMA PONDERADA						
DESCRIPTOR	GRD1	GRD2	GRD3	GRD4	GRD5	Vector Suma Ponderada
GRD1	0.495	0.745	0.700	0.422	0.326	2.688
GRD2	0.165	0.248	0.420	0.281	0.233	1.347
GRD3	0.099	0.083	0.140	0.211	0.186	0.719
GRD4	0.082	0.062	0.047	0.070	0.093	0.355
GRD5	0.071	0.050	0.035	0.035	0.047	0.237

4.8.3. ANÁLISIS DE LA DIMENSIÓN ECONÓMICA

Este análisis comprende la evaluación de las condiciones económicas de la población, considerando principalmente las características, el grado de conservación y los componentes estructurales empleados en la construcción de las viviendas ubicadas en la zona de estudio de la quebrada Accohuayco.

Gráfico 20. Metodología para determinar el análisis de la dimensión económica

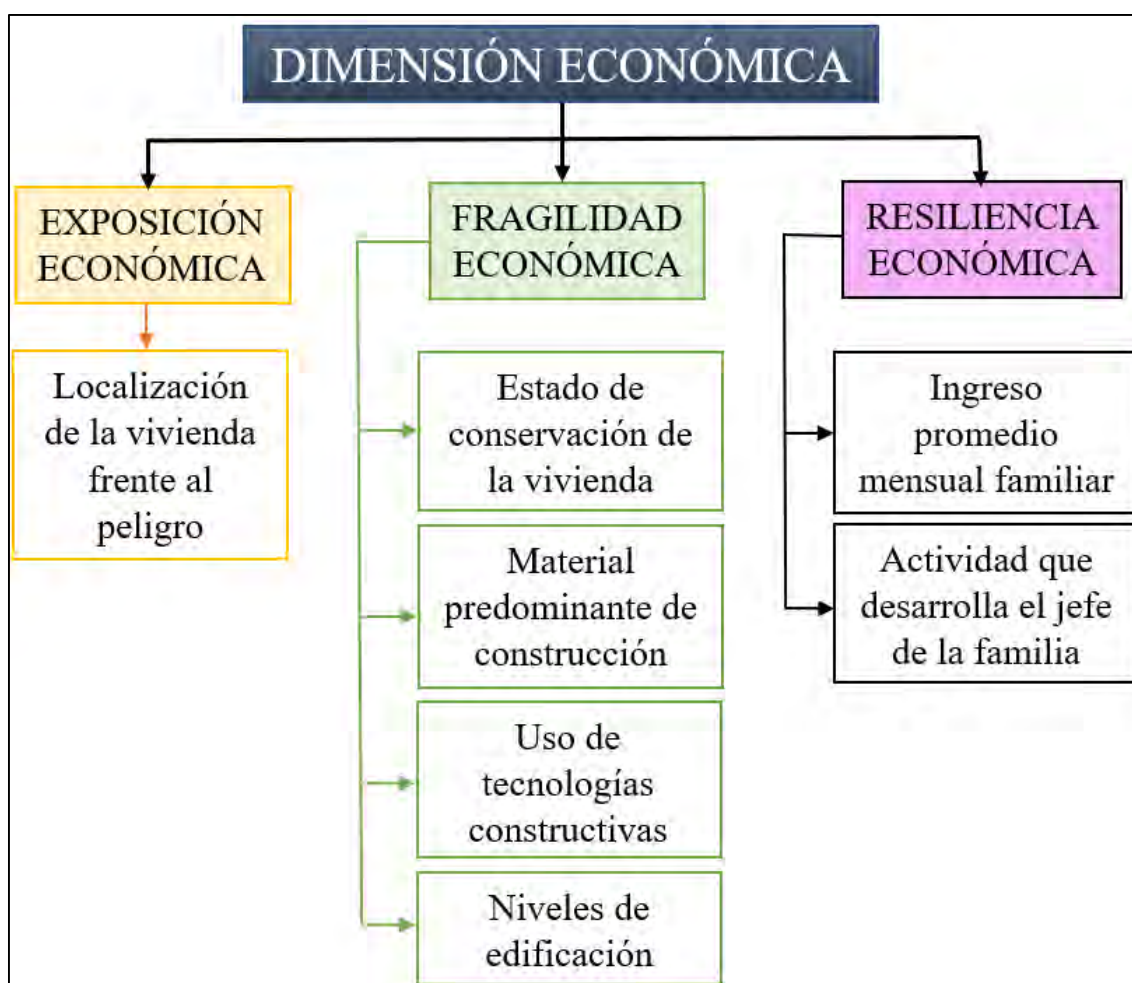


Tabla 119. *Matriz comparación de pares del análisis de vulnerabilidad económica*

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD ECONÓMICA			
COMPARACIÓN DE PARES			
VUL. ECONOMICA	Exposición	Fragilidad	Resiliencia
Exposición	1.000	3.000	5.000
Fragilidad	0.333	1.000	3.000
Resiliencia	0.200	0.333	1.000
SUMA	1.533	4.333	9.000
1/SUMA	0.652	0.231	0.111

Tabla 120. *Matriz normalización de pares de vulnerabilidad económica*

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN				
VUL. ECONOMICA	Exposición	Fragilidad	Resiliencia	Vector Priorización
Exposición	0.65	0.69	0.56	0.633
Fragilidad	0.22	0.23	0.33	0.260
Resiliencia	0.13	0.08	0.11	0.106
SUMA	1.00	1.00	1.00	1.000

Tabla 121. *Matriz operación de matrices para hallar el vector suma ponderada de la vulnerabilidad económica*

VECTOR SUMA PONDERADO			
Resultados de la operación de matrices			Vector Suma Ponderada
0.633	0.781	0.531	1.946
0.211	0.260	0.318	0.790
0.127	0.087	0.106	0.320

4.8.3.1. ANÁLISIS DE EXPOSICIÓN ECONÓMICA

4.8.3.1.1. Localización de la vivienda frente al peligro

Este parámetro considera la ubicación de las viviendas en relación con su proximidad a las zonas susceptibles de ser afectadas por los peligros identificados en la quebrada Accohuayco.

Tabla 122. Matriz de nomenclatura de la localización de la vivienda frente al peligro

EXPOSICION: Localización de la vivienda frente al peligro (Peligro muy alto)		
PARAMETRO	DESCRIPTOR	DESCRIPTORES
Localización de la vivienda frente al peligro	LFP1	Muy Cercano : 0 m - 25 m
	LFP2	Cercana al área crítica : 25 m - 50 m
	LFP3	medianamente Cerca :50 m - 75 m
	LFP4	Alejada : 75 m -100 m
	LFP5	Muy alejada : mayor a 100 m

Tabla 123. Matriz comparación de pares de la localización de la vivienda frente al peligro

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
DESCRIPTOR	LFP1	LFP2	LFP3	LFP4	LFP5
LFP1	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
LFP2	0.333	1.000	2.000	4.000	6.000
LFP3	0.200	0.500	1.000	3.000	5.000
LFP4	0.143	0.250	0.333	1.000	3.000
LFP5	0.111	0.167	0.200	0.333	1.000
SUMA	1.787	4.917	8.533	15.333	24.000
1/SUMA	0.560	0.203	0.117	0.065	0.042

Tabla 124. Matriz normalización de pares de la localización de la vivienda frente al peligro

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
DESCRIPTOR	LFP1	LFP2	LFP3	LFP4	LFP5	Vector de Priorización
LFP1	0.560	0.610	0.586	0.457	0.375	0.517
LFP2	0.187	0.203	0.234	0.261	0.250	0.227
LFP3	0.112	0.102	0.117	0.196	0.208	0.147
LFP4	0.080	0.051	0.039	0.065	0.125	0.072
LFP5	0.062	0.034	0.023	0.022	0.042	0.037
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 125. Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada de la localización frente al peligro

OPERACIÓN DE MATRICES: VECTOR SUMA PONDERADA						
DESCRIPTOR	LFP1	LFP2	LFP3	LFP4	LFP5	Vector Suma Ponderada
LFP1	0.517	0.681	0.735	0.504	0.329	2.767
LFP2	0.172	0.227	0.294	0.288	0.219	1.201
LFP3	0.103	0.114	0.147	0.216	0.183	0.763
LFP4	0.074	0.057	0.049	0.072	0.110	0.361
LFP5	0.057	0.038	0.029	0.024	0.037	0.185

4.8.3.2. ANÁLISIS DE FRAGILIDAD ECONÓMICA

Este análisis considera las características físicas y constructivas de las viviendas, evaluando aspectos como el material empleado, su estado de conservación, el número de niveles y las técnicas o tecnologías utilizadas durante su construcción.

Tabla 126. Matriz de nomenclatura de la fragilidad económica

Fragilidad Económica		
Fragilidad económica	D1	Uso de tecnologías constructivas
	D2	Material predominante de construcción
	D3	Estado de conservación de la vivienda
	D4	Niveles de edificación

Tabla 127. Matriz comparación de pares de la fragilidad económica

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES				
DESCRIPTOR	D1	D2	D3	D4
D1	1.000	3.000	5.000	7.000
D2	0.333	1.000	3.000	5.000
D3	0.200	0.333	1.000	3.000
D4	0.143	0.200	0.333	1.000
SUMA	1.676	4.533	9.333	16.000
1/SUMA	0.597	0.221	0.107	0.063

Tabla 128. *Matriz normalización de pares de la fragilidad económica*

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN					
DESCRIPTOR	D1	D2	D3	D4	VectorPriorizac
D1	0.60	0.66	0.54	0.44	0.558
D2	0.20	0.22	0.32	0.31	0.263
D3	0.12	0.07	0.11	0.19	0.122
D4	0.09	0.04	0.04	0.06	0.057
SUMA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.000

Tabla 129. *Matriz de operación de matrices para hallar la suma ponderada de la fragilidad económica*

OPERACIÓN DE MATRICES: VECTOR SUMA PONDERADA					
DESCRIPTOR	D1	D2	D3	D4	Vector Suma Ponderada
D1	0.558	0.790	0.609	0.398	2.356
D2	0.186	0.263	0.366	0.284	1.099
D3	0.112	0.088	0.122	0.171	0.492
D4	0.080	0.053	0.041	0.057	0.230

4.8.3.2.1. Estado de conservación de la vivienda

Se tiene el grado de conservación en el que se encuentran las viviendas de los habitantes de la quebrada Accohuayco.

Tabla 130. *Matriz de nomenclatura del estado de conservación*

ESTADO DE CONSERVACIÓN		
PARAMETRO	DESCRIPTOR	DESCRIPTORES
ESTADO DE CONSERVACION	EC1	Muy deficiente
	EC2	Deficiente
	EC3	Aceptable
	EC4	Adecuado
	EC5	Óptimo

Tabla 131. *Matriz comparación de pares del estado de conservación*

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
DESCRIPTOR	EC1	EC2	EC3	EC4	EC5
EC1	1.000	2.000	3.000	5.000	7.000
EC2	0.500	1.000	3.000	5.000	7.000
EC3	0.333	0.333	1.000	3.000	5.000
EC4	0.200	0.200	0.333	1.000	3.000
EC5	0.143	0.143	0.200	0.333	1.000
SUMA	2.176	3.676	7.533	14.333	23.000
1/SUMA	0.460	0.272	0.133	0.070	0.043

Tabla 132. *Matriz normalización de pares del estado de conservación*

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
DESCRIPTOR	EC1	EC2	EC3	EC4	EC5	Vector de Priorización
EC1	0.460	0.544	0.398	0.349	0.304	0.411
EC2	0.230	0.272	0.398	0.349	0.304	0.311
EC3	0.153	0.091	0.133	0.209	0.217	0.161
EC4	0.092	0.054	0.044	0.070	0.130	0.078
EC5	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

Tabla 133. *Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada del estado de conservación*

OPERACIÓN DE MATRICES: VECTOR SUMA PONDERADA						
DESCRIPTOR	EC1	EC2	EC3	EC4	EC5	Vector Suma Ponderada
EC1	0.411	0.621	0.482	0.391	0.277	2.182
EC2	0.205	0.311	0.482	0.391	0.277	1.666
EC3	0.137	0.104	0.161	0.234	0.198	0.833
EC4	0.082	0.062	0.054	0.078	0.119	0.395
EC5	0.059	0.044	0.032	0.026	0.040	0.201

4.8.3.2.2. Material predominante de construcción

Este parámetro considera el tipo de material que predomina en la construcción de las viviendas ubicadas en la zona de estudio en la quebrada Accohuayco.

Tabla 134. *Matriz de nomenclatura del material predominante*

MATERIAL PREDOMINANTE DE CONSTRUCCIÓN		
PARAMETRO	DESCRIPTOR	DESCRIPTORES
MATERIAL PREDOMINANTE DE CONSTRUCCIÓN	MC1	Plásticos, palos,
	MC2	Acero-Drywall
	MC3	Adobe
	MC4	Ladrillo
	MC5	Concreto armado:

Tabla 135. *Matriz comparación de pares del material predominante*

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
DESCRIPTOR	MC1	MC2	MC3	MC4	MC5
MC1	1.000	3.000	4.000	5.000	6.000
MC2	0.333	1.000	2.000	3.000	5.000
MC3	0.250	0.500	1.000	3.000	5.000
MC4	0.200	0.333	0.333	1.000	3.000
MC5	0.167	0.200	0.200	0.333	1.000
SUMA	1.950	5.033	7.533	12.333	20.000
1/SUMA	0.513	0.199	0.133	0.081	0.050

Tabla 136. *Matriz normalización de pares del material predominante*

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
DESCRIPTOR	MC1	MC2	MC3	MC4	MC5	Vector de Priorización
MC1	0.513	0.596	0.531	0.405	0.300	0.469
MC2	0.171	0.199	0.265	0.243	0.250	0.226
MC3	0.128	0.099	0.133	0.243	0.250	0.171
MC4	0.103	0.066	0.044	0.081	0.150	0.089
MC5	0.085	0.040	0.027	0.027	0.050	0.046
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 137. Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada del material predominante

OPERACIÓN DE MATRICES: VECTOR SUMA PONDERADA						
DESCRIPTOR	MC1	MC2	MC3	MC4	MC5	Vector Suma Ponderada
MC1	0.469	0.677	0.683	0.444	0.275	2.548
MC2	0.156	0.226	0.341	0.266	0.229	1.219
MC3	0.117	0.113	0.171	0.266	0.229	0.896
MC4	0.094	0.075	0.057	0.089	0.137	0.452
MC5	0.078	0.045	0.034	0.030	0.046	0.233

4.8.3.2.3. Uso de tecnologías constructivas

En este parámetro se tienen los diferentes tipos de cimentación que se dan en la construcción de las viviendas de la quebrada Accohuayco.

Tabla 138. Matriz de nomenclatura del uso de tecnologías constructivas

USO DE TECNOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS		
PARAMETRO	DESCRIPTOR	DESCRIPTORES
USO DE TECNOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS	UT1	No se aplicaron
	UT2	Cimentación y estructuras
	UT3	cimentación superficial
	UT4	cimentación profunda en zonas críticas y estructura sismo resistente
	UT5	cimentación profunda y estructura sismo resistente

Tabla 139. Matriz comparación de pares del uso de tecnologías constructivas

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
DESCRIPTOR	UT1	UT2	UT3	UT4	UT5
UT1	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
UT2	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
UT3	0.200	0.333	1.000	2.000	3.000
UT4	0.143	0.200	0.500	1.000	3.000
UT5	0.111	0.143	0.333	0.333	1.000
SUMA	1.787	4.676	9.833	15.333	23.000
1/SUMA	0.560	0.214	0.102	0.065	0.043

Tabla 140. Matriz normalización de pares del uso de tecnologías constructivas en la fragilidad económica

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
DESCRIPTOR	UT1	UT2	UT3	UT4	UT5	Vector de Priorización
UT1	0.560	0.642	0.508	0.457	0.391	0.511
UT2	0.187	0.214	0.305	0.326	0.304	0.267
UT3	0.112	0.071	0.102	0.130	0.130	0.109
UT4	0.080	0.043	0.051	0.065	0.130	0.074
UT5	0.062	0.031	0.034	0.022	0.043	0.038
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 141. Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada del uso de tecnologías constructivas

OPERACIÓN DE MATRICES: VECTOR SUMA PONDERADA						
DESCRIPTOR	UT1	UT2	UT3	UT4	UT5	Vector Suma Ponderada
UT1	0.511	0.802	0.546	0.517	0.345	2.721
UT2	0.170	0.267	0.327	0.369	0.269	1.403
UT3	0.102	0.089	0.109	0.148	0.115	0.563
UT4	0.073	0.053	0.055	0.074	0.115	0.370
UT5	0.057	0.038	0.036	0.025	0.038	0.194

4.8.3.2.4. Niveles de edificación

En este parámetro se tiene la cantidad de niveles de pisos de las construcciones de los habitantes de la quebrada Accohuayco.

