

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

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

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS

**EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO
EN LOS MÁRGENES DEL RÍO CCANCAHUA EN LA C.C. DE QQUEHUAR, EN EL
DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA DE CANCHIS, REGIÓN CUSCO, 2023**

PRESENTADO POR:

Br. ENOC ANTONY LABRA MAMANI

Br. LUIS MIGUEL YAPO BEJAR

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

ASESOR:

Mgt. Ing. IVÁN CÁCERES ANGULO

CUSCO-PERÚ

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

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

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: "EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO EN LOS MÁRGENES DEL RÍO CCANCAHUA EN LA C.C. DE QQUEHUAR, EN EL DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA DE CANCHIS, REGIÓN CUSCO, 2023", presentado por **Enoc Antony Labra Mamani** con DNI Nro **74450078** y presentado por **Luis Miguel Yapó Bejar** con DNI Nro **72354900** para optar al título profesional/grado académico de **Ingeniero Geólogo**.

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por **1** vez, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de **5 %**.

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

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

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 24 de octubre de 2024

Firma

Post firma Don Cereres Angulo

Nro. de DNI 23948756

ORCID del Asesor 0000-0003-1959-3275

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: **oid: 27259:397799576** ✓

NOMBRE DEL TRABAJO

**"EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO
POR FLUJO HIPERCONCENTRADO EN L
OS MÁRGENES DEL RÍO CCANCAHUA E
N L**

AUTOR

Luis y Enoc Yapo y Labra

RECuento DE PALABRAS

71276 Words

RECuento DE CARACTERES

376546 Characters

RECuento DE PÁGINAS

305 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

41.3MB

FECHA DE ENTREGA

Oct 23, 2024 9:12 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Oct 23, 2024 9:15 PM GMT-5

● 5% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 4% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Coincidencia baja (menos de 30 palabras)



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por la vida, salud, el pan de cada día y la bendición proveída a lo largo de cada día de mi vida.

A mis padres, cuyo amor incondicional, sacrificios y enseñanzas me han guiado en cada paso de mi vida. A mis familiares, quienes con su cariño y palabras de aliento me motivaron a seguir adelante en los momentos más difíciles. A mis amigos, por su apoyo emocional en la elaboración de esta tesis.

Labra Mamani, Enoc Antony

A nuestro asesor, Mgt. Ivan Cáceres

Angulo por su valioso apoyo y paciencia durante la elaboración y conclusión de esta tesis.

A la Escuela Profesional de Ingeniería

Geológica - UNSAAC, por darnos la oportunidad de estudiar en sus aulas, amar la geología y prepararnos para ser los mejores profesionales.

Enoc Antony Labra Mamani y Luis Miguel Yapo Bejar



DEDICATORIA

A mis padres, Sr. Nicolás Labra Huallpa y Sra. Estefa Mamani Pariguana, quienes son mi razón para seguir luchando y las personas que más quiero.

A mis hermanos y cuñados, Dina Labra Mamani y Ebert Mamani Ccama por el amor y el acogimiento en su hogar a mi corta edad; Herlinda Labra, Rolando Labra y Nicdali Quispe por su motivación, consejos y apoyo desde mi temprana edad, que para todos ustedes va dedicado esta tesis.

A la familia Labra y la familia Mamani, para mis tíos Juan Labra, Bonifacia Labra, Alejandrina Labra, Ignacia Labra y en especial para mi tía Pilar Mamani por su apoyo en mi vida universitaria.

A mis amigos, Luis Miguel Yapó, Ulises Nuñez, José Luis Ttito, Max Suni, Kevin Herrera con quienes compartí cursos, alegrías y momentos inolvidables.

A mis primos, sobrinos (Abel, Yerson, Estrella) por su cariño, aprecio y apoyo; al Sr. Saul Yuniór Laura Cumpa por su alegría, entusiasmo, motivación y acompañamiento en las salidas de campo a toda la comunidad de Qquehwar.

Labra Mamani, Enoc Antony



DEDICATORIA

A mis padres, Eustaquio Yapo Mesco y Marleni Bejar Paucar por ser quienes han dedicado su vida en mi bienestar, por ser los mejores guías que pude tener en el camino y por el apoyo incondicional que siempre me han brindado.

A mis hermanos, Ana y Alexander quienes alegran mis días y son los mejores compañeros de aventuras que pueda tener.

A mi asesor, Mgt. Ing. Iván Cáceres Angulo por habernos compartido los conocimientos necesarios para la culminación de este trabajo y ser un profesional dispuesto a escuchar, empático y ético.

A mis docentes y compañeros, por haber compartido grandes experiencias durante esta etapa universitaria.

Yapo Bejar, Luis Miguel



INDICE

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
RESUMEN	1
ABSTRACT.....	1
INTRODUCCIÓN	3
CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES	6
1.1. UBICACIÓN	6
1.1.1. UBICACIÓN POLÍTICA	6
1.1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y UTM.....	6
1.2. ACCESIBILIDAD.....	6
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	9
1.3.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	10
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	11
1.5. OBJETIVOS	12
1.5.1. OBJETIVO GENERAL.....	12
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
1.6. HIPÓTESIS.....	12
1.6.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	12
1.6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	12
1.7. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	13
1.7.1. VARIABLE DEPENDIENTE	13
1.7.2. VARIABLES INDEPENDIENTES	13
1.7.3. DIMENSIONES	13
1.7.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	14
1.7. LIMITACIONES	16
1.8. FUNDAMENTO TEÓRICO	16
1.8.1. MARCO REFERENCIAL.....	16
1.8.2. MARCO TEÓRICO.....	21
1.8.3. MARCO CONCEPTUAL	47
1.9. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	48



1.9.1. TIPO, ENFOQUE Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	48
1.9.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	49
1.9.3. MÉTODO DE TRABAJO	49
1.9.4. INSTRUMENTOS A UTILIZAR	51
1.10. CLIMA.....	52
CAPITULO II: GEOMORFOLOGÍA	53
2.1. GENERALIDADES	53
2.2. MARCO GEOMORFOLÓGICO REGIONAL	54
2.2.1. DOMINIO NORORIENTAL:	55
2.2.2. DOMINIO SUROESTE	56
2.2.3. DOMINIO INTERMEDIO.....	57
2.3. MARCO GEOMORFOLÓGICO LOCAL	59
2.3.1. PENDIENTES DEL TERRENO	59
2.3.2. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	63
2.3.3. Geoformas de carácter depositacional y agradacional.....	65
CAPITULO III: GEOLOGÍA	69
3.1. GENERALIDADES	69
3.2. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL	71
3.2.1. PALEOZOICO	71
3.2.2. PALEOZOICO SUPERIOR	71
3.2.2. MESOZOICO	73
3.2.3. MESOZOICO - CENOZOICO.....	77
3.2.4. CENOZOICO	78
3.3. MARCO GEOLÓGICO LOCAL	81
3.4. GEOLOGIA ESTRUCTURAL	94
3.4.1. GENERALIDADES	94
3.4.2. MARCO TECTÓNICO REGIONAL.....	94
3.4.3. MARCO TECTÓNICO LOCAL.....	95
CAPÍTULO IV: GEODINÁMICA EXTERNA	101
4.1. GENERALIDADES	101
4.2. GEODINÁMICA EN LA QUEBRADA SUCHU Q´UCHU – C.C. DE QQUEHUAR.....	101



UBICACIÓN	101
4.2.1. DESLIZAMIENTO “Dsq-01”	104
4.2.2. DESLIZAMIENTO “Dsq-02”	105
4.2.3. DESLIZAMIENTO “Dsq-03”	106
4.2.4. DESLIZAMIENTO “Dsq-04”	107
4.2.5. DESLIZAMIENTO “Dsq-05”	107
4.2.6. DESLIZAMIENTO “Dsq-06”	109
4.2.7. VOLCAMIENTOS “VCsq-01”	109
4.2.8. CAÍDA DE ROCAS “CRsq-01”	109
4.2.8.1. CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA – QUEBRADA SUCHU Q’UCHU - FORMACIÓN HUANCANÉ-MUNI	110
4.2.9. FLUJOS DE DETRITOS.....	113
4.3. GEODINÁMICA EN LAS QUEBRADAS DE LA C.C. DE QQUEHUAR.....	114
4.3.1. EROSIÓN DE LADERA EN CÁRCAVAS.....	114
4.4. GEODINÁMICA EN LAS QUEBRADAS DE LA C.C. DE CCANCAHUA.....	117
4.4.1. DESLIZAMIENTO CHAQUIMAYO “Dcc-01”	117
4.4.2. EROSIÓN DE LADERA EN CÁRCAVAS.....	117
CAPITULO V: HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGIA	123
5.1. GENERALIDADES	123
5.1.1. GENERALIDADES DE LA MICROCUENCA CCANCAHUA.....	123
5.2. ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS	128
5.2.1. PARÁMETROS GENERALES DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA	128
5.2.2. PARÁMETROS DE FORMA DE LA MICROCUENCA.....	129
5.2.3. PARÁMETROS DE RELIEVE DE LA MICROCUENCA	132
5.2.4. PARÁMETROS RELATIVOS A LA RED DE DRENAJE	138
5.3. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN METEOROLÓGICA	141
5.3.1. TEMPERATURA (°C).....	141
5.3.2. HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL (%).....	142
5.3.3. EVAPOTRANSPIRACIÓN (mm)	142
5.3.4. PRECIPITACIONES TOTALES MENSUALES (mm)	143
5.3.5. PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS (mm).....	145



5.3.6. COEFICIENTE DE ESCORRENTIA	146
5.3.7. NUMERO DE CURVA	147
5.3.8. PERDIDAS INICIALES	149
5.3.9. BALANCE HIDRICO	150
5.4. ESTIMACIÓN DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS U EXTREMOS	154
5.4.1. ANÁLISIS Y VALIDACIÓN DE DATOS.....	154
5.4.2. PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE.....	155
5.4.3. MODELOS DE DISTRIBUCIÓN.....	156
5.4.4. PRECIPITACIONES EXTREMAS Y PERIODOS DE RETORNO.....	157
5.4.5. CURVAS I-D-F	158
5.4.6. HIETOGRAMA DE PRECIPITACIÓN	162
5.5. GENERACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS.....	165
5.5.1. CAUDALES PARA 25 AÑOS DE RETORNO	168
5.5.2. CAUDALES PARA 50 AÑOS DE RETORNO	168
5.5.3. CAUDALES PARA 100 AÑOS DE RETORNO	169
5.6. HIDROGEOLOGIA	170
5.6.1. GENERALIDADES	170
5.6.2. CLASIFICACIÓN DE LAS UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS.....	172
5.6.3. INVENTARIO DE MANANTES EN LA C.C. DE QQUEHUAR	174
CAPITULO VI: MODELAMIENTO NUMÉRICO DEL FLUJO HIPERCONCENTRADO ..	177
6.1. REGIMEN HIDRAÚLICO DEL RIO CCANCAHUA	177
6.1.1. NÚMERO DE FROUDE DEL RIO CCANCAHUA.....	178
6.1.2. NUMERO DE REYNOLDS DEL RIO CCANCAHUA.....	178
6.1.3. GASTO SÓLIDO DE FONDO DEL RIO CCANCAHUA	178
6.2. PRE PROCESO	179
6.2.1. OBTENCIÓN DE MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN (DEM).....	179
6.2.2. CAUDALES DE ENTRADA.....	181
6.2.3. COEFICIENTE DE MANNING “n”.....	182
6.2.4. PARÁMETROS REOLÓGICOS PARA EL FLUJO HIPERCONCENTRADO ..	183
6.3. PROCESO DEL MODELAMIENTO NUMÉRICO CON HEC-RAS 2D	185
6.3.1. DATOS GEOMÉTRICOS.....	185



6.3.2. GENERACIÓN DE MALLA	186
6.3.3. ASIGNACIÓN DEL COEFICIENTE DE MANNING EN HEC-RAS	186
6.3.4. ASIGNACIÓN DEL CN PARA INFILTRACIÓN EN HEC-RAS	187
6.3.5. CONDICIONES DE CONTORNO (BOUNDARY CONDITION LINES)	188
6.3.6. SIMULACIÓN DEL FLUJO HIPERCONCENTRADO	191
6.4. POST PROCESO - VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS	192
6.4.1. PARA PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS	192
6.4.2. PARA PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS	194
6.4.3. PARA PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS	195
CAPITULO VII: ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE PELIGROSIDAD	197
7.1. IDENTIFICACIÓN DE PELIGRO	197
7.2. CARACTERIZACIÓN DEL PELIGRO	199
7.2.1. DESCRIPCIÓN DEL FLUJO HIPERCONCENTRADO.....	201
7.3. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DEL PELIGRO	201
7.4. SUSCEPTIBILIDAD DEL ÁMBITO GEOGRÁFICO	203
7.4.1. FACTORES CONDICIONANTES.....	204
7.4.2. FACTOR DESENCADENANTE	208
7.5. ANÁLISIS DE ELEMENTOS EXPUESTOS.....	209
7.5.1. POBLACIÓN.....	210
7.5.2. VIVIENDAS.....	210
7.5.3. SERVICIO EDUCATIVO.....	210
7.5.4. SERVICIO DE SALUD	211
7.5.5. SERVICIOS BÁSICOS	211
7.5.6. INFRAESTRUCTURA VIAL.....	211
7.5.7. AGRICULTURA Y GANADERÍA	212
7.6. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE PELIGROSIDAD	212
7.7. ESTRATIFICACIÓN DE LOS NIVELES DE PELIGROSIDAD	214
7.8. MAPA DE ZONIFICACIÓN DEL NIVEL DE PELIGROSIDAD	216
CAPITULO VIII: ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD	219
8.1. PONDERACIÓN DE LAS DIMENSIONES DE VULNERABILIDAD.....	219
8.1.1 ANÁLISIS DE LA DIMENSIÓN SOCIAL.....	220



8.1.2 ANÁLISIS DE LA DIMENSIÓN ECONÓMICA	226
8.1.3 ANÁLISIS DE LA DIMENSIÓN AMBIENTAL	234
8.2. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE VULNERABILIDAD	238
8.3. ESTRATIFICACIÓN DE LOS NIVELES DE VULNERABILIDAD	239
8.4. MAPA DE ZONIFICACIÓN DEL NIVEL DE VULNERABILIDAD	241
CAPITULO IX: ESTIMACIÓN O CÁLCULO DEL RIESGO	242
9.1. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO	243
9.2. ESTRATIFICACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO	244
9.3. MAPA DE ZONIFICACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO	245
CAPITULO X: ANALISIS DE RESULTADOS	248
10.1. ANÁLISIS DEL CAUCE DEL RÍO CCANCAHUA	248
10.2. ANÁLISIS DE SOCAVACIÓN EN PUENTES	250
10.2.1. ANÁLISIS DE LA SOCAVACIÓN GENERAL EN LOS PUENTES	250
10.2.2. ANÁLISIS DE LA SOCAVACIÓN LOCAL EN ESTRIBOS DE LOS PUENTES	251
CONCLUSIONES	253
RECOMENDACIONES	256
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	257
ANEXOS	265
ANEXO 1: OTROS MAPAS	265
ANEXO 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA	267
ANEXO 3: CUESTIONARIO REALIZADOS A LA POBLACION RIBEREÑA DE LA C.C. QQUEHUAR.	268
ANEXO 4: ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE LABORATORIO	277
ANEXO 5: PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTIVAS	280
ANEXO 6: PANEL FOTOGRÁFICO	283



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Ubicación de la Comunidad campesina de Qquehuar	8
Figura 2. Partes de un deslizamiento rotacional	23
Figura 3. Esquema de caída de rocas	24
Figura 4. Clasificación del flujo en función de la concentración del sedimento (O’Brien, 2000)	29
Figura 5. Factor de corrección por contracción del cauce μ	35
Figura 6. Tabla de corrección del coeficiente por la forma del estribo K_f	36
Figura 7. Formas de transporte de sedimentos por las corrientes de agua.....	38
Figura 8. Modelos reológicos usados para simular (a) agua clara, (b) flujos hiperconcentrados, flujos de lodos y detritos	42
Figura 9. Clasificación, procesos, modelo conceptual y modelo reológico de los cuatro tipos de flujo no newtonianos.....	42
Figura 10. Ecuación y relación esfuerzo-deformación para un fluido Bingham	44
Figura 11. Instrumentos y equipos utilizados en las salidas a campo.....	52
Figura 12. Unidades morfoestructurales regionales.....	53
Figura 13. Unidades geomorfológicas del cuadrángulo de Ocongate y Sicuani	54
Figura 14. Mapa Geomorfológico regional de la microcuenca Ccancahua.....	58
Figura 15. Mapa de pendientes de la microcuenca Ccancahua	60
Figura 16. Clasificación de pendientes de la zona de estudio.....	62
Figura 17. Geoformas en unidad de montañas locales	63
Figura 18. Geoformas en unidades de colinas locales	64
Figura 19. Geoforma en unidad de vertientes locales.....	66
Figura 20. Geoforma en unidad de planicies locales	67
Figura 21. Mapa Geomorfológico local de la Comunidad Campesina de Qquehuar	68
Figura 22. Columna litoestratigráfica del cuadrángulo de Sicuani 29-t	70
Figura 23. Mapa Geológico Regional de la microcuenca Ccancahua	80
Figura 24. Formación Ananea.....	81
Figura 25. Grupo Ambo.....	82
Figura 26. Grupo Tarma - Copacabana.....	83
Figura 27. Grupo Mitu- miembro medio	84
Figura 28. Grupo Mitu- miembro superior	85
Figura 29. Formación Muni	86
Figura 30. Formación Huancané.....	87
Figura 31. Depósitos lacustres depositados sobre el depósito aluvial.	88
Figura 32. Depósito fluvial depositado en el piso y márgenes del canal del río Ccancahua	89
Figura 33. Contacto entre depósito deluvial y Grupo Mitu - Miembro Superior	89
Figura 34. Depósitos proluviales	90
Figura 35. Depósitos coluviales.....	91
Figura 36. Depósitos coluvio-aluviales.....	92



Figura 37. Depósitos biogénicos en la llanura aluvial del valle del Vilcanota	92
Figura 38. Mapa Geológico local de la Comunidad Campesina de Qquehwar	93
Figura 39. Mapa de dominios geotectónicos del Sur de Perú	95
Figura 40. Falla Suchu Q'uchu.	97
Figura 41. Escarpe de falla de las fallas Amaru.....	98
Figura 42. Proyección estereográfica del segmento de la falla Amaru.....	99
Figura 43. Mapa de unidades estructurales locales de la zona de estudio	100
Figura 44. Movimientos en masa en la quebrada Suchu Q'uchu	101
Figura 45. Mapa geológico local de la quebrada Suchu Q'uchu	102
Figura 46. Perfil longitudinal de los movimientos en masa de la quebrada Suchu Q'uchu	103
Figura 47. Grietas de tracción en la cabecera del deslizamiento “DsQ-01”	105
Figura 48. Depósito residual acumulado sobre la formación Huancané.	105
Figura 49. Deslizamientos en la quebrada Suchu Q'uchu	108
Figura 50. Caída de rocas y volcamientos en la quebrada Suchu Q'uchu	110
Figura 51. Ventanas estructurales realizadas en la Formación Huancané – Formación Muni ...	111
Figura 52. Flujo de detritos observados en la C.C. de Qquehwar	114
Figura 53. Erosión de suelos por carcavamiento.	116
Figura 54. Movimientos en masa de la C.C. de Ccancahua	118
Figura 55. Mapa de los movimientos en masa en la quebrada Suchu Q'uchu – C.C. de Qquehwar	119
Figura 56. Mapa de movimientos en masa en quebradas aledañas – C.C. de Qquehwar.....	120
Figura 57. Mapa de movimientos en masa en el sector Ccancahua Bajo – C.C. de Ccancahua	120
Figura 58. Mapa de movimientos en masa en el sector Ccancahua Alto – C.C. de Ccancahua.	121
Figura 59. Mapa de unidades hidrográficas de la cuenca Alto Rio Vilcanota.....	125
Figura 60. Mapa de unidades hidrográficas de la intercuenca 4994985.....	126
Figura 61. Mapa hidrológico de la microcuenca Ccancahua	127
Figura 62. Curvas hipsométricas características del ciclo de erosión según Strahler.....	134
Figura 63. Curva hipsométrica de la microcuenca Ccancahua	135
Figura 64. Gráfico de frecuencia de altitudes y curva hipsométrica.....	135
Figura 65. Gráfico de curva hipsométrica y altitud media.....	136
Figura 66. Perfil longitudinal del cauce del Río Ccancahua.....	137
Figura 67. Mapa de orden de corrientes de la microcuenca Ccancahua	140
Figura 68. Temperaturas Media, Máxima y Mínima Promedio Mensual de la estación Sicuani	142
Figura 69. Humedad relativa media mensual (%)	142
Figura 70. Mapa de coeficiente de escorrentía de la microcuenca Ccancahua.....	151
Figura 71. Mapa de uso de suelos de la microcuenca Ccancahua	152
Figura 72. Mapa de número de curva de la microcuenca Ccancahua.....	153
Figura 73. Precipitación máxima en 24 hrs dentro de los rangos de umbrales de datos dudosos	155
Figura 74. Histograma de distribución de densidad de probabilidad.....	156



Figura 75. Curvas IDF para periodos de retorno (TR) de 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100 y 500 años .	162
Figura 76. Hietograma de precipitación para un periodo de retorno de 25 años.	163
Figura 77. Hietograma de precipitación para un periodo de retorno de 50 años	164
Figura 78. Hietograma de precipitación para un periodo de retorno de 100 años	164
Figura 79. Hietograma de precipitación para periodos de retorno de 25,50 y 100 años	164
Figura 80. Modelo de cuenca (HEC-HMS)	165
Figura 81. Data de pérdida y transformación en el componente Modelo de Cuenca	166
Figura 82. Modelo meteorológico (HEC-HMS)	166
Figura 83. Especificación de controles para la simulación de caudales en HEC-HMS	166
Figura 84. Serie de datos requerida en el componente “Datos de series de tiempo”	167
Figura 85. Resultado de simulación para 25 años de retorno	168
Figura 86. Secuencia del flujo en el tiempo para un periodo de retorno de 25 años	168
Figura 87. Resultado de simulación para 50 años de retorno	168
Figura 88. Secuencia del flujo en el tiempo para un periodo de retorno de 50 años	169
Figura 89. Resultado de simulación para 100 años de retorno	169
Figura 90. Secuencia del flujo en el tiempo para un periodo de retorno de 100 años	169
Figura 91. Clasificación de terrenos por la permeabilidad	170
Figura 92. Valores de permeabilidad de los principales tipos de suelos	171
Figura 93. Manantes y humedales de la C.C. de Qquehwar	175
Figura 94. Mapa Hidrogeológico de la Comunidad Campesina de Qquehwar	176
Figura 95. Perfil del río Ccancahua en el (a) puente Ccancahua y (b) recta del colegio Tupac Amaru	177
Figura 96. Vista de ortomosaico generado y modelo digital de elevación del área de estudio. .	180
Figura 97. Generación de curvas de nivel del área de estudio	180
Figura 98. Hidrograma de caudales de entrada para periodos de retorno de 25, 50 y 100 años.	181
Figura 99. Asignación de valores de rugosidad a la zona de estudio en el software GIS	183
Figura 100. Curvas granulométricas de las muestras recolectadas	184
Figura 101. Vista de la topografía o terreno en RAS MAPPER	185
Figura 102. Mallado del canal del río Ccancahua y llanuras de inundación u zonas aledañas. .	186
Figura 103. Asignación de los valores de los coeficientes de Manning en el software HEC-RAS	187
Figura 104. Asignación de los valores de número de curva a la zona de estudio en HEC-RAS	187
Figura 105. Asignación de las condiciones de contorno (entrada) en HEC-RAS.	188
Figura 106. Condiciones de contorno para la simulación en Hec-ras	189
Figura 107. Asignación de los parámetros reológicos para un flujo no Newtoniano en Hec-ras	190
Figura 108. Parámetros de tiempo de cómputo en Hec-ras	191
Figura 109. Relación del esfuerzo de corte vs tasa de deformación del flujo simulado.	192
Figura 110. Altura de flujo para un Tr de 25 años	193
Figura 111. Velocidad del flujo para un Tr de 25 años	193
Figura 112. Altura de flujo para un Tr de 50 años	194



Figura 113. Velocidad del flujo para un Tr de 50 años	195
Figura 114. Altura de flujo para un Tr de 100 años.....	196
Figura 115. Velocidad del flujo para un Tr de 100 años	196
Figura 116. Identificación, caracterización y descripción del peligro	198
Figura 117. Mapa geológico del flujo de detritos acumulado en el sector Suchu Q'uchu	199
Figura 118. Perfiles transversales del flujo de detritos acumulado en el sector Suchu Q'uchu .	200
Figura 119. Mapa de elementos expuestos de la C.C. de Qquehuar.....	213
Figura 120. Mapa de peligro por flujo hiperconcentrado para TR=25 años.....	216
Figura 121. Mapa de peligro por flujo hiperconcentrado para TR=50 años.....	217
Figura 122. Mapa de peligro por flujo hiperconcentrado para TR=100 años.....	218
Figura 123. Mapa de Vulnerabilidad de la Comunidad Campesina de Qquehuar.....	241
Figura 124. Metodología aplicada para determinar los niveles de riesgo en los márgenes del río Ccancahua en la C.C. de Qquehuar	242
Figura 125. Mapa de riesgo por flujo hiperconcentrado para un TR=25 años	245
Figura 126. Mapa de riesgo por flujo hiperconcentrado para un TR=50 años	246
Figura 127. Mapa de riesgo por flujo hiperconcentrado para un TR=100 años	247
Figura 128. Sectores críticos a desbordes por flujos en el cauce del río Ccancahua.....	249
Figura 129. Puentes construidos sobre el río Ccancahua.....	250
Figura 130. Perfil de los puentes construidos sobre el río Ccancahua.....	252



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación política de la zona de estudio	6
Tabla 2. Ubicación geográfica y UTM del área de estudio	6
Tabla 3. Accesibilidad a la Comunidad Campesina de Qquehuar	7
Tabla 4. Matriz de operacionalización de variables del peligro geológico.....	14
Tabla 5. Matriz de operacionalización de variables de la vulnerabilidad	15
Tabla 6. Tipos de movimientos en masa.....	22
Tabla 7. Clasificación de flujos según Costa (1988)	28
Tabla 8. Rangos aproximados en las concentraciones totales de sedimentos suspendidos	28
Tabla 9. Tabla de valores de coeficiente de rugosidad n	32
Tabla 10. Valores para el cálculo del coeficiente de rugosidad mediante el método de Cowan ..	33
Tabla 11. Propiedades de las matrices de flujos (solo limos y arcillas)	46
Tabla 12. Esfuerzo de cedencia y viscosidad de las matrices de flujos	46
Tabla 13. Clasificación de pendientes	59
Tabla 14. Datos de rumbos y buzamientos medidos de la falla Amaru.....	99
Tabla 15. Familias de discontinuidades de Huancané 1.	111
Tabla 16. Valorización del macizo rocoso Huancané 01.....	112
Tabla 17. Valorización del macizo rocoso Muni 01.	112
Tabla 18. División hidrográfica según la clasificación PFAFSTETTER para la microcuenca Ccancahua	123
Tabla 19. División hidrográfica de la cuenca Alto Río Vilcanota	124
Tabla 20. División Hidrográfica de la Intercuenca 4994985.....	124
Tabla 21. Clasificación de áreas de cuencas hidrográficas	128
Tabla 22. Clasificación del Coeficiente de Compacidad o Gravelius	130
Tabla 23. Clasificación de Factor Forma	131
Tabla 24. Clasificación de una cuenca de acuerdo a su pendiente	133
Tabla 25. Cálculos para la pendiente de la microcuenca Ccancahua	133
Tabla 26. Cálculos para la obtención de la curva hipsométrica.....	134
Tabla 27. Cálculos para la obtención de la altitud de frecuencia media.....	137
Tabla 28. Tabla resumen de la longitud de drenajes.....	139
Tabla 29. Tabla resumen de los valores de relación de bifurcación	139
Tabla 30. Temperaturas Media, Máxima y Mínima Promedio Mensual de la estación Sicuani	141
Tabla 31. Humedad relativa media mensual (%).....	142
Tabla 32. Cálculo de la evapotranspiración de la microcuenca Ccancahua	143
Tabla 33. Registro de la estación meteorológica Sicuani	143
Tabla 34. Tabla de las precipitaciones mensuales acumuladas	144
Tabla 35. Tabla de las precipitaciones máximas acumuladas en 24 hrs	145
Tabla 36. Tabla de coeficiente de escorrentía.....	146
Tabla 37. Números de curva según cobertura de suelo	147
Tabla 38. Uso de suelos en la microcuenca Ccancahua.....	148



Tabla 39. Grupo hidrológico del suelo	148
Tabla 40. Número de curva de la microcuenca Ccancahua	149
Tabla 41. Parámetros estadísticos para la precipitación máxima en 24 hrs de la estación Sicuani	154
Tabla 42. Cuadro resumen de prueba de datos dudosos	155
Tabla 43. Pruebas de bondad de ajuste de precipitaciones máximas en 24 hrs	156
Tabla 44 . Resumen de los resultados de ajuste de distribución	157
Tabla 45. Precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno dada por los softwares Hidroesta y Easyfit.....	157
Tabla 46. Precipitaciones de diseño obtenidas en base a la precipitación máxima en 24 horas.	159
Tabla 47. Intensidades de diseño obtenidas en base a la precipitación máxima en 24 horas para diferentes periodos de retorno.....	160
Tabla 48. Cuadro resumen del análisis de regresión múltiple para el cálculo de las constantes K,m y n.....	161
Tabla 49. Intensidades máximas de lluvia para varios tiempos de duración de lluvias.....	161
Tabla 50. Valores de precipitación en 24 horas para diferentes periodos de retorno	163
Tabla 51. Cuadro resumen de estimación de caudales máximos para diferentes periodos de retorno	170
Tabla 52. Inventario de manantes aflorantes en la C.C. de Qquehuar.....	174
Tabla 53. Caudal y velocidad del río Ccancahua obtenido con la ecuación de Manning.....	177
Tabla 54. Número de Froude del río Ccancahua	178
Tabla 55. Número de Reynolds del río Ccancahua.....	178
Tabla 56. Datos de sección obtenidos para diferentes caudales para el gasto sólido de fondo ..	178
Tabla 57. Gasto sólido de fondo en m ³ /s del río Ccancahua para diferentes caudales	179
Tabla 58. Cuadro de asignación de coeficiente de rugosidad para el canal del río Ccancahua..	182
Tabla 59. Asignación del coeficiente de rugosidad para las zonas de llanura de inundación	182
Tabla 60. Distribución porcentual granulométrica de las muestras recolectadas	184
Tabla 61. Parámetros reológicos para la matriz del flujo hiperconcentrado.....	185
Tabla 62. Caudales totales para la simulación	190
Tabla 63. Análisis del flujo para Tr de 25 años (Q _{lp} =10.4 m ³ /s)	192
Tabla 64. Análisis del flujo para Tr de 50 años (Q _{lp} =13.1 m ³ /s)	194
Tabla 65. Análisis del flujo para Tr de 100 años (Q _{lp} =16.4 m ³ /s)	195
Tabla 66. Descriptores del parámetro altura de flujo hiperconcentrado	201
Tabla 67. Descriptores del parámetro velocidad de flujo hiperconcentrado	202
Tabla 68. Matriz de comparación de pares de descriptores de la altura de flujo	202
Tabla 69. Matriz normalizada de descriptores de la altura de flujo.....	202
Tabla 70. Índice y relación de consistencia de descriptores de la altura de flujo	202
Tabla 71. Matriz de comparación de pares de descriptores de la velocidad de flujo	203
Tabla 72. Matriz normalizada de descriptores de la velocidad de flujo	203
Tabla 73. Índice y relación de consistencia de descriptores de la velocidad de flujo.....	203



Tabla 74. Matriz de comparación de pares de los factores condicionantes	204
Tabla 75. Matriz de normalización de los factores condicionantes	204
Tabla 76. Índice y relación de consistencia de los factores condicionantes	204
Tabla 77. Descriptores del parámetro “Pendiente”	204
Tabla 78. Matriz de comparación de pares del parámetro: Pendiente	205
Tabla 79. Matriz de normalización de pares del parámetro: Pendiente	205
Tabla 80. Índice y relación de consistencia del parámetro: Pendiente	205
Tabla 81. Descriptores del parámetro “Geomorfología”	205
Tabla 82. Matriz de comparación de pares del parámetro: Geomorfología	206
Tabla 83. Matriz de normalización de pares del parámetro: Geomorfología	206
Tabla 84. Índice y relación de consistencia del parámetro: Geomorfología.....	206
Tabla 85. Descriptores del parámetro “Geología”	206
Tabla 86. Matriz de comparación de pares del parámetro: Geología.	207
Tabla 87. Matriz de normalización de pares del parámetro: Geología	207
Tabla 88. Índice y relación de consistencia del parámetro: Geología	207
Tabla 89. Descriptores del parámetro “Hidrogeología”	207
Tabla 90. Matriz de comparación de pares del parámetro: Hidrogeología.....	208
Tabla 91. Matriz de normalización de pares del parámetro: Hidrogeología.....	208
Tabla 92. Índice y relación de consistencia del parámetro: Hidrogeologia.....	208
Tabla 93. Descriptores del factor desencadenante	209
Tabla 94. Matriz de comparación de pares del parámetro: Precipitaciones máximas en 1 día ..	209
Tabla 95. Matriz de normalización de pares del parámetro: Precipitaciones máximas en 1 día	209
Tabla 96. Índice y relación de consistencia del parámetro: Precipitaciones máximas en 1 día.	209
Tabla 97. Población por grupo etario.....	210
Tabla 98. Instituciones Educativas expuestas al peligro.....	210
Tabla 99. Determinación de la susceptibilidad	214
Tabla 100. Determinación del peligro	214
Tabla 101. Niveles del peligro	214
Tabla 102. Niveles del peligro por flujo hiperconcentrado	215
Tabla 103. Matriz de comparación de pares de las dimensiones de vulnerabilidad	219
Tabla 104. Matriz de normalización de las dimensiones de vulnerabilidad	219
Tabla 105. Índice y relación de consistencia de las dimensiones de vulnerabilidad	219
Tabla 106. Matriz de comparación de los componentes de la dimensión social	220
Tabla 107. Matriz de normalización de los componentes de la dimensión social	220
Tabla 108. Índice y relación de consistencia de las dimensiones de vulnerabilidad.	220
Tabla 109. Matriz de comparación de pares del parámetro: Número de habitantes por lote	220
Tabla 110. Matriz de normalización de pares del parámetro: Número de habitantes por lote ...	221
Tabla 111. Índice y relación de consistencia del parámetro: Número de habitantes por lote.....	221
Tabla 112. Matriz de comparación de pares del parámetro: Grupo etario.....	221
Tabla 113. Matriz de normalización de pares del parámetro: Grupo etario	221



Tabla 114. Índice y relación de consistencia del parámetro: Grupo etario.....	221
Tabla 115. Matriz de comparación de pares del parámetro: Acceso a servicios básicos	222
Tabla 116. Matriz de normalización de pares del parámetro: Acceso a servicios básicos	222
Tabla 117. Índice y relación de consistencia del parámetro: Acceso a servicios básicos	222
Tabla 118. Matriz de comparación de los parámetros de la resiliencia social.....	222
Tabla 119. Matriz de normalización de los parámetros de la resiliencia social.	223
Tabla 120. Índice y relación de consistencia de los parámetros de la resiliencia social.....	223
Tabla 121. Matriz de comparación de pares del parámetro: Capacitación en temas de GRD....	223
Tabla 122. Matriz de normalización de pares del parámetro: Capacitación en temas de GRD .	224
Tabla 123. Índice y relación de consistencia del parámetro: Capacitación en temas de GRD...	224
Tabla 124. Matriz de comparación de pares del parámetro: Actitud frente al riesgo	224
Tabla 125. Matriz de normalización de pares del parámetro: Actitud frente al riesgo.....	225
Tabla 126. Índice y relación de consistencia del parámetro: Actitud frente al riesgo	225
Tabla 127. Matriz de comparación de pares del parámetro: Tipo de seguro	225
Tabla 128. Matriz de normalización de pares del parámetro: Tipo de seguro.....	226
Tabla 129. Índice y relación de consistencia del parámetro: Tipo de seguro	226
Tabla 130. Matriz de comparación de los componentes de la dimensión económica	226
Tabla 131. Matriz de normalización de los componentes de la dimensión económica	226
Tabla 132. Índice y relación de consistencia de las dimensiones de vulnerabilidad	226
Tabla 133. Matriz de comparación de pares del parámetro: Localización de la edificación.....	227
Tabla 134. Matriz de normalización de pares del parámetro: Localización de la edificación....	227
Tabla 135. Índice y relación de consistencia del parámetro: Localización de la edificación.....	227
Tabla 136. Matriz de comparación de los parámetros de la fragilidad económica.....	228
Tabla 137. Matriz de normalización de los parámetros de la fragilidad económica	228
Tabla 138. Índice y relación de consistencia de los parámetros de la fragilidad económica	228
Tabla 139. Matriz de comparación de pares del parámetro: Estado de conservación de la edificación.....	228
Tabla 140. Matriz de normalización de pares del parámetro: Estado de conservación de la edificación.....	229
Tabla 141. Índice y relación de consistencia del parámetro: Estado de conservación de la edificación.....	229
Tabla 142. Matriz de comparación de pares del parámetro: Material de construcción de la edificación.....	229
Tabla 143. Matriz de normalización de pares del parámetro: Material de construcción de la edificación.....	229
Tabla 144. Índice y relación de consistencia del parámetro: Material de construcción de la edificación.....	229
Tabla 145. Matriz de comparación de pares del parámetro: Número de pisos.....	230
Tabla 146. Matriz de normalización de pares del parámetro: Incumplimiento de procedimientos constructivos de acuerdo a la normatividad vigente	230



Tabla 147. Índice y relación de consistencia del parámetro: Incumplimiento de procedimientos constructivos de acuerdo a la normatividad vigente	230
Tabla 148. Matriz de comparación de los parámetros de la resiliencia económica.....	230
Tabla 149. Matriz de normalización de los parámetros de la resiliencia económica	231
Tabla 150. Índice y relación de consistencia de los parámetros de la resiliencia económica.....	231
Tabla 151. Matriz de comparación de pares del parámetro: Ingreso familiar promedio mensual	231
Tabla 152. Matriz de normalización de pares del parámetro: Ingreso familiar promedio mensual	231
Tabla 153. Índice y relación de consistencia del parámetro: Ingreso familiar promedio mensual	231
Tabla 154. Matriz de comparación de pares del parámetro: Población económicamente activa.	232
Tabla 155. Matriz de normalización de pares del parámetro: Población económicamente activa	232
Tabla 156. Índice y relación de consistencia del parámetro: Población económicamente activa	232
Tabla 157. Matriz de comparación de pares del parámetro: Organización institucional.....	233
Tabla 158. Matriz de normalización de pares del parámetro: Organización institucional	233
Tabla 159. Índice y relación de consistencia del parámetro: Organización institucional.....	234
Tabla 160. Matriz de comparación de los componentes de la dimensión ambiental.....	234
Tabla 161. Matriz de normalización de los componentes de la dimensión ambiental	234
Tabla 162. Índice y relación de consistencia de los componentes de la dimensión ambiental... ..	234
Tabla 163. Matriz de comparación de pares del parámetro: Cercanía de residuos sólidos	234
Tabla 164. Matriz de normalización de pares del parámetro: Cercanía de residuos sólidos	235
Tabla 165. Índice y relación de consistencia del parámetro: Cercanía a residuos sólidos	235
Tabla 166. Matriz de comparación de pares del parámetro: Pérdida de suelos.....	235
Tabla 167. Matriz de normalización de pares del parámetro: Pérdida de suelos.....	236
Tabla 168. Índice y relación de consistencia del parámetro: Pérdida de suelos	236
Tabla 169. Matriz de comparación de pares del parámetro: Disposición de residuos sólidos ...	236
Tabla 170. Matriz de normalización de pares del parámetro: Disposición de residuos sólidos .	237
Tabla 171. Índice y relación de consistencia del parámetro: Disposición de residuos sólidos ..	237
Tabla 172. Matriz de comparación de pares del parámetro: Capacitación en temas de conservación ambiental.....	237
Tabla 173. Matriz de normalización de pares del parámetro: Capacitación en temas de conservación ambiental.....	237
Tabla 174. Índice y relación de consistencia del parámetro: Capacitación en temas de conservación ambiental.....	238
Tabla 175. Cuadro resumen de ponderación de la Vulnerabilidad Social	238
Tabla 176. Cuadro resumen de ponderación de la Vulnerabilidad Económica	238



Tabla 177. Cuadro resumen de ponderación de la Vulnerabilidad Ambiental	239
Tabla 178. Niveles de vulnerabilidad	239
Tabla 179. Estratificación de los niveles de vulnerabilidad	240
Tabla 180. Cálculo de los límites de los niveles de riesgo	243
Tabla 181. Niveles de riesgo.....	243
Tabla 182. Estratificación de los niveles de riesgo.....	244
Tabla 183. Características de los puentes construidos sobre el río Ccancahua	250
Tabla 184. Análisis de socavación general en los puentes de la C.C. de Qquehuar.....	251
Tabla 185. Análisis de socavación local en estribos de los puentes de la C.C. de Qquehuar.....	251



RESUMEN

El presente trabajo de investigación, titulado "EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO EN LOS MÁRGENES DEL RÍO CCANCAHUA EN LA C.C. DE QQUEHUAR, EN EL DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA DE CANCHIS, REGIÓN CUSCO, 2023", tuvo por objetivo determinar los niveles de riesgo asociados con los flujos hiperconcentrados. Para ello, se ha considerado el potencial de transporte de sedimentos provocado por aumentos de caudal del río Ccancahua, lo que pueden dar lugar a este tipo de flujos. La metodología empleada fue de tipo aplicada, con un enfoque mixto, de nivel descriptivo-correlacional y con un diseño no experimental. El análisis del peligro, consistió en identificar los factores condicionantes como las formaciones geológicas, geomorfológicas, hidrogeológicas; así como caracterizar los fenómenos de geodinámica externa en la zona de estudio. Posteriormente identificar el factor desencadenante “precipitación máxima en 24 h”, donde mediante el análisis hidrológico a partir de los parámetros morfométricos y la data meteorológica de la microcuenca, se genera caudales máximos a través del software HEC-HMS; aplicándose el modelo reológico plástico de Bingham para el modelado numérico bidimensional de este flujo con el software HEC-RAS. Utilizándose la metodología del CENEPRED para el análisis del peligro, vulnerabilidad y riesgo. El análisis de la vulnerabilidad se llevó a cabo mediante encuestas censales realizadas a la población Qquehuareña circundante al río Ccancahua. Los resultados del análisis de peligro y vulnerabilidad, nos proporciona el nivel de riesgo de cada lote, estableciendo así niveles de riesgo “medio”, “alto” y “muy alto” para el área de estudio. Finalmente, se proponen medidas correctivas de carácter estructural y no estructural para el cauce del río Ccancahua.

PALABRAS CLAVES: Evaluación del riesgo geológico, flujos hiperconcentrados, reología, modelamiento hidráulico.



ABSTRACT

The present research work, entitled "GEOLOGICAL RISK ASSESSMENT FOR HYPERCONCENTRATED FLOW ON THE BANKS OF THE CCANCAHUA RIVER IN THE C.C. OF QQUEHUAR, IN THE DISTRICT OF SICUANI, PROVINCE OF CANCHIS, REGION OF CUSCO, 2023", aimed to determine of risk levels associated with hyperconcentrated flows. Therefore, the potential for sediment transport caused by increases in the flow of the Ccancahua River has been considered, which can give rise to this type of flow. The methodology used was of the applied type, with a mixed approach, descriptive-correlational level and with a non-experimental design. The hazard analysis consisted of identifying the conditioning factors such as geological, geomorphological and hydrogeological formations, as well as characterizing the external geodynamic phenomena in the study area. Subsequently, identify the triggering factor “maximum rainfall in 24 h”, the hydrological analysis, based on morphometric parameters and meteorological data of the microbasin, generates maximum flows through the HEC-HMS software, applying the Bingham plastic rheological model for the two-dimensional numerical modeling of this flow with the HEC-RAS software. The CENEPRED methodology was used for the hazard, vulnerability and risk analysis. The analysis of the vulnerability was determined by means of census surveys of the population surrounding the Ccancahua river. The results of the hazard and vulnerability analysis provide us with the risk level of each lot, thus establishing “medium”, “high” and “very high” risk levels for the study area. Finally, structural and non-structural corrective measures are proposed for the Ccancahua riverbed.

KEY WORDS: Geological risk assessment, hyperconcentrated flows, rheology, hydraulic modeling.



INTRODUCCIÓN

La región andina presenta precipitaciones con un comportamiento estacionario, con un incremento entre los meses de noviembre a marzo, con precipitaciones promedios mayores a 67 mm acumuladas mensualmente, este comportamiento trae consigo el incremento del caudal en los ríos como es el caso del río Ccancahua, el cual además de presentar variaciones considerables en su caudal, también tiene el potencial de transportar grandes cantidades de sedimentos debido al encuentro de sus aguas con la vertiente de deslizamiento y aluvio-torrencial Suchu Q'uchu, constituyéndose entonces un denominado flujo hiperconcentrado.

La presente investigación está enfocada en determinar el riesgo geológico por flujo hiperconcentrado, el cual resulta esencial para una adecuada planificación de medidas estructurales y no estructurales con el fin de salvaguardar la integridad social, económica y ambiental en el territorio de la C.C. de Qquehwar, desarrollándose los siguientes capítulos.

Capítulo I, se describen los aspectos básicos del territorio de la C.C. de Qquehwar tales como ubicación y accesibilidad, en seguida se describe el planteamiento del problema. Se detalla la justificación para realizar esta investigación según su relevancia social, su implicancia práctica y teórica, y su utilidad metodológica. Se establecen los objetivos de la investigación y sus limitaciones. Se aborda el fundamento teórico en un marco referencial, teórico y conceptual; finalmente se presenta la metodología de la investigación

Capítulo II, se muestra el mapeo geomorfológico a una escala 1:50000 en la zona media-alta de la cuenca, y un mapeo a detalle en la zona baja de la cuenca, en este capítulo se identifican geoformas de unidades de montañas, colinas, piedemontes y planicies. En el ámbito local se describen las pendientes del terreno.



Capítulo III, de la misma manera se muestra el mapeo geológico a una escala 1:50000 en la zona media-alta de la cuenca, y un mapeo a detalle en la zona baja de la cuenca; se identifican unidades litoestratigráficas Silúrico- Devónicas conocidas como Formación Ananea hasta depósitos del periodo cuaternario.

Capítulo IV, se detallan las características de los movimientos en masa en la C.C. de Quechuar, se hace énfasis en la quebrada Suchu Q'uchu (principal zona de aporte de sedimentos), en seguida se presentan mapas de los movimientos en masa en diferentes sectores de la zona de estudio.

Capítulo V, se abarca la microcuenca Ccancahua desde el aspecto hidrológico, se realiza el análisis de los parámetros morfométricos y de la información meteorológica; a partir de los datos estimados y validados de precipitaciones máximas de 40.99, 43.62 y 46.43 mm/día se generan caudales máximos de 10.4, 13.1 y 16.4 m³/s, para periodos de retorno de 25, 50 y 100 años respectivamente. En seguida se clasifican las unidades hidrogeológicas de la zona de estudio.

Capítulo VI, en base al capítulo anterior se utiliza el software de simulación Hec-ras en su versión 6.4.1, aplicando el modelo numérico reológico de Bingham para fluidos no newtonianos, donde se asignan los coeficientes empíricos de la muestra Glenwood 2 de las tablas de O'brien & Julien (1988) para los parámetros reológicos, debido a la similitud de las muestras de los depósitos susceptibles a sufrir transporte para formar el flujo hiperconcentrado. De esta manera se genera la simulación de la altura y velocidad de flujos hiperconcentrados ante eventos de crecidas extremas en la microcuenca Ccancahua



Capítulo VII, se determinan los niveles de peligro por flujo hiperconcentrado a partir de la evaluación de los factores condicionantes “geomorfología, geología, hidrogeología y pendientes”; del factor desencadenante “precipitaciones máximas en 24 horas” y de los parámetros de evaluación “altura y velocidad de flujo” para periodos de retorno de 25,50 y 100 años.

Capítulo VIII, se determinan los niveles de vulnerabilidad de 593 edificaciones de la C.C. de Quechuar; en donde se evalúan las dimensiones social, económica y ambiental, siendo los parámetros de mayor peso el número de personas por lote, el grupo etario, el material de construcción y la localización de las viviendas.

Capítulo IX, se detalla la obtención de los niveles de riesgo a partir del producto del peligro por la vulnerabilidad (siguiendo la metodología del CENEPRED), este cálculo se realiza con los Software Gis y da como resultado tres mapas de riesgo por flujo hiperconcentrado (para periodos de retorno de 25, 50 y 100 años), evidenciando que el sector de mayor riesgo es el cercano al inicio del flujo y al cauce del río Ccancahua, y que el nivel predominante en la zona de estudio es el riesgo alto.

Capítulo X, se realiza el análisis de resultados, a partir de la zonificación de riesgo y del resultado de la simulación del flujo hiperconcentrado.

Finalmente se realizan las conclusiones en función de los objetivos planteados en la presente investigación, se detallan algunas recomendaciones a la problemática estudiada y en anexos mostramos las medidas estructurales y no estructurales recomendadas ante flujos hiperconcentrados.



CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES

1.1. UBICACIÓN

El área de estudio del presente trabajo de investigación está ubicada en la población ribereña de la comunidad campesina de Qquehwar al río Ccancahua.

1.1.1. UBICACIÓN POLÍTICA

Localizado al sureste de la ciudad del Cusco, perteneciente al distrito de Sicuani, provincia de Canchis, departamento del Cusco (Tabla 1, Fig. 1).

Tabla 1. Ubicación política de la zona de estudio

Departamento:	Cusco
Provincia:	Canchis
Distrito:	Sicuani

Fuente: Elaboración Propia

1.1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y UTM

Geográficamente, la C.C. de Qquehwar está ubicado en las siguientes coordenadas (Tabla 2, Fig. 1)

Tabla 2. Ubicación geográfica y UTM del área de estudio

COORDENADAS GEOGRÁFICAS		COORDENADAS UTM		ALTITUD MEDIA
LATITUD	LONGITUD	ESTE	NORTE	msnm
14°14'12.36" S	71°16'10.54" W	255101.29	8424895.08	3520 msnm

Fuente: Adaptado de Google Earth Pro

1.2. ACCESIBILIDAD

El acceso principal para la C.C. de Qquehwar es la carretera asfaltada Cusco- Sicuani, debido a que la comunidad campesina de Qquehwar se encuentra a 10 minutos antes de llegar a la



ciudad de Sicuani es recomendable bajar en el paradero Onocora, que se encuentra en la plaza de dicha comunidad (Tabla 03).

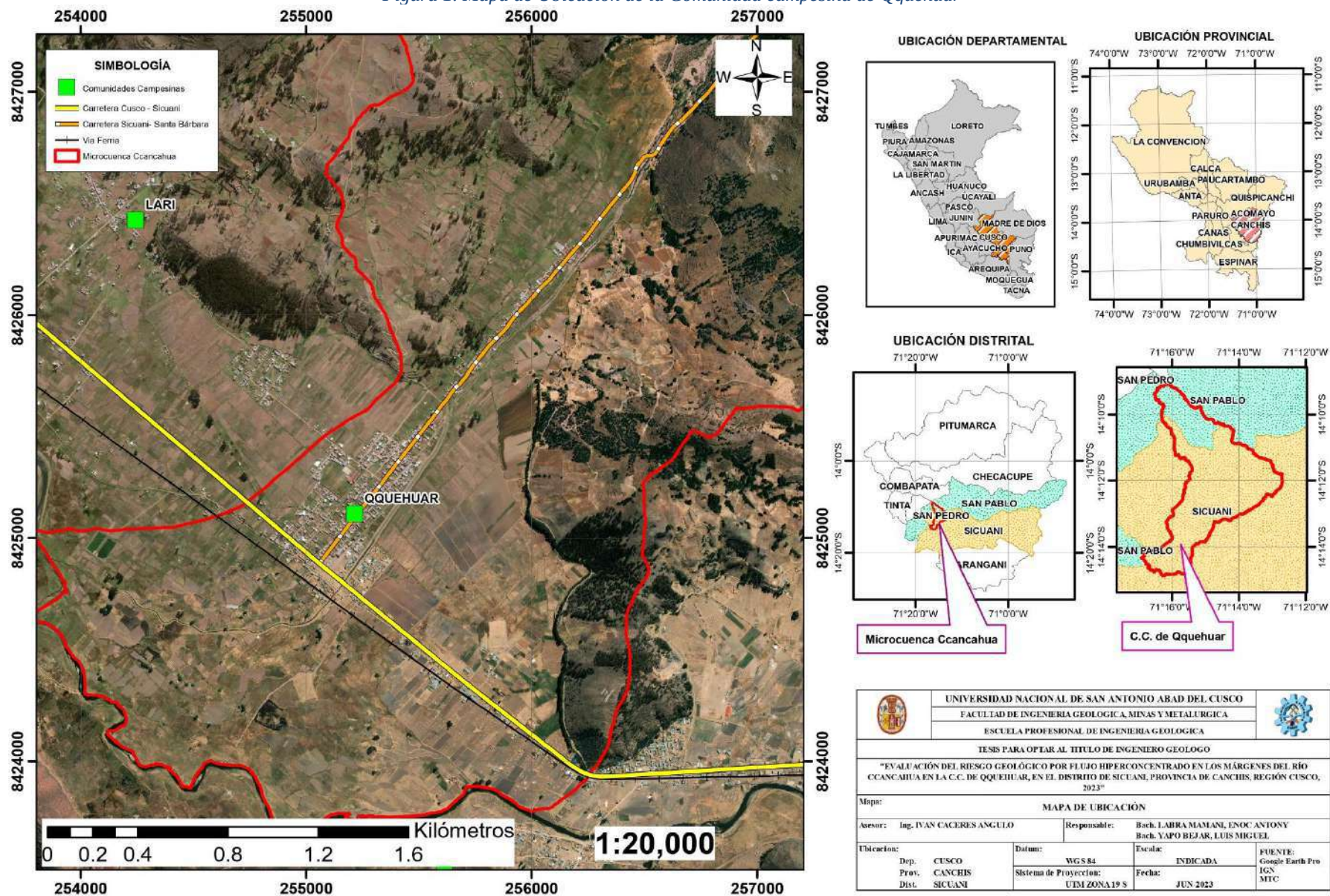
Tabla 3. Accesibilidad a la Comunidad Campesina de Qquehuar

DESDE	HASTA	TIPO DE VIA	TIEMPO	DISTANCIA (KM)
Cusco	Sicuani	Asfaltada	3 h	140+000
Sicuani	Qquehuar	Asfaltada	20 min	7+000
Cusco	Qquehuar	Asfaltada	2 h 40 min	133+000

Fuente: Adaptado del Google Maps



Figura 1. Mapa de Ubicación de la Comunidad campesina de Qquehwar





1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La microcuenca Ccancahua regularmente ha registrado umbrales de precipitación $RR > 27,7$ mm/día, caracterizado por el SENAMHI como extremadamente lluvioso para la estación meteorológica Sicuani, el cual genera la acumulación de la escorrentía superficial y el incremento en el caudal del río Ccancahua, el mismo que atraviesa una zona de constante aporte de sedimentos caracterizada como depósito de flujo de detritos, ubicada en la base de la quebrada Suchu Q'uchu, donde este flujo de agua tiene el potencial de arrastrar estos sedimentos y formar un flujo hiperconcentrado que por la pendiente del terreno podría avanzar hacia el poblado Qquehwar, y depositando sus sedimentos granulares a lo largo del cauce del río Ccancahua, obstruyendo y generando desbordamientos, por ende afectando viviendas y actividades socioeconómicas de la población que está asentada en los márgenes del río.

Según la información recopilada de los pobladores más antiguos, mencionan que entre los años 1960 al 2018 se suscitaron periódicamente desbordes del río por aumento del caudal del río, afectando a la población ribereña, ante esto se realizaron trabajos de descolmatación de manera rutinaria por parte de la población, formando defensas ribereñas con el material removido, pero no siendo suficiente debido a la acumulación de sedimentos. Un claro ejemplo de lo mencionado es el último evento de desborde por flujo hiperconcentrado ocurrido la noche del 9 de febrero del 2018, donde se presentó una precipitación acumulada de 36.1 mm/día, causando un incremento del caudal y consecuente desborde del río Ccancahua; el cual según el reporte N° 736/11-02-2018 del COEN (2018), afectó diez viviendas y a la Institución Educativa 56022 Ccochacunca, sin embargo según testimonios de los pobladores las aguas del flujo se movilizaron por toda la Av. principal de la comunidad, afectando viviendas y terrenos de cultivo en ambos márgenes del río.



Ya ante estos hechos, el INDECI & PNUD (2005) realizó un “estudio de peligros en la ciudad de Sicuani y la C.C. de Qquehwar”, caracterizando los márgenes del río Ccancahua en la C.C. Qquehwar con un peligro alto frente a inundaciones, de la misma manera, en este informe se estimaron desbordes parciales del río Ccancahua para periodos de retorno de 5,10 y 20 años y desbordes totales para periodos a partir de 50 años, donde no se tomó en cuenta la concentración volumétrica de los sedimentos en el flujo, ni se realizó un modelamiento hidráulico para los periodos de retorno. Ante este informe, las autoridades municipales y provinciales no han ejecutado las medidas estructurales como defensas ribereñas en el cauce del río, ni se brindó la capacitación a la población en estos temas de interés y no identificándose las zonas de peligro y riesgo alto y muy alto, teniendo como consecuencia la carencia de planes de acción, y la alta vulnerabilidad de la población frente al impacto de este peligro.

En consecuencia, para prevenir, reducir y prepararse frente a un posible desborde del río, se hace necesaria la realización de un estudio a detalle del riesgo geológico por flujo hiperconcentrado.

1.3.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el riesgo geológico por flujo hiperconcentrado en los márgenes del río Ccancahua en la CC. de Qquehwar?

1.3.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿De qué manera influyen las formaciones geológicas, geomorfológicas y los fenómenos de geodinámica externa en la formación de flujos hiperconcentrados?
- ¿Cuáles son los parámetros morfométricos de la microcuenca Ccancahua, que dan origen a la formación de flujos hiperconcentrados?



- ¿Cuáles son los niveles de peligro por flujo hiperconcentrado en los márgenes del río Ccancahua en la CC. de Qquehwar?
- ¿Cuáles son los niveles de vulnerabilidad de la población de la C.C. de Qquehwar en los márgenes del río Ccancahua?
- ¿Cuáles son los niveles de riesgo geológico por flujo hiperconcentrado en base al modelamiento numérico con software HEC-RAS?

1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

JUSTIFICACIÓN SOCIAL. -Esta investigación busca ofrecer un análisis detallado de los niveles de peligro y vulnerabilidad para evaluar el nivel del riesgo geológico por flujo hiperconcentrado en la zona ribereña al río Ccancahua, el cual permitirá alertar a la población y a las autoridades de los niveles de riesgo a los que están expuestos ante la ocurrencia del peligro.

JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA. -La investigación beneficiará a 1312 personas que fueron encuestadas en el presente estudio, ya que servirá de base para proponer medidas preventivas, de reducción y mitigación frente a este peligro con el fin de salvaguardar la integridad social, económica y ambiental en el territorio de la C.C. de Qquehwar.

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA. -Aportará conocimiento nuevo y detallado de la zonificación de vulnerabilidad, peligro y riesgo y brindará un modelo computacional del flujo hiperconcentrado en la C.C. de Qquehwar, que puede ser utilizado para estudios posteriores y como fuente de consulta en la toma de decisiones por parte de las autoridades locales.

JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA. - La justificación metodológica se basó en la aplicación de los modelos geológicos en la simulación computacional de un flujo hiperconcentrado.



1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el riesgo geológico por flujo hiperconcentrado en los márgenes del río Ccancahua en la CC. de Qquehwar.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la influencia de las formaciones geológicas, geomorfológicas y los fenómenos de geodinámica externa que influyen en la formación de flujos hiperconcentrados.
- Determinar los parámetros morfométricos de la microcuenca Ccancahua que originan la formación de flujos hiperconcentrados.
- Determinar los niveles de peligro por flujo hiperconcentrado en los márgenes del río Ccancahua en la CC. de Qquehwar.
- Determinar los niveles de vulnerabilidad de la población de la C.C. de Qquehwar en los márgenes del río Ccancahua.
- Determinar los niveles de riesgo geológico por flujo hiperconcentrado en base al modelamiento numérico con el software HEC-RAS.

1.6. HIPÓTESIS

1.6.1. HIPÓTESIS GENERAL

La población de la C.C. de Qquehwar circundante al río C.C. Ccancahua, debido a su proximidad al río Ccancahua, así como de su condición de vulnerabilidad como la antigüedad y material de las viviendas presenta un nivel de riesgo de medio a alto ante estos flujos.

1.6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Los fenómenos de geodinámica externa que afectan áreas inestables, acumulan sedimentos granulares en forma de conos aluviales en la base de las quebradas, los cuales



pueden ser erosionados por el aumento u crecida del caudal del río, y de esa manera formar flujos hiperconcentrados.

- Los parámetros morfométricos como el área, la pendiente de la cuenca, la longitud del cauce principal afecta en la formación de caudales más altos, provocando la formación de flujos hiperconcentrados, los cuales generarán zonas inundables en zonas bajas.
- Los niveles de peligro por flujo hiperconcentrado en las márgenes del río Ccancahua son de medio a alto debido a la incidencia de los factores condicionantes, a la altura y velocidad del flujo hiperconcentrado desencadenado por las lluvias intensas.
- El crecimiento urbanístico, la ubicación de las viviendas, el material de construcción y la antigüedad de las viviendas, determinan que el nivel de vulnerabilidad sea alto en la población circundante al río Ccancahua.

1.7. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

1.7.1. VARIABLE DEPENDIENTE

- Evaluación del riesgo geológico

1.7.2. VARIABLES INDEPENDIENTES

- Peligro por flujo hiperconcentrado
- Vulnerabilidad

1.7.3. DIMENSIONES

Dimensiones del peligro por flujo hiperconcentrado: Geología, geomorfología, geodinámica externa, hidrología, hidráulica (Tabla 4).

Dimensiones de la vulnerabilidad: Exposición, fragilidad, resiliencia (Tabla 5).



1.7.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 4. Matriz de operacionalización de variables del peligro geológico

VARIABLES DEPENDIENTES	VARIABLES INDEPENDIENTES	DIMENSIONES	INDICADORES	INDICES	DATOS	INSTRUMENTOS
EVALUACION DEL RIESGO GEOLOGICO	PELIGRO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO	GEOMORFOLOGIA	PENDIENTE	Rango de pendientes	0-2% : Plano o casi nivel	Dron, Dem a detalle obtenida de levantamiento topográfico, Software GIS.
					2-4%: Ligeramente inclinado	
					4-8%: Moderadamente inclinado	
					8-15%: Fuertemente inclinado	
					15-25%: Moderadamente empinada	
					25-50%: Empinada	
					50-70%: Muy empinada	
					>70%: Extremadamente empinada	
		FISIOGRAFIA		Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional	Unidad de Montaña, Unidad de colinas y lomadas	Mapas topograficos a escala regional y local, Mapas geológicos a detalle, Material bibliográfico.
				Geoformas de carácter depositacional y agradacional	Unidad de Piedemonte, Unidad de Planicies	
		MORFOMETRIA DE UNIDAD HIDROGRAFICA		Forma, relieve, red de drenaje	Area (m ²), perimetro(m), Longitud del cauce principal (Km), Longitud Axial (Km), Ancho promedio (Km), Coeficiente de Gravelius, Factor de Forma, Rectángulo equivalente, Pendiente media del Cauce, Pendiente media d ela cuenca, Cuerva Hipsométrica.	
		GEOLOGIA	LITOLOGIA	Textura, granulometría, composicion mineralogica	Areniscas cuarzosas, Pizarras, Calizas, Lutitas, Depositos no Consolidados.	Rayador, picota, tacto, lupa, acido clorhidrico
			ESTATIGRAFIA	Antigüedad de las Fm geológicas, Identificación de las Fm Geologicas.	Fm Ananea, Grupo Ambo, Grupo Tarma - Copacabana, Fm Mitu, Fm Muni, Fm Huancané, Depósitos cuaternarios.	Mapa geológico a escala 1:50000, Boletín del cuadrángulo 29-t Sicuani
			GEOLOGIA ESTRUCTURAL	Fallas, diaclasas y plegamientos regionales	Rumbo, Buzamiento, estratificación.	Flexometro, Brújula, Libreta de campo
		GEODINAMICA EXTERNA	REMOSION EN MASA	DESPLAZAMIENTO	Traslacional y Rotacional	Flexometro, inclinometro, brújula, extensómetro, Software Google Earth Pro, Tabla de clasificacion en movimientos en masa del Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las comunidades Andinas.
				CAIDAS	Caida de rocas.	
				VOLCAMIENTO	Volcamiento de roca, Volcamiento flexural de roca.	
				PROPAGACIONES	Propagación lateral lenta, Propagación lateral por licuación.	
		HIDROLOGÍA	PRECIPITACION	MEDIA ANUAL	mm/año	Datos históricos de precipitacion según SENAMHI, software EXCEL
				MEDIA MENSUAL	mm/mes	
				MÁXIMA EN 24 HRS	mm/día	
			GENERACIÓN DE CAUDALES	PERIODOS DE RETORNO (m3/s)	2, 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años	Software Hec Hms, Software Hidroesta 2.
			CLASIFICACION CLIMÁTICA	THORNTHWAITE	Temperatura Máxima y Mínima(°C), Evapotranspiracion (mm/día)	Datos de temperatura según Senamhi,
		HIDRAULICA	MODELO HIDRAULICO	Caudales máximos, topografía, coef. de rugosidad, geometria del rio, condiciones de contorno	Altura y velocidad de flujo, zonas inundables	Software Hec Hms, Software Hec-Ras



Tabla 5. Matriz de operacionalización de variables de la vulnerabilidad

EVALUACION DEL RIESGO GEOLOGICO	VULNERABILIDAD	EXPOSICION	SOCIAL	Numero de habitantes por lote	Numero de residentes por lote	Encuestas, formularios, inspecciones.
			ECONOMICA	Localizacion de la edificacion	Muy cercano, cercano, alejado, muy alejado	Imágenes satelitales, software GIS.
			AMBIENTAL	Cercanía de residuos solidos	Muy cerca, cerca, medianamente cerca, alejada, muy alejada	Imágenes satelitales, software GIS.
		FRAGILIDAD	SOCIAL	Grupo etario	Rangos de edad de los habitantes	Encuestas, formularios, inspecciones.
				Acceso a servicios basicos	Porcentaje de poblacion con luz, agua y/o desagüe	Encuestas, formularios, inspecciones.
			ECONOMICA	Material de construccion de la edificacion	Mixto, madera, adobe, ladrillo, concreto	Encuestas, formularios, inspecciones.
				Estado de conservacion	Muy malo, malo, regular, bueno, muy bueno	Formularios, inspecciones.
				Numero de pisos	1,2,3,4, >5 pisos	Formularios, inspecciones.
			AMBIENTAL	Perdida de suelos	Erosión, deforestación, expansión, sobreexplotación agrícola, uso de fertilizantes	Encuestas, formularios, inspecciones.
		RESILIENCIA	SOCIAL	Capacitacion en temas de gestion del riesgo	Nivel de población capacitada	Encuestas, formularios, inspecciones.
				Tipo de seguro	Seguro de salud de la población (SIS, ESSALUD, FF.AA-PNP, Privado)	Encuestas, formularios, inspecciones.
				Actitud frente al riesgo	Fatalista, escasamente/parcialmente previsor, previsor	Encuestas, formularios, inspecciones.
			ECONOMICA	Ingreso promedio mensual	>3000, 3000-1500, 1500-750, 750-200, <200	Encuestas, formularios, inspecciones.
				Población economicamente activa	Desempleadom dedicado al hogar, dependiente, independiente	Encuestas, formularios, inspecciones.
				Organización institucional	Nivel de eficiencia del gobierno local, aprobacion popular	Encuestas, formularios, inspecciones.
			AMBIENTAL	Disposicion de residuos solidos	Lugar de deposicion de los residuos solidos	Encuestas, formularios, inspecciones.
				Capacitación en conservación ambiental	Nivel de capacitación de la población	Encuestas, formularios, inspecciones.



1.7. LIMITACIONES

El modelado hidráulico se llevó a cabo con el software de modelamiento hidráulico HEC-RAS, debido a la falta de acceso al software FLO-2D debido al costo de la misma; teniendo en cuenta que en estudios académicos se realizó el análisis comparativo de ambos programas, mostrando resultados similares.

Cada comunidad u centro poblado posee sus planos de viviendas de cada barrio, pero en esta investigación solo tuvimos acceso al plano catastral de uno de los barrios, la delimitación y numeración de las viviendas de los otros barrios se realizó de acuerdo a las ortofotos.

1.8. FUNDAMENTO TEÓRICO

1.8.1. MARCO REFERENCIAL

A. INTERNACIONAL

ANTECEDENTE N°1: O'Brien & Julien (1988), en el artículo titulado “LABORATORY ANALYSIS OF MUDFLOW PROPERTIES”

Artículo de investigación publicada en el *Journal of Hydraulic Engineer*, en el año 1988. El objetivo del estudio fue proporcionar una mejor descripción de las propiedades físicas del material del flujo de lodo. Usando una metodología de tipo experimental mediante mediciones de laboratorio de las propiedades reológicas de los depósitos de flujo de lodo de varias muestras de las Montañas Rocosas del centro de Colorado (de las zonas de Aspen y Glenwood Springs) mediante un viscosímetro rotacional. En donde la matriz del flujo de lodo, consiste solo en partículas de limo y arcilla en concentraciones volumétricas de sedimento $0,10 < C_v < 0,45$. Obteniendo como resultados la viscosidad y el esfuerzo de cedencia de las muestras.



El estudio concluyó investigando las propiedades físicas de la matriz fluida de depósitos de flujo de lodo natural en las Montañas Rocosas del centro de Colorado en concentraciones que van desde 10-45% en volumen. El aporte del estudio fue de que los flujos hiperconcentrados, flujos de detritos y flujos de lodos poseen un comportamiento de un fluido no newtoniano, y estos necesitan los valores de los parámetros reológicos (esfuerzo de cedencia, viscosidad dinámica) de la mezcla para realizar las simulaciones con los diferentes modelos reológicos; por ende los investigadores al no tener estos parámetros, toman los coeficientes empíricos de las tablas de O'Brien & Julien obtenidas a partir de las mediciones de laboratorio, de acuerdo a las condiciones geológicas similares a las muestras estudiadas.

ANTECEDENTE N° 2: Martínez Olmedo (2022), en la tesis titulada “APLICACIÓN Y COMPARACIÓN MODELOS DE FLUJOS DETRÍTICOS, FLO-2D Y HEC-RAS A QUEBRADAS ACERILLA Y LA MESILLA, CUENCA DEL RÍO HUASCO, EVENTOS MARZO 2015”

Tesis de investigación presentada en la Universidad de Chile, en el año 2022. El objetivo del estudio fue comparar los programas HEC-RAS y el FLO-2D en base a dos casos de estudio (la quebrada Acerillas y La Mesilla) ubicadas en la cuenca del río Huasco ($9\,813\text{ km}^2$) al extremo sur de la región Atacama - Chile, analizándose ventajas comparativas y limitaciones de dichos programas. Aplicándose una metodología de tipo aplicada y nivel descriptivo; ingresándose a los programas: la topografía, grilla de modelación, tamaño de celda de grilla, coeficientes de Manning, condiciones de contorno, etc.; usándose la ecuación cuadrática de O'Brien para el modelado hidráulico. Los resultados del modelado en cada programa no difieren significativamente, no superando el 5% en general en las áreas resultantes, debiéndose a la calibración de los parámetros reológicos escogidos para cada programa.



El estudio concluyó modelando el flujo de detritos en las quebradas Acerillas y la Mesillas, utilizando FLO-2D y HEC-RAS. El aporte del estudio fue mostrarnos las ventajas y desventajas de ambos softwares, donde FLO 2D tiene la facilidad de exportar sus resultados tabulados mientras que HEC-RAS permite la generación de variedades de planes en una misma geometría, mostrándonos también que FLO-2D es un programa comercial con licencia anual y HEC-RAS es gratuito. Sugiriéndonos la utilización de los programas dependerá de la necesidad del usuario.

B. NACIONAL

ANTECEDENTE N°1: Castillo Navarro (2006), en su tesis titulada “Aplicación de un modelo numérico de flujos de escombros y lodo en una quebrada en el Perú”

Tesis de pregrado presentada en la Universidad Nacional de Ingeniería, en el año 2006. El objetivo del estudio fue evaluar las consecuencias de un posible flujo de detritos en la quebrada de estudio aplicando el modelo numérico “FLO 2D”. Aplicándose una metodología de tipo exploratoria basada en la recopilación de estudios relacionados a la quebrada y la definición de los parámetros requeridos para el modelado hidráulico computacional. Obteniéndose como resultado los tirantes, la velocidad del flujo de escombros para diferentes valores de número de curvas (CN), el volumen transportado de agua líquida, volumen de sedimento y el área afectada.

El estudio concluye con la evaluación de las posibles consecuencias de un posible flujo de escombros, con la aplicación del modelo numérico FLO 2D. El aporte del estudio fue que, en caso de no tener los valores de esfuerzo de cedencia y viscosidad dinámica, es posible usar los coeficientes empíricos de las tablas de O’Brien & Julien (1988) para estos parámetros, para la aplicación del modelo reológico cuadrático de O’Brien & Julien (1985) utilizando FLO 2D.



ANTECEDENTE N°2: Herrera Sandoval & Plasencia Moreno (2023), en su tesis titulada

“Comparación de flujo hiperconcentrado con fluido newtoniano mediante el modelamiento bidimensional”

Tesis de pregrado presentada en la Universidad Privada Antenor Orrego, en el año 2024. El objetivo del estudio fue comparar el comportamiento del flujo hiperconcentrado con el flujo newtoniano mediante el modelamiento bidimensional usando el software Hec- ras 6.1. Usando una metodología de tipo aplicada y nivel descriptivo, donde el diseño del canal se realizó con el programa Civil 3D y el modelamiento con el software Hec-ras usando el modelo reológico cuadrático de O'brien para pendientes de 5%, 7% y 9%; y diferentes valores de caudales e intervalos de tiempo de simulación, donde se usó los parámetros reológicos obtenidos de las tablas de O'brien & Julien (1988). Obteniéndose como resultado comportamientos de 108 modelos para diferentes valores de pendientes y caudales.

El estudio concluyó comparando el comportamiento del flujo hiperconcentrado con el de un fluido newtoniano. El aporte del estudio fue la aplicación del modelo reológico cuadrático de O'brien usando el software Hec-ras 6.1 (que es una herramienta de código abierto), siendo una alternativa a usar en lugar del software FLO-2D.

C. LOCAL

ANTECEDENTE N°1: Audebaud (1973), en el boletín titulado “GEOLOGÍA DE LOS CUADRÁNGULOS DE OCONGATE Y SICUANI”

Boletín presentado al Servicio de Geología y Minería, en el año 1973. El objetivo del estudio fue realizar un análisis litoestratigráfico de las unidades aflorantes en los cuadrángulos estudiados, distinguir zonas paleogeográficas y tectónicas y distinguir las fases tectónicas que



afectaron el área de estudio; en donde se empleó una metodología de tipo aplicada y nivel descriptivo-analítico y exploratorio mediante trabajo de campo, cartografía de campo, muestreo e interpretación de datos. Siendo los resultados: (1) un análisis litoestratigráfico de las unidades aflorantes en dichos cuadrángulos, (2) identificación de 3 fases tectónicas y (3) confección de un mapa geológico del cuadrángulo de Ocongate y Sicuani a una escala 1:100 000.

El estudio concluye distinguiendo dos zonas paleogeográficas y tectónicas, así como diversas fases tectónicas. El aporte del estudio fue el análisis litoestratigráfico de las unidades del Paleozoico hasta el Cuaternario realizadas en el cuadrángulo de Sicuani.

ANTECEDENTE N°2: INDECI & PNUD (2005), en el informe titulado “ESTUDIO DE MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y LOCALIDAD DE QUEHUAR”

Informe presentado por el INDECI - PNUD, en el año 2005. Siendo el objetivo del estudio determinar las características de las condiciones de peligros de origen natural en la ciudad de Sicuani y la localidad Quehuar, y generar un informe técnico de la zonificación del peligro en el área de estudio. La metodología usada es de tipo aplicada con un nivel descriptivo-analítico basada en el uso de la fotointerpretación, teledetección, digitalización y la sistematización SIG. Obteniéndose como resultados (1) la determinación de las características del subsuelo, identificación de tipo de suelo y el nivel freático; (2) la zonificación de peligros físicos asociados a los fenómenos naturales en la ciudad de Sicuani y poblado de Quehuar.

El estudio concluye determinando las características de las condiciones de peligros de origen natural (geológicos climáticos, geotécnicos, sísmicos, hidrológicas e hidráulicas) y antrópicos del área de estudio, zonificando el peligro físico y sintetizando en un mapa de



Peligros de la ciudad de Ciudad de Sicuani y la C.C. de Qquehuar. El aporte del estudio fue mostrar los peligros a los que está expuesto el poblado de Qquehuar, y la caracterización geotécnica realizada mediante calicatas en las zonas de la llanura de inundación.

1.8.2. MARCO TEÓRICO

1.8.2.1. GEODINÁMICA EXTERNA

1.8.2.1.1. MOVIMIENTOS EN MASA

Según la PMA:GCA (2007) los movimientos en masa son parte de los procesos denudativos que modelan el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre y en la interfase entre ésta, la hidrósfera y la atmósfera. (sec. iii)

Los movimientos en masa en laderas, “son procesos de movilización lenta o rápida que involucran suelo, roca o ambos, causados por exceso de agua en el terreno y/o por efecto de la fuerza de gravedad” (CENEPRED, 2014, p. 68).

1.8.2.1.2. TIPOS DE MOVIMIENTOS DE MASA

Las clasificaciones de movimientos en masa de Varnes (1958, 1978) y Hutchinson (1968, 1988) son, hoy en día, los sistemas más ampliamente aceptados en el mundo de habla inglesa e hispana. Varnes (1958 y 1978) emplea como criterio principal en la clasificación, el tipo de movimiento y en segundo lugar, el tipo de material. Así, divide los movimientos en masa en cinco tipos: caídas, vuelcos, deslizamientos, propagaciones y flujos. Además, divide los materiales en dos clases: rocas y suelos, éstos últimos subdivididos en detritos y tierra. De esta manera, presenta definiciones para varias posibles combinaciones de tipo de movimiento y material (Tabla 6) (Proyecto Multinacional Andino, 2007, p. 1).



Tabla 6. Tipos de movimientos en masa

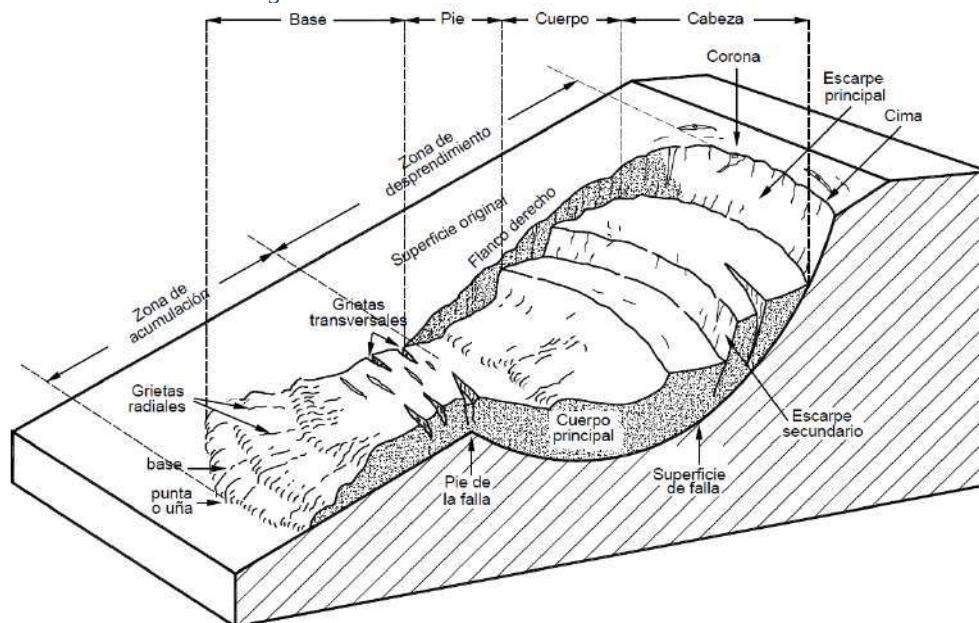
Tipo	Subtipo
Caídas	Caída de roca (detritos o suelo)
Volcamiento	Volcamiento de roca (bloque)
	Volcamiento flexural de roca o del macizo rocoso
Deslizamiento de roca o suelo	Deslizamiento traslacional, deslizamiento en cuña
	Deslizamiento rotacional
Propagación lateral	Propagación lateral lenta
	Propagación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

Fuente: Adaptado de *movimientos en masa en la región andina* (p. 3), de PMA:GCA, 2007.

A. DESLIZAMIENTOS

“Los deslizamientos son movimientos de masas de suelo o roca que se deslizan, moviéndose relativamente respecto al sustrato, sobre una o varias superficies de rotura netas al superarse la resistencia al corte de estas superficies” (Gonzales de Vallejo et al., 2002, p. 624). Cuando la masa deslizada no alcanza el equilibrio al pie de la ladera (por su pérdida de resistencia, contenido en agua o por la pendiente existente), la masa puede seguir en movimiento a lo largo de cientos de metros y alcanzar velocidades muy elevadas, dando lugar a un flujo (ver tabla 6, fig. 2). (Gonzales de Vallejo et al., 2002, p. 625)

Figura 2. Partes de un deslizamiento rotacional



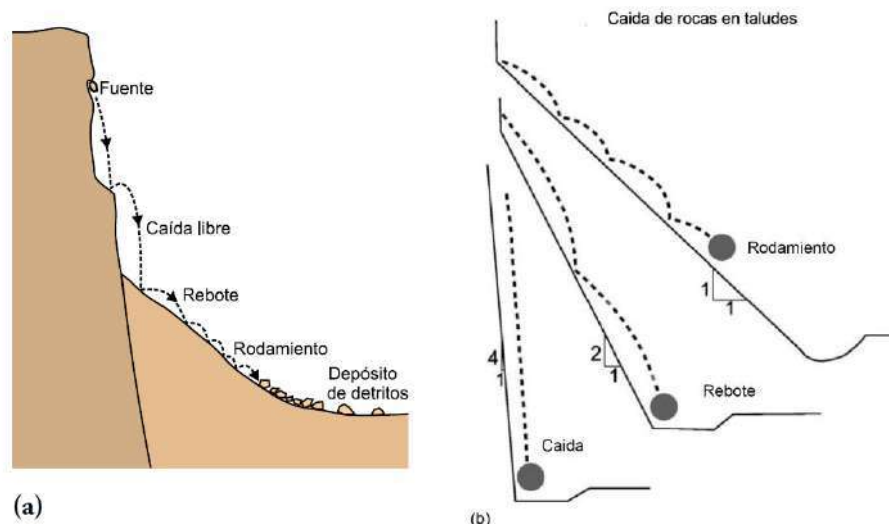
Fuente: Adaptado de *Deslizamientos: Análisis Geotécnico* (p. 4), por J. Suarez Diaz, 2009.

B. CAIDA DE ROCAS

Según Varnes (1978) & Proyecto Multinacional Andino (2007), la caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Tabla 6, Fig. 3). (p. 4)

El movimiento relativo de una roca que cae cuesta abajo puede depender de una serie de factores variables: la litología de la roca, la topografía e inclinación de la pendiente y el tamaño y forma de la roca. Por la variabilidad morfológica de la pendiente en cuestión, la caída de rocas puede seguir una variedad de trayectorias diferentes (Fig. 3). (Schweigl et al., 2003, p. 129)

Figura 3. Esquema de caída de rocas



Nota. a) Esquema de caída de rocas. Adaptado de *movimientos en masa en la región andina* (p. 6), de PMA:GCA, 2007 y b) Trayectorias de cantos rodados a lo largo de diferentes tipos de pendientes. Adaptado de *Geotechnical characterization and rockfall simulation of a slope* (p. 287), por Schweigl et al., 2003.

C. VOLCAMIENTO

Se denomina así a un tipo de movimiento en masa en el cual hay una rotación generalmente hacia adelante de uno o varios bloques de roca o suelo, alrededor de un punto o pivote de giro en su parte inferior. Este movimiento ocurre por acción de la gravedad, por empujes de las unidades adyacentes o por la presión de fluidos en grietas. (Proyecto Multinacional Andino, 2007; Varnes, 1978)

D. EROSIÓN DE LADERA EN CÁRCAVAS

Los carcavamientos son un tipo de erosión concentrada en surcos que se forma por el escurrimiento de las aguas sobre la superficie de las laderas (Proyecto Multinacional Andino, 2007, p. 129).



E. FLUJO DE DETRITOS (DEBRIS FLOW)

Según el Proyecto Multinacional Andino (2007), un flujo detritos es un flujo muy rápido a extremadamente rápido (>3 m/min) de detritos saturados, no plásticos (Índice de plasticidad menor al 5%), que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Se inician como uno o varios deslizamientos superficiales de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes. (p. 19)

F. FLUJO HIPERCONCENTRADO

Los flujos hiperconcentrados también conocidos como crecida de detritos (debris floods), “se caracteriza por ser un flujo muy rápido y turbulento de una crecida de agua que transporta una gran carga de detritos a lo largo de un canal” (Hung et al., 2001; Proyecto Multinacional Andino, 2007).

Según Pearson (2005), el flujo hiperconcentrado es un tipo de flujo de sedimento y agua no newtoniano de dos fases que opera entre el flujo normal (flujo de agua) y el flujo de detritos (o flujo de lodo). Se distingue por los procesos que actúan para transportar el sedimento. La evidencia de laboratorio y de campo indica que la transición al flujo hiperconcentrado ocurre cuando la concentración de finos suspendidos alcanza una concentración volumétrica mínima de 3-10%, dependiendo de la distribución del tamaño de grano, y comienza a adquirir límite elástico. La mezcla de finos (a veces denominada fluido portador) se vuelve entonces capaz de transportar cantidades prodigiosas de partículas sólidas más gruesas (arena y algunas gravas) en suspensión. Esta carga suspendida gruesa se mantiene en suspensión dinámica prolongada por turbulencia, colisiones de granos, mayor flotabilidad y mayor viscosidad (disminución de la velocidad de caída). (pp. 194-196)



F1. Mecanismo de inicio

Los flujos hiperconcentrados pueden iniciarse cuando las inundaciones de agua adquieren sedimentos suspendidos agregados a través de la erosión y el arrastre o cuando los flujos de detritos pierden sedimentos gruesos a través de la dilución y la deposición selectiva. (Beverage & Culbertson, 1964; Major et al., 1996; Pierson et al., 1996, como se citó en Pierson, 2005).

F2. Diferencia entre flujo de detrito/lodo (debris flow) y flujo hiperconcentrado

Los flujos de detritos y lodo, son lodos de sedimentos y agua relativamente homogéneos y altamente concentrados que se comportan como flujos pseudo-monofásicos no newtonianos con concentraciones volumétricas de sedimentos $> 60\%$, donde estos se forman en ambientes montañosos con pendientes pronunciadas, con velocidades de muy rápido a extremadamente rápido (>3 m/min) siendo altamente destructivos con la capacidad de transportar rocas de grandes dimensiones, mientras que un flujo hiperconcentrado suele poseer menor velocidad y se forma en pendientes menos pronunciadas transportando principalmente sedimentos de tamaño grava y arenas. Así mismo, debido al denso empaquetamiento de granos, los flujos de detritos o flujos de lodo no pueden depositar selectivamente las partículas sólidas transportadas por tamaño cuando la velocidad disminuye o el flujo se detiene. Esto da como resultado texturas de sedimentos masivos (no estratificados) y mal clasificados que son característicos de los flujos de detritos y los depósitos de flujos de lodo. (Pearson, 2005, p. 195)

F3. Características de un flujo hiperconcentrado

La característica que define el flujo hiperconcentrado es el transporte de grandes cantidades de sedimento grueso (arena y posiblemente alguna grava) en altas concentraciones en suspensión dinámica intermitente. Sin embargo, la carga suspendida gruesa se depositará selectivamente durante el flujo a medida que la velocidad del flujo disminuye. (Pearson, 2005)



Sin embargo, en agua limpia o flujos hiperconcentrados la velocidad media de las partículas sólidas más gruesas, que se movilizan mediante un mecanismo de transporte de carga de lecho, difiere significativamente de la del agua y los finos en suspensión (Xu, 1999; Svendsen y otros, 2003; Shu & Fei, 2008, como se citó en Bodoque, 2011)

F4. Peligrosidad de los flujos hiperconcentrados

Los flujos hiperconcentrados generalmente no son tan peligrosos como los flujos de detritos, porque sus velocidades suelen ser más bajas y tienden a no transportar las grandes rocas que son responsables de los daños por impacto en los flujos de detritos. Sin embargo, los flujos hiperconcentrados de alta descarga presentan un mayor peligro para las comunidades ribereñas que las inundaciones normales de magnitud similar, debido a su mayor potencial de transporte de sedimentos. En canales relativamente empinados, los flujos hiperconcentrados pueden cortar rápidamente sus canales a lo largo de decenas de metros, socavando los pilares de los puentes y otras estructuras, como las presas de control de la erosión. En canales con pendientes suaves, la deposición de sus altas cargas de sedimentos puede provocar (a) un desplazamiento lateral de los canales activos y una vigorosa erosión de las orillas, provocando el colapso de edificios, puentes y diques de protección contra inundaciones a orillas del río, y (b) llenar gradualmente los ríos valles con depósitos de arena y bloques, enterrando áreas bajas con sedimentos y eliminando la capacidad de los canales que pueden exacerbar inundaciones posteriores. (Pearson, 2005, p. 195)

F5. Clasificaciones y distinción de tipos de flujos

Costa (1988), clasifica y diferencia los flujos en: (1) avenidas de agua (water flood), (2) flujos hiperconcentrados y (3) flujos de detritos (debris flow); en base al volumen y peso en las concentraciones de partículas sólidas (Tabla 7, Tabla 8).



Tabla 7. Clasificación de flujos según Costa (1988)

Flujo	Concentración de partículas sólidas	Densidad de los sólidos	τ_y (dn/cm^2)	Tipo de fluido	Tipo de flujo predominante
Avenida de agua	1-40% en peso 0.4-20% en volumen	1.01 - 1.33	0-100	Newtoniano	Turbulento
Flujo hiperconcentrado	40-70% en peso 20-47% en volumen	1.33 - 1.80	100-400	No Newtoniano	Turbulento a laminar
Flujo de detritos	70-90% en peso 47-75% en volumen	1.80 - 2.30	>400	Viscoplástico	Laminar

Nota. Adaptado de *Rheologic, geomorphic, and sedimentologic differentiation of water floods, hyperconcentrated flows, and debris flows*, por J.E. Costa, 1988.

Mientras que Beverage & Culbertson (1964), las dividen en flujos de agua (water flood), flujos hiperconcentrados (flow hyperconcentrated) y flujos de lodos (mud flow), en base al porcentaje de concentración en volumen (Tabla 8).

Tabla 8. Rangos aproximados en las concentraciones totales de sedimentos suspendidos

SOURCE	CONCENTRATION PERCENT BY VOLUME (S.G. = 2.65)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Beverage and Culbertson (1964)	High	Extreme	Hyperconcentrated				Mud Flow			
Costa (1984)	Water Flood		Hyperconcentrated			Debris Flow				

Nota: Concentración volumétrica de flujos hiperconcentrados según Costa (1988) y Beverage & Culbertson (1964). Adaptado de *HEC-RAS Mud and Debris Flow*, por HEC-RAS, 2023.

Según O'brien (2000) en el manual de FLO-2D, clasifica a los flujos hiperconcentrados en avenidas de lodo (Mud flood) y flujos de lodo (Mudflow), las cuales se diferencian por las concentraciones de sedimentos que transportan, donde las avenidas de lodo transportan sedimentos de tamaño limo y arenas (partículas no cohesivas), mientras que los flujos de lodo se caracterizan por la alta concentración de sedimentos de tamaño limo y arcillas (Fig. 4).



Figura 4. Clasificación del flujo en función de la concentración del sedimento (O'Brien, 2000)

Descripción del Tipo de Flujo	Concent. de Sedimentos (Cv)		Características del Flujo
	En Volumen	En Peso	
Deslizamientos	0,65 – 0,80	0,83 – 0,91	No hay flujo; falla por deslizamiento de bloques
	0,55 – 0,65	0,76 – 0,83	Derrumbe de bloques con deformación interna durante el deslizamiento, movimiento paulatino del terreno antes de fallar.
Flujos de lodo (Mudflow)	0,48 – 0,55	0,72 – 0,76	Flujo evidente; deslizamiento lento sostenido por el flujo de lodo; deformación plástica bajo su propio peso; cohesivo; no se expande en la superficie.
	0,45 – 0,48	0,69 – 0,72	Flujo se extiende sobre la superficie; flujo cohesivo; algo de mezcla.
Avenida de lodo (Mud Flood)	0,40 – 0,45	0,65 – 0,69	El flujo se mezcla fácilmente; muestra las propiedades fluidas en la deformación; distribuido en la superficie horizontal pero mantiene una superficie fluida inclinada; partículas grandes se depositan (peñones); aparecen ondas pero se disipan rápidamente.
	0,35 – 0,40	0,59 – 0,65	Deposición marcada de gravas y cantos rodados; se expande casi completamente sobre la superficie horizontal; aparece la superficie líquida con dos fases del fluido; las olas viajan en la superficie.
	0,30 – 0,35	0,54 – 0,59	Separación del agua en la superficie; las olas viajan fácilmente; la mayoría de las arenas y gravas se han sedimentado y se mueven como arrastre de fondo
	0,20 – 0,30	0,41 – 0,54	Se distinguen claramente las olas y ondas; todas las partículas descansando en el fondo en condición inmóvil.
Inundación de agua	< 0,20	< 0,41	Inundación de agua con carga suspendida convencional y arrastre de fondo.

Fuente: Adaptado de User's Manual FLO-2D.

1.8.2.2. HIDRAULICA

La hidráulica nos ayuda a comprender, analizar el movimiento, propiedades y comportamiento de los flujos, y de esa manera realizar modelos hidráulicos para predecir fenómenos hidrometeorológicos como inundaciones y desbordes fluviales.

A. Numero de Courant-Friedrichs-Lewy

El número de Courant es un número adimensional que representa el tiempo que una partícula del fluido permanece en una determinada celda de la malla. Este debe presentar valores cercanos a 1, mientras más alejado se encuentre de este valor se presentará más inestabilidad en las simulaciones. (Katopodes, 2019)



$$C = \frac{\mu}{\Delta x / \Delta t}$$

Donde: μ es la velocidad física de propagación, $\Delta x / \Delta t$ es la velocidad numérica de propagación.

B. Numero de Froude

Según Ven te Chow (1994), “el efecto de la gravedad sobre el estado de flujo se representa por la relación entre las fuerzas inerciales y las fuerzas gravitacionales. Esta relación está dada por el número de Froude” (p.13), definido como:

$$F = \frac{\text{Fuerzas inerciales}}{\text{Fuerzas gravitacionales}} \quad F = \frac{V}{\sqrt{gL}}$$

Donde: V es la velocidad media del flujo en pies/s, g es la aceleración de la gravedad en pies/s² y L es la longitud característica en pies. En canales abiertos esta longitud característica está referida a la profundidad hidráulica D, la cual está definida como el área de la sección transversal del agua perpendicular a la dirección del flujo en la canal dividida por el ancho de la superficie libre. (Ven te Chow, 1994, p. 13)

- Si $F < 1$ o $V < \sqrt{gD}$, el flujo es subcrítico. En este caso las fuerzas gravitacionales son más pronunciadas, por lo tanto, el flujo tiene una velocidad baja y a menudo se describe como tranquilo y de corriente lenta.
- Si $F = 1$ o $V = \sqrt{gD}$, el flujo es crítico. En este caso las fuerzas gravitacionales e inerciales se encuentran en equilibrio.
- Si $F > 1$ o $V > \sqrt{gD}$, el flujo es supercrítico. En este caso las fuerzas inerciales se vuelven más dominantes, el flujo tiene una alta velocidad y se describe como rápido, ultra rápido y torrencial. (Ven te Chow, 1994, p. 13)



C. *Numero de Reynolds*

El efecto de la viscosidad en relación con la inercia puede representarse mediante el número de Reynolds, definido por:

$$Re = \frac{\text{Fuerzas inerciales}}{\text{Fuerzas viscosas}} = \frac{v * D}{V} = \frac{\rho * D * v}{\mu}$$

Donde: v es la velocidad del flujo en m/s, V es la viscosidad cinemática del fluido m^2/s , D es el diámetro interno de la tubería, ρ es la densidad del flujo, μ es la viscosidad dinámica del flujo.

- Si $Re < 2000$, el flujo es laminar.
- Si $2000 < Re < 4000$, el flujo es transicional o mixto
- Si $Re > 4000$, el flujo es turbulento. (Ven te Chow, 1994, p. 8)

Ven te Chow (1994), describe estos términos de la siguiente manera: el flujo puede ser laminar, turbulento o transicional según el efecto de la viscosidad en relación con la inercia.

El flujo es **laminar** si las fuerzas viscosas son muy fuertes en relación con las fuerzas inerciales, de tal manera que la viscosidad juega un papel importante en determinar el comportamiento del flujo. En el flujo laminar, las partículas de agua se mueven en trayectorias suaves definidas o líneas de corriente. (Ven te Chow, 1994, p. 8)

El flujo es **turbulento** si las fuerzas viscosas son débiles en relación con las fuerzas inerciales. En un flujo turbulento, las partículas de agua se mueven en trayectorias irregulares, que no son suaves ni fijas, pero que en conjunto tienen un movimiento hacia adelante de la corriente entera. (Ven te Chow, 1994, p. 8)

Entre los estados de flujo laminar y flujo turbulento existe un **estado mixto o transicional**.



D. Coeficiente de rugosidad de Manning

Según Ven te Chow (1994), “el coeficiente de rugosidad de Manning representa la resistencia dinámica del flujo en un canal determinado, el cual depende de la forma y la rugosidad del canal” (p. 110).

Ven te Chow (1994), en su libro “Hidráulica de canales abiertos” compila valores recomendados de coeficientes de rugosidad de Manning a partir de información recolectada de diferentes fuentes, las cuales se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9. Tabla de valores de coeficiente de rugosidad n

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo	Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
C. Excavado o dragado				b. Corrientes montañosas, sin vegetación en el canal, bancas usualmente empinadas, árboles y matorrales a lo largo de las bancas sumergidas en niveles altos			
a. En tierra, recto y uniforme				1. Fondo: gravas, cantos rodados y algunas rocas	0.030	0.040	0.050
1. Limpio, recientemente terminado	0.016	0.018	0.020	2. Fondo: cantos rodados con rocas grandes	0.040	0.050	0.070
2. Limpio, después de exposición a la intemperie	0.018	0.022	0.025	D-2. Planicies de inundación			
3. Con gravas, sección uniforme, limpio	0.022	0.025	0.030	a. Pastizales, sin matorrales			
4. Con pastos cortos, algunas malezas	0.022	0.027	0.033	1. Pasto corto	0.025	0.030	0.035
b. En tierra, serpenteante y lento				2. Pasto alto	0.030	0.035	0.050
1. Sin vegetación	0.023	0.025	0.030	b. Áreas cultivadas			
2. Pastos, algunas malezas	0.025	0.030	0.033	1. Sin cultivo	0.020	0.030	0.040
3. Malezas densas o plantas acuáticas en canales profundos	0.030	0.035	0.040	2. Cultivos en línea maduros	0.025	0.035	0.045
4. Fondo en tierra con lados en piedra	0.028	0.030	0.035	3. Campos de cultivo maduros	0.030	0.040	0.050
5. Fondo pedregoso y bancas con malezas	0.025	0.035	0.040	c. Matorrales			
6. Fondo en cantos rodados y lados limpios	0.030	0.040	0.050	1. Matorrales dispersos, mucha maleza	0.035	0.050	0.070
c. Excavado con pala o dragado				2. Pocos matorrales y árboles, en invierno	0.035	0.050	0.060
1. Sin vegetación	0.025	0.028	0.033	3. Pocos matorrales y árboles, en verano	0.040	0.060	0.080
2. Matorrales ligeros en las bancas	0.035	0.050	0.060	4. Matorrales medios a densos, en invierno	0.045	0.070	0.110
d. Cortes en roca				5. Matorrales medios a densos, en verano	0.070	0.100	0.160
1. Lisos y uniformes	0.025	0.035	0.040	d. Árboles			
2. Afilados e irregulares	0.035	0.040	0.050	1. Sauces densos, rectos y en verano	0.110	0.150	0.200
e. Canales sin mantenimiento, malezas y matorrales sin contar				2. Terreno limpio, con troncos sin retoños	0.030	0.040	0.050
1. Malezas densas, tan altas como la profundidad de flujo	0.050	0.080	0.120	3. Igual que el anterior, pero con una gran cantidad de retoños	0.050	0.060	0.080
2. Fondo limpio, matorrales en los lados	0.040	0.050	0.080	4. Gran cantidad de árboles, algunos troncos caídos, con poco crecimiento de matorrales, nivel del agua por debajo de las ramas	0.080	0.100	0.120
3. Igual, nivel máximo de flujo	0.045	0.070	0.110	5. Igual al anterior, pero con nivel de creciente por encima de las ramas	0.100	0.120	0.160
4. Matorrales densos, nivel alto	0.080	0.100	0.140	D-3. Corrientes mayores (ancho superficial en nivel de creciente > 100 pies). El valor de n es menor que el correspondiente a corrientes menores con descripción similar, debido a que las bancas ofrecen resistencia menos efectiva.			
D. Corrientes naturales				a. Sección regular, sin cantos rodados ni matorrales	0.025		0.060
D-1. Corrientes menores (ancho superficial en nivel creciente < 100 pies)				b. Sección irregular y rugosa	0.035		0.100
a. Corrientes en planicies							
1. Limpias, rectas, máximo nivel, sin montículos ni pozos profundos	0.025	0.030	0.033				
2. Igual al anterior, pero con más piedras y malezas	0.030	0.035	0.040				
3. Limpio, serpenteante, algunos pozos y bancos de arena	0.033	0.040	0.045				
4. Igual al anterior, pero con algunos matorrales y piedras	0.035	0.045	0.050				
5. Igual al anterior, niveles bajos, pendientes y secciones más ineficientes	0.040	0.048	0.055				
6. Igual al 4, pero con más piedras	0.045	0.050	0.060				
7. Tramos lentos, con malezas y pozos profundos	0.050	0.070	0.080				
8. Tramos con muchas malezas, pozos profundos o canales de crecientes con muchos árboles con matorrales bajos	0.075	0.100	0.150				

Fuente: Adaptado de *Hidráulica de canales abiertos* (pp. 110-111), por Ven te Chow, 1994.

Para cauces naturales que no están en la tabla anterior, y que factores como el tipo y tamaño de los materiales que lo componen y las características morfológicas del mismo. Con estas condicionantes, se dispone del método de Cowan para estimar el coeficiente de Manning en



estos. Cowan (1956) propuso un método para determinar el valor de n , donde a través de este método, el valor de n puede ser calculado mediante:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) * m_5$$

donde n_0 es una valor básico de n , para un canal recto, uniforme y liso en los materiales naturales involucrados, n_1 es un valor que debe agregarse al n_0 para corregir el efecto de las rugosidades superficiales, n_2 es un valor para considerar las variaciones de forma y tamaño de la sección transversal del canal, n_3 es un valor para considerar las obstrucciones, n_4 es un valor para considerar la vegetación y las condiciones de flujo, m_5 es un factor de corrección de los efectos por meandros en el canal (Tabla 10). (Ven te Chow, 1994, p. 104,105)

Tabla 10. Valores para el cálculo del coeficiente de rugosidad mediante el método de Cowan

Condiciones del canal		Valores	
Material involucrado	Tierra	n_0	0.020
	Corte en roca		0.025
	Grava fina		0.024
	Grava gruesa		0.028
Grado de irregularidad	Suave	n_1	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones de la sección transversal	Gradual	n_2	0.000
	Ocasionalmente alternante		0.005
	Frecuentemente alternante		0.010-0.015
Efecto relativo de las obstrucciones	Insignificante	n_3	0.000
	Menor		0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
Vegetación	Baja	n_4	0.005-0.010
	Media		0.010-0.025
	Alta		0.025-0.050
	Muy alta		0.050-0.100
Grado de los efectos por meandros	Menor	m_5	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

Fuente: Adaptado de *Hidráulica de canales abiertos* (p. 105), por Ven te Chow, 1994.



E. Estimación de Socavación General

La socavación general es la erosión del fondo del río en condiciones normales, resultado del incremento de la capacidad de transporte de un río como consecuencia de las avenidas máximas.

✓ Método de Lischvan – Levediev

Según el MTC (2011), el método propuesto por Lischvan-Levediev es el más usado en nuestro país para el cálculo de la socavación general incluyendo el efecto de la contracción de un puente. Se fundamenta en el equilibrio que debe existir entre la velocidad media real de la corriente (V_r) y la velocidad media erosiva (V_e). (p. 105)

Teniendo en cuenta los coeficientes de corrección y peso específico del agua, aplicando la ecuación para suelos granulares, la ecuación final es la siguiente:

$$H_s = \left[\frac{\alpha h^{5/3}}{0.68 \beta \mu \varphi D_m^{0.28}} \right]^{1/(1+z)}$$

Donde:

h : es la profundidad del flujo antes de la socavación (m) y H_s-h es la prof. de socavación.

Q_d : es el caudal de diseño (m^3/s)

D_m : es el diámetro medio u característico del lecho (mm)

α : es el coeficiente de sección

$$\alpha = \frac{Q_d}{B_e * h^{5/3}}$$

z : es el exponente que varía en función del diámetro medio del lecho

$$z = 0.394557 - 0.04136 \log D_m - 0.00891 \log^2 D_m$$

β : es el coeficiente de frecuencia

$$\beta = 0.7929 + 0.0973 \log T_r$$

γ_m : es el peso específico de la mezcla de agua y sedimento

$$\varphi = -0.54 + 1.5143 \gamma_m, \text{ si } \gamma_m > 1.0 \text{ t/m}^3 \text{ (lecho móvil)}$$

μ : es el factor de corrección por contracción del cauce.



Figura 5. Factor de corrección por contracción del cauce μ

V (m/s)	Luz libre (m)												
	10	13	16	18	21	25	30	42	52	63	106	124	200
<1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.0	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.5	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00
2.0	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00
2.5	0.90	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00
3.0	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
3.5	0.87	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
>4.0	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99

Fuente: Tomado de Juárez Badillo E. y Rico Rodríguez A., 1992

F. Estimación de socavación local en estribos

La socavación local en los estribos depende entre otros de la forma del estribo, las características del sedimento, la forma de la sección transversal, la profundidad del flujo en el cauce principal y en las márgenes, el caudal que es interceptado por el estribo y retorna al cauce principal, el alineamiento del cauce, el tiempo de duración de la creciente, etc., factores que no se reflejan debidamente en las ecuaciones existentes. (MTC, 2011)

✓ Método de Froehlich

La ecuación dada por Froehlich está basada en análisis dimensional y en análisis de regresión de laboratorio para 170 mediciones de socavación en lecho móvil. HEC-18 (1993) recomienda su uso para socavación tanto en lecho móvil como en agua clara, para estribos que se proyectan dentro del cauce principal o no y para flujo concentrado en el cauce principal o combinado con flujo sobre las zonas de inundación. (MTC, 2011)

Siendo la ecuación final para aguas limpias y lecho móvil, la siguiente:

$$\frac{d_s}{h_e} = 2.27 K_f K_\theta \left(\frac{L}{h_e} \right)^{0.43} F_{re}^{0.61} + 1$$

Donde:

d_s : es la profundidad de socavación (m)



h_e : es la profundidad media del flujo (profundidad hidráulica) obstruida por los estribos. (m)

K_f : es el factor de corrección que depende de la forma del estribo

K_θ : es el factor de corrección que depende del ángulo de ataque.

L : es la longitud del estribo que obstruye al flujo (m)

Fr_e : es el número de Froude, en la sección de aproximación obstruida por el flujo.

✓ Para el K_f y K_θ (Figura 6)

Figura 6. Tabla de corrección del coeficiente por la forma del estribo K_f

Descripción	K_f
Estribo con pared vertical	1.00
Estribo con pared vertical y aletas	0.82
Estribo con pendiente hacia el cauce	0.55

$$K_\theta = (\theta/90)^{0.13}$$

Donde:

θ : Ángulo de inclinación del estribo.

($\theta < 90^\circ$), si el estribo está inclinado hacia aguas abajo.

($\theta > 90^\circ$), si el estribo está inclinado hacia aguas arriba.

$$h_e = A_e / L \quad Fr_e = \frac{v_e}{\sqrt{gh_e}} \quad V_e = \frac{Q_e}{A_e}$$

✓ Para el cálculo del número de Froude, en la sección de aproximación obstruida por el flujo:

Donde:

V_e : Velocidad del flujo obstruido por el estribo y los accesos al puente en la sección de aguas arriba (m/s)

Q_e : Caudal obstruido por los estribos o accesos, medido aguas arriba del puente (m³/s)

A_e : Área de flujo de la sección aguas arriba obstruida por los estribos (m²). (MTC, 2011)

Nota: El +1 usado al final de la ecuación de Froehlich, es el factor de seguridad usado para predecir socavamientos mayores, siendo que este factor debe usarse para el diseño.



1.8.2.3. MODELO HIDRÁULICO

A. Transporte de sedimentos

Todas las corrientes, al margen de su tamaño, transportan algo de material rocoso. Las corrientes también clasifican el sedimento porque el material más ligero y más fino se transporta más fácilmente que los granos mayores y más pesados. Las corrientes transportan su carga de sedimentos de tres maneras: (1) en disolución (carga disuelta); (2) en suspensión (carga suspendida), y (3) a lo largo del fondo del cauce (carga de fondo). (Tarbuck et al., 2013, p. 503)

A1. Carga disuelta

Compuesta por componentes solubles del suelo y minerales disueltos de grietas y poros de la roca subyacente. las cuales son transportadas por el flujo general a las corrientes fluviales (Fig.7). (Tarbuck et al., 2013, p. 503)

A2. Carga Suspendida

Carga transportada por suspensión por las corrientes de agua, normalmente solo los granos del tamaño arena, limo y arcilla pueden ser transportados de esta manera; pero durante la época de las inundaciones transportan también partículas mayores (Fig. 7). (Tarbuck et al., 2013, p. 503)

A3. Carga de fondo

La constituyen los materiales más gruesos, entre ellos arenas gruesas, grava, e incluso cantos rodados, los cuales se mueven a lo largo del fondo de la corriente de agua, mediante rodamiento, deslizamiento y saltación (Fig. 7). (Tarbuck et al., 2013, p. 504)

A4. Velocidad de Sedimentación

Se define como la velocidad a la cual cae una partícula a través de un fluido inmóvil. Cuanto mayor sea la partícula, más deprisa se dirige al lecho de la corriente, las cuales están influenciadas por el tamaño, forma y el peso específico de los granos. (Tarbuck et al., 2013)

Figura 7. Formas de transporte de sedimentos por las corrientes de agua



Fuente: Adaptado de *Ciencias de la tierra* (p. 503), por Tarbuck et al., 2013.

B. Ecuación de continuidad de flujos no permanentes

El principio de la conservación de la masa o conocido también ecuación de la continuidad, es un principio para un volumen de control se puede expresar como: la transferencia neta de masa hacia dentro un volumen de control, o hacia fuera de éste, durante un intervalo Δt , es igual al cambio neto (aumento o disminución) en la masa total que está dentro de ese volumen en el transcurso de Δt , (Cengel & Cimbala, 2018, p. 190) es decir:

$$\left(\text{Masa total que entra} \right) - \left(\text{Masa total que sale} \right) = \left(\text{Cambio neto durante } \Delta t \text{ en la} \right)$$

$$\left(\text{al VC durante } \Delta t \right) - \left(\text{del VC durante } \Delta t \right) = \left(\text{masa que está dentro del VC} \right)$$

$$m_{\text{ent}} - m_{\text{sal}} = \Delta m_{\text{VC}}$$

La relación de conservación de la masa para un volumen fijo de control según (Cengel & Cimbala, 2018), se representa como:

$$\frac{d}{dt} \int_{\text{VC}} \rho dV + \int_{\text{SC}} \rho (\vec{V} \cdot \vec{n}) dA = 0$$

Donde esta ecuación expresa que la razón de cambio respecto al tiempo de la masa que está dentro del volumen de control más la razón neta de flujo de masa a través de las superficies de control es igual a cero. (Cengel & Cimbala, 2018)



La ley de continuidad para flujo no permanente puede establecerse considerando la conservación de masa en un espacio infinitesimal entre dos secciones de canal. En la que la fórmula simplificada según Ven te Chow (1994), será:

$$\frac{\partial Q}{\partial X} + \frac{\partial A}{\partial t} + q_l = 0$$

Donde $\partial Q/\partial x$ es la variación del caudal en el espacio en un tramo infinitesimal, $\partial A/\partial t$ es la variación del área transversal del canal con respecto al tiempo y q_l es un caudal lateral que puede ser de entrada o de salida. (Ven te Chow, 1994)

C. Ecuación de la conservación del momentum

La suma de todas las fuerzas que actúan sobre el volumen de control en un instante en particular se representa por ΣF , las fuerzas que actúan sobre el volumen de control constan de fuerzas del cuerpo que actúan en todo el cuerpo del volumen de control (como la fuerza de gravedad, la eléctrica y la magnética) y de fuerzas superficiales que actúan sobre la superficie de control (como la fuerza de presión y las de reacción en los puntos de contacto) (Cengel & Cimbala, 2018), y se expresa como:

$$\underbrace{\Sigma \vec{F}}_{\text{fuerza total}} = \underbrace{\Sigma \vec{F}_{\text{gravedad}}}_{\text{fuerza del cuerpo}} + \underbrace{\Sigma \vec{F}_{\text{presión}} + \Sigma \vec{F}_{\text{viscosa}} + \Sigma \vec{F}_{\text{otra}}}_{\text{fuerzas superficiales}}$$

La segunda Ley de Newton puede enunciarse como la suma de todas las fuerzas externas que actúan sobre un sistema es igual a la razón de cambio respecto al tiempo de la cantidad de movimiento lineal de ese sistema. Si se hace $b = V$ y $B = mV$ en el teorema del transporte de Reynolds y se utiliza la segunda ley de Newton se obtiene la ecuación de la cantidad de movimiento lineal para un volumen de control en movimiento o deformación (Cengel & Cimbala, 2018), como:

$$\Sigma \vec{F} = \frac{d}{dt} \int_{VC} \rho \vec{V} dV + \int_{SC} \rho \vec{V} (\vec{V}_r \cdot \vec{n}) dA$$



Donde el primer término será la variación con respecto al tiempo de la cantidad de movimiento dentro del volumen de control. El segundo término es el flujo convectivo dentro de la cantidad de movimiento a través de la superficie de control.

Lo que se puede enunciar como:

$$\left(\begin{array}{l} \text{La suma de todas las} \\ \text{fuerzas externas que} \\ \text{actúan sobre un VC} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{l} \text{La razón de cambio} \\ \text{respecto al tiempo de la} \\ \text{cantidad de movimiento} \\ \text{lineal del contenido del VC} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{l} \text{El flujo neto del momento} \\ \text{lineal hacia fuera de la} \\ \text{superficie de control por} \\ \text{el flujo de masa} \end{array} \right)$$

Para un flujo estacionario, la ecuación será la siguiente:

$$\sum \vec{F} = \int_{SC} \rho \vec{V} (\vec{V}_r \cdot \vec{n}) dA$$

Para un flujo no estacionario, la ecuación será la siguiente:

$$\sum \vec{F} = \frac{d}{dt} \int_{VC} \rho \vec{V} dV + \sum_{sal} \beta \dot{m} \vec{V}_{prom} - \sum_{ent} \beta \dot{m} \vec{V}_{prom}$$

Donde β es el factor de corrección del flujo de la cantidad de movimiento. Un volumen de control cuya masa m permanece constante puede tratarse como un cuerpo sólido (un sistema fijo de masa). (Cengel & Cimbala, 2018, p. 280)

D. Ecuaciones de Navier-Stokes

La ecuación de Navier-Stokes es la base de la mecánica de fluidos. Se deducen las ecuaciones diferenciales del movimiento de fluidos, es decir, la segunda ley de Newton conocida como ecuación de Navier-Stokes.

La ecuación de Navier-Stokes para flujo incompresible con viscosidad constante para fluidos newtonianos, es:

$$\rho \frac{D\vec{V}}{Dt} = -\nabla P + \rho \vec{g} + \mu \nabla^2 \vec{V}$$

Donde: el DV/Dt es la aceleración, ρ es la densidad, g es la gravedad, ∇P es la presión y $\mu \nabla^2 V$ es la viscosidad. (Cengel & Cimbala, 2018)



E. Ecuación dinámica para flujo no permanente- Ecuación de Saint-Venant

Por simplicidad, el flujo no permanente será tratado como flujo permanente bidimensional, con la excepción de que se utilizará una variable adicional para el elemento tiempo, la cual tiene en cuenta la variación en la velocidad de flujo y por consiguiente representa la aceleración, que produce fuerza y causa pérdidas de energía adicionales, que produce fuerza y causa pérdidas de energía adicionales en el flujo. La pendiente de fricción “ S_f ” puede evaluarse por medio de la ecuación de Manning, la de Chezy o cualquier otro flujo uniforme adecuado. (Ven te Chow, 1994, p. 517)

$$\frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{\alpha V}{g} \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial x} + S_f = S_0$$

$$\frac{1}{A} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + g \frac{\partial y}{\partial x} = g(S_0 - S_f)$$

Donde: $\frac{1}{A} \frac{\partial Q}{\partial t}$ es la aceleración local, $\frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right)$ es la aceleración convectiva, $g \frac{\partial y}{\partial x}$ es la fuerza de hidrostática, $g * S_0$ es la fuerza gravitacional y $g * S_f$ es la fuerza de fricción. (Ven te Chow, 1994, p. 517)

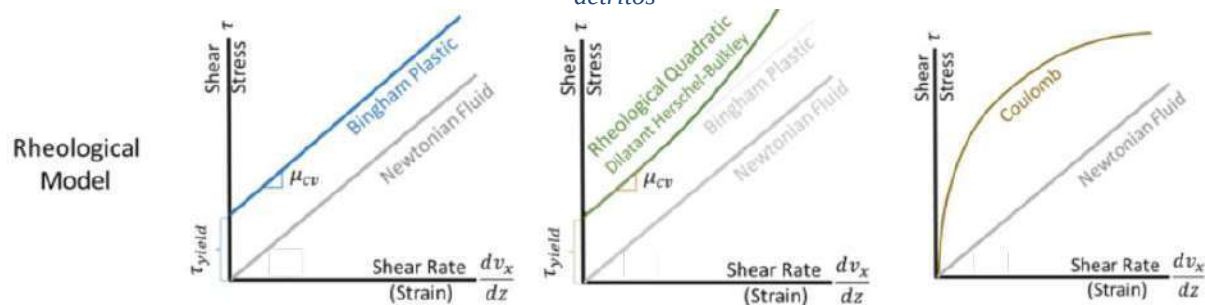
1.8.2.4. MODELO REOLÓGICO

A. REOLOGÍA DE FLUIDOS NO NEWTONIANOS

La reología, el estudio de la deformación y el flujo de materiales, examina el comportamiento global de mezclas bifásicas de sedimento y agua, dentro de las cuales tienen lugar interacciones complicadas entre fuerzas sólidas y fluidas durante el flujo. Entonces, si bien la reología puede ignorar los detalles mecánicos, las definiciones reológicas del tipo de flujo tienen la ventaja de que a veces se pueden realizar pruebas en el laboratorio (u observaciones en el campo) para definir el tipo de flujo. (Pierson, 2005, p. 162)

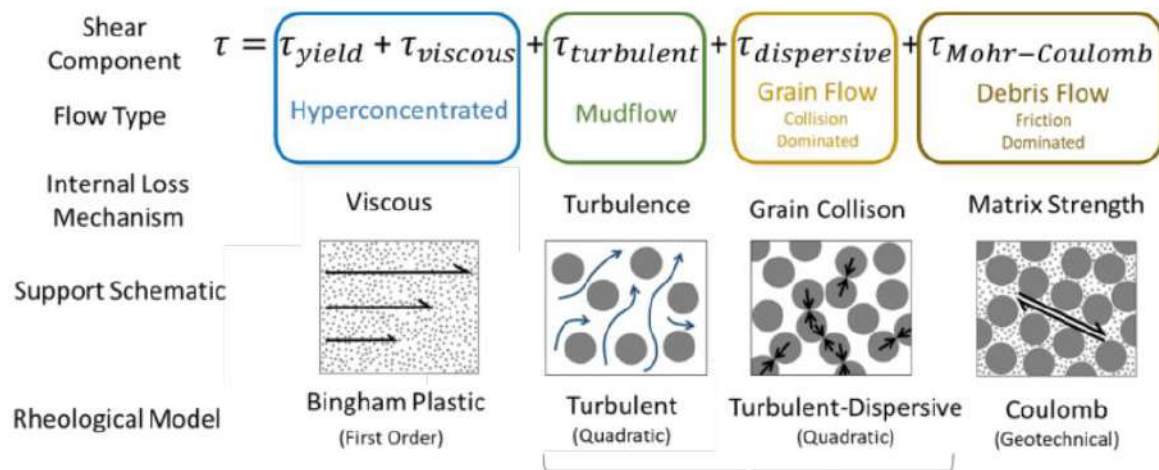
La reología es el estudio de cómo los materiales se deforman bajo el stress. Entonces, los "modelos reológicos" a menudo se expresan como relaciones simples entre el stress “esfuerzo” y el strain “deformación”. Los modelos hidráulicos estándar ya asumen un modelo reológico para simulaciones hidrodinámicas. Asumen que el agua comienza a "deformarse" (movimiento o strain) bajo cualquier stress (cero intercepciones en la relación stress-strain), el strain aumenta linealmente con el stress, y la viscosidad del agua es la relación entre el stress y el strain, los que se observan en la Figura 8 y Figura 9. Estas son las suposiciones del flujo “Newtoniano”. (HEC-RAS, 2023)

Figura 8. Modelos reológicos usados para simular (a) agua clara, (b) flujos hiperconcentrados, flujos de lodos y detritos



Fuente: Tomado de HEC-RAS Mud and Debris Flow (p. 46) por HEC-RAS, 2023.

Figura 9. Clasificación, procesos, modelo conceptual y modelo reológico de los cuatro tipos de flujo no newtonianos



Fuente: Tomado de HEC-RAS Mud and Debris Flow (p. 46) por HEC-RAS, 2023.



B. MODELO BINGHAM

El modelo plástico (Bingham 1922), es uno de los modelos reológicos más simples. El esfuerzo de Bingham es la suma de los esfuerzos de cedencia y viscosidad. (HEC-RAS, 2023)

$$\tau_{MD} = \tau_y + \tau_v$$

$$\tau_v = \mu_m \dot{\gamma}$$

Siendo: τ_y el esfuerzo de cedencia, τ_v el esfuerzo de viscosidad, “ μ_m ” la viscosidad dinámica de la mezcla y “ $\dot{\gamma}$ ” representa la velocidad de corte.

El modelo plástico de Bingham tiene una relación lineal esfuerzo-deformación como el modelo newtoniano, pero difiere de los supuestos newtonianos en dos sentidos. Primero, el modelo de Bingham incluye un esfuerzo de cedencia. El esfuerzo de cedencia (τ_y) introduce una intersección distinta de cero en la relación tensión-deformación. En otras palabras, existe un rango de esfuerzos que no deforma el fluido (un rango de esfuerzos que no inducen deformación). En segundo lugar, si bien la relación esfuerzo -deformación de Bingham es lineal, no tiene la misma pendiente que el fluido newtoniano. La viscosidad de la mezcla (μ_m) dicta la pendiente de la relación esfuerzo-deformación hiperconcentrada. (HEC-RAS, 2023)

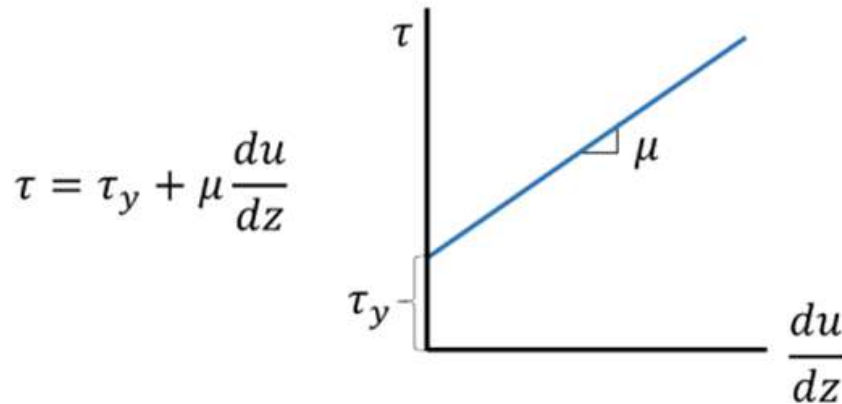
Pearson (2005), menciona que el modelo de Bingham predice una constante de viscosidad Bingham (μ_B) después de que se haya excedido un esfuerzo de cedencia finito (p. 166) y esta representado en la Figura 10, como:

$$\tau = s + \mu_B \frac{du}{dy}$$



Siendo: τ es el esfuerzo cortante, “s” es el esfuerzo de cedencia y du/dy es el gradiente de velocidad.

Figura 10. Ecuación y relación esfuerzo-deformación para un fluido Bingham



Fuente: Tomado de HEC-RAS Mud and Debris Flow (p. 47) por HEC-RAS, 2023.

C. CONCENTRACIÓN VOLUMÉTRICA (C_v)

La unidad más común para la concentración de sedimentos es miligramos por litro, que describe la relación entre la masa de partículas de sedimento y el volumen de la mezcla de agua y sedimento. Otras unidades incluyen kilogramos por metro cúbico ($1 \text{ mg/l} = 1 \text{ g/m}^3$), la concentración volumétrica de sedimento C_v , la concentración en partes por millón Cppm y la concentración en peso C_w . (Julien, 1995, p. 173)

$$C_v = \frac{\text{Volumen de sedimentos}}{\text{Volumen total}} = \frac{\text{Volumen de sedimentos}}{\text{Volumen de sedimentos} + \text{Volumen de agua}}$$

$$C_w = \frac{\text{Peso de sedimentos}}{\text{Peso total}} = \frac{C_v * G}{1 + (G - 1) * C_v}$$

D. VISCOSIDAD (η)

La viscosidad es la propiedad de un fluido que retarda la sedimentación de partículas suspendidas y le permite resistir la deformación por corte, controlando así la velocidad de flujo.



La viscosidad aumenta al aumentar la concentración de sedimentos en suspensiones acuosas de limo y arcilla (Cao y Qian, 1990; Julian y Lan, 1991 como se citó en Pearson, 2005)

E. ESFUERZO DE CEDENCIA (Yield Stress)

Todos los modelos reológicos lineales y no lineales requieren un esfuerzo de cedencia. Matemáticamente, el esfuerzo de cedencia es la intersección entre el eje y la relación esfuerzo-deformación. La deformación sólo ocurre después de que el esfuerzo exceda un umbral mínimo. Ese umbral mínimo requerido antes de que el esfuerzo cause deformación es el esfuerzo de cedencia. Conceptualmente, es el rango de esfuerzos sobre el cual la mezcla no se mueve. (HEC-RAS, 2023)

F. MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS REOLÓGICOS

O'Brien & Julien (1988), obtuvieron las propiedades de viscosidad y esfuerzos de cedencia en términos de distribución del tamaño de los sedimentos y contenido de arcilla, a partir de muestras recogidas de depósitos de flujos de lodo naturales en las Montañas Colorado, cerca de las ciudades de Aspen y Glenwood Springs. (p. 880) Dichos resultados de las muestras recogidas se observan en la Tabla 11 y Tabla 12.

Se ha aceptado generalmente que tanto la viscosidad dinámica “ η ”, como el esfuerzo de cedencia “ τ_y ” aumentan exponencialmente con la concentración volumétrica de sedimentos finos C_v (O'Brien & Julien, 1988), y definen a estas por la siguiente relación empírica:

$$\eta = \alpha_1 e^{\beta_1 c_v} .$$
$$\tau_y = \alpha_2 e^{\beta_2 c_v}$$

Donde: α_i , β_i son coeficientes empíricos que se obtienen de las siguientes tablas.



Tabla 11. Propiedades de las matrices de flujos (solo limos y arcillas)

Sample	Distribución del tamaño de sedimento				Limite líquido	Indice plástico
	Arcilla (%)	D ₁₆ (mm)	D ₅₀ (mm)	D ₈₄ (mm)		
Glenwood original	4,8	0,010	0,034	0,062	-	-
Glenwood sample 1	6,8	0,009	0,023	0,050	-	-
Glenwood sample 2	3,0	0,016	0,035	0,061	-	-
Glenwood sample 3	4,8	0,011	0,025	0,053	-	-
Glenwood sample 4	7,6	0,001	0,018	0,032	-	-
Aspen Pit 1	31,3	0,001	0,011	0,032	0,32	0,11
Aspen natural soil	27,0	0,001	0,012	0,028	0,25	0,06
Aspen mine fill	27,8	0,001	0,013	0,030	0,24	0,06
Aspen natural soil source	31,6	0,001	0,016	0,039	-	-
Aspen mine fill source	25,2	0,001	0,018	0,061	-	-

Fuente: Adaptado de *Laboratory Analysis of Mudflow Properties* (p. 880), por O’Brien & Julien, 1988, Journal of Hydraulic Engineering.

Tabla 12. Esfuerzo de cedencia y viscosidad de las matrices de flujos

Fuente	$\tau_y = \alpha e^{\beta C_v}$		$\eta = \alpha e^{\beta C_v}$	
	α	β	α	β
Correlaciones de mediciones en Campo				
Aspen Pit 1	0,181	25,7	0,0360	22,1
Aspen Pit 2	2,72	10,4	0,0538	14,5
Aspen Natural Soil	0,152	18,7	0,00136	28,4
Aspen Mine Fill	0,0473	21,1	0,128	12,0
Aspen Watershed	0,0383	19,6	0,000495	27,1
Aspen Mine Source Area	0,291	14,3	0,000201	33,1
Glenwood 1	0,0345	20,1	0,00283	23,0
Glenwood 2	0,0765	16,9	0,0648	6,20
Glenwood 3	0,000707	29,8	0,00632	19,9
Glenwood 4	0,00172	29,5	0,000602	33,1
Correlaciones disponibles de la literatura:				
Iida (1938)	-	-	0,0000373	36,6
Dai et al. (1980)	2,60	17,48	0,00750	14,39
Kang and Zhang (1980)	1,75	7,82	0,0405	8,29
Qian et al. (1980)	0,00136	21,2	-	-
	0,050	15,48	-	-
Chien and Ma (1958)	0,0588	19,1-32,7	-	-
Fei (1981)	0,166	25,6	-	-
	0,00470	22,2	-	-

Fuente: Adaptado de *Laboratory Analysis of Mudflow Properties* (p. 882), por O’Brien & Julien, 1988, Journal of Hydraulic Engineering.



G. CAUDAL DEL FLUJO Y FACTOR DE VOLUMEN (BULKING FACTOR)

El volumen de la mezcla total de agua y sedimentos en un flujo hiperconcentrado, se puede determinar calculando el factor de volumen “BF” y multiplicando el volumen de agua por el factor de volumen (O’Brien, 2000). El factor de aumento de volumen es:

$$Q_t = BF * Q_1 \qquad BF = \frac{1}{1-Cv}$$

Donde: BF es el factor de volumen (Bulking Factor), Q_t es el caudal del flujo hiperconcentrado (m^3/s), Q_1 es el caudal líquido (m^3/s) y Cv es la concentración volumétrica de sedimentos.

1.8.3. MARCO CONCEPTUAL

Esguerramiento. - “Movimiento del agua a través de la superficie de la tierra, de los subsuelos y de las rocas subyacentes (también existe el concepto de esguerramiento de sedimentos)” (Campos Cedeño et al., 2016, p. 164).

Flujo No Newtoniano - “Cantidad de agua que fluye a través de una determinada sección transversal de un río durante un intervalo específico de tiempo” (Campos Cedeño et al., 2016, p. 164)

Caudal, Q [m^3/s , cm^3/s , l/s]. - “Cantidad de agua que fluye a través de una determinada sección transversal de una conducción en la unidad de tiempo” (Campos Cedeño et al., 2016, p. 164)

Régimen hidrológico. - Conjunto de cambios naturales recurrentes en el estado de un cuerpo de agua, que son inherentes a él y lo hace diferente de otros cuerpos de agua (Campos Cedeño et al., 2016, p. 164)



1.9. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

1.9.1. TIPO, ENFOQUE Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

1.9.1.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación empleado en el presente estudio es de una investigación aplicada, ya que según Ñaupas Paitán et al., (2018) se basa en los resultados de la investigación básica, pura o fundamental, de la cual se formulan problemas e hipótesis de trabajo para resolver los problemas sociales de una comunidad, región o país. Siendo esta la más importante, donde esta investigación busca dar solución al problema social de la comunidad a partir de la aplicación del conocimiento en geología, geomorfología, hidrología, hidrogeología, riesgos geológicos, topografía para la evaluación del peligro, vulnerabilidad y el riesgo por flujo hiperconcentrado.

1.9.1.2. Enfoque de la Investigación

El enfoque del proyecto de investigación es mixto, ya que según Hernández Sampieri et al. (2014), “la meta de la investigación mixta no es reemplazar a la investigación cuantitativa ni a la investigación cualitativa, sino utilizar las fortalezas de ambos tipos de indagación, combinándolas y tratando de minimizar sus debilidades potenciales”(p. 532).

El método usado es el Deductivo- Inductivo

1.9.1.3. Nivel de Investigación

El nivel de investigación empleado es el Descriptivo- Correlacional, es descriptivo porque según Gay (1996) comprende la colección de datos para probar hipótesis o responder a preguntas concernientes a la situación corriente de los sujetos del estudio.

Es correlacional porque mide el grado de relación del comportamiento de la variable Evaluación del riesgo geológico a partir de las variables “peligro por flujo hiperconcentrado” y “vulnerabilidad”.



1.9.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación es NO EXPERIMENTAL, ya que según Hernández Sampieri et al (2014) lo describe como “estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos”(p. 152).

1.9.3. MÉTODO DE TRABAJO

ETAPA DE PRE CAMPO 1

- a) Revisión, recopilación bibliográfica de los antecedentes del área de estudio a nivel local, nacional e internacional.
- b) Revisión, recopilación bibliográfica de libros académicos acerca del tema de Gestión de Riesgos Geológicos, Hidrología, Geología, Geomorfología, entre otros.

ETAPA DE PRE CAMPO 2

- a) Descarga y recopilación de datos SIG de tipo Raster y vectorial de las plataformas del GEOCATMIN, ALOS PALSAR- ASF, entre otros.
- b) Delimitación del área de la microcuenca Ccancahua, y del área de estudio de la C.C. de Qquehuar a nivel local.
- c) Elaboración de mapa base, mapa de ubicación, accesibilidad y topográfico de la microcuenca Ccancahua. (Anexo 1)
- d) Elaboración de mapa geológico regional de la microcuenca Ccancahua en base a los datos vectoriales proporcionados de la plataforma Geocatmin – INGEMMET.
- e) Elaboración del mapa geomorfológico regional del cuadrángulo de Sicuani a partir del mapa geomorfológico realizado por Audebaud (1973) para el cuadrángulo 29-t Sicuani.



- f) Recopilación de datos históricos de precipitación (como precipitación máxima en 24 hrs/día, precipitación acumulada mensual, precipitación acumulada diaria) desde el año 1964 hasta la actualidad de la estación meteorológica Sicuani - plataforma web del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).
- g) Delimitación de las áreas de los elementos expuestos al peligro, para la realización del modelado numérico en esta área.
- h) Preparación del formulario de preguntas para la realización de encuestas, para la valoración de la vulnerabilidad de la población expuesta.

ETAPA DE CAMPO

- a) Reconocimiento del área de estudio local.
- b) Mapeo geológico local del área de la comunidad campesina de Quehuar.
- c) Obtención de muestras para análisis macroscópico en gabinete.
- d) Mapeo geomorfológico local del área de la comunidad campesina de Quehuar.
- e) Mapeo, delimitación y caracterización de las quebradas geodinámicamente activas de la microcuenca Ccancahua.
- f) Levantamiento topográfico de la zona ribereña de la C.C. de Quehuar al río Ccancahua.

ETAPA DE CAMPO 2

- a) Identificación de los parámetros de evaluación del peligro identificado en la zona de estudio.
- b) Identificación de los parámetros y descriptores de los factores condicionantes y desencadenantes del peligro identificado.
- c) Realización de encuestas para el análisis y valoración de los factores de la vulnerabilidad de la población ribereña al río Ccancahua.



ETAPA DE GABINETE Y POSTCAMPO

- a) Determinación de los parámetros morfométricos de la microcuenca Ccancahua, con ayuda del software GIS.
- b) Análisis e identificación de las muestras obtenidas en campo.
- c) Elaboración del mapa geológico local de la C.C. de Qquehwar.
- d) Elaboración del mapa geomorfológico local en la C.C. de Qquehwar.
- e) Elaboración del mapa hidrogeológico local de la C.C. de Qquehwar.
- f) Procesamiento y sistematización de los datos de vulnerabilidad obtenidos mediante encuestas de la población ribereña al río Ccancahua.
- g) Procesamiento de la información hidrometeorológica para la obtención de los caudales máximos con el software HEC-HMS.
- h) Modelado numérico para flujos hiperconcentrados con los caudales generados para los diferentes periodos de retorno con el software HEC-RAS 6.4.1.
- i) Elaboración de los mapas del nivel de peligro, vulnerabilidad y riesgo, producto de la recopilación y procesamiento de información obtenida de campo.

ETAPA FINAL

- a) Sustentación de Tesis

1.9.4. INSTRUMENTOS A UTILIZAR

- GPS Garmin Etrex 10 (Fig. 11)
- Brújula DQL-8
- Picota Geológica Estwing
- Cámara fotográfica
- Cronómetro

Figura 11. Instrumentos y equipos utilizados en las salidas a campo



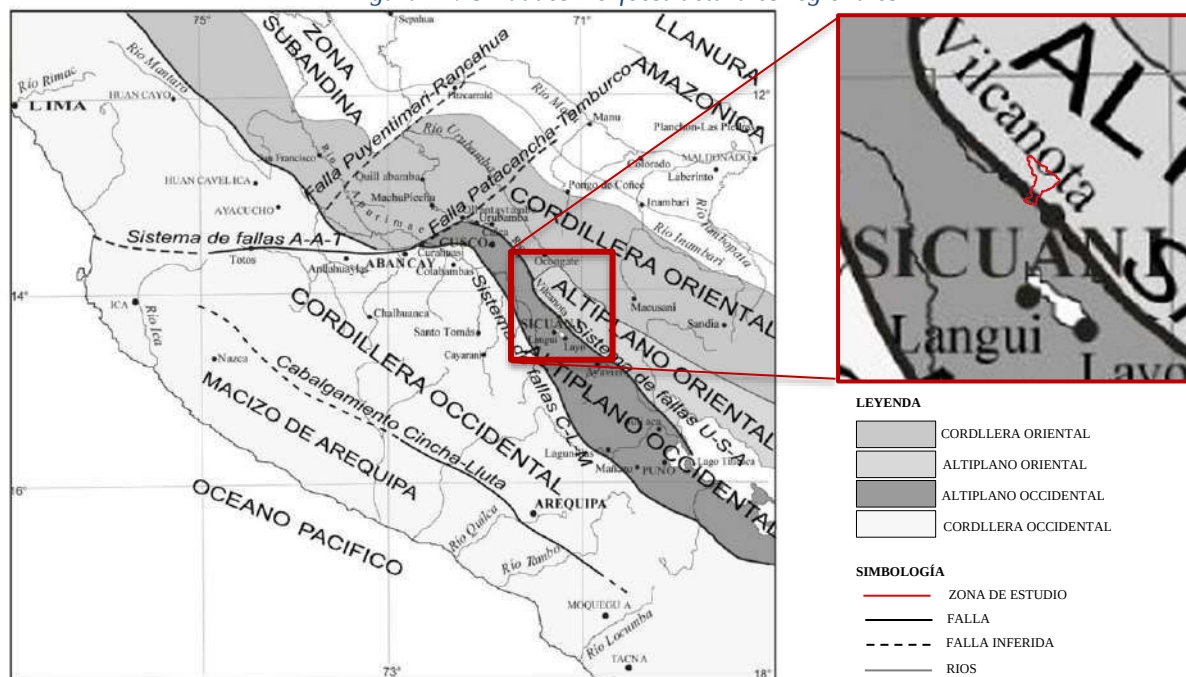
1.10. CLIMA

Según el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite – SENAMHI (2021), la localidad de Sicuani “es clasificada con el tipo de clima C(o,i)C’ que la describe como: Zona de clima semiseco, frío, con deficiencias de lluvias en otoño e invierno, con humedad relativa calificada como seca” (p.54).

2.1. GENERALIDADES

Se presentan tres unidades morfoestructurales principales; de Oeste a Este: La Cordillera Occidental, el Altiplano y la Cordillera Oriental (Fig. 12). La Cordillera Occidental es una cadena de montañas de dirección NO-SE con picos que alcanzan los 4500 a 4900 msnm. Las montañas están ligadas a una altiplanicie (entre los 4,500 y 5,000 m) conocida como Puna (Palacios et al., 1993, p. 1).

Figura 12. Unidades morfoestructurales regionales



Fuente: Adaptado de Puesta en evidencia de acreciones Mezoproterozoicas en la formación de la litósfera del Sur del Perú, por Carlotto, V., Cárdenas, J. & Carlier, G., 2008.