Tabla 142. Matriz de nomenclatura de los niveles de edificación

NIVELES DE EDIFICACIÓN		
PARAMETRO	DESCRIPTOR	DESCRIPTORES
NIVELES EDIFICATORIOS	E1	>5 Pisos
	E2	4 Pisos
	E3	3 Pisos
	E4	2 Pisos
	E5	1 Piso

Tabla 143. *Matriz comparación de pares de los niveles de edificación*

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
DESCRIPTOR	E1	E2	E3	E4	E5
E1	1.000	2.000	3.000	5.000	6.000
E2	0.500	1.000	2.000	3.000	5.000
E3	0.333	0.500	1.000	3.000	4.000
E4	0.200	0.333	0.333	1.000	3.000
E5	0.167	0.200	0.250	0.333	1.000
SUMA	2.200	4.033	6.583	12.333	19.000
1/SUMA	0.455	0.248	0.152	0.081	0.053

Tabla 144. *Matriz normalización de pares de los niveles de edificación*

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
DESCRIPTOR	E1	E2	E3	E4	E5	Vector de Priorización
E1	0.455	0.496	0.456	0.405	0.316	0.425
E2	0.227	0.248	0.304	0.243	0.263	0.257
E3	0.152	0.124	0.152	0.243	0.211	0.176
E4	0.091	0.083	0.051	0.081	0.158	0.093
E5	0.076	0.050	0.038	0.027	0.053	0.049
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 145. *Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada del uso de tecnologías constructivas*

OPERACIÓN DE MATRICES: VECTOR SUMA PONDERADA						
DESCRIPTOR	E1	E2	E3	E4	E5	Vector Suma Ponderada
E1	0.425	0.514	0.529	0.463	0.292	2.223
E2	0.213	0.257	0.352	0.278	0.243	1.343
E3	0.142	0.129	0.176	0.278	0.194	0.919
E4	0.085	0.086	0.059	0.093	0.146	0.468
E5	0.071	0.051	0.044	0.031	0.049	0.246

4.8.3.3. ANÁLISIS DE RESILIENCIA ECONÓMICA

En estos parámetros se analizan los descriptores de ingreso económico familiar mensual, junto con la actividad que realiza el jefe de familia de las viviendas en la quebrada Accohuayco.

Tabla 146. *Matriz de nomenclatura de los parámetros de resiliencia económica*

PARAMETROS RESILIENCIA ECONOMICA		
PARAMETRO	DESCRIPTOR	DESCRIPTORES
Resiliencia	R1	Ingreso promedio familiar mensual
Resiliencia	R2	Actividad que realiza el jefe de familia

4.8.3.3.1. Ingreso promedio familiar mensual

En este parámetro de tiene el ingreso promedio en nuevos soles que se da en las diferentes familias de las viviendas de la quebrada Accohuayco.

Tabla 147. *Matriz de nomenclatura del ingreso promedio familiar mensual en la resiliencia económica*

INGRESO PROMEDIO FAMILIAR MENSUAL (S/.)		
PARAMETRO	DESCRIPTOR	DESCRIPTORES
Ingreso Promedio	IF1	≤ 200
	IF2	>200- ≤ 750
	IF3	>750 - ≤ 1500
	IF4	>1500 - ≤ 3000
	IF5	>3000

Tabla 148. *Matriz comparación de pares del ingreso familiar mensual*

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
DESCRIPTOR	IF1	IF2	IF3	IF4	IF5
IF1	1.000	3.000	4.000	6.000	8.000
IF2	0.333	1.000	3.000	4.000	6.000
IF3	0.250	0.333	1.000	3.000	5.000
IF4	0.167	0.250	0.333	1.000	3.000
IF5	0.125	0.167	0.200	0.333	1.000
SUMA	1.875	4.750	8.533	14.333	23.000
1/SUMA	0.533	0.211	0.117	0.070	0.043

Tabla 149. *Matriz normalización de pares del ingreso familiar mensual*

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
DESCRIPTOR	IF1	IF2	IF3	IF4	IF5	Vector de Priorización
IF1	0.533	0.632	0.469	0.419	0.348	0.480
IF2	0.178	0.211	0.352	0.279	0.261	0.256
IF3	0.133	0.070	0.117	0.209	0.217	0.149
IF4	0.089	0.053	0.039	0.070	0.130	0.076
IF5	0.067	0.035	0.023	0.023	0.043	0.038
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 150. *Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada del ingreso familiar mensual*

OPERACIÓN DE MATRICES: VECTOR SUMA PONDERADA						
DESCRIPTOR	IF1	IF2	IF3	IF4	IF5	Vector Suma Ponderada
IF1	0.480	0.768	0.598	0.457	0.307	2.610
IF2	0.160	0.256	0.448	0.305	0.230	1.399
IF3	0.120	0.085	0.149	0.228	0.192	0.775
IF4	0.080	0.064	0.050	0.076	0.115	0.385
IF5	0.060	0.043	0.030	0.025	0.038	0.196

4.8.3.3.2. Actividad que realiza el jefe de familia

En este parámetro se tiene el ingreso promedio en nuevos soles que se da en las diferentes familias de las viviendas de la quebrada Accohuyco.

Tabla 151. *Matriz de nomenclatura de actividad que realiza el jefe de familia en la resiliencia económica*

PARAMETRO	DESCRIPTOR	DESCRIPTORES
ACTIVIDAD QUE REALIZA EL JEFE DE FAMILIA	AJF1	Desempleado
	AJF2	Trabajador de hogar
	AJF3	Trabajo dependiente
	AJF4	Trabajo dependiente sin calificación
	AJF5	Trabajo dependiente calificado

Tabla 152. Matriz comparación de pares de actividad que realiza el jefe de familia en la resiliencia económica

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
DESCRIPTOR	AJF1	AJF2	AJF3	AJF4	AJF5
AJF1	1.000	3.000	4.000	6.000	8.000
AJF2	0.333	1.000	3.000	4.000	6.000
AJF3	0.250	0.333	1.000	3.000	5.000
AJF4	0.167	0.250	0.333	1.000	3.000
AJF5	0.125	0.167	0.200	0.333	1.000
SUMA	1.875	4.750	8.533	14.333	23.000
1/SUMA	0.533	0.211	0.117	0.070	0.043

Tabla 153. Matriz normalización de pares de actividad que realiza el jefe de familia en la resiliencia económica

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
DESCRIPTOR	AJF1	AJF2	AJF3	AJF4	AJF5	Vector de Priorización
AJF1	0.533	0.632	0.469	0.419	0.348	0.480
AJF2	0.178	0.211	0.352	0.279	0.261	0.256
AJF3	0.133	0.070	0.117	0.209	0.217	0.149
AJF4	0.089	0.053	0.039	0.070	0.130	0.076
AJF5	0.067	0.035	0.023	0.023	0.043	0.038
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 154. Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada de actividad que realiza el jefe de familia

OPERACIÓN DE MATRICES: VECTOR SUMA PONDERADA						
DESCRIPTOR	AJF1	AJF2	AJF3	AJF4	AJF5	Vector Suma Ponderada
AJF1	0.480	0.768	0.598	0.457	0.307	2.610
AJF2	0.160	0.256	0.448	0.305	0.230	1.399
AJF3	0.120	0.085	0.149	0.228	0.192	0.775
AJF4	0.080	0.064	0.050	0.076	0.115	0.385
AJF5	0.060	0.043	0.030	0.025	0.038	0.196

4.8.4. ANÁLISIS DE LA DIMENSIÓN AMBIENTAL

Este análisis comprende la evaluación de las condiciones ambientales presentes en la quebrada Accohuayco, considerando aspectos relacionados con la exposición, fragilidad y capacidad de respuesta frente a los peligros identificados.

Gráfico 21. Metodología para determinar el análisis de la dimensión ambiental

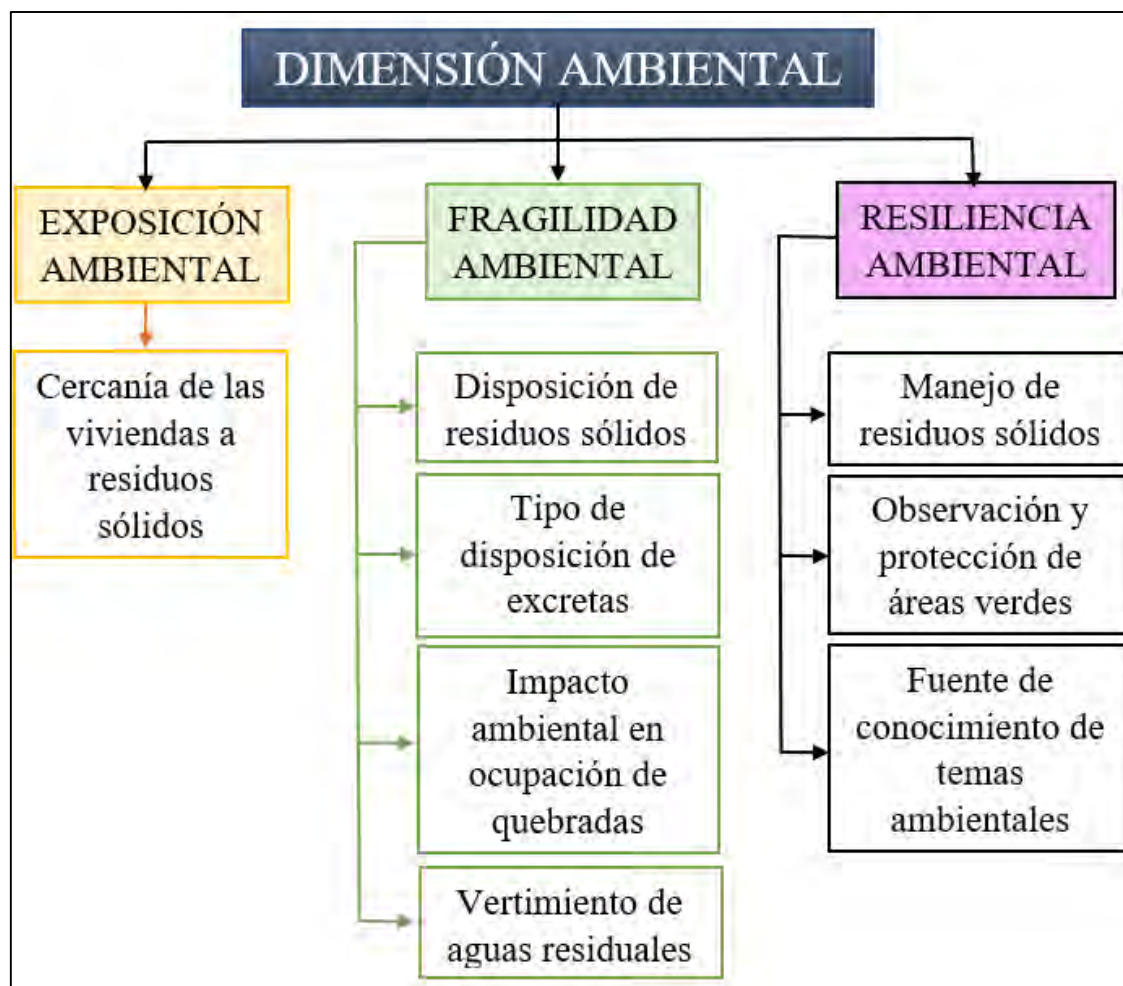


Tabla 155. Matriz comparación de pares del análisis de la vulnerabilidad ambiental

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD AMBIENTAL			
COMPARACIÓN DE PARES			
VUL. AMBIENTAL	Exposición	Fragilidad	Resiliencia
Exposición	1.000	3.000	5.000
Fragilidad	0.333	1.000	3.000
Resiliencia	0.200	0.333	1.000
SUMA	1.533	4.333	9.000
1/SUMA	0.652	0.231	0.111

Tabla 156. Matriz normalización de pares de la dimensión vulnerabilidad ambiental

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN				
VUL. AMBIENTAL	Exposición	Fragilidad	Resiliencia	Vector Priorización
Exposición	0.65	0.69	0.56	0.633
Fragilidad	0.22	0.23	0.33	0.260
Resiliencia	0.13	0.08	0.11	0.106
SUMA	1.00	1.00	1.00	1.000

Tabla 157. Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada de la vulnerabilidad ambiental

VECTOR SUMA PONDERADO			
Resultados de la operación de matrices			Vector Suma Ponderada
0.633	0.781	0.531	1.946
0.211	0.260	0.318	0.790
0.127	0.087	0.106	0.320

4.8.4.1. ANÁLISIS DE EXPOSICIÓN AMBIENTAL

4.8.4.1.1. Cercanía de las viviendas a residuos sólidos

Este parámetro evalúa la proximidad existente entre las viviendas de la quebrada Accohuayco y los puntos donde se depositan residuos sólidos.

Tabla 158. Matriz de nomenclatura de cercanía de las viviendas a residuos sólidos en la exposición ambiental

CERCANIA DE LAS VIVIENDAS A LOS RESIDUOS SÓLIDOS		
PARAMETRO	DESCRIPTOR	DESCRIPTORES
CERCANIA DE RESIDUOS SOLIDOS	C1	Menos a 25 m
	C2	de 25 a 50 m
	C3	de 50 a 100 m
	C4	de 100 a 200 m
	C5	Mayor a 200 m

Tabla 159. Matriz comparación de pares de la cercanía de las viviendas a residuos sólidos en la exposición ambiental

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
DESCRIPTOR	C1	C2	C3	C4	C5
C1	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
C2	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
C3	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
C4	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
C5	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Tabla 160. Matriz normalización de pares de la cercanía de las viviendas a residuos sólidos en la exposición ambiental

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
DESCRIPTOR	C1	C2	C3	C4	C5	Vector de Priorización
C1	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
C2	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
C3	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
C4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
C5	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 161. Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada de la cercanía de las viviendas a residuos sólidos

OPERACIÓN DE MATRICES: VECTOR SUMA PONDERADA						
DESCRIPTOR	C1	C2	C3	C4	C5	Vector Suma Ponderada
C1	0.503	0.781	0.672	0.474	0.313	2.743
C2	0.168	0.260	0.403	0.339	0.244	1.414
C3	0.101	0.087	0.134	0.203	0.174	0.699
C4	0.072	0.052	0.045	0.068	0.104	0.341
C5	0.056	0.037	0.027	0.023	0.035	0.177

4.8.4.2. ANÁLISIS DE FRAGILIDAD AMBIENTAL

Este análisis considera las condiciones ambientales de la quebrada Accohuayco, evaluando el manejo y disposición de residuos sólidos, las formas de eliminación de excretas, el vertimiento de aguas residuales y los efectos ambientales asociados a estas prácticas.

Tabla 162. *Matriz de nomenclatura de la fragilidad ambiental*

FRAGILIDAD AMBIENTAL		
FRAGILIDAD SOCIAL	D1	Disposición de residuos sólidos
	D2	Tipo de disposición de excretas
	D3	Impacto ambiental en ocupación
	D4	Vertimiento de aguas residuales

Tabla 163. *Matriz comparación de pares de la fragilidad ambiental*

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES				
DESCRIPTOR	D1	D2	D3	D4
D1	1.000	3.000	5.000	7.000
D2	0.333	1.000	3.000	5.000
D3	0.200	0.333	1.000	3.000
D4	0.143	0.200	0.333	1.000
SUMA	1.676	4.533	9.333	16.000
1/SUMA	0.597	0.221	0.107	0.063

Tabla 164. *Matriz normalización de pares de la fragilidad ambiental*

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN					
DESCRIPTOR	D1	D2	D3	D4	VectorPriorización
D1	0.60	0.66	0.54	0.44	0.56
D2	0.20	0.22	0.32	0.31	0.26
D3	0.12	0.07	0.11	0.19	0.12
D4	0.09	0.04	0.04	0.06	0.06
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 165. Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada de la fragilidad ambiental

OPERACIÓN DE MATRICES: VECTOR SUMA PONDERADA					
DESCRIPTOR	D1	D2	D3	D4	Vector Suma Ponderada
D1	0.558	0.790	0.609	0.398	2.356
D2	0.186	0.263	0.366	0.284	1.099
D3	0.112	0.088	0.122	0.171	0.492
D4	0.080	0.053	0.041	0.057	0.230

4.8.4.2.1. Disposición de residuos sólidos

En este parámetro se tiene el manejo y la disposición de los residuos sólidos producidos por la población de la quebrada Acchuayco.