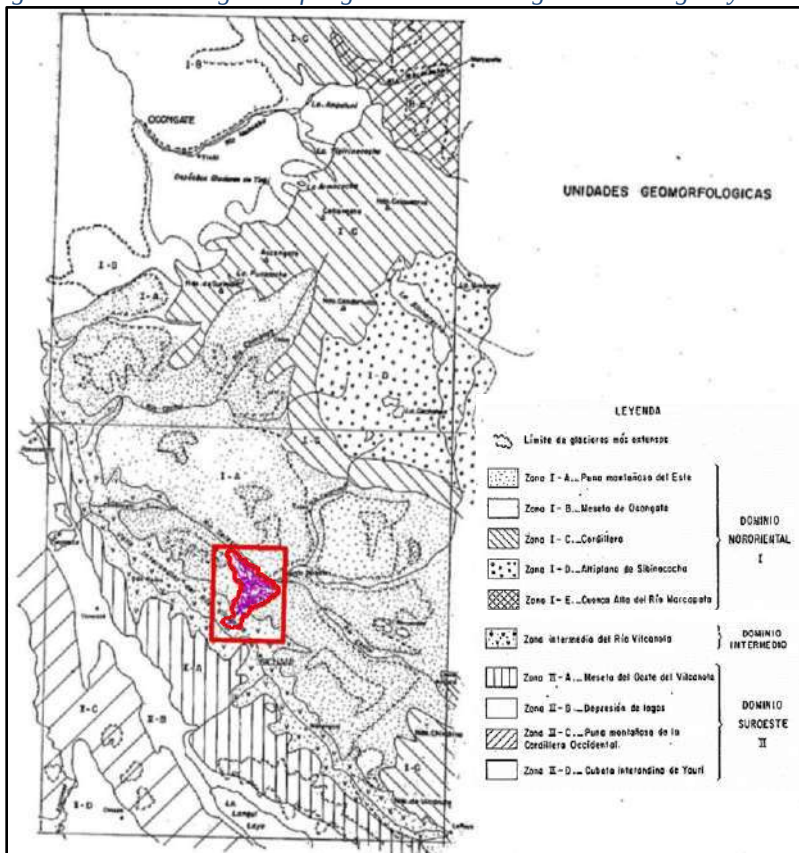
Por su parte la Cordillera Oriental también con dirección NO-SE, según Audebaud (1973) se encuentra entre los 4900 y 5400 msnm, con algunas crestas que alcanzan hasta los 6300 msnm como es el caso del Auzangate y Collagante, además separa a las cubetas del Vilcanota y de Madre de Dios (p. 7). La zona de Sicuani se encuentra en el altiplano.



2.2. MARCO GEOMORFOLÓGICO REGIONAL

Audebaud, (1973) en los cuadrángulos de Ocongate y Sicuani distingue 3 dominios predominantes separados por el río Vilcanota. El área delimitada por la línea roja indica la zona de estudio a escala regional, el área de color morado la microcuenca Ccancahua (Fig. 13).

Figura 13. Unidades geomorfológicas del cuadrángulo de Ocongate y Sicuani



Fuente: Adaptado de *Geología de los cuadrángulos de Ocongate y Sicuani* (p.10), por

Audebaud, E., 1973.

El Dominio Nororiental constituido de puna montañosa y cordillera, el Dominio Suroeste constituido de puna montañosa y el altiplano con muchas depresiones, y un Dominio Intermedio constituido por el valle interandino del río Vilcanota, cada uno de estos con subunidades que a continuación se describirán:



2.2.1. DOMINIO NORORIENTAL:

A. PUNA MONTAÑOSA

Esta unidad se encuentra ubicada al Noreste de Sicuani sobre un sinclinal de sedimentos cretácicos y delimitado por crestas de altitudes que varían entre 4400 y 5200 msnm pertenecientes al Grupo Mitu, cuya disposición indicaría una antigua superficie afectada por la erosión glacial y post glacial. (Audebaud, 1973)

Caracterizada además por la presencia de cordilleras aisladas del Grupo Mitu y la formación Huancané esculpidas por los glaciares. Además, el miembro Moho inferior se encuentra formando depresiones con colinas bajas y cubiertas de aluviones formados en los periodos de lluvias. (Audebaud, 1973)

Las aguas de escorrentía superficial son recolectadas por los ríos Chalpi y Salcca y llevados hasta el río Vilcanota, además los ríos Carhui y Ullucane descienden hasta el Vilcanota, de los cuales el río Carhui forma gargantas sobre la formación Huancané (Audebaud, 1973).

Las montañas de la microcuenca Ccancahua son parte de esta puna montañosa, sus pendientes abruptas son favorables para la escorrentía superficial en las quebradas que se unen para formar el río Ccancahua, el cual llega hasta el valle interandino del Vilcanota para desembocar en el río del mismo nombre.

B. CORDILLERAS

En la geomorfología del cuadrángulo de Sicuani y Ocongate se ha logrado distinguir cuatro tipos de cordilleras: las Cordilleras bajas en rocas del Paleozoico inferior (Ayacachi), las muy elevadas cortadas en intrusivos o en el Grupo Mitu (Auzangate), las cordilleras



longitudinales de dirección NO-SE (Ayacachi), y las transversales en dirección E-O (Auzangate). (Audebaud, 1973)

En todos los casos de erosión glaciar predominan hermosos valles en artesa cuyos umbrales han dado lugar a la formación de numerosas lagunas (Pistacocha, Pucacocha y Ampatuni) enclavadas en los nevados; existiendo, además, enormes aparatos morrénicos (morrenas de Tigirinacocha de 4 km de longitud) (Audebaud, 1973).

Esta unidad la ubicamos varios kilómetros al Norte de la microcuenca Ccancahua, no tiene una influencia directa sobre esta, pero guarda relación con la zona de estudio a escala regional.

2.2.2. DOMINIO SUROESTE

A. Borde Suroeste del anticlinal del Vilcanota - Meseta del oeste del Vilcanota

Ubicado en la zona SE del cuadrángulo de Sicuani; según Audebaud (1973) por el N corta a las areniscas del Grupo Mitu y por el Sur corta las areniscas del Terciario que alcanzan los 5 100 msnm, las desembocaduras de los lagos de la unidad de depresión de lagunas han formado cañones de gran pendiente sobre esta unidad.

Se encuentra al Suroeste de la microcuenca Ccancahua, forma parte del flanco izquierdo del anticlinal cuyas formaciones afloran en nuestra zona de estudio, por su topografía de gran pendiente sus aguas desembocan en el río Vilcanota.

B. Depresión de las lagunas, según Audebaud

Según Audebaud (1973), se “trata de una depresión alargada paralela al río Vilcanota ocupada por una serie de lagos (Langui – Layo, Tungasuca y Pomacanchi) debido a una



disposición estratigráfica y tectónica (grabens), con fallas y texturas que limitan sus bordes”

(p.13)

C. Puna montañosa de la Cordillera Occidental

Constituida en la zona Suroeste del cuadrángulo de Sicuani, según Audebaud (1973) hacia el Occidente caracterizada por una cobertura rocosa irregular del Cretáceo superior y Terciario sobre rocas del Grupo Mitu; y hacia el Oriente por rocas del Terciario formando superficies.

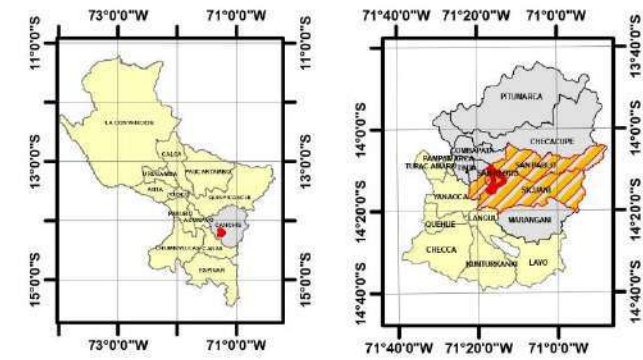
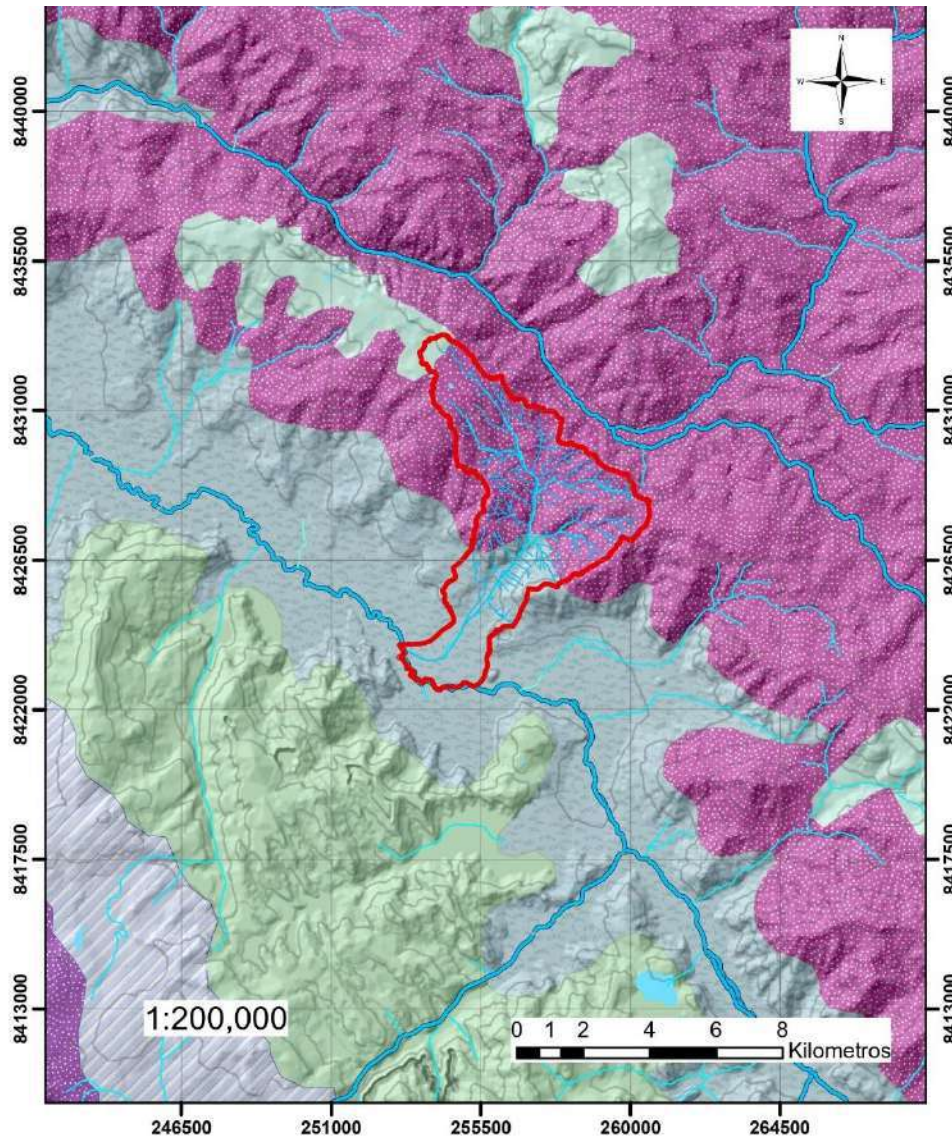
2.2.3. DOMINIO INTERMEDIO

Audebaud (1973), menciona que entre los dominios nororiental y suroeste se encuentra el valle interandino del río Vilcanota con una pendiente promedio de 6% sin mayor encajonamiento, pues las inclinaciones de sus laderas son suaves y algo convexas, estando cultivadas hasta una altitud de más de 4000 m. En esta unidad se presencian varios aluviones que indicarían la existencia de lagunas antiguas y barreras de lavas que minimizaron la erosión del curso superior del Vilcanota (Fig. 14). (p. 14)

La población de la C.C. de Quehuar se encuentra asentada en esta unidad, en la zona se evidencian pendientes muy bajas, por lo que el peligro por flujo hiperconcentrado aumenta considerablemente (Fig. 14).



Figura 14. Mapa Geomorfológico regional de la microcuenca Ccancahua



Nota: Adaptación de leyenda y simbología de "Unidades Geomorfológicas" de Boletín N°25, INGEMMET (p.10).
FUENTE: Audebaud, E., 1973.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO			
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA			
TESIS PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO GEOLOGO				
"EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO EN LOS MÁRGENES DEL RÍO CCANCAHUA EN LA C.C. DE QUEHUAR, EN EL DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA DE CANCHIS, REGION CUSCO, 2023"				
Mapa: MAPA GEOMORFOLOGICO REGIONAL DE LA MICROCUENCA CCANCAHUA				
Asesor: Ing. IVAN CACERES ANGULO		Responsable: Bach. LABRA MAMANI, ENOC ANTONY Bach. YAPO BEJAR, LUIS MIGUEL		
Ubicación: Dep. CUSCO Prov. CANCHIS Dist. SICUANI		Datum: WGS 84		Escala: INDICADA
		Sistema de Proyección: UTM ZONA 19 S		Fecha: NOV-2023
		FUENTE: Audebaud, E., 1973		



2.3. MARCO GEOMORFOLÓGICO LOCAL

2.3.1. PENDIENTES DEL TERRENO

La pendiente está referida a la inclinación de un terreno respecto a un plano horizontal. El relieve de los terrenos de la C.C. de Quechuar evidencia una topografía bastante diferenciada con pendientes que van desde “extremadamente empinadas” en la parte alta de las montañas hasta “planas” en la llanura aluvial, en altitudes entre 3514 msnm y 4180 msnm. En el presente estudio, la pendiente es uno de los parámetros de evaluación de los peligros geológicos como factor condicionante, clasificándose en 8 rangos expresados en porcentajes (Tabla 13, Figura 15).

Tabla 13. Clasificación de pendientes

Clase de pendiente	Rango de Pendiente (%)	Descripción	Área (km ²)	Porcentaje (%)
A	0 - 2	Plana o casi nivel	1.33	11.23
B	2 - 4	Ligeramente inclinada	1.26	10.63
C	4 - 8	Moderadamente inclinada	2.41	20.36
D	8 - 15	Fuertemente inclinada	1.20	10.14
E	15 - 25	Moderadamente empinada	1.43	12.05
F	25 - 50	Empinada	2.47	20.85
G	50 - 70	Muy empinada	1.07	9.02
H	> 70	Extremadamente empinada	0.68	5.73

Fuente: Adaptado de Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN), 1982.

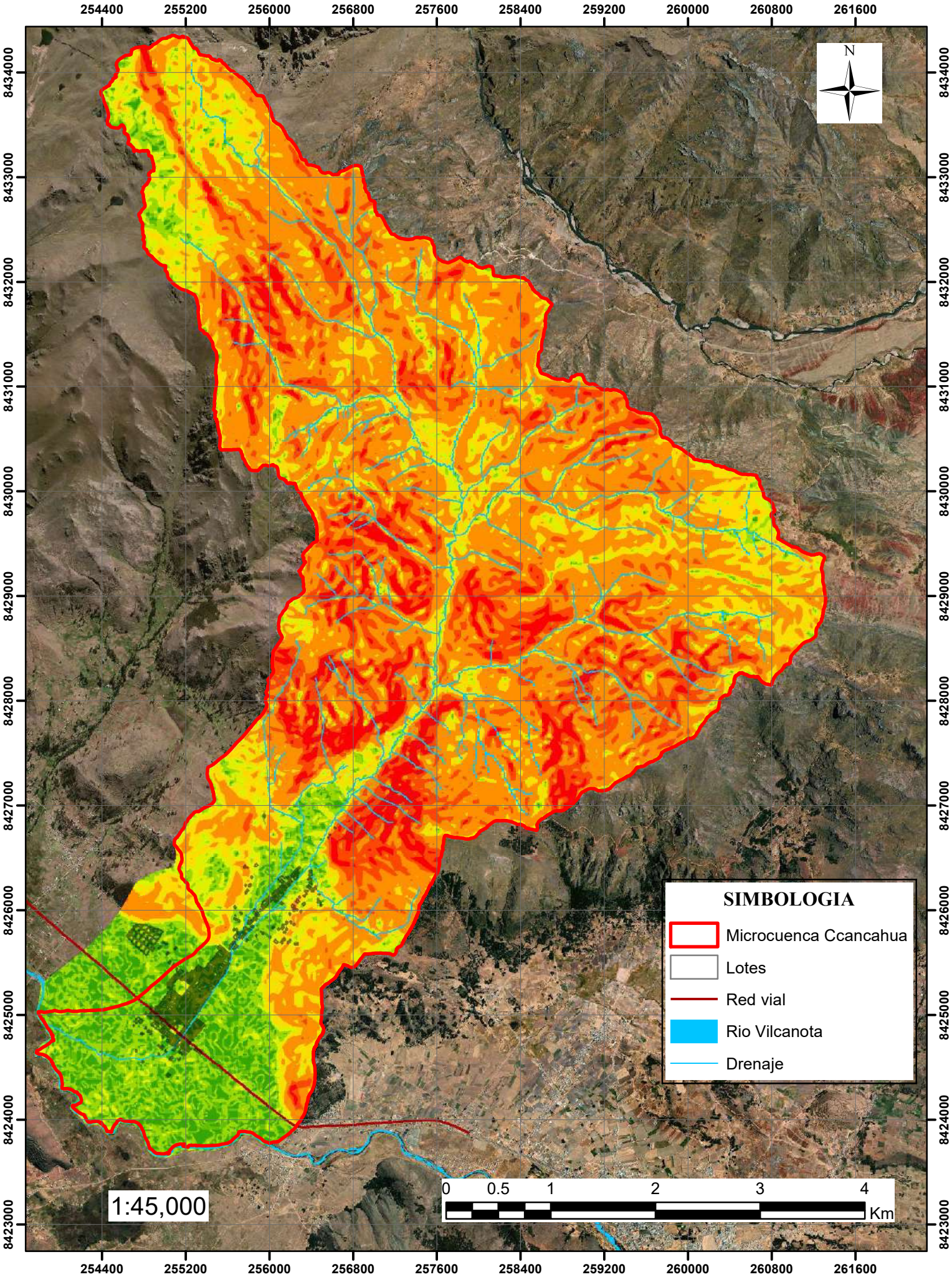
a) Terreno plano o casi a nivel (0-2%)

Esta pendiente tiene un rango de 0-2%, gran parte de la población se asienta sobre estos terrenos debido a su casi nulo porcentaje de inclinación, representa un 11.23% de la zona de estudio, abarca el sector de la llanura aluvial (parte baja de la microcuenca Ccancahua) (Fig. 15).

b) Terreno ligeramente inclinado (2-4%)

Al igual que el primer clasificador, estos terrenos tienen un muy bajo porcentaje de

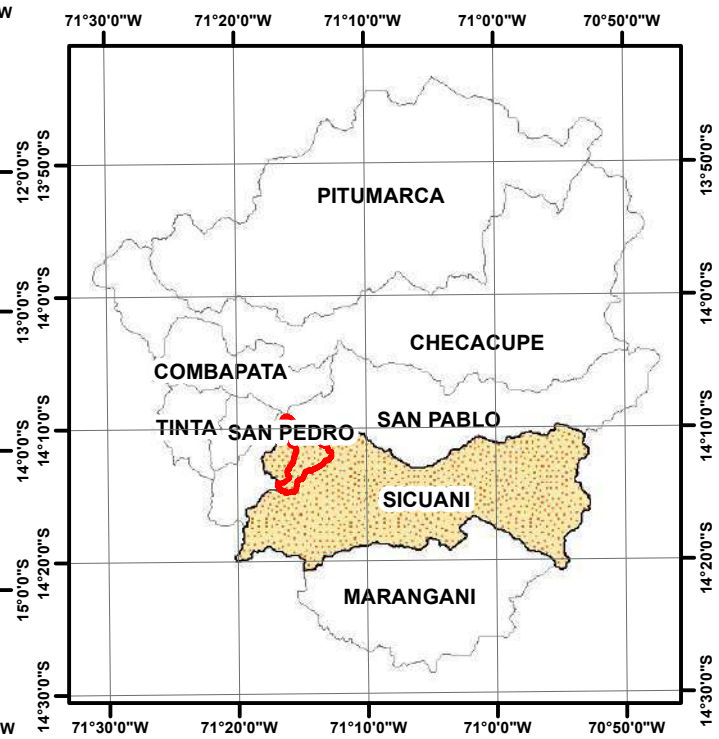
Figura 15. Mapa de pendientes de la microcuenca Ccancahua



UBICACION PROVINCIAL



UBICACION DISTRITAL

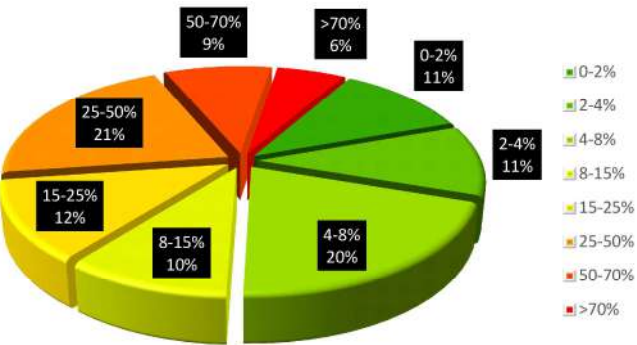


LEYENDA

RANGO DE PENDIENTES

- 0-2%: Plana o casi nivel
- 2-4%: Ligeramente inclinada
- 4-8%: Moderadamente inclinada
- 8-15%: Fuertemente inclinada
- 15-25%: Moderadamente empinada
- 25-50%: Empinada
- 50-70%: Muy empinada
- >70%: Extremadamente empinada

PORCENTAJE DE PENDIENTES SEGUN AREA



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO			
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA			
TESIS PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO GEOLOGO				
"EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO EN LOS MÁRGENES DEL RÍO CCANCAHUA EN LA C.C. DE QQUEHUAR, EN EL DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA DE CANCHIS, REGIÓN CUSCO, 2023"				
Mapa: MAPA DE PENDIENTES DE LA MICROCUENCA CCANCAHUA				
Asesor: Ing. IVAN CACERES ANGULO		Responsable: Bach. LABRA MAMANI, ENOC ANTONY Bach. YAPO BEJAR, LUIS MIGUEL		
Ubicacion:		Datum:	Escala:	Figura:
Dep. CUSCO		WGS 84	INDICADA	15
Prov. CANCHIS		Sistema de Proyeccion:	Fecha:	
Dist. SICUANI		UTM ZONA 19 S	DIC-2023	



inclinación (2-4%) por lo que la población ha asentado sus viviendas y sus medios de vida sobre estos, abarcando un 10.63% de la zona de estudio (Fig. 15 y 16a).

c) Terreno moderadamente inclinado (4-8%)

En estos terrenos, se desarrollan principalmente las labores agrícolas, en menor porcentaje se asientan también viviendas, abarca un 20.36% de la zona de estudio (Fig. 15).

d) Terreno fuertemente inclinado (8-15%)

Está clasificado en un rango entre 8 a 15%, son los terrenos que se encuentran en los pies de cerros y colinas de la zona, constituyen las pendientes de algunos depósitos producidos por movimientos en masa, abarca un 10.14% de la zona en estudio (Fig. 16b).

e) Terreno moderadamente empinado (15-25%)

Son terrenos con pendientes de 15 a 25%, evidenciándose en colinas y montañas de la zona baja de la microcuenca Ccancahua, abarca un 12.05% del total del área de estudio (Fig. 16).

f) Terreno empinado (25-50%)

Son pendientes entre 25 y 50%, donde se evidencian en las laderas medias y altas de las unidades geomorfológicas de montañas y colinas, abarcando un 20.85% del área total (Fig. 16d).

g) Terreno muy empinado (50-70%)

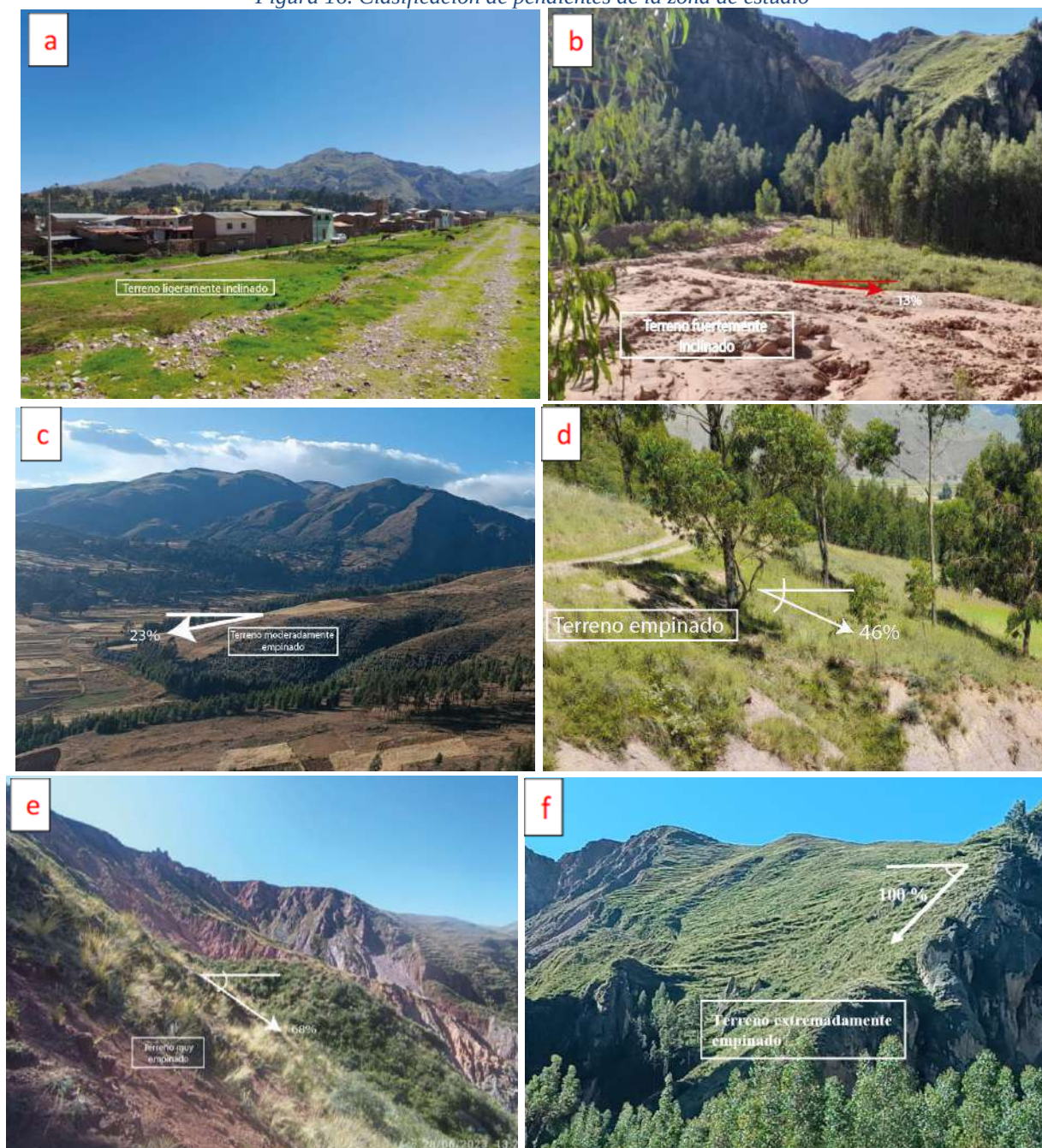
Estos terrenos con pendientes entre 50-70% ocupan un 9.02% del total de la zona de estudio, evidenciándose en las unidades geomorfológicas de montaña (Fig. 16e).

h) Terreno extremadamente empinado (>70%)

Son los terrenos más susceptibles a generar movimientos en masa, son zonas de difícil acceso, su pendiente es mayor al 70% y se evidencian en los cerros Pucará y Chuñomocco ocupando un 5.73% de la zona de estudio (Fig. 15 y 16f).



Figura 16. Clasificación de pendientes de la zona de estudio



Nota. (a) Terreno plano a moderadamente inclinado, (b) terreno fuertemente inclinado, (c) terreno moderadamente empinado, (d) terreno empinado, (e) terreno muy empinado y (f) terreno extremadamente empinado.



2.3.2. *Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional*

2.3.2.1. UNIDAD DE MONTAÑA

Ubicadas al N y NE del poblado Qquehwar, conformada por los cerros Chuñomocco y Pucará con un desnivel de 580 m y 540 m, respectivamente, dentro de la cual se diferencian subunidades de acuerdo a su litología y procesos erosivos que los modelaron (Fig. 21).

a) *Subunidad de montaña en roca sedimentaria “RM-rs”*

Configura la parte más alta del cerro Chuñomocco; litológicamente, conformada por cuarzoarenitas rosadas de la formación Huancané y limoarcillitas de la formación Muni, con pendientes empinadas a extremadamente empinadas ($>25\%$) por el área del deslizamiento, y pendientes fuertemente inclinadas en la cumbre de la montaña (Fig. 17).

b) *Subunidad de montaña en roca vulcano- sedimentaria “RM-rvs”*

Corresponde a afloramientos de rocas vulcanosedimentarias del miembro medio y miembro superior de la formación Mitu, caracterizado por una topografía muy accidentada, con cimas alargadas y pendientes muy empinadas ($>50\%$) como en el cerro Pucará o como la presencia de acantilados extremadamente empinados ($>70\%$) en las laderas del cerro Chuñomocco, sobre el cual se acumularon vertientes o piedemontes coluvio-deluviales (Fig. 17).

Figura 17. Geoformas en unidad de montañas locales





2.3.2.2. UNIDAD DE COLINAS Y LOMADAS

a) *Subunidad de colina en roca sedimentaria “RC-rs”*

En el flanco izquierdo del anticlinal de Vilcanota, se observan colinas con pendientes empinadas a extremadamente empinadas ($>25\%$), el cual litológicamente corresponden a las rocas sedimentarias del Grupo Ambo (conglomerados, areniscas); mientras que, en el flanco derecho del anticlinal mencionado, se observan colinas con pendientes de moderadamente empinadas a empinadas (15 - 50%), las cuales litológicamente corresponden Grupo Tarma-Copacabana (areniscas, calizas) y al Grupo Ambo (areniscas) (Fig. 18).

b) *Subunidad de colina en roca metamórfica “RC-rm”*

Ubicadas al NW y SE del poblado Qquehwar; esta geoforma de colina está conformada por substrato rocosos metamórficos de naturaleza pizarrosa y esquistosa, con pendientes fuertemente inclinadas a moderadamente empinadas (8 - 25 %) (Fig.18).

c) *Subunidad de colina en roca volcánica “RC-rv”*

Ubicados al N del poblado Qquehwar, caracterizado por pendientes moderadamente empinadas a empinadas (15 - 25 %), las cuales litológicamente corresponden a las dioritas del miembro medio de la Grupo Mitu.

Figura 18. Geoformas en unidades de colinas locales





2.3.3. Geoformas de carácter depositacional y agradacional

2.3.3.1. UNIDAD DE PIEDEMONTE

Geoformas formadas en la ladera de montañas u colinas, como se observa en el mapa geomorfológico local (Fig. 21).

a) Subunidad de vertiente o piedemonte coluvio-deluvial “V-cd”

Referido a arenas, gránulos, guijarros, bloques subangulosos a angulosos en una matriz limo-arcillosa de naturaleza heterométrica, acumulados a los pies de las laderas de las montañas u cerros Pucará y Chuñomocco, y en las laderas de las colinas que rodean al poblado de Qquehuar. Esta geoforma está compuesta por depósitos deluviales (materiales inconsolidados de las laderas de montañas, colinas, lomadas que son lavados, transportados por acción del agua y depositados al pie de laderas) y coluviales (depósitos acumulados por efecto de la gravedad), y debido a que se encuentran interestratificados, no es posible separarlas.

b) Subunidad de vertiente con depósitos de deslizamiento “V-dd”

Ubicado al NE del poblado Qquehuar, caracterizado por la acumulación de sedimentos, producto de los movimientos en masa en la zona como: deslizamientos, derrumbes, caída de rocas, volcamientos, etc.

En el sector Suchu Q’uchu se observa un abanico aluvial de morfología convexa producto de los movimientos en masa en la quebrada del mismo nombre, presentando una litología de cuarzoarenitas, areniscas, lutitas, yesos dentro de una matriz areno-limosa de coloración rojiza, mientras que por el sector Ccochacunca se observa una acumulación de sedimentos de antiguos movimientos en masa del sector Moyokunka de litología similar a la de la quebrada Suchu Q’uchu (Fig.19).



c) Subunidad de vertiente coluvial de detritos “V-d”

Referido a sedimentos de naturaleza coluvial, los cuales son depósitos acumulados por efecto de la gravedad, se identificaron vertientes coluviales en la quebrada Suchu Q’uchu y las quebradas adyacentes a esta; compuesta por sedimentos no consolidados en una matriz limo-arenosa, las cuales fueron acumuladas por efecto de la gravedad.

d) Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial “P-at”

Formado por la acumulación de sedimentos inconsolidados; transportados, acarreados por flujos de agua efímeras, debido a las precipitaciones de tipo excepcional u extraordinario, que afectan a las quebradas secas. Se identificó en mayor medida vertiente aluvio-torrenciales en las quebradas secas en la ladera de los cerros Pucará y Chuñomocco, y en menor proporción en las quebradas de las laderas de las colinas circundantes al poblado Qquehwar.

Figura 19. Geoforma en unidad de vertientes locales



2.3.3.2. UNIDAD DE PLANICIES

a) Subunidad de Llanura o planicie aluvial “Pl-al”

Es la unidad más extendida por el valle del Vilcanota, compuesta por depósitos de tipo aluvial (gravas y arenas en una matriz limo arenosa), caracterizada por una topografía plana a moderadamente inclinada (< 8%) con presencia del nivel freático a unos 50 cm de la superficie.



b) Subunidad de terraza fluvial “T-fl”

Geoforma ubicada a ambos márgenes de los canales de los ríos Ccancahua y Vilcanota, formada a partir de la acumulación de sedimentos por arrastre en época lluviosa (Fig. 20).

Constituido por bloques, guijarros, canto rodado, granulos, arenas en una matriz areno-limosa.

c) Subunidad de llanura o planicie aluvial-lacustre “Pl-lc”

Ubicada sobre las llanuras aluviales en ambas márgenes del río Ccancahua, conformada por antiguos sedimentos formados en ambientes anóxicos con niveles de arena, con una coloración negruzca (Fig. 20).

d) Subunidad de llanura o planicie aluvial inundable “Pl-i”

Esta subunidad está delimitada por la faja marginal impuesta por el ANA, debido a que es afectada regularmente por desbordes del río Vilcanota en época de lluvias (Fig. 20).

e) Subunidad de Bofedales “Bo”

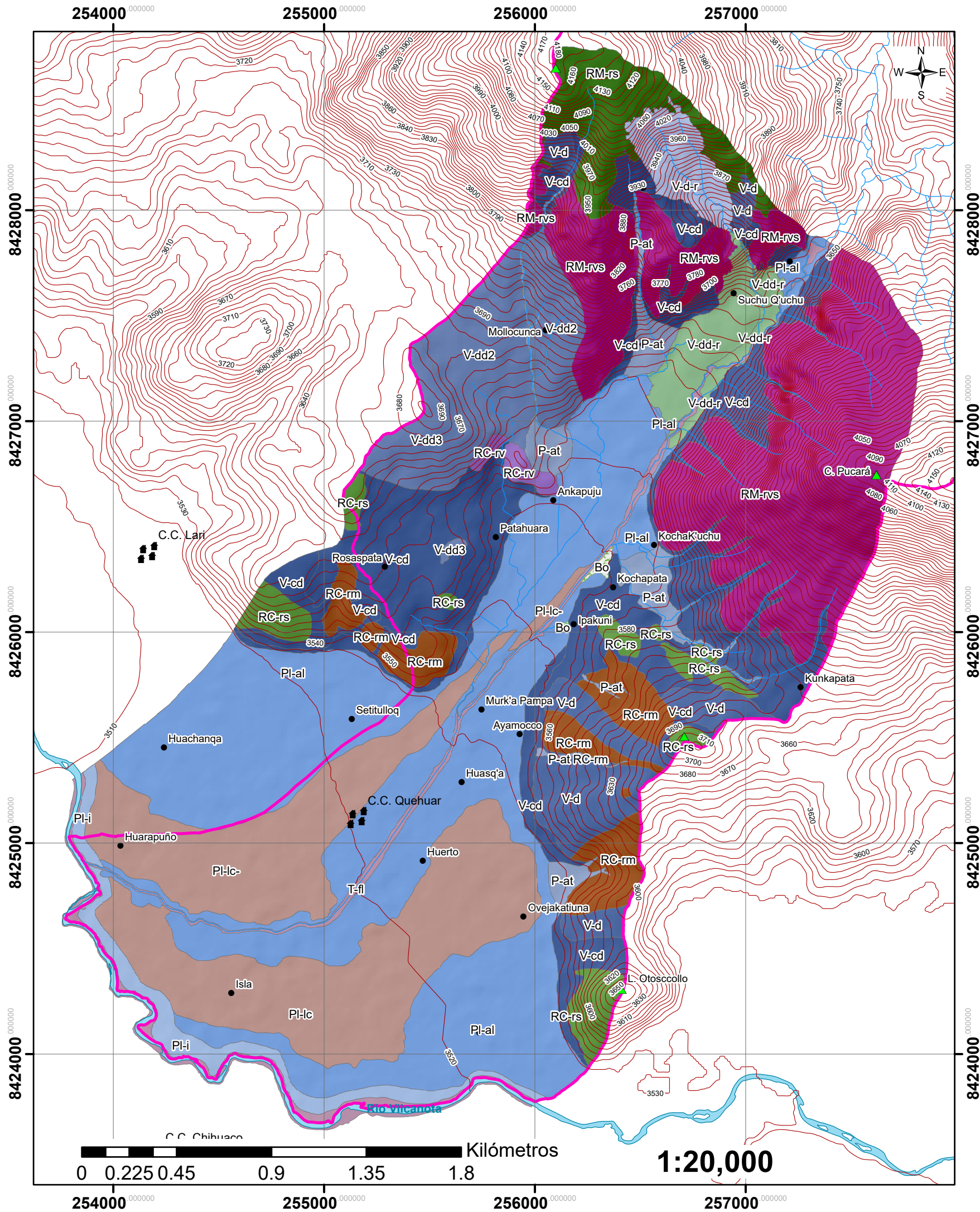
Esta subunidad delimita a los bofedales y zonas de manantes de agua.

Figura 20. Geoforma en unidad de planicies locales

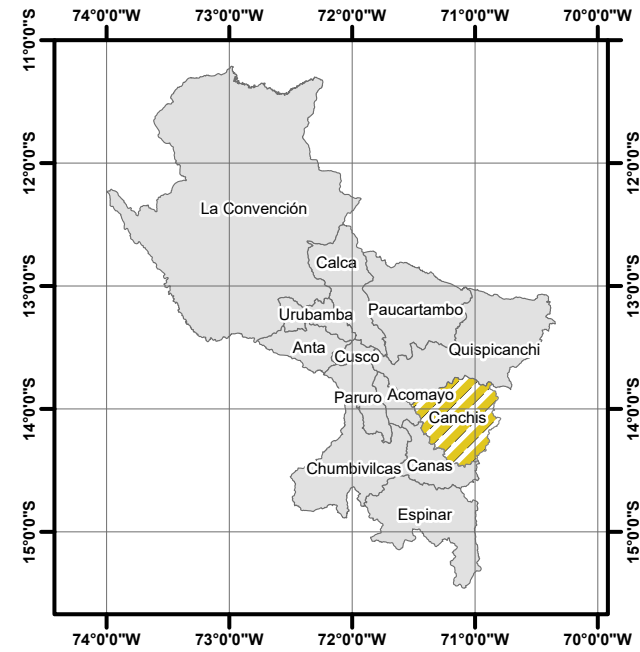


Las geoformas descritas líneas arriba, se observan en el mapa geomorfológico local de la C.C. Qquehwar (Fig. 21).

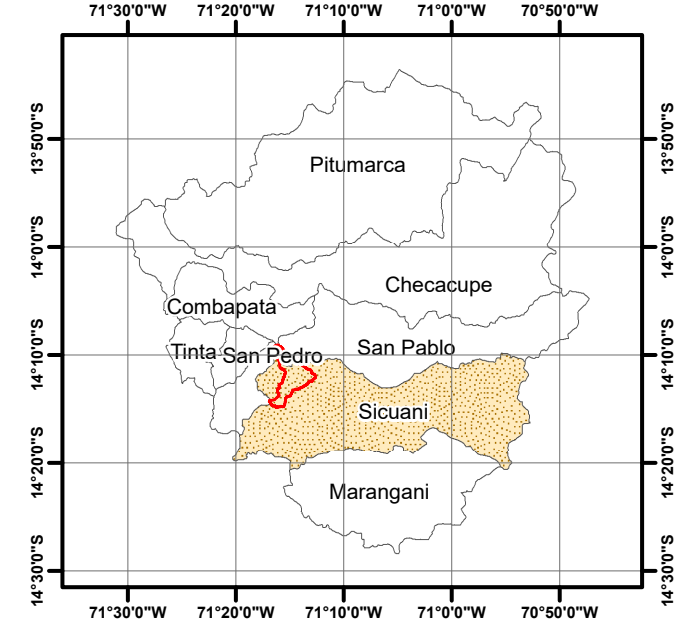
Figura 21. Mapa geomorfológico local de la Comunidad Campesina de Qquehwar



UBICACIÓN PROVINCIAL



UBICACIÓN DISTRITAL



SIMBOLOGÍA

- Sector — Drenaje
 ▲ Cerros — Curvas de Nivel
 ■ Pueblos Microcuenca Ccancahua
 Rio Vilcanota

LEYENDA
SUBUNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

- | | | | |
|---|-------------------------------------|---|---|
|  | Bofedales |  | Montaña en roca volcánica |
|  | Colina en roca metamórfica |  | Montaña en roca vulcano-sedimentaria |
|  | Colina en roca sedimentaria |  | Vertiente coluvial de detritos |
|  | Colina en roca volcánica |  | Vertiente coluvial de detritos reciente |
|  | Lecho de río y terraza fluvial |  | Vertiente con depósitos de deslizamiento |
|  | Llanura o planicie aluvial |  | Vertiente con depósitos de deslizamiento reciente |
|  | Llanura o planicie aluvial-lacustre |  | Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial |
|  | Llanura o planicie inundable |  | Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial reciente |
|  | Montaña en roca sedimentaria |  | Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial |

Colores basados en la nomenclatura de colores del INGEMMET (2017)

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
TESIS PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO GEOLOGO			
"EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO EN LOS MÁRGENES DEL RÍO CCANCAHUA EN LA C.C. DE QQUEHUAR, EN EL DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA DE CANCHIS, REGIÓN CUSCO, 2023"			
Mapa:			
MAPA GEOMORFOLÓGICO LOCAL DE LA C.C. DE QQUEHUAR			
Asesor: Ing. IVAN CACERES ANGULO		Responsable: Bach. LABRA MAMANI, ENOC ANTONY Bach. YAPO BEJAR, LUIS MIGUEL	
Ubicacion:		Figura:	
Dep. CUSCO Prov. CANCHIS Dist. SICUANI		21	
Datum: WGS 84		Escala: INDICADA	
Sistema de Proyeccion: UTM ZONA 19 S		Fecha: ABR-2024	



CAPITULO III: GEOLOGÍA

3.1. GENERALIDADES

Nuestra zona de estudio se encuentra en el cuadrángulo de Sicuani, hoja 29-t de la carta geológica nacional, entre los cuadrantes I y IV, la cual fue estudiada y descrita por Audebaud (1973) en el boletín N° 25 “Geología de los cuadrángulos de Ocongate y Sicuani” por parte del servicio de geología y minería a una escala de 1:100 000; donde el Mapa Geológico del cuadrángulo de Sicuani 29t, fue revisada y actualizada por Sánchez y Zapata en el año 2001 por parte del INGEMMET, donde distinguen unidades litoestratigráficas Silúrico- Devónicas conocidas como Formación Ananea del Paleozoico Inferior hasta depósitos del periodo cuaternario dentro de la microcuenca Ccancahua. Audebaud (1973) distingue dos dominios morfoestructurales separadas por la zona intermedia del río Vilcanota, de las cuales una zona SW, monótona (Cordillera Occidental), donde afloran depósitos del Terciario, que reposan sobre los depósitos Cretácicos y una zona NE (Cordillera Oriental), donde afloran unidades cretácicas (p. 9), sin embargo Carlotto Caillaux et al. (2011) considera el dominio Intermedio del río Vilcanota y parte del dominio de la Cordillera Oriental como dominio morfoestructural del Altiplano. Nuestra zona de estudio a nivel local y regional, se ubica dentro del dominio morfoestructural del Altiplano.

En los siguientes párrafos, se describe las unidades litoestratigráficas a nivel regional (Fig. 23) de la microcuenca Ccancahua y a nivel local (Fig. 38) dentro del área de la comunidad de Qquehwar.



“EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO EN LOS MÁRGENES DEL RIO CCANCAHUA, EN EL DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA DE CANCHIS, REGIÓN CUSCO, 2023”



Figura 22. Columna litoestratigráfica del cuadrángulo de Sicuani 29-t

LEYENDA				
ERATEMA	SISTEMA	SERIE	EDAD (Ma)	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENA		Depósito coluvial Qh-cl Fragmentos de tamaño heterométrico en matriz arenosa
				Depósito aluvial Qh-al Gravas y arenas envueltas en matriz arenolimosas, incluye depósitos coluviales y de terraza
				Depósito aluvial Q-al Acumulación de grava, arena, limo y arcillas con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición
				Depósito químico-travertino Q-qm-tr Acumulaciones de travertinos asociados a fuentes hidrotermales y fallamiento
		PLEISTOCENA	0.01	Formación Quinsachata Qh-qu Andesitas gris oscuras, escoriáceas, con cristales de cuarzo hialino y cuarzo xenomórfico posiblemente relacionados a relleno de cavidades por cuarzo secundario
				Depósito glacial, fluvial Q-gl-fl Clastos angulosos y subangulosos en matriz arenosa
				Depósito glacial Q-gl Bloques y gravas de origen metamórfico, volcánico y sedimentario de forma subangulosa a subredondeada en matriz limoarenosa
			2.58	Formación Calasaya NQ-ca (>400 m) Gravas y arenas mal seleccionadas en matriz arenolimosas
	NEÓGENO	PLIOCENA	5.3	
		MIOCENA	23	Grupo Maure Nm-ma Limolitas laminadas tobáceas, alternadas con tobas retrabajadas, areniscas tobáceas y conglomerados
	PALEÓGENO	OLIGOCENA	33	Grupo Tacaza PN-t Flujos andesíticos, areniscas y limolitas gris violáceas con conglomerados de composición volcánica
		EOCENA	56	Grupo Puno P-pu Conglomerados polimícticos (clastos subredondeados a subangulosos de calizas, cuarcitas areniscas rojas) en matriz areniscosa
		PALEOCENA		Formación Muñani P-m Areniscas arcóscas intercaladas con conglomerados polimícticos (clastos subredondeados a subangulosos de calizas, cuarcitas, areniscas rojas)
			66	Formación Auzangate KsP-a (100 m) Intercalación de limoarcillitas, limolitas laminares y areniscas arcóscas en estratos tabulares de color rojo brunoáceo
MESOZOICA	CRETÁCEO	SUPERIOR		Formación Vilquechico Ks-vi (300-400 m) Areniscas cuarzosas y arcosas gris blanquecinas intercaladas con limoarcillitas y calizas laminares gris verdosas, violáceas y oscuras
				Formación Arcurquina Kis-a (30 m) Calizas micríticas y bioclásticas
		INFERIOR	100	Formación Murco Ki-mu (70 m) Areniscas arcóscas de grano medio intercaladas con limoarcillitas laminares, ambas de color rojo brunoáceo
			145	Formación Huancané Ki-hua (100 m) Cuarzoarenitas y sublitarénitas gris blanquecinas de grano medio a grueso con algunas intercalaciones de areniscas y limoarcillitas rojas
	JURÁSICO	SUPERIOR	163	Formación Muni JsKi-m (80 m) Limoarcillitas marrón-rojizas y areniscas arcóscas de grano medio a fino, con laminación paralela de color rojo brunoáceo, con lentes y nódulos de yeso en algunos niveles
			252.1	Grupo Mitú PET-m (1000 m) Areniscas arcóscas de grano medio a conglomerádicas en los niveles inferiores, seguido de lavas andesíticas y dacíticas, brechas y lavas basálticas
PALEOZOICA	PERMIANO	CARBONIFERO	266.9	Grupo Tarma-Copacabana CpPEC-t,c (300 m) Calizas micríticas intercaladas con calizas bioclásticas y espáticas frecuentemente silicificadas y dolomitizadas
				Grupo Ambo Cm-a Conglomerado basal con clastos subredondeados a sub angulosos de cuarcitas, gneis y granitos. Areniscas cuarzosas de grano medio a grueso
	DEVONIANO		358.9	Grupo Cabanillas D-c (200-800) Areniscas cuarzosas blanquecinas a gris oscuras en estratos delgados intercalados con lutitas y limolitas grises
				Formación Ananea SD-a (>1000 m) Lutitas pizarrosas y esquistos micáceos, laminares y foliados, con limolitas y areniscas cuarzosas de grano fino
				Formación Chagrapí SD-cha Areniscas cuarzosas, micáceas, con niveles de limolitas y lutitas característicamente laminar

Fuente: Adaptado del Mapa geológico del cuadrángulo de Sicuani (29t) Carta Geológica

Nacional Escala 1:100 000, por E. Audebaud, 1973; Sánchez Fernández & Zapata Montes, 2001 y Sánchez Fernández, 2017, INGEMMET.



3.2. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

3.2.1. PALEOZOICO

3.2.1.1. Formación Ananea (SD-a) (SILÚRICO- DEVÓNICO)

La Formación Ananea aflora desde parte de la zona central de la región (Cerro Sayacu y Cerro Pucara) hasta llegar al flanco noreste de la Cordillera Oriental, fue denominada y descrita por LAUBACHER (1978) en la Cordillera Oriental. (Gonzales Aliaga, 2015, p. 15)

Ante esto, Carlotto et al. (2011) propone “la denominación de Formación Ananea para estandarizar las unidades siluro-devónicas del sur del Perú, compuesta por pizarras y esquistos pizarrosos grises a negros, sin estratificación visible. Estas rocas indican un medio marino silico-clástico somero distal”(p. 16). Esta formación es la más antigua del cuadrángulo de Sicuani, aflora en la localidad de Quehuar y forma el núcleo del anticlinal de Vilcanota.

3.2.2. PALEOZOICO SUPERIOR

Esta secuencia se encuentra bien expuesta a lo largo de la Cordillera Oriental del Sur del Perú, prolongándose a territorio boliviano, litológicamente está constituida hacia la base por la secuencia silicoclástica-pelítica del Grupo Ambo y las secuencias carbonatadas, samítico-carbonatadas de los Grupos Tarma-Copacabana. El Grupo Copacabana suprayace concordantemente al Grupo Tarma, habiéndose colocado el contacto donde terminan las areniscas y comienza una sucesión enteramente calcárea, infrayace en algunas partes en discordancia angular suave y en otras en concordancia a las areniscas rojas y volcanitas del Grupo Mitu. (Martinez Valladares & Monge Miguel, 2000, pp. 154, 156)



3.2.2.2. Grupo Ambo (Cm-a) (CARBONÍFERO INFERIOR- MISSISSIPIANO)

Este nombre fue aplicado originalmente por Newell et al. (1953) a una secuencia samita-pelítica continental aflorante en los alrededores de Ambo- Dpto. de Huánuco. Se han identificado fragmentos de *Sphenopteris* sp., *Calamites* sp. y *Rhacopteris* sp. y según LAUBACHER (1978) indican una edad Misisipiana para este grupo. (Martínez Valladares & Monge Miguel, 2000, p. 154)

Se establece a esta unidad, una evolución de un medio de llanura mareal con canales en un medio de tempestad y barras mareales para terminar con barras mareales proximales emersivas. (Mamani Pachari et al., 2021, p. 32)

Esta formación aflora en la localidad de Qquehwar formando parte del anticlinal el Vilcanota y del sinclinal aflorante en el cerro Lechemocco al NW de Sicuani.

3.2.1.3. Grupos Tarma y Copacabana

En el cuadrángulo de Sicuani, Audebaud (1973) debido a que “la base del grupo Copacabana es muy poco diferente al grupo Tarma, se les ha agrupado a los dos bajo la misma representación cartográfica, desde que su individualización no siempre es posible hacerla en forma precisa”(p. 19).

Esta formación aflora en la localidad de Qquehwar de manera irregular, debido a la tectónica local a la que estuvo sometida.

Grupo Tarma “Cp-t” (Carbonífero Superior -Pensylvaniano)

El Grupo Tarma denominado así por Dumbor G. y Newell N. (1946) para referirse a una secuencia pelito-calcárea que aflora en el Perú central. Asimismo, Audebaud (1973) describe una secuencia arenisco-pelítico calcárea en el cuadrángulo de Sicuani que la atribuye al Grupo Tarma



y parte inferior del Grupo Copacabana. El grupo Tarma está conformada por una intercalación de areniscas de origen continental, calizas, lutitas y limoarcillitas, estas litofacies observadas en la unidad, son interpretadas por Audebaud (1973), en Pitumarca como evidencias de zonas positivas o muy someras, de morfología suave las que existieron durante la depositación de la unidad. Estas rocas indican un medio de deposición de transición - marino somero. (Castillo Guzmán, 2019; Martinez Valladares & Monge Miguel, 2000)

Grupo Copacabana “PEc-c” (Pérmico Inferior - Cisuraliano)

Douglas J. (1920), describe por primera vez una secuencia calcáreo-pelítica en la península de copacabana en el lago Titicaca- Bolivia; más adelante, Cabrera La Rosa & Petersen G (1936) designa a ésta secuencia como Formación Copacabana, la misma que es elevada a la categoría de grupo por Dumbar & Newell N. (1946). Audebaud (1973) ha cartografiado esta unidad en los cuadrángulos de Sicuani y Ocongate, la cual está constituido principalmente por lutitas y calizas marinas. (Martinez Valladares & Monge Miguel, 2000, p. 155)

Según Carlotto et al. (2011), “las calizas del grupo Copacabana se han depositado en una plataforma interna de rampa carbonatada, afectada por las transgresiones y regresiones durante el Pérmico inferior. En cambio, los depósitos detríticos parecen corresponder a medios litorales y lagoons” (p. 17).

3.2.2. MESOZOICO

3.2.2.1 GRUPO MITU (TJs-m)

El término Mitu “fue aplicado originalmente por MC LAUGHLIN (1924) y posteriormente NEWELL et. al, (1953) aplica genéricamente este nombre a la sucesión de capas rojas permianas y los volcánicos suprayacentes como un solo grupo” (Gonzales Aliaga, 2015)



Esta formación aflora en los cerros Pucará y laderas del cerro Chuñomocco en la localidad de Quehwar, de la misma forma aflora en el cerro Jururu en las localidades de Ansa, Pampa Phalla y Pujio Pujio Chumo, formando parte del anticlinal de Vilcanota.

Grupo Mitu - Miembro Medio “Ts-mi/m” (TRIÁSICO SUPERIOR)

De origen volcánico-sedimentario, es bastante variado, pero en promedio su composición es de una andesita. Son lavas pardo rojizas, más raramente verdosas, porfiríticas o no y acompañadas de brechas y tufos redepositados, con ciertos niveles dacíticos y riolíticos. (Audebaud, 1973, p. 25)

Grupo Mitu- Miembro Superior “Ji-mi/s” (JURÁSICO INFERIOR)

De origen vulcano-sedimentario, las areniscas son del tipo grauwas, de color rojo pardo a chocolate; pero también, tienen una composición muy variable, siendo cuarcíticas en algunos lugares (Aguas Calientes) y muy arcósicas en otros, con fragmentos volcánicos heterogéneos. (Audebaud, 1973, p. 20)

3.2.2.3. Formación Muni “JsKi-mu” (JURÁSICO SUPERIOR “Kimmeridgiano”-CRETÁCICO INFERIOR “Berriasiano?”)

“El término fue introducido por Newell (1949) para una secuencia que aflora en los alrededores de la hacienda Muni y que se extiende desde el Altiplano hasta la cuenca Putina” (Gonzales Aliaga, 2015, p. 12). Litológicamente compuesta por limolitas rojas, cuyas facies representan depósitos de llanura aluvial distal a llanura costera. La formación Muni infrayace en discordancia erosional a la formación Huancané. (Gonzales Aliaga, 2015, p. 12)



Esta formación tiene un espesor de 50 a 100 m en la microcuenca Ccanchahua, aflorando en las laderas del cerro Chuñomocco. Debido a su composición de rocas incompetente, es la base de movimientos en masa observados cerca de la localidad de Qquehwar.

3.2.2.4. Formación Huancané “Ki-hu” (CRETÁCICO INFERIOR “Berriasiano-Albiano”)

Audebaud (1973), menciona que estas areniscas rojas, de edad supuesta del Cretáceo inferior a medio, con gran extensión en todo el Sur del Perú, la cual infrayace concordantemente a la Formación Viluyo, han sido descritas por Petersen y Cabrera La Rosa (1936), Newell (1945) y Heim (1947) en la región del Lago Titicaca. Conformada por areniscas u ortocuarcitas rojas o rosadas (a veces blancas o rojo vivo) en bancos gruesos y masivos, intercaladas o no con lutitas o limolitas rojas con un origen fluvial y eólico. (p. 27)

Esta formación aflora en los cerros Chuñomocco, la localidad de Livincaya y en la parte alta de la cuenca, se distingue por su coloración rosada a rojiza, debido a ello los sedimentos arrastrados por el río posee arenas de esta coloración.

3.2.2.5. Grupo Moho

El Grupo Moho fue definido por Newell (1949), asignándole una edad del Cretáceo medio. En el área de estudio, no se ha encontrado fauna, pero en base a sus características litológicas y por su posición estratigráfica, se le ha asignado una edad de Cretáceo Medio. (Gonzales Aliaga, 2015, p. 13)

Formación Viluyo “Ki-vi” (CRETÁCICO INFERIOR- “Albiano-Cenomaniano”)

La secuencia ha sido descrita por Audebaud, E., al igual que por Newel, N. (1949) al norte del Lago Titicaca. Es una secuencia samítica que aflora en la hacienda del mismo nombre,



en la margen derecha del río Viluyo, carretera Nuñoa-Macusani. Basándose en las relaciones estratigráficas, esta infrayaciendo concordantemente a las calizas de la Formación Ayabacas del Cenomaniano Inferior (Newel, N. 1949) por lo que la unidad podría corresponder al Albiano-Cenomaniano inferior. Se caracteriza por estar compuesta por areniscas arcósicas de grano medio a fino en capas medias con algunas intercalaciones de limoarcillitas en capas delgadas de origen marino (borde precontinental). (Gonzales Aliaga, 2015, p. 13)

Aflora de manera irregular al oeste de la localidad de Ccanchahua, entre el contacto de la formación Huancané y formación Ayabacas.

***Formación Ayabacas “Kis-ay” (CRETÁCICO INFERIOR “Albiano superior”–
CRETÁCICO SUPERIOR “Turoniano”)***

En la microcuenca Ccanchahua y el cuadrángulo de Sicuani, la formación Ayabacas está compuesta de calizas azul oscuro a gris azulado con alteración amarillenta. Estas calizas sublitográficas en algunos lugares y dolomíticas en otros, separadas por capas de limolitas, lutitas rojas o calizas margosas gris amarillentas. El análisis de facies les ha permitido a Carlotto (1992) y Carlotto et al. (1992) determinar que las Calizas Ayabacas se han formado en una plataforma carbonatada poco profunda. (Audebaud, 1973, p. 29; Carlotto et al., 2011, p. 32).

Esta formación aflora en las localidades de Ccanchahua, y en la parte alta de la microcuenca, formando parte del sinclinal aflorante al NE de la microcuenca Ccanchahua.

3.2.2.7. Formación Vilquechico “Ks-vi” (CRETÁCICO SUPERIOR “Senoniano-Maestrichtiano”)

“Fue definida por Newell (1949), en los alrededores de Vilquechico, en la hoja de Huancané y se prolonga hacia los cuadrángulos de Moho e isla Soto. Se le asigna una edad



correspondiente al Cretáceo superior por una fauna encontrada en la parte media de esta formación” (Peck y Recker, 1947).

La Formación Vilquechico presenta facies distales. Litológicamente consiste de limoarcillitas grises, gris verdosas y violáceas intercaladas con margas en estratos delgados de origen continental. (Sánchez Fernández & Zapata Montes, 2003, p. 4).

En la microcuenca Ccancahua, esta formación aflora ampliamente en las localidades de Ccancahua y Livincaya, sobreyaciendo a la formación Ayabacas, formando parte del sinclinal aflorante al NE de la cuenca.

3.2.3. MESOZOICO - CENOZOICO

3.2.3.1. Formación Ausangate (KsPp-a) (CRETÁCICO SUPERIOR-PALEÓGENO)

Intercalación de limoarcillitas, limolitas laminares con areniscas arcósicas en estratos tabulares de color rojo brunáceo, de un origen continental (fluvio-aluvial). Ampliamente expuesta en ambos flancos del sinclinal de Huahuaruma, mostrando una transición hacia los niveles areno-conglomerádicos de la Formación Muñani. Esta unidad se caracteriza por su coloración rojiza. Anteriormente fue cartografiada como Formación Muñani-Cotacucho. (Sánchez Fernández & Zapata Montes, 2003, p. 4). Esta formación conforma el núcleo del sinclinal aflorante al NE de la microcuenca Ccancahua en las localidades de Pata Ansa y Ccancahua, así como también se observa un afloramiento al SW del pueblo de Qquehwar en la localidad de Chihuaco, en el que forma parte del sinclinal Huahuaruma.



3.2.4. CENOZOICO

3.2.4.1. Formación Muñani (Ppe-mu) (PALEÓGENO “Paleoceno-Eoceno”)

“Esta formación fue definida por Newell en 1949, asignándole una edad de Cretáceo Superior. Grambast et al. (1967) y Chanove et al. (1969), asignaron una edad Paleoceno-Eoceno a esta formación, Ellison (1986), también asigna una edad Paleoceno Eoceno” (Gonzales Aliaga, 2015, p. 15). En el núcleo del sinclinal de Huahuaruma se encuentra ampliamente expuesto y corresponde a las facies areniscosa y arenconglomerádica de origen continental (fluvial) (Sánchez Fernández & Zapata Montes, 2003, p. 4)

3.2.4.2. Diabasa (N-dia)

Plutón de diabasa de origen hipoabisal/ filoneano (Fuente: INGEMMET)

3.2.4.3. Depósito Químico- Travertino (Q-qm)

Pequeños afloramientos de travertinos ubicados hacia la parte norte de la ciudad de Sicuani camino a los baños de Uyurmiri, se puede decir que son Travertinos asociados a circulaciones de aguas termominerales que existió en la zona y que al cambio de temperatura precipitaron formando parte de las capas del subsuelo. (INDECI & PNUD, 2005, p. 27)

3.2.4.4. Depósitos cuaternarios

Se observa depósitos fluvio-glaciares “Q-glfl” en la zona alta de la microcuenca Ccancahua, donde estos depósitos provienen de la erosión y removilización de los depósitos morrénicos debido a la deglaciación. Estos están constituidos por gravas con clastos de hasta 0,50 m de diámetro, subredondeados a redondeados, en una matriz arenosa o areno-limosa. (Gonzales Aliaga, 2015)

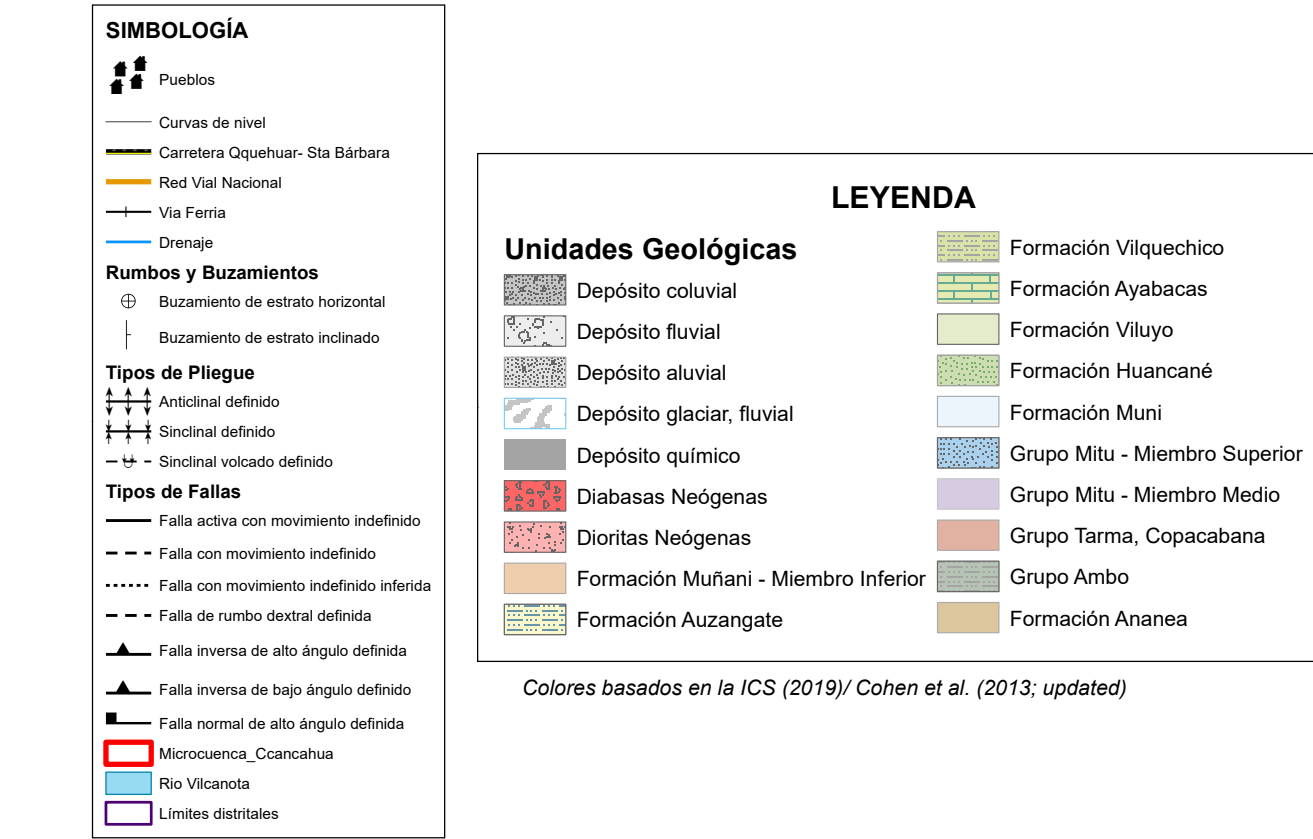
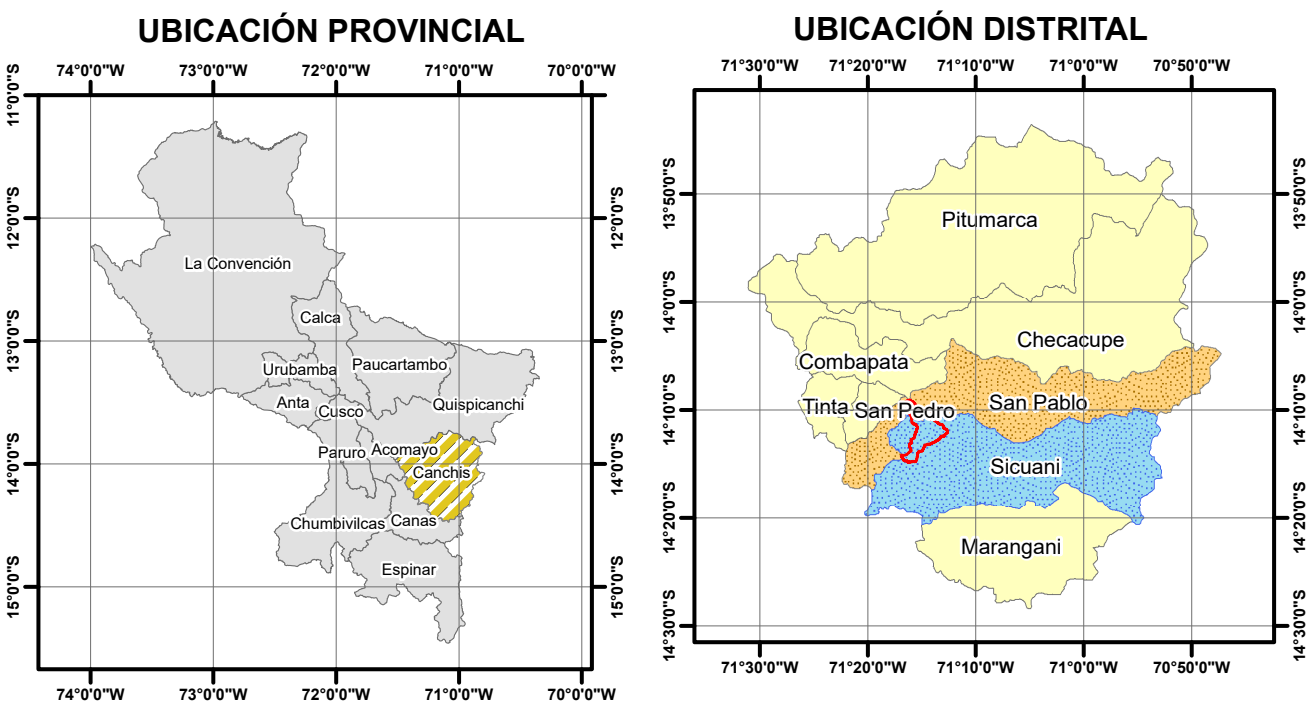
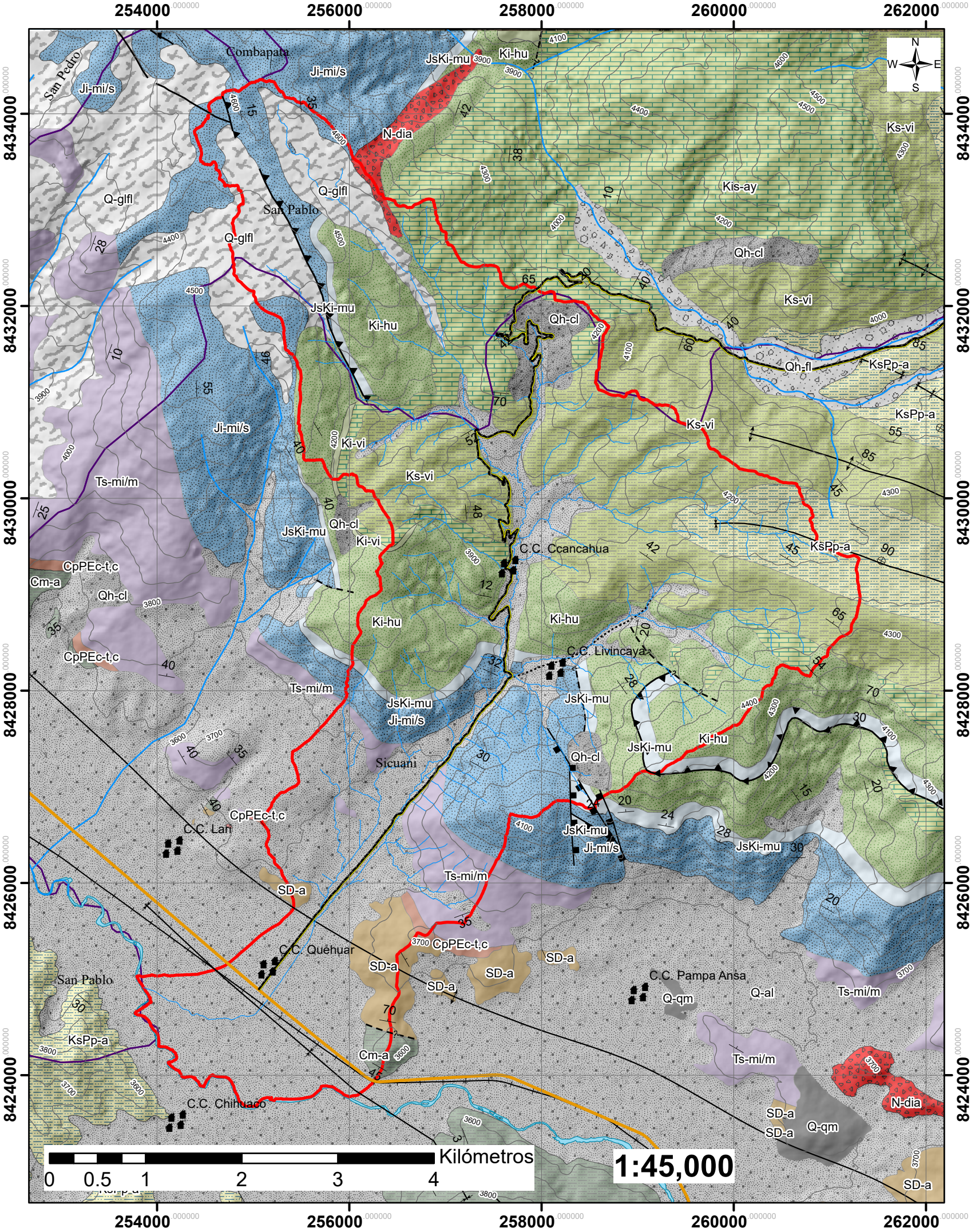


Los depósitos aluviales “Q-al” son frecuentemente encontrados en los conos de deyección de las quebradas afluyentes al Vilcanota, están formados por materiales heterogéneos de gravas angulosas, semitransportados por efecto de las aguas pluviales. Generalmente corresponden a materiales poco consolidados de grava, cantos rodados, guijarros, boques, etc. envueltos en una matriz heterogénea de arcillo limosa. (INDECI & PNUD, 2005, p. 24)

Los depósitos fluviales “Qh-fl” están conformados por materiales estratificados y clasificados por el transporte de los ríos Vilcanota y Hercra, los que fueron depositados en los cauces y paleocauces; guardando relación con la mayor distancia y tiempo de transporte. Se trata de conglomerados y gravas redondeadas a semiredondeadas de carácter polimíctico, dentro de una matriz arenosa o microconglomerádica. (INDECI & PNUD, 2005, p. 24)

Los depósitos coluviales “Qh-cl”, según Carlotto et al. (2011), corresponden a “depósitos de pendiente donde se incluyen los deslizamientos. Igualmente destaca una gran cantidad de deslizamientos en las quebradas a lo largo del valle del río Huatanay, Vilcanota y del río Apurímac” (p. 54).