Tabla 166. Matriz de nomenclatura de disposición de residuos sólidos en la fragilidad ambiental

DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS		
PARAMETRO	DESCRIPTOR	DESCRIPTORES
Disposición de Residuos Sólidos	DRS1	Desechar en Ríos y Quebradas
	DRS2	Quema de Residuos Sólidos
	DRS3	Desechar en vías y calles
	DRS4	Desechar en botadero
	DRS5	Carro Recolector

Tabla 167. Matriz comparación de pares de disposición de residuos sólidos en la fragilidad ambiental

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
DESCRIPTOR	DRS1	DRS2	DRS3	DRS4	DRS5
DRS1	1.000	2.000	3.000	5.000	6.000
DRS2	0.500	1.000	3.000	5.000	7.000
DRS3	0.333	0.333	1.000	3.000	5.000
DRS4	0.200	0.200	0.333	1.000	3.000
DRS5	0.167	0.143	0.200	0.333	1.000
SUMA	2.200	3.676	7.533	14.333	22.000
1/SUMA	0.455	0.272	0.133	0.070	0.045

Tabla 168. Matriz normalización de pares de disposición de residuos sólidos en la fragilidad ambiental

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
DESCRIPTOR	DRS1	DRS2	DRS3	DRS4	DRS5	Vector de Priorización
DRS1	0.455	0.544	0.398	0.349	0.273	0.404
DRS2	0.227	0.272	0.398	0.349	0.318	0.313
DRS3	0.152	0.091	0.133	0.209	0.227	0.162
DRS4	0.091	0.054	0.044	0.070	0.136	0.079
DRS5	0.076	0.039	0.027	0.023	0.045	0.042
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 169. Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada de la disposición de residuos sólidos

OPERACIÓN DE MATRICES: VECTOR SUMA PONDERADA						
DESCRIPTOR	DRS1	DRS2	DRS3	DRS4	DRS5	Vector Suma Ponderada
DRS1	0.404	0.626	0.487	0.396	0.252	2.164
DRS2	0.202	0.313	0.487	0.396	0.294	1.691
DRS3	0.135	0.104	0.162	0.237	0.210	0.848
DRS4	0.081	0.063	0.054	0.079	0.126	0.402
DRS5	0.067	0.045	0.032	0.026	0.042	0.213

4.8.4.2.2. Tipo de disposición de excretas

Este parámetro evalúa el sistema empleado para la eliminación de excretas, considerando las características y condiciones de las viviendas ubicadas en la quebrada Accohuayco.

Tabla 170. Matriz de nomenclatura de disposición de excretas en la fragilidad ambiental

TIPO DE DISPOSICIÓN DE EXCRETAS		
PARAMETRO	DESCRIPTOR	DESCRIPTORES
Tipo de Disposición de Excretas	DE1	Sin servicio higiénico
	DE2	Letrina con arrastre hidráulico sin tratamiento
	DE3	Letrina tipo pozo seco
	DE4	Unidad básica de tratamiento
	DE5	Instalación sanitaria conectada

Tabla 171. Matriz comparación de pares de disposición de excretas en la fragilidad ambiental

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
DESCRIPTOR	DE1	DE2	DE3	DE4	DE5
DE1	1.000	3.000	4.000	5.000	7.000
DE2	0.333	1.000	3.000	4.000	5.000
DE3	0.250	0.333	1.000	3.000	5.000
DE4	0.200	0.250	0.333	1.000	3.000
DE5	0.143	0.200	0.200	0.333	1.000
SUMA	1.926	4.783	8.533	13.333	21.000
1/SUMA	0.519	0.209	0.117	0.075	0.048

Tabla 172. Matriz normalización de pares de disposición de excretas en la fragilidad ambiental

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
DESCRIPTOR	DE1	DE2	DE3	DE4	DE5	Vector de Priorización
DE1	0.519	0.627	0.469	0.375	0.333	0.465
DE2	0.173	0.209	0.352	0.300	0.238	0.254
DE3	0.130	0.070	0.117	0.225	0.238	0.156
DE4	0.104	0.052	0.039	0.075	0.143	0.083
DE5	0.074	0.042	0.023	0.025	0.048	0.042
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 173. Matriz operación de matrices para hallar el vector suma ponderada de la disposición de excretas

OPERACIÓN DE MATRICES: VECTOR SUMA PONDERADA						
DESCRIPTOR	DE1	DE2	DE3	DE4	DE5	Vector Suma Ponderada
DE1	0.465	0.763	0.624	0.413	0.297	2.561
DE2	0.155	0.254	0.468	0.330	0.212	1.420
DE3	0.116	0.085	0.156	0.248	0.212	0.817
DE4	0.093	0.064	0.052	0.083	0.127	0.418
DE5	0.066	0.051	0.031	0.028	0.042	0.218

4.8.4.2.3. Impacto ambiental en la ocupación de quebradas

En este parámetro se tienen los cambios ambientales en la ocupación de territorio de los habitantes en las viviendas de la quebrada Accohuayco.

Tabla 174. *Matriz de nomenclatura del impacto ambiental en la ocupación de la quebrada en la fragilidad ambiental*

IMPACTO AMBIENTAL EN OCUPACION DE QUEBRADAS		
PARAMETRO	DESCRIPTOR	DESCRIPTORES
Impacto ambiental en ocupación de las quebradas	IAOQ1	Lotes totalmente construidas sin espacios libres
	IAOQ2	Lotes con más del 60% de area construida
	IAOQ3	Lotes con menos del 60% de area construida
	IAOQ4	Pastizales con cobertura vegetal
	IAOQ5	Áreas totalmente con cobertura vegetal

Tabla 175. *Matriz comparación de pares del impacto ambiental en la evaluación de la fragilidad ambiental*

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
DESCRIPTOR	IAOQ1	IAOQ2	IAOQ3	IAOQ4	IAOQ5
IAOQ1	1.000	3.000	4.000	5.000	7.000
IAOQ2	0.333	1.000	3.000	4.000	5.000
IAOQ3	0.250	0.333	1.000	3.000	5.000
IAOQ4	0.200	0.250	0.333	1.000	3.000
IAOQ5	0.143	0.200	0.200	0.333	1.000
SUMA	1.926	4.783	8.533	13.333	21.000
1/SUMA	0.519	0.209	0.117	0.075	0.048

Tabla 176. *Matriz normalización de pares del impacto ambiental en ocupación de quebradas*

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
DESCRIPTOR	IAOQ1	IAOQ2	IAOQ3	IAOQ4	IAOQ5	Vector de Priorización
IAOQ1	0.519	0.627	0.469	0.375	0.333	0.465
IAOQ2	0.173	0.209	0.352	0.300	0.238	0.254
IAOQ3	0.130	0.070	0.117	0.225	0.238	0.156
IAOQ4	0.104	0.052	0.039	0.075	0.143	0.083
IAOQ5	0.074	0.042	0.023	0.025	0.048	0.042
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 177. Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada del impacto ambiental en ocupación de quebradas

OPERACIÓN DE MATRICES: VECTOR SUMA PONDERADA						
DESCRIPTOR	IAOQ1	IAOQ2	IAOQ3	IAOQ4	IAOQ5	Vector Suma Ponderada
IAOQ1	0.465	0.763	0.624	0.413	0.297	2.561
IAOQ2	0.155	0.254	0.468	0.330	0.212	1.420
IAOQ3	0.116	0.085	0.156	0.248	0.212	0.817
IAOQ4	0.093	0.064	0.052	0.083	0.127	0.418
IAOQ5	0.066	0.051	0.031	0.028	0.042	0.218

4.8.4.2.4. Vertimiento de aguas residuales

En este parámetro se tienen los lugares de descarga final de las aguas residuales y compuestos líquidos de los habitantes de la quebrada Accohuayco.

Tabla 178. Matriz de nomenclatura de vertimiento de aguas residuales en la fragilidad ambiental

PARAMETRO	DESCRIPTOR	DESCRIPTORES
Vertimiento de aguas residuales	VARQ1	Vertimiento de las aguas de forma directa a la quebrada
	VARQ2	Vertimiento de las aguas con entubado a la quebrada
	VARQ3	Vertimiento de aguas con entubado a las áreas circundantes a la quebrada
	VARQ4	Vertimiento de aguas al alcantarillado
	VARQ5	No hay vertimiento de las aguas

Tabla 179. Matriz comparación de pares de vertimiento de aguas residuales en la fragilidad ambiental

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
DESCRIPTOR	VARQ1	VARQ2	VARQ3	VARQ4	VARQ5
VARQ1	1.000	3.000	4.000	5.000	7.000
VARQ2	0.333	1.000	3.000	4.000	5.000
VARQ3	0.250	0.333	1.000	3.000	5.000
VARQ4	0.200	0.250	0.333	1.000	3.000
VARQ5	0.143	0.200	0.200	0.333	1.000
SUMA	1.926	4.783	8.533	13.333	21.000
1/SUMA	0.519	0.209	0.117	0.075	0.048

Tabla 180. Matriz normalización de pares de vertimiento de aguas residuales en la fragilidad ambiental

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
DESCRIPTOR	VARQ1	VARQ2	VARQ3	VARQ4	VARQ5	Vector de Priorización
VARQ1	0.519	0.627	0.469	0.375	0.333	0.465
VARQ2	0.173	0.209	0.352	0.300	0.238	0.254
VARQ3	0.130	0.070	0.117	0.225	0.238	0.156
VARQ4	0.104	0.052	0.039	0.075	0.143	0.083
VARQ5	0.074	0.042	0.023	0.025	0.048	0.042
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 181. Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada de vertimiento de aguas residuales

OPERACIÓN DE MATRICES: VECTOR SUMA PONDERADA						
DESCRIPTOR	VARQ1	VARQ2	VARQ3	VARQ4	VARQ5	Vector Suma Ponderada
VARQ1	0.465	0.763	0.624	0.413	0.297	2.561
VARQ2	0.155	0.254	0.468	0.330	0.212	1.420
VARQ3	0.116	0.085	0.156	0.248	0.212	0.817
VARQ4	0.093	0.064	0.052	0.083	0.127	0.418
VARQ5	0.066	0.051	0.031	0.028	0.042	0.218

4.8.4.3. ANÁLISIS DE RESILIENCIA AMBIENTAL

Este análisis evalúa las condiciones relacionadas con la gestión de residuos sólidos, el cuidado y conservación de las áreas verdes, así como el grado de conocimiento de los habitantes sobre aspectos y temas ambientales en la quebrada Accohuayco.

Tabla 182. Matriz de nomenclatura de resiliencia ambiental

RESILIENCIA AMBIENTAL		
Resiliencia Ambiental	D1	Manejo de residuos solidos
	D2	Conocimiento sobre aspectos ambientales
	D3	Mantenimiento y preservación de cobertura vegetal

Tabla 183. Matriz comparación de pares de la resiliencia ambiental

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES			
DESCRIPTOR	D1	D2	D3
D1	1.000	3.000	5.000
D2	0.333	1.000	3.000
D3	0.200	0.333	1.000
SUMA	1.53	4.33	9.00
1/SUMA	0.65	0.23	0.11

Tabla 184. *Matriz normalización de la resiliencia ambiental*

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN				
DESCRIPTOR	D1	D2	D3	Vector de Priorización
D1	0.652	0.692	0.556	0.633
D2	0.217	0.231	0.333	0.260
D3	0.130	0.077	0.111	0.106
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 185. *Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada de la resiliencia ambiental*

OPERACIÓN DE MATRICES: VECTOR SUMA PONDERADA				
DESCRIPTOR	D1	D2	D3	Vector Suma Ponderada
D1	0.633	0.781	0.531	1.946
D2	0.211	0.260	0.318	0.790
D3	0.127	0.087	0.106	0.320

4.8.4.3.1. Manejo de residuos sólidos

En este parámetro se tienen los lugares de descarga final de las aguas residuales y compuestos líquidos de los habitantes de la quebrada Accohuayco.

Tabla 186. *Matriz de nomenclatura de manejo de residuos sólidos en la resiliencia ambiental*

Manejo de Residuos Sólidos		
PARAMETRO	DESCRIPTOR	DESCRIPTORES
Manejo de Residuos Sólidos	MRRSS1	Sin Manejo
	MRRSS2	Deposito en un solo envase
	MRRSS3	Selecciona orgánico de inorgánico
	MRRSS4	Reuso y compostaje
	MRRSS5	Clasificación por material

Tabla 187. Matriz comparación de pares de manejo de residuos sólidos en la resiliencia ambiental

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
DESCRIPTOR	MRRSS1	MRRSS2	MRRSS3	MRRSS4	MRRSS5
MRRSS1	1.000	3.000	5.000	7.000	8.000
MRRSS2	0.333	1.000	3.000	5.000	6.000
MRRSS3	0.200	0.333	1.000	3.000	4.000
MRRSS4	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
MRRSS5	0.125	0.167	0.250	0.333	1.000
SUMA	1.801	4.700	9.583	16.333	22.000
1/SUMA	0.555	0.213	0.104	0.061	0.045

Tabla 188. Matriz normalización de pares de manejo de residuos sólidos en la resiliencia ambiental

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
DESCRIPTOR	MRRSS1	MRRSS2	MRRSS3	MRRSS4	MRRSS5	Vector de Priorización
MRRSS1	0.555	0.638	0.522	0.429	0.364	0.501
MRRSS2	0.185	0.213	0.313	0.306	0.273	0.258
MRRSS3	0.111	0.071	0.104	0.184	0.182	0.130
MRRSS4	0.079	0.043	0.035	0.061	0.136	0.071
MRRSS5	0.069	0.035	0.026	0.020	0.045	0.039
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 189. Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada de manejo de residuos sólidos

OPERACIÓN DE MATRICES: VECTOR SUMA PONDERADA						
DESCRIPTOR	MRRSS1	MRRSS2	MRRSS3	MRRSS4	MRRSS5	Vector Suma Ponderada
MRRSS1	0.501	0.774	0.652	0.496	0.315	2.738
MRRSS2	0.167	0.258	0.391	0.354	0.236	1.407
MRRSS3	0.100	0.086	0.130	0.213	0.157	0.687
MRRSS4	0.072	0.052	0.043	0.071	0.118	0.356
MRRSS5	0.063	0.043	0.033	0.024	0.039	0.201

4.8.4.3.2. Observación y protección de áreas verdes

En este parámetro se tienen las observaciones de protección y conservación de las áreas verdes por parte de los residentes de la quebrada Accohuayco.

Tabla 190. *Matriz de nomenclatura de protección de áreas verdes en la resiliencia ambiental*

Observación y protección de áreas verdes		
PARAMETRO	DESCRIPTOR	DESCRIPTORES
Capacitación en temas de conservación ambiental	OTCA1	Degrada el suelo
	OTCA2	Conserva el suelo
	OTCA3	Ornamentación y jardinería
	OTCA4	Reforestación de cobertura vegetal
	OTCA5	Mantenimiento de biodiversidad local

Tabla 191. *Matriz comparación de pares de protección de áreas verdes en la resiliencia ambiental*

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
DESCRIPTOR	OTCA1	OTCA2	OTCA3	OTCA4	OTCA5
OTCA1	1.000	3.000	4.000	6.000	8.000
OTCA2	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
OTCA3	0.250	0.333	1.000	3.000	5.000
OTCA4	0.167	0.200	0.333	1.000	3.000
OTCA5	0.125	0.143	0.200	0.333	1.000
SUMA	1.875	4.676	8.533	15.333	24.000
1/SUMA	0.533	0.214	0.117	0.065	0.042

Tabla 192. *Matriz normalización de pares de protección de áreas verdes en la resiliencia ambiental*

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
DESCRIPTOR	OTCA1	OTCA2	OTCA3	OTCA4	OTCA5	Vector de Priorización
OTCA1	0.533	0.642	0.469	0.391	0.333	0.474
OTCA2	0.178	0.214	0.352	0.326	0.292	0.272
OTCA3	0.133	0.071	0.117	0.196	0.208	0.145
OTCA4	0.089	0.043	0.039	0.065	0.125	0.072
OTCA5	0.067	0.031	0.023	0.022	0.042	0.037
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 193. Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada de protección de áreas verdes

OPERACIÓN DE MATRICES: VECTOR SUMA PONDERADA						
DESCRIPTOR	OTCA1	OTCA2	OTCA3	OTCA4	OTCA5	Vector Suma Ponderada
OTCA1	0.474	0.817	0.581	0.433	0.294	2.598
OTCA2	0.158	0.272	0.435	0.361	0.258	1.484
OTCA3	0.118	0.091	0.145	0.217	0.184	0.755
OTCA4	0.079	0.054	0.048	0.072	0.110	0.364
OTCA5	0.059	0.039	0.029	0.024	0.037	0.188

4.8.4.3.3. Fuente de conocimiento de temas ambientales

Este parámetro considera el acceso de los habitantes de la quebrada Accohuayco a información ambiental proveniente de medios como fuentes de investigación, radio y televisión, así como su nivel de conocimiento sobre estos temas.