Figura 23. Mapa geológico regional de la microcuenca Ccancahua



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO			
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA			
TESIS PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO GEOLOGO				
"EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO EN LOS MÁRGENES DEL RÍO CCANCAHUA EN LA C.C. DE QUEHUAR, EN EL DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA DE CANCHIS, REGIÓN CUSCO, 2023"				
Mapa: MAPA GEOLÓGICO REGIONAL DE LA CUENCA CCANCAHUA				
Asesor: Mgt. Ing. IVAN CACERES ANGULO		Responsable: Bach. LABRA MAMANI, ENOC ANTONY Bach. YAPO BEJAR, LUIS MIGUEL		
Ubicacion:		Datum:	Escala:	Figura: 23
Dep. CUSCO		WGS 84		
Prov. CANCHIS		Sistema de Proyeccion:	Fecha:	
Dist. SICUANI		UTM ZONA 19 S	AGO-2023	

3.3. MARCO GEOLÓGICO LOCAL

3.3.1. Formación Ananea (SD-a) (SILÚRICO- DEVÓNICO)

La Formación Ananea aflora al NW y SE del C.C. de Qquehwar forma colinas, conforma el núcleo del Anticlinal de Vilcanota, donde infrayace a los conglomerados del Grupo Ambo. Compuesta por esquistos e intercalaciones de pizarras grises con tonalidades verdosas diferenciadas por su grado de fracturación y alteración limonítica de color amarillento (Fig. 24).

Figura 24. Formación Ananea

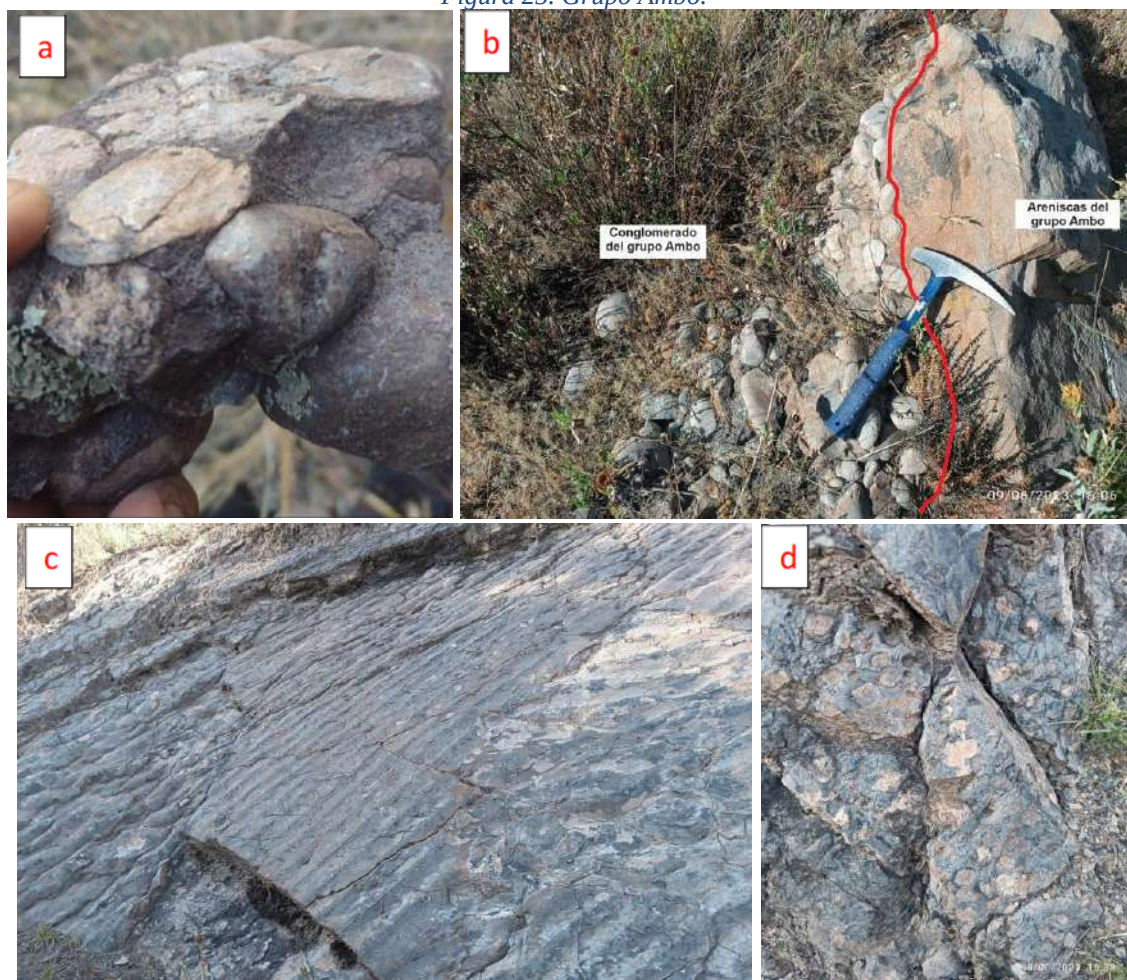


Nota. (a) y (b) Afloramiento de pizarras fracturadas y alteradas, (c) y (d) muestras de mano con alteración limonítica.

3.3.2. Grupo Ambo (Cm-a) (CARBONÍFERO INFERIOR- MISSISSIPIANO)

El Grupo Ambo aflora al SE de la C.C. Quehuar, la base de la secuencia está conformada por un banco de conglomerados clasto soportados en una matriz cuarzo arenosa, en donde los clastos redondeados a muy redondeados son de naturaleza cuarcítica (Fig. 25a). Seguidas por un horizonte de areniscas gris blanquecinas esencialmente cuarzosas de grano grueso a muy grueso con dirección NO-SE (Fig. 25b). La parte superior del Grupo está compuesta por ondulitas propias de un ambiente mareal de bajo régimen de flujo (Fig. 25c), caracterizado además por la presencia de restos de plantas, presencia de huecos cónicos rellenados por areniscas en ambientes lacustres (Fig. 25d), intercaladas con esquistos fracturados.

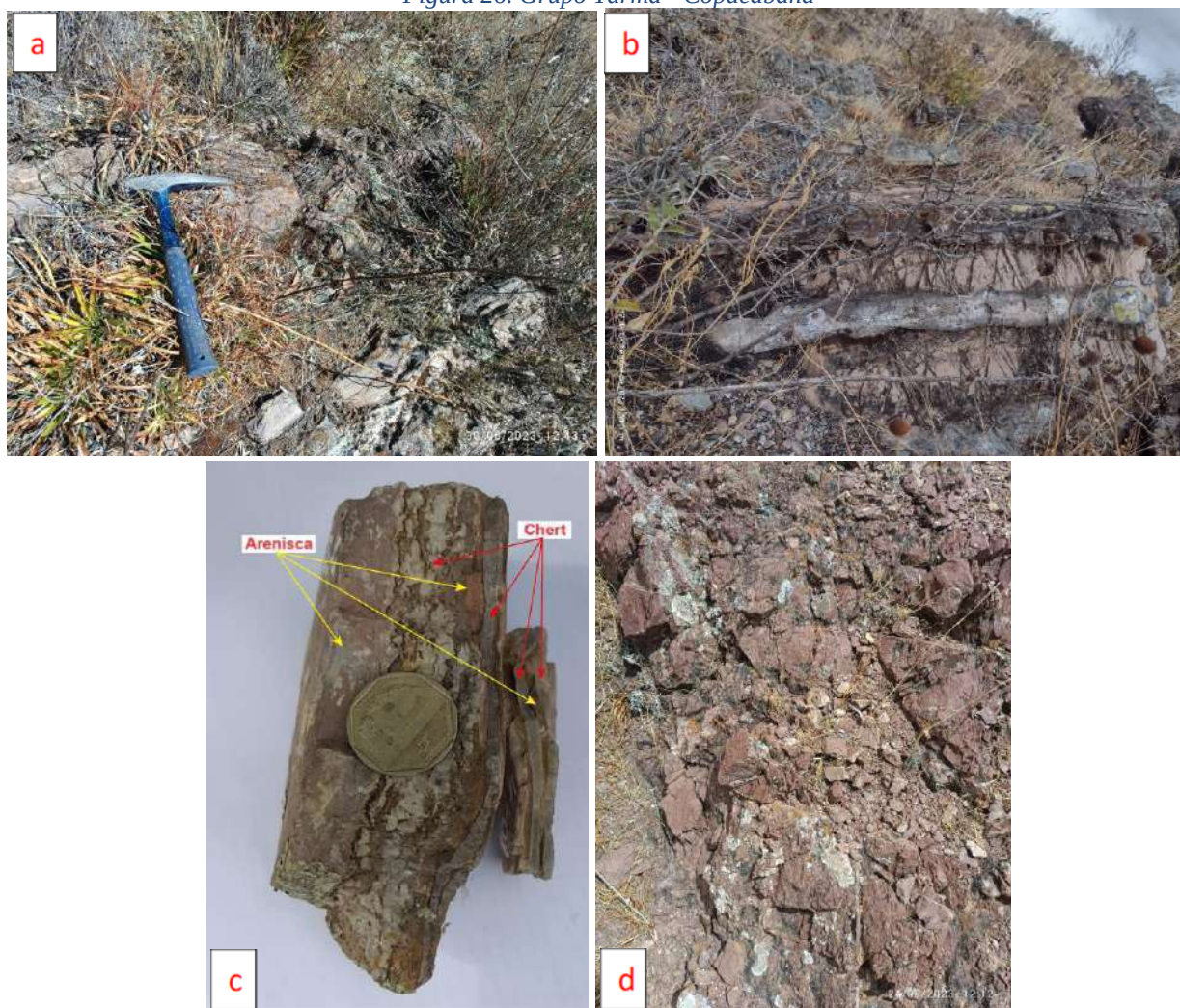
Figura 25. Grupo Ambo.



3.3.3. Grupos Tarma y Copacabana

El Grupo Tarma - Copacabana en nuestra zona de estudio aflora al NE del poblado Quehuar (en las faldas de la lomada Hapiñuñu), en una secuencia delgada de dirección NO-SE, conformado en la base por un banco de calizas de grano fino (Fig. 26a), seguido por una intercalación de areniscas de grano fino de nivel centimétrico con estratos de calizas interestratificadas con cherts formando alternancias entre ellas (Fig. 26b y 26c). En la parte superior afloran las lutitas en un banco de aprox.10 m de espesor (Fig 26d).

Figura 26. Grupo Tarma - Copacabana



La falla San Felipe de dirección SE-NW pone en contacto al Grupo Tarma-Copacabana con el Paleozoico inferior (Formación Ananea), en donde el Grupo Tarma Copacabana cabalgó sobre la formación Ananea, explicando así la no presencia del afloramiento del Grupo Ambo en el flanco NE del anticlinal del Vilcanota.

3.3.4. Grupo Mitu- Miembro Medio (TRIÁSICO SUPERIOR)

El miembro medio, está constituido por rocas vulcano-sedimentarias, un afloramiento de dioritas afaníticas con tonalidades verdosas en las colinas bajas al N del poblado Qquehwar (Fig. 27a), seguida de una intercalación de brechas con cuarzoarenitas de grano medio de origen fluvial de coloración blanquecina (Fig. 27b y 27c), cubiertas por una sucesión de basaltos andesíticos faneríticos de coloración roja violácea al techo de dicho miembro (Fig. 27d).

Figura 27. Grupo Mitu- miembro medio



3.3.5. Grupo Mitu- Miembro Superior (JURÁSICO INFERIOR)

El miembro superior, está constituida por rocas vulcano-sedimentaria, en la base se observa un afloramiento de areniscas fluviales blanquecinas de grano fino (Fig. 28a y 28b) presentando una discordancia concordante con las andesitas basálticas del miembro medio, seguida de un banco de areniscas de origen fluvio-eólico y cubierta por una colada basáltica de aprox. 20 m de espesor (Fig. 28c y 28d). Aflora al NE y E del poblado Qquehwar formando geoformas de montañas como los cerros Pucará y Chuñomocco.

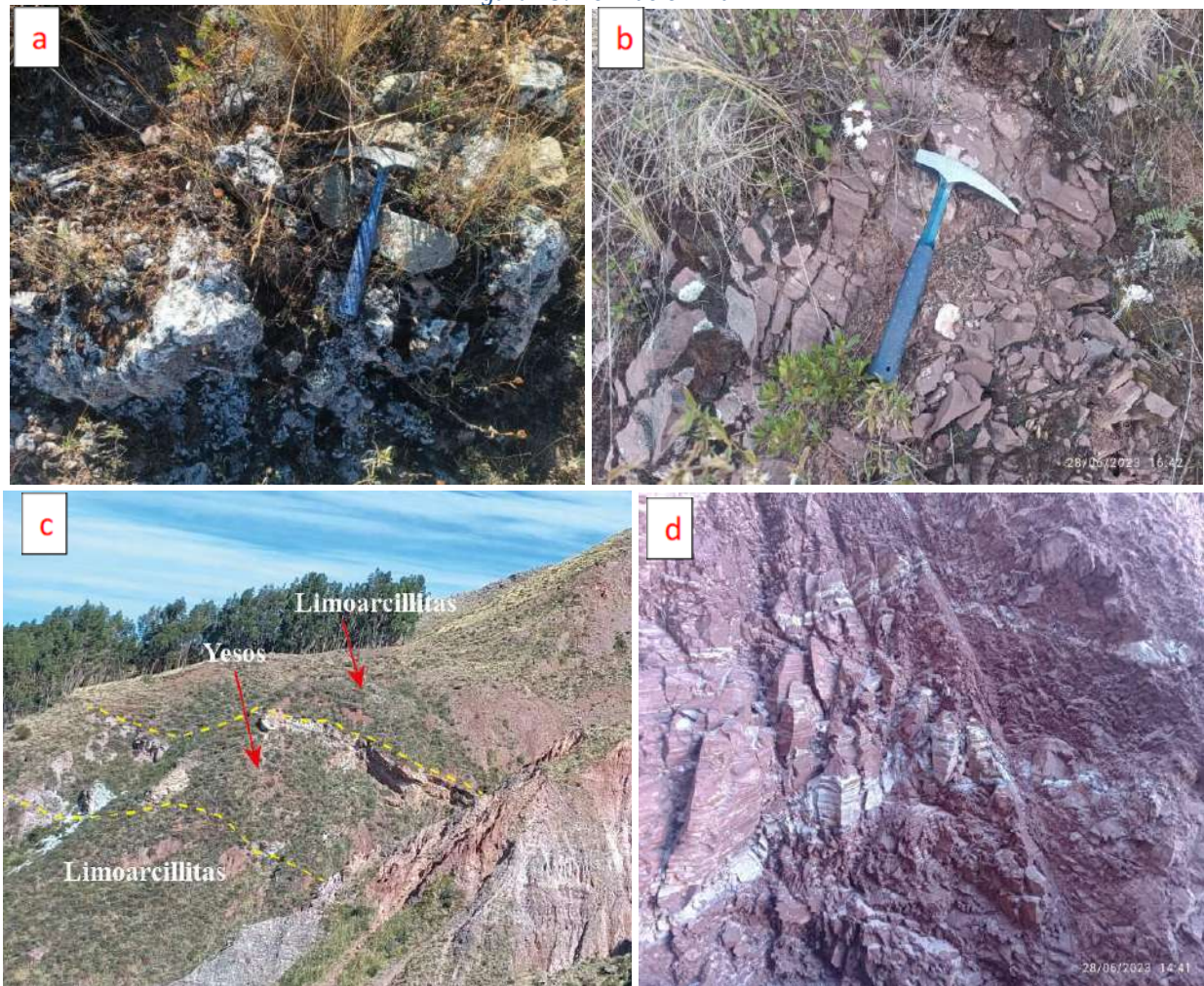
Figura 28. Grupo Mitu- miembro superior



3.3.6. Formación Muni (JsKi-mu) (JURÁSICO SUPERIOR “Kimmeridgiano”- CRETÁCICO INFERIOR “Berriasiano?”)

Subyace a la formación Huancané, constituida (1) en la base de bloques de calizas y estratos de limoarcillitas de color rojo ladrillo intenso (Fig. 29a y 29b), seguido de un (2) afloramiento de yesos de unos 20 m. de espesor aprox. (Fig. 29c) y (3) una intercalación de limos y lutitas rojas violáceas con lutitas blanquecinas (Fig. 29d). Esta formación posee un espesor variable de 50 a 100 metros, infrayace discordantemente a las areniscas de la formación Huancané y está cubierta por depósitos coluviales en la zona del deslizamiento Suchu Q’uchu.

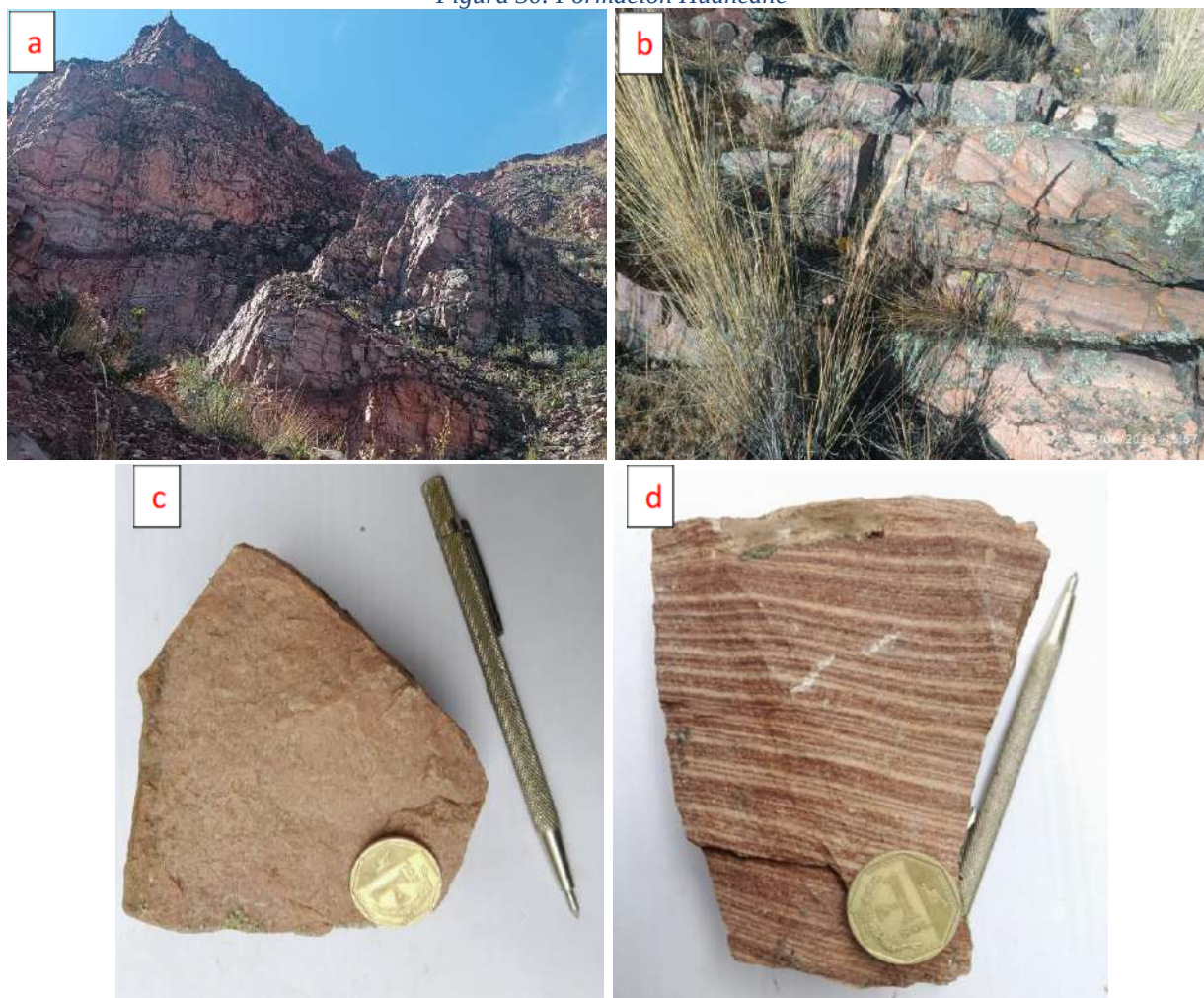
Figura 29. Formación Muni



3.3.7. Formación Huancané (Ki-hu) (CRETÁCICO INFERIOR “Berriasiano- Albiano”)

La formación Huancané está constituida por dos secuencias: (1) areniscas fluviales de coloración blanquecina intercaladas con lutitas rojas en la base (Fig. 30a) y (2) cuarzo-arenitas, cuarzoarenitas interestratificadas rosadas a rojas de grano fino con alto contenido de sílice de origen eólico (Fig. 30b, 30c y 30d), pero fuertemente fracturadas. Aflora al NE del poblado Quehuar en la parte alta del cerro Chuñomocco, cubierta por suelos residuales producto de la meteorización de estas areniscas.

Figura 30. Formación Huancané



3.3.5. Depósitos Aluviales (Qh-al)

Constituido por guijarros, cantos rodados, gravas y arenas pobremente seleccionadas en una matriz arenosa de coloración rosada, depositados a lo largo de la llanura formada en la desembocadura de la microcuenca Ccancahua sobre la cual se encuentran constituidas las viviendas de la población, así como sus terrenos de cultivo y de pastoreo.

3.3.6. Depósitos Lacustres (Q-lc)

Estos depósitos se caracterizan por estar constituidos principalmente por arcillas y limos con coloraciones negras debido a su alto contenido de materia orgánica en un ambiente anóxico, lo que indicaría la presencia de antiguos pantanos, actualmente se encuentran ocupados por terrenos de cultivo, se pueden ver también aguas estancadas en algunos sectores (Fig. 31).

Figura 31. Depósitos lacustres depositados sobre el depósito aluvial.



3.3.7. Depósitos Fluviales (Qh-fl)

Depositado a lo largo de la ribera del río Ccancahua, constituido por bloques, guijarros, canto rodado, gránulos (gravas subredondeados a redondeados) inconsolidados en una matriz arenosa, los cuales transportaron estos sedimentos desde la zona de acumulación del flujo de



detritos del deslizamiento Suchu Q’uchu, a consecuencia del aumento del caudal de las aguas fluviales del río Ccancahua (Fig. 32).

Figura 32. Depósito fluvial depositado en el piso y márgenes del canal del río Ccancahua



3.3.8. Depósitos Deluviales (Q-dl)

Los depósitos deluviales en la zona, son producto de la erosión de las rocas por parte del agua, las cuales fueron depositadas en las laderas de las lomadas, laderas de las montañas. Son depósitos de restos de material rocoso meteorizado en una matriz limo-arcillosa (Fig. 33).

Figura 33. Contacto entre depósito deluvial y Grupo Mitu - Miembro Superior



3.3.9. Depósitos Proluviales (Qh-pl)

Constituidos por fragmentos rocosos (guijarros, cantos, bloques) en un relleno principalmente areno arcilloso, corresponden a flujos de detritos o huaycos ocasionados por el arrastre de material de flujos temporales de agua, son depositados en forma de pequeños conos de deyección generalmente al pie de las quebradas. Así mismo, se observó un depósito proluvial muy antiguo en la lomada Hapiñuñu compuesto por material heterométrico sub-anguloso a anguloso en una matriz limoarcillosa, producto de flujos de detritos terciarios (Fig. 34).

Figura 34. Depósitos proluviales

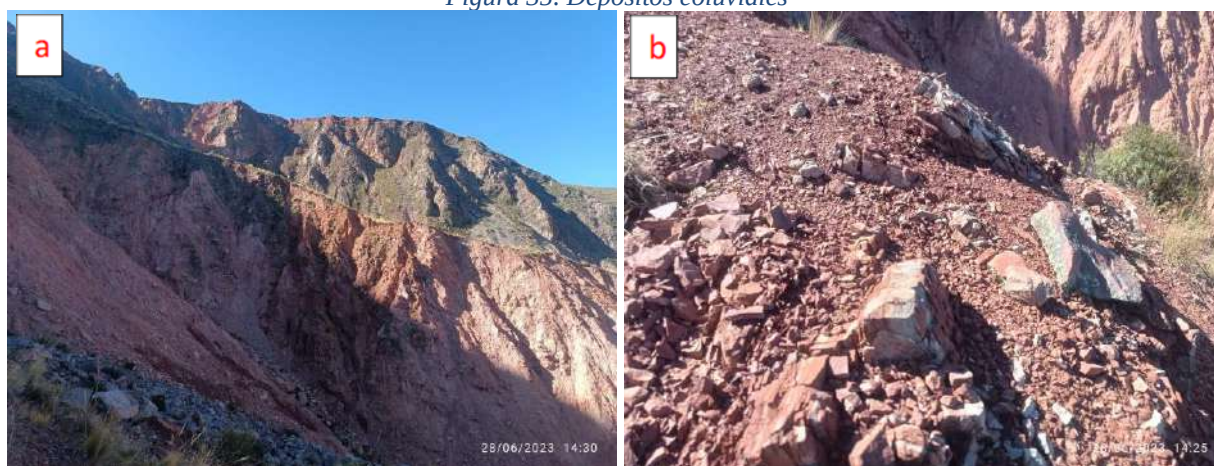


Nota. (a) y (b) Material proluvial reciente en forma de cono de deyección, acumulado al pie de la quebrada Suchu Q’uchu, (c) y (d) depósitos proluviales muy antiguos observados en el corte de carretera al S del poblado Qquehuar en la lomada Hapiñuñu.

3.3.10. Depósitos Coluviales (Qh-cl)

Están constituidos por brechas, bloques, guijarros angulosos a muy angulosos dentro de una matriz limo-arcillosa, corresponden a depósitos de pendiente como deslizamientos. Uno de estos depósitos es el deslizamiento rotacional Suchu Q’uchu, constituido por bloques y cantos angulosos de distintas dimensiones en una matriz areno limosa de coloración rojiza sobre los estratos de lutitas y yesos de la formación Muni, como se evidencia en la Figura 35.

Figura 35. Depósitos coluviales



Nota. (a) y (b) Depósitos coluviales en la quebrada Suchu Q’uchu.

3.3.11. Depósitos Coluvio- Proluviales (Qh-cp)

Constituido por bloques transportados de areniscas rojas estratificadas de hasta 4 m de diámetro; así como material heterométrico sub-anguloso a anguloso en una matriz areno-limosa de color rojizo provenientes de la formación Huancané producto de antiguos flujos de detritos, como se muestra en la Figura 36.

Figura 36. Depósitos coluvio-aluviales



Nota. (a) Depósito coluvio-proluvial antiguo observado en el corte de carretera, (b) bloque de 4 m de diámetro en depósito coluvio-proluvial antiguo.

3.3.12. Depósitos Antropogénicos (Q-an)

Se identificaron depósitos antropogénicos originados por la actividad humana en el sector llamado Kunkapata, donde estuvo ubicado el antiguo basurero de la comunidad.

3.3.13. Depósitos Biogénicos (Q-bi)

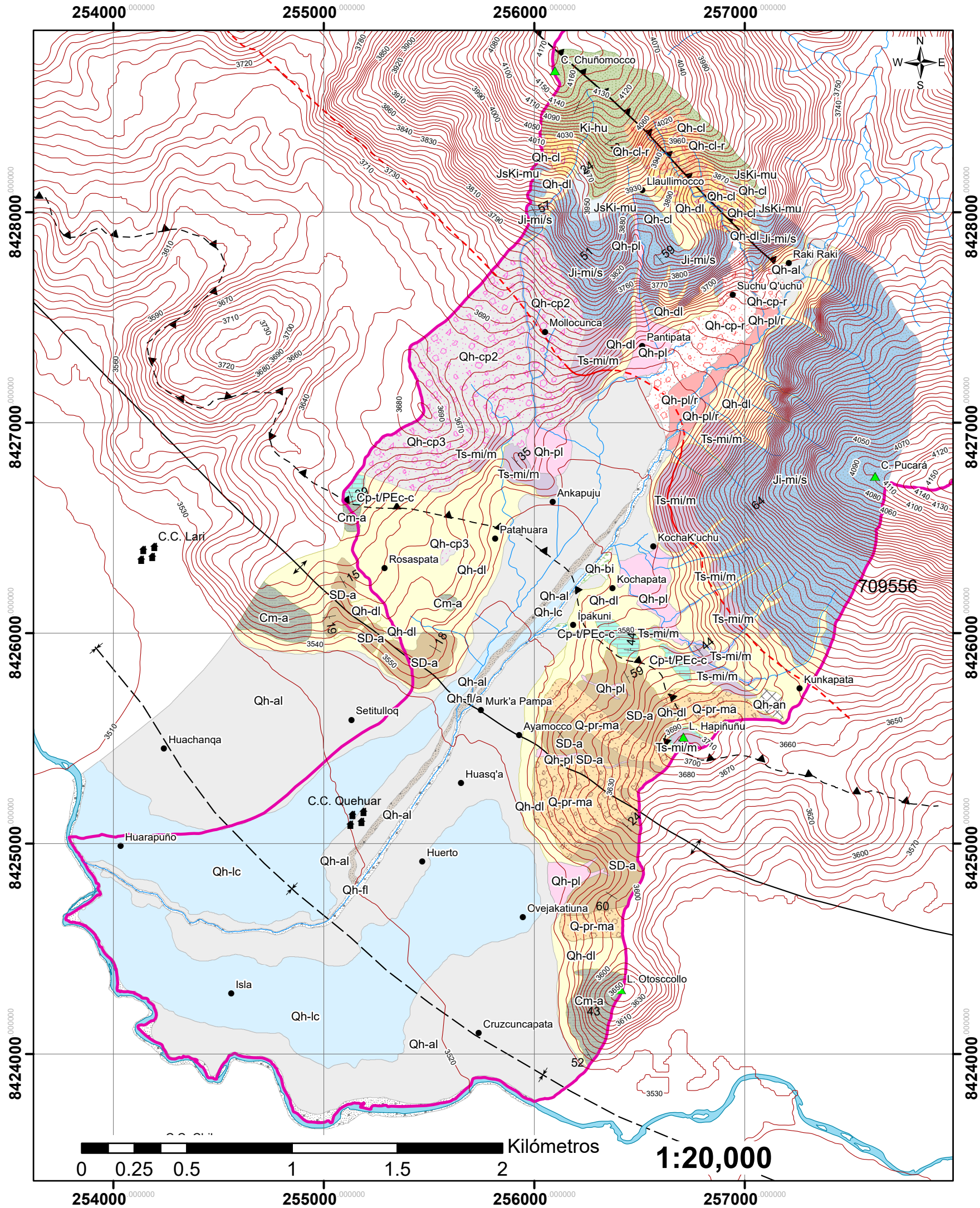
Corresponde a depósitos rodeado de oconales, principalmente en los manantes aflorantes en el piso de valle del Vilcanota (Fig. 37).

Figura 37. Depósitos biogénicos en la llanura aluvial del valle del Vilcanota

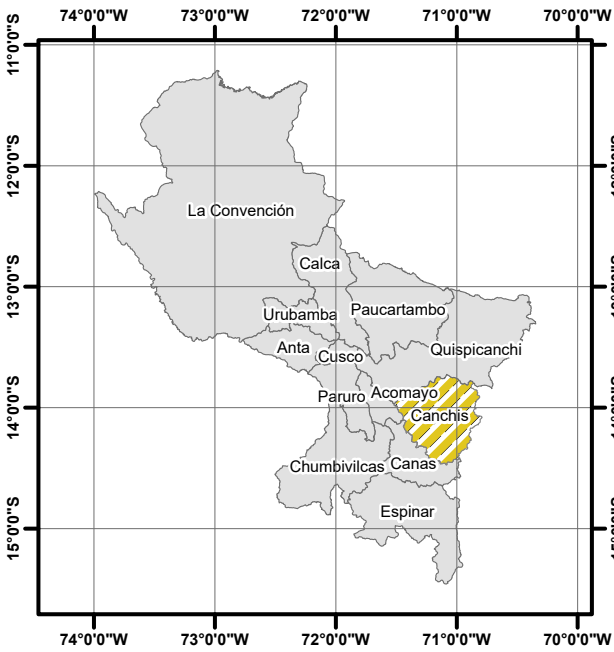


Las unidades descritas, se encuentran dentro del mapa geológico local de Qquehwar (Fig. 38).

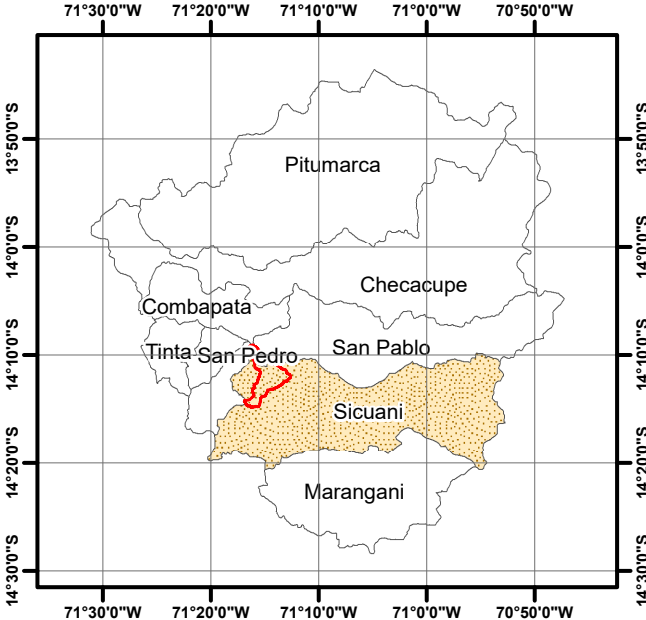
Figura 38. Mapa geológico local de la Comunidad Campesina de Qquehwar



UBICACIÓN PROVINCIAL



UBICACIÓN DISTRITAL



SIMBOLOGÍA

- Buzamientos
- Sector
- Cerros
- Curvas de nivel
- Drenaje
- Microcuenca Ccancahua
- Rio Vilcanota
- Fallas
 - Falla normal Amaru inferida
 - Falla normal Amaru
 - Falla inversa inferida
 - Cabalgamiento
- Pliegues
 - Anticlinal del Vilcanota
 - Sinticlinal Sicuani inferido

LEYENDA

- Unidades Geológicas
- Depósito Antropogénico
 - Depósito Fluvial Reciente
 - Depósito Fluvial Antiguo
 - Depósito Proluvial Reciente
 - Depósito Coluvio-Proluvial Reciente
 - Depósito Coluvial Reciente
 - Depósito Proluvial
 - Depósito Biogénicos
 - Depósito Deluvial
 - Depósito Lacustre
 - Depósito Coluvial
 - Depósito Coluvio-Proluvial
 - Depósito Fluvial Antiguo
 - Depósito Aluvial
 - Depósito Proluvial muy Antiguo
 - Formación Huancané
 - Formación Muni
 - Grupo Mitu- Miembro Superior
 - Grupo Mitu- Miembro Medio
 - Grupo Tarma- Copacabana
 - Grupo Ambo
 - Formación Ananea

Colores basados en la ICS (2019)/ Cohen et al. (2013; updated)

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
TESIS PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO GEOLOGO			
"EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO EN LOS MÁRGENES DEL RÍO CCANCAHUA EN LA C.C. DE QQUEHUAR, EN EL DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA DE CANCHIS, REGIÓN CUSCO, 2023"			
Mapa: MAPA GEOLÓGICO LOCAL DE LA C.C. DE QQUEHUAR			
Asesor: Ing. IVAN CACERES ANGULO		Responsable: Bach. LABRA MAMANI, ENOC ANTONY Bach. YAPO BEJAR, LUIS MIGUEL	
Ubicacion:		Datum:	Escala:
Dep. CUSCO		WGS 84	INDICADA
Prov. CANCHIS		Sistema de Proyeccion:	Fecha:
Dist. SICUANI		UTM ZONA 19 S	FEB-2024
			Figura: 38



3.4. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

3.4.1. GENERALIDADES

La microcuenca Ccancahua se encuentra dentro del dominio estructural del Altiplano a nivel local, en los alrededores de la C.C. de Quehuar se observan pliegues locales sobre la formación Ananea afectados por la tectónica del cenozoico que sufrió la falla regional Urcos-Sicuani-Ayaviri, así como la Falla Neotectónica Amaru.

3.4.2. MARCO TECTÓNICO REGIONAL

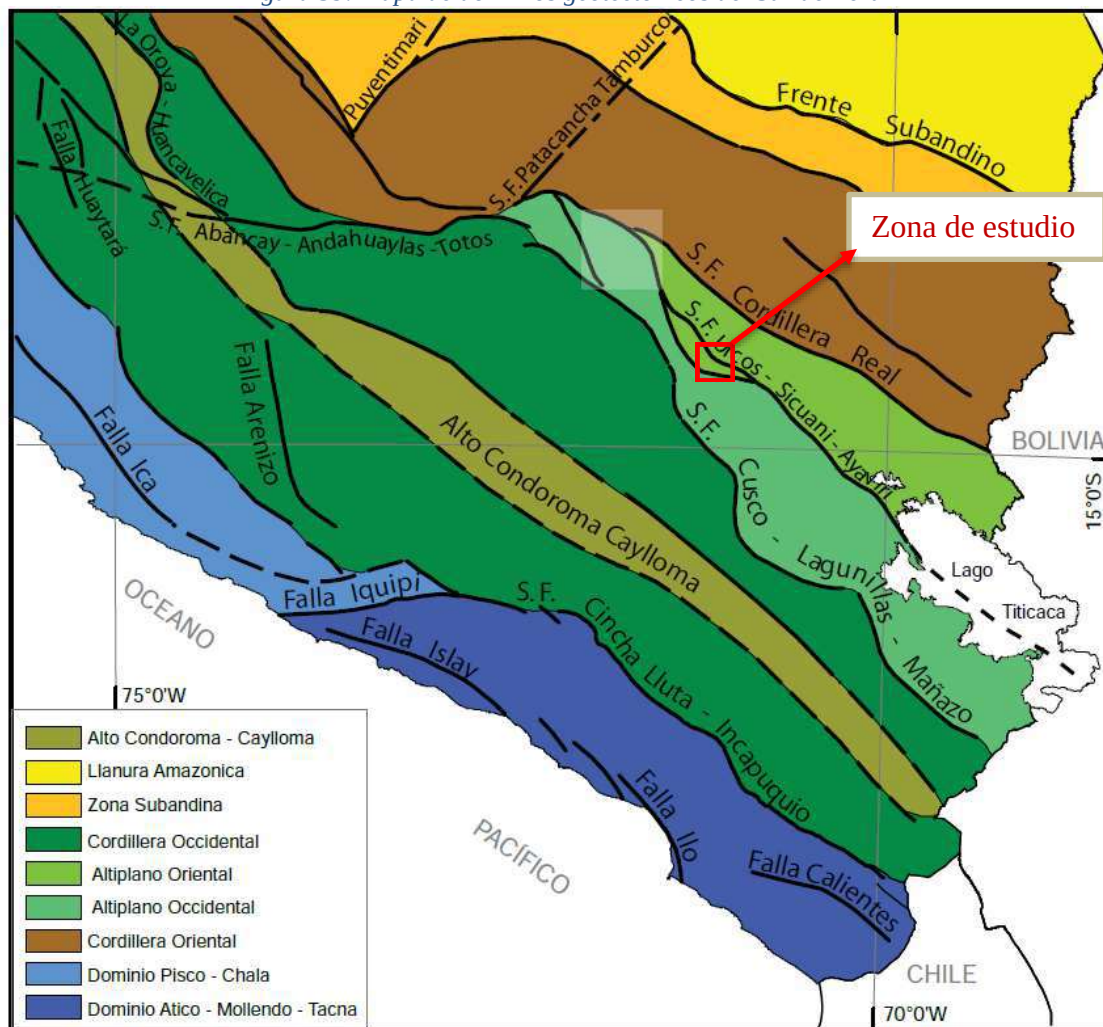
3.4.2.1. Sistema de fallas Urcos-Sicuani-Ayaviri (U-S-A)

El sistema de fallas regional Urcos-Sicuani-Ayaviri el cual según Cabrera (1988) son “fallas profundas y antiguas” de dirección NO-SE que marcan el límite paleogeográfico mesozoico entre la antigua cuenca oriental y el alto estructural Cusco-Puno el cual en un primer evento se presenta como una falla Normal. En el Cenozoico las fallas se invierten y juegan principalmente como fallas inversas, y de rumbo dextrales y sinestrales produciendo transtensiones y transpresiones. (Carlotto Caillaux et al., 2011, p. 98)

Benavente et al. (2013), describe al sistema de fallas Zurite-Cusco-Urcos-Sicuani el cual se desarrolla en una longitud aproximada de 220 kilómetros con una dirección $\sim N 140^\circ E$, limita hacia el oeste con el Altiplano oriental y hacia el este con la cordillera Oriental, en su prolongación hacia el norte presenta una notable deflexión, adoptando una dirección aproximada este-oeste (Fig. 39). A lo largo de este sistema de fallas, aparentemente de geometría subvertical, se observan escarpes de fallas que cortan depósitos cuaternarios, indicando su actividad o reactivación por segmentos. (p. 48)



Figura 39. Mapa de dominios geotectónicos del Sur de Perú



Fuente: Adaptado de *Los dominios geotectónicos del territorio peruano* (p. 50), por Carlotto et al., 2010b, Sociedad Geológica del Perú.

3.4.3. MARCO TECTÓNICO LOCAL

3.4.3.1. Anticlinal del Vilcanota

Esta zona es importante porque, geográficamente, coincide con el límite Oeste de las facies cretáceas de bastante espesor y con el límite E de los más importantes afloramientos terciarios. Fallas con reactivación, a menudo reciente, delimitan todo el valle de Vilcanota. Ellas son visibles detrás del Cerro San Cristóbal, al Oeste de Sicuani, y en el borde oriental del sinclinal



terciario de Sicuani. Son fallas normales o fallas transcurrentes. Otras fallas son inversas o también con cabalgamientos importantes (en general hacia el Oeste en la orilla derecha del Vilcanota). (Audebaud, 1973, p. 59)

En la zona de estudio se evidencia parte del flanco izquierdo del Anticlinal del Vilcanota (Grupo Ambo), el núcleo de dicho anticlinal (conformada por la formación Ananea) y todo el flanco derecho (conformada por el grupo Tarma-Copacabana, Mitu medio, Mitu superior, formación Muni y formación Huancané), este último a su vez forma parte de un sinclinal también con eje de dirección NO-SE, el eje del pliegue tiene una dirección preferente N125.

3.4.3.2. Sinclinal Sicuani

Ubicado al NW de Sicuani, siendo conformada el núcleo del sinclinal por las areniscas del Grupo Ambo y los flancos por las pizarras de la formación Ananea, teniendo el eje del sinclinal una dirección N130.

El flanco occidental del sinclinal, entra en contacto con las capas rojas cretácicas de la formación Ausangate, debido a una discordancia erosional afectada en este flanco.

3.4.3.3. Cabalgamiento u Falla Quilca-San Felipe (Sicuani)

Tiene una orientación general SE-NW, ha puesto al Mitu junto al Paleozoico inferior. Esta falla parece haber tenido actividad (como muchas en esta zona) en varias épocas. Después de un lapso en el que los acontecimientos son desconocidos, Mitu cabalgó sobre el Paleozoico inferior en el curso de la tectónica Paroxismal, convirtiéndose posteriormente en una falla normal al descender su compartimento. Este, hecho por el cual se explica la posición de los afloramientos de Copacabana en esta zona. Pero, también cabe la posibilidad de que se deba a la paleogeografía del Paleozoico superior. (Audebaud, 1973, p. 60)

En nuestra zona de estudio la falla Quilca - San Felipe juega un papel muy importante en la tectónica local, tras la ocurrencia de un cabalgamiento, el cual ha sobrepuesto al grupo Tarma-Copacabana sobre la formación Ananea, lo cual explica el no afloramiento del Grupo Ambo en el flanco derecho del anticlinal del Vilcanota.

3.4.3.4. Falla Suchu Q'uchu

En la quebrada Suchu Q'uchu se identificó una falla inversa, con una dirección N131 y un buzamiento de 67° SW, con el afloramiento de manantes a lo largo de esta falla, lo cual genera la formación de movimientos en masa en esta quebrada (Fig. 40).

Figura 40. Falla Suchu Q'uchu.



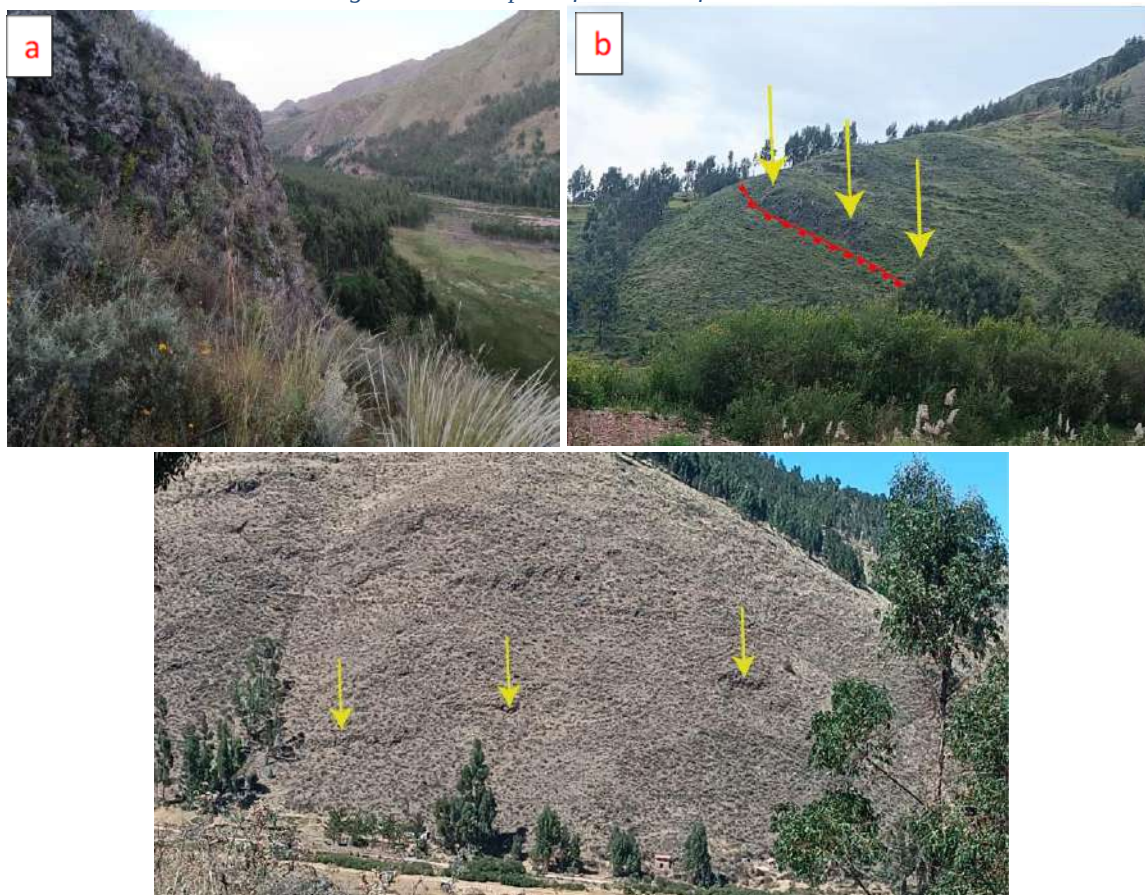
3.4.3.5. Falla Neotectónica Amaru

Se ubica en el Altiplano del sur peruano, con evidencias morfológicas que muestran una actividad tectónica reciente en la región del Cusco, la cual sugiere que a pesar de su baja sismicidad, esta región ha sufrido sismos superficiales con ruptura visible. Con la falla Amaru ponemos en evidencia deformación reciente con ruptura superficial a lo largo de

aproximadamente 50 kilómetros en las alturas de la margen derecha del río Vilcanota (provincia de Canchis - departamento de Cusco). (Benavente & Delgado, 2012)

Al NE del poblado Qquehwar y parte baja de la microcuenca Ccancahua se identificó un segmento de la falla Amaru de tipo normal-siniestral con dirección NO-SE (Fig. 42), en el cual el segmento tiene una longitud de aprox. 3.6 km, se evidencia el escarpe de falla produciendo un desnivel vertical de 10 m, se observa que modifica la topografía actual afectando la geoforma de montaña en roca vulcano-sedimentaria del Grupo Mitu (Fig. 41).

Figura 41. Escarpe de falla de las fallas Amaru



Nota. (a) Escarpe de falla Amaru observado sobre rocas andesito-basálticas del Mitu medio, (b) línea roja delimita el escarpe de falla en el cerro Chuñomocco y (c) las flechas amarillas muestran el escarpe de falla en el cerro Pucará

Tomándose las medidas de rumbos, buzamientos y de pitch en el segmento de la falla que afecta a los basaltos andesíticos del Grupo Mitu en el cerro Chuñomocco.

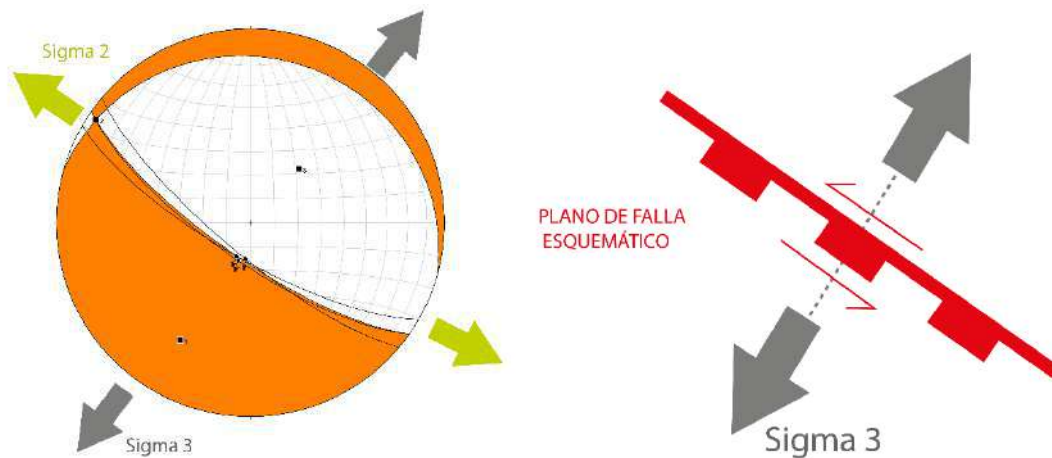
Tabla 14. Datos de rumbos y buzamientos medidos de la falla Amaru

Nombre	Tipo de Falla	Rumbo	Buzamiento	Pitch	Cinemática
Amaru	Neotectónica	S55°E	74SW	85	NxSx
Amaru	Neotectónica	S50°E	77SW	82	NxSx
Amaru	Neotectónica	S60°E	75SW	88	NxSx

Siendo su proyección estereográfica la siguiente:

Luego del análisis, el esfuerzo principal mayor sigma 1 (σ_1) posee una dirección SO-NE (Fig. 42) con una tendencia/inmersión (trend/plunge) de 219°/30.2 y el esfuerzo menor sigma 3 “ σ_3 ” tiene una dirección NE-SO con una trend/plunge (tendencia/inmersión) de 28.4°/59.3

Figura 42. Proyección estereográfica del segmento de la falla Amaru.



Fuente: Adaptado del software Faultkin.

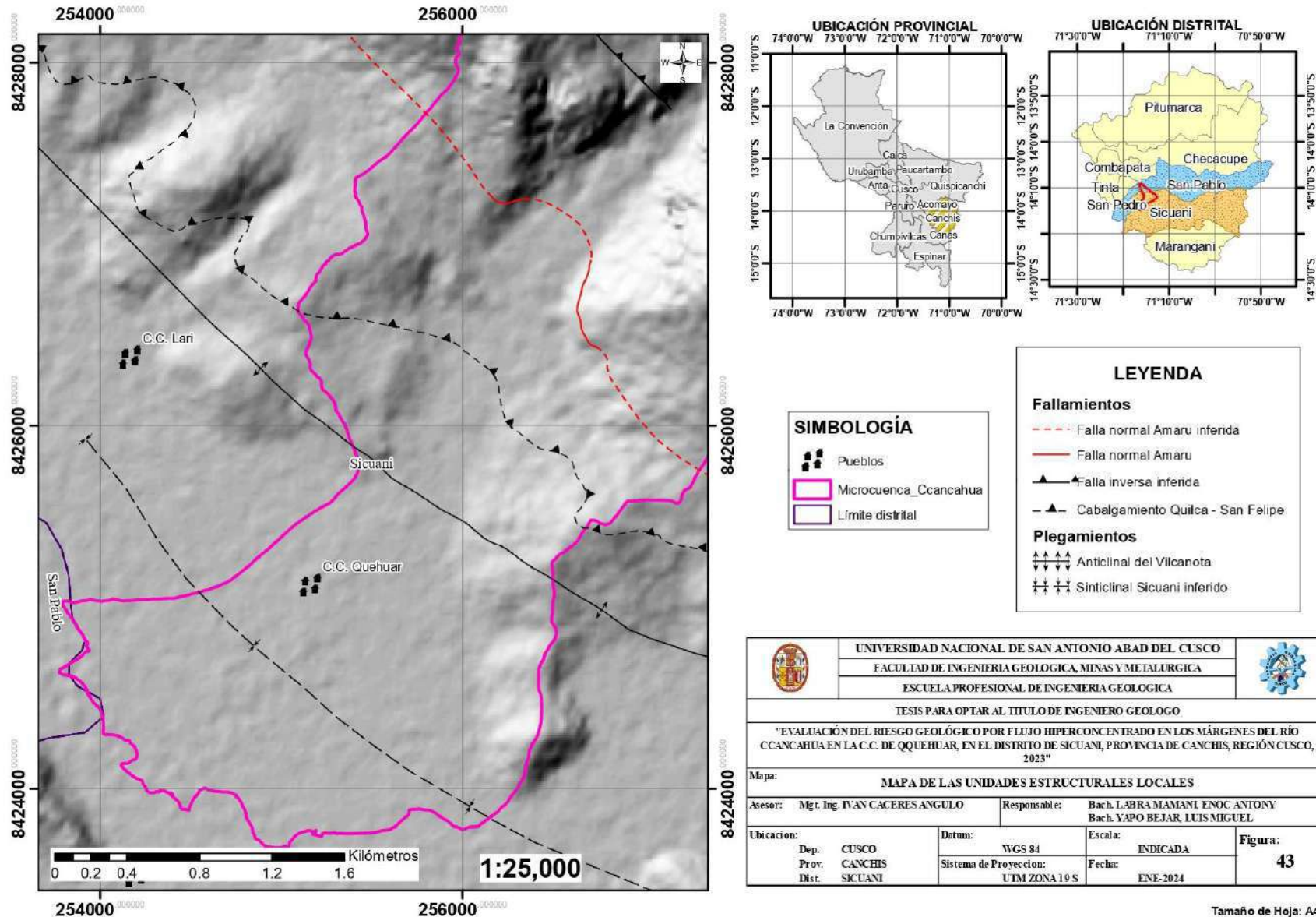
Las unidades estructurales locales identificadas del área de la Comunidad Campesina de Qquehuar, se encuentran descritas en la Figura 43.



“EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO EN LOS MÁRGENES DEL RÍO CCANCAHUA, EN EL DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA DE CANCHIS, REGIÓN CUSCO, 2023”



Figura 43. Mapa de unidades estructurales locales de la zona de estudio



CAPÍTULO IV: GEODINÁMICA EXTERNA

4.1. GENERALIDADES

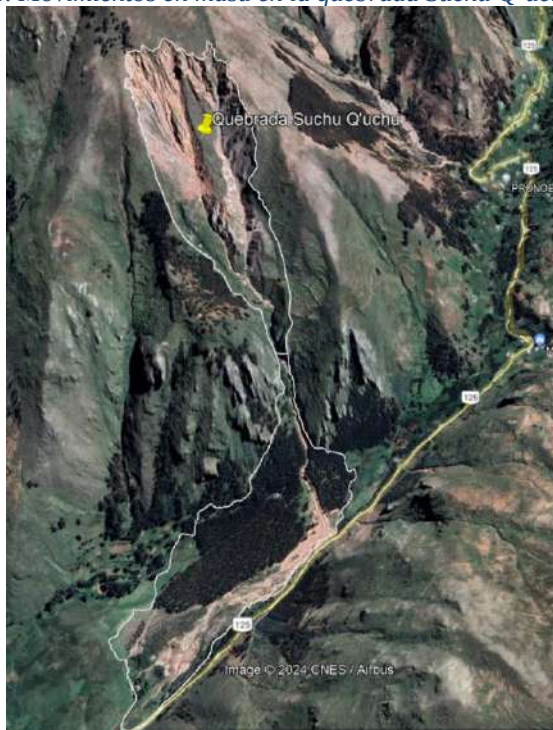
La microcuenca Ccancahua, presenta una geodinámica activa en las diferentes quebradas que la componen, siendo la de mayor actividad la quebrada Suchu Q’uchu, las cuales serán descritos y abordados a detalle en el presente estudio.

4.2. GEODINÁMICA EN LA QUEBRADA SUCHU Q’UCHU – C.C. DE QQUEHUAR

UBICACIÓN

Carretera Qquehwar - Santa Bárbara, quebrada Suchu Q’uchu - Sicuani. El movimiento en masa se ubica a 8 km al NW de la ciudad de Sicuani y a 3.2 km al NE del pueblo de Qquehwar, en la quebrada Suchu Q’uchu (Fig. 44, Fig. 45). En las coordenadas geográficas $14^{\circ}12'20.24''S$ y $71^{\circ}15'21.34''W$.

Figura 44. Movimientos en masa en la quebrada Suchu Q’uchu



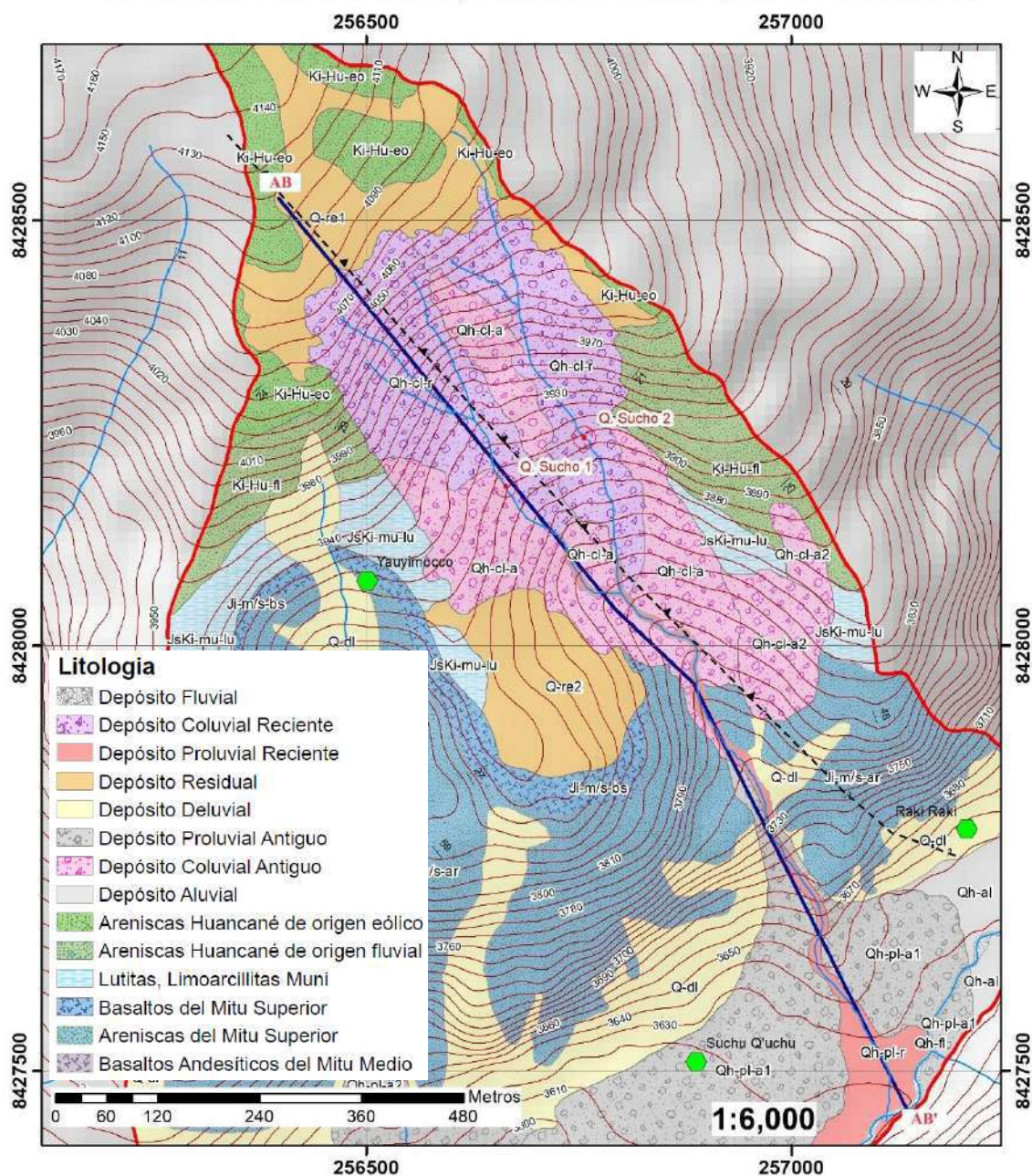
Fuente: Adaptado de Google Earth Pro, 2024.

Descripción y características de los movimientos en masa en la quebrada Suchu Q'uchu

Los movimientos en masa de la quebrada Suchu Q'uchu acumula sedimentos en la base de la misma mediante flujos de detritos acumulados, donde estos sedimentos acumulados pueden generar la formación de flujos hiperconcentrados.

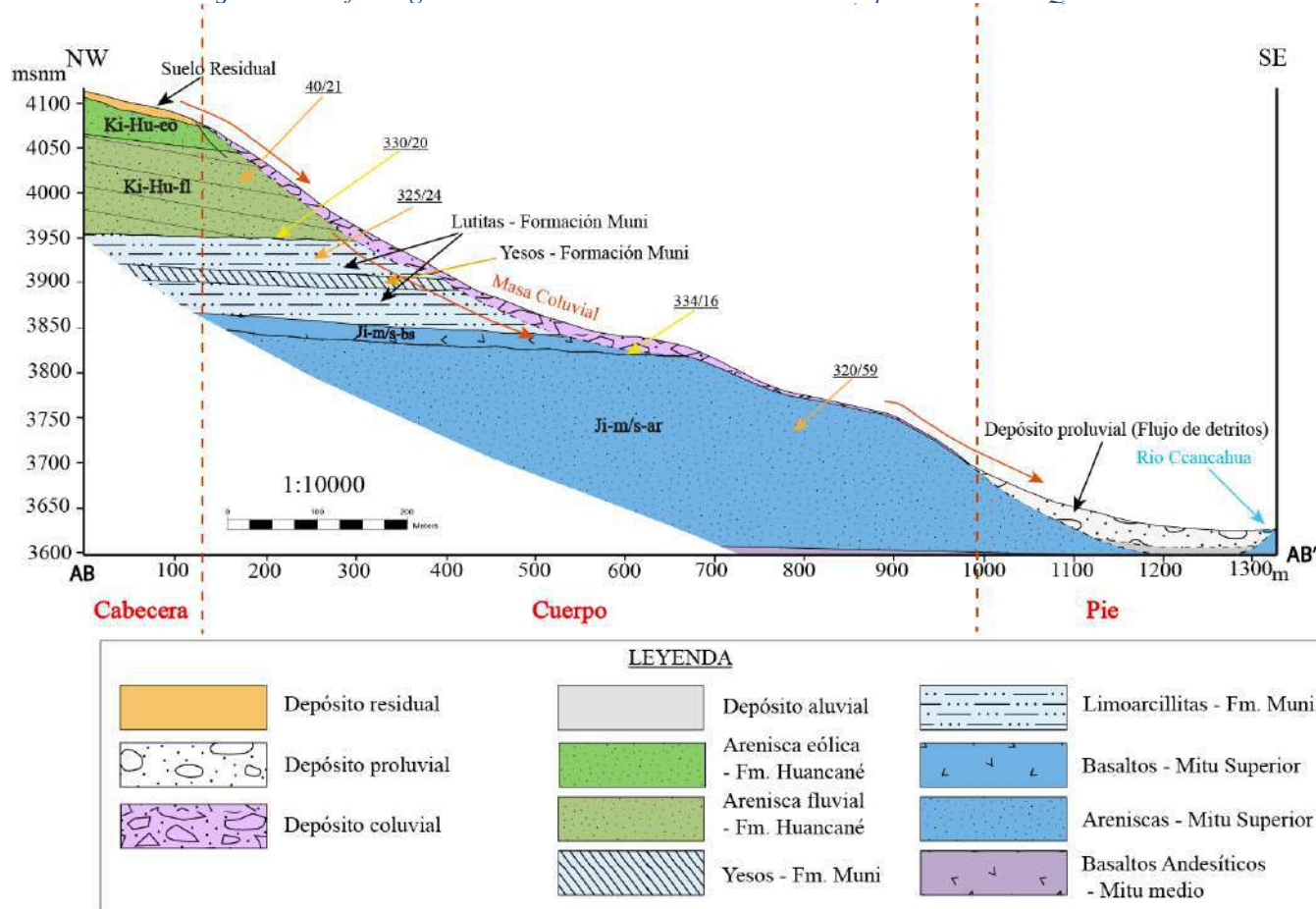
Figura 45. Mapa geológico local de la quebrada Suchu Q'uchu

MAPA GEOLÓGICO DE LAS QUEBRADAS SUCHU Q'UCHU Y PANTIPATA



Litológicamente, la quebrada Suchu Q'uchu está conformada: (1) en la base por los basaltos andesíticos del Mitu Medio, que infrayace a las areniscas del Mitu Superior (Fig. 45, Fig. 46); (2) en la parte media compuesta por estrato de lava basáltica del Mitu Superior, seguido por rocas sedimentarias incompetentes de la formación Muni con un espesor aproximado de unos 50 a 100 m. (la base compuesta por la presencia de bloques de calizas y un banco de lutitas fracturadas, seguido de un depósito yesífero de unos 20 m., y en el techo un banco de lutitas fracturadas); (3) en la parte alta compuesta por las dos litologías competentes pero fracturadas (con un RQD de 60) de la formación Huancané, compuesta por areniscas blanquecinas de origen fluvial que infrayacen a las areniscas cuarzosas rosadas de origen eólico (Fig. 46).

Figura 46. Perfil longitudinal de los movimientos en masa de la quebrada Suchu Q'uchu





A continuación, se describirán los tipos de movimientos en masa observados en la quebrada Suchu Q’uchu, los que serán plasmados en el mapa de la Figura 55.

4.2.1. DESLIZAMIENTO “DsQ-01”

Ubicado en la zona alta de la quebrada Suchu 1, tratándose de un deslizamiento que forma parte del deslizamiento rotacional Suchu Q’uchu que corresponde a depósitos coluviales, depositado sobre las capas rojas y yesos de la formación Muni y sobre areniscas de la formación Huancané; formado también a partir de la desestabilización de suelos residuales “Q-re1” (1 a 10 m de espesor, compuesto por guijarros, clastos angulosos en una matriz limo arenosa) que cubren a las areniscas cuarzosas eólicas del Huancané en la corona del deslizamiento, esta masa coluvial se desplaza y se deposita sobre las areniscas eólicas y areniscas fluviales fracturadas de la formación Huancané, que posee una dirección paralela aproximada a la cara del talud (los cuales forman conos de derrubios de manera local, donde son arrastradas por la masa coluvial). Este depósito coluvial corresponde a bloques, guijarros angulosos de areniscas fluviales y eólicas, en una matriz soportada areno-limosa (Fig. 49). Posee las siguientes características:

UBICACIÓN				
PROVINCIA	DISTRITO	SECTOR	CODIGO	TIPOLOGIA
Canchis	Sicuani	Quehwar	Dsq-01	Deslizamiento
UTM	ZONA	ESTE	NORTE	ALTITUD
WGS-84	19L	256535.93	8428329.68	3995 msnm
CARACTERÍSTICAS DEL FENÓMENO				
Dirección: N12			Estado de actividad: Activo	
Pendiente: 36.7° u 74.54% (Ext. empinada)			Ancho de la zona de arranque: 460.7 m	
Forma de la superficie de ruptura: Semicircular			Área: 35863.3 m ²	

A. GRIETAS DE TRACCIÓN

Observándose grietas de tracción sobre la cabecera del deslizamiento, con una dirección N40 paralela al talud y aberturas de hasta 30 cm, característico del deslizamiento rotacional Suchu Q’uchu, con una superficie de rotura en forma de cuchara (Fig. 46, Fig. 47).

Figura 47. Grietas de tracción en la cabecera del deslizamiento “DsQ-01”



Nota. Grietas de tracción de hasta 30 cm de abertura cerca de la corona del deslizamiento.

B. DEPÓSITOS RESIDUALES “D-re1”

Este depósito ocupa la zona superficial de la formación Huancané, caracterizado por la alta desintegración de los bloques de areniscas rojas eólicas de la formación Huancané (Fig. 48), constituidos de hasta 10 m. de espesor por materiales heterométricos en una matriz limo-arenosa.

Figura 48. Depósito residual acumulado sobre la formación Huancané.



Nota. Suelo residual acumulado sobre la formación Huancané en la cabecera del deslizamiento.

4.2.2. DESLIZAMIENTO “DsQ-02”

Ubicado en el lado derecho y zona media de la quebrada Suchu 1, tratándose de un deslizamiento de roca y suelo, corresponde a depósitos coluviales recientes depositados sobre las lutitas y yesos de la formación Muni; formada por la fuerte erosión afectada a un depósito



coluvial antiguo “DAsq-01” (producto de un antiguo deslizamiento rotacional que transportó los bloques de areniscas fluviales blanquecinas, las areniscas cuarzosas rosadas, y material residual; depositadas sobre una intercalación de yeso y lutitas). Este deslizamiento corresponde a bloques, guijarros angulosos de las areniscas fluviales y eólicas, en una matriz areno-limosa (Fig. 49).

Poseyendo las siguientes características:

UBICACIÓN				
PROVINCIA	DISTRITO	SECTOR	CODIGO	TIPOLOGIA
Canchis	Sicuani	Qquehuar	Dsq-02	Deslizamiento
UTM	ZONA	ESTE	NORTE	ALTITUD
WGS-84	19L	256670.17	8428228.66	3904 msnm
CARACTERÍSTICAS DEL FENÓMENO				
Dirección: N80			Estado de actividad: Activo	
Pendiente: 42.1° (Extremadamente empinada)			Ancho de la zona de arranque: 288.0 m	
Forma de la superficie de ruptura: Semicircular			Área: 9161.6 m ²	

4.2.3. DESLIZAMIENTO “Dsq-03”

Ubicado en la zona alta de la quebrada Sucho 2, tratándose de un deslizamiento que forma parte del deslizamiento rotacional Suchu Q’uchu que corresponde a depósitos coluviales, depositado sobre las areniscas fluviales y eólicas de la formación Huancané; formado por la desestabilización de los suelos residuales (de hasta 10 m. de espesor) en la corona del deslizamiento, con un comportamiento similar al deslizamiento “Dsq-01” (Fig. 48). Este depósito coluvial corresponde a bloques, guijarros angulosos de areniscas fluviales y eólicas clasto soportadas (Fig. 49).

UBICACIÓN				
PROVINCIA	DISTRITO	SECTOR	CODIGO	TIPOLOGIA
Canchis	Sicuani	Qquehuar	Dsq-03	Deslizamiento
UTM	ZONA	ESTE	NORTE	ALTITUD
WGS-84	19L	256633.31	8428460.09	4030 msnm
CARACTERÍSTICAS DEL FENÓMENO				
Dirección: N145			Estado de actividad: Activo	
Pendiente: 30.1° u 57.97% (Muy empinada)			Ancho de la zona de arranque: 288.5 m	
Forma de la superficie de ruptura: Semicircular			Área: 10170.9 m ²	



4.2.4. DESLIZAMIENTO “Dsq-04”

Un deslizamiento rotacional de roca y suelo, ubicado al lado izquierdo y zona media de la quebrada Sucho 2, compuesto por depósitos coluviales, depositados sobre las areniscas fluviales de la formación Huancané y lutitas de la formación Muni, formada por la erosión a un depósito coluvial antiguo (formada por una masa coluvial del antiguo deslizamiento rotacional Suchu Q’uchu), similar al deslizamiento “Dsq-03” (Fig. 49). Poseyendo las siguientes características:

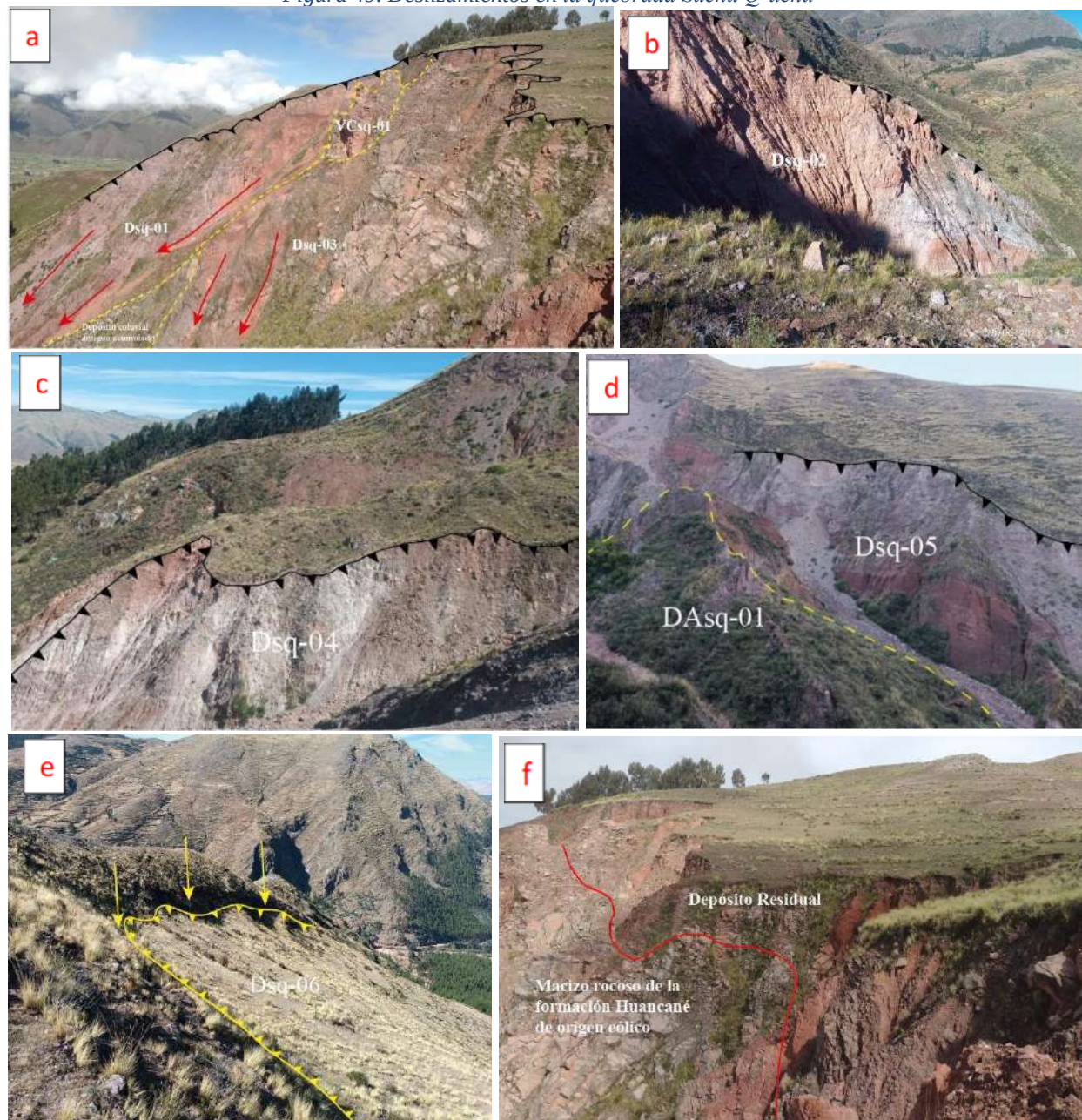
UBICACIÓN				
PROVINCIA	DISTRITO	SECTOR	CODIGO	TIPOLOGIA
Canchis	Sicuani	Quehuar	Dsq-04	Deslizamiento
UTM	ZONA	ESTE	NORTE	ALTITUD
WGS-84	19L	256736.81	8428231.26	3825 msnm
CARACTERÍSTICAS DEL FENÓMENO				
Dirección: N342			Estado de actividad: Activo	
Pendiente: 40.3° (Extremadamente empinada)			Ancho de la zona de arranque: 452.9m	
Forma de la superficie de ruptura: Semicircular			Área: 8602.0 m ²	

4.2.5. DESLIZAMIENTO “Dsq-05”

Un deslizamiento traslacional, ubicado al lado derecho y zona media de la quebrada Sucho 2 compuesto de depósitos coluviales recientes depositados sobre capas rojas de lutitas de la formación Muni, formada por la erosión a un depósito coluvial antiguo del deslizamiento rotacional Suchu Q’uchu que transportó los bloques de areniscas blanquecinas y material residual a ese lugar. Este deslizamiento corresponde a materiales heterométricos matriz soportada (Fig. 49). Poseyendo las siguientes características:

UBICACIÓN				
PROVINCIA	DISTRITO	SECTOR	CODIGO	TIPOLOGIA
Canchis	Sicuani	Quehuar	Dsq-05	Deslizamiento
UTM	ZONA	ESTE	NORTE	ALTITUD
WGS-84	19L	256800.19	8428175.11	3860 msnm
CARACTERÍSTICAS DEL FENÓMENO				
Dirección: N171			Estado de actividad: Activo	
Pendiente: 43.2° (Extremadamente empinada)			Ancho de la zona de arranque: 187.9 m	
Forma de la superficie de ruptura: Semicircular			Área: 5102.55 m ²	

Figura 49. Deslizamientos en la quebrada Suchu Q'uchu



Nota. (a) Deslizamientos que forman parte del deslizamiento rotacional Suchu Q'uchu, (b), (c) y (d) deslizamientos de tipo rotacional y traslacional formado a partir del depósito coluvial acumulado, (e) deslizamiento inactivo antiguo al E de la quebrada y (f) suelos residuales formados por la alta meteorización de las areniscas Huancané.



4.2.6. DESLIZAMIENTO “Dsq-06”

Dos deslizamientos inactivos, ubicados en E:257002.65 y N:8428055.57, con una altitud media de 3840 msnm. Con una dirección N150 y una pendiente 31.9% correspondiente a un depósito coluvial, con una forma semicircular de la superficie de ruptura, el “Dsq-06A” con un ancho de 176 m. de la zona de arranque y un área de 4299.01 m² para y el “Dsq-06B” con un ancho de 151 m. de la zona de arranque y un área de 12922.6 m² (Fig. 49).

4.2.7. VOLCAMIENTOS “VCsq-01”

Un volcamiento en bloque se observa y ubica en la zona central-alta de la quebrada, que está controlada por la orientación de las discontinuidades y diaclasas (fracturamiento) que afectó a estos bloques de areniscas, que da origen a la rotación de estos (Fig. 50). Estos bloques caen y se acumulan sobre el depósito coluvial antiguo.

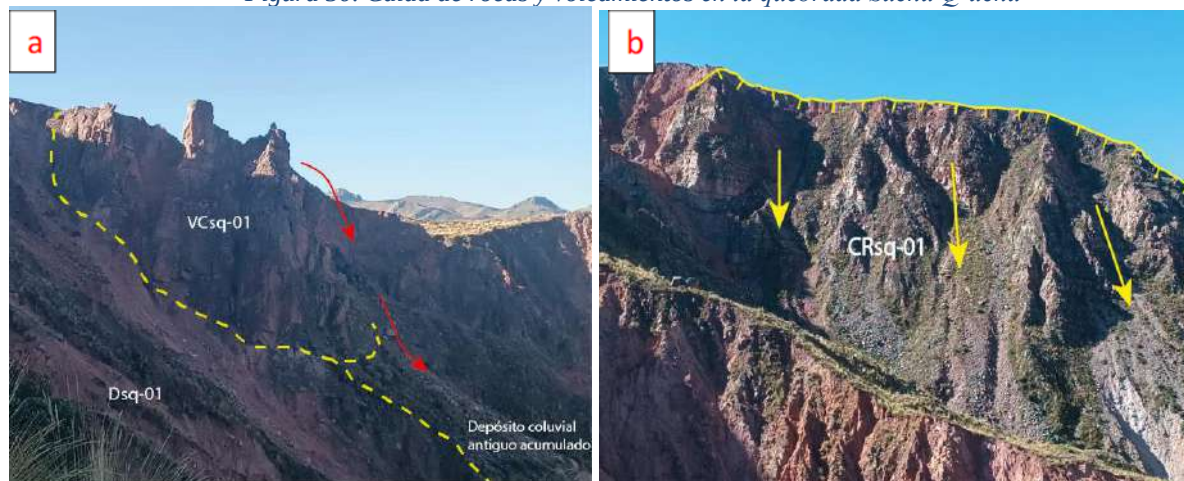
UBICACIÓN				
PROVINCIA	DISTRITO	SECTOR	CODIGO	TIPOLOGIA
Canchis	Sicuani	Quehuar	VCsq-01	Volcamiento
UTM	ZONA	ESTE	NORTE	ALTITUD
WGS-84	19L	256562.67	8428442.88	4045 msnm
CARACTERÍSTICAS DEL FENÓMENO				
Dirección: N45			Pendiente: >35° u >70%	
Estado de actividad: Suspendido			(Extremadamente empinada)	

4.2.8. CAÍDA DE ROCAS “CRsq-01”

Se identificó conos de derrubios a lo largo de la base del flanco derecho del deslizamiento, producto del desprendimiento de fragmentos rocosos de los bloques de areniscas blanquecinas fracturados de la formación Huancané (Fig. 50), debido a la pendiente extremadamente empinada (mayor a 35°). Poseyendo las siguientes características:

UBICACIÓN				
PROVINCIA	DISTRITO	SECTOR	CODIGO	TIPOLOGIA
Canchis	Sicuani	Suchu Q'uchu	CRsq-01	Caída de rocas
UTM	ZONA	ESTE	NORTE	ALTITUD
WGS-84	19L	256736.26	8428363.16	3980 msnm
CARACTERÍSTICAS DEL FENÓMENO				
Dirección: N53		Estado de actividad: Activo		
Pendiente: >35° (Extremadamente empinada)		Ancho de la zona de arranque: 251.5 m		
Forma de la superficie de ruptura: Semicircular		Área: 17557.66 m ²		

Figura 50. Caída de rocas y volcamientos en la quebrada Suchu Q'uchu

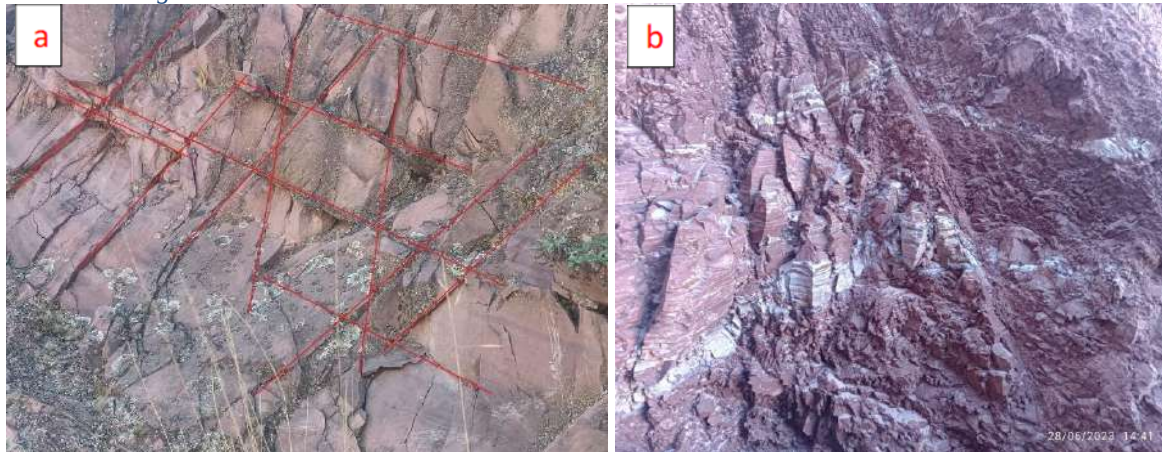


Nota. (a) Volcamiento en bloque, (d) Presencia de conos de derrubios en la base del talud producto de la caída de rocas en la quebrada Sucho 2.

4.2.8.1. CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA – QUEBRADA SUCHU Q'UCHU - FORMACIÓN HUANCANÉ-MUNI

Se determinó la calidad del macizo rocoso en puntos representativos en las formaciones Huancané-Muni, mediante ventanas estructurales utilizando el método de índice de calidad RMR conocido como Rock Mass Rating de Beniaowski.

Figura 51. Ventanas estructurales realizadas en la Formación Huancané – Formación Muni



Nota. (a) Ventana estructural “Huancané 01” y (b) ventana estructural “Muni 01”.

A. HUANCANÉ 01

Se caracterizó el macizo rocoso de las areniscas fluviales de la formación Huancané, en las siguientes coordenadas N:0256797 y E:8428298 en el área de caída de rocas en la quebrada Suchu Q’uchu.

Para el cálculo del RQD, se utilizó la fórmula de Priest & Hudson (1976), para λ de 6 a 16 m^{-1} .

$$\lambda = \frac{n^{\circ} \text{ de discontinuidades}}{\text{Longitud de muestreo}} = \frac{18}{1.5 \text{ m}} = 12 \text{ m}^{-1}$$

$$RQD = 110.4 - 3.6\lambda$$

$$RQD = 110.4 - 3.6 * 10 = 67.2$$

La ventana estructural presenta tres familias de discontinuidades del macizo rocoso (Tabla 15).

Tabla 15. Familias de discontinuidades de Huancané 1.

Familia	Rumbo	Buzamiento
S1	N40	21° SE
S2	N181	71° NW
S3	N7	30° NE

La valorización de este macizo rocoso (ver tabla 16) por el índice de calidad RMR es el siguiente.



Tabla 16. Valorización del macizo rocoso Huancané 01.

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO																	
Clasificación RMR de Bieniawski (1989)																	
PARÁMETRO		RANGO DE VALORES Y VALORACIONES												VALORACIÓN			
RESIST. DE LA ROCA (MPa)		> 250	15	100 - 250	12	50 - 100	7	25 - 50	4	< 25	2	< 5	1	< 1	0	12	100 - 250
RQD (%)		90 - 100	20	75 - 90	17	50-75	13	25 - 50	8	< 25					3	13	50 - 75
ESPACIAMIENTO (m.)		> 2	20	0.6 - 2	15	0.2 - 0.6	10	0.06 - 0.2	8	< 0.06					5	10	0.2 - 0.6
CONDICIÓN DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1m.	6	1 - 3 m	4	3 - 10 m	2	10 - 20 m	1	> 20 m					0	0	> 20 m
	APERTURA	Cerrada	6	< 0.1 mm	5	0.1 - 1.0 mm	4	1 - 5mm	1	> 5mm					0	1	1 - 5mm
	RUGOSIDAD	Muy rugosa	6	Rugosa	5	Lig. Rugosa	3	Lisa	1	Espejo de falla					0	5	Rugosa
	RELLENO	Limpia	6	Duro < 5mm.	4	Dura > 5mm.	2	Suave < 5mm.	1	Suave > 5mm.					0	6	Limpia
	ALTERACIÓN	Sana	6	Lig. Alterada	5	Mod. Alterada	3	Muy Alterada	2	Descompuesto					0	6	Sana
AGUA SUBTERRÁNEA		Seco	15	Húmedo	10	Mojado	7	Goteo	4	Flujo					0	15	Seco
VALOR RMR (Básico) =															68		
CLASE DE MACIZO ROCOSO																	
RMR		100 - 81		80-61		60 - 41		40 - 21		20 - 0				II			
DESCRIPCIÓN		I MUY BUENA		II BUENA		III REGULAR		IV MALA		V MUY MALA				BUENA			

Nota. Parámetros básicos para el índice RMR de Bieniawski, 1989.

B. MUNI 01

En la Formación Muni (Fig. 51, Tabla 17), se realizó una ventana estructural ubicada en las coordenadas N:0256621 y E:8428255 en la zona media-alta de la quebrada Suchu Q'uchu.

Para el cálculo del RQD, se utilizó la fórmula de Sen & Kazi (1984), para $\lambda L > 5$.

$$\lambda = \frac{n^{\circ} \text{ de discontinuidades}}{\text{Longitud de muestreo}} = \frac{30}{1 \text{ m}} = 30 \text{ m}^{-1}$$

$$RQD = \frac{100}{1 - e^{-\lambda L} - \lambda L e^{-\lambda L}} [e^{-\lambda t}(\lambda t + 1) - e^{-\lambda L}(\lambda L + 1)] = 19.91$$

Tabla 17. Valorización del macizo rocoso Muni 01.

VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO																	
Clasificación RMR de Bieniawski (1989)																	
PARÁMETRO		RANGO DE VALORES Y VALORACIONES												VALORACIÓN			
RESIST. DE LA ROCA (MPa)		> 250	15	100 - 250	12	50 - 100	7	25 - 50	4	< 25	2	< 5	1	< 1	0	1	< 5
RQD (%)		90 - 100	20	75 - 90	17	50-75	13	25 - 50	8	< 25				3	3	< 25	
ESPACIAMIENTO (m.)		> 2	20	0.6 - 2	15	0.2 - 0.6	10	0.06 - 0.2	8	< 0.06				5	5	< 0.06	
CONDICIÓN DE JUNTAS	PERSISTENCIA	< 1m.	6	1 - 3 m	4	3 - 10 m	2	10 - 20 m	1	> 20 m				0	0	> 20 m	
	APERTURA	Cerrada	6	< 0.1 mm	5	0.1 - 1.0 mm	4	1 - 5mm	1	> 5mm				0	1	1 - 5mm	
	RUGOSIDAD	Muy rugosa	6	Rugosa	5	Lig. Rugosa	3	Lisa	1	Espejo de ^falla				0	1	Lisa	
	RELLENO	Limpia	6	Duro < 5mm.	4	Dura > 5mm.	2	Suave < 5mm.	1	Suave > 5mm.				0	1	Suave < 5mm.	
	ALTERACIÓN	Sana	6	Lig. Alterada	5	Mod. Alterada	3	Muy Alterada	2	Descompuesto				0	2	Muy alterado	
AGUA SUBTERRÁNEA		Seco	15	Húmedo	10	Mojado	7	Goteo	4	Flujo				0	10	Húmedo	
VALOR RMR (Básico) =															24		
CLASE DE MACIZO ROCOSO																	
RMR		100 - 81		80-61		60 - 41		40 - 21		20 - 0				IV			
DESCRIPCIÓN		I MUY BUENA		II BUENA		III REGULAR		IV MALA		V MUY MALA				MALA			



4.2.9. FLUJOS DE DETRITOS

4.2.9.1. FLUJOS DE DETRITOS ANTIGUO – SUCHU Q’UCHU (FAsq-01)

Se observa un flujo de detritos acumulado en forma de abanico aluvial al pie de la quebrada Suchu Q’uchu (Fig. 52). En la zona de acumulación de flujos de detritos antiguos se observa la plantación de árboles de eucaliptos, las cuales sirven como medida no estructural para disminuir el potencial destructivo de los flujos de detritos y flujos hiperconcentrados.

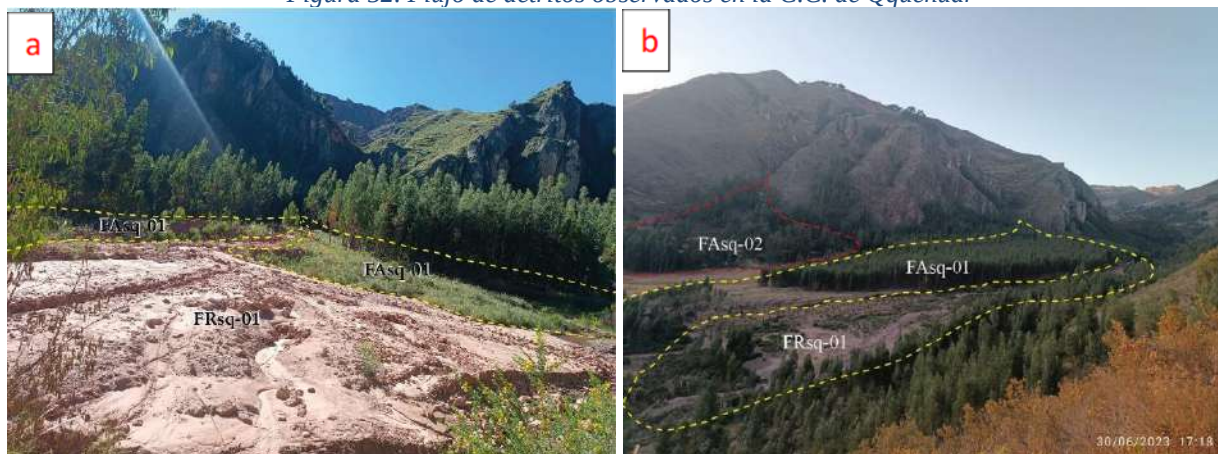
4.2.9.2. FLUJOS DE DETRITOS ANTIGUO - SECTOR PANTIPATA (FAsq-02)

Se observa un depósito de flujo de detritos en forma de cono aluvial en el sector Pantipata (Fig. 52), producto de un movimiento en masa antiguo en la quebrada del mismo nombre, compuesto principalmente por bolones, guijarros angulosos en una matriz limo arenosa.

4.2.9.3. FLUJOS DE DETRITOS RECIENTE (FRsq-01)

Las altas precipitaciones, saturan e inestabilizan el terreno, activando los deslizamientos, caída de rocas, derrumbes en la cabecera de la quebrada debido a la intensidad, duración, frecuencia de estas precipitaciones. Y una vez formada esta masa saturada y heterométrica, procede a fluir a altas velocidades, y depositarse en la base de la quebrada Suchu Q’uchu (Fig. 52), movilizand una gran cantidad de sedimentos granulares en una matriz areno-limosa, que en ocasiones llega a encauzar al río Ccancahua.

Figura 52. Flujo de detritos observados en la C.C. de Qquehwar



Nota. (a) Flujo de detritos recientes observados en el pie de montaña (b) Flujos de detritos antiguos acumulados en forma de cono aluvial.

4.3. GEODINÁMICA EN LAS QUEBRADAS DE LA C.C. DE QQUEHUAR

4.3.1. EROSIÓN DE LADERA EN CÁRCAVAS

Se identificaron zonas de carcavamientos activos en las quebradas afluentes de los cerros Chuñomocco, Pucará y Hapiñuñu con un fuerte potencial erosivo (Fig. 56).

4.3.1.1. CARCAVAMIENTOS EN EL SECTOR MOLLOCUNCA (CC-01)

El carcavamiento de mayor extensión se encuentra ubicado en el sector llamado Mollocunca (Fig. 53), con una dirección NW a SE; el cual tiene las siguientes dimensiones: en la parte central presenta un ancho de 60 m, una profundidad de 50 m y un área de 58905.1 m², caracterizándose como carcavamiento alargado con pendientes moderadamente empinadas.

4.3.1.2. CARCAVAMIENTOS EN EL SECTOR YAUYIMOCCO (CC-02)

Se ubica en el sector Yauyimocco, en la cabecera de la quebrada Pantipata (Fig. 53), el cual es vecina a la quebrada Suchu Q'uchu, con un área aprox. de 9185.9 m². En su parte más ancha presenta una longitud de 38m. y una profundidad de 7 m. Caracterizándose como carcavamiento alargado con pendientes empinadas. El desarrollo de este carcavamiento en



particular tiene el potencial de convertirse en un futuro deslizamiento, viéndose también acumulación de material coluvial antiguo en la base de dicha quebrada.

4.3.1.3. CARCAVAMIENTOS EN EL SECTOR KOCHAK'UCHU (CC-03)

Son un conjunto de cárcavas que se ubican en el sector Kochak'uchu, en las laderas del cerro Pucará (Fig. 53), con un área aprox. de 39724.118 m². Observándose la formación de estas cárcavas en la parte alta, y cárcavas más maduras en el pie de montaña, con un ancho de 30 m en la parte más ancha con una profundidad de 20 m. Formadas sobre depósitos deluviales no consolidados, los cuales se acumularon en las laderas del Cerro Pucará. Caracterizándose como carcavamientos alargados con pendientes empinadas.

4.3.1.4. CARCAVAMIENTOS EN EL SECTOR HAPIÑUÑU (CC-04)

Estas cárcavas se formaron en las laderas de la colina Hapiñuñu (Fig. 53), con un área aprox. de 14696.55 m². Formadas sobre depósitos cuaternarios no consolidados, depositados sobre las pizarras de la formación Ananea, los cuales se acumularon en las laderas de la colina Hapiñuñu. Siendo estos con dimensiones menores que las anteriores, con unos 12 m. de ancho y unos 8 m de profundidad.

Figura 53. Erosión de suelos por cárcavamiento.



Nota. (a), (b) y (c) Vista de las cárcavas del sector Moyocunca, (d) Formación de cárcavas en el sector Yauyimocco, (e) y (f) Presencia de cárcavas en el ser Kochak'uchu, (g) Presencia de cárcavas en el sector Hapiñuñu.



4.4. GEODINÁMICA EN LAS QUEBRADAS DE LA C.C. DE CCANCAHUA

4.4.1. DESLIZAMIENTO CHAQUIMAYO “Dcc-01”

Ubicados en la quebrada Chaquimayo (Fig. 54), tratándose de cuatro deslizamientos de roca y suelo de tipo traslacional; tratándose de depósitos coluviales, formados a partir de la desestabilización de depósitos residuales y/o material eluvial de la formación Huancané (macizos rocosos altamente fracturados).

UBICACIÓN				
PROVINCIA	DISTRITO	SECTOR	CODIGO	TIPOLOGIA
Canchis	Sicuani	Ccancahua	Dcc-01	Deslizamiento
UTM	ZONA	ESTE	NORTE	ALTITUD
WGS-84	19L	256918.67	8428811.45	3890 msnm
CARACTERÍSTICAS DEL FENÓMENO				
Dirección: N320			Estado de actividad: Activo	
Pendiente: 29.17° u 55.8% (Muy empinada)			Ancho total de la zona de arranque: 1977 m	
Forma de la superficie de ruptura: Semicircular			Área Total: 83 337.86 m ²	

4.4.2. EROSIÓN DE LADERA EN CÁRCAVAS

4.4.1.1. CARCAVAMIENTO EN EL SECTOR CCANCAHUA BAJO “CC-05”

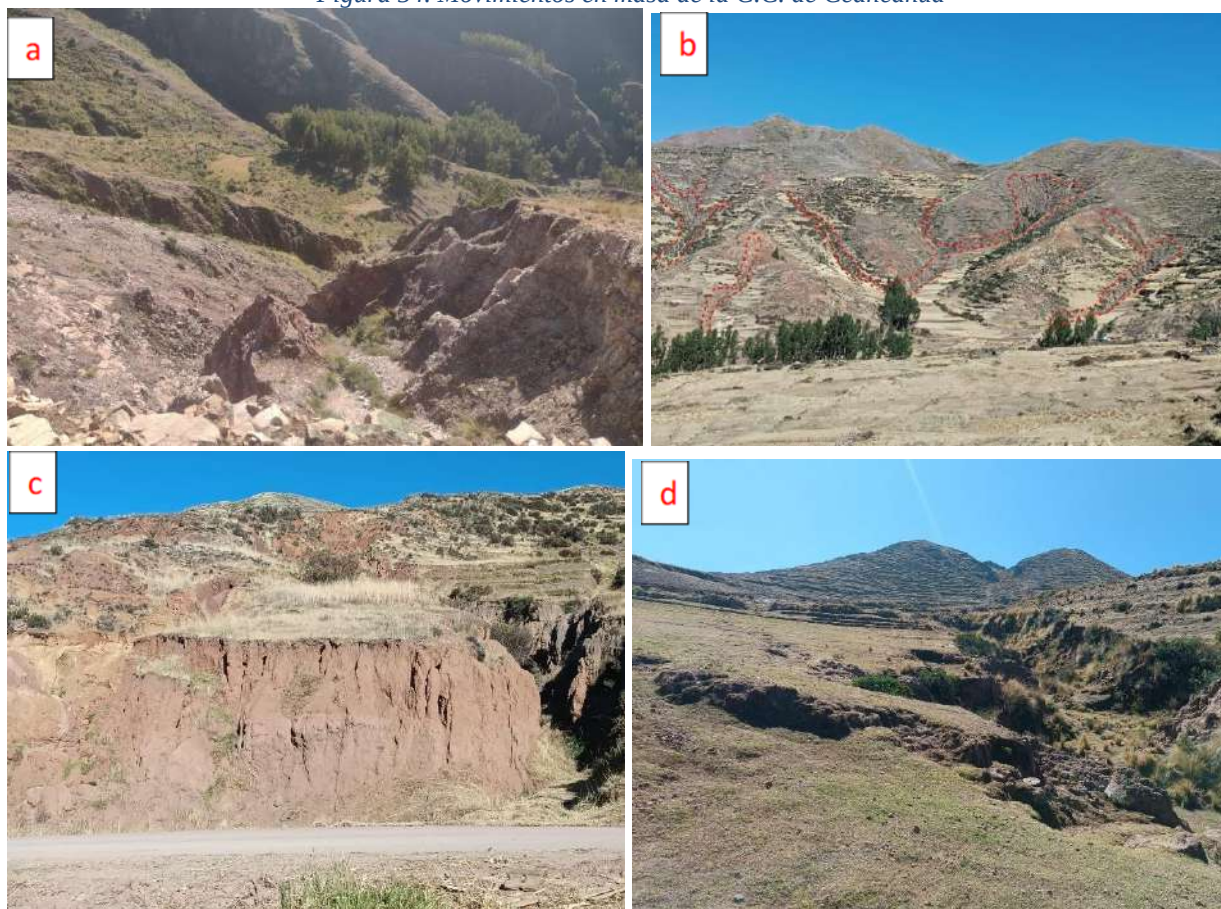
Carcavamientos alargados con dirección E a W, ubicados al E del sector Ccancahua Bajo, formado sobre depósitos de limo-arcillitas de la formación Muni. Donde el carcavamiento de mayor extensión tiene las siguientes dimensiones: en la parte central presenta un ancho de 58 m, un largo de 465 m y un área de 13230.94 m², caracterizándose como carcavamiento alargado con pendientes muy empinadas. De la misma manera se observa cárcavas al W del sector Ccancahua Bajo (Fig. 54), con un potencial de formación de deslizamientos, formados a partir de depósitos residuales depositados sobre las areniscas de la formación Huancané.

4.4.1.2. CARCAVAMIENTO EN EL SECTOR CCANCAHUA ALTO “CC-06” Y “CC-07”

Un gran número de carcavamientos “CC-06” se encuentra ubicados al NW del sector Ccancahua Alto (Fig. 54), con una dirección NW a SE; formados sobre las limo-arcillitas de la

formación Vilquechico, los cuales son muy propensos a sufrir erosión de laderas por cárcavas. Identificándose un total de 42 carcavamientos, que cubren un área de 117 736.8 m², caracterizados como carcavamientos alargados con pendientes empinadas. De la misma manera se observan una menor cantidad de carcavamientos alargados “CC-07” al NE del sector Ccancahua Alto, formados a partir de depósitos cuaternarios depositados sobre las formaciones Vilquechico y Ayabacas; identificándose 5 carcavamientos, un área total de 25 224.5 m².

Figura 54. Movimientos en masa de la C.C. de Ccancahua



Nota. (a) Deslizamiento de roca y suelo en la quebrada Chaquimayo, (b) y (c) línea roja delimita el carcavamientos “CC-06” formado sobre material incompetente de la Formación Vilquechico y (d) carcavamientos “CC-07” formados al NE del sector Ccancahua Alto.

El mapa de movimientos en masa de la C.C. de Ccancahua están plasmadas en las Fig. 57 y 58.



Figura 55. Mapa de los movimientos en masa en la quebrada Suchu Q'uchu – C.C. de Qquehwar

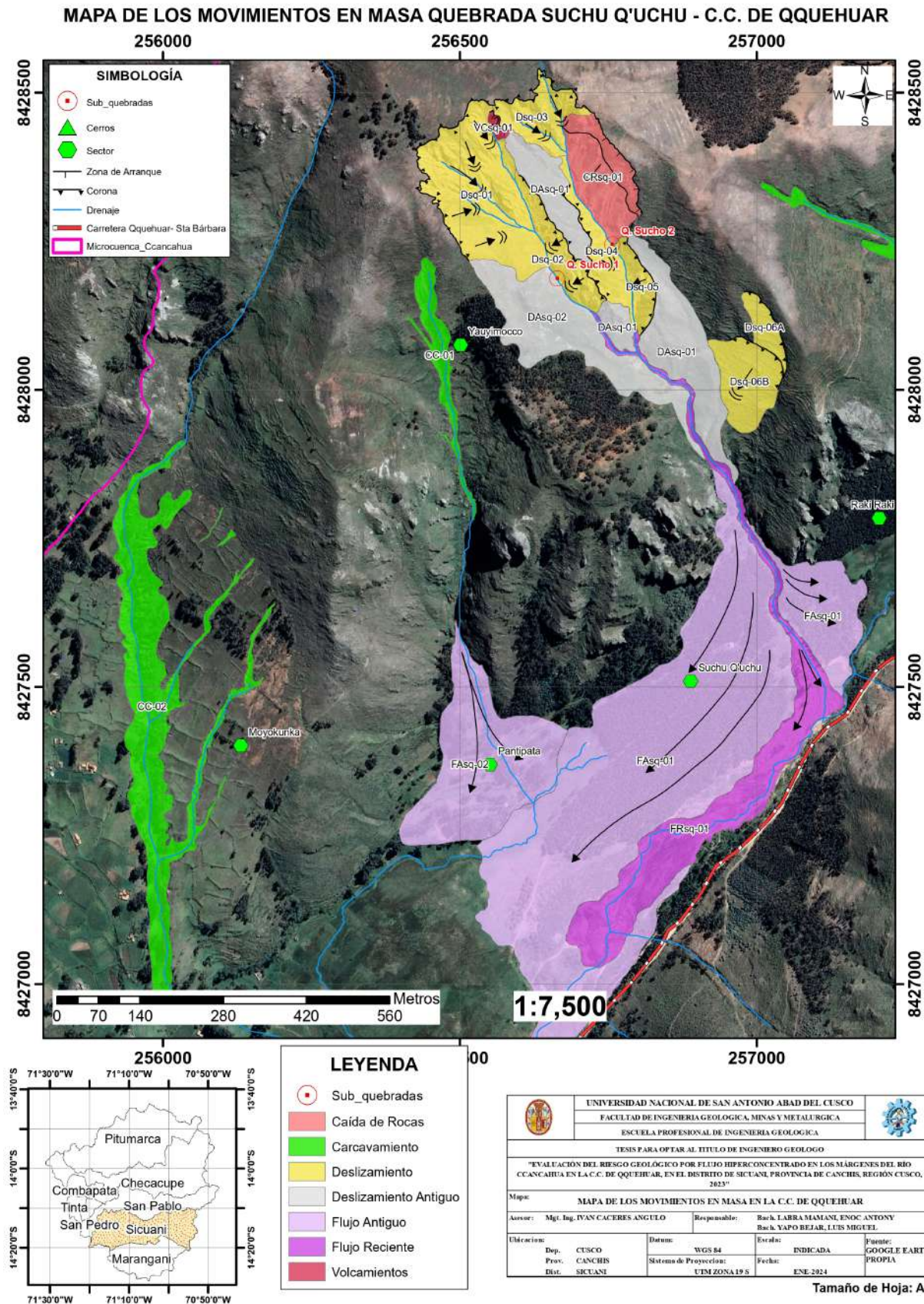
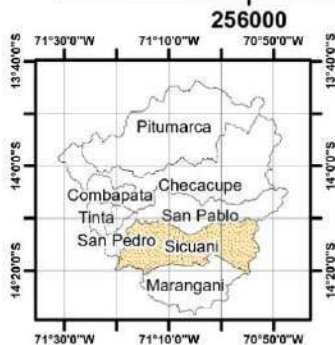
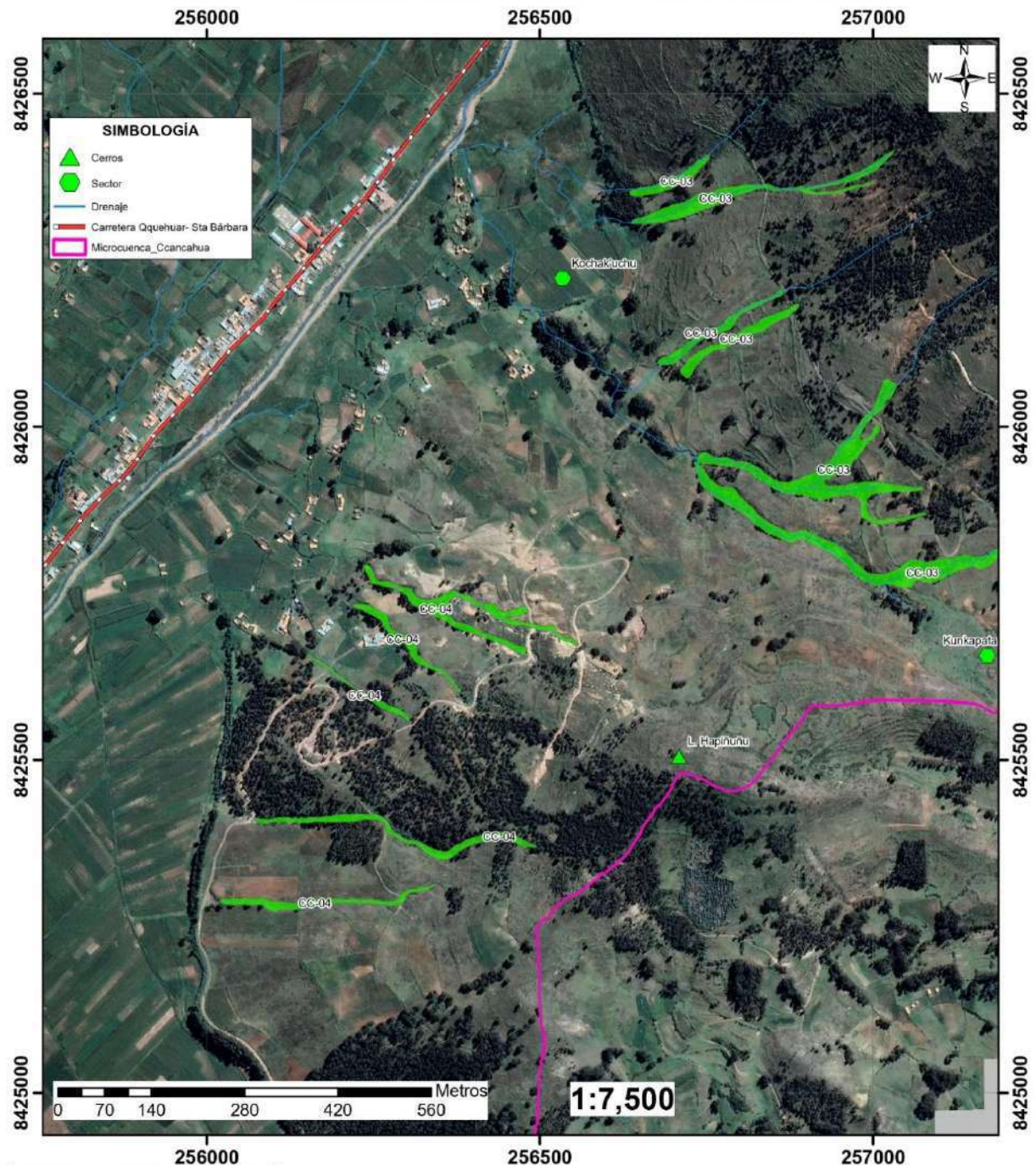




Figura 56. Mapa de movimientos en masa en quebradas aledañas – C.C. de Quehuar



LEYENDA	
	Caída de Rocas
	Carcavamiento
	Deslizamiento
	Deslizamiento Antiguo
	Flujo Antiguo
	Flujo Reciente
	Volcamientos

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO			
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA			
TESIS PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO GEOLOGO					
Mapa:		MAPA DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN LA C.C. DE QUEHUAR			
Autor:		Mgt. Ing. IVAN CACERES ANGULO		Responsable:	
				Bach. LABRA MAMANI ENOC ANTONY	
				Bach. YAPO BEJAR, LUIS MIGUEL	
Ubicación:		Dpto. CUSCO		Datum:	
		Prov. CANCHIS			
		Dist. SICUANI		Sistema de Proyección:	
				UTM ZONA 19 S	
				Escala:	
				INDICADA	
				Fecha:	
				ENE 2024	
				Fuente:	
				GOOGLE EARTH PROPIA	

Tamaño de Hoja: A4



Figura 57. Mapa de movimientos en masa en el sector Ccancahua Bajo – C.C. de Ccancahua

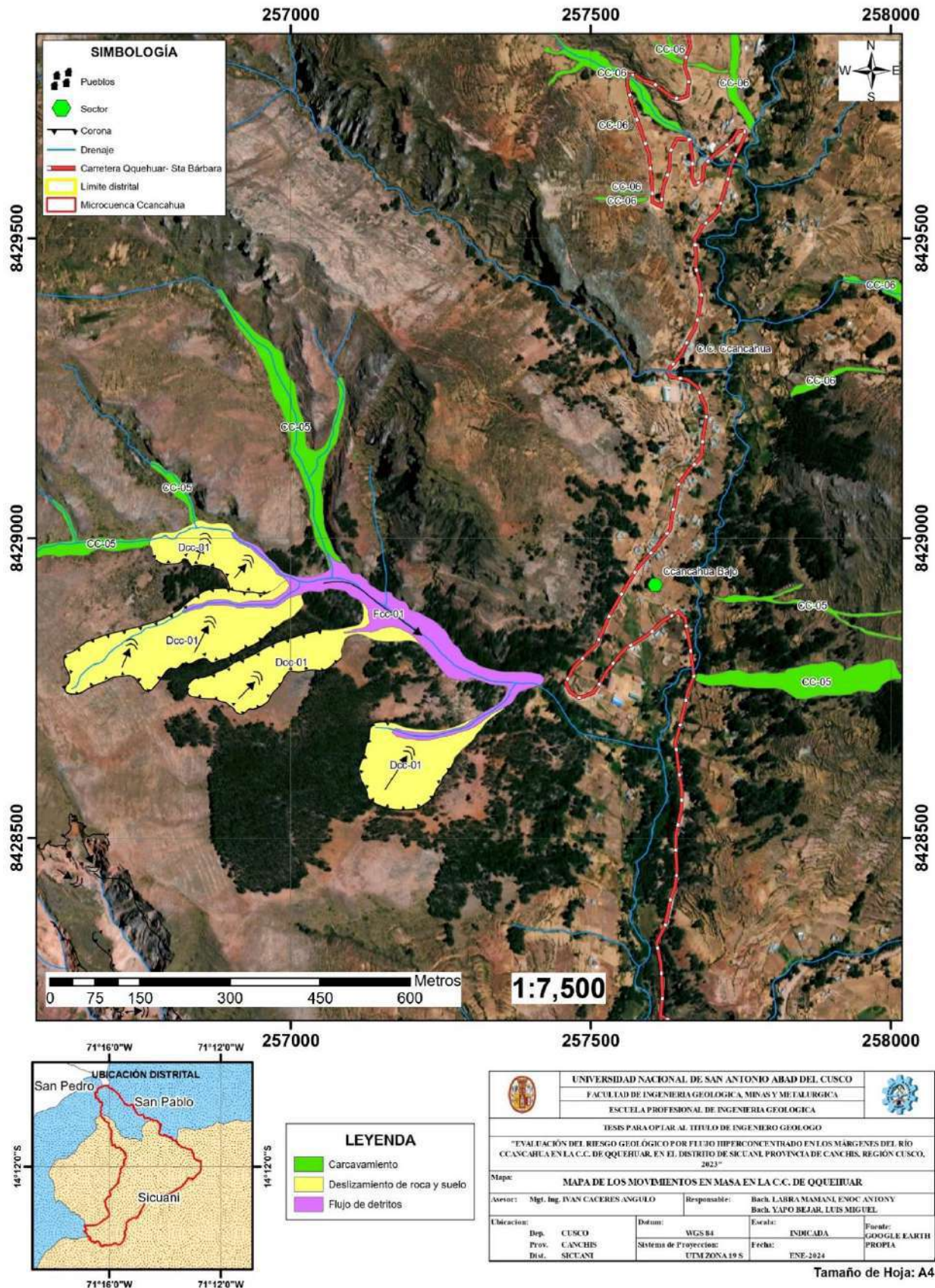
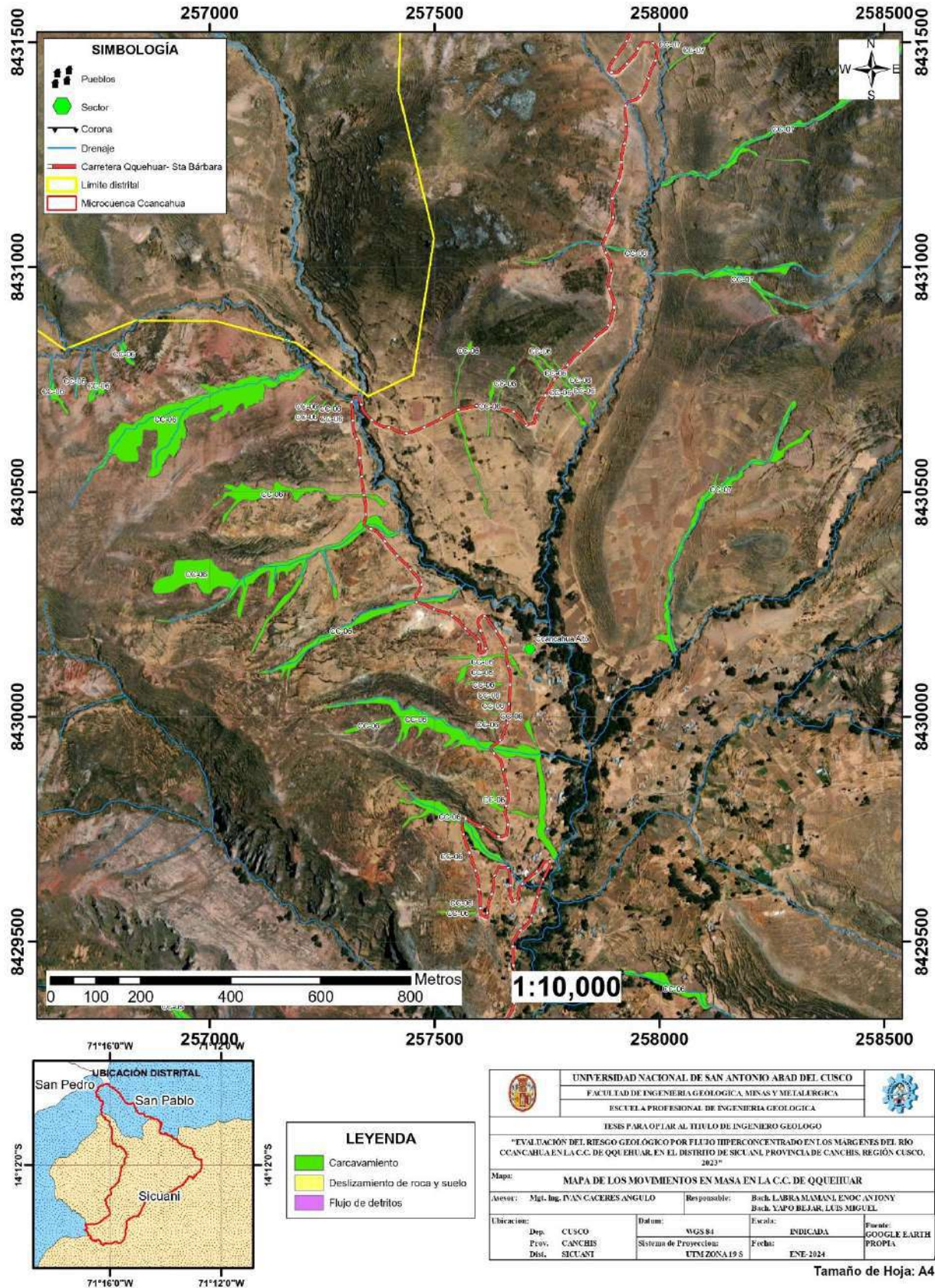




Figura 58. Mapa de movimientos en masa en el sector Ccancahua Alto – C.C. de Ccancahua





CAPITULO V: HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGIA

5.1. GENERALIDADES

El área de la microcuenca Ccancahua, se encuentra ubicada dentro de la Cuenca Hidrográfica del Río Vilcanota (Tabla 18, Fig. 60), donde las aguas del río Ccancahua desembocan al río Vilcanota (Fig. 61).

El río Vilcanota Alto se encuentra ubicada en la Cuenca Hidrográfica Alto Río Vilcanota con código PFAFSTETTER 499498, en el nivel 6 (Tabla 19, Fig. 59); el cual se une con el río Salcca en la localidad de Combapata que pertenece a la Cuenca Hidrográfica del Río Salcca con código PFAFSTETTER 499499 (Fig. 59).

5.1.1. GENERALIDADES DE LA MICROCUENCA CCANCAHUA

La microcuenca Ccancahua con código PFAFSTETTER 49949852, se encuentra ubicada dentro de la Intercuenca 4994985 en el nivel 7 (Tabla 20, Fig. 60); el cual está dentro de la cuenca Hidrográfica Alto Río Vilcanota, en el nivel 6 (Tabla 19).

Tabla 18. División hidrográfica según la clasificación PFAFSTETTER para la microcuenca Ccancahua

NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5
(4) Cuenca Hidrográfica del Río Amazonas	(49) Intercuenca Hidrográfica Alto Amazonas	(499) Intercuenca Hidrográfica del Río Ucayali	(4994) Cuenca Hidrográfica del Río Urubamba	(49949) Cuenca Hidrográfica del Alto Urubamba

NIVEL 5	NIVEL 6	NIVEL 7	NIVEL 8
(49949) Cuenca Hidrográfica del Alto Urubamba	(499498) Cuenca Hidrográfica Alto Río Vilcanota	(4994985) Intercuenca 4994985	(49949852) Microcuenca Ccancahua



5.1.1.1. División Hidrográfica de la Cuenca Alto Río Vilcanota

Tabla 19. División hidrográfica de la cuenca Alto Río Vilcanota

UNIDADES HIDROGRÁFICAS			
CÓDIGO	NOMBRE	ÁREA (KM2)	PORCENTAJE (%)
4994981	Intercuenca 4994981	1.32	0.08
4994982	Cuenca Yanaoca - Pampamarca	151.20	8.67
4994983	Baja de la Intercuenca Alta Vilcanota	200.64	11.50
4994984	Cuenca Berreniyoc	83.80	4.80
4994985	Intercuenca 4994985	205.92	11.81
4994986	Cuenca Langui -Layo	616.10	35.32
4994987	Intercuenca 4994987	349.71	20.05
4994988	Alta de la Intercuenca Alta Vilcanota	65.86	3.78
4994989	Cuenca Canta Canta	69.72	4.00
TOTAL		1744.27	100.00

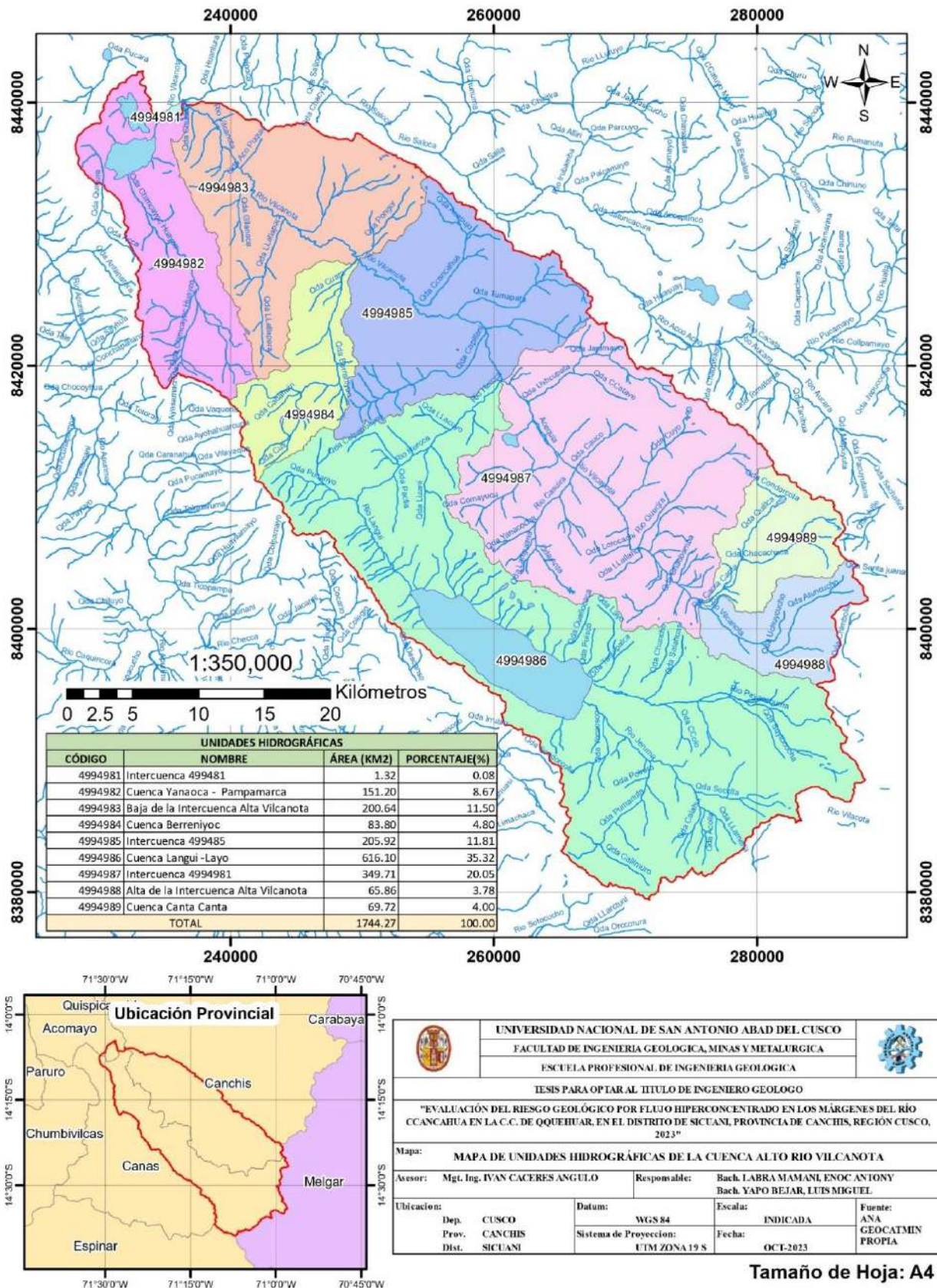
5.1.1.2. División Hidrográfica de la Intercuenca 4994985

Tabla 20. División Hidrográfica de la Intercuenca 4994985

UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE LA INTERCUENCA 4994985			
CÓDIGO	NOMBRE	ÁREA (KM2)	PORCENTAJE (%)
49949851	Intercuenca Chara- Puchuri	40.61	19.72
49949852	Microcuenca Ccancahua	32.69	15.87
49949853	Intercuenca Chihuaco	24.07	11.69
49949854	Cuenca Tumapata	33.47	16.25
49949855	Intercuenca 49949855	4.95	2.40
49949856	Cuenca Torcoma	17.24	8.37
49949857	Intercuenca 49949857	1.41	0.68
49949858	Cuenca Capillani	43.17	20.97
49949859	Intercuenca Sicuani	8.31	4.04
TOTAL		205.92	100.00



Figura 59. Mapa de unidades hidrográficas de la cuenca Alto Rio Vilcanota

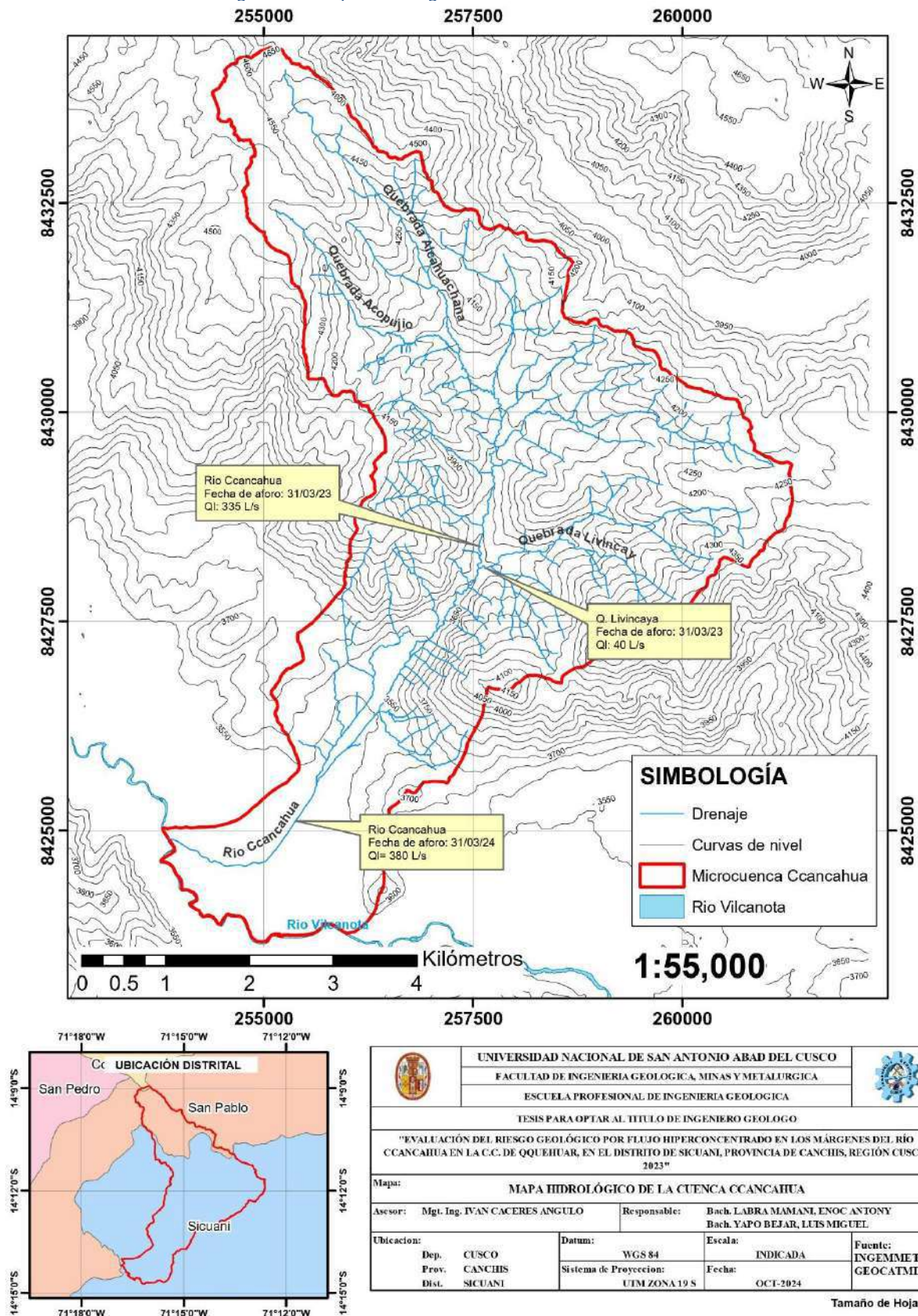


	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO			
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA			
TESIS PARA OPLAR AL TITULO DE INGENIERO GEOLOGO				
"EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO EN LOS MARGENES DEL RÍO CCANCAIQUI EN LA C.C. DE QUELUITAR, EN EL DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA DE CÁNCHIS, REGIÓN CUSCO, 2023"				
Mapa: MAPA DE UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE LA INTERCUENCA 499-4985				
Asesor: Mgt. Ing. IVAN CACERES ANGULO		Responsable: Bach. LABRA MAMANI, ENOC ANTONY Bach. YAPO DEJAR, LUIS MIGUEL		
Ubicación:		Datum:	Escala:	Fuente:
Dep. CUSCO		WGS 84	INDICADA	ANA
Prov. CÁNCHIS		Sistema de Proyección:	Fecha:	PROPIA
Dist. SICUANI		UTM ZONA 19 S	OCT-2023	GEOCAT MIN

126



Figura 61. Mapa hidrológico de la microcuenca Ccancahua





5.2. ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS

5.2.1. PARÁMETROS GENERALES DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA

5.2.1.1. Área de la Cuenca (A)

“El área de la cuenca o área de drenaje es el área plana (proyección horizontal) comprendido dentro del límite o divisoria de aguas. El área de la cuenca es el elemento básico para el cálculo de las otras características físicas y es determinado, con planímetro y expresado en Km² o hectáreas” (Mejía Marcacuzco, 2006, p. 47). Donde se clasifica de acuerdo al tamaño del área (Tabla 21).

Tabla 21. Clasificación de áreas de cuencas hidrográficas

AREA (Km2)	NOMBRE
<5	Unidad
5 - 20	Sector
20 - 100	Microcuenca
100 - 300	Subcuenca
>300	Cuenca

Fuente: Adaptado de *Hidrología Básica*, por Jiménez & Materón, 1986.

El área de la microcuenca Ccancahua es de 32.688 Km², lo que la clasifica como microcuenca.

5.2.1.2. Perímetro de la Cuenca (P) (km)

“Se refiere al borde de la forma de la cuenca proyectada en un plano horizontal, se obtiene después de delimitar la cuenca” (Villón Béjar, 2002, p. 32).

El perímetro de la microcuenca Ccancahua es de 37.96 km.

5.2.1.3. Longitud del curso o cauce principal (L) (km)

“Es la longitud desarrollada de la corriente mayoritaria a la que descargan todos los afluentes del sistema de drenaje” (Campos Cedeño et al., 2016, p. 199)

La longitud del cauce principal del río Ccancahua es de 14.09 Km.



5.2.1.4. Longitud Axial (La) (km)

“Es la distancia existente entre la desembocadura y el punto más lejano de la cuenca. Es el mismo eje de la cuenca” (Gaspari et al., 2013, p. 51).

La longitud axial de la cuenca Ccancahua es de 9.52 km.

5.2.1.5. Ancho Medio o Promedio de la Cuenca (Ap) (km)

“Es la relación entre la superficie de la cuenca con la Longitud Axial” (Gaspari et al., 2013, p. 51). Es calculada por la siguiente fórmula:

$$Ap = A/La$$

Donde: A es la superficie de la cuenca (km²) y La es la longitud axial de la cuenca (km)

El ancho promedio de la cuenca es 3.43 km

5.2.1.6. Desnivel Altitudinal (DA)

“Se entiende a la diferencia de las cotas terreno del sitio de análisis y de la parte más elevada de la cuenca ubicada en la divisoria” (Campos Cedeño et al., 2016, p. 183).

$$DA = HM - Hm$$

Donde: HM es la cota máxima (4682 msnm), Hm es la cota mínima (3513 msnm)

El desnivel altitudinal de la cuenca Ccancahua es de 1169 m.

5.2.2. PARÁMETROS DE FORMA DE LA MICROCUENCA

Según Mejia Marcacuzco (2006), la forma superficial de una cuenca hidrográfica es importante debido a que influye en el valor del tiempo de concentración, definido como el tiempo necesario para que toda la cuenca contribuya al flujo en la sección en estudio, a partir del inicio de la lluvia. (p. 47)



5.2.2.1. Coeficiente de Compacidad o Gravelius (Kc)

“Expresa la relación entre el perímetro de la cuenca, y el perímetro equivalente de una circunferencia, que tiene la misma área de la cuenca” (Villón Béjar, 2002, p. 41), se expresa por medio de la siguiente ecuación:

$$Kc = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde A es el área de la cuenca (Km²), P es el perímetro de la cuenca (km). Clasificándose de acuerdo a Villela e Matos (1975) mostrado en la Tabla 22.

Tabla 22. Clasificación del Coeficiente de Compacidad o Gravelius

Kc	Clasificación	Interpretación Ambiental
1 a 1,25	Casi Redonda a Oval Redonda	Alta tendencia a inundaciones
1,25 a 1,5	Oval Redonda a oval alargada	Mediana tendencia a inundaciones
1,5 a 1,75	Oval alargada a alargada	Baja tendencia a inundaciones
>1,75	Alargada	Cuencas propensas a la conservación

Fuente: Adaptado de Villela e Matos (1975), citado por Rodrigues (2014).

El Kc de la microcuenca Ccancahua es de 1.872, lo cual la clasifica como cuenca alargada.

5.2.2.2. Factor Forma de Horton (Kf)

“Expresa la relación entre el ancho promedio de la cuenca y su longitud. Este factor adimensional indica cómo se regula la concentración del escurrimiento superficial” (Gaspari et al., 2013; Villón Béjar, 2002).

$$Kf = \frac{\text{Ancho Promedio}}{\text{Longitud axial de la cuenca}} = \frac{Ap}{La}$$

Donde Ap y La son el ancho medio o promedio de la cuenca y longitud axial de la cuenca, respectivamente, donde Horton las clasifica de acuerdo a valores aproximados en la Tabla 23.



Tabla 23. Clasificación de Factor Forma

Valores Aproximados	Forma de la Cuenca
< 0.22	Muy alargada
0.22 – 0.30	Alargada
0.30 – 0.37	Ligeramente alargada
0.37 – 0.45	Ni alargada, ni achatada
0.45 – 0.60	Ligeramente achatada
0.60 – 0.80	Achatada
0.80 – 1.20	Muy achatada
> 1.20	Rodeando el desagüe

Fuente: Adaptado de *Drainage basin characteristics*, por R.E. Horton, 1932.

El Kf de la microcuenca Ccancahua es de 0.36, lo que la clasifica como cuenca ligeramente alargada.