Tabla 194. Matriz de nomenclatura de conocimiento en los temas ambientales en la resiliencia ambiental

Fuente de conocimiento de temas ambientales		
PARAMETRO	DESCRIPTOR	DESCRIPTORES
Fuente de conocimiento en temas ambientales	FCTA1	Ninguno
	FCTA2	Otras personas
	FCTA3	Radio y TV
	FCTA4	Medios de internet
	FCTA5	Sensibilización por instituciones

Tabla 195. Matriz comparación de pares de conocimiento en los temas ambientales en la resiliencia ambiental

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES					
DESCRIPTOR	FCTA1	FCTA2	FCTA3	FCTA4	FCTA5
FCTA1	1.000	3.000	4.000	6.000	8.000
FCTA2	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
FCTA3	0.250	0.333	1.000	3.000	5.000
FCTA4	0.167	0.200	0.333	1.000	3.000
FCTA5	0.125	0.143	0.200	0.333	1.000
SUMA	1.875	4.676	8.533	15.333	24.000
1/SUMA	0.533	0.214	0.117	0.065	0.042

Tabla 196. Matriz normalización de pares de conocimiento en los temas ambientales en la resiliencia ambiental

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN						
DESCRIPTOR	FCTA1	FCTA2	FCTA3	FCTA4	FCTA5	Vector de Priorización
FCTA1	0.533	0.642	0.469	0.391	0.333	0.474
FCTA2	0.178	0.214	0.352	0.326	0.292	0.272
FCTA3	0.133	0.071	0.117	0.196	0.208	0.145
FCTA4	0.089	0.043	0.039	0.065	0.125	0.072
FCTA5	0.067	0.031	0.023	0.022	0.042	0.037
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 197. Matriz de operación de matrices para hallar el vector suma ponderada de conocimiento en los temas ambientales

OPERACIÓN DE MATRICES: VECTOR SUMA PONDERADA						
DESCRIPTOR	FCTA1	FCTA2	FCTA3	FCTA4	FCTA5	Vector Suma Ponderada
FCTA1	0.474	0.817	0.581	0.433	0.294	2.598
FCTA2	0.158	0.272	0.435	0.361	0.258	1.484
FCTA3	0.118	0.091	0.145	0.217	0.184	0.755
FCTA4	0.079	0.054	0.048	0.072	0.110	0.364
FCTA5	0.059	0.039	0.029	0.024	0.037	0.188

4.8.5. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE VULNERABILIDAD

Se establecerán mediante el método de Análisis Jerárquico propuesto por Saaty (1980), aplicando comparaciones por pares entre las dimensiones social, económica y ambiental consideradas en el estudio. Posteriormente, se asignarán ponderaciones de acuerdo con la importancia relativa de cada dimensión y se calculará la suma ponderada de sus valores. Con estos resultados se determinarán los límites superior e inferior correspondientes a los diferentes niveles de vulnerabilidad.

4.8.5.1. DIMENSIÓN SOCIAL

Esta dimensión comprende los componentes de exposición, fragilidad y resiliencia social, cada uno evaluado mediante sus respectivos descriptores y ponderaciones asignadas.

Tabla 198. Tabla de dimensión social para determinar los niveles de vulnerabilidad

DIMENSIÓN SOCIAL								
EXPOSICIÓN SOCIAL	FRAGILIDAD SOCIAL						RESILIENCIA SOCIAL	
NUMERO DE HABITANTES	GRUPO ETARIO (años)	Acceso a servicio basicos	DISCAPACIDAD	NIVEL DE EDUCACION	ACCESO A SEGURO (Cuenta con Seguro de:)	TIPO DE ALUMBRADO	CONOCIMIENTO EN GRD	ORGANIZACIÓN SOCIAL

Tabla 199. *Descriptores de la exposición social para determinar la dimensión social*

EXPOSICIÓN SOCIAL	
Número de Habitantes	
Peso de Exp. Social	Pdesc
0.633	0.402
0.633	0.304
0.633	0.164
0.633	0.081
0.633	0.049

Tabla 200. *Descriptores de la fragilidad social para determinar la dimensión social*

FRAGILIDAD SOCIAL													
GRUPO ETARIO		ACCESO A SERVICIOS		DISCAPACIDAD		NIVEL DE EDUCACION		ACCESO A SEGURO		TIPO DE ALUMBRADO		Valor Fragilidad Social	Peso Fragilidad Social
Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc		
0.430	0.462	0.248	0.487	0.149	0.449	0.091	0.449	0.053	0.472	0.029	0.449	0.465	0.260
0.430	0.253	0.248	0.231	0.149	0.247	0.091	0.247	0.053	0.260	0.029	0.247	0.246	0.260
0.430	0.154	0.248	0.138	0.149	0.172	0.091	0.172	0.053	0.135	0.029	0.172	0.154	0.260
0.430	0.090	0.248	0.096	0.149	0.089	0.091	0.089	0.053	0.089	0.029	0.089	0.091	0.260
0.430	0.041	0.248	0.048	0.149	0.044	0.091	0.044	0.053	0.044	0.029	0.044	0.043	0.260

Tabla 201. *Descriptores de la resiliencia social para determinar la dimensión social*

RESILIENCIA SOCIAL					
CONOCIMIENTO EN GRD		ORGANIZACIÓN SOCIAL		Valor Resiliencia Social	Peso Resiliencia Social
Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc		
0.500	0.495	0.500	0.411	0.453	0.106
0.500	0.248	0.500	0.311	0.280	0.106
0.500	0.140	0.500	0.161	0.150	0.106
0.500	0.070	0.500	0.078	0.074	0.106
0.500	0.047	0.500	0.040	0.043	0.106

4.8.5.2. DIMENSIÓN ECONÓMICA

Esta dimensión considera los componentes de exposición, fragilidad y resiliencia económica, los cuales son evaluados mediante sus respectivos descriptores y ponderaciones.

Tabla 202. *Tabla de dimensión económica para determinar los niveles de vulnerabilidad*

DIMENSION ECONOMICA						
EXPOSICIÓN ECONÓMICA	FRAGILIDAD ECONOMICA				RESILIENCIA ECONOMICA	
LOCALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN FRENTE AL PELIGRO	ESTADO DE CONSERVACIÓN	MATERIAL PREDOMINANTE DE CONSTRUCCIÓN	USO DE TECNOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS (Estructura y Cimentación)	NIVELES EDIFICATORIOS	INGRESO FAMILIAR PROMEDIO MENSUAL (NUEVO SOLES)	ACTIVIDAD QUE REALIZA EL JEFE DE FAMILIA

Tabla 203. *Descriptores de la exposición económica para determinar la dimensión económica*

EXPOSICIÓN ECONÓMICA	
Localización de la Construcción frente al peligro de áreas críticas (peligro muy alto)	
Peso de Exp. Económica	Pdesc
0.633	0.517
0.633	0.227
0.633	0.147
0.633	0.072
0.633	0.037

Tabla 204. *Descriptores de la fragilidad económica para determinar la dimensión económica*

FRAGILIDAD ECONOMICA									
ESTADO DE CONSERVACION DE LA VIVIENDA		MATERIAL PREDOMINANTE DE CONSTRUCCION		USO DE TECNOLOGIAS CONSTRUCTIVAS		NIVELES EDIFICATORIOS		Valor Fragilidad Económica	Peso Fragilidad Económica
Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc		
0.122	0.411	0.263	0.469	0.558	0.511	0.057	0.425	0.483	0.260
0.122	0.311	0.263	0.226	0.558	0.267	0.057	0.257	0.261	0.260
0.122	0.161	0.263	0.171	0.558	0.109	0.057	0.176	0.135	0.260
0.122	0.078	0.263	0.089	0.558	0.074	0.057	0.093	0.079	0.260
0.122	0.040	0.263	0.046	0.558	0.038	0.057	0.049	0.041	0.260

Tabla 205. *Descriptores de la resiliencia económica para determinar la dimensión económica*

RESILIENCIA ECONOMICA					
INGRE SO FAMILIAR PROMIE DIO MENSUAL (NUEVOS SOLES)		ACTIVIDAD QUE REALIZA EL JE FE DE FAMILIA		Valor Resiliencia Económica	Peso Resiliencia Económica
Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc		
0.500	0.480	0.500	0.480	0.480	0.11
0.500	0.256	0.500	0.256	0.256	0.11
0.500	0.149	0.500	0.149	0.149	0.11
0.500	0.076	0.500	0.076	0.076	0.11
0.500	0.038	0.500	0.038	0.038	0.11

4.8.5.3. DIMENSIÓN AMBIENTAL

Esta dimensión comprende los componentes de exposición, fragilidad y resiliencia ambiental, evaluados mediante sus respectivos descriptores y ponderaciones asignadas.

Tabla 206. *Tabla de la dimensión ambiental para determinar los niveles de vulnerabilidad*

DIMENSION AMBIENTAL							
EXPOSICIÓN AMBIENTAL	FRAGILIDAD AMBIENTAL				RESILIENCIA AMBIENTAL		
CERCANIA DE RR.SS (Botaderos, relleno sanitario, acumulación en calles)	DISPOSICIÓN DE RRSS (Desecha en:)	IMPACTO AMBIENTAL EN OCUPACION DE QUEBRADAS	TIPO DE DISPOSICIÓN DE EXCRETAS	Vertimiento de aguas residuales en quebradas	CONSERVACION Y PROTECCION DE AREAS VERDES	MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS	CONOCIMIENTOS EN TEMAS AMBIENTALES (a través de:)

Tabla 207. *Descriptores de la exposición ambiental para determinar la dimensión ambiental*

EXPOSICIÓN AMBIENTAL	
Cercanía de Residuos Sólidos	
Peso de Exp. Ambiental	Pdesc
0.633	0.503
0.633	0.260
0.633	0.134
0.633	0.068
0.633	0.035

Tabla 208. *Descriptores de la fragilidad ambiental para determinar la dimensión ambiental*

FRAGILIDAD AMBIENTAL									
DISPOSICIÓN DE RRSS		IMPACTO AMBIENTAL EN OCUPACION DE QUEBRADAS		TIPO DE DISPOSICION DE EXCRETAS		VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN QUEBRADAS		Valor Fragilidad Ambiental	Peso Fragilidad Ambiental
Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc		
0.263	0.404	0.122	0.465	0.057	0.465	0.558	0.465	0.449	0.260
0.263	0.313	0.122	0.254	0.057	0.254	0.558	0.254	0.270	0.260
0.263	0.162	0.122	0.156	0.057	0.156	0.558	0.156	0.158	0.260
0.263	0.079	0.122	0.083	0.057	0.083	0.558	0.083	0.082	0.260
0.263	0.042	0.122	0.042	0.057	0.042	0.558	0.042	0.042	0.260

Tabla 209. *Descriptorios de la resiliencia ambiental para determinar la dimensión ambiental*

RESILIENCIA AMBIENTAL							
CONSERVACION Y PROTECCION DE AREAS VERDES		MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS		FUENTE DE CONOCIMIENTO EN TEMAS AMBIENTALES		Valor Resiliencia Ambiental	Peso Resiliencia Ambiental
Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc		
0.106	0.474	0.633	0.501	0.260	0.474	0.491	0.106
0.106	0.272	0.633	0.258	0.260	0.272	0.263	0.106
0.106	0.145	0.633	0.130	0.260	0.145	0.136	0.106
0.106	0.072	0.633	0.071	0.260	0.072	0.071	0.106
0.106	0.037	0.633	0.039	0.260	0.037	0.038	0.106

4.8.5.4. NIVELES DE VULNERABILIDAD

Esta dimensión comprende los componentes de exposición, fragilidad y resiliencia ambiental, evaluados mediante sus respectivos descriptorios y ponderaciones asignadas. (Tabla 210).

Tabla 210. *Intervalos de los rangos superiores e inferiores para los niveles de vulnerabilidad*

VALORES DE VULNERABILIDAD
0.452
0.272
0.154
0.080
0.043

A partir de estos valores se determinaron 4 niveles de vulnerabilidad, distribuidos en las viviendas de la quebrada Accohuayco. (Tabla 211)

Tabla 211. *Rangos de niveles para la vulnerabilidad de la quebrada Accohuayco*

NIVEL	RANGO DE VULNERABILIDAD				
MUY ALTA	0.272	<	Vulnerabilidad	≤	0.452
ALTA	0.154	<	Vulnerabilidad	≤	0.272
MEDIA	0.080	<	Vulnerabilidad	≤	0.154
BAJA	0.043	≤	Vulnerabilidad	≤	0.080

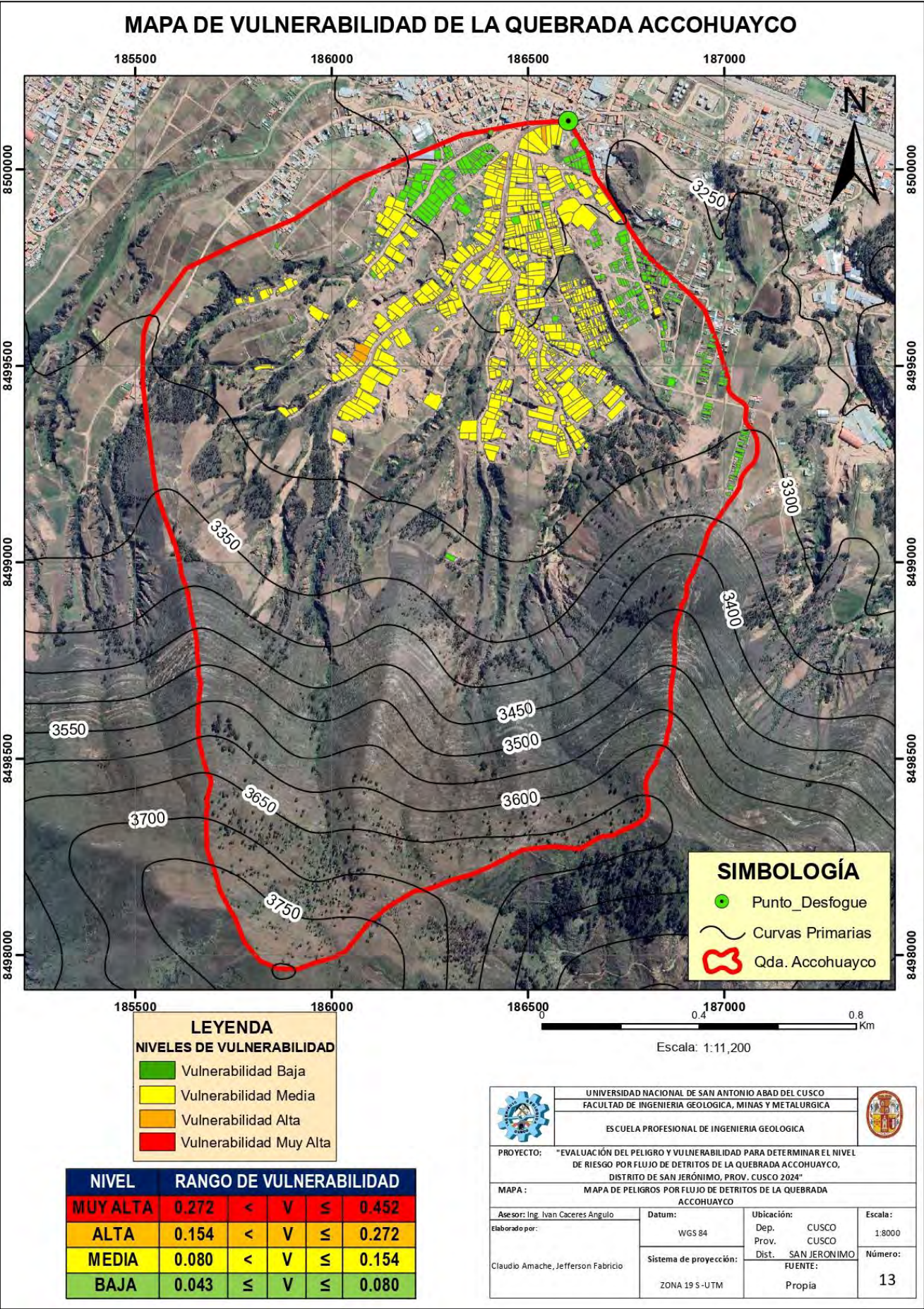
4.8.5.5. ESTRATIFICACIÓN DE LOS NIVELES DE VULNERABILIDAD

Tabla 212. Estratificación de los niveles de vulnerabilidad de la quebrada Accohuayco

NIVELES VULNERABILIDAD	DESCRIPCIÓN	RANGOS			
MUY ALTO	En el ámbito social, las viviendas albergan a más de 25 personas, muchas de las cuales pertenecen a los grupos etarios más vulnerables: niños menores de 5 años y adultos mayores de 66. La población carece de servicios básicos, presenta múltiples tipos de discapacidad y enfrenta altos niveles de analfabetismo, además no cuenta con seguros de vida ni acceso a alumbrado eléctrico, la población muestra un desconocimiento generalizado sobre gestión del riesgo de desastres y no participa en actividades organizadas de carácter comunitario. En el ámbito económico, las viviendas se encuentran construidas en zonas muy próximas a áreas críticas (entre 0 y 25 m.), sin haber aplicado criterios tecnológicos en el proceso constructivo. Los materiales utilizados son precarios (plásticos, palos, calaminas y/o mixtos) y las condiciones de conservación de la vivienda son malas, las edificaciones superan los cinco pisos, a esto se le suma un ingreso promedio familiar que no supera los 200 soles y la persona a cargo del hogar es desempleada. En el ámbito ambiental, las viviendas están muy cerca de los botaderos (menos de 25 metros), los desechos líquidos son vertidos directamente a la quebrada, los residuos sólidos se vierten a ríos y quebradas, no existen áreas libres en los lotes y la disposición de excretas no se realiza mediante sistemas de alcantarillado, además no hay un adecuado manejo de residuos, la población no posee conocimientos sobre temas ambientales, y se evidencia un deterioro del suelo debido a la falta de prácticas de conservación y protección de áreas verdes.	0.272	<	V	≤ 0.432
ALTO	En el ámbito social, las viviendas albergan entre 8 a 25 personas, con una población compuesta principalmente por niños de 6 a 12 años, adolescentes de 13 a 18 años y adultos mayores de entre 55 y 65 años, estas familias acceden a uno o dos servicios básicos, algunas personas presentan discapacidades físicas o cognitivas, cuentan con educación primaria o secundaria completa, disponen de seguro de vida como el SIS y ESSALUD, tienen acceso limitado a alumbrado utilizando fuentes como velas, mecheros o lámparas, el conocimiento sobre gestión del riesgo de desastres es escaso, aunque participan en actividades comunitarias una o dos veces al mes. En el ámbito económico, las viviendas están ubicadas relativamente cerca de zonas críticas, distancias entre 25 y 75 metros, se utilizan algunas tecnologías constructivas como cimentaciones superficiales o convencionales, los materiales principales de construcción son adobe y acero-drywall, el estado de las viviendas varía entre regular y deficiente, con edificaciones de 3 a 4 pisos de altura, los ingresos mensuales de las familias oscilan entre 200 y 1500 soles, los jefes de hogar suelen desempeñarse como trabajadores independientes, ambulantes o empleados domésticos. En cuanto al entorno ambiental, los botaderos de residuos sólidos se localizan a distancias de entre 25 y 100 metros de las viviendas, el desagüe se realiza mediante entubado hacia quebradas o zonas cercanas, mientras que los residuos sólidos son quemados o eliminados en calles y vías, los terrenos presentan una ocupación construida que puede superar o no el 60% del área total, para la disposición de excretas, se emplean letrinas con arrastre hidráulico o pozos sépticos, la gestión de residuos incluye separación básica entre orgánicos e inorgánicos o su acumulación en un único recipiente, el conocimiento ambiental proviene principalmente de medios como la radio, televisión o de otras personas, en cuanto a la preservación del entorno, algunos residentes practican jardinería y técnicas de ornamentación para conservar el suelo y las áreas verdes.	0.154	<	V	≤ 0.272

MEDIO	En cuanto al ámbito social, las viviendas albergan entre 4 a 15 personas, con edades entre 13 a 30 años, cuentan con dos o todos los servicios básicos, se identifican casos de discapacidad sensorial y cognitiva, la población tiene niveles educativos que van desde secundaria completa hasta formación técnica superior, disponen de seguros como ESSALUD y FF.AA, el alumbrado proviene de fuentes como lámparas de petróleo o sistemas autónomos como paneles solares, el conocimiento sobre gestión de riesgos es limitado a moderado, y la participación comunitaria se da con una frecuencia de 2 a 3 veces por mes. En el ámbito económico, las construcciones se encuentran a distancias intermedias o alejadas de zonas críticas (entre 50 y 100 metros), se hace uso de técnicas constructivas como cimentaciones profundas y superficiales con materiales predominantes de adobe y ladrillo, las viviendas presentan condiciones regulares a buenas, con edificaciones de 2 a 3 pisos, los ingresos familiares varían entre 750 y 3000 soles mensuales, y los jefes de hogar se desempeñan como trabajadores independientes o empleados dependientes no calificados. Respecto al entorno ambiental, los botaderos de basura se ubican a una distancia de entre 50 y 200 metros, las aguas residuales son vertidas en áreas cercanas a las quebradas o se canalizan hacia sistemas de drenaje, los residuos sólidos son depositados en las calles o botaderos, los lotes cuentan con menos del 60% de superficie construida y presentan espacios de pastizales con árboles, en cuanto a la disposición de excretas se utilizan sistemas como pozos sépticos y unidades básicas de tratamiento, la gestión de residuos incluye separación entre orgánicos e inorgánicos, así como prácticas de reutilización o compostaje, la información ambiental se da a través de medios como la radio, televisión e internet, en los temas de conservación los residentes aplican técnicas de jardinería, ornamentación, revegetación y reforestación para el cuidado de las áreas verdes.	0.08	<	V	≤	0.154
BAJO	En el ámbito social cada vivienda alberga a menos de 4 personas, principalmente adultos entre los 31 y 54 años, estas familias disponen de todos los servicios básicos, así como servicios especiales, y no presentan ningún tipo de discapacidad, han alcanzado estudios universitarios completos contando con seguros privados, disponen de servicio eléctrico, demuestran un dominio pleno en temas de gestión del riesgo de desastres, participan de manera constante y comprometida en las actividades organizativas de su comunidad. En el ámbito económico las viviendas están ubicadas a más de 100 metros de zonas críticas, lo que implica un bajo nivel de exposición, se emplean tecnologías constructivas avanzadas como cimentaciones profundas y estructuras diseñadas para resistir sismos, las edificaciones están hechas principalmente de concreto amado, con una conservación excelente y con solo un nivel de altura, los hogares cuentan con ingreso promedio familiar superior a los 3000 soles y el jefe de familia ejerce una labor calificada siendo un trabajador dependiente. En lo ambiental, los puntos de disposición de residuos sólidos se encuentran a más de 200 metros de distancia, no se realizan vertimiento de aguas residuales, los residuos sólidos son desechados a los carros recolectores, los terrenos están completamente cubiertos por vegetación y árboles, se dispone de instalaciones sanitarias conectadas correctamente, los residuos sólidos son clasificados según su tipo de material, los conocimientos ambientales de la población provienen de campañas de sensibilización realizadas por diversas instituciones, además se promueve activamente la conservación de especies vegetales nativas dentro de las áreas verdes.	0.043	<	V	≤	0.08

Mapa 14. Mapa de vulnerabilidad de la quebrada Accohuayco



Nota. Elaboración propia, adaptado de SAS Planet

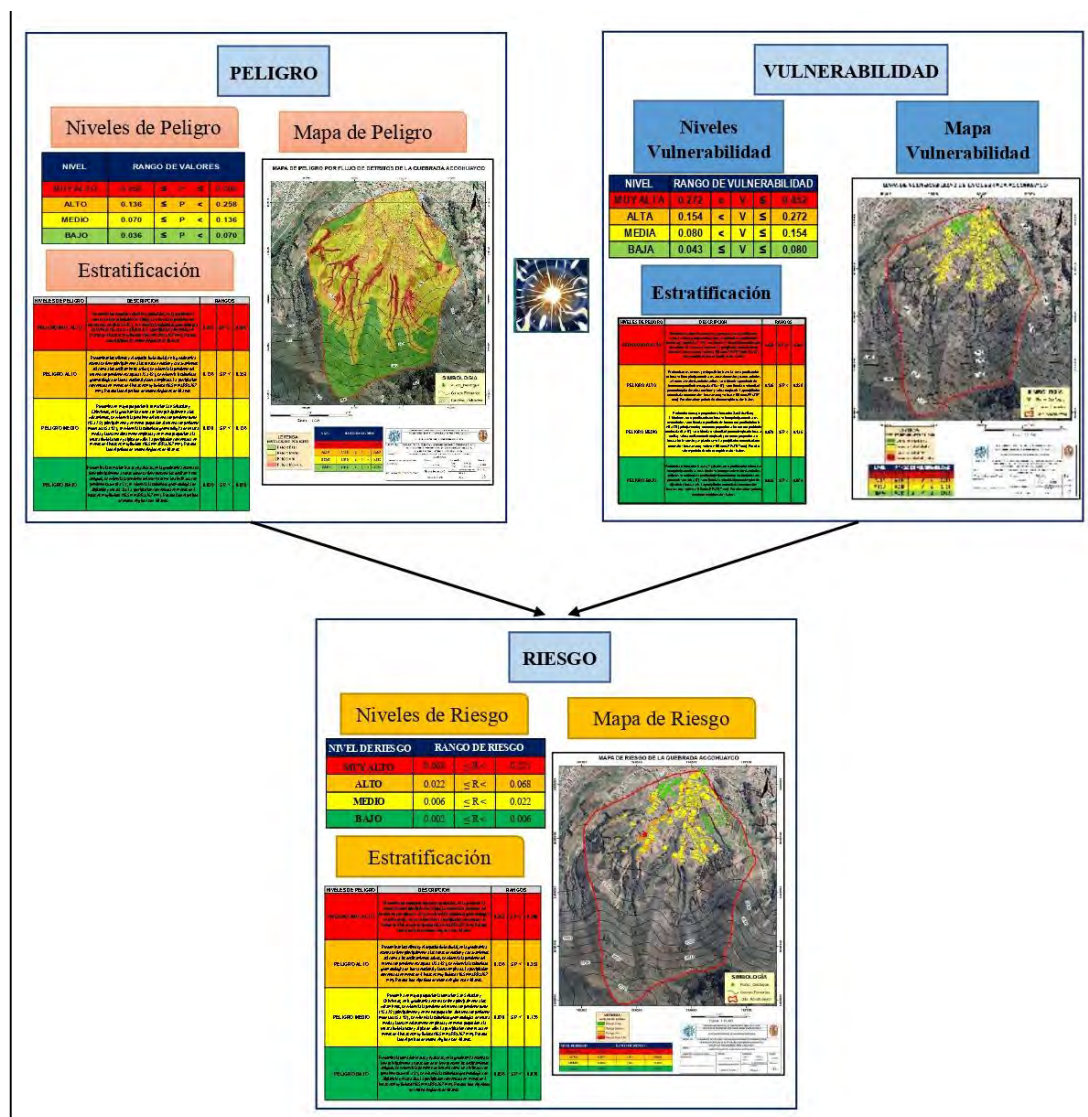
4.9. RIESGO

4.9.1. METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE RIESGO

El riesgo se determina a partir de la interacción entre el peligro y vulnerabilidad, permitiendo reconocer los potenciales impactos de carácter social, económico y ambiental asociadas a la ocurrencia de eventos como los flujos de detritos.

Para establecer los niveles de riesgo se emplean los Sistemas de Información Geográfica (SIG), mediante la integración del cartografiado de peligro y vulnerabilidad. De esta manera el riesgo se obtiene a partir de la relación entre ambas variables, permitiendo representar espacialmente las áreas con diferente grado de riesgo. (Gráfico 22)

Gráfico 22. Metodología aplicada, donde se intersectan los mapas de peligro y vulnerabilidad para determina los niveles de riesgo de la quebrada Accohuayco.



Para determinar los niveles de riesgo, que es el resultado del producto de peligro y vulnerabilidad, se obtiene los rangos para la quebrada Accohuayco. (Tabla N° 214)

Tabla 213. *Rangos de los niveles de riesgo de la quebrada Accohuayco*

NIVEL DE RIESGO	RANGO DE RIESGO		
MUY ALTO	0.068	$\leq R <$	0.225
ALTO	0.022	$\leq R <$	0.068
MEDIO	0.006	$\leq R <$	0.022
BAJO	0.002	$\leq R <$	0.006

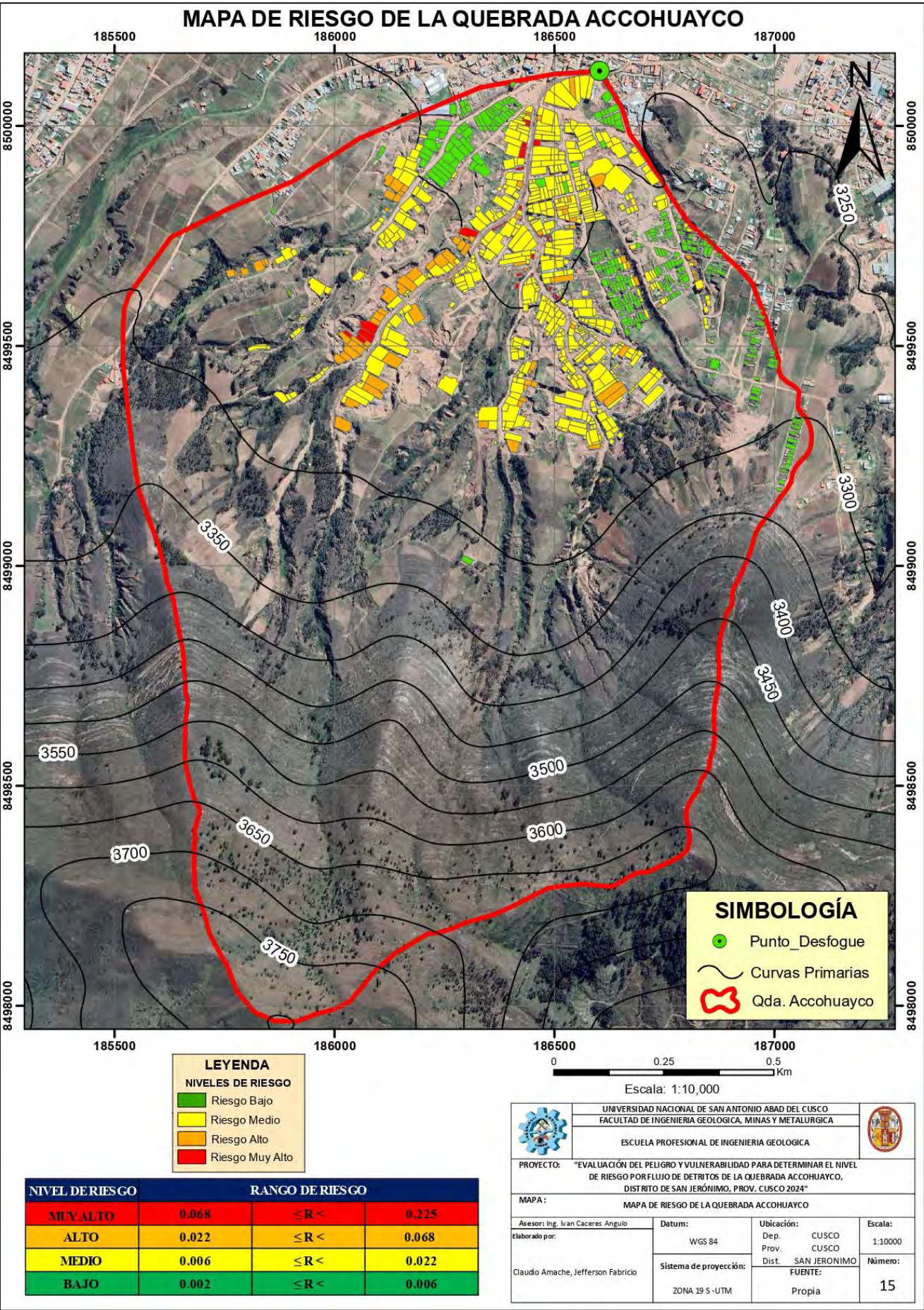
4.9.2. ESTRATIFICACIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGO

Tabla 214. Estratificación de los niveles de riesgo de la quebrada Accohuayco

NIVELES DE RIESGO	DESCRIPCIÓN	RANGOS		
MUY ALTO	Predominan los depósitos coluviales, en la geomorfología predominan los carcavamientos, se evidencian zonas con pendiente mayor a 45°, la precipitación concentrada en menos de 4 horas es muy lluviosa ($16.5 \text{ mm} \leq \text{RR} \leq 26.7 \text{ mm}$) con periodo de retorno frecuente elegido de 40 años. En el ámbito social, las viviendas albergan a más de 25 personas, muchas de las cuales pertenecen a los grupos etarios más vulnerables: niños menores de 5 años y adultos mayores de 66. La población carece de servicios básicos, presenta múltiples tipos de discapacidad y enfrenta altos niveles de analfabetismo, además no cuenta con seguros de vida ni acceso a alumbrado eléctrico, la población muestra un desconocimiento generalizado sobre gestión del riesgo de desastres y no participa en actividades organizadas de carácter comunitario. En el ámbito económico, las viviendas se encuentran construidas en zonas muy próximas a áreas críticas (entre 0 y 25 m.), sin haber aplicado criterios tecnológicos en el proceso constructivo. Los materiales utilizados son precarios (plásticos, palos, calaminas y/o mixtos) y las condiciones de conservación de la vivienda son malas, las edificaciones superan los cinco pisos, a esto se le suma un ingreso promedio familiar que no supera los 200 soles y la persona a cargo del hogar es desempleada. En el ámbito ambiental, las viviendas están muy cerca de los botaderos (menos de 25 metros), los desechos líquidos son vertidos directamente a la quebrada, los residuos sólidos se vierten a ríos y quebradas, no existen áreas libres en los lotes y la disposición de excretas no se realiza mediante sistemas de alcantarillado, además no hay un adecuado manejo de residuos, la población no posee conocimientos sobre temas ambientales, y se evidencia un deterioro del suelo debido a la falta de prácticas de conservación y protección de áreas verdes.	0.068	$\leq V <$	0.225
ALTO	Predominan los rellenos antrópicos, en la geomorfología se tiene principalmente carcavamientos y laderas erosionales junto a zonas de erosión, se evidencian zonas con pendiente escarpada (25 a 45°), la precipitación concentrada en menos de 4 horas es muy lluviosa ($16.5 \text{ mm} \leq \text{RR} \leq 26.7 \text{ mm}$) con periodo de retorno frecuente elegido de 40 años. En el ámbito social, las viviendas albergan entre 8 a 25 personas, con una población compuesta principalmente por niños de 6 a 12 años, adolescentes de 13 a 18 años y adultos mayores de entre 55 y 65 años, estas familias acceden a uno o dos servicios básicos, algunas personas presentan discapacidades físicas o cognitivas, cuentan con educación primaria o secundaria completa, disponen de seguro de vida como el SIS y ESSALUD, tienen acceso limitado a alumbrado utilizando fuentes como velas, mecheros o lámparas, el conocimiento sobre gestión del riesgo de desastres es escaso, aunque participan en actividades comunitarias una o dos veces al mes. En el ámbito económico, las viviendas están ubicadas relativamente cerca de zonas críticas, distancias entre 25 y 75 metros, se utilizan algunas tecnologías constructivas como cimentaciones superficiales o convencionales, los materiales principales de construcción son adobe y acero-drywall, el estado de las viviendas varía entre regular y deficiente, con edificaciones de 3 a 4 pisos de altura, los ingresos mensuales de las familias oscilan entre 200 y 1500 soles, los jefes de hogar suelen desempeñarse como trabajadores independientes, ambulantes o empleados domésticos. En cuanto al entorno ambiental, los botaderos de residuos sólidos se localizan a distancias de entre 25 y 100 metros de las viviendas, el desagüe se realiza mediante entubado hacia quebradas o zonas cercanas, mientras que los residuos sólidos son quemados o eliminados en calles y vías, los terrenos presentan una ocupación construida que puede superar o no el 60% del área total, para la disposición de excretas, se emplean letrinas con arrastre hidráulico o pozos sépticos, la gestión de residuos incluye separación básica entre orgánicos e inorgánicos o su acumulación en un único recipiente, el conocimiento ambiental proviene principalmente de medios como la radio, televisión o de otras personas, en cuanto a la preservación del entorno, algunos residentes practican jardinería y técnicas de ornamentación para conservar el suelo y las áreas verdes.	0.022	$\leq V <$	0.068

MEDIO	Predomina la formación San Sebastian, en la geomorfología se tienen las terrazas, el piso de valle fluvio-aluvial y los piedemontes coluviales y eluvio-coluviales, se evidencian zonas con pendiente fuerte (15 - 25°) principalmente y en menor proporción pendientes moderadas (5 - 15°). la precipitación concentrada en menos de 4 horas es muy lluvioso (16.5 mm≤RR≤26.7 mm) con periodo de retorno frecuente elegido de 40 años. En cuanto al ámbito social, las viviendas albergan entre 4 a 15 personas, con edades entre 13 a 30 años, cuentan con dos o todos los servicios básicos, se identifican casos de discapacidad sensorial y cognitiva, la población tiene niveles educativos que van desde secundaria completa hasta formación técnica superior, disponen de seguros como ESSALUD y FF.AA, el alumbrado proviene de fuentes como lámparas de petróleo o sistemas autónomos como paneles solares, el conocimiento sobre gestión de riesgos es limitado a moderado, y la participación comunitaria se da con una frecuencia de 2 a 3 veces por mes. En el ámbito económico, las construcciones se encuentran a distancias intermedias o alejadas de zonas críticas (entre 50 y 100 metros), se hace uso de técnicas constructivas como cimentaciones profundas y superficiales con materiales predominantes de adobe y ladrillo, las viviendas presentan condiciones regulares a buenas, con edificaciones de 2 a 3 pisos, los ingresos familiares varían entre 750 y 3000 soles mensuales, y los jefes de hogar se desempeñan como trabajadores independientes o empleados dependientes no calificados. Respecto al entorno ambiental, los botaderos de basura se ubican a una distancia de entre 50 y 200 metros, las aguas residuales son vertidas en áreas cercanas a las quebradas o se canalizan hacia sistemas de drenaje, los residuos sólidos son depositados en las calles o botaderos, los lotes cuentan con menos del 60% de superficie construida y presentan espacios de pastizales con árboles, en cuanto a la disposición de excretas se utilizan sistemas como pozos sépticos y unidades básicas de tratamiento, la gestión de residuos incluye separación entre orgánicos e inorgánicos, así como prácticas de reutilización o compostaje, la información ambiental se da a través de medios como la radio, televisión e internet, en los temas de conservación los residentes aplican técnicas de jardinería, ornamentación, revegetación y reforestación para el cuidado de las áreas verdes.	0.006	≤ V <	0.022
BAJO	Predomina la formación Kayra, en la geomorfología se tienen principalmente el relieve colinado disectado junto con algunas terrazas fluvio-aluviales, se evidencian zonas con pendiente suave (0 a 5°), la precipitación concentrada en menos de 4 horas es muy lluvioso (16.5 mm≤RR≤26.7 mm) con periodo de retorno frecuente elegido de 40 años. En el ámbito social cada vivienda alberga a menos de 4 personas, principalmente adultos entre los 31 y 54 años, estas familias disponen de todos los servicios básicos, así como servicios especiales, y no presentan ningún tipo de discapacidad, han alcanzado estudios universitarios completos contando con seguros privados, disponen de servicio eléctrico, demuestran un dominio pleno en temas de gestión del riesgo de desastres, participan de manera constante y comprometida en las actividades organizativas de su comunidad. En el ámbito económico las viviendas están ubicadas a más de 100 metros de zonas críticas, lo que implica un bajo nivel de exposición, se emplean tecnologías constructivas avanzadas como cimentaciones profundas y estructuras diseñadas para resistir sismos, las edificaciones están hechas principalmente de concreto armado, con una conservación excelente y con solo un nivel de altura, los hogares cuentan con ingreso promedio familiar superior a los 3000 soles y el jefe de familia ejerce una labor calificada siendo un trabajador dependiente. En lo ambiental, los puntos de disposición de residuos sólidos se encuentran a más de 200 metros de distancia, no se realizan vertimiento de aguas residuales, los residuos sólidos son desechados a los carros recolectores, los terrenos están completamente cubiertos por vegetación y árboles, se dispone de instalaciones sanitarias conectadas correctamente, los residuos sólidos son clasificados según su tipo de material, los conocimientos ambientales de la población provienen de campañas de sensibilización realizadas por diversas instituciones, además se promueve activamente la conservación de especies vegetales nativas dentro de las áreas verdes.	0.002	≤ V <	0.006

Mapa 15. Mapa de riesgo de la quebrada Accohuayco



Nota. Elaboración propia, adaptado de SAS Planet

4.9.3. CONTROLES DE RIESGO

Según lo desarrollado en los capítulos de peligro, vulnerabilidad y riesgo, la quebrada Accohuayco presenta como la principal amenaza los flujos de detritos, los cuales inciden a las viviendas de la zona de estudio afectando su vulnerabilidad.

4.9.3.1. ACEPTABILIDAD Y TOLERANCIA DE RIESGOS

4.9.3.1.1. Valoración de las consecuencias

Con la superposición de los mapas realizados se obtiene una valoración de consecuencias alta, correspondiente al valor 3, debido a los posibles efectos que podría ocasionar un evento de precipitaciones extraordinarias y la consecuente generación de flujos de detritos en la quebrada Accohuayco.

Tabla 215. *Valoración de las consecuencias del riesgo*

VALOR	NIVELES	DESCRIPCIÓN
4	MUY ALTO	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural son catastróficas
3	ALTO	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con apoyo externo
2	MEDIO	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con los recursos disponibles
1	BAJO	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas sin dificultad

Nota: Datos obtenidos de CENEPRED (2014)

4.9.3.1.2. Valoración de la frecuencia de recurrencia

Según lo descrito en los capítulos anteriores, la recurrencia del peligro en la quebrada Accohuayco está relacionada con las precipitaciones, las cuales actúan como factor desencadenante de los flujos de detritos que generan daños a lo largo del cauce. En consecuencia, se ha determinado que la frecuencia de ocurrencia corresponde a un nivel alto (valor 3), pueden presentarse en intervalos de tiempo medianamente largos, que dependen del comportamiento climático.

Tabla 216. *Valoración de las frecuencias de recurrencia*

VALOR	NIVELES	DESCRIPCIÓN
4	MUY ALTO	Ocurrencia factible en la mayoría de las situaciones
3	ALTO	Ocurrencia en intervalos de tiempo medianamente largos de las situaciones
2	MEDIO	Ocurrencia en intervalos de tiempos largos según las situaciones
1	BAJO	Ocurrencia en situaciones atípicas

Nota: Datos obtenidos de CENEPRED (2014)

4.9.3.1.3. Niveles de Consecuencias y Daños

A partir de la evaluación conjunta de las tablas de consecuencias y frecuencia de recurrencia, se establece la matriz de consecuencias y daños, obteniéndose un nivel 3, correspondiente a un nivel alto. Este resultado se debe a que las posibles consecuencias presentan una magnitud elevada y pueden producirse en periodos de recurrencia relativamente prolongados.

Tabla 217. *Matriz de niveles de consecuencias y daños*

CONSECUENCIA	NIVEL	ZONA DE CONSECUENCIAS Y DAÑOS			
Muy Alta	4	Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
Alta	3	Media	Alta	Alta	Muy Alta
Media	2	Media	Media	Alta	Alta
Baja	1	Baja	Media	Media	Alta
	NIVEL	1	2	3	4
	FRECUENCIA	Baja	Media	Alta	Muy Alta

Nota: Datos obtenidos de CENEPRED (2014)

4.9.3.1.4. Medidas cualitativas de consecuencias y daños

Se determinan las medidas cualitativas de consecuencias y daños en la quebrada Accohuayco, siendo un nivel alto (valor 3).

Tabla 218. *Medidas cualitativas de consecuencias y daños*

VALOR	NIVELES	DESCRIPCIÓN
4	MUY ALTO	Pérdida de vidas humanas, destrucción considerable de bienes materiales y cuantiosas pérdidas económicas
3	ALTO	Lesiones de gravedad en la población, disminución de producción, daños a los bienes y pérdidas económicas
2	MEDIO	Lesiones que requieren atención médica, daños relevantes en los bienes materiales y pérdidas económicas
1	BAJO	Lesiones que requieren atención de primeros auxilios, daños a bienes materiales y pérdidas económicas

4.9.3.1.5. Aceptabilidad y Tolerancia

Tenemos un resultado de riesgo “Inaceptable”, por lo tanto se debe tener un planteamiento para la reducción y mitigación del riesgo presente en la quebrada Accohuayco.

Tabla 219. *Aceptabilidad y tolerancia de riesgo*

VALOR	DESCRIPTOR	DESCRIPCIÓN
4	INADMISIBLE	Es necesario implementar de inmediatamente medidas de control físico y cuando sea posible asignar oportunamente recursos económicos destinados a la reducción del riesgo.
3	INACEPTABLE	Es necesario ejecutar de manera inmediata acciones prioritarias orientadas a la gestión del riesgo.
2	TOLERANTE	Es necesario desarrollar actividades para la gestión de riesgo
1	ACEPTABLE	El riesgo presenta un peligro insignificativo

Tabla 220. *Matriz de aceptabilidad y tolerancia de riesgo*

RIESGO INACEPTABLE	RIESGO INACEPTABLE	RIESGO INADMISIBLE	RIESGO INADMISIBLE
RIESGO TOLERABLE	RIESGO INACEPTABLE	RIESGO INACEPTABLE	RIESGO INADMISIBLE
RIESGO TOLERABLE	RIESGO TOLERABLE	RIESGO INACEPTABLE	RIESGO INACEPTABLE
RIESGO ACEPTABLE	RIESGO TOLERABLE	RIESGO TOLERABLE	RIESGO INACEPTABLE

Según el análisis realizado, se determina que el riesgo corresponde al nivel 3 “Inaceptable”, perteneciendo al nivel de priorización II, esto implica la necesidad de implementar acciones que involucren el diseño de planes de contingencia, así como soluciones estructurales y no estructurales, orientadas a las medidas de prevención y reducción del riesgo con el propósito de proteger la vida y los bienes de la población de la quebrada Accohuayco.

Tabla 221. *Nivel de priorización de riesgo*

VALOR	DESCRIPTOR	NIVEL DE PRIORIZACIÓN
4	INADMISIBLE	I
3	INACEPTABLE	II
2	TOLERANTE	III
1	ACEPTABLE	IV

Nota: Datos obtenidos de CENEPRED (2014)

4.10. MEDIDAS DE CONTROL

4.10.1. MEDIDAS DE CONTROL DE CARÁCTER ESTRUCTURAL

- **GAVIONES.** Constituyen estructuras conformadas por mallas metálicas que contienen un relleno de piedras seleccionadas. Su disposición en módulos permite emplearlos en obras de estabilización geotécnica, protección hidráulica y control de procesos erosivos. Tanto su instalación como el relleno pueden ejecutarse mediante procedimientos manuales o utilizando maquinaria convencional (Almeida Barros et al., 2010).

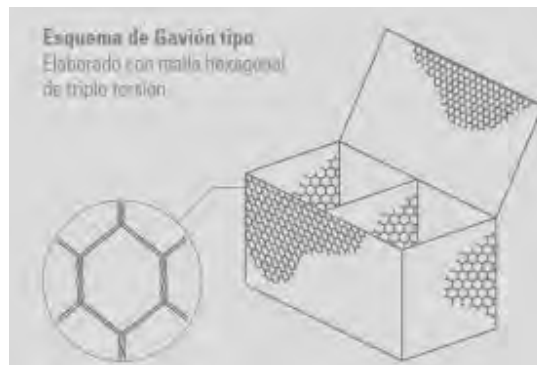
Imagen 14. *Estructura con gaviones*



Nota: Datos obtenidos de Almeida Barros (2010)

Los gaviones tipo caja consisten en una caja de forma prismática (rectangular o cuadrada), el cual se produce a partir de un único paño de malla metálica, que forma la base, la tapa y las paredes frontal y laterales. (A. Bianchini, 2017). Los gaviones empleados serán útiles para controlar la erosión del cauce, la estabilización de taludes, disipar la energía del flujo.

Imagen 15. *Esquema de gaviones tipo caja*



Nota: Datos obtenidos de Bianchini (2017)

- **MUROS DE CONTENCIÓN.** Son obras destinadas a estabilizar masas de suelo o terreno cuando la configuración natural de una ladera ha sido alterada. Estas estructuras permiten sostener rellenos y controlar posibles desplazamientos del terreno, por lo que constituyen una alternativa frecuente para la estabilización de taludes. En el área de estudio, su implementación se plantea como medida de control para los deslizamientos activos y antiguos identificados en la quebrada.