5.2.2.3. Relación de elongación Schumm (Re)

Según, Schumm (1956) la relación de elongación es “la relación entre el diámetro de un círculo con la misma área que la cuenca y la longitud máxima de la cuenca medida” (p. 612).

$$Re = (4A/\Pi)^{0.5}/L$$

Donde: A es el área de la cuenca (Km²) y L es la longitud del curso principal de la microcuenca (km). El valor de la relación de elongación se acerca a la unidad cuando la cuenca es muy plana y circular, cuando la cuenca es plana con porciones occidentales, la relación de elongación está entre 0.5 y 0.8. (Schum, 1956). En el caso de la microcuenca Ccancahua es de 0.46

5.2.2.4. Rectángulo Equivalente

Según Villón (2002), es una transformación geométrica, que permite representar a la cuenca, de su forma heterogénea, con la forma de un rectángulo, que tiene el mismo área y perímetro. La longitud del lado mayor **Lc**, toma el signo de (+) y la longitud del lado menor **lc**, toma el signo de (-) (pp. 42, 45).



$$L_c, l_c = \frac{K_c \sqrt{A}}{1.1284} \left(1 \pm \sqrt{1 - \left(\frac{1.1284}{K_c} \right)^2} \right)$$

Donde: K_c es el coeficiente de Compacidad o Gravelius, A es el área de la cuenca (km). Para la microcuenca Ccancahua, $L_c=17.06$ km y $l_c=1.92$ km

5.2.3. PARÁMETROS DE RELIEVE DE LA MICROCUENCA

Según Mejía Marcacuzco (2006), el relieve de una cuenca hidrográfica tiene gran influencia sobre los factores meteorológicos e hidrológicos, pues la velocidad de la escorrentía superficial, es determinada por la pendiente de la cuenca, mientras que la temperatura, la precipitación, la evaporación, etc. son funciones de la altitud de la cuenca. (p. 49)

5.2.3.1. Pendiente media del Cauce (S_c) (%)

“Se puede considerar como el cociente, que resulta de dividir, el desnivel de los extremos del tramo, entre la longitud horizontal de su longitud” (Villón Béjar, 2002, p. 54).

$$S_c = \frac{DA}{L}$$

Donde: DA es el desnivel altitudinal (m), L es la longitud del curso principal (km). La pendiente media del cauce del río Ccancahua es de 7.7857 %

5.2.3.2. Pendiente media de la Cuenca (S) (%)

“Es uno de los factores que controla el tiempo de escurrimiento y concentración de la lluvia en los canales de drenaje, y tiene una importancia directa en relación a la magnitud de las crecidas” (Villón Béjar, 2002, pp. 49, 50). Se utilizará el método de Alvord:

$$S = 100 * \left(\frac{\sum Li * H}{A} \right)$$



Donde: S es la pendiente media (%), H es la equidistancia entre curvas medidas (km), L es la longitud de las curvas de nivel (km), A es la superficie (km²). Observándose los cálculos realizados en la Tabla 25, y clasificándose de acuerdo al rango de pendientes de la Tabla 24.

Tabla 24. Clasificación de una cuenca de acuerdo a su pendiente

Valores Aproximados (%)	Descripción
0 - 4	Nula a casi nivel
4 - 8	Ligeramente inclinada
8 - 15	Ligeramente inclinada a moderadamente empinada
15 - 25	Moderadamente empinada
25 - 50	Empinada
50 - 70	Muy empinada
> 70	Extremadamente empinada

Fuente: Adaptado del ONERN, 1982.

Tabla 25. Cálculos para la pendiente de la microcuenca Ccancahua

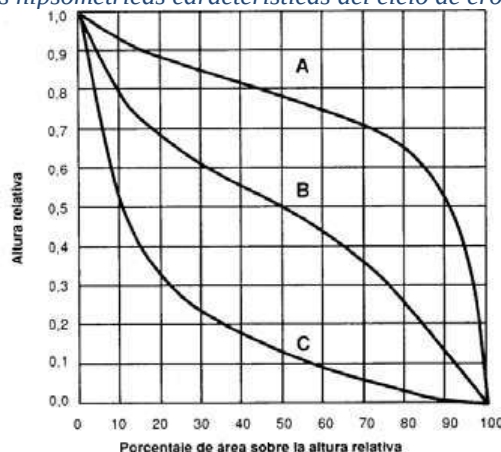
COTAS	H (km)	Li (km)	Ai (km ²)	H.L
3513	3600	0,087	5,425	5,565
3600	3700	0,1	7,098	1,813
3700	3800	0,1	7,883	1,671
3800	3900	0,1	11,751	2,674
3900	4000	0,1	16,149	3,735
4000	4100	0,1	20,336	4,618
4100	4200	0,1	18,504	4,672
4200	4300	0,1	11,567	2,991
4300	4400	0,1	6,109	1,556
4400	4500	0,1	4,485	1,583
4500	4600	0,1	4,894	1,556
4600	4682	0,082	0,633	0,253
S(%)= 34,88			114,834	32,687
				11,401481

Lapendiente media de la microcuenca Ccancahua es 34.881%, clasificada como empinada.

5.2.3.3. Curva Hipsométrica

“La curva hipsométrica es la representación de la relación entre la altitud, y la superficie de la cuenca que queda sobre esa altitud” (Villón Béjar, 2002, p. 34) y clasificándose de acuerdo a las características de ciclo de erosión observado en la Figura 62.

Figura 62. Curvas hipsométricas características del ciclo de erosión según Strahler



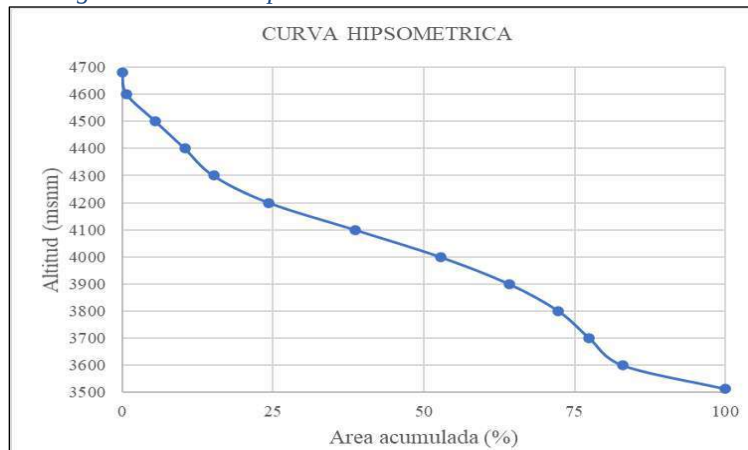
Fuente: Adaptado de *Hidrología general*, por J. Llamas, 1993. Nota: La curva A representa cuencas con ríos en fase de juventud, la curva B representa cuencas con ríos en fase de madurez y la curva C representa cuencas con ríos en etapa de vejez (Llamas, 1993 y Campos, 1998).

Los cálculos realizados para la obtención de la curva hipsométrica se muestran en la Tabla 26, así como la curva hipsométrica de la microcuenca Ccancahua se muestra en la Figura 63.

Tabla 26. Cálculos para la obtención de la curva hipsométrica

Altitud (m)	Áreas parciales (km ²)	Áreas acumuladas (km ²)	Áreas que quedan sobre las altitudes (km ²)	% del total	% del total que queda sobre la altitud
3513	0	0	32.687	0	100
3600	5.565	5.565	27.122	17.025117	82.97488298
3700	1.813	7.378	25.309	5.5465476	77.42833542
3800	1.671	9.049	23.638	5.1121241	72.31621134
3900	2.674	11.723	20.964	8.1806223	64.13558907
4000	3.735	15.458	17.229	11.426561	52.70902805
4100	4.618	20.076	12.611	14.127941	38.58108728
4200	4.672	24.748	7.939	14.293144	24.28794322
4300	2.991	27.739	4.948	9.1504268	15.13751644
4400	1.556	29.295	3.392	4.7603023	10.37721418
4500	1.583	30.878	1.809	4.8429039	5.534310276
4600	1.556	32.434	0.253	4.7603023	0.774008015
4682	0.253	32.687	0.000	0.774008	0
Total	32.687			100	

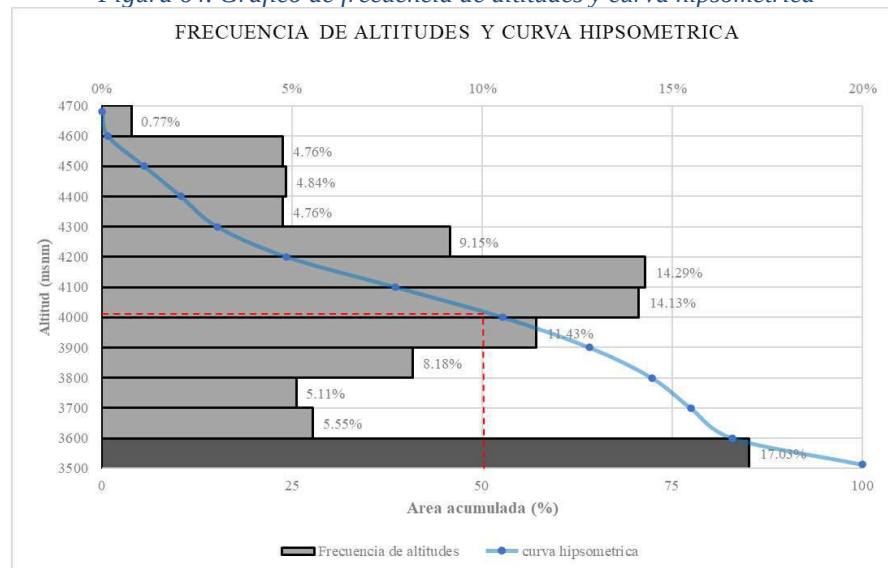
Figura 63. Curva hipsométrica de la microcuenca Ccancahua



5.2.3.4. Histograma o Polígono de Frecuencias Altimétricas

“Es la representación gráfica, de la distribución de porcentajes, de las superficies ocupadas por diferentes altitudes” (Villón Béjar, 2002, p. 22). El gráfico de frecuencia de altitudes y curva hipsométrica se muestra en la Figura 64.

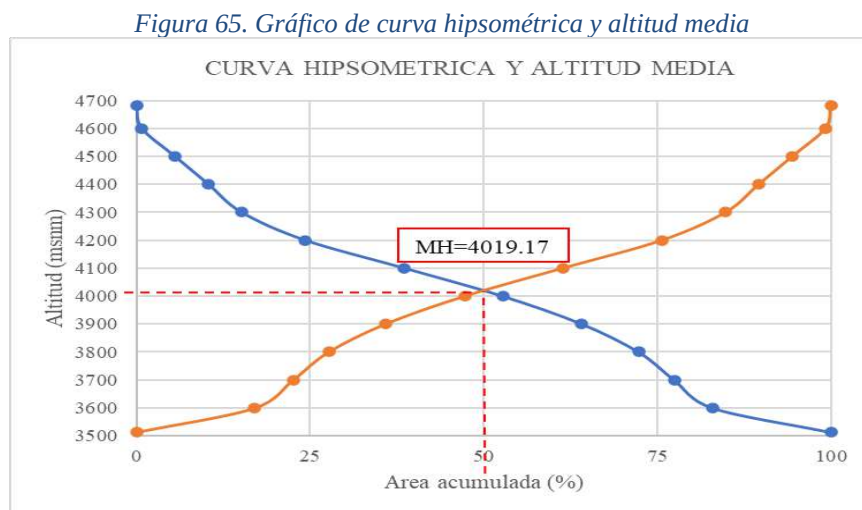
Figura 64. Gráfico de frecuencia de altitudes y curva hipsométrica



5.2.3.4.1. Altitud Media

“Es la ordenada media de la curva hipsométrica, en ella el 50% del área de la cuenca, está situado por encima de esa altitud y el 50% está situado por debajo de ella” (Villón Béjar, 2002,

p. 37). El gráfico de la altitud media y curva hipsométrica de la microcuenca Ccancahua se muestra en la Figura 65.



La altitud media en la microcuenca Ccancahua es de 4019.1750 msnm.

5.2.3.4.2. Altitud más frecuente

“Es el máximo valor en porcentaje de la curva de frecuencia de altitudes” (Villón Béjar, 2002, p. 37). El mayor porcentaje de altitudes, es decir la altitud más frecuente en la microcuenca Ccancahua se encuentra entre 3513 y 3600 msnm.

5.2.3.4.3. Altitud de Frecuencia Media

“Es la altitud correspondiente al punto de abscisa media de la curva de frecuencia de altitudes” (Villón Béjar, 2002, p. 38), se obtiene por la ecuación siguiente:

$$E_m = \frac{\sum a \cdot e}{A}$$

Donde: E_m es la elevación media, “a” es el área entre dos contornos, “e” es la elevación media entre dos contornos y A es el área total de la cuenca. Los cálculos para la obtención de la altitud de frecuencia media se muestran en la Tabla 27.



Tabla 27. Cálculos para la obtención de la altitud de frecuencia media

Áreas parciales (a) (Km ²)	Cota media (e) (msnm)	a*e
5.565	3556.5	19791.923
1.813	3650	6617.45
1.671	3750	6266.25
2.674	3850	10294.9
3.735	3950	14753.25
4.618	4050	18702.9
4.672	4150	19388.8
2.991	4250	12711.75
1.556	4350	6768.6
1.583	4450	7044.35
1.556	4550	7079.8
0.253	4641	1174.173
32.687		130594.15

$$E_m = \frac{130594.15}{32.687} = 3995.2931 \text{ msnm}$$

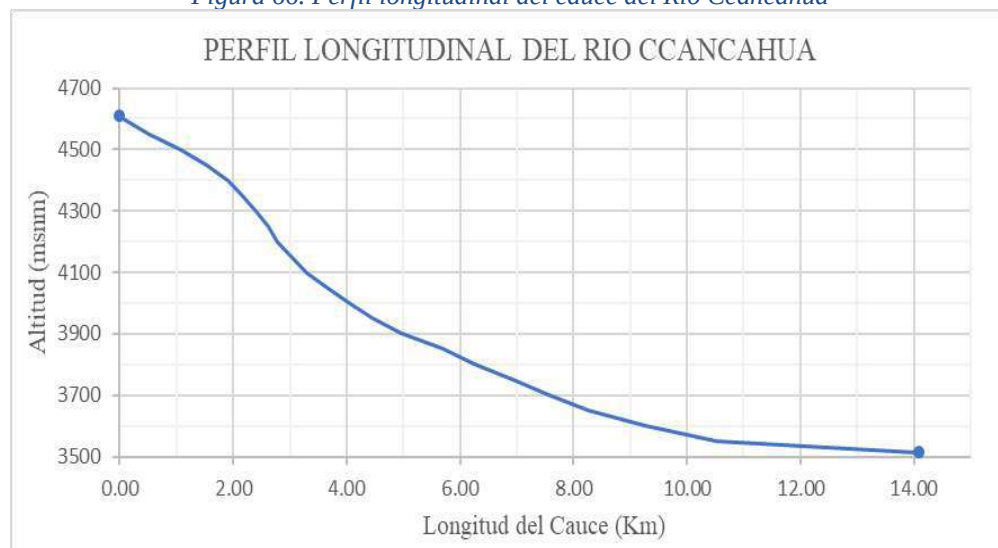
La altitud de frecuencia media de la cuenca es 3995.2931 msnm.

5.2.3.5. Perfil Longitudinal del Cauce Principal

“El perfil de un río se obtiene llevando a una gráfica los valores recorridos horizontales (abscisas) contra sus cambios de elevaciones respectivas (ordenadas)” (Campos, 1998, p. 2-17).

El perfil del río Ccancahua se muestra en la Figura 66.

Figura 66. Perfil longitudinal del cauce del Río Ccancahua





En la figura anterior, se observa el perfil longitudinal del río Ccancahua, en la que se aprecia pendientes fuertemente inclinadas en la cabecera de la cuenca entre los 4400 msnm y 4610 msnm, de igual manera en la zona media de la cuenca se observa pendientes moderadamente empinadas entre los 4100 msnm hasta los 4400 msnm y pendientes fuertemente inclinadas entre los 3800 y 4100 msnm. En la zona baja de la cuenca se evidencia la presencia de pendientes moderadamente inclinadas entre los 3550 y 3800 msnm y pendientes planas entre los 3550 y 3513 msnm donde el río Ccancahua finaliza como afluente del río Vilcanota.

5.2.4. PARÁMETROS RELATIVOS A LA RED DE DRENAJE

Se llama red de drenaje de una cuenca, al sistema de cauces por el que fluyen los escurrimientos superficiales, subsuperficiales y subterráneos, de manera temporal o permanente. (Campos, 1998, p. 2-11)

5.2.4.1. Orden de las corrientes

Strahler (1964), menciona que el orden de los cursos de agua es una clasificación que proporciona el grado de bifurcación dentro de la cuenca. Se consideran corrientes de primer orden, aquellas corrientes fuertes, portadoras de aguas de nacimientos y que no tienen afluentes. Cuando dos corrientes de orden uno se unen, resulta una corriente de orden dos. De manera general, cuando dos corrientes de orden i se unen, resulta una corriente de orden $i+1$. Cuando una corriente se une con otra de orden mayor, resulta una corriente que conserva el mayor orden. La microcuenca Ccancahua posee una orden de quinto grado (Fig. 67).

5.2.4.1.1. Longitud Total de Drenajes

Es la sumatoria total de las longitudes de los drenajes de cada orden (Tabla 28).



Tabla 28. Tabla resumen de la longitud de drenajes

ORDEN	Nº DE AFLUENTES	LONGITUD (km)
1	132	50.44
2	33	23.60
3	12	10.26
4	2	4.68
5	1	6.01
TOTAL	180	94.998

5.2.4.2. Relación de Bifurcación

“R. E. Horton introdujo este concepto para definir el cociente entre el número de cauces de cualquier orden y el número de corrientes del orden del siguiente orden superior” (Campos, 1998, p. 2-12), es decir:

$$Rb = \frac{N_u}{N_{u+1}}$$

Donde: N_u es el número de drenaje anterior, $N(u+1)$ es el número de drenaje superior. Teniendo los cálculos de los valores de relación de bifurcación en la Tabla 29.

Tabla 29. Tabla resumen de los valores de relación de bifurcación

ORDEN	Nº DE AFLUENTES	LONGITUD (km)	R. DE BIFURCACIÓN
1	132	50.44	
2	33	23.60	4
3	12	10.26	2.75
4	2	4.68	6
5	1	6.01	2
PROMEDIO			3.69

5.2.4.3. Densidad de Drenaje (Dd)

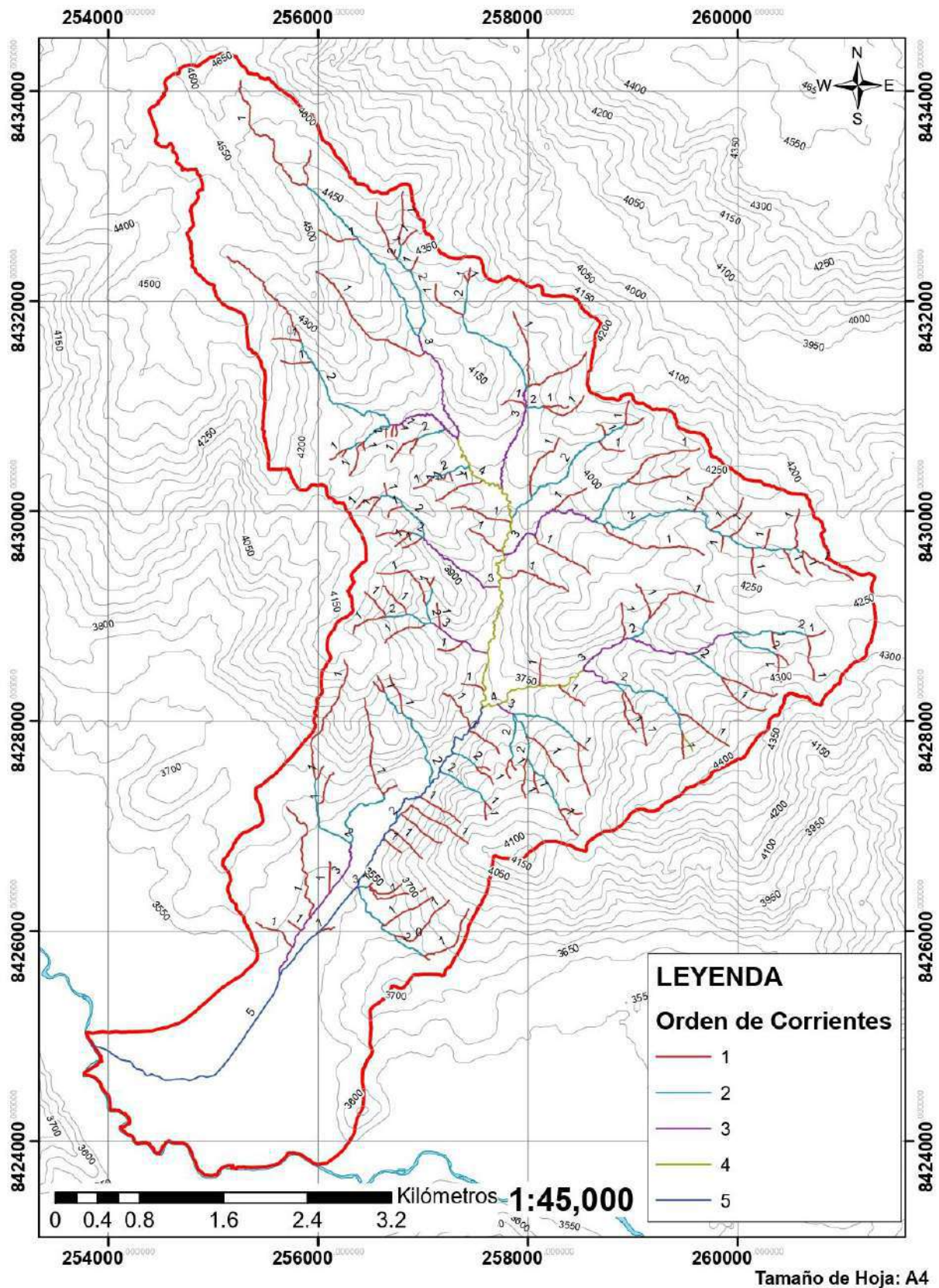
“La densidad de drenaje (Dd) se define como el cociente entre la longitud total de los cauces (perennes, intermitentes y efímeros) que conforman el sistema fluvial de la cuenca, y el área total de la cuenca” (Horton, 1945).

$$Dd = \frac{\Sigma L}{A} = \frac{94.998}{32.688} = 2.906$$

Donde: ΣL es la longitud total de drenajes (km), A es el área de la cuenca (km²); con valores de 94.998 km y 32.688 km² respectivamente y la densidad de drenaje “Dd” de 2.906, lo que indica una región con relieve montañoso, baja intensidad de lluvia y áreas de terrenos permeables.



Figura 67. Mapa de orden de corrientes de la microcuenca Ccancahua





5.2.4.4. Tiempo de Concentración

“El tiempo que transcurre entre el inicio de la lluvia y el establecimiento del gasto de equilibrio se denomina tiempo de concentración, y equivale al tiempo que tarda el agua en pasar del punto más alejado hasta la salida de la cuenca” (Aparicio Mijares, 1992, p. 218).

Bibliográficamente, se tienen varios métodos empíricos para calcular este parámetro, para nuestro caso utilizaremos el método de Kirpich, cuya fórmula propuesta es la siguiente:

$$T_c = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385} \text{ (minutos)}$$

$$T_c = 0.000325 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \text{ (horas)}$$

Donde: L es la longitud del cauce principal (m), H es la diferencia de elevación entre los puntos extremos del cauce (m) y S es la pendiente del cauce principal del río. (Campos Cedeño et al., 2016)

$$T_c = 0.000325 \left(\frac{14090^{0.77}}{0.0779^{0.385}} \right) = 1.3593 \text{ horas}$$

5.3. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

5.3.1. TEMPERATURA (°C)

Tomando en cuenta los registros del SENAMHI se alcanzan los valores más elevados de temperatura media mensual en los meses comprendidos entre octubre y marzo. En cuanto a la temperatura máxima media mensual se llega a un máximo de 21.29° C por el mes de Noviembre y una temperatura mínima media mensual de -4.16 °C en el mes de Julio (Tabla 30, Fig. 68).

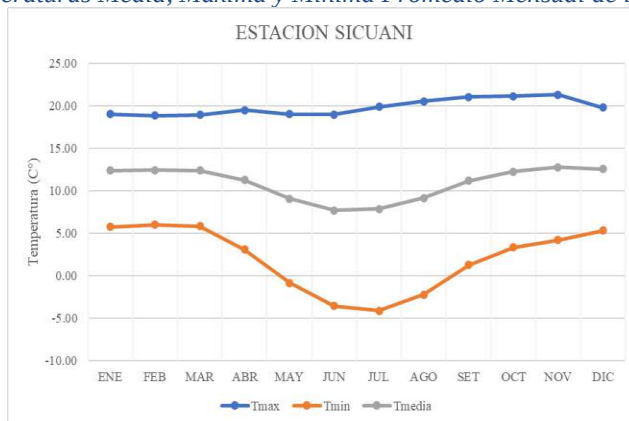
Tabla 30. Temperaturas Media, Máxima y Mínima Promedio Mensual de la estación Sicuani

ESTACION SICUANI													
T°	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Prom
Tmax	19.00	18.83	18.91	19.48	19.00	18.94	19.85	20.52	21.02	21.13	21.29	19.76	19.81
Tmin	5.73	5.96	5.80	3.03	-0.89	-3.59	-4.16	-2.26	1.26	3.29	4.17	5.31	1.97
Tmedia	12.37	12.40	12.35	11.26	9.06	7.68	7.85	9.13	11.14	12.21	12.73	12.53	10.89

Fuente: Adaptado de SENAMHI.



Figura 68. Temperaturas Media, Máxima y Mínima Promedio Mensual de la estación Sicuani



5.3.2. HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL (%)

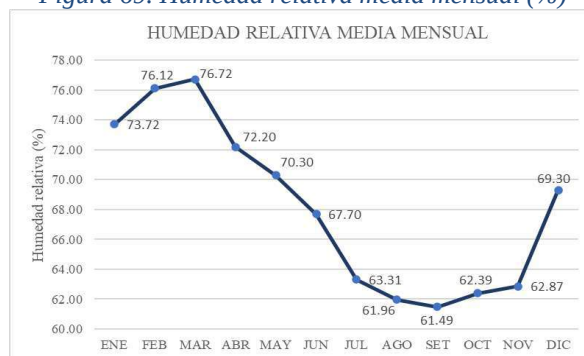
Se presentan valores de humedad relativa media mensual más elevados en los meses de marzo (76.72%), mientras que los más bajos en los meses de setiembre (61.49 %). En promedio se tiene una humedad relativa media anual de 68.17% (Tabla 31, Fig. 69).

Tabla 31. Humedad relativa media mensual (%)

ESTACION SICUANI													
MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Prom
H	73.72	76.12	76.72	72.20	70.30	67.70	63.31	61.96	61.49	62.39	62.87	69.30	68.17

Fuente: Adaptado de SENAMHI.

Figura 69. Humedad relativa media mensual (%)



5.3.3. EVAPOTRANSPIRACIÓN (mm)

La evapotranspiración está constituida por las pérdidas totales, es decir: evaporación de la superficie evaporante (del suelo y agua) más la transpiración de las plantas. (Villón Béjar, 2002, p. 306). Para su cálculo utilizamos el método de Thornthwaite, el cual se muestra en la Tabla 32.



Tabla 32. Cálculo de la evapotranspiración de la microcuenca Ccancahua

T° MEDIA	T° MEDIA MENSUAL	i	ETP	N	f= N/12	# días al mes	L	ETP corregida (cm/mes)	Precipit ación	Variación de reservas de humedad del suelo	Reserva de agua disponible	ETR (mm)
Enero	12.37	4.01	5.72	12.85	1.07	31	1.03	6.33	128.48	65.18	100	63.3
Febrero	12.4	4.03	5.73	12.57	1.05	28	0.93	5.6	121.68	0	100	56
Marzo	12.35	4	5.71	12.18	1.02	31	1.03	5.99	111.50	0	100	59.9
Abril	11.26	3.47	5.14	11.8	0.98	30	1	5.05	47.23	3.27	96.73	50.5
Mayo	9.06	2.49	4.02	11.43	0.95	31	1.03	3.96	10.46	29.14	67.59	39.6
Junio	7.68	1.93	3.33	11.25	0.94	30	1	3.13	2.92	28.38	39.21	31.3
Julio	7.85	2	3.42	11.35	0.95	31	1.03	3.34	3.98	29.42	9.79	33.4
Agosto	9.13	2.52	4.06	11.63	0.97	31	1.03	4.06	7.27	9.79	0	17.06
Septiembre	11.14	3.42	5.08	12	1	30	1	5.08	18.93	0	0	18.93
Octubre	12.21	3.93	5.63	12.47	1.04	31	1.03	6.05	43.73	0	0	43.73
Noviembre	12.73	4.19	5.91	12.77	1.06	30	1	6.28	67.17	4.37	4.37	62.8
Diciembre	12.53	4.09	5.8	12.95	1.08	31	1.03	6.47	103.60	38.9	43.27	64.7
		I=40.08	a=1.13			Etp anual=		61.35			ETR anual=	541.22

Nota. Se obtiene como resultado una evapotranspiración real anual de 541.22 mm

5.3.4. PRECIPITACIONES TOTALES MENSUALES (mm)

Se dispuso de la estación meteorológica de Sicuani el cual se encuentra ubicada en la Comunidad Campesina vecina de Pampa Anza (Tabla 33). Teniendo en cuenta la cercanía a la microcuenca Ccancahua y, con la finalidad de proporcionar resultados con valores reales y más certeros; se dispuso a usar a dicha estación meteorológica, el cual cuenta con registro de data desde el año 1964 hasta el año 2023.

Tabla 33. Registro de la estación meteorológica Sicuani

ESTACION	UBICACIÓN			LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	TIPO DE ESTACIÓN	PERIODO DE REGISTRO
	Dpto.	Provincia	Distrito	(S)	(W)	(msnm)		
SICUANI	Cusco	Canchis	Sicuani	14°14'14.5 "	71°14'12.1"	3534	Convencional- Meteorológica	1964 - 2023

Fuente: Adaptado de Senamhi.

5.3.4.1. Precipitaciones Totales Mensuales

Se dispuso la data de la estación meteorológica Sicuani desde el año 1964 al año 1973 y del año 1977 al año 2023, y completada con la data PISCO de precipitación del año 1974 al año 1976 mostrados en la Tabla 34.



**“EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO EN LOS
MÁRGENES DEL RIO CCANCAHUA, EN EL DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA DE
CANCHIS, REGIÓN CUSCO, 2023”**



Tabla 34. Tabla de las precipitaciones mensuales acumuladas

PRECIPITACIÓN MENSUAL TOTAL (mm) - ESTACIÓN METEOROLÓGICA SICUANI													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL ANUAL
1964	95.4	101	112	50	31.8	0	2.5	3.2	32.2	25.8	85.1	50	589
1965	43.2	89.7	119	51.7	2.1	0	2.4	3.7	52.5	66.1	61	168.1	659.5
1966	81.6	118.2	94.2	6	35	0	0	2.3	38.9	148.8	106	131.2	762.2
1967	63.4	117.2	155.9	33	8.2	1.4	21.4	28.7	40.4	49	46.8	119.8	685.2
1968	118.2	171.3	272.9	55.6	0	0	16	28.2	21.4	62.1	149.3	64.2	959.2
1969	132.5	127	140.4	67	3.6	2.8	8	1.6	18	78.2	76.2	80.8	736.1
1970	172.3	139.5	141.3	50.3	5.6	0	0	0	20.4	48.3	46.6	160.4	784.7
1971	189.5	162	66.1	66.9	6	0	0	0	0	0	3.8	93.4	587.7
1972	154.2	76.5	95.6	58.1	6.3	0	15.9	29.6	0	8	35.2	94.4	573.8
1973	140.7	136.2	168	82.5	3.1	0	2	11.8	5.9	27	47.6	96.2	721
1974	168.5	223.3	91.1	25.1	0.8	6.5	0	16	24.5	13	51.5	9.1	629.4
1975	157	103.9	134.9	39.4	20.3	0.7	0	8.4	32.1	24.4	62.4	128.8	712.3
1976	161.9	68.7	130.4	27.5	11.4	6.7	5.1	9.6	17.9	9.3	29	86.3	563.8
1977	70.5	179.9	87	33.9	7.2	0	0.8	0	11	30.7	87.3	93	601.3
1978	214.6	71.3	183.4	83	0	0	0	0	25.5	24.2	73.4	43.7	719.1
1979	66.8	50.5	64.8	31.8	4.4	0	0.9	19.8	27.6	0.8	14.3	31.7	313.4
1980	86.6	49.3	26.1	0	15.6	18.6	19.9	21.6	1.6	65.9	60.2	83.6	449
1981	130.1	110.9	102.8	0.8	0	6.9	0	19.2	0	6	8.6	43.3	428.6
1982	66.3	26.3	48.4	0	0	0	0.9	0	24	58.1	22.8	8.6	255.4
1983	41.2	0	31.6	0	0	0	0	0	14.8	1	0	63.1	151.7
1984	131.3	52.1	45.3	3	0	5.5	4	7.5	15.4	37.6	69.7	116.5	487.9
1985	75.1	95.7	68.7	90.5	56	15.2	1.6	5.9	42.7	27.3	117.1	105.1	700.9
1986	88.9	114.1	74	43.8	7.2	1.8	0.7	2.7	37.3	22.4	31.4	152.8	577.1
1987	150.5	113.9	37.9	33.6	2.6	1	11.2	0.5	2.5	24.9	132.1	88.2	598.9
1988	111.6	94.9	120.6	87.4	4	0	1.4	1	15.7	8.5	28.1	42.4	515.6
1989	158	104.2	74.1	11.1	15.5	1.2	0	12	27.1	51.7	46.9	130.8	632.6
1990	127.1	104.8	71.2	33.8	12.3	9.5	0.6	5.7	9.5	33	96.6	85.5	589.6
1991	93.3	76.3	124.2	59.3	18.1	15.1	0	0	12.7	44.9	43.7	90.9	578.5
1992	99.2	61.4	88.3	15.3	6.2	6.7	3	19.5	19.1	62.8	96.8	62.5	540.8
1993	163	87.1	116.2	57.4	0	1.2	2	9.8	26.7	66	136.4	114.1	779.9
1994	127.5	143.8	128.4	74.9	18.8	0.3	0	1.2	9.3	50.5	81	127.4	763.1
1995	107.4	105.2	131.3	64.4	3.1	1.2	2.8	0	16.6	36	92.3	132	692.3
1996	121.3	112	155.5	42.7	16.3	0	0	12	24.5	54.2	61.6	115.7	715.8
1997	226.7	173.8	176.9	49.9	3.5	0	5.2	15.2	8.9	45.5	135.5	64.6	905.7
1998	102.3	131	97.8	15.1	0	0	0	5.6	1.7	92.2	73.6	91.7	611
1999	133.3	145.4	83.4	85.7	17.6	3.2	0.3	0	44.1	24.4	38.5	126.4	702.3
2000	110.4	180	121.9	15.6	7.2	6	4.4	1.7	18.6	76.4	25.2	84.5	651.9
2001	213	158.1	176.9	55.3	25.9	1.2	13.9	10.5	34.7	48.3	76.2	134.4	948.4
2002	154.7	205.2	145.7	126.4	32.9	0	26.1	4.7	37.4	75.9	87.3	141.5	1037.8
2003	129.2	131.8	160	59.6	18.7	6.6	0	8	1.6	37.5	27.2	125.9	706.1
2004	162.6	191	80.4	47	7.6	8.2	4.2	12	51.6	28.9	92.4	98.4	784.3
2005	66.3	178.8	120.3	44.9	4.5	0	2.7	0	7.6	48.3	75	85.4	633.8
2006	151.2	120.8	92.8	99	3.3	5.7	0	10.3	23.3	45.4	111.3	106.4	769.5
2007	115.8	86.9	174.4	45.1	5.3	0	9	0	15.2	60.7	77	76.8	666.2
2008	137.3	133.5	117.9	21.6	7	0.7	0.6	0.6	2.6	84.1	61.6	149	716.5
2009	89.8	140.6	85.8	37.6	5.7	0	6.2	0	11.1	32.2	129	126.6	664.6
2010	161	95.8	118	48.4	2.6	0	0	5.7	2.4	62.8	46.6	125.9	669.2
2011	107.6	118.4	156.4	132.7	14.4	2.9	4.4	2.6	52.2	25.3	29	131.1	777
2012	155	184.8	103	49	0.5	3.2	0.8	0	14.2	36.4	38.7	149.8	735.4
2013	191.8	157.7	78.9	23.5	7.2	7.1	0	11.2	1.8	38.1	66.2	165.5	749
2014	154.1	134.3	55.4	36.7	9.4	0	0.2	6.3	24.5	49.2	33.8	156.4	660.3
2015	142	97.2	104.4	55.2	8.4	2.5	12.6	7	10.1	52.5	74.6	143	709.5
2016	131.4	259.5	53.8	82.8	3.2	0	0.3	6.9	19.9	79	57.9	77	771.7
2017	162.3	119.1	126.9	60.8	40.8	0	2.2	13.8	22.7	72.9	121.9	81.2	824.6
2018	112.6	166.1	115.2	30.8	5.2	20.4	20.1	23.6	4.4	83	105.4	43.3	730.1
2019	129.3	135.7	86.1	46.7	8.5	0.6	0	0	0.5	47.3	136.3	188.6	779.6
2020	114.3	170.5	119.4	11.8	19.8	0.1	0	0	10.8	27.6	25.1	106.8	606.2
2021	157.1	71.8	131	97.8	4.2	0	0.4	0.3	11.9	28.7	77.2	173	753.4
2022	175.6	158.8	152.1	33.4	0	4.6	2.1	2	14.4	15.6	3.9	114.3	676.8
2023	113.4	66	153.6	41.4	42.9	0	0	6.6	19.8	39	102.9	134.7	720.3
Prom.	128.48	121.68	111.5	47.23	10.46	2.92	3.98	7.27	18.93	43.73	67.17	103.60	666.94
Máx.	226.7	259.5	272.9	132.7	56	20.4	26.1	29.6	52.5	148.8	149.3	188.6	1037.8
Min.	41.2	0	26.1	0	0	0	0	0	0	0	0	8.6	151.7

Fuente: Tomado de Senamhi y Data Pisco



5.3.5. PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS (mm)

Tabla 35. Tabla de las precipitaciones máximas acumuladas en 24 hrs

PRECIPITACIÓN MÁXIMAS EN 24 HRS - ESTACIÓN METEOROLÓGICA SICUANI													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAX
1964	29	16.5	33	22	17	0	2.5	3.2	8.5	10.5	15.2	8.2	33
1965	7.3	20.3	20.5	15.2	1.1	0	1.5	2.8	15	23	12	24	24
1966	13	29.1	16.2	3	15.4	0	0	1.6	9.3	31.5	19	22	31.5
1967	14	28.3	22.2	10	3.2	1.4	9	10	11	11	9	29.8	29.8
1968	10.4	17	43.7	17	0	0	8	15.5	10	11.3	34	11.2	43.7
1969	20.1	14.4	17.8	13.8	3.6	1.8	8	1.6	10	18	14.2	17.9	20.1
1970	31	16.5	17.9	14.1	4.1	0	0	0	11.1	11.8	17.5	21.2	31
1971	25.2	29.9	24.8	31.8	4.5	0	0	0	0	0	1.5	25	31.8
1972	19.2	14.2	15.6	24.7	3.1	0	11	15.5	0	4.1	10.3	14.8	24.7
1973	26.8	22.2	19.9	18.4	3.1	0	1.6	7.3	4.1	10.9	9.3	18.6	26.8
1974	20.4	32.5	17.2	9.5	0.8	4.3	0	4.9	19.2	3.6	8.5	9.1	32.5
1975	22.8	16.4	20.8	7.5	6.2	0.4	0	5.2	12.3	5.3	15.2	19.3	22.8
1976	22.6	9.8	19.8	8.1	8.8	4.1	3.7	7.5	6.1	7.8	10.7	16.5	22.6
1977	22.2	24.8	19.2	10.4	3.2	0	0.8	0	10.1	10.2	12	19.8	24.8
1978	24.5	17.8	42.8	18.8	0	0	0	0	16.7	12	20.4	11.9	42.8
1979	20.6	28.7	10.8	18.2	2.6	0	0.9	10.2	15.4	0.8	4.9	18	28.7
1980	26.8	18.2	12.6	0	11	15.2	10.6	18.8	1.6	34.8	37.2	16	37.2
1981	28.6	35.5	31.6	0.8	0	6.9	0	18.4	0	6	8.6	11.2	35.5
1982	23.8	10.9	20.2	0	0	0	0.9	0	10.6	21.3	10.8	7.9	23.8
1983	29.9	0	9.8	0	0	0	0	0	6.9	1	0	46.2	46.2
1984	34.8	20.7	22.5	3	0	2.5	1.1	5.4	9.7	6.8	11	19.8	34.8
1985	12.4	19.9	7.5	13.9	15.3	4.9	0.6	2.6	14.9	9.4	33.6	23.6	33.6
1986	16.4	14.9	8.9	13.9	3.8	0.3	0.2	0.9	12.7	10.5	13.2	30	30
1987	16.7	21	13.5	10.4	1	0.5	7.7	0.5	2.5	5.5	21.4	13	21.4
1988	14.5	18.1	22.9	14.4	4	0	0.2	0.2	8.1	3.5	9.6	9.1	22.9
1989	24.6	15.1	12.8	4.7	4	0.5	0	5	14.7	14.1	6.5	34.6	34.6
1990	13.2	23.9	22	8.1	4	8.6	0.2	4.7	3	6.6	11.5	13.9	23.9
1991	13.5	19.5	29.2	21.8	6.4	8	0	0	6.5	15	9.5	11.8	29.2
1992	7.9	6.5	29.2	4	2.8	5.6	2.5	14.2	8.3	14.5	27.4	10	29.2
1993	27.7	17.5	29.5	12.7	0	1.2	1.5	4.8	11.5	20.2	30.4	21.5	30.4
1994	23.1	19.3	20	20	10	0.3	0	1.2	4.1	17.9	15.4	24.5	24.5
1995	18.8	16.6	14	17.5	3.1	1.2	1.6	0	6.5	8	23.4	27	27
1996	12.7	17.9	40.6	14.3	7.3	0	0	7.4	10.6	15	11.6	16.8	40.6
1997	20.6	40.5	28	16.1	2	0	5.2	6.5	5.8	7.7	17.5	14.5	40.5
1998	24.2	28.1	10.2	6.3	0	0	0	4.2	1.7	26.3	10	28.8	28.8
1999	16.4	18.2	10.8	18.8	13.9	3.2	0.3	0	16.5	6	10.6	24.8	24.8
2000	17.2	22.5	22.3	6.2	4	6	4.4	1.3	8.3	25.8	8.9	15.3	25.8
2001	35.4	18.6	31.6	16.5	10.2	1.2	5.7	4.4	14.8	17.1	14.5	36	36
2002	32.5	27.7	17.2	34.6	16	0	6	3.2	8.2	15.2	16.5	23.1	34.6
2003	26	12.3	24.8	15	6.6	6.6	0	6.1	1.2	9.7	9.5	30.4	30.4
2004	16.1	34.1	18.5	14.4	2.9	2.7	2.8	5.6	12	7.7	14	15.6	34.1
2005	12.8	44.4	23.5	9.1	4.5	0	1.6	0	6.2	11.1	18.1	15	44.4
2006	18.3	23.5	12.1	29.8	3.3	5.3	0	8	8.3	8.2	19	25.2	29.8
2007	24.5	12.5	28.8	8.4	1.9	0	6.8	0	12.5	12.6	20.2	18.6	28.8
2008	18.2	22.9	31.3	7.4	6	0.7	0.6	0.6	1.6	23.7	9	24.7	31.3
2009	13.6	15.5	11.9	10.1	5.2	0	3.7	0	4.8	12.3	18.4	20	20
2010	24.7	20.6	22.3	19.1	2.3	0	0	5.7	1.6	13.4	23.7	22.7	24.7
2011	12.7	11.4	22.8	32.5	12.4	2.9	2.9	1	11	14.6	6.8	34.1	34.1
2012	31.5	31.6	17.5	16.6	0.5	3.2	0.8	0	5.5	9.4	15	22.4	31.6
2013	28.3	25.8	11.2	5.8	6.3	3.5	0	7.4	0.9	7	13.2	20.7	28.3
2014	19.6	23.3	15.9	11	3.8	0	0.2	5.9	10	8.5	5.6	23.3	23.3
2015	28.5	20.2	17.9	12.4	3.8	2.4	9.4	5.5	5.5	14.1	19.7	21	28.5
2016	34.2	32.2	11	20.3	2.5	0	0.3	3.6	6.7	12.9	22.1	15.7	34.2
2017	22.2	27.4	18	20.8	14.9	0	2.2	12.7	11.3	40.1	28.8	15.7	40.1
2018	19	36.1	21.1	11.2	2.8	10	18.7	10.8	3	15.9	28.4	13.6	36.1
2019	20.8	19.7	17	7	6.9	0.6	0	0	0.5	9.4	32.5	32.7	32.7
2020	14.2	32.4	14.6	6	9.3	0.1	0	0	7.5	5.3	12	25.8	32.4
2021	21.3	14.1	16.1	34.4	2.9	0	0.4	0.2	3.8	6.1	13.4	28.3	34.4
2022	24.9	25.2	33.6	11.1	0	4.6	2.1	2	5.7	7.5	1.2	24	33.6
2023	19.8	8.1	27	11.1	27.3	0	0	3.3	6.9	9.3	28.8	24.6	28.8
PROME DIO	21.2	21.38	20.766667	13.57	5.36	2.01	2.47	4.46	7.88	12.31	15.54	20.68	30.79

Fuente: Adaptado de Senamhi y Data Pisco



5.3.6. COEFICIENTE DE ESCORRENTIA

Es el agua que llega al cauce de evacuación, representa una fracción de la precipitación total. A esa fracción se le denomina coeficiente de escorrentía, que no tiene dimensiones. Los valores dependen de factores topográficos (pendiente), textura de suelo y uso de suelo. (Villón Béjar, 2002, p. 256).

Se presentan valores del coeficiente de escorrentía en la Tabla 36, en función a pendientes, textura de suelo y uso de suelos (Villón Béjar, 2002, p. 256)

Tabla 36. Tabla de coeficiente de escorrentía

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA						
USO DE SUELO	TIPO DE SUELO	PENDIENTES				
		>50%	20-50%	5-20%	1-5%	0-1%
SIN VEGETACION	Impermeable	0.8	0.75	0.7	0.65	0.6
	Semipermeable	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
	Permeable	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
CULTIVOS	Impermeable	0.7	0.55	0.6	0.55	0.5
	Semipermeable	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	Permeable	0.4	0.35	0.3	0.25	0.2
PASTOS, VEGETACION LIGERA	Impermeable	0.65	0.6	0.55	0.5	0.45
	Semipermeable	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	Permeable	0.35	0.3	0.25	0.2	0.15
HIERBA, GRAMA	Impermeable	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	Semipermeable	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
	Permeable	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1
BOSQUE, DENSA VEGETACION	Impermeable	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	Semipermeable	0.45	0.4	0.35	0.3	0.25
	Permeable	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05

Fuente: Adaptado de Hidrología (p. 269), por J. Villón, 2002.

El coeficiente de escorrentía (C) no tiene dimensiones, se determina por la siguiente ecuación:

$$Ce = \frac{\sum_{i=1}^n Ci \cdot Ai}{\sum_{i=1}^n Ai}$$



En base al uso, tipo de suelo, y pendientes del terreno se determinó manualmente en el software Gis los valores de coeficiente de escorrentía en áreas parciales obteniendo como resultado 0.32 para la microcuenca Ccancahua (Fig. 70), lo cual representa 213.49 mm.

5.3.7. NUMERO DE CURVA

El número de curva (CN) es un parámetro empírico desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos (SCS) para determinar las pérdidas de precipitación (infiltración), en función al uso de tierra, tratamiento o práctica y condición hidrológica mostrada en la Tabla 37.

Tabla 37. Números de curva según cobertura de suelo

Uso de la tierra	Cobertura		Número de Curva			
	Tratamiento o práctica	Condición hidrológica	A	B	C	D
Descuidado, en descanso, sin cultivos	Surcos rectos	----	77	86	91	94
Cultivos	Surcos rectos	pobre	72	81	88	91
	Surcos rectos	buena	67	78	85	89
	Curvas de nivel	pobre	70	79	84	88
	Curvas de nivel	buena	65	75	82	86
	Curv de nivel y en terrazas	pobre	66	74	80	82
	Curv de nivel y en terrazas	buena	62	71	78	81
Pequeños granos	Surcos rectos	pobre	65	76	84	88
	Surcos rectos	buena	63	75	83	87
	Curvas de nivel	pobre	63	74	82	85
	Curvas de nivel	buena	61	73	81	84
	Curv de nivel y en terrazas	pobre	61	72	79	82
	Curv de nivel y en terrazas	buena	59	70	78	81
Sembrios cerrados, legumbres o sembríos en rotación	Surcos rectos	pobre	66	77	85	89
	Surcos rectos	buena	58	72	81	85
	Curvas de nivel	pobre	64	75	83	85
	Curvas de nivel	buena	55	69	78	83
	Curv de nivel y en terrazas	pobre	63	73	80	83
	Curv de nivel y en terrazas	buena	51	67	76	80
Pastizales o similares		pobre	68	79	86	89
		regular	49	69	79	84
		buena	39	61	74	80
	Curvas de nivel	pobre	47	67	81	88
	Curvas de nivel	regular	25	59	75	83
	Curvas de nivel	buena	6	35	70	79
Pradera		buena	30	58	71	78
Bosques		pobre	45	66	77	83
		regular	36	60	73	79
		buena	25	55	70	77
Patios		----	59	74	82	86
Caminos, incluyendo derecho de vía	Cieno	----	72	82	87	89
	Superficie firme	----	74	84	90	92

Fuente: Adaptado de *Hidrología* (p. 269), por J. Villón, 2002.



Con el mapa de uso de suelos se determinó la incidencia que tiene la cubierta vegetal respecto a la cantidad de agua que escurre, agua que se infiltra y agua interceptada en la cuenca.

Clasificamos el uso de suelos de la microcuenca Ccanchahua según el método SCS, mostrados en la Tabla 38 y Tabla 39, y en el mapa de uso de suelos (Fig. 71).

5.3.7.1. USO DE SUELO

Tabla 38. Uso de suelos en la microcuenca Ccanchahua

USO DE SUELOS	SCS	AREA (Km2)	%
Afloramiento rocoso	Descuidado, en descanso y sin cultivo	12.4	38.11
Pastizal corto	Pastizales o similares	0.78	2.39
Población	Descuidado, en descanso y sin cultivo	0.70	2.14
Tierra sin uso	Descuidado, en descanso y sin cultivo	9.89	30.41
Bosques	Bosques	0.56	1.73
Tierras de cultivo	Cultivos	8.20	25.22
SUMATORIA		32.53	100.00

Fuente: Elaboración propia

5.3.7.2. GRUPO HIDROLOGICO

Tabla 39. Grupo hidrológico del suelo

GRUPO HIDROLOGICO DEL SUELO
A Bajo potencial de escorrentía
B Moderado bajo potencial de escorrentía
C Moderado alto potencial de escorrentía
D Alto potencial de escorrentía

Fuente: Adaptado de *Hidrología* (p. 271), por J. Villón, 2002.

El cálculo del CN (número de curva) de la microcuenca Ccanchahua se muestra en la Tabla 40 y representado en el mapa de CN de la microcuenca Ccanchahua en la Figura 72.



Tabla 40. Número de curva de la microcuenca Ccancahua

NUMERO DE CURVA			
USO DE SUELOS	SCS	GRUPO HIDROLOGICO	CN
Afloramiento rocoso	Descuidado, en descanso y sin cultivo	A	77
Pastizal corto	Pastizales o similares	B	61
Población	Descuidado, en descanso y sin cultivo	B	86
		C	91
Tierra sin uso	Descuidado, en descanso y sin cultivo	B	86
Tierras de cultivo	Cultivos	B	78
		C	80
		A	65
		A	62
Bosques	Bosques y arboledas	C	73
		C	70

Fuente: Elaboración propia

En síntesis, el número de curva de la microcuenca Ccancahua es 74.90

5.3.8. PERDIDAS INICIALES

Se realizó por el método de SCS para abstracciones (Ven Te Chow, 1994, p. 150), con la siguiente formula:

$$I_a = 0.2 * S$$

Donde S es la infiltración potencial máxima (mm) y está relacionado con el número de curva

$$S = 25400 / CN - 254$$

La infiltración potencial máxima es 85.11 mm

Cálculo de pérdidas iniciales:

MICROCUEENCA	S	Ia
Ccancahua	85.11	17.02

El método del servicio de Conservación de suelos (SCS), se basa en la siguiente ecuación:

$$F/S = Q/P_e$$



Donde: F es la infiltración real acumulada, S es la infiltración potencial acumulada, Q es la escorrentía total acumulada, Pe es la escorrentía potencial

Siendo F (infiltración real acumulada) igual a 75.23 mm en la microcuenca Ccancahua.

5.3.9. **BALANCE HIDRICO**

Huerta, Sánchez y Estrada (2010), utilizan la metodología “Catchwater” para el cálculo de balances hídricos en cuencas, el sistema elegido para facilitar el trabajo es un Sistema de Información Geográfico, se fundamenta en el método del Número de Curva desarrollado por el Servicio de Conservación de Recursos Naturales de EE.UU. (NRCS) y en el Balance Hídrico de Thornthwaite -Mather para calcular la evapotranspiración ajustada por tipo de suelo. (p. 105)

En el balance hídrico se consideró los datos obtenidos en tablas anteriores de precipitación anual, evapotranspiración real, escorrentía superficial e infiltración a partir del tipo, textura del suelo, y pendientes; del coeficiente de escorrentía y del número de curva CN. Todo fenómeno cíclico implica una igualdad de pérdidas y ganancias, por lo que el balance del agua lo representamos con la siguiente ecuación:

$$P = ETR + Ce + I$$

Donde: **P** es la Totalidad de la capa de agua caída sobre la cuenca, **ETR** es la evapotranspiración real, **Ce** es la Escorrentía superficial y **I** es la Infiltración.

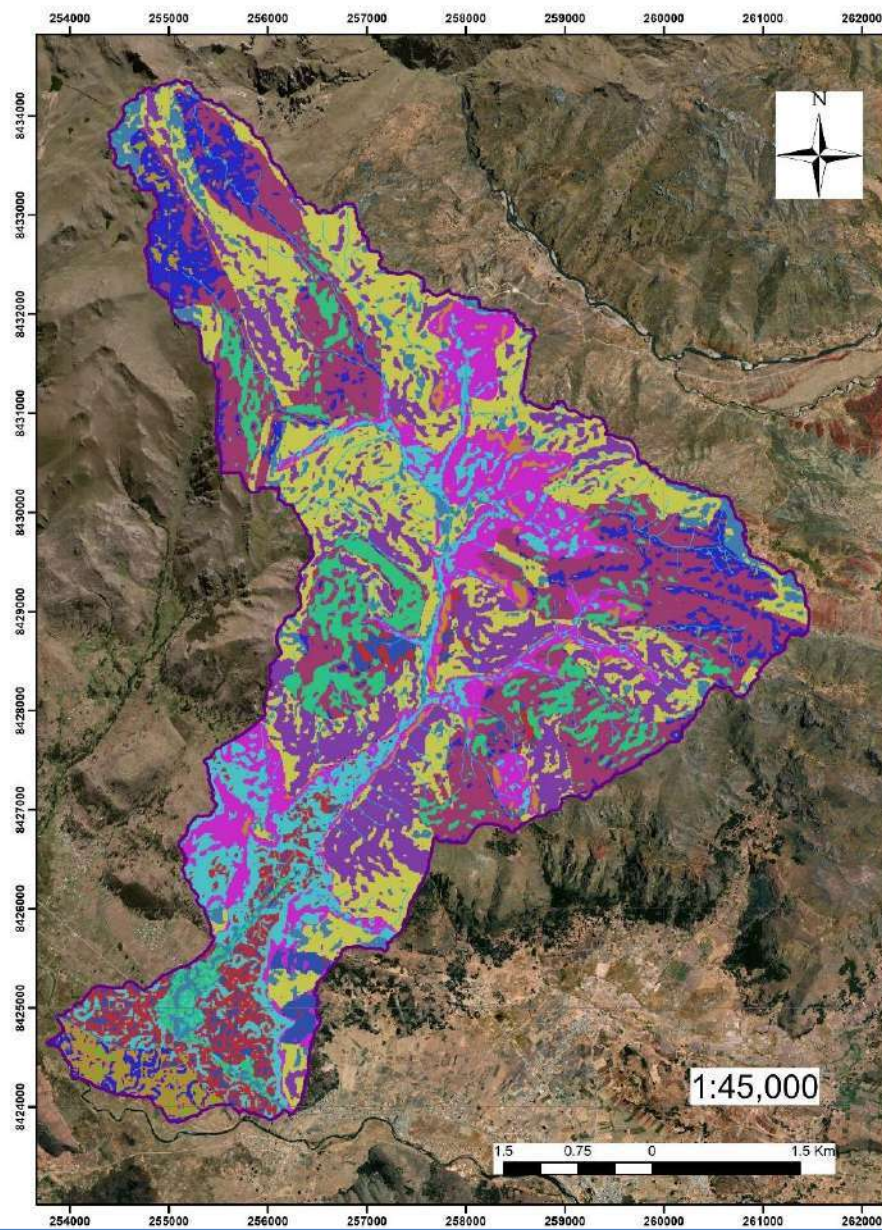
Aplicando la fórmula con los datos de la microcuenca Ccancahua obtenemos:

$$P = 541.22 + 213.49 + 75.23 = 829.94 \text{ mm}$$

La totalidad de la capa de agua caída sobre la cuenca es de 829.94 mm. La precipitación media anual es de 666.95 mm. Por tanto, el balance hídrico entre aportes y pérdidas de agua, en toda la microcuenca es de 162.99 mm, que representa al agua almacenada en los acuíferos.



Figura 70. Mapa de coeficiente de escorrentía de la microcuenca Ccancahua



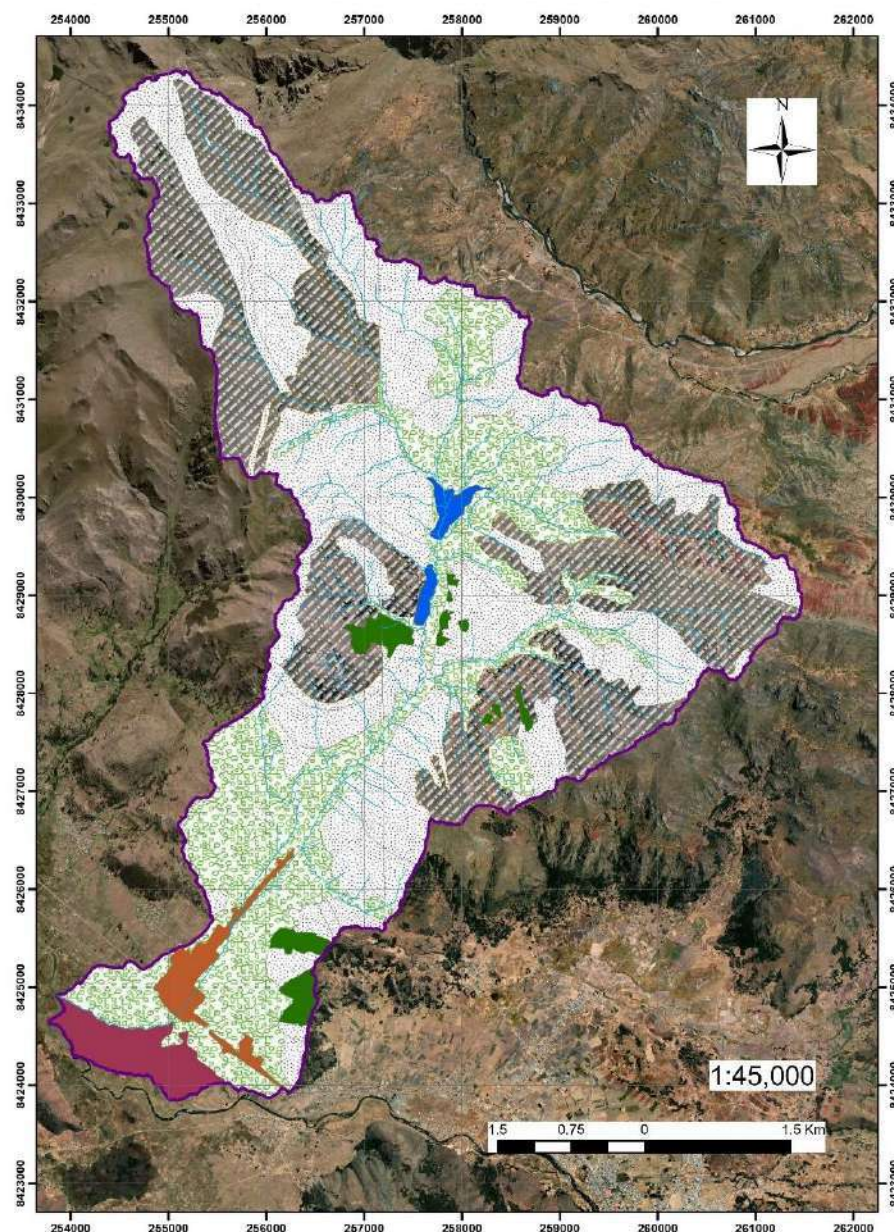
COEFICIENTE DE ESCORRENTIA						
USO DE SUELO	TIPO DE SUELO	PENDIENTES				
		>50%	20-50%	5-20%	1-5%	0-1%
SIN VEGETACION	Impermeable	0.8	0.75	0.7	0.65	0.6
	Semipermeable	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
	Permeable	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
CULTIVOS	Impermeable	0.7	0.55	0.6	0.55	0.5
	Semipermeable	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	Permeable	0.4	0.35	0.3	0.25	0.2
PASTOS, VEGETACION LIGERA	Impermeable	0.65	0.6	0.55	0.5	0.45
	Semipermeable	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	Permeable	0.35	0.3	0.25	0.2	0.15
HIERBA, GRAMA	Impermeable	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	Semipermeable	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
	Permeable	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1
BOSQUE, DENSA VEGETACION	Impermeable	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	Semipermeable	0.45	0.4	0.35	0.3	0.25
	Permeable	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05



		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO							
		FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA							
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA							
TESIS PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO GEOLOGO									
"EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO EN LOS MÁRGENES DEL RIO CCANCAHUA EN LA C.C. DE QQUEITUAR, EN EL DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA DE CANCHIS, REGIÓN CUSCO, 2023"									
Mapa: MAPA DE COEFICIENTE DE ESCORRENTIA									
Asesor: Ing. IVAN CACERES ANGULO			Responsable: Bach. LABRA MAMANI, ENOC ANTONY Bach. YAPO BEJAR, LUIS MIGUEL						
Ubicación: Dep. CUSCO Prov. CANCHIS Dist. SICUANI		Datum: WGS 84 Sistema de Proyección: UTM ZONA 19 S		Escala: INDICADA Fecha: NOV-2023					
				FUENTE: Hidrología (p. 269), por J. Villán, 2002.					



Figura 71. Mapa de uso de suelos de la microcuenca Ccancahua



USO DE SUELOS	AREA (Km2)	%
Afloramiento rocoso	12.40	38.11
Pastizal corto	0.78	2.39
Población	0.70	2.14
Tierra sin uso	9.89	30.41
Bosques	0.56	1.73
Tierras de cultivo	8.20	25.22
SUMATORIA	32.53	100.00

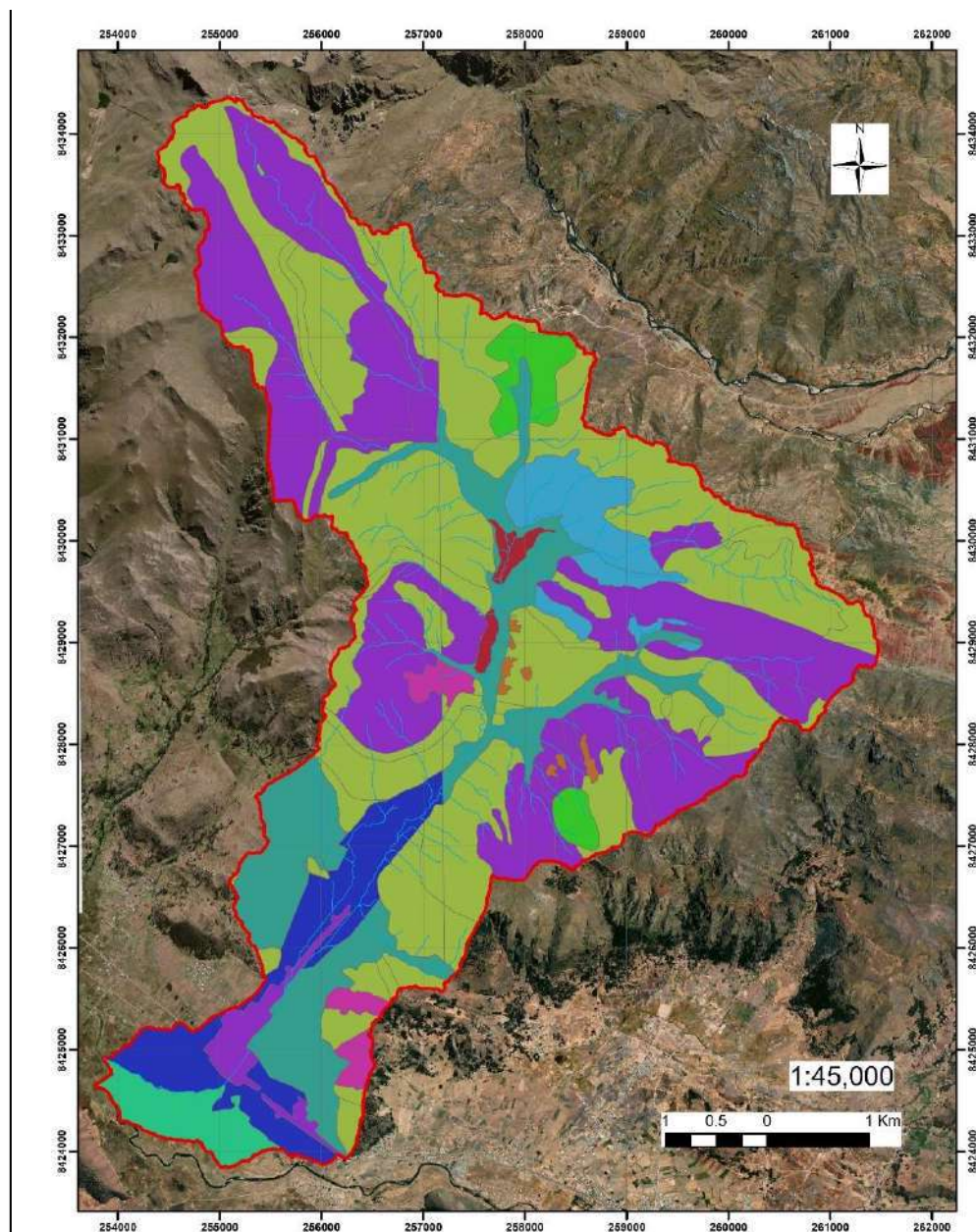
LEYENDA	
NUMERO DE CURVA	
USO DE SUELOS	
	Afloramiento rocoso
	Bosques
	Pastizal corto
	Población
	Tierra sin uso
	Tierras de cultivo

SIMBOLOGIA	
	Drenaje
	Delimitación de cuenca

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO			
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA			
TESIS PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO GEOLOGO				
"EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO EN LOS MARGENES DEL RÍO CCANCAHUA EN LA C.C. DE QUEHUAR, EN EL DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA DE CANCHIS, REGIÓN CUSCO 2023"				
Mapa: MAPA DE USO DE SUELOS				
Asesor: Ing. IVAN CACERES ANGULO		Responsable:	Bach. LABRA MAMANI, ENOC ANTONY Bach. YAPO BEJAR, LUIS MIGUEL	
Ubicación:		Datum:	Escala:	FUENTE: Propia
Dep. CUSCO		WGS 84	INDICADA	
Prov. CANCHIS		Sistema de Proyeccion:	Fecha:	
Dist. SICUANI		UTM ZONA 19 S	NOV-2023	



Figura 72. Mapa de número de curva de la microcuenca Ccancahua



NUMERO DE CURVA			
USO DE SUELOS	SCS	GRUPO HIDROLOGICO	CN
Afloramiento rocoso	Descuidado, en descanso y sin cultivo	A	77
Pastizal corto	Pastizales o similares	B	61
Población	Descuidado, en descanso y sin cultivo	B	86
Tierra sin uso	Descuidado, en descanso y sin cultivo	C	91
		B	86
		B	78
		C	80
Tierras de cultivo	Cultivos	A	65
		A	62
		C	73
Bosques	Bosques y arboledas	C	70

LEYENDA	
NUMERO DE CURVA	
61	77
62	78
65	80
70	86
73	91

SIMBOLOGIA	
	Drenaje
	Delimitación de cuenca

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO						
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA						
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA						
TESIS PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO GEOLOGO							
"EVALUACION DEL RIESGO GEOLOGICO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO EN LOS MARGENES DEL RIO CCANCAHUA EN LA C.C. DE QUEHUAR, EN EL DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA DE CANCHIS, REGION CUSCO, 2023"							
Mapa: MAPA DE NUMERO DE CURVA							
Asesor: Ing. IVAN CACERES ANGULO		Responsable: Bach. LABRA MAMANI ENOC ANTONY Bach. YAPO BEJAR, LUIS MIGUEL					
Ubicación:		Datum:		Escala:		FUENTE:	
Dep. CUSCO		WGS 84		INDICADA		Servicio de conservación de suelos (SCS)	
Prov. CANCHIS		Sistema de Proyección:		Fecha:			
Dist. SICUANI		UTM ZONA 19 S		NOV-2023			



5.4. ESTIMACIÓN DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS U EXTREMOS

ANÁLISIS DE EXPLORACIÓN O EVALUACIÓN

Para el análisis de la información meteorológica se utilizó la data meteorológica de la estación Sicuani y completada con data PISCO entre los años 1974 y 1976.

5.4.1. ANÁLISIS Y VALIDACIÓN DE DATOS

La U. S. Water Resources Council (1981), recomienda la realización de ajuste de datos dudosos (outliers). Los datos dudosos son puntos de datos que se desvían significativamente de la tendencia de los datos restantes. La retención, modificación y eliminación de estos datos dudosos u atípicos puede afectar significativamente los parámetros estadísticos calculados a partir de los datos, especialmente para muestras pequeñas. (p. 17)

La siguiente ecuación es usada para detectar altos y bajos datos dudosos (outliers):

$$Xh = \bar{x} + Kn * Sy \qquad Xl = \bar{x} - Kn * Sy$$

Donde: $\bar{x}$ es el promedio de los logaritmos de la muestra, Sy es la desviación estándar de los logaritmos de la muestra, Kn es el valor para una muestra de tamaño “n”, Xh es límite superior aceptable de precipitación, Xl es el límite inferior aceptable de precipitación (U. S. Water Resources Council, 1981, p. 17,18) (Tabla 41, Tabla 42).

Tabla 41. Parámetros estadísticos para la precipitación máxima en 24 hrs de la estación Sicuani

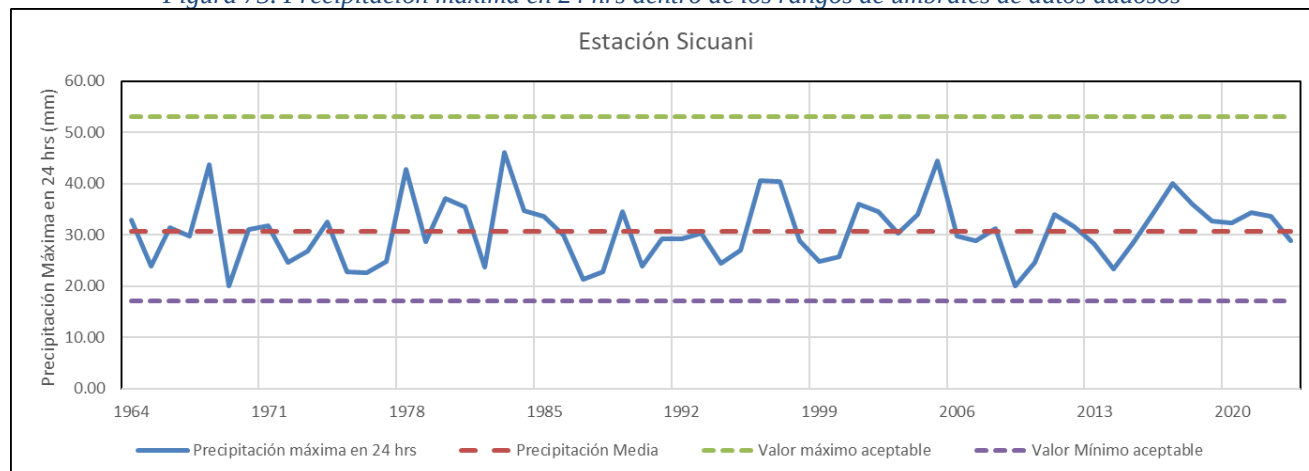
PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	24 Hrs
Número de datos	60
Máximo	46.20
Mínimo	20.00
Promedio $\bar{X}$	30.79
Desviación Estándar (S)	6.1621
Coeficiente de Asimetría (Cs)	0.45596

Tabla 42. Cuadro resumen de prueba de datos dudosos

PARÁMETROS	Símbolo	Log (Max 24 hrs)
Promedio de los logaritmos de la muestra	$\bar{X}$	1.48
Desviación Estándar de los logaritmos de la muestra	Sy	0.087
Coficiente para un tamaño de muestra “60”	Kn	2.837
Umbral superior en unidades logarítmicas	Xh	1.726
Umbral inferior en unidades logarítmicas	Xl	1.234
Límite Superior de precipitación aceptable	PH	53.176
Límite Inferior de precipitación aceptable	PL	17.147

La data de precipitación máxima acumulada en 24 hrs de la estación Sicuani, se encuentran dentro del límite de precipitación aceptada (Fig. 73), por ende no presenta datos dudosos.

Figura 73. Precipitación máxima en 24 hrs dentro de los rangos de umbrales de datos dudosos



5.4.2. PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE

“Las pruebas de bondad de ajuste son pruebas de hipótesis que se usan para evaluar si un conjunto de datos es una muestra independiente de la distribución elegida” (MTC, 2011, p. 30).

Se usará la prueba de Kolmogorov - Smirnov para la prueba de bondad.

Las distribuciones que mejor se adaptan a la prueba Kolmogorov-Smirnov son las Gamma, Gamma (3P), Log Pearson tipo III y Log-Gamma mostrados en la Tabla 43.

Tabla 43. Pruebas de bondad de ajuste de precipitaciones máximas en 24 hrs

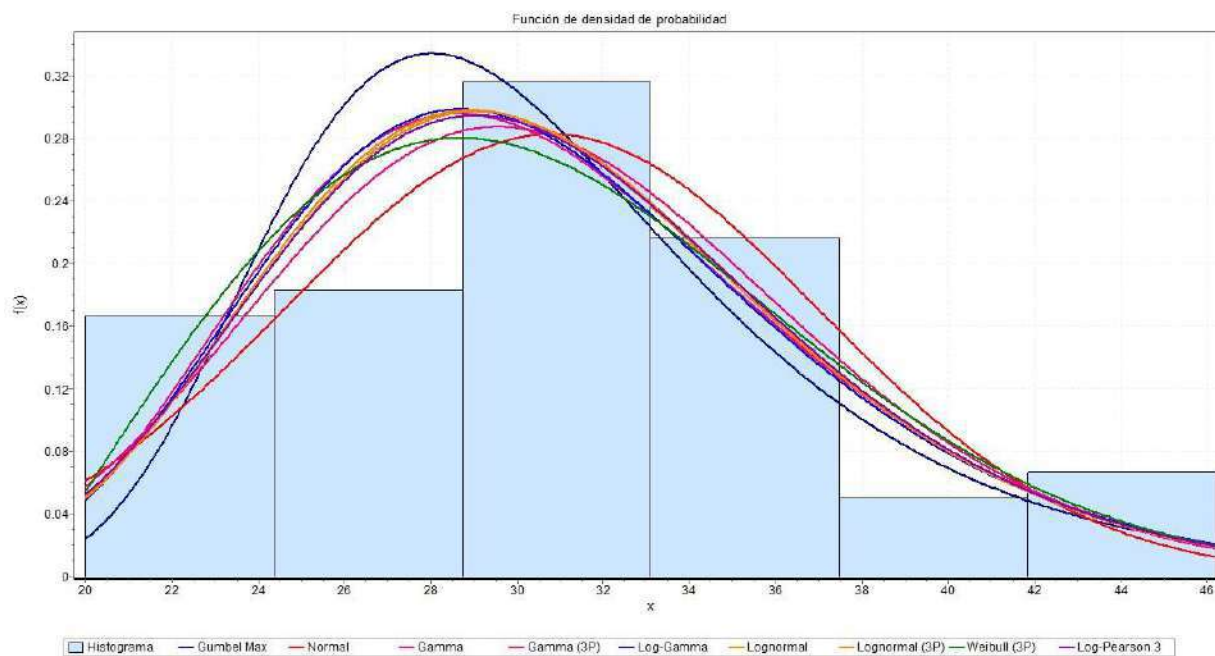
Distribución	Kolmogorov - Smirnov		Anderson - Darling		Chi-cuadrado	
	Estadística	Rango	Estadística	Rango	Estadística	Rango
Gamma	0.08541	10	0.33186	1	3.0236	17
Gamma (3P)	0.08679	11	0.37687	17	5.2091	40
Log-Pearson 3	0.0882	12	0.34718	5	4.8894	31
Log-Gamma	0.08821	13	0.3802	18	5.988	42
Lognormal (3P)	0.09001	21	0.3658	13	5.0068	38
Lognormal	0.09022	22	0.35856	10	4.9282	34
Gumbel Max	0.10829	35	0.79651	36	8.1334	44

Fuente: Adaptado del Software Easyfit.

5.4.3. MODELOS DE DISTRIBUCIÓN

Los datos de las precipitaciones máximas acumuladas en 24 hrs de la estación Sicuani, fueron sometidas a análisis estadístico por medio del software Easyfit para los modelos de distribución (Fig. 74).

Figura 74. Histograma de distribución de densidad de probabilidad



Fuente: Obtenido del software Easyfit.



Del modelo de distribución se observa que las distribuciones Gamma, Gamma (3P), Log Pearson tipo III y Log-Gamma son las que tienen mayor ajuste (Tabla 44).

Tabla 44 . Resumen de los resultados de ajuste de distribución

Distribución	Parámetros
Gamma	a=24.969 b=1.2332
Gamma (3P)	a=8.3587 b=2.1464 g=12.85
Log-Pearson 3	a=45607.0 b=-9.3402E-4 g=46.005
Log-Gamma	a=291.87 b=0.01168
Lognormal (3P)	s=0.21039 m=3.3459 g=1.7717
Lognormal	s=0.1978 m=3.4077
Gumbel Max	s=4.8046 m=28.018

Fuente: Obtenido y adaptado del software Easyfit.

5.4.4. PRECIPITACIONES EXTREMAS Y PERIODOS DE RETORNO

El periodo de retorno según Villón (2002), “es un intervalo de tiempo promedio, dentro del cual un evento de magnitud “x”, puede ser igualado o excedido, por lo menos una vez en promedio” (p. 88). Es representada por la siguiente fórmula, el cual es el inverso de la

frecuencia:

$$T = \frac{1}{f}$$

Para los diferentes periodos de retorno, los valores de precipitación máxima en 24 hrs fueron calculados por la distribución estadística Gamma, debido a que fue el que más se adaptó a las pruebas de bondad de ajuste (Tabla 44, Tabla 45).

Tabla 45. Precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno dada por los softwares Hidroesta y Easyfit

PRECIPITACIONES MÁXIMAS PARA PERIODOS DE RETORNO - GAMMA

T	2	5	10	20	25	50	100	200	500
Hidroesta (mm)	30.39	35.74	38.77	41.39	42.18	44.48	46.61	48.61	51.09
Easyfit (mm)	30.382	35.822	38.905	41.579	42.379	44.727	46.909	48.965	51.533

Fuente: Obtenido mediante el Software Hidroesta y Easyfit.



5.4.5. CURVAS I-D-F

La intensidad, “es la cantidad de agua caída por unidad de tiempo. Lo que interesa particularmente de cada tormenta, es la intensidad máxima que se haya presentado, ella es la altura máxima de agua caída por unidad de tiempo” (Villón Béjar, 2002, p. 87). Es expresada por la siguiente fórmula:

$$i_{max} = \frac{P}{t}$$

Donde: i_{max} es la intensidad máxima, en mm/hora, P es la precipitación en altura de agua, en mm y t es el tiempo, en horas.

La duración tiene mucha importancia en la determinación de las intensidades máximas, “corresponde al tiempo que transcurre entre el comienzo y el fin de la tormenta. Aquí conviene definir el período de duración, que es un determinado período de tiempo, tomado en minutos u horas, dentro del total que dura la tormenta” (Villón Béjar, 2002, p. 87).

La frecuencia, “es el número de veces que se repite una tormenta, de características de intensidad y duración definidas en un período de tiempo más o menos largo, tomado generalmente en años” (Villón Béjar, 2002, p. 87).

Las curvas I-D-F (intensidad - duración - frecuencia) “son un elemento de diseño que relacionan la intensidad de la lluvia, la duración de la misma y la frecuencia con la que se puede presentar, es decir su probabilidad de ocurrencia o el periodo de retorno” (MTC, 2011, p. 34).

Para su obtención utilizaremos el método de Dick and Peschke, basándonos en la siguiente ecuación: $P_D = P_{24h} \left(\frac{D}{1440} \right)^{0.25}$, donde P_D es la precipitación máxima de duración D, en mm, P_{24h} es la precipitación máxima de 24 horas, en mm y D es la duración de la



precipitación, en horas; donde las precipitaciones e intensidades de diseño se muestran en la

Tabla 46 y Tabla 47, respectivamente.

Tabla 46. Precipitaciones de diseño obtenidas en base a la precipitación máxima en 24 horas

PRECIPITACIONES DE DISEÑO										
DURACION		PERIODO DE RETORNO (AÑOS)								
Hr	min	2	5	10	20	25	50	100	200	500
0.08	5	7.38	8.69	9.43	10.07	10.26	10.83	11.35	11.84	12.46
0.17	10	8.77	10.33	11.21	11.98	12.21	12.88	13.50	14.08	14.81
0.25	15	9.71	11.43	12.41	13.25	13.51	14.25	14.94	15.59	16.39
0.33	20	10.43	12.28	13.33	14.24	14.51	15.31	16.05	16.75	17.61
0.42	25	11.03	12.99	14.10	15.06	15.35	16.19	16.97	17.71	18.63
0.50	30	11.54	13.59	14.76	15.76	16.06	16.95	17.76	18.54	19.49
0.58	35	12.00	14.13	15.33	16.38	16.69	17.61	18.46	19.26	20.26
0.67	40	12.41	14.61	15.86	16.94	17.26	18.21	19.09	19.92	20.95
0.75	45	12.78	15.04	16.33	17.44	17.78	18.75	19.66	20.51	21.57
0.83	50	13.12	15.45	16.76	17.91	18.25	19.25	20.18	21.06	22.15
0.92	55	13.43	15.82	17.17	18.34	18.69	19.72	20.67	21.57	22.68
1.00	60	13.73	16.17	17.55	18.74	19.10	20.15	21.13	22.04	23.18
2.00	120	16.33	19.22	20.87	22.29	22.72	23.96	25.12	26.21	27.57
3.00	180	18.07	21.28	23.09	24.67	25.14	26.52	27.80	29.01	30.51
4.00	240	19.41	22.86	24.81	26.51	27.01	28.50	29.88	31.17	32.79
5.00	300	20.53	24.17	26.24	28.03	28.56	30.13	31.59	32.96	34.67
6.00	360	21.49	25.30	27.46	29.33	29.90	31.54	33.06	34.50	36.28
7.00	420	22.33	26.30	28.54	30.49	31.07	32.78	34.36	35.85	37.71
8.00	480	23.09	27.19	29.51	31.52	32.13	33.89	35.53	37.07	38.99
9.00	540	23.78	28.00	30.39	32.46	33.09	34.90	36.59	38.18	40.15
10.00	600	24.41	28.75	31.20	33.33	33.97	35.84	37.57	39.20	41.23
11.00	660	25.00	29.44	31.96	34.13	34.79	36.70	38.47	40.14	42.22
12.00	720	25.55	30.09	32.66	34.88	35.55	37.51	39.32	41.03	43.15
13.00	780	26.07	30.70	33.32	35.59	36.27	38.27	40.11	41.85	44.02
14.00	840	26.56	31.27	33.94	36.25	36.95	38.98	40.86	42.64	44.84
15.00	900	27.02	31.81	34.53	36.89	37.59	39.66	41.58	43.38	45.62
16.00	960	27.46	32.33	35.09	37.49	38.20	40.30	42.25	44.08	46.37
17.00	1020	27.88	32.83	35.63	38.06	38.79	40.92	42.90	44.76	47.07
18.00	1080	28.28	33.30	36.14	38.61	39.35	41.51	43.51	45.40	47.75
19.00	1140	28.66	33.75	36.63	39.13	39.88	42.07	44.11	46.02	48.40
20.00	1200	29.03	34.19	37.11	39.64	40.40	42.62	44.68	46.61	49.03
21.00	1260	29.39	34.61	37.56	40.12	40.89	43.14	45.22	47.19	49.63
22.00	1320	29.73	35.01	38.00	40.59	41.37	43.64	45.75	47.74	50.21
23.00	1380	30.06	35.40	38.43	41.05	41.83	44.13	46.26	48.27	50.77
24.00	1440	30.39	35.78	38.84	41.48	42.28	44.60	46.76	48.79	51.31



Tabla 47. Intensidades de diseño obtenidas en base a la precipitación máxima en 24 horas para diferentes periodos de retorno

INTENSIDADES DE DISEÑO										
DURACION		PERIODO DE RETORNO (AÑOS)								
Hr	min	2	5	10	20	25	50	100	200	500
0.08	5	88.51	104.23	113.13	120.84	123.16	129.93	136.21	142.12	149.47
0.17	10	52.63	61.97	67.27	71.85	73.23	77.26	80.99	84.50	88.87
0.25	15	38.83	45.72	49.63	53.01	54.03	57.00	59.75	62.34	65.57
0.33	20	31.29	36.85	40.00	42.72	43.54	45.94	48.16	50.25	52.84
0.42	25	26.47	31.17	33.83	36.14	36.83	38.86	40.74	42.50	44.70
0.50	30	23.09	27.19	29.51	31.52	32.13	33.89	35.53	37.07	38.99
0.58	35	20.57	24.22	26.29	28.08	28.62	30.19	31.65	33.02	34.73
0.67	40	18.61	21.91	23.78	25.40	25.89	27.31	28.63	29.88	31.42
0.75	45	17.03	20.06	21.77	23.26	23.70	25.00	26.21	27.35	28.77
0.83	50	15.74	18.53	20.12	21.49	21.90	23.10	24.22	25.27	26.58
0.92	55	14.65	17.26	18.73	20.01	20.39	21.51	22.55	23.53	24.75
1.00	60	13.73	16.17	17.55	18.74	19.10	20.15	21.13	22.04	23.18
2.00	120	8.16	9.61	10.43	11.14	11.36	11.98	12.56	13.11	13.78
3.00	180	6.02	7.09	7.70	8.22	8.38	8.84	9.27	9.67	10.17
4.00	240	4.85	5.72	6.20	6.63	6.75	7.12	7.47	7.79	8.20
5.00	300	4.11	4.83	5.25	5.61	5.71	6.03	6.32	6.59	6.93
6.00	360	3.58	4.22	4.58	4.89	4.98	5.26	5.51	5.75	6.05
7.00	420	3.19	3.76	4.08	4.36	4.44	4.68	4.91	5.12	5.39
8.00	480	2.89	3.40	3.69	3.94	4.02	4.24	4.44	4.63	4.87
9.00	540	2.64	3.11	3.38	3.61	3.68	3.88	4.07	4.24	4.46
10.00	600	2.44	2.87	3.12	3.33	3.40	3.58	3.76	3.92	4.12
11.00	660	2.27	2.68	2.91	3.10	3.16	3.34	3.50	3.65	3.84
12.00	720	2.13	2.51	2.72	2.91	2.96	3.13	3.28	3.42	3.60
13.00	780	2.01	2.36	2.56	2.74	2.79	2.94	3.09	3.22	3.39
14.00	840	1.90	2.23	2.42	2.59	2.64	2.78	2.92	3.05	3.20
15.00	900	1.80	2.12	2.30	2.46	2.51	2.64	2.77	2.89	3.04
16.00	960	1.72	2.02	2.19	2.34	2.39	2.52	2.64	2.76	2.90
17.00	1020	1.64	1.93	2.10	2.24	2.28	2.41	2.52	2.63	2.77
18.00	1080	1.57	1.85	2.01	2.14	2.19	2.31	2.42	2.52	2.65
19.00	1140	1.51	1.78	1.93	2.06	2.10	2.21	2.32	2.42	2.55
20.00	1200	1.45	1.71	1.86	1.98	2.02	2.13	2.23	2.33	2.45
21.00	1260	1.40	1.65	1.79	1.91	1.95	2.05	2.15	2.25	2.36
22.00	1320	1.35	1.59	1.73	1.85	1.88	1.98	2.08	2.17	2.28
23.00	1380	1.31	1.54	1.67	1.78	1.82	1.92	2.01	2.10	2.21
24.00	1440	1.27	1.49	1.62	1.73	1.76	1.86	1.95	2.03	2.14

Nota. Las intensidades de diseño se obtuvieron según la ecuación: $I = \frac{P_D}{D}$, donde P_D es la precipitación máxima de duración “D” en mm, y D es la duración de la precipitación, en horas.



A partir de los datos obtenidos se hace necesario realizar la regresión lineal de las intensidades de diseño para calcular las constantes K,m y n de la ecuación de intensidad:

$I = \frac{K \cdot T^m}{D^n}$, donde I es la intensidad de lluvia en mm/hr; “K”, “m” y “n” son constantes de regresión lineal múltiple, “T” es periodo de retorno y “D” es duración en minutos. Los cálculos del análisis de regresión múltiple se muestran en la Tabla 48.

Tabla 48. Cuadro resumen del análisis de regresión múltiple para el cálculo de las constantes K,m y n

DURACION	T	I	x3=Log(d)	x2=Log(T)	y=Log(I)
24 Hrs	2	1.266	3.158	0.301	0.102
24 Hrs	5	1.491	3.158	0.699	0.173
24 Hrs	10	1.618	3.158	1.000	0.209
24 Hrs	20	1.729	3.158	1.301	0.238
24 Hrs	25	1.762	3.158	1.398	0.246
24 Hrs	50	1.858	3.158	1.699	0.269
24 Hrs	100	1.948	3.158	2.000	0.290
24 Hrs	200	2.033	3.158	2.301	0.308
24 Hrs	500	2.138	3.158	2.699	0.330
Constantes		K=298.92	n=0.75	m=0.089	

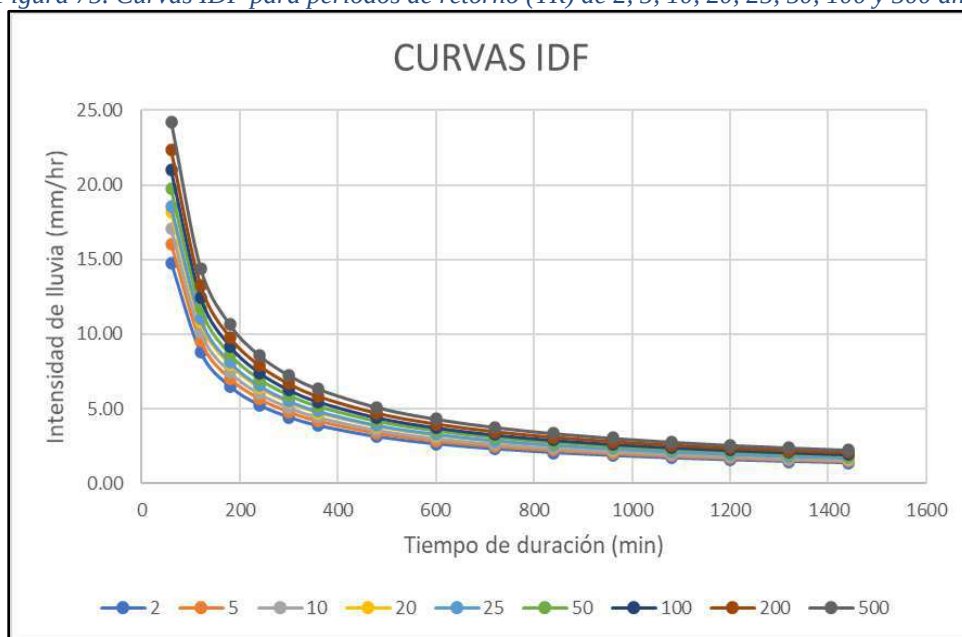
Con las constantes obtenidas se reemplaza en la ecuación y se obtienen las intensidades para diferentes periodos de retorno y duración: $I = \frac{298.921 \times T^{0.0899}}{D^{0.750}}$, obteniéndose las intensidades máximas de lluvias mostradas en la Tabla 49 y Figura 75.

Tabla 49. Intensidades máximas de lluvia para varios tiempos de duración de lluvias

INTENSIDADES										
DURACION		PERIODO DE RETORNO (AÑOS)								
Hr	min	2	5	10	20	25	50	100	200	500
1.00	60	14.76	16.02	17.05	18.15	18.52	19.71	20.98	22.33	24.24
2.00	120	8.77	9.53	10.14	10.79	11.01	11.72	12.47	13.27	14.41
3.00	180	6.47	7.03	7.48	7.96	8.12	8.65	9.20	9.79	10.63
4.00	240	5.22	5.67	6.03	6.42	6.55	6.97	7.42	7.89	8.57
6.00	360	3.85	4.18	4.45	4.73	4.83	5.14	5.47	5.82	6.32
8.00	480	3.10	3.37	3.59	3.82	3.89	4.14	4.41	4.69	5.10
10.00	600	2.62	2.85	3.03	3.23	3.29	3.50	3.73	3.97	4.31
12.00	720	2.29	2.49	2.65	2.82	2.87	3.06	3.25	3.46	3.76
14.00	840	2.04	2.21	2.36	2.51	2.56	2.72	2.90	3.08	3.35
16.00	960	1.84	2.00	2.13	2.27	2.31	2.46	2.62	2.79	3.03
18.00	1080	1.69	1.83	1.95	2.08	2.12	2.26	2.40	2.55	2.77
20.00	1200	1.56	1.69	1.80	1.92	1.96	2.08	2.22	2.36	2.56
22.00	1320	1.45	1.58	1.68	1.79	1.82	1.94	2.06	2.20	2.39
24.00	1440	1.36	1.48	1.57	1.67	1.71	1.82	1.93	2.06	2.24

Se procedió a graficar las curvas IDF para diferentes periodos de retorno (TR).

Figura 75. Curvas IDF para periodos de retorno (TR) de 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100 y 500 años



Nota. Las curvas IDF se obtuvieron a partir de la tabla de intensidades máximas de lluvia.

5.4.6. HIETOGRAMA DE PRECIPITACIÓN

Para determinar los valores de precipitación para diferentes periodos de retorno en intervalos de una hora, utilizamos el método del bloque alterno ya que “es una forma simple para desarrollar un hietograma de diseño utilizando una curva-duración-frecuencia” (MTC, 2011). Obteniendo valores de precipitación máximas en 24 horas (Tabla 50) para periodos de retorno de 25 años (Fig. 76), 50 años (Fig. 77) y 100 años (Fig. 78) con el método antes mencionado, mostrados en el gráfico resumen de hietogramas en la Figura 79.



Tabla 50. Valores de precipitación en 24 horas para diferentes periodos de retorno

Hietogramas - Modelo Dyck -Peschke									
PRECIPITACION									
Duración (min)	Tr = 2 años	Tr = 5 años	Tr = 10 años	Tr = 20 años	Tr = 25 años	Tr = 50 años	Tr = 100 años	Tr = 200 años	Tr = 500 años
60	0.35	0.38	0.40	0.43	0.43	0.46	0.49	0.52	0.57
120	0.37	0.40	0.43	0.45	0.46	0.49	0.53	0.56	0.61
180	0.40	0.43	0.46	0.49	0.50	0.53	0.57	0.60	0.65
240	0.43	0.47	0.50	0.53	0.54	0.58	0.61	0.65	0.71
300	0.47	0.51	0.55	0.58	0.59	0.63	0.67	0.71	0.78
360	0.52	0.57	0.61	0.64	0.66	0.70	0.74	0.79	0.86
420	0.59	0.64	0.68	0.73	0.74	0.79	0.84	0.89	0.97
480	0.68	0.74	0.79	0.84	0.86	0.91	0.97	1.03	1.12
540	0.81	0.88	0.94	1.00	1.02	1.09	1.16	1.23	1.34
600	1.03	1.12	1.19	1.27	1.29	1.37	1.46	1.56	1.69
660	1.45	1.57	1.67	1.78	1.82	1.93	2.06	2.19	2.38
720	2.79	3.03	3.23	3.43	3.50	3.73	3.97	4.22	4.59
780	14.76	16.02	17.05	18.15	18.52	19.71	20.98	22.33	24.24
840	1.87	2.03	2.16	2.30	2.35	2.50	2.66	2.83	3.08
900	1.20	1.30	1.38	1.47	1.50	1.60	1.70	1.81	1.97
960	0.91	0.99	1.05	1.12	1.14	1.21	1.29	1.37	1.49
1020	0.74	0.81	0.86	0.91	0.93	0.99	1.05	1.12	1.22
1080	0.63	0.69	0.73	0.78	0.79	0.85	0.90	0.96	1.04
1140	0.56	0.60	0.64	0.68	0.70	0.74	0.79	0.84	0.91
1200	0.50	0.54	0.57	0.61	0.62	0.66	0.71	0.75	0.82
1260	0.45	0.49	0.52	0.55	0.57	0.60	0.64	0.68	0.74
1320	0.41	0.45	0.48	0.51	0.52	0.55	0.59	0.63	0.68
1380	0.38	0.42	0.44	0.47	0.48	0.51	0.54	0.58	0.63
1440	0.36	0.39	0.41	0.44	0.45	0.48	0.51	0.54	0.59

Figura 76. Hietograma de precipitación para un periodo de retorno de 25 años.

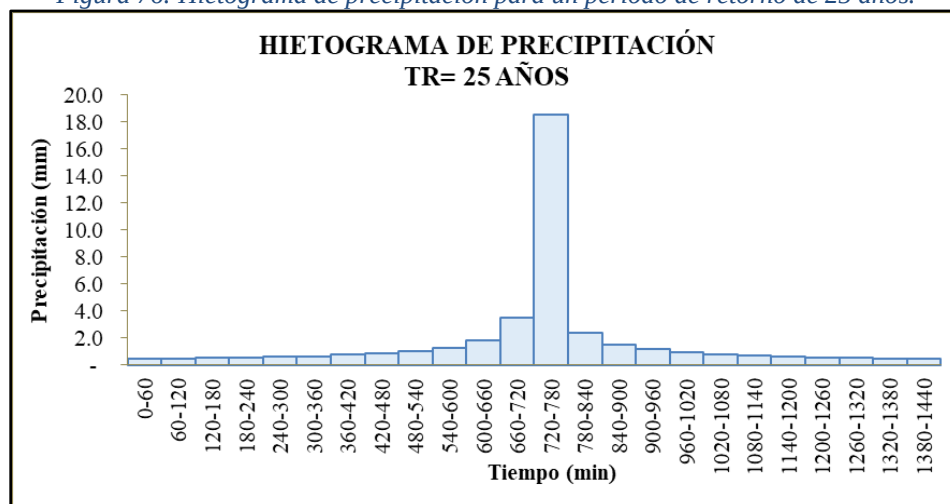




Figura 77. Hietograma de precipitación para un periodo de retorno de 50 años

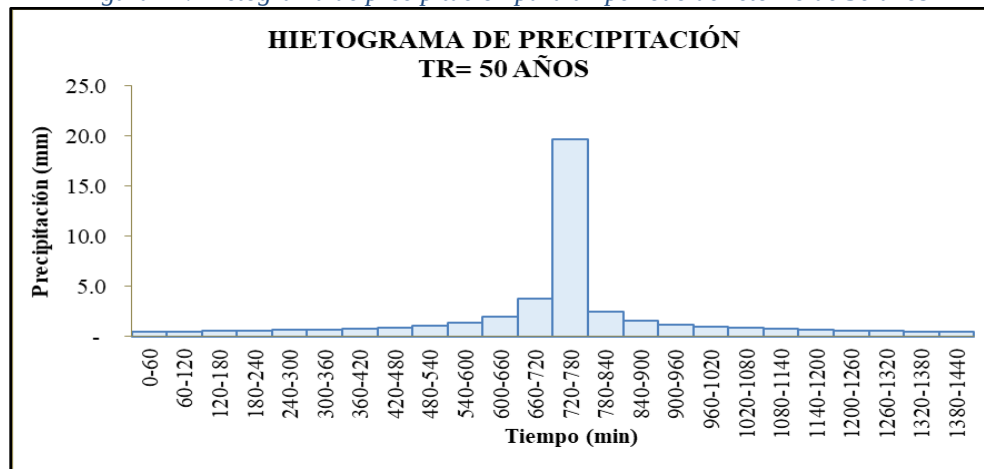


Figura 78. Hietograma de precipitación para un periodo de retorno de 100 años

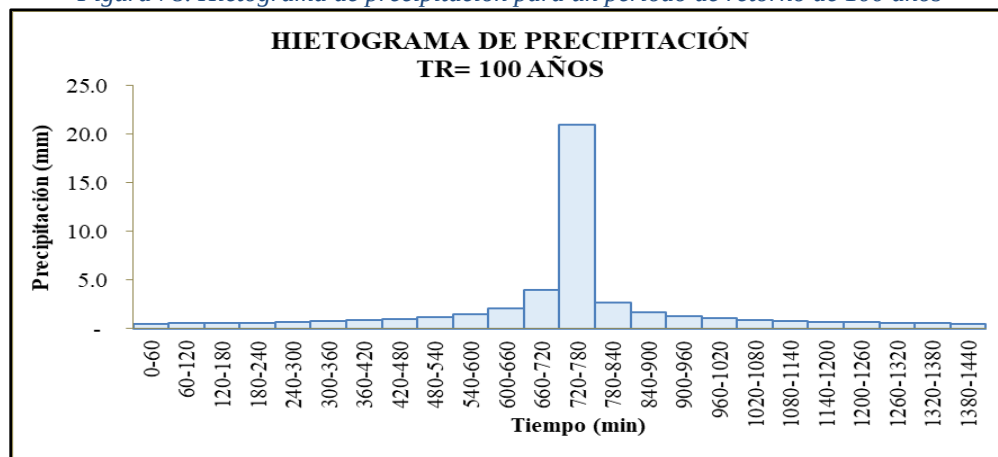
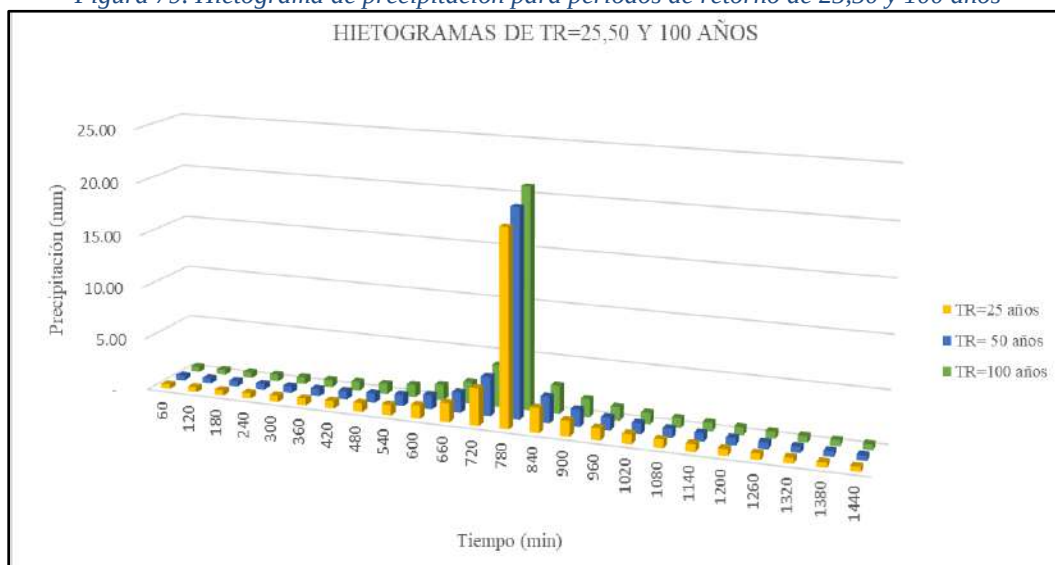


Figura 79. Hietograma de precipitación para periodos de retorno de 25,50 y 100 años



5.5. GENERACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS

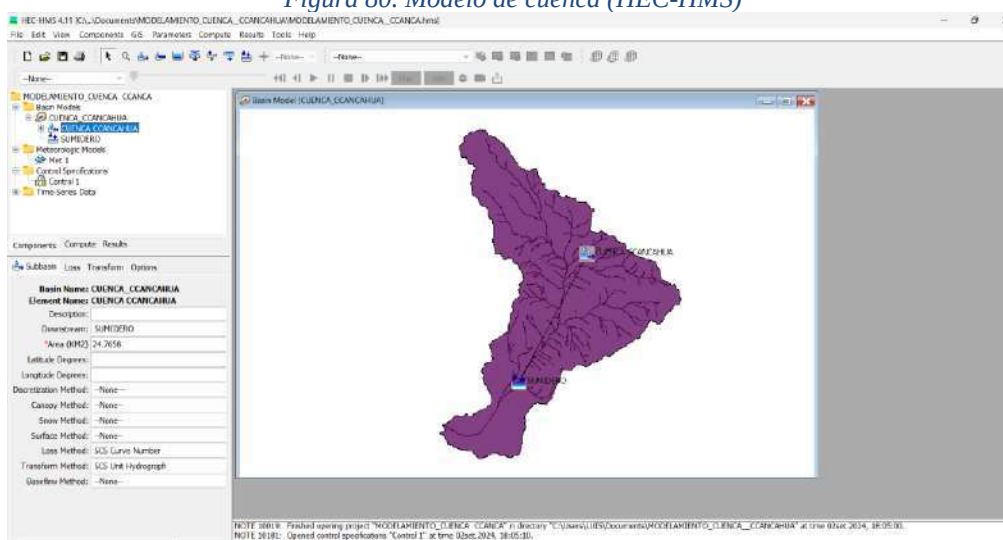
Para la estimación de caudales extremos u máximos, utilizamos el método de transformación “hidrograma unitario SCS” en el software Hec-Hms, el cual hace uso de los parámetros morfométricos de la microcuenca, de las precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno y de un método de pérdida, que en nuestro caso es el número de curva (CN) SCS, esta data es utilizada para generar los caudales extremos u máximos para diferentes Tr.

En el software HEC-HMS trabajamos con diferentes componentes siguiendo una secuencia preestablecida para obtener finalmente hidrogramas de caudales máximos.

A) MODELO DE CUENCA:

En este componente iniciamos cargando el shp de la microcuenca Ccancahua y seleccionamos el método de transformación y de pérdida a utilizar, en nuestro caso “Hidrograma Unitario SCS” y “Número de Curva SCS” respectivamente (Fig.80); colocamos el área de la cuenca, el valor de Número de Curva de la cuenca, Abstracción Inicial y Lag Time (estimado a partir del Tiempo de concentración) (Fig. 81).

Figura 80. Modelo de cuenca (HEC-HMS)



Fuente: Adaptado del software Hec-Hms.

Figura 81. Data de pérdida y transformación en el componente Modelo de Cuenca

Subbasin		Loss		Transform		Options	
Basin Name: CUENCA_CCANCAHUA							
Element Name: CUENCA_CCANCAHUA							
Initial Abstraction (MM)		16.489					
*Curve Number:		75.4953					
*Impervious (%)		0.0					

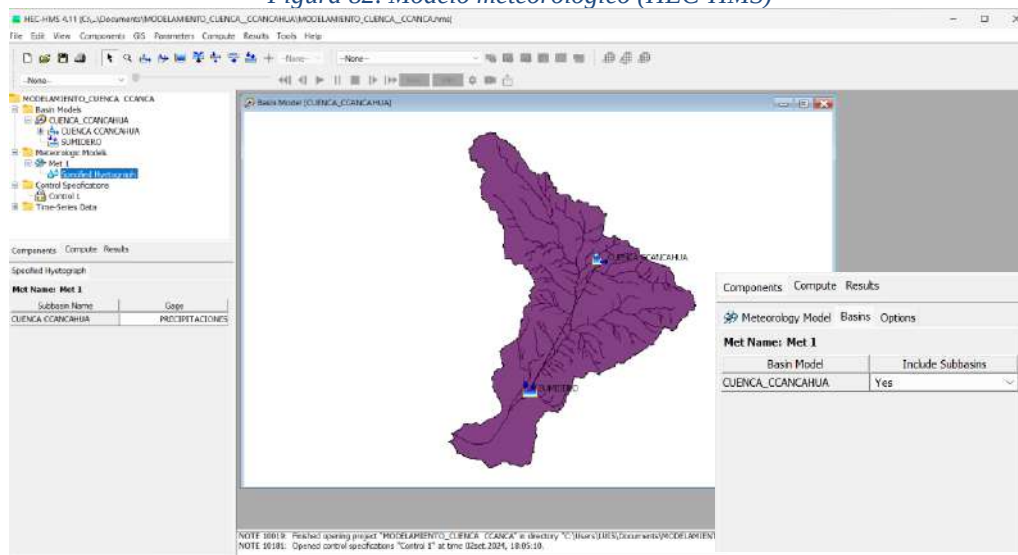
Subbasin		Loss		Transform		Options	
Basin Name: CUENCA_CCANCAHUA							
Element Name: CUENCA_CCANCAHUA							
Graph Type:		Standard (PRF 484)					
*Lag Time (MIN)		33.68					

Fuente: Adaptado del software Hec-Hms.

B) MODELO METEOROLÓGICO:

Este es el segundo componente creado, es de suma importancia debido a que relaciona nuestro modelo de cuenca con el hietograma de precipitación especificado (Fig. 82).

Figura 82. Modelo meteorológico (HEC-HMS)



Fuente: Adaptado del software Hec-Hms.

C) ESPECIFICACIÓN DE CONTROLES

En este componente se especifica la fecha de simulación, en nuestro caso inicia a las 00:00 horas del 01 de enero del 2024 hasta las 12:00 horas del 03 de enero del 2024, los resultados de salida se mostrarán en un hidrograma con intervalos de una hora (Fig. 83).

Figura 83. Especificación de controles para la simulación de caudales en HEC-HMS

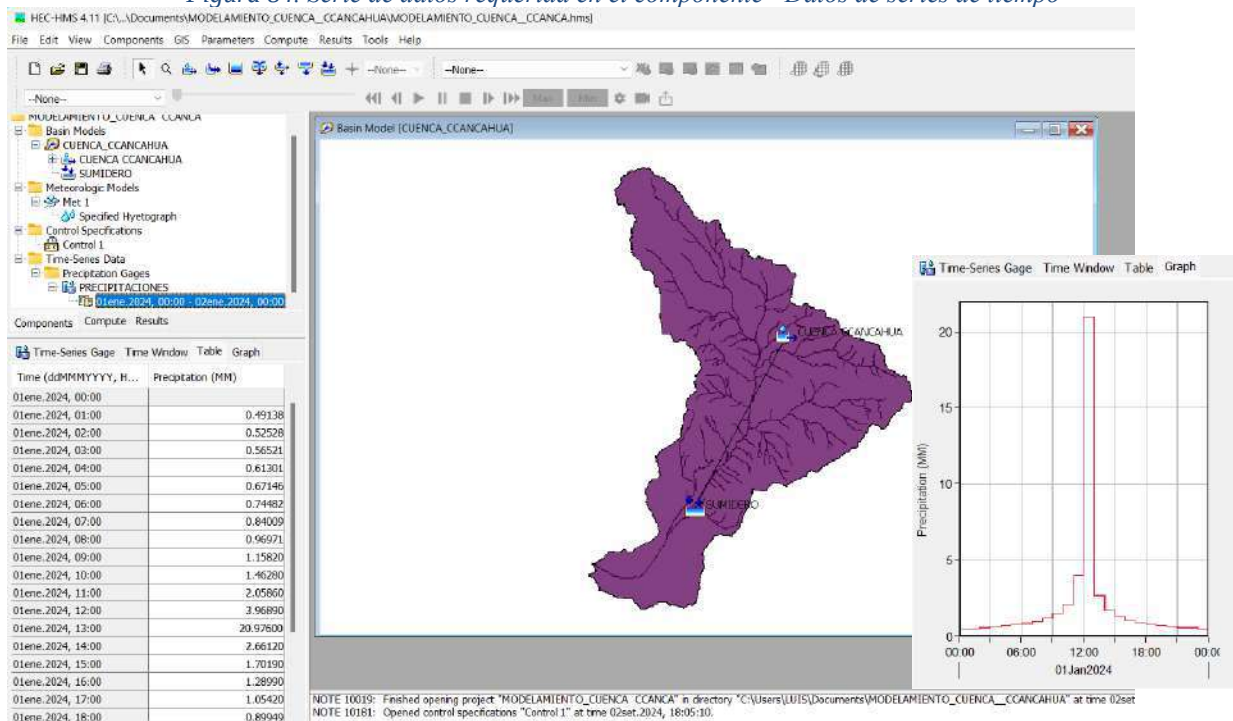
Control Specifications	
Name: Control 1	
Description:	
*Start Date (ddMMYYYY)	01ene.2024
*Start Time (HH:mm)	00:00
*End Date (ddMMYYYY)	03ene.2024
*End Time (HH:mm)	12:00
Time Interval: 1 Hour	

Fuente: Adaptado del software Hec-Hms.

D) DATOS DE SERIES DE TIEMPO

En este último componente añadimos la serie de datos de precipitaciones máximas en 24 horas con intervalos de una hora, si la información es correctamente añadida se nos muestra el hietograma de precipitación para ese periodo de retorno (Fig. 84).

Figura 84. Serie de datos requerida en el componente “Datos de series de tiempo”



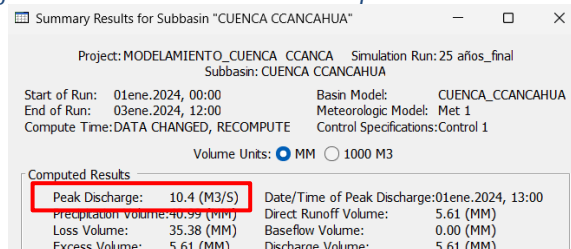
Fuente: Adaptado del software Hec-Hms.

A partir de estos 4 componentes concatenados entre sí, se realizan las simulaciones para periodos de retorno (T) de 25 años (Fig. 85, Fig. 86), 50 años (Fig. 87, Fig. 88) y 100 años (Fig. 89, Fig. 89) en la microcuenca Ccancahua, y mostrando un cuadro resumen de los datos obtenidos para los diferentes tiempos de retorno en la Tabla 51.



5.5.1. CAUDALES PARA 25 AÑOS DE RETORNO

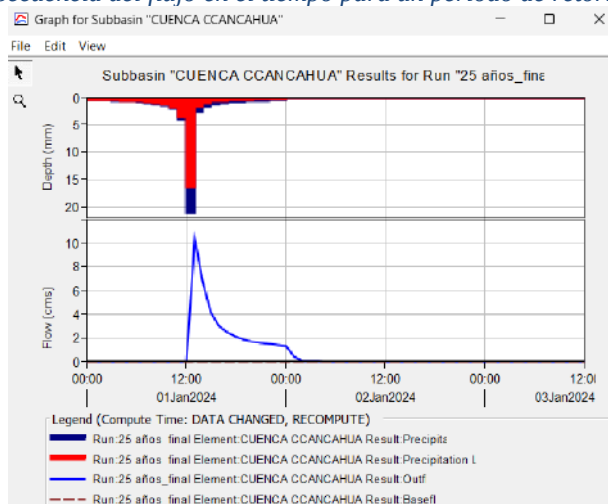
Figura 85. Resultado de simulación para 25 años de retorno



Fuente: Adaptado del software Hec-Hms.

Se genera una serie con intervalos de una hora, en donde para un periodo de retorno de 25 años, el caudal líquido máximo es de **10.4 m³/s**.

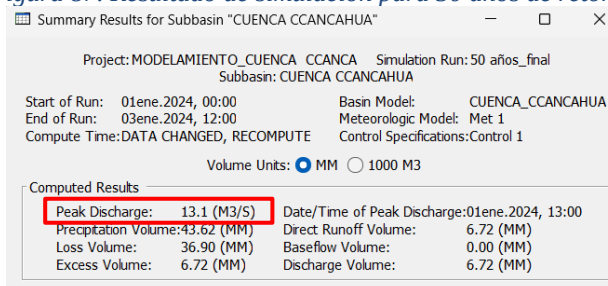
Figura 86. Secuencia del flujo en el tiempo para un periodo de retorno de 25 años



Fuente: Adaptado del software Hec-Hms.

5.5.2. CAUDALES PARA 50 AÑOS DE RETORNO

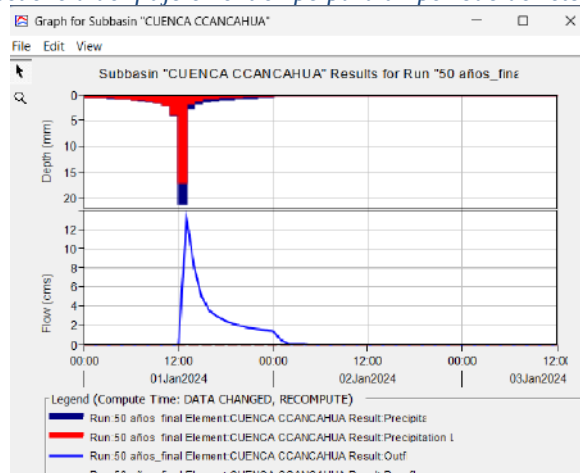
Figura 87. Resultado de simulación para 50 años de retorno



Fuente: Adaptado del software Hec-Hms.

Se genera una serie con intervalos de una hora, en donde para un periodo de retorno de 50 años, el caudal líquido máximo es de **13.1 m³/s**.

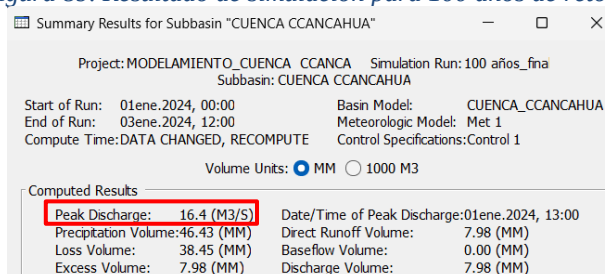
Figura 88. Secuencia del flujo en el tiempo para un periodo de retorno de 50 años



Fuente: Adaptado del software Hec-Hms.

5.5.3. CAUDALES PARA 100 AÑOS DE RETORNO

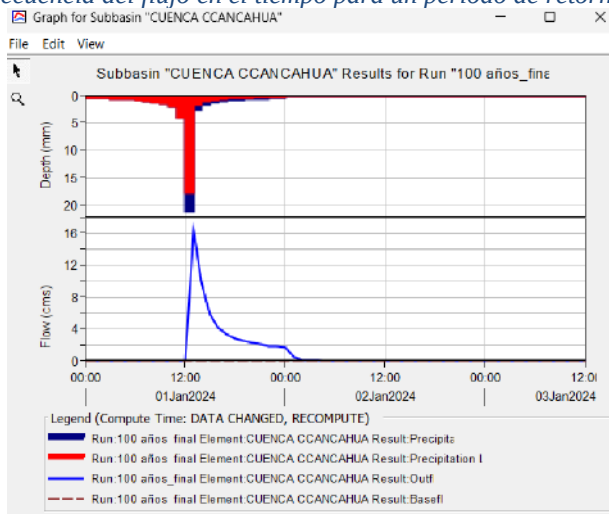
Figura 89. Resultado de simulación para 100 años de retorno



Fuente: Adaptado del software Hec-Hms.

Se genera una serie con intervalos de una hora, en donde para un periodo de retorno de 100 años, el caudal líquido máximo es de **16.4 m³/s**.

Figura 90. Secuencia del flujo en el tiempo para un periodo de retorno de 100 años



Fuente: Adaptado del software Hec-Hms.



Tabla 51. Cuadro resumen de estimación de caudales máximos para diferentes periodos de retorno

CUENCA	TIEMPO DE RETORNO	CAUDAL MÁXIMO	UNIDAD
Microcuenca Ccancahua	2	3.5	m ³ /s
	5	5.5	m ³ /s
	10	7.3	m ³ /s
	20	9.6	m ³ /s
	25	10.4	m ³ /s
	50	13.1	m ³ /s
	100	16.4	m ³ /s

Nota. Obtenido a partir software Hec-hms con el método “Hidrograma Unitario SCS”

5.6. HIDROGEOLOGIA

5.6.1. GENERALIDADES

“La hidrogeología es la ciencia que estudia el origen y la formación de las aguas subterráneas, sus formas de yacimiento, difusión, movimiento, régimen y reservas y la interacción con diferentes litologías como suelos y rocas, su estado líquido, sólido y gaseoso, propiedades físicas, químicas y bacteriológicas; así como su aprovechamiento, regulación y evacuación” (Mijailov, 1989)

Las características hidrogeológicas del material geológico suelen actuar como factores desencadenantes de fenómenos de geodinámica externa, yace ahí la importancia de su estudio en evaluaciones de peligro y riesgo geológico. Por lo tanto, es de suma importancia definir los conceptos de acuíferos, acuitardos, acuicludos y acuífugos para luego realizar la clasificación de unidades hidrogeológicas en la zona según su permeabilidad (Fig. 91, Fig. 92).

Figura 91. Clasificación de terrenos por la permeabilidad

Valores (m/día)	PERMEABILIDAD									
	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻¹	1	10	10 ²	10 ³
Calificación	Impermeable		Poco permeable		Algo permeable		Permeable		Muy permeable	
Calificación del Acuífero	Acuicludo		Acuitardo		Acuífero pobre		Acuífero medio a bueno		Acuífero	
Tipo de Materiales	arcilla compacta granito		Limo arenoso Limo Arcilla limosa		Arena fina Arena limosa caliza fracturada		Arena limpia grava y arena. arena fina		Grava limpia	

Nota: Adaptado de Hidrología Subterránea (p. 473), por Custodio & Llamas, 1983, Ediciones Omega, S.A.

5.6.1.1. PERMEABILIDAD

La determinación de la permeabilidad es un problema delicado ya que influyen mucho las pequeñas variaciones de granulometría y composición. Y en un medio- heterogéneo es muy difícil asignar una permeabilidad, dependiendo de varios factores. (Custodio y Llamas, 1983)

Figura 92. Valores de permeabilidad de los principales tipos de suelos

Suelo	Descripción	Clasificación USCS	Permeabilidad (m/s)
Gravas	Bien gradadas	GW	10^{-3} a 10^{-1}
	Bien seleccionadas	GP	10^{-2} a 10
	Limosas	GM	10^{-7} a 10^{-5}
	Arcillosas	GC	10^{-8} a 10^{-6}
Arenas	Bien gradadas	SW	10^{-5} a 10^{-3}
	Bien seleccionadas	SP	10^{-4} a 10^{-2}
	Limosas	SM	10^{-7} a 10^{-5}
	Arcillosas	SC	10^{-8} a 10^{-6}
Limos	Baja plasticidad	ML	10^{-9} a 10^{-7}
	Alta plasticidad	MH	10^{-9} a 10^{-7}
Arcillas	Baja plasticidad	CL	10^{-9} a 10^{-7}
	Alta plasticidad	CH	10^{-10} a 10^{-8}

Nota: Adaptado de Introductory Soil Mechanics and Foundations: Geotechnical Engineering (s.p.), por Sowers, 1978, Macmillan Publishing Co., Inc.

5.6.1.2. ACUIFEROS

Según Carlotto et al (2011), los acuíferos son “toda formación geológica capaz de almacenar y transmitir agua subterránea. Es decir, aquella que permite el movimiento del agua por gravedad, en condiciones que pueda ser económicamente explotable. Pudiendo ser porosos consolidados o no consolidados, fisurados, kársticos o combinaciones de estos” (p.155).

5.6.1.3. ACUITARDOS

“Son las rocas o suelos que almacenan y transmiten lentamente el agua en su interior o en forma localizada debido a su poca permeabilidad” (Carlotto et al., 2011, p.155).

5.6.1.4. ACUICLUDOS

Es un tipo de formación capaz de almacenar agua, hasta llegar al punto de saturación, pero no la transmiten. Este tipo de material se caracteriza por ser poroso, pero no permeable, como las arcillas. Por lo tanto, no es posible su aprovechamiento. (Carlotto et al., 2011, p.156)



5.6.1.5. ACUIFUGOS

Es toda formación geológica que no almacena ni transmite agua. Son rocas impermeables y se comportan como sello, es decir, condicionan el almacenamiento en otras unidades rocosas permeables. (Carlotto et al., 2011, p.156)

5.6.2. CLASIFICACIÓN DE LAS UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

5.6.2.1. ACUÍFERO ALUVIAL “APNC-al”

Se trata de un acuífero poroso no consolidado o acuífero libre, constituido primordialmente de gravas y arenas no consolidados, debido a lo cual poseen una permeabilidad primaria, una gran capacidad de flujo y almacenamiento de las aguas subterráneas, ubicándose en toda la extensión del cono aluvial formado en la desembocadura de la microcuenca Ccancahua y en todo el valle del Vilcanota (Fig. 94).

En las calicatas realizadas por el PNUD (2005) en las llanuras de inundación del poblado Quehuar, se caracterizaron arenas limosas pobremente gradadas (arenas con gravas finas sub-redondeadas), que según la clasificación SUCS es un suelo tipo SM. Donde según la clasificación de Sowers (1978), este tipo suelo tiene valor de permeabilidad entre los rangos de 10^{-7} a 10^{-5} m/s. Además, durante la excavación de las calicatas, se detectó el nivel freático NAF a una profundidad entre los 0.8 a 1.5 m en temporada seca.

5.6.2.2. ACUÍFERO COLUVIO-ALUVIAL “APNC-cl/al”

Se clasifica como un acuífero poroso no consolidado; constituido por guijarros, cantos rodados, gravas y arenas en una matriz limo-arenosa, brindando una permeabilidad primaria, ubicándose en los conos coluvio-proluviales formados en la ladera y pies de montañas (Fig. 94).



5.6.2.3. ACUÍFERO FISURADO TARMA-COPACABANA “AF-t/co”

El acuífero fisurado Tarma-Copacabana, constituido por calizas que tienen fracturadas por el proceso de karstificación intercaladas con niveles de areniscas, lo que le da una alta permeabilidad, sin embargo, su control estructural está definido por el paso de la falla Quilca-San Felipe, por lo que podría ser considerado de alta productividad (Fig. 94).

5.6.2.4. ACUÍFERO FISURADO MITU “AF-mi”

Este acuífero fisurado vulcano-sedimentario, aflora en el cerro Chuñomocco y Pucará (Fig. 94) de composición conglomerádica y areniscas, junto con niveles de basaltos fracturados, lo que se le clasifica como acuífero fisurado vulcano-sedimentario, donde las rocas tienen permeabilidad primaria en los niveles sedimentarios y una permeabilidad secundaria en los niveles volcánicos, lo cual permite el flujo de las aguas subterráneas a través de estas rocas. Se inventarió 2 manantiales importantes, el manantial Qocha Wasa y Raki Raki (Fig. 93) que alcanzan un caudal de 56 l/s y 76.4 l/s respectivamente (Tabla 52), siendo este último el que abastece de agua potable a la C.C. Qquehuar.

5.6.2.5. ACUÍFERO FISURADO HUANCANÉ “AFS-hua”

Este es un acuífero fisurado sedimentario, aflora en el cerro Chuñomocco (Fig. 94), compuesto por areniscas cuarzosas de origen fluvial y eólico, debido a lo cual posee una buena permeabilidad primaria debido a su composición, lo que le permite la recarga y el flujo de las aguas subterráneas. Poseyendo también una porosidad secundaria por su intenso fracturamiento.

5.6.2.6. ACUITARDO AMBO “ATS-am”

Considerado como un acuitardo sedimentario, debido a sus niveles de conglomerados clasto soportados en una matriz cuarzo arenosa muy fina y de areniscas cuarzosas de grano grueso, siendo esta matriz lo que le confiere un flujo bajo y una permeabilidad baja (Fig. 94).



5.6.2.7. ACUITARDO MUNI “ATS-mu”

Este acuitardo sedimentario, compuesto por intercalaciones de lutitas, limolitas con yesos, que por su baja permeabilidad restringe el flujo de agua, donde la surgencia de agua subterránea está condicionada por las zonas de fracturamiento y fallamientos. Inventariándose los manantes Suchu 1 y Suchu 2 en la quebrada Suchu Q’uchu, asociados a fallamientos de tipo inverso, con caudales de 12.6 y 7.3 L/s respectivamente (Tabla 52, Fig. 94).

5.6.2.8. ACUITARDO ANANEA “ATM-a”

Este es una unidad hidrogeológica con características poco permeables, clasificado como acuitardo metamórfico, constituida principalmente por pizarras gris azuladas. Las escasas surgencias de aguas subterráneas que se presentan están condicionadas por las zonas de fallamientos y fracturamientos propias del núcleo del anticlinal del Vilcanota (Fig. 94).

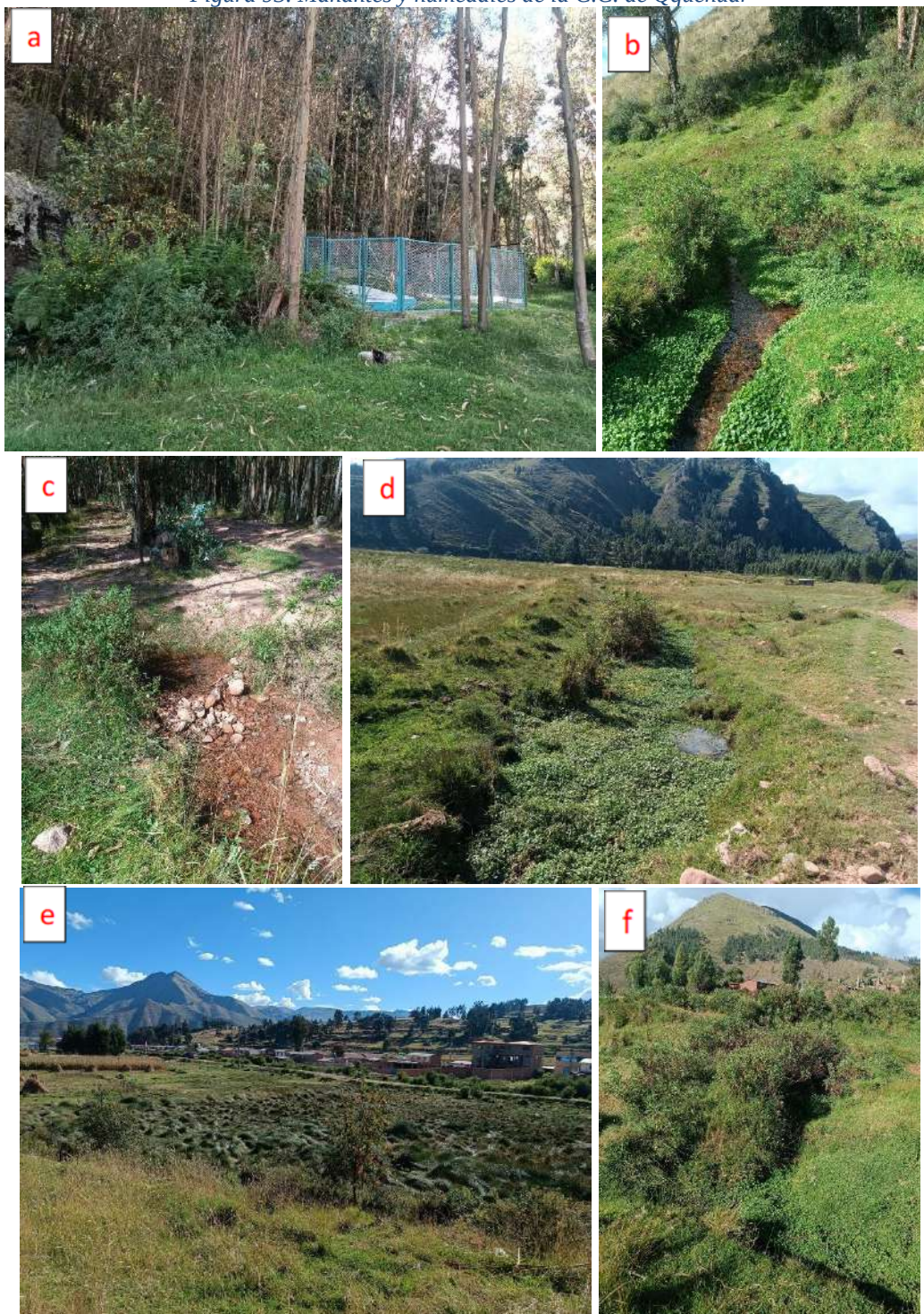
5.6.3. INVENTARIO DE MANANTES EN LA C.C. DE QUEHUAR

En la C.C. de Quechuar afloran 9 manantes, la mayor parte del agua es utilizada para el consumo humano, labores agrícolas y de ganadería (Tabla 52, Fig. 93, Fig. 94).

Tabla 52. Inventario de manantes aflorantes en la C.C. de Quechuar

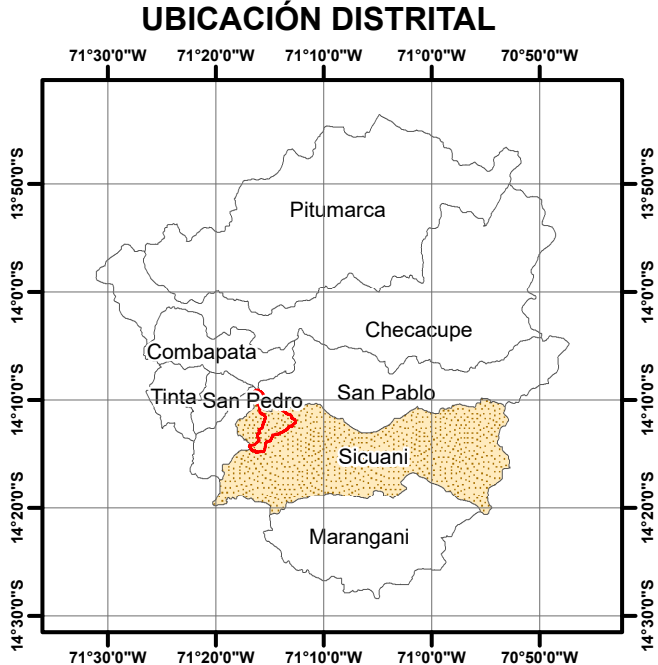
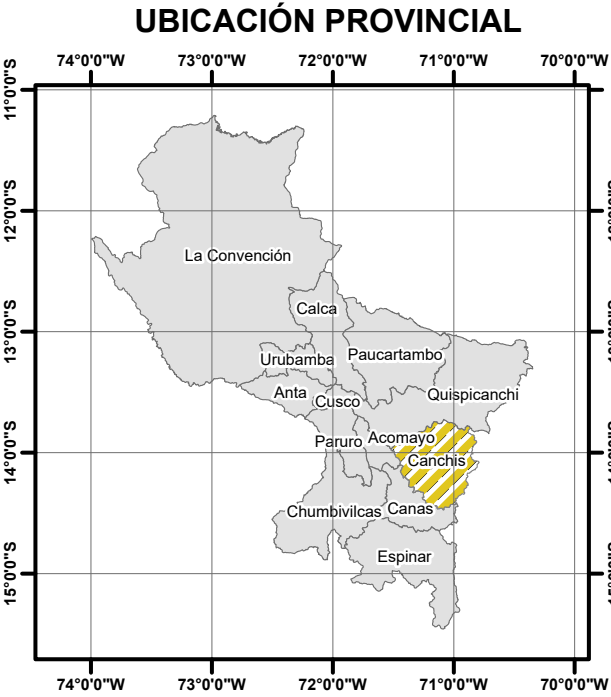
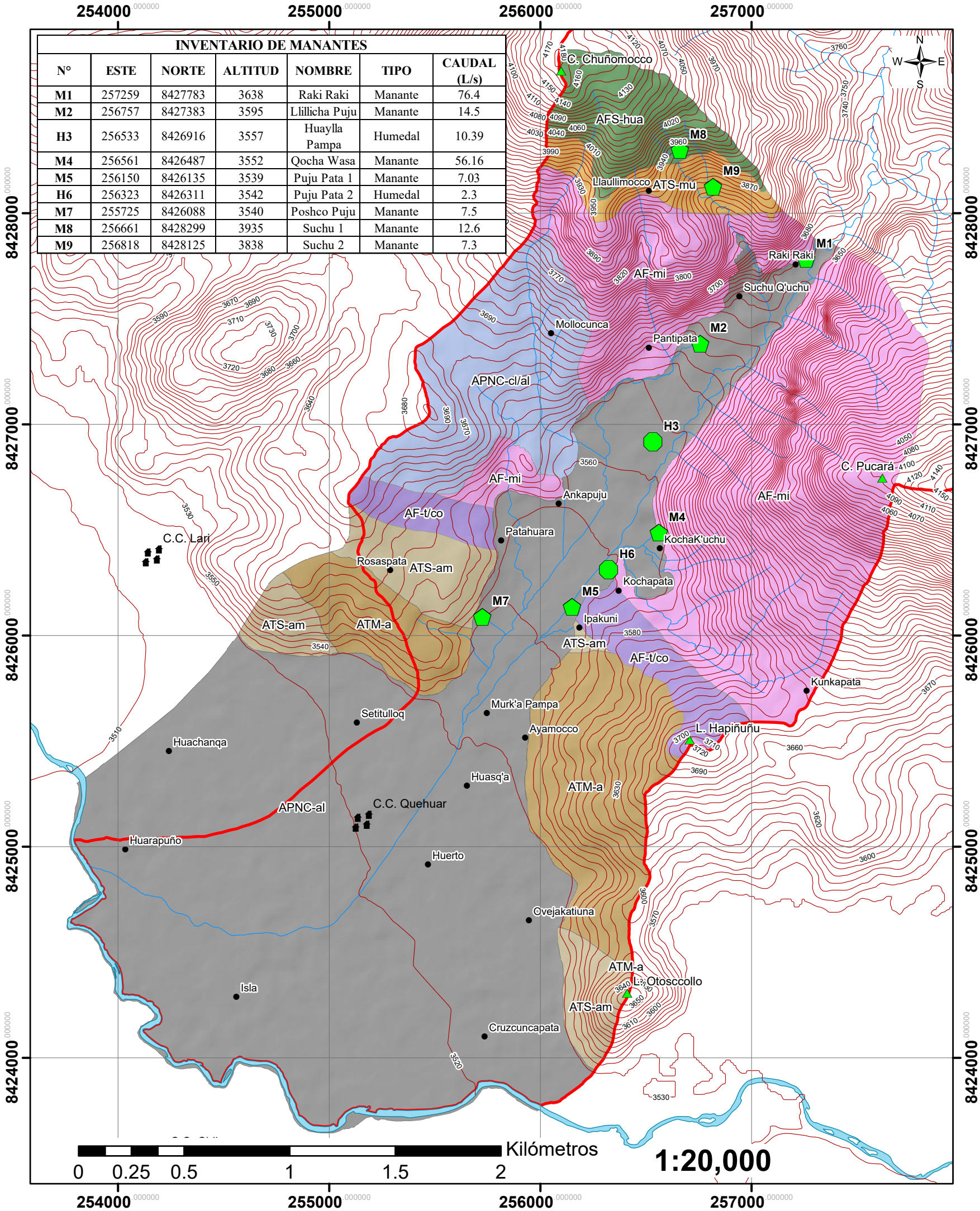
INVENTARIO DE MANANTES						
Nº	ESTE	NORTE	ALTITUD	NOMBRE	TIPO	CAUDAL (L/s)
1	257259	8427783	3638	Raki Raki	Manante	76.4
2	256757	8427383	3595	Llilicha Puju	Manante	14.5
3	256533	8426916	3557	Huaylla Pampa	Humedal	10.39
4	256561	8426487	3552	Qocha Wasa	Manante	56.16
5	256150	8426135	3539	Puju Pata 1	Manante	7.03
6	256323	8426311	3542	Puju Pata 2	Humedal	2.3
7	255725	8426088	3540	Poshco Puju	Manante	7.5
8	256661	8428299	3935	Suchu 1	Manante	12.6
9	256818	8428125	3838	Suchu 2	Manante	7.3

Figura 93. Manantes y humedales de la C.C. de Qquehwar



Nota. Afloramiento del (a) manante Raki Raki, (b) manante Qocha Wasa, (c) manante Llilicha Puju, (d) riachuelo formado por el humedal Huaylla Pampa, (e) humedal Paju Pata 2 y (f) manante Paju Pata 1.

Figura 94. Mapa hidrogeológico local de la Comunidad Campesina de Qquehwar



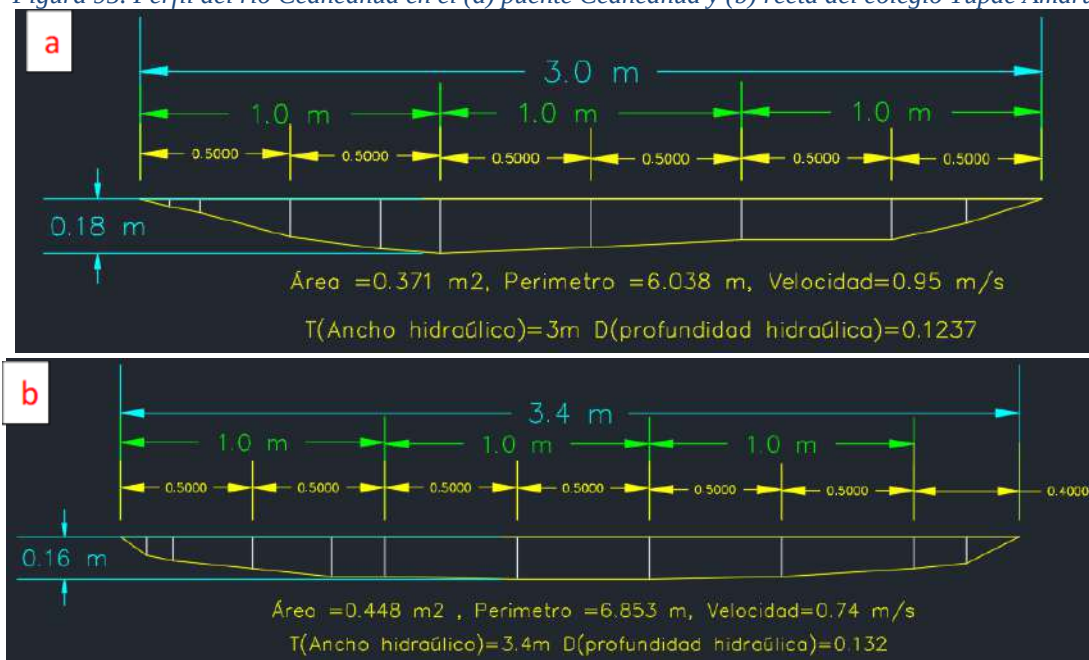
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO			
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA			
TESIS PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO GEOLOGO				
"EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO EN LOS MÁRGENES DEL RÍO CCANCAHUA EN LA C.C. DE QQUEHUAR, EN EL DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA DE CANCHIS, REGIÓN CUSCO, 2023"				
Mapa: MAPA HIDROGEOLÓGICO DE LA C.C. DE QQUEHUAR				
Asesor: Mgt. Ing. IVAN CACERES ANGULO		Responsable: Bach. LABRA MAMANI, ENOC ANTONY Bach. YAPO BEJAR, LUIS MIGUEL		
Ubicacion:		Datum:	Escala:	Figura: 94
Dep. CUSCO		WGS 84	INDICADA	
Prov. CANCHIS		Sistema de Proyeccion:	Fecha:	
Dist. SICUANI		UTM ZONA 19 S	FEB-2024	

CAPITULO VI: MODELAMIENTO NUMÉRICO DEL FLUJO HIPERCONCENTRADO

6.1. REGIMEN HIDRÁULICO DEL RÍO CCANCAHUA

Se evaluó el régimen hidráulico del río Ccancahua en dos puntos: (1) el puente Ccancahua con ubicación N:8426724.56 , E:256529.23 y (2) a la recta del colegio Tupac Amaru con el río Ccancahua en la ubicación N:8425112.65 , E:255364.11 (Fig. 95).

Figura 95. Perfil del río Ccancahua en el (a) puente Ccancahua y (b) recta del colegio Tupac Amaru



El dimensionamiento hidráulico del río Ccancahua se basa en la ecuación de Manning para canales abiertos, cuya fórmula es la siguiente:

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{2/3} * S^{1/2}$$

De esa manera obteniéndose el caudal y la velocidad del río Ccancahua en los aforos medidos, mostrados en la Tabla 53.

Tabla 53. Caudal y velocidad del río Ccancahua obtenido con la ecuación de Manning

AFOROS	n (Coef. de Manning)	A (Área hidráulica) (m ²)	R (Radio Hidráulico) (m)	S (Pendiente) (m/m)	P (Perímetro mojado) (m)	Q (Caudal) (m ³ /s)	V (Velocidad) (m/s)
Pto 1	0.048	0.371	0.0614	0.086	6.038	0.35	0.95
Pto 2	0.048	0.448	0.0653	0.048	6.853	0.33	0.74



6.1.1. NÚMERO DE FROUDE DEL RIO CCANCAHUA

Para el río Ccancahua con un caudal de 0.35 y 0.33 m³/s, se obtiene números de Froude que corresponden a un régimen subcrítico en época de lluvias (ver tabla 54).

Tabla 54. Número de Froude del río Ccancahua

FECHA DE EVALUACIÓN	LUGAR	RIO	CAUDAL (M3/S)	NÚMERO DE FROUDE (Fr)	TIPO DE RÉGIMEN
31-03-2024	Punto 1	Ccancahua	0.35	0.86	SUBCRÍTICO
31-03-2024	Punto 2	Ccancahua	0.33	0.65	SUBCRÍTICO

6.1.2. NUMERO DE REYNOLDS DEL RIO CCANCAHUA

Para el río Ccancahua; se evaluó los parámetros de velocidad, viscosidad cinemática del agua y altura del flujo; de lo que se obtiene números de Reynolds que corresponde a un régimen de alta turbulencia en época de lluvias (ver tabla 55).

Tabla 55. Número de Reynolds del río Ccancahua

FECHA DE EVALUACIÓN	LUGAR	RIO	CAUDAL (M3/S)	NÚMERO DE REYNOLDS (Re)	TIPO DE RÉGIMEN
31-03-2024	Punto 1	Ccancahua	0.35	117 515	Turbulento
31-03-2024	Punto 2	Ccancahua	0.33	97 772	Turbulento

6.1.3. GASTO SÓLIDO DE FONDO DEL RIO CCANCAHUA

Se estimó el gasto sólido de fondo a partir de datos obtenidos en campo, aplicándose las fórmulas de propuestas por Meyer-Peter y Müller, Parker- Klingeman y Mc Lean, Mizuyama y Shimohigashi, Rickeman y Meunier (Tabla 57). Las características de la sección para los diferentes caudales se muestran en la Tabla 56.

Tabla 56. Datos de sección obtenidos para diferentes caudales para el gasto sólido de fondo

Caudal (m3/s)	Perímetro mojado (m)	Ancho medio (m)	Radio hidráulico	Coef. de rugosidad de Manning "n"	Tirante medio (m)
0.35	6.038	3	0.0614	0.048	0.18
10.4	13.81	5.82	0.421	0.048	1
13.1	14.87	6.035	0.487	0.048	1.2
16.4	17.29	7.095	0.554	0.048	1.35



Tabla 57. Gasto sólido de fondo en m³/s del río Ccancahua para diferentes caudales

Caudal (m³/s)	Meyer - Peter y Müller (m³/s)	Mizuyama y Shimohigashi (m³/s)	Parker, Klingeman y Mc Lean (m³/s)	Rickenman (1990) (m³/s)	Meunier (1989) (m³/s)	Promedio (m³/s)
0.35	0.0076	0.0007	0.0034	0.1064	0.0220	0.0349
10.4	0.9537	0.0375	1.0927	3.6199	0.6552	1.5804
13.1	1.1939	0.0472	1.4924	3.9818	0.8253	1.8733
16.4	1.6634	0.0591	2.1139	4.9849	1.0332	2.4488

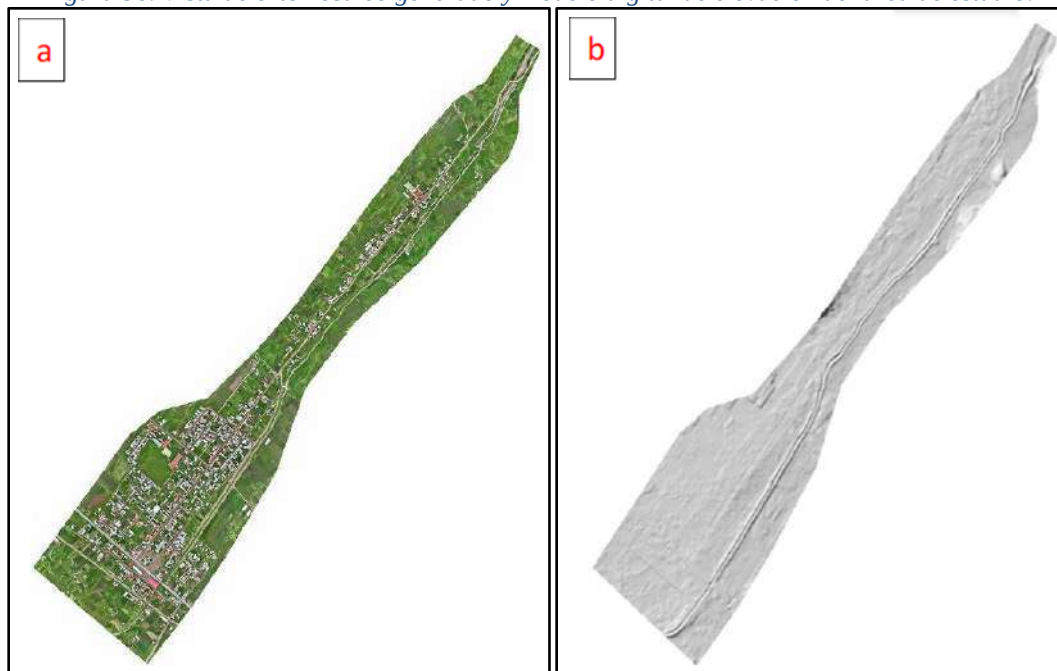
Dándosele un porcentaje de 50% al gasto sólido de fondo y un 50% para el gasto sólido en suspensión por la pendiente del río y el material gravo-arenoso a transportar, nuestro caudal de transporte de sedimentos se duplicaría al promedio obtenido en la Tabla 57 para los caudales estudiados, de ese modo estaría rondando el 25% de concentración volumétrica propuesta para los caudales en los diferentes tiempos de retorno para el flujo hiperconcentrado.

6.2. PRE PROCESO

6.2.1. OBTENCIÓN DE MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN (DEM)

Se realizó el levantamiento fotogramétrico con el Drone Mavic 3 Enterprise, el cual obtuvo las ortofotos en la zona de estudio. Para el procesamiento de imágenes, se introducen las coordenadas corregidas y las fotografías al programa PIX4D, el cual realiza una orientación de imágenes, colocación de puntos de control, generación de nube de puntos densa, generación de mallas, generación de modelos digitales de elevación y ortomosaico rectificado. Una vez obtenida la nube de puntos y el ortomosaico, se utilizaron las herramientas del programa Agisoft Metashape para determinar los puntos del terreno, estos puntos nos permitirán generar un modelo digital del terreno (Fig. 96) para la posterior generación de curvas de nivel (Fig. 97).

Figura 96. Vista de ortomosaico generado y modelo digital de elevación del área de estudio.

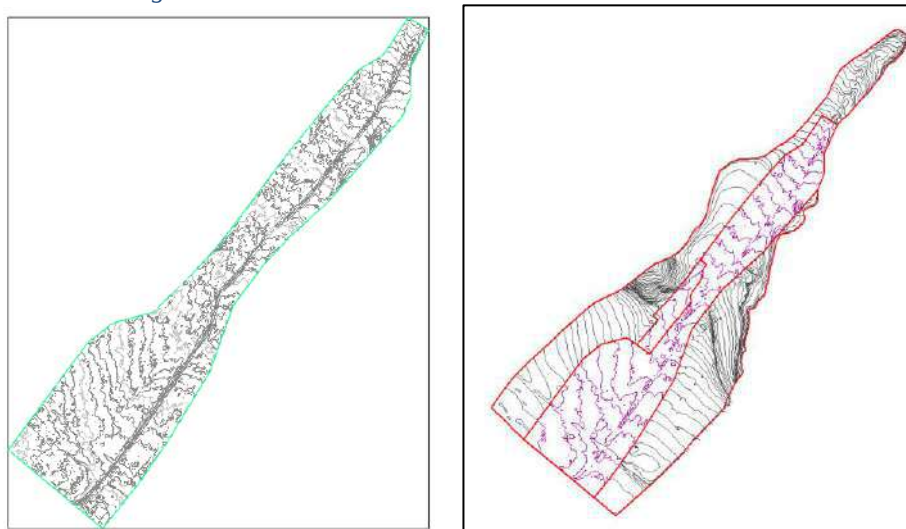


Nota. (a) Ortomosaico y (b) modelo de elevación digital generados.

6.2.1.1. Generación de curvas de nivel

Se realizó un muestreo del modelo digital de elevaciones colocando puntos cada 3 metros y a partir de ellos se generaron las curvas de nivel en el software Civil 3D (Fig. 97).

Figura 97. Generación de curvas de nivel del área de estudio

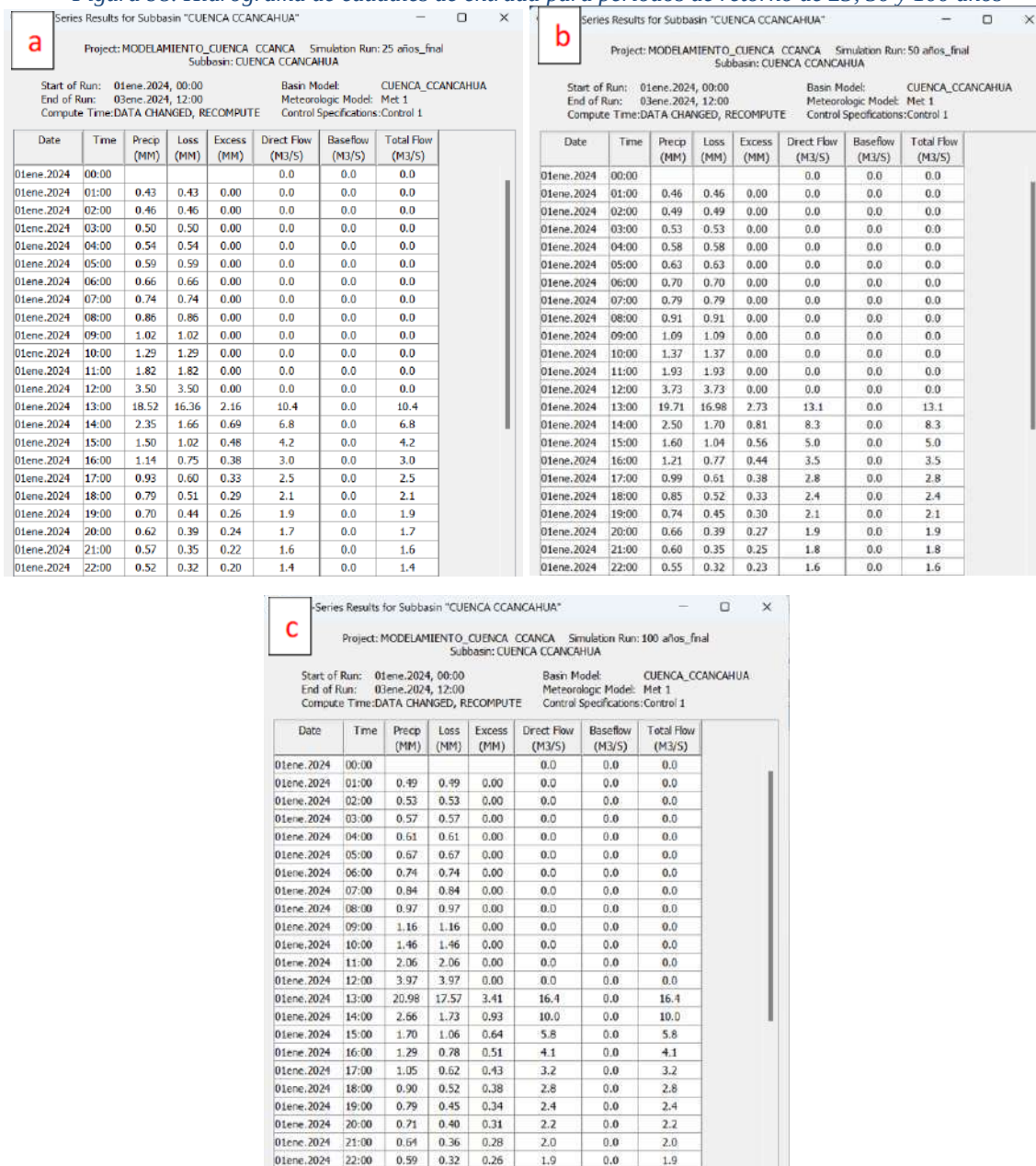




6.2.2. CAUDALES DE ENTRADA

A partir del modelo escorrentía - precipitación máxima generado para la microcuenca Ccancahua en el software HEC-HMS, se obtuvo un hidrograma de caudales máximos por horas, para 3 periodos de retorno: TR=25, 50 y 100 años (Fig. 98).

Figura 98. Hidrograma de caudales de entrada para periodos de retorno de 25, 50 y 100 años



Nota. Hidrograma de caudales para un (a) Tr de 25 años, (b) Tr de 50 años y (c) Tr de 100 años.



6.2.3. COEFICIENTE DE MANNING “n”

La asignación del coeficiente de rugosidad de Manning para canal del río Ccancahua, se aplicará el método de Cowan (1956) y las tablas referentes a ella, el cual está descrito en el marco teórico, en el cual el valor de n se calculó por (Tabla 58):

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) * m_5$$

Tabla 58. Cuadro de asignación de coeficiente de rugosidad para el canal del río Ccancahua

CONDICIONES DE CANAL		VALORES		“n”
Material involucrado	Grava gruesa	n0	0.028	0.048
Grado de irregularidad	Menor	n1	0.005	
Variaciones de la sección transversal	Ocasionalmente Alternante	n2	0.005	
Efecto relativo de las obstrucciones	Insignificante	n3	0.000	
Vegetación	Media	n4	0.010	
Grado de los efectos por meandros	Menor	m5	1.000	

Nota. Valores obtenidos a partir del método de Cowan.

Siendo el valor asignado para el coeficiente de Manning al canal del río Ccancahua de 0.048

Para la asignación de los coeficientes de rugosidad de Manning “n” para la llanura de inundación o zonas aledañas, se utilizó “la tabla recomendada por HEC-RAS para los coeficientes de rugosidad de Manning de Ven te Chow (1994)”, el cual recopiló valores de coeficientes de Manning recomendados de diferentes fuentes (Tabla 59).

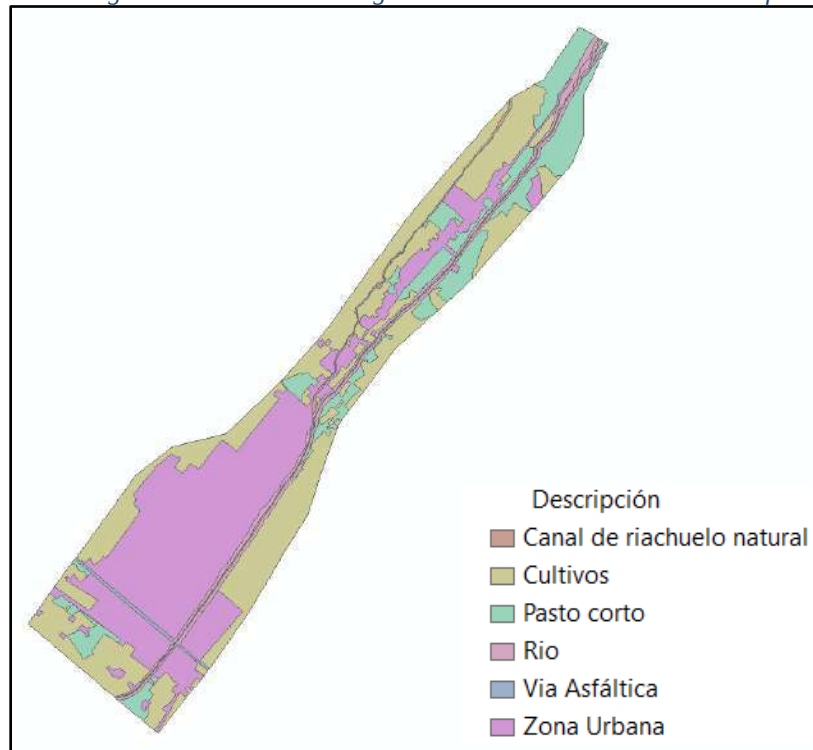
Tabla 59. Asignación del coeficiente de rugosidad para las zonas de llanura de inundación

TIPO DE CANAL	COEFICIENTE DE RUGOSIDAD “n”
Áreas cultivadas (cultivos en línea maduros)	0.035
Canal de corriente natural	0.035
Vía Asfáltica	0.013
Zona Urbana	0.15
Pastizales (Pasto corto)	0.03

Nota. Valores asignados de la tabla de coeficiente de rugosidad “n” de Ven te Chow, 1994.

Se asignan los valores de rugosidad en los softwares GIS con los valores de las tablas 58 y 48, definiendo 6 zonas diferenciadas (Fig. 99).

Figura 99. Asignación de valores de rugosidad a la zona de estudio en el software GIS



6.2.4. PARÁMETROS REOLÓGICOS PARA EL FLUJO HIPERCONCENTRADO

Para la asignación de los parámetros reológicos, se realizó una prospección del suelo mediante calicatas en tres puntos en la zona de acumulación del flujo de detritos en la base de la quebrada Suchu Q'uchu (el cual es la fuente de alimentación del flujo hiperconcentrado), con el fin de realizar el análisis granulométrico determinación de los límites líquidos e índices de plasticidad de los sedimentos muestreados. Las curvas granulométricas obtenidas se muestran en la Figura 100 y Tabla 59.

Figura 100. Curvas granulométricas de las muestras recolectadas

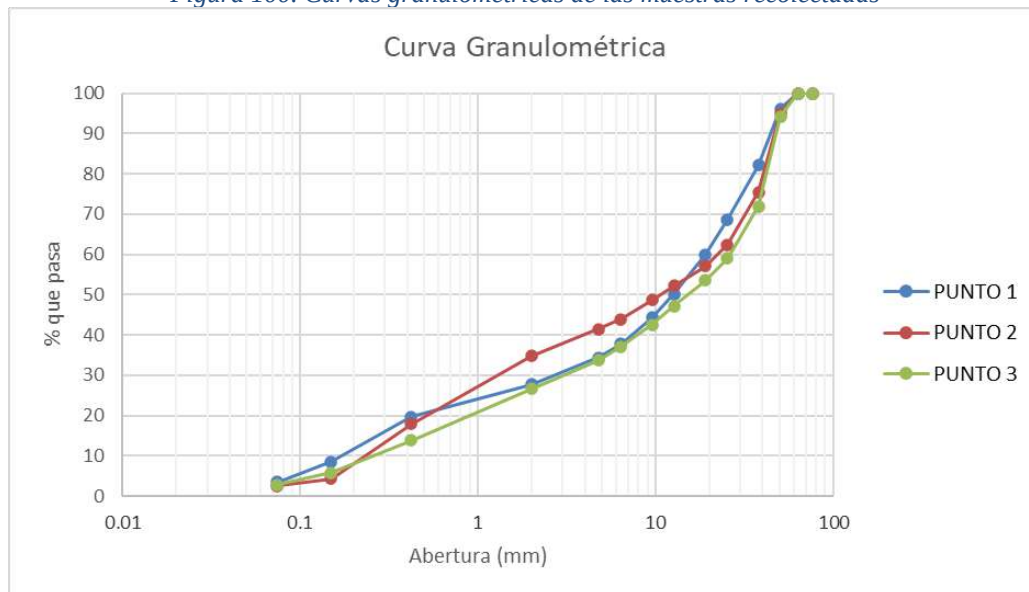


Tabla 60. Distribución porcentual granulométrica de las muestras recolectadas

Calicata	X	Y	% gravas	% arenas	% finos
1	257044	8427420	65.53	30.89	3.58
2	256815	8427173	58.5	38.95	2.59
3	256723	8427127	66.3	30.83	2.89
Promedio			63.443	33.556	3.02

Según la distribución porcentual de las muestras se trata de gravas mal gradadas, con un 33.556 % de arenas y 3.02 % de finos, en la que carecen de plasticidad por su bajo contenido de arcillas en la matriz de estas.

De acuerdo al análisis granulométrico, porcentaje de finos, LL e IP se estimará los valores del esfuerzo de cedencia y viscosidad dinámica a partir de los coeficientes empíricos y valores recomendados por O'brien & Julien (1988) descritos en el marco teórico, para el caso de estudio se usará los datos del caso Glenwood 2, debido a la semejanza con los datos de granulometría y su bajo porcentaje de finos, observándose en el siguiente cuadro los parámetros empíricos de Glenwood 2 (Tabla 61).



Tabla 61. Parámetros reológicos para la matriz del flujo hiperconcentrado

Parámetros Reológicos	Tipo De Muestra	Esfuerzo de cedencia “ τ_y ”		Viscosidad dinámica “ n ”		Cv (%)
		α_2	β_2	α_1	β_1	
Valor	Glenwood 2	0.0765	16.9	0.0648	6.2	25%

Nota. Coeficientes empíricos tomados de O’Brien & Julien (1988).

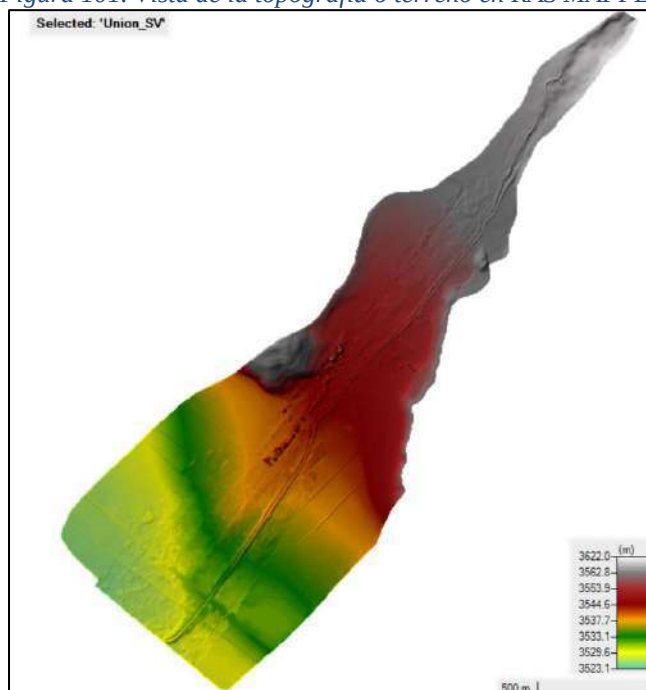
6.3. PROCESO DEL MODELAMIENTO NUMÉRICO CON HEC-RAS 2D

El Software HEC-RAS desde versión 6.0 en adelante, viene implementada con las herramientas para la modelación de flujos no Newtonianos como los: flujos hiperconcentrados (flow hyperconcentrated), flujos de lodos (mudflow) y flujos de detritos (debris flow).

6.3.1. DATOS GEOMÉTRICOS

En la herramienta Ras Mapper de HEC-RAS, es en la que se visualizará la topografía “Terrains” en formato .tif (Fig. 101), las ortofotos, los polígonos con valores de rugosidad e infiltración, los resultados, entre otros.

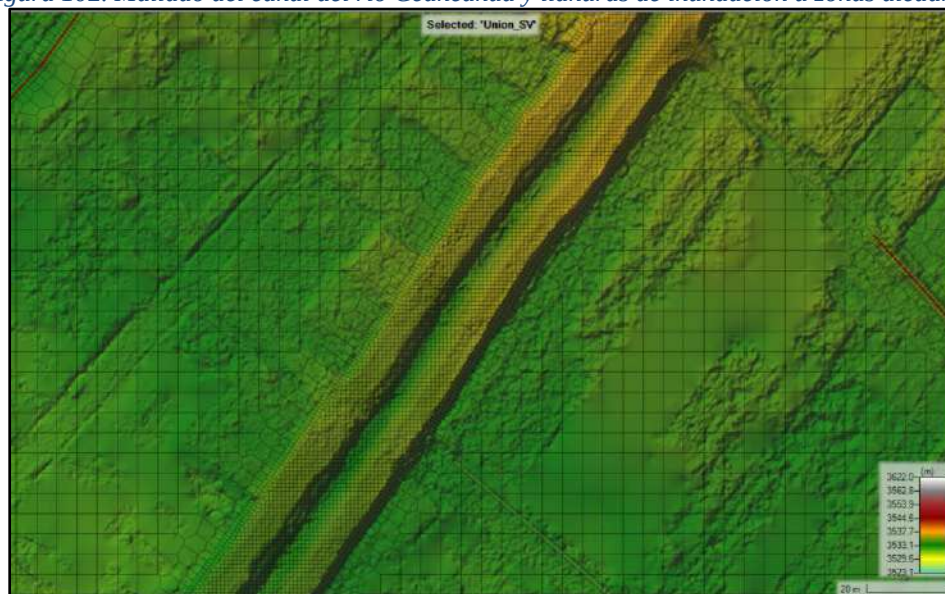
Figura 101. Vista de la topografía o terreno en RAS MAPPER



6.3.2. GENERACIÓN DE MALLA

Se realizó el mallado con la herramienta Perimeters del RasMapper, en el cual se le asigna un tamaño de malla de 5 m en las llanuras de inundación u zonas aledañas, y un tamaño de malla de 1 m en el canal del río Ccancahua (Fig. 102), para la modelación del flujo hiperconcentrado.

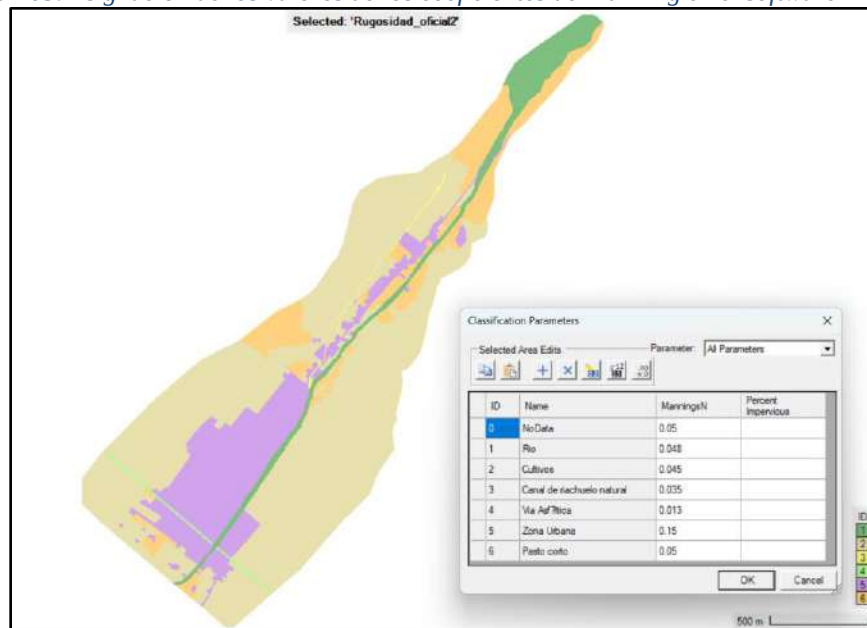
Figura 102. Mallado del canal del río Ccancahua y llanuras de inundación u zonas aledañas.



6.3.3. ASIGNACIÓN DEL COEFICIENTE DE MANNING EN HEC-RAS

En la sección Map Layers de Hec-ras, se subió el shp creado de rugosidad en el software Gis y se asignará los valores de rugosidad al terreno (Fig. 103).

Figura 103. Asignación de los valores de los coeficientes de Manning en el software HEC-RAS

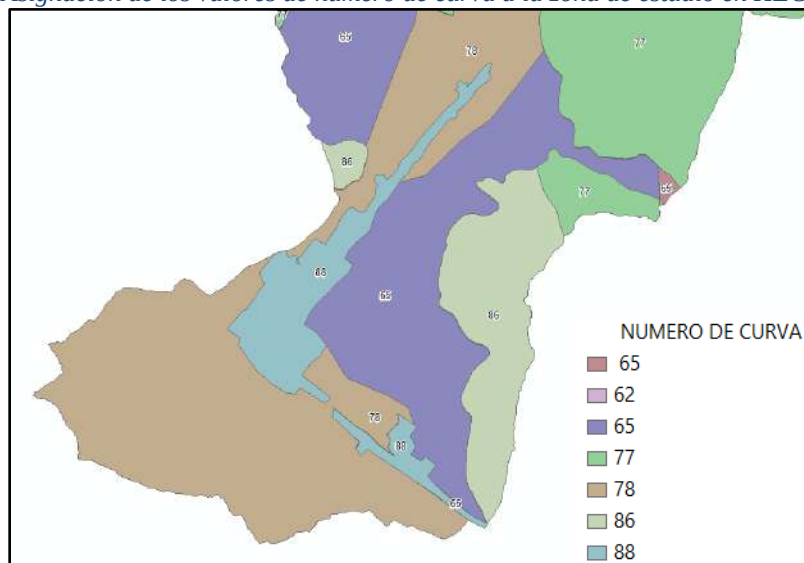


Fuente: Adaptado del Software Hec-ras.

6.3.4. ASIGNACIÓN DEL CN PARA INFILTRACIÓN EN HEC-RAS

Para los valores de infiltración, se usó el método del número de curva “SCS”, el cual es un método a usar en HEC-RAS (Fig. 104).

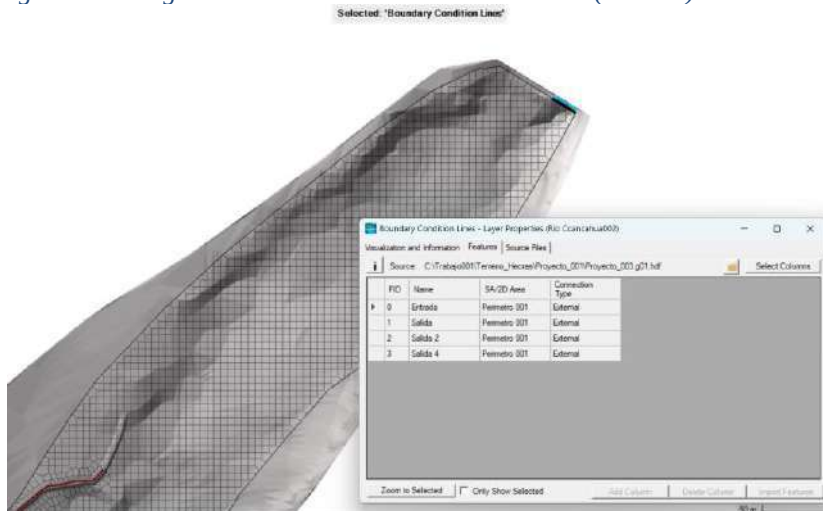
Figura 104. Asignación de los valores de número de curva a la zona de estudio en HEC-RAS



6.3.5. CONDICIONES DE CONTORNO (BOUNDARY CONDITION LINES)

Se le asigna las condiciones de contorno (entrada) en la parte alta del canal del río Ccancahua, y las condiciones de contorno (salida) se ubican en la parte baja y llanuras de inundación del área de estudio (Fig. 105).

Figura 105. Asignación de las condiciones de contorno (entrada) en HEC-RAS.



Nota. Vista en la ventana Ras Mapper. Adaptado del software HEC-RAS.

6.3.5.1. DATOS DEL FLUJO NO PERMANENTE (UNSTEADY FLOW DATA)

Se asigna dos condiciones de contorno, uno de tipo “Flow Hydrograph” en el cual colocaremos el hidrograma de los caudales máximos y tres de tipo “Normal Depth” (Fig. 106).



Figura 106. Condiciones de contorno para la simulación en Hec-ras

a Steady Flow Data - Flow002

Options Help

Description: [] Apply Data

Boundary Conditions | Initial Conditions | Meteorological Data | Observed Data

Boundary Condition Types

Stage Hydrograph	Flow Hydrograph	Stage/Flow Hydr.	Rating Curve
Normal Depth	Lateral Inflow Hydr.	Uniform Lateral Inflow	Groundwater Interflow
T.S. Gate Openings	Flow Controlled Gates	Navigation Dams	IB Stage/Flow
Rules	Precipitation		

Add Boundary Condition Location

Add RS ... Add SA/2D Flow Area ... Add Corn ... Add Pump Sta ... Add Pipe Node ...

Select Location in table then select Boundary Condition Type

River	Reach	RS	Boundary Condition

Storage/2D Flow Areas

	Boundary Condition
1 Perimetro 001 BCLine: Entrada	Flow Hydrograph
2 Perimetro 001 BCLine: Salida 3	Normal Depth
3 Perimetro 001 BCLine: Salida 2	Normal Depth
4 Perimetro 001 BCLine: Salida 4	Normal Depth

Non-Newtonian fluid properties specified

b Hydrograph

2D: Perimetro 001 BCLine: Entrada

Read from DSS before simulation Select DSS file and Path

File: [] Path: []

Enter Table Data time interval: 1 Hour

Select/Enter the Data's Starting Time Reference

Use Simulation Time: Date: 01JAN2025 Time: 0000

Fixed Start Time: Date: [] Time: []

No. Ordinates Interpolate Missing Values Del Row Ins Row

	Date	Simulation Time (hours)	Flow (m3/s)
1	31Dec2024 2400	0:00:00	0.5
2	01Jan2025 0100	1:00:00	13.832
3	01Jan2025 0200	2:00:00	9.044
4	01Jan2025 0300	3:00:00	4.2
5	01Jan2025 0400	4:00:00	3
6	01Jan2025 0500	5:00:00	2.5
7	01Jan2025 0600	6:00:00	2
8	01Jan2025 0700	7:00:00	
9	01Jan2025 0800	8:00:00	
10	01Jan2025 0900	9:00:00	
11	01Jan2025 1000	10:00:00	
12	01Jan2025 1100	11:00:00	
13	01Jan2025 1200	12:00:00	
14	01Jan2025 1300	13:00:00	
15	01Jan2025 1400	14:00:00	

Time Step Adjustment Options ("Critical" boundary conditions)

Monitor this hydrograph for adjustments to computational time step

Max Change in Flow (without changing time step): []

Min Flow: [] Multiplier: [] EG Slope for distributing flow along BC Line: 0.018 TW []

Plot Data OK Cancel

c Hydrograph

2D: Perimetro 001 BCLine: Entrada

Read from DSS before simulation Select DSS file and Path

File: [] Path: []

Enter Table Data time interval: 1 Hour

Select/Enter the Data's Starting Time Reference

Use Simulation Time: Date: 01JAN2025 Time: 0000

Fixed Start Time: Date: [] Time: []

No. Ordinates Interpolate Missing Values Del Row Ins Row

	Date	Simulation Time (hours)	Flow (m3/s)
1	31Dec2024 2400	0:00:00	0.5
2	01Jan2025 0100	1:00:00	17.423
3	01Jan2025 0200	2:00:00	11.039
4	01Jan2025 0300	3:00:00	5
5	01Jan2025 0400	4:00:00	3.5
6	01Jan2025 0500	5:00:00	2.8
7	01Jan2025 0600	6:00:00	2.4
8	01Jan2025 0700	7:00:00	
9	01Jan2025 0800	8:00:00	
10	01Jan2025 0900	9:00:00	
11	01Jan2025 1000	10:00:00	
12	01Jan2025 1100	11:00:00	
13	01Jan2025 1200	12:00:00	
14	01Jan2025 1300	13:00:00	
15	01Jan2025 1400	14:00:00	

Time Step Adjustment Options ("Critical" boundary conditions)

Monitor this hydrograph for adjustments to computational time step

Max Change in Flow (without changing time step): []

Min Flow: [] Multiplier: [] EG Slope for distributing flow along BC Line: 0.018 TW []

Plot Data OK Cancel

d Hydrograph

2D: Perimetro 001 BCLine: Entrada

Read from DSS before simulation Select DSS file and Path

File: [] Path: []

Enter Table Data time interval: 1 Hour

Select/Enter the Data's Starting Time Reference

Use Simulation Time: Date: 01JAN2025 Time: 0000

Fixed Start Time: Date: [] Time: []

No. Ordinates Interpolate Missing Values Del Row Ins Row

	Date	Simulation Time (hours)	Flow (m3/s)
1	31Dec2024 2400	0:00:00	0.5
2	01Jan2025 0100	1:00:00	21.81
3	01Jan2025 0200	2:00:00	13.3
4	01Jan2025 0300	3:00:00	5.8
5	01Jan2025 0400	4:00:00	4.1
6	01Jan2025 0500	5:00:00	3.2
7	01Jan2025 0600	6:00:00	2.8
8	01Jan2025 0700	7:00:00	
9	01Jan2025 0800	8:00:00	
10	01Jan2025 0900	9:00:00	
11	01Jan2025 1000	10:00:00	
12	01Jan2025 1100	11:00:00	
13	01Jan2025 1200	12:00:00	
14	01Jan2025 1300	13:00:00	
15	01Jan2025 1400	14:00:00	

Time Step Adjustment Options ("Critical" boundary conditions)

Monitor this hydrograph for adjustments to computational time step

Max Change in Flow (without changing time step): []

Min Flow: [] Multiplier: [] EG Slope for distributing flow along BC Line: 0.018 TW []

Plot Data OK Cancel

Nota. (a) Condiciones de contorno, (b) hidrogramas del flujo para un Tr de 25 años, (c) hidrograma de flujos para un Tr de 50 años y (d) hidrograma del flujo para un Tr de 100 años.

6.3.5.1. FACTOR DE VOLUMEN (BULKING FACTOR)

A partir del hidrograma del caudal de agua obtenido de HEC-HMS, se realizará la corrección de volumen para HEC-RAS, según la fórmula de corrección de O’Brien (2000):

$$Q_t = BF * Q_1 \quad BF = \frac{1}{1-Cv}$$

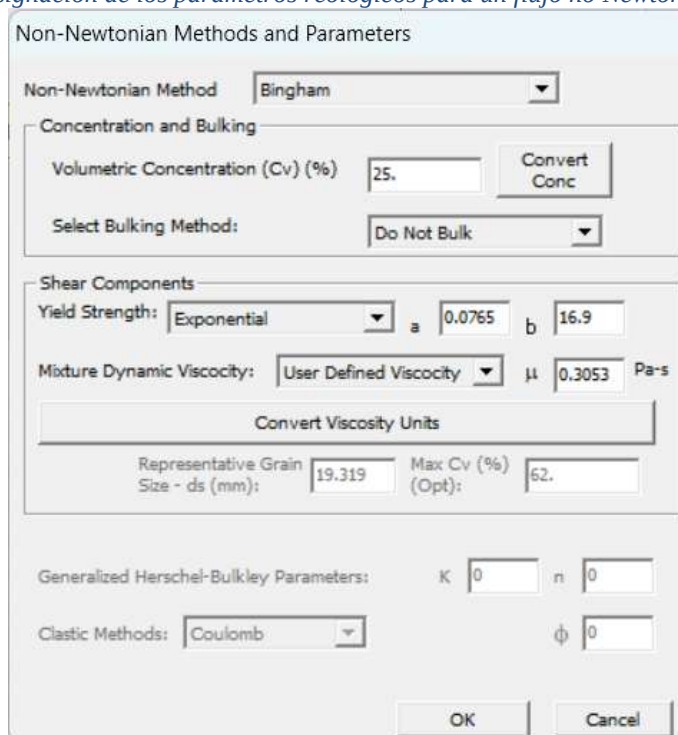
Se obtuvo los caudales totales (Tabla 62) y se asignó los parámetros reológicos en el software HEC-RAS para el modelamiento numérico (Fig. 107).

Tabla 62. Caudales totales para la simulación

Tiempo de retorno (Tr)	Cv (%)	Caudal líquido obtenido “Q1”(m³/s)	Factor de Volumen “BF”	Caudal del Flujo Hiperconcentrado “Qt”(m³/s)
25 años	25%	10.4	1.33	13.832
50 años	25%	13.1	1.33	17.423
100 años	25%	16.4	1.33	21.812

Nota. Caudales totales con el factor de volumen para diferentes periodos de retorno.

Figura 107. Asignación de los parámetros reológicos para un flujo no Newtoniano en Hec-ras



Nota. Asignación del modelo plástico de Bingham, la concentración volumétrica, los parámetros reológicos (el esfuerzo de cedencia y la viscosidad dinámica). Adaptado de HEC-RAS.

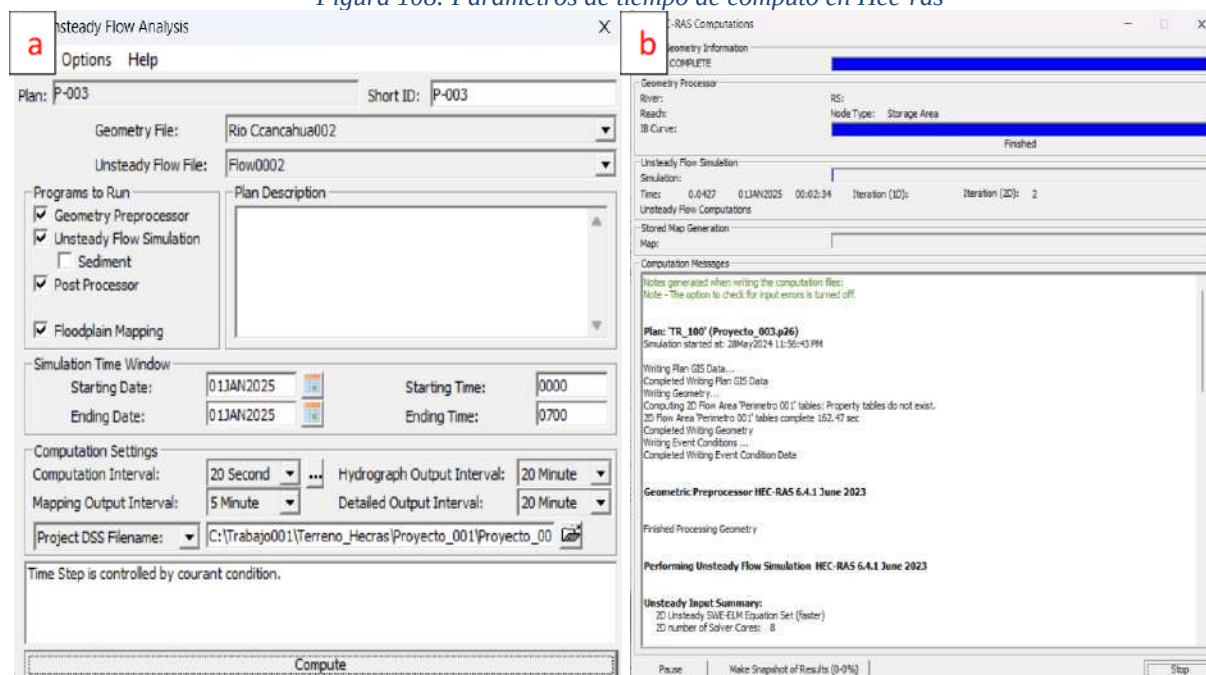


6.3.6. SIMULACIÓN DEL FLUJO HIPERCONCENTRADO

Para el análisis del flujo no permanente, se asignará los siguientes parámetros de tiempo, para una hipotética fecha del 01 de enero del 2025, y un lapso de simulación de 7 hrs (Fig. 108).

- ✓ Intervalo Computacional (Computational Interval): 20 segundos
- ✓ Mapping Output Interval (Intervalo de salida del mapa): 5 min.
- ✓ Hydrograph Output Interval (Intervalo de salida del hidrograma): 20 min.
- ✓ Detailed Output Interval (Intervalo de salida detallado): 20 min.

Figura 108. Parámetros de tiempo de cómputo en Hec-ras



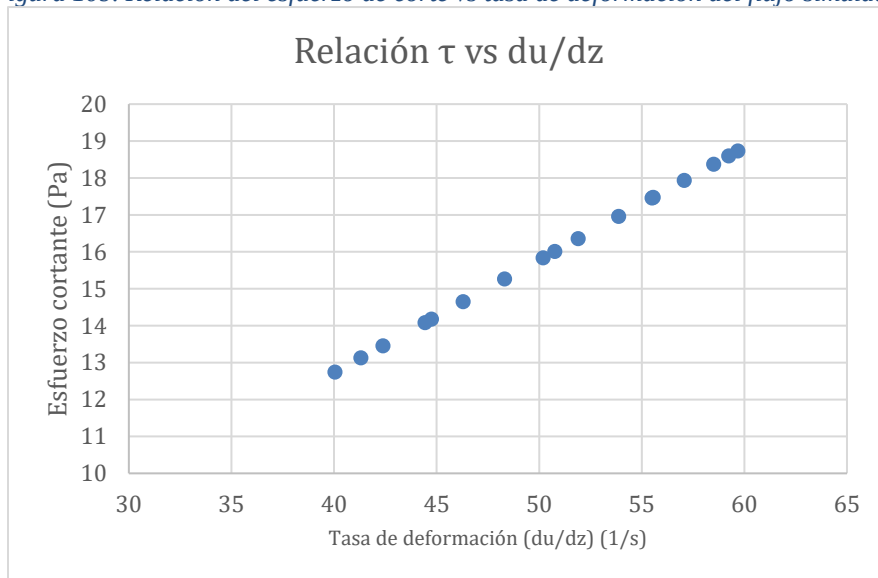
Nota. (a) Asignación de parámetros de tiempo de computo y (b) Simulación hidráulica en proceso.



6.4. POST PROCESO - VISUALIZACIÓN DE RESULTADOS

Se realizaron 3 simulaciones para escenarios de periodos de retorno de 25, 50 y 100 años, observándose la relación la relación esfuerzo de corte vs tasa de deformación del flujo hiperconcentrado simulado (Fig. 109).

Figura 109. Relación del esfuerzo de corte vs tasa de deformación del flujo simulado.



6.4.1. PARA PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS

El primer escenario, con un caudal líquido pico de $10.4 \text{ m}^3/\text{s}$ y una concentración de sedimentos del 25%, cuyos resultados se presentan en la Tabla 63, Fig. 110 y Fig. 111.

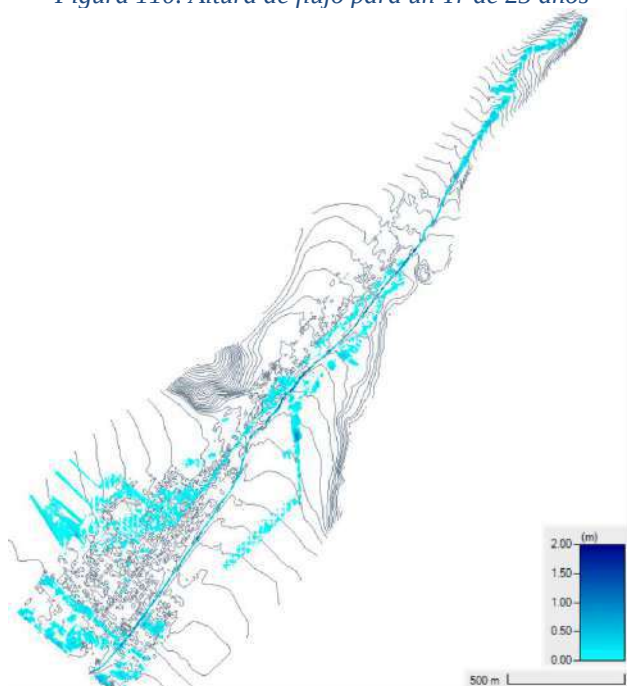
Tabla 63. Análisis del flujo para T_r de 25 años ($Q_{lp}=10.4 \text{ m}^3/\text{s}$)

FLUJO (M^3)	AGUA (M^3)	BULKED WITH SEDIMENT (M^3)
Hidrograma de entrada (Inflow)	80000	1064000
Flujo dentro del área de análisis	37400	49515.9
Flujo fuera del área de análisis (Outflow)	42770	56884.1

El volumen total del flujo simulado es de 0.106 millones de m^3 , de los cuales 0.08 millones de m^3 son agua y 0.026 millones de m^3 es del sedimento transportado. Donde dentro del área de análisis u simulación se deposita un total de $37\,400 \text{ m}^3$ de agua y $12\,515.9 \text{ m}^3$ de sedimento. Siendo el área afectada dentro del área de análisis es de $368\,038.43 \text{ m}^2$.

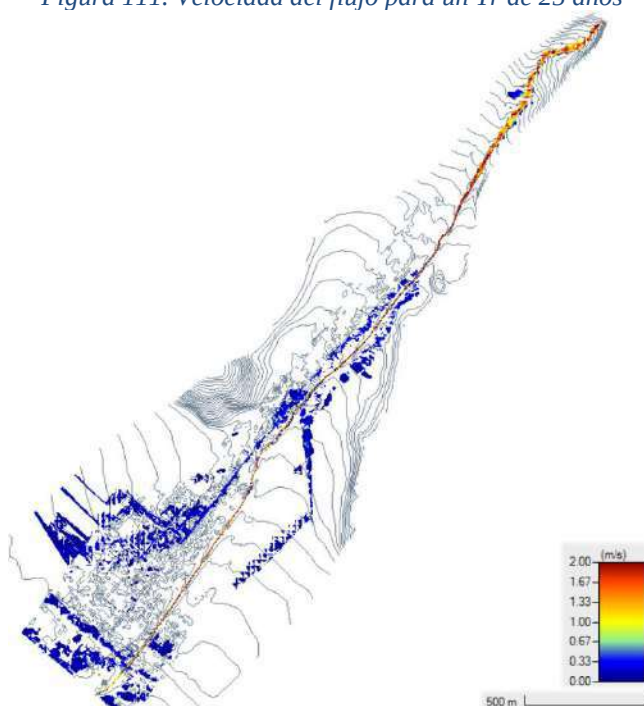
A. Altura del flujo para un Tr de 25 años

Figura 110. Altura de flujo para un Tr de 25 años



B. Velocidad del flujo para un Tr de 25 años

Figura 111. Velocidad del flujo para un Tr de 25 años





6.4.2. PARA PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS

El primer escenario, con un caudal líquido pico de $13.1 \text{ m}^3/\text{s}$ y una concentración de sedimentos del 25%, cuyos resultados se presentan en la Tabla 64, Fig. 112 y Fig. 113.

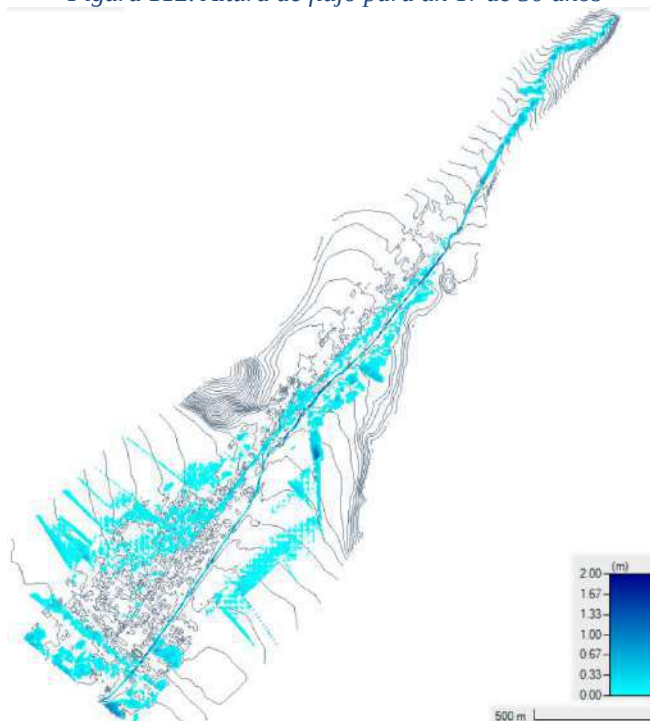
Tabla 64. Análisis del flujo para Tr de 50 años ($Q_{lp}=13.1 \text{ m}^3/\text{s}$)

FLUJO (M^3)	AGUA (M^3)	BULKED WITH SEDIMENT (M^3)
Hidrograma de entrada (Inflow)	104000	138320
Flujo dentro del área de análisis	57240	75903.1
Flujo fuera del área de análisis (Outflow)	46930	62416.9

El volumen total del flujo simulado es de 0.138 millones de m^3 , de los cuales 0.104 millones de m^3 son agua y 0.034 millones de m^3 es del sedimento transportado. Donde dentro del área de análisis u simulación se deposita un total de $57\,240 \text{ m}^3$ de agua y $18\,663.1 \text{ m}^3$ de sedimento. Siendo el área afectada dentro del área de análisis es de $582\,236.44 \text{ m}^2$.

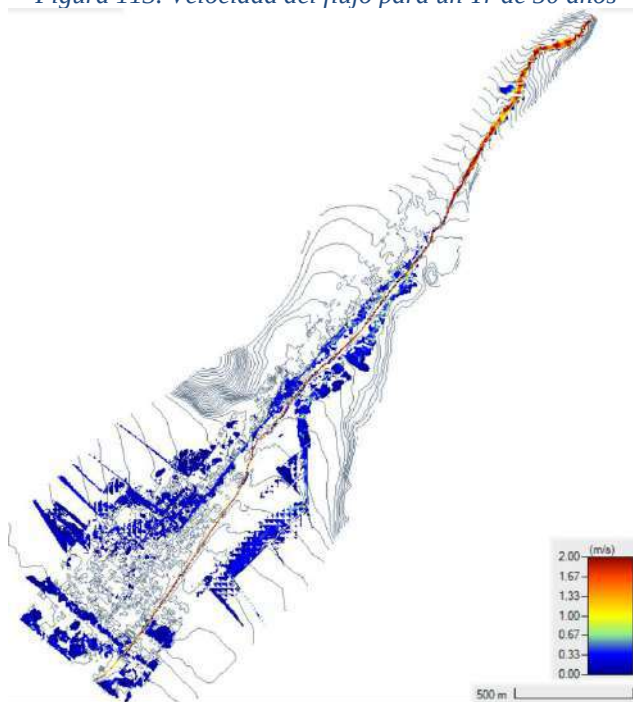
A. Altura del flujo para un Tr de 50 años

Figura 112. Altura de flujo para un Tr de 50 años



B. Velocidad del flujo para un Tr de 50 años

Figura 113. Velocidad del flujo para un Tr de 50 años



6.4.3. PARA PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS

El primer escenario, con un caudal líquido pico de $16.4 \text{ m}^3/\text{s}$ y una concentración de sedimentos del 25%, cuyos resultados se presentan en la Tabla 65, Fig. 114 y Fig. 115.

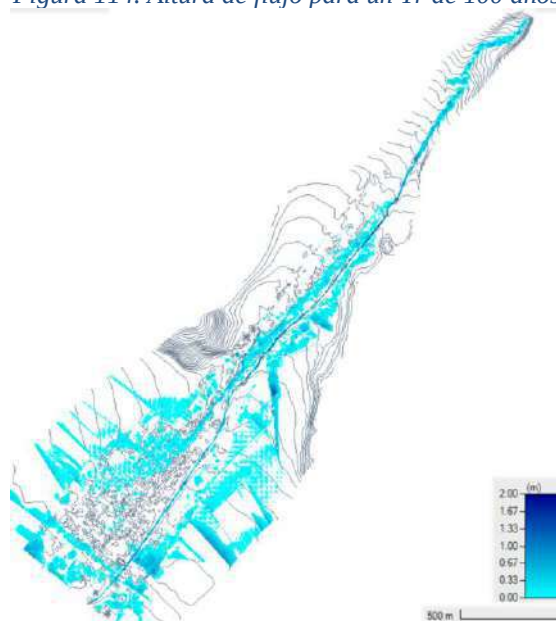
Tabla 65. Análisis del flujo para Tr de 100 años ($Q_{lp}=16.4 \text{ m}^3/\text{s}$)

FLUJO (M^3)	AGUA (M^3)	BULKED WITH SEDIMENT (M^3)
Hidrograma de entrada (Inflow)	118000	156940
Flujo dentro del área de análisis	67860	90253.8
Flujo fuera del área de análisis (Outflow)	50140	66686.2

El volumen total del flujo simulado es de 0.157 millones de m^3 , de los cuales 0.118 millones de m^3 son agua y 0.038 millones de m^3 es del sedimento transportado. Donde dentro del área de análisis u simulación se deposita un total de $67\,860 \text{ m}^3$ de agua y $22\,393.8 \text{ m}^3$ de sedimento. Siendo el área afectada dentro del área de análisis es de $689\,085.41 \text{ m}^2$.

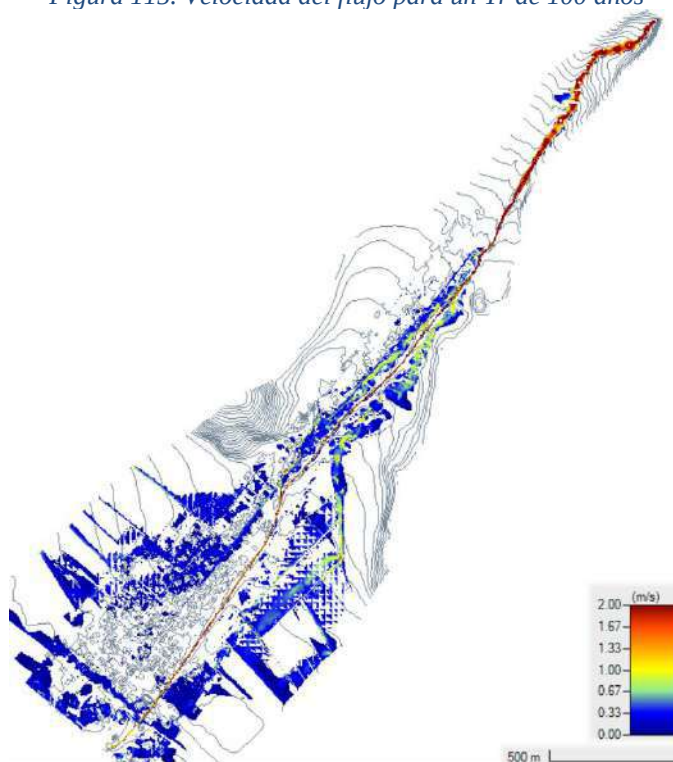
A. Altura de flujo para un Tr de 100 años

Figura 114. Altura de flujo para un Tr de 100 años



B. Velocidad del flujo para un Tr de 100 años

Figura 115. Velocidad del flujo para un Tr de 100 años





CAPITULO VII: ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE PELIGROSIDAD

Herrera y Lario (2016) define un peligro natural “como cualquier proceso natural que supone una amenaza para el ser humano”(sec. 1.2), mientras que el CENEPRED (2014) la define como “la probabilidad de que un fenómeno físico, potencialmente dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo y frecuencia definidos” (p. 20).

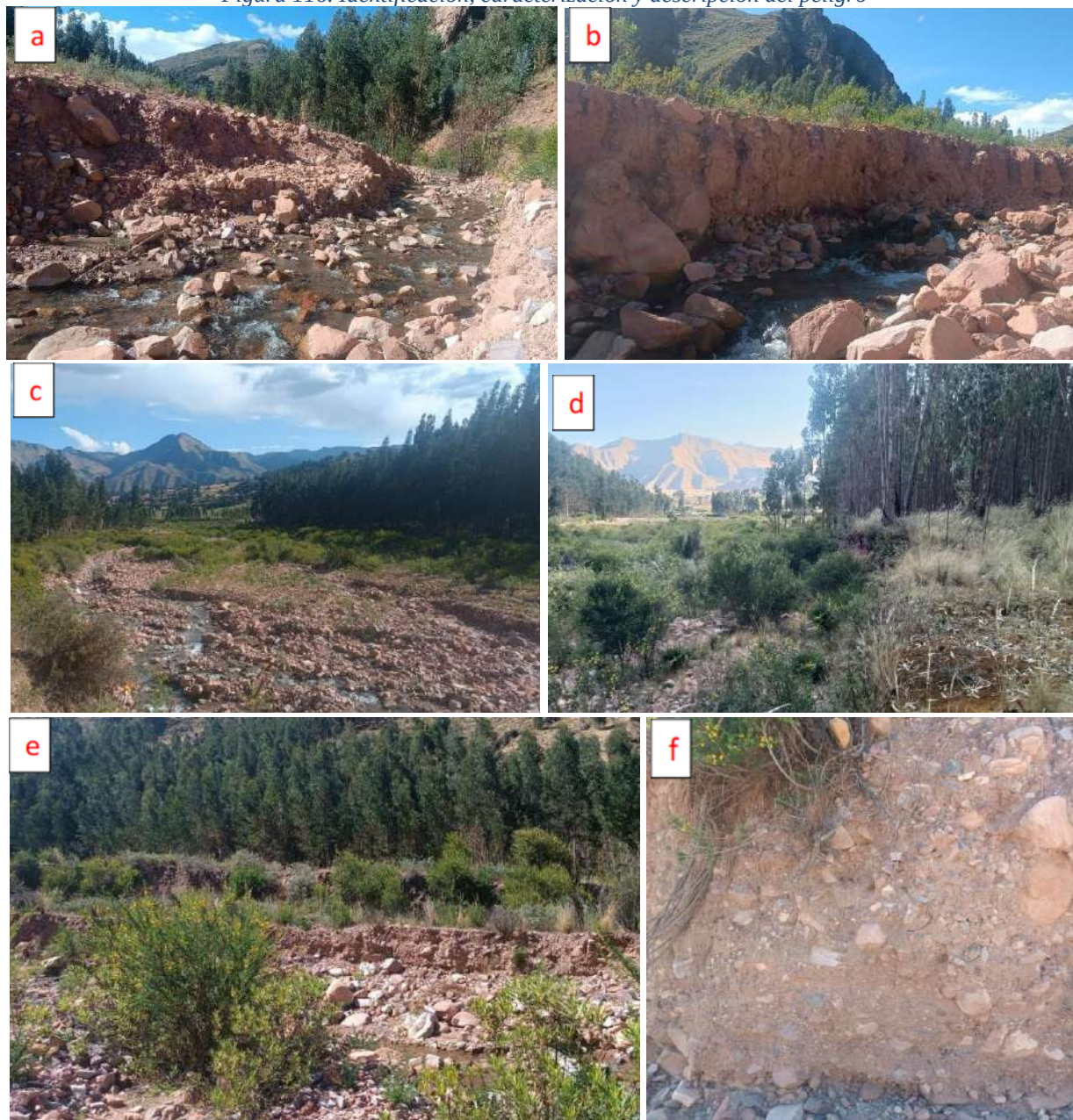
7.1. IDENTIFICACIÓN DE PELIGRO

El INDECI & PNUD (2005) en el informe “*Mapa de peligros de la ciudad de Sicuani y la localidad de Qquehwar*”, señala que la localidad de Qquehwar se encuentra en una zona de peligro muy alto por deslizamiento de rocas y suelos, erosión, inundación, huaycos y nivel freático alto (p. 119).

Según observaciones en campo y a la información recopilada en campo, se ha observado la acumulación de sedimentos a lo largo del fondo del cauce del río Ccancahua en época de lluvias; en consecuencia, la comunidad realiza el trabajo de descolmatación de manera rutinaria cada 2 o 3 años. Así mismo, en el sector Suchu Q’uchu se observa una acumulación de sedimentos (caracterizado como una grava mal gradada con un bajo porcentaje de finos) en forma de abanico aluvial producto de un flujo de detritos formado por los movimientos en masa en la quebrada Suchu Q’uchu (Fig. 116), el cual se emplaza hasta el cauce del río Ccancahua, de modo que los caudales extraordinarios para el río Ccancahua tienen la capacidad de erosionar y arrastrar estos sedimentos no consolidados, formando un flujo hiperconcentrado que podría colmar de material gravoso al piso del cauce del río ocasionando desbordes, el cual afectaría a la población y a sus medios de vida ubicadas en los márgenes del río.

Bajo el ámbito de influencia, serán evaluados por peligro ante flujo hiperconcentrado.

Figura 116. Identificación, caracterización y descripción del peligro



Nota. (a) y (b) Acumulación de depósitos proluviales recientes, las que se distinguen como depósitos más susceptibles a sufrir transporte, (c) plantación de eucaliptos en el margen derecho del río en el flujo de detritos acumulado, (d) se distingue los rastros de erosión en las zonas donde no hay plantaciones de eucalipto, (e) terrazas cubiertas de vegetación y (f) perfil estratigráfico de estas terrazas formadas por depósitos proluviales recientes.



7.2. CARACTERIZACIÓN DEL PELIGRO

Se caracterizará el depósito de flujo de detritos acumulado, para estimar el volumen de material acumulado no consolidado. Para ello, se realizaron 3 secciones transversales a lo largo del abanico aluvial (Fig. 117, Fig. 118), a partir de estas secciones se estimaron los volúmenes de material no consolidado.

Figura 117. Mapa geológico del flujo de detritos acumulado en el sector Suchu Q'uchu

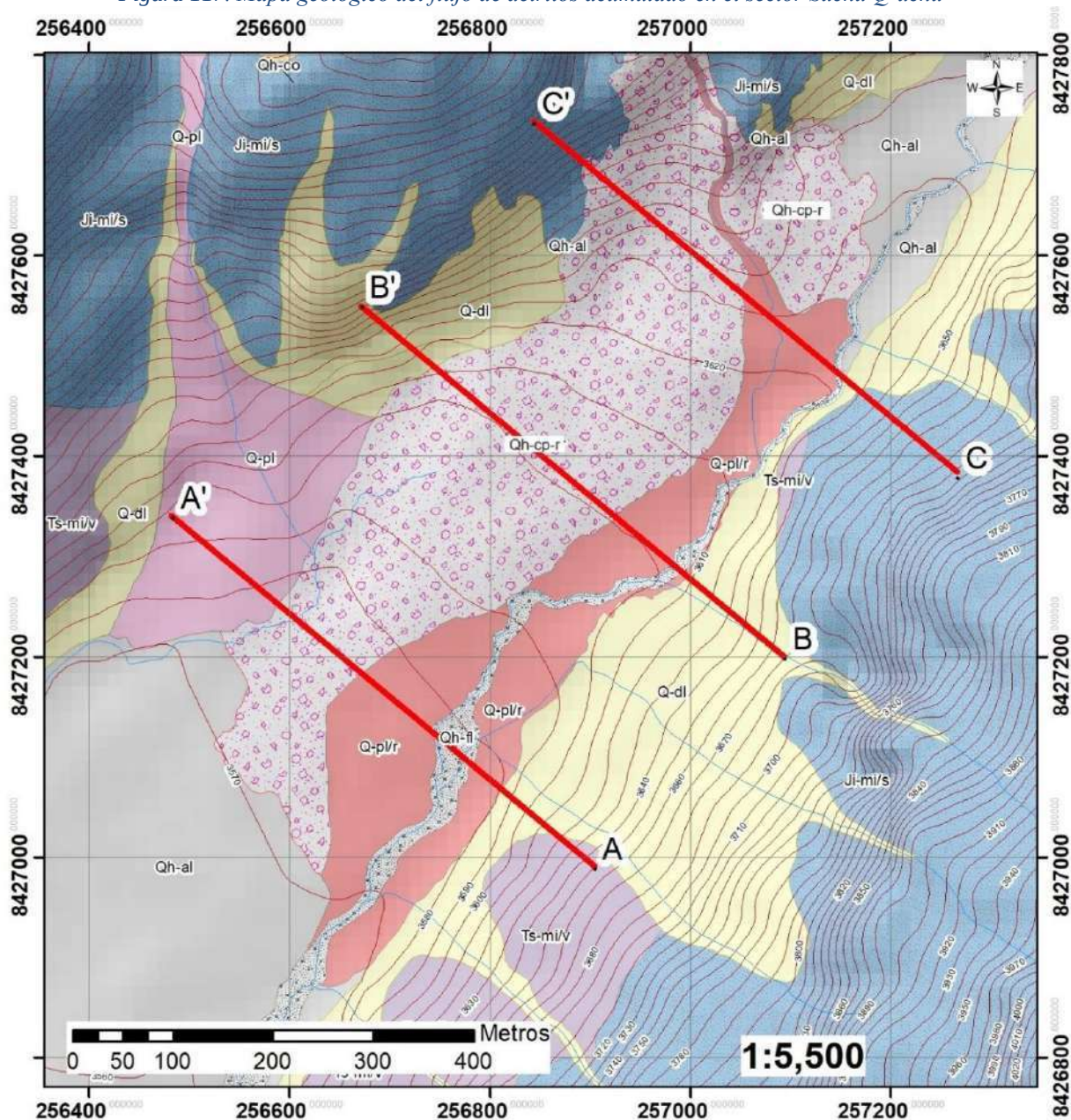