Imagen 16. *Muro de contención en carreteras*

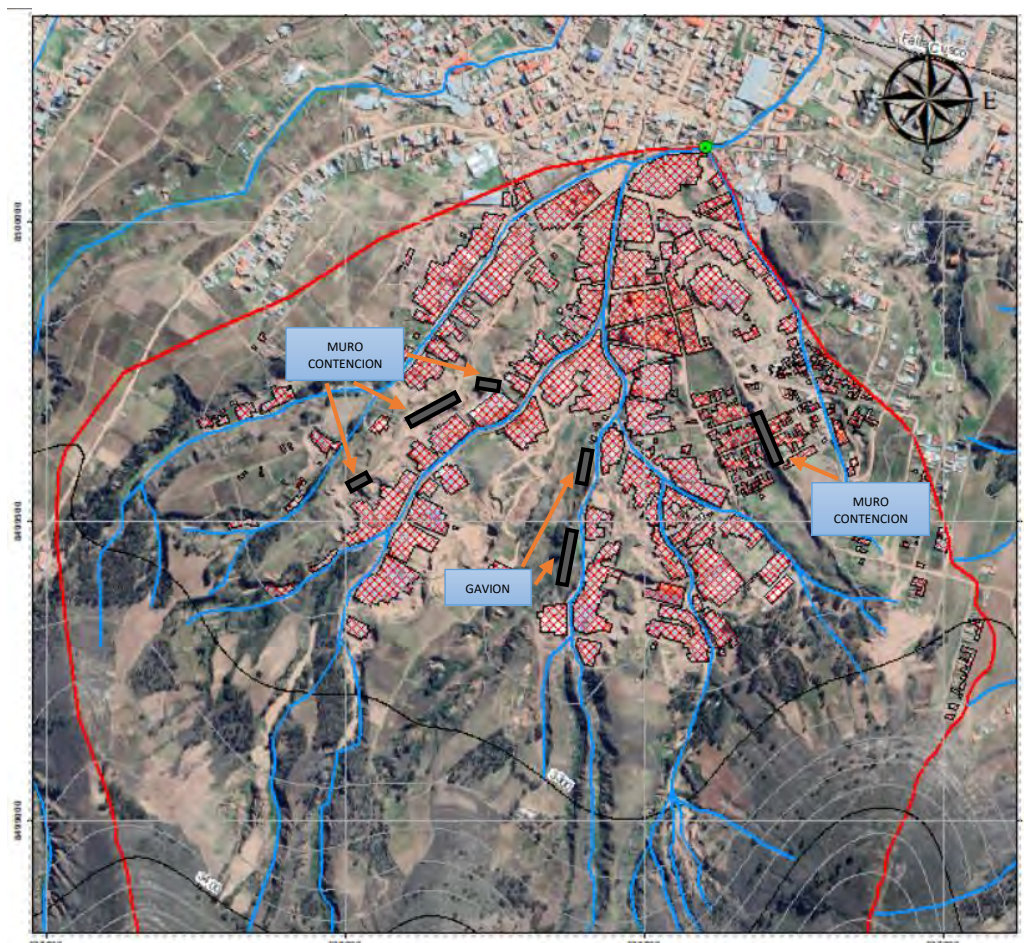


Nota: Datos obtenidos de Bianchini (2017)

4.10.2. MEDIDAS DE CONTROL DE CARÁCTER NO ESTRUCTURAL

- Realizar un seguimiento permanente de la aparición de nuevas grietas asociadas a procesos de cárcavas y deslizamientos en la quebrada Accohuayco.
- Forestar las laderas que se encuentran desprovistas de vegetación con plantas nativas como el eucalipto, que absorbe bastante agua, lo cual puede prevenir la infiltración excesiva de agua
- Controlar el uso inadecuado de vertimiento de desmonte y escombros en el relleno de los cárcavamientos de la quebrada Accohuayco.
- Colocar señalizaciones preventivas que adviertan sobre las zonas de peligro, como las zonas de deslizamientos y cárcavamientos
- Monitorear las condiciones meteorológicas durante las épocas de precipitaciones pluviales para realizar la descolmatación y analizar la saturación de suelos de la quebrada Accohuayco.
- Concientizar a los pobladores de la zona sobre temas de gestión de riesgos de desastres mediante charlas para fomentar la identificación de señales tempranas para que estén prevenidos durante y después de posibles peligros como flujos de detritos o deslizamientos.

Imagen 17. *Ubicación referencial de las medidas de control de carácter estructural*



Nota: Elaboración propia, adaptado de Sas Planet

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Primero. Al determinar el peligro, vulnerabilidad y riesgo por flujo de detritos en la quebrada Accohuayco permitió caracterizar la distribución espacial de los niveles de riesgo propuesta por CENEPRED. Los resultados evidencian que la ocurrencia de este fenómeno está condicionada por la interacción entre factores naturales, como las características geológicas, geomorfológicas, las pendientes y las precipitaciones pluviales, así como por las condiciones de exposición y vulnerabilidad de la población asentada en la zona de estudio. Estos resultados presentan concordancia con INGEMMET (2019), quienes señalan que la presencia de materiales susceptibles a erosión, la configuración geomorfológica de las quebradas y la ocurrencia de precipitaciones intensas favorecen el desarrollo de movimientos en masa, incluyendo flujos de detritos. En este sentido, la evaluación realizada permitió establecer la relación que hay entre las condiciones del terreno y la distribución del riesgo en la quebrada Accohuayco.

Segundo. La determinación del peligro por flujo de detritos permitió establecer cuatro categorías: bajo ($0.036 \leq P < 0.07$), medio ($0.07 \leq P < 0.136$), alto ($0.136 \leq P < 0.258$) y muy alto ($0.258 \leq P < 0.50$). Los niveles alto y muy alto se concentran principalmente en sectores donde predominan pendientes pronunciadas, laderas erosionales y zonas de carcavamiento. Esta distribución se relaciona con la presencia de depósitos coluviales y coluvio-eluviales, constituidos por materiales poco consolidados producto de procesos de meteorización y erosión, los cuales representan una fuente potencial de sedimentos que pueden ser movilizados durante eventos de precipitación intensa. Estos resultados coinciden con INGEMMET (2019), quienes identificaron en zonas cercanas procesos de erosión de laderas y carcavamientos asociados a la generación de procesos de remoción en masa, debido a la disponibilidad de materiales sueltos y condiciones geomorfológicas favorables. Por lo tanto, los niveles de peligro obtenidos reflejan la influencia conjunta de las características del terreno y del factor desencadenante representado por las precipitaciones pluviales.

Tercero. Al determinar los niveles de vulnerabilidad por flujo de detritos en la quebrada Accohuayco, los resultados permitieron identificar cuatro categorías de vulnerabilidad: baja ($0.043 \leq V \leq 0.08$), media ($0.08 \leq V \leq 0.154$), alta ($0.154 \leq V \leq 0.272$) y muy alta ($0.272 \leq V \leq 0.452$). La distribución espacial evidenció el predominio de los niveles alto y muy alto en la parte baja de la quebrada y en algunos sectores de la parte media, donde las viviendas presentan condiciones constructivas precarias, predominando materiales como adobe y techos de calamina, además de mayores niveles de exposición y fragilidad frente a la ocurrencia de flujos de detritos. Los resultados obtenidos son consistentes con lo reportado por Limachi (2023), quien señala que las zonas con vulnerabilidad alta y muy alta corresponden a sectores cercanos a los flujos de detritos, caracterizados por viviendas con escasas medidas de protección, alta exposición, mayor fragilidad y limitada capacidad de resiliencia. En ese sentido, la evaluación realizada mediante la metodología del CENEPRED permitió caracterizar espacialmente la vulnerabilidad de la población expuesta, proporcionando información técnica que contribuye a la comprensión de las condiciones de susceptibilidad de las viviendas y de la población frente a la generación de flujos de detritos en la quebrada Accohuayco.

Cuarto. Al determinar los niveles de riesgo por flujo de detritos en la quebrada Accohuayco, los resultados permitieron identificar cuatro categorías de riesgo: bajo ($0.002 \leq R \leq 0.006$), medio ($0.006 \leq R \leq 0.022$), alto ($0.022 \leq R \leq 0.068$) y muy alto ($0.068 \leq R \leq 0.225$). La distribución espacial evidenció que los niveles de riesgo alto y muy alto se concentran mayoritariamente en la parte media y baja de la quebrada, donde convergen diversos drenajes y se favorece la acumulación y el transporte de sedimentos durante precipitaciones pluviales extraordinarias. Asimismo, se identificaron 26 viviendas en muy alto riesgo, 106 viviendas en alto riesgo, 538 viviendas en riesgo medio y 316 viviendas en bajo riesgo. Los resultados obtenidos son consistentes con el informe técnico de INGEMMET (2019), el cual señala que la quebrada Apurante, adyacente a la quebrada Accohuayco, presenta procesos activos de erosión y licuefacción de suelos durante eventos de precipitaciones excepcionales, favoreciendo el aporte de sedimentos hacia los flujos de detritos que afectan principalmente la parte baja de la quebrada. Del mismo modo, Peña (2019) reporta la presencia de zonas con niveles de riesgo alto y muy alto en viviendas precarias ubicadas en sectores de mayor exposición a los flujos de detritos. En ese sentido, la evaluación realizada mediante la metodología del CENEPRED permitió identificar y caracterizar espacialmente los niveles de riesgo por flujo de detritos en la quebrada Accohuayco, proporcionando información técnica para apoyar la gestión del riesgo de desastres y la planificación territorial.

CONCLUSIONES

Primero. La evaluación del peligro, la vulnerabilidad y el riesgo por flujo de detritos en la quebrada Accohuayco permitió identificar y caracterizar espacialmente los diferentes niveles de riesgo presentes en el ámbito de estudio mediante la aplicación de la metodología del CENEPRED. Los resultados obtenidos constituyen una base técnica confiable para comprender el comportamiento de los flujos de detritos y su incidencia sobre la población expuesta, proporcionando información que puede ser utilizada por las autoridades competentes en la planificación territorial, la gestión del riesgo de desastres y la implementación de medidas orientadas a reducir la vulnerabilidad y fortalecer la seguridad de la población.

Segundo. Se determinaron los niveles de peligro de la quebrada Accohuayco a través de la relación de los factores condicionantes, desencadenantes junto a un parámetro de evaluación, teniendo los rangos de $0.036 \leq P < 0.5$, obteniendo peligro bajo ($0.036 \leq P < 0.07$), peligro medio ($0.07 \leq P < 0.136$), peligro alto ($0.136 \leq P < 0.258$) y peligro muy alto ($0.258 \leq P < 0.5$).

Tercero. Se determinaron los niveles de vulnerabilidad considerando las dimensiones social, económica y ambiental mediante la matriz de Saaty obteniendo rangos de valores de $0.043 \leq V \leq 0.452$, teniendo vulnerabilidad baja ($0.043 \leq V \leq 0.08$), vulnerabilidad media ($0.08 \leq V \leq 0.154$), vulnerabilidad alta ($0.154 \leq V \leq 0.272$), vulnerabilidad muy alta ($0.272 \leq V \leq 0.452$). En la quebrada Accohuayco se tienen la APV. Sucso Auccaylle que consta de 717 viviendas y la APV. Angeles de María que consta de 269 viviendas.

Cuarto. Se determinaron los niveles de riesgo con respecto al peligro y vulnerabilidad obteniendo los rangos de valores de $0.002 \leq R < 0.225$, teniendo riesgo bajo ($0.002 \leq R < 0.006$), riesgo medio ($0.006 \leq R < 0.022$), riesgo alto ($0.022 \leq R < 0.068$) y riesgo muy alto ($0.068 \leq R < 0.225$), donde los niveles alto y muy alto tienen una gran probabilidad a sufrir mayores daños económicos y pérdidas humanas, a razón de la cual hay necesidad de tener soluciones estructurales y no estructurales para minimizar estas pérdidas y disminuir el riesgo. Se identificaron 26 viviendas con riesgo muy alto, 106 viviendas con riesgo alto, 538 viviendas con riesgo medio y 316 viviendas con riesgo bajo.

RECOMENDACIONES

Medidas Estructurales

- Establecer límites en buenos ámbitos para las zonas que presentan peligro muy alto con la finalidad de evitar el crecimiento urbano descontrolado y restringir la edificación de nuevas infraestructuras.
- Implementar muros de contención para retener el material suelto y controlar los flujos de detritos y deslizamientos que se movilizan por gravedad al pie de las terrazas que sufrieron remoción de tierras.
- Estabilizar los carcavamientos activos mediante gaviones tipo caja, mallas metálicas con geotextil para reducir la velocidad del agua y frenar el avance regresivo de las cárcavas.
- Implementar disipadores de energía para controlar el escurrimiento superficial y disminuir la energía cinética para evitar las concentraciones de agua que erosionan y generan carcavamientos.
- Compactar correctamente las zonas de relleno antrópico para evitar hundimientos y mejorar la estabilidad del terreno para prevenir daños a infraestructuras.

Medidas No Estructurales

- Controlar el uso inadecuado de vertimiento de desmontes y escombros en el relleno de los carcavamientos de la quebrada Accohuayco.
- Establecer normativas que impidan nuevas construcciones en zonas de carcavamientos y rellenos antrópicos, considerando declararlas como zonas no urbanizables ya que la exposición al peligro sería muy alta y considerar realizar estudios geotécnicos para la construcción de edificaciones en las demás zonas del área de estudio.
- Colocar señalizaciones preventivas que adviertan sobre las zonas de peligro, como las zonas de deslizamientos y carcavamientos
- Monitorear las condiciones meteorológicas durante las épocas de precipitaciones pluviales para realizar la descolmatación y analizar la saturación de suelos de la quebrada Accohuayco
- Concientizar en los temas de riesgos de desastres mediante talleres a los habitantes de la quebrada para fomentar la identificación de señales tempranas para que estén prevenidos durante y después de posibles peligros como flujos de detritos o deslizamientos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Benavente, R., Gomez, A., & Fernandez Baca, C. (2004). *Estudio del Mapa de Peligros de la Ciudad del Cusco*.
- Carlotto, V., Cardenas J. & Carlier G. (2011). *Geología del Cuadrángulo de Cusco*.
- INGEMMET (2019). *Evaluación de Peligros Geológicos en la quebrada Apurante Huayco-Ladrilleras*.
- Delgadillo A., Ferrer C. y Dugarte M. (2010). *Aspectos hidrogeomorfológicos de un sector de los Andes merideños (Venezuela)*.
- Sepúlveda A., Patiño J. y Rodriguez C. (2016). *Metodología para evaluación de riesgo por flujo de detritos detonados por lluvia: caso Útica, Cundinamarca, Colombia*
- Millán Arancibia C. (2018). *Modelación del Flujo de Detritos para el análisis del riesgo en la quebrada Los Cóndores, Provincia de Lima, Perú*
- Delgado Estrada J. y Canqui G. (2022). *Evaluación del riesgo por flujo de detritos originado por precipitaciones anómalas en los A.H. “Cesar Vallejo” A.H. “Hijos de Saldaña”, distrito de Comas, Provincia y Departamento de Lima*
- Peña Layme N. (2019). *Evaluación del nivel de riesgo originado por flujo de detritos del centro poblado de Puente Santiago del distrito de Quellouno, Provincia de La Convención-Cusco*
- CENEPRED. (2014). *Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales*.
- GEMMA. (2007). *Movimientos en masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de Amenazas*
- Benavente, R., Gomez, A., & Fernandez Baca, C. (2004). *Estudio del Mapa de Peligros de la Ciudad del Cusco*.
- INGEMMET. (2013). *Neotectonica y Peligro Sismico en la Region Cusco*.
- SENAMHI, (2024). *Estimación de Umbrales de precipitaciones extremas para la emisión de avisos meteorológicos*.
- Suarez, J. (2003). *Nomenclatura y Clasificación de los Movimientos. Deslizamientos: Análisis Geotécnico*.
- SINAGERD, CENEPRED, INDECI, SGRD, PCM. (2014). *Plan Nacional de Gestion de Riesgo de Desastres, Lima*.
- Tarbuck E. (2005). *Ciencias de la Tierra: Una introducción a la geología física*.
- Hungr, O., Evans, S.G., Bovis, M., y Hutchinson, J.N., (2001), *Review of the classification of landslides of the flow type: Environmental and Engineering Geoscience*

- Maldonado F. (2018). *Evaluación de riesgo por flujo de detrito en la ciudad de Calca-Cusco*.
- INGEMMET (2022). *Evaluación de peligros geológicos por flujo de detritos en el sector de Uchcurumi de la comunidad campesina de Santa Bárbara*.
- Santuyo R., Zambrano C. (2019). *Alternativas de mitigación para el flujo de detritos en la zona de descarga de la quebrada Quirio-Chosica-Perú*.
- Lecaros Álvarez, Y. (2021). *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*.
- Gamarra Perez, M. A. (2020). *Evaluación de peligros geológicos referidos al flujo de detritos en el distrito de cerro colorado*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- A. Bianchini, I. S. A. (2017). *Gaviones-Sistemas de Corrección fluvial- Muros de Contención - Urbanismo*. A. Bianchini.
- Blanco Fernández, E. (2011). *Sistemas flexibles de alta resistencia para la estabilización de taludes. Revisión de los métodos de diseño existentes y propuesta de una nueva metodología de dimensionamiento (Tesis Doctoral)*. Universidad de Cantabria, Santander, España.
- Herrera Valdivia O. (2022). *Introducción y diseño de losa disipadora de energía*. Cersa
- Limachi Aimituma, F. F. (2024). *Evaluación del nivel de riesgo por flujo de detritos en el área de influencia de la quebrada Tittocpata, distrito Coya, provincia Calca, departamento Cusco - 2023* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco).
- Congreso de la República del Perú. (2009). *Ley N.º 29338, Ley de Recursos Hídricos*.
- Congreso de la República del Perú. (2011). *Ley N.º 29664, Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD)*.
- Congreso de la República del Perú. (2018). *Ley N.º 30779. Ley que dispone medidas para el fortalecimiento del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD)*.
- Presidencia del Consejo de Ministros. (2011). *Decreto Supremo N.º 048-2011-PCM, Reglamento de la Ley N.º 29664, Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD)*.
- Presidencia del Consejo de Ministros. (2012). *Decreto Supremo N.º 111-2012-PCM, que aprueba la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres*.
- Presidencia del Consejo de Ministros. (2013). *Resolución Ministerial N.º 220-2013-PCM, que aprueba los Lineamientos Técnicos para el Proceso de Reducción del Riesgo de Desastres*.

- Ministerio de Agricultura. (2010). *Decreto Supremo N.º 001-2010-AG, Reglamento de la Ley N.º 29338, Ley de Recursos Hídricos*.
- Varnes, D. J. (1978). Slope movement types and processes. En R. L. Schuster & R. J. Krizek (Eds.), *Landslides: Analysis and Control* (Transportation Research Board Special Report No. 176, pp. 11–33). National Academy of Sciences.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2003). *Metodología de la investigación* (3º ed.). McGraw-Hill Interamericana.

ANEXOS

ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: EVALUACIÓN DEL PELIGRO Y VULNERABILIDAD PARA DETERMINAR EL NIVEL DE RIESGO POR FLUJO DE DETRITOS DE LA QUEBRADA ACCOHUAYCO, DISTRITO DE SAN JERONIMO, PROVINCIA DE CUSCO, 2025					
FUNDAMENTO TEÓRICO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGIA
UBICACIÓN La quebrada Accohuayco se encuentra localizada en el distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco, departamento de Cusco MARCO REFERENCIAL - Peña, N. (2019). Evaluación del nivel de riesgo originado por flujo de detritos del centro poblado de Puente Santiago del distrito de Quellouno, provincia de la Convención-Cusco - Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2019). Evaluación de peligros geológicos en la quebrada Apurante Huayco-Ladrilleras. Distrito de San Jerónimo, provincia y región Cusco. Lima: INGEMMET	PROBLEMA GENERAL ¿Cuáles son los niveles de peligro, vulnerabilidad y riesgo por flujo de detritos en la quebrada Accohuayco, distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco, 2025? PROBLEMAS ESPECÍFICOS ¿Cuáles son los niveles de peligro por flujo de detritos en la Quebrada Accohuayco, distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco? ¿Cuáles son los niveles de vulnerabilidad por flujo de detritos que presenta la población en la Quebrada Accohuayco, distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco? ¿Cuáles son los niveles de riesgo por flujo de detritos en la Quebrada Accohuayco, distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco?	OBJETIVO GENERAL Determinar los niveles de peligro, vulnerabilidad y riesgo por flujo de detritos en la quebrada Accohuayco, distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco el año 2025 OBJETIVOS ESPECIFICOS - Determinar los niveles de peligro por flujo de detritos en la quebrada Accohuayco, distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco - Determinar los niveles de vulnerabilidad de la población frente al flujo de detritos en la quebrada Accohuayco, distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco - Determinar los niveles de riesgo por flujo de detritos en la quebrada Accohuayco, distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco	HIPÓTESIS GENERAL Existen diferentes niveles de peligro, vulnerabilidad y riesgo por flujo de detritos en la quebrada Accohuayco, distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco, 2025. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS - Existen diferentes niveles de peligro por flujo de detritos en la quebrada Accohuayco, distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco. - Existen diferentes niveles de vulnerabilidad frente al flujo de detritos en la población de la quebrada Accohuayco, distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco. - Existen diferentes niveles de riesgo por flujo de detritos en la quebrada Accohuayco, distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco.	VARIABLES - Variable 1: Peligro - Variable 2: Vulnerabilidad - Variable 3: Riesgo DEFINICIÓN OPERACIONAL - Peligro. Es la probabilidad de que un fenómeno como los flujos de detritos se presente en un lugar específico, tiene factores condicionantes como geología, geomorfología, pendientes y factor desencadenante como las precipitaciones pluviales - Vulnerabilidad. Es la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza. La vulnerabilidad va a estar en relación al tipo de peligro que se está expuesto. - 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.	TIPO DE INVESTIGACIÓN La presente investigación es de tipo básica, debido a que tiene como finalidad generar conocimiento técnico sobre las condiciones de peligro, vulnerabilidad y riesgo por flujo de detritos en la quebrada Accohuayco, mediante el análisis de las características geológicas, geomorfológicas, hidrometeorológicas y sociales del área de estudio. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN <i>Mixto</i>. El enfoque mixto de la investigación implica un conjunto de procesos de recolección, análisis y vinculación de datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio, para responder a un planteamiento de un problema NIVELES DE INVESTIGACIÓN La presente investigación tiene un nivel descriptivo, debido a que busca caracterizar y determinar los niveles de peligro, vulnerabilidad y riesgo por flujo de detritos en la quebrada Accohuayco, mediante el análisis de las condiciones físicas, geológicas, geomorfológicas, hidrometeorológicas y sociales del

ANEXO 2. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

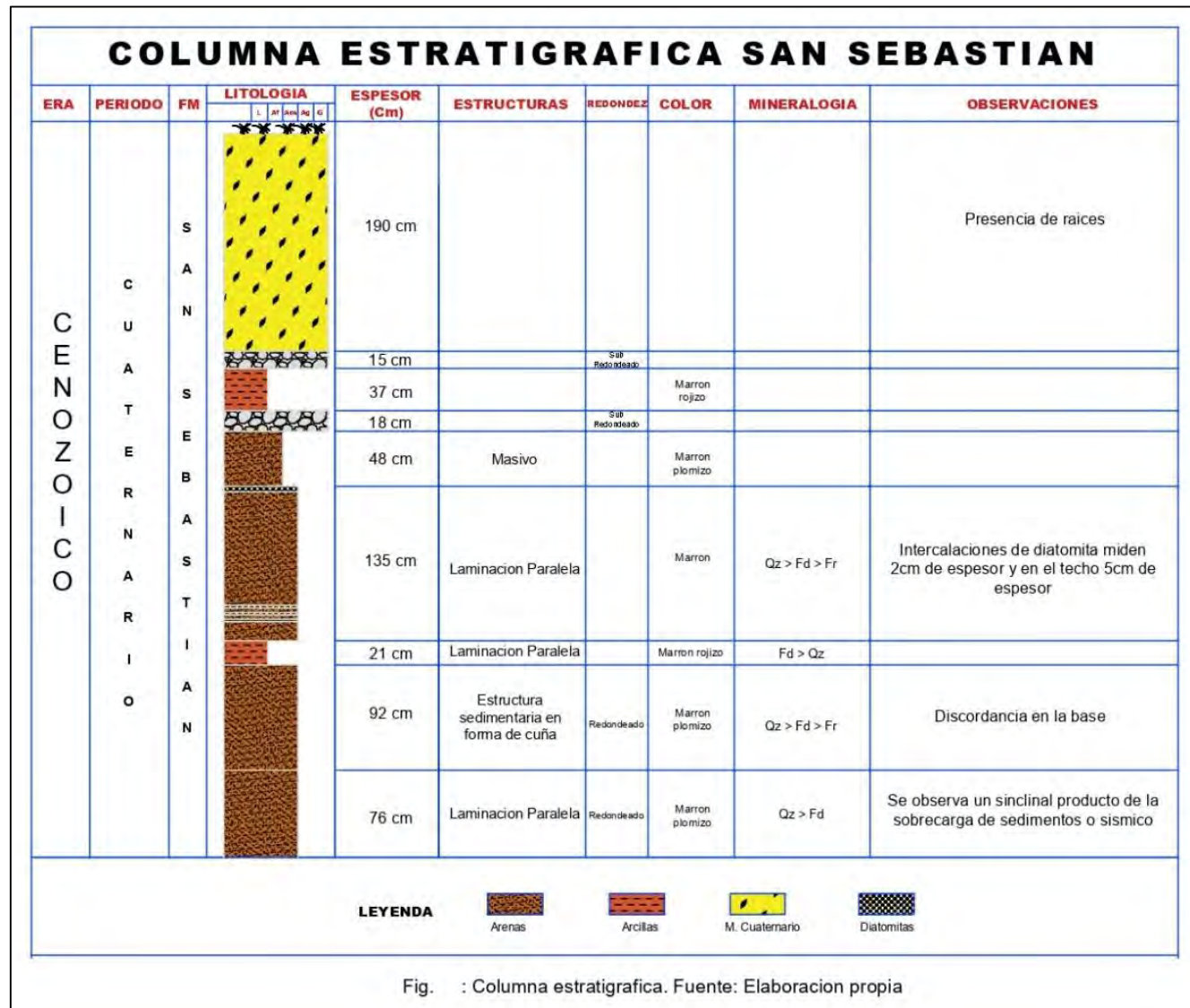
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS
PELIGRO	CENEPRED (2014). El peligro, es la probabilidad de que un fenómeno, potencialmente dañino, de origen natural, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo y frecuencia definidos.	Se va a medir con el proceso de análisis jerárquico de Thomas Saaty, relacionando los factores condicionantes con los desencadenantes con sus respectivos descriptores	GEODINÁMICA EXTERNA	Movimientos en masa	Deslizamientos
					Derrumbes
				Procesos erosivos	Caída de rocas
					Erosión de laderas
			GEOMORFOLOGÍA		Cárcavas
				Fisiografía	Montañas, Mesetas, Llanuras, etc
				Pendiente	Rangos de pendiente
			GEOLOGÍA	Morfometría de la cuenca	Forma, Tamaño, Relieve, Drenaje
				Estratigrafía y sedimentología	Litología, Espesor, Ambientes Sedimentarios, propiedades de los clastos, etc
				Geología regional y local	Formaciones y grupos geológicas
				Geología Estructural	Fallas, Diaclasas, plegamientos, Rumbos, Buzamientos, etc.
			HIDROGEOLOGIA	Precipitación pluvial	Total anual
					Intensidad y duración
				Temperatura	Media mensual
				Clasificación Climática	Método de tornthwaithe
			GEOTECNIA	Tipología de cuencas	Metodología Pfafstetter
				Clasificación de suelos	Propiedades Fisicomecánicas (Límites de Atterberg, Humedad, Permeabilidad, Densidad, Granulometría, etc.)
				Uso y cobertura de suelos	Vegetación
				Acción antrópica	Relleno de cárcavas
					Crecimiento demográfico mal planeado
VULNERABILIDAD	CENEPRED (2014). 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	Se va a medir con la matriz de comparación de pares para las dimensiones social, económica y ambiental de los parámetros exposición, fragilidad y resiliencia	EXPOSICIÓN	Exposición Social	Número de habitantes
				Exposición Económica	Localización de la construcción respecto al peligro
				Exposición Ambiental	Cercanía de las construcciones a RR.SS.
			FRAGILIDAD	Fragilidad social	Grupo Etareo
					Seguro de Salud
					Abastecimiento de agua
					Tipo de alumbrado
				Fragilidad Económica	Material de construcción de la vivienda
					Número de pisos
					Uso de tecnologías constructivas para la estructura y cimentación
			RESILIENCIA	Conservación de la vivienda	
				Fragilidad Ambiental	Lugar donde botan sus RRSS
				Resiliencia Social	Conocimientos en Gestión de Riesgos
					Organización vecinal
				Resiliencia Económica	Ingreso familiar mensual promedio
RIESGO	CENEPRED (2014). Es la probabilidad de que la población y la infraestructura sufran daños o pérdidas frente al impacto de un peligro.	Será determinado mediante la integración de los niveles de peligro y vulnerabilidad, aplicando la metodología establecida por el CENEPRED	NIVELES DE PELIGRO	Bajo	Mapa de peligro obtenido po el análisis de los factores condicionantes de geología, geomorfología y pendientes con el factor desencadenante de precipitaciones pluviales
				Medio	
				Alto	
				Muy alto	
			NIVELES DE VULNERABILIDAD	Bajo	Mapa de vulnerabilidad obtenido mediante las encuestas tomadas a la población de la APV Sucso Aucaylle y Angeles de Maria
				Medio	
				Alto	
				Muy alto	

[illegible]

ANEXO 4. TABLA RESUMEN DE LAS CALICATAS

Calicata	Estrato (E)	Potencia (m.)	Análisis granulométrico %			Clasificación del suelo	
			Grava	Arena	Finos	Clasificación Según (SUCS)	Clasificación Según (AASHTO)
C-1	Estrato 1	0.5		91.17%	8.83%	SP-SM Arena mal graduada con limo	A-3(0) Arena de granul. Deficiente
C-1	Estrato 2	0.5		40.87%	59.13%	ML Limo de baja plasticidad arenoso	A-4(5) Princ. Partículas finas limosas
C-2	Estrato 1	0.5	0.05%	97.41%	2.54%	SP Arena mal graduada	A-3(0) Arena de granul. Deficiente
C-2	Estrato 2	0.5		60.28%	39.72%	SP Arena limosa	A-4(1) Princ. Partículas finas limosas
C-3	Estrato 1	2	16.20%	77.04%	6.76%	SW-SM Arena bien graduada con limo y grava	A-1-b (0) Arena con partículas bien definidas
C-4	Estrato 1	2	23.28%	73.13%	3.60%	SP Arena mal graduada con grava	A-1-b (0) Arena con partículas bien definidas

ANEXO 5. COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS



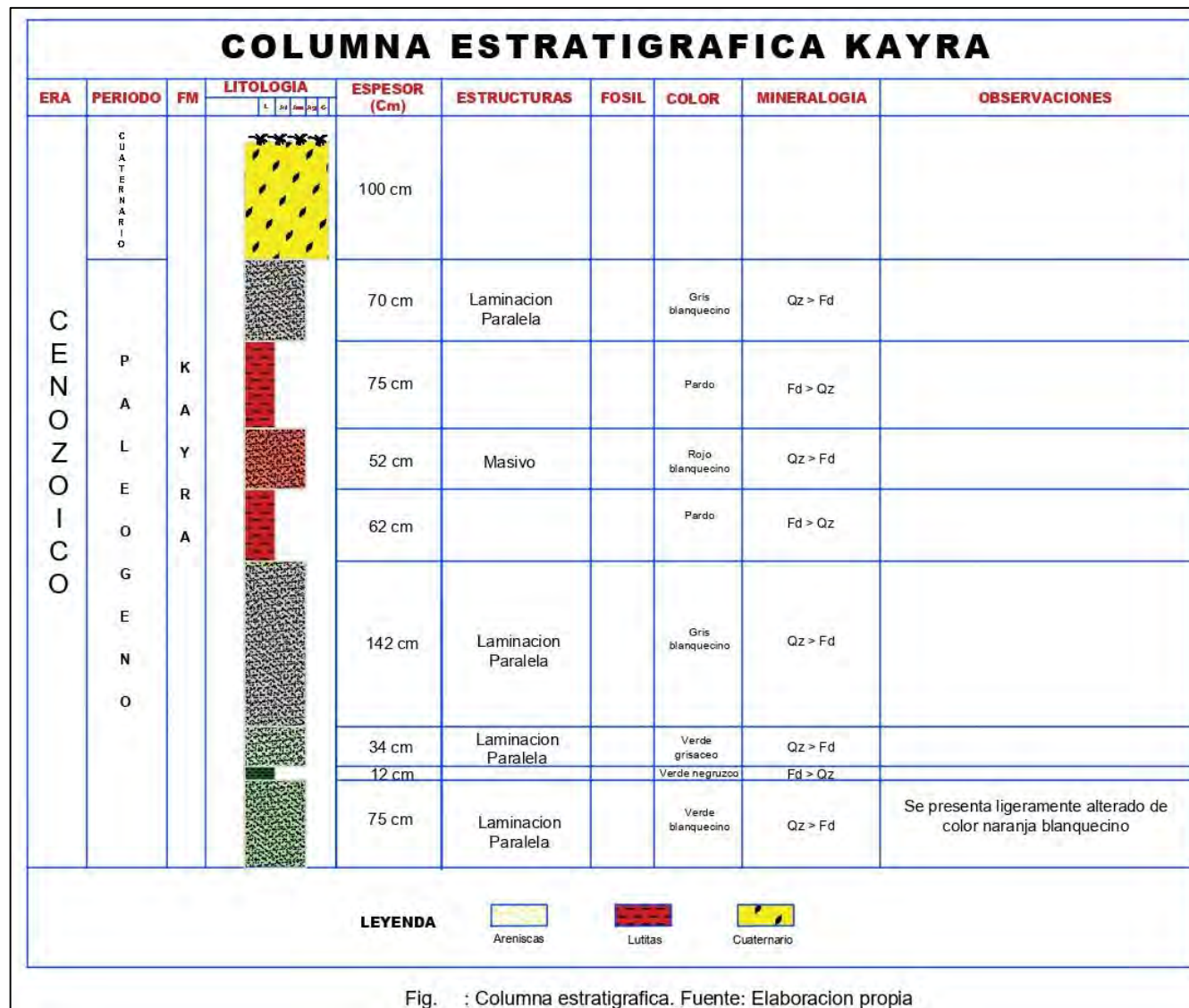


Fig. : Columna estratigrafica. Fuente: Elaboracion propia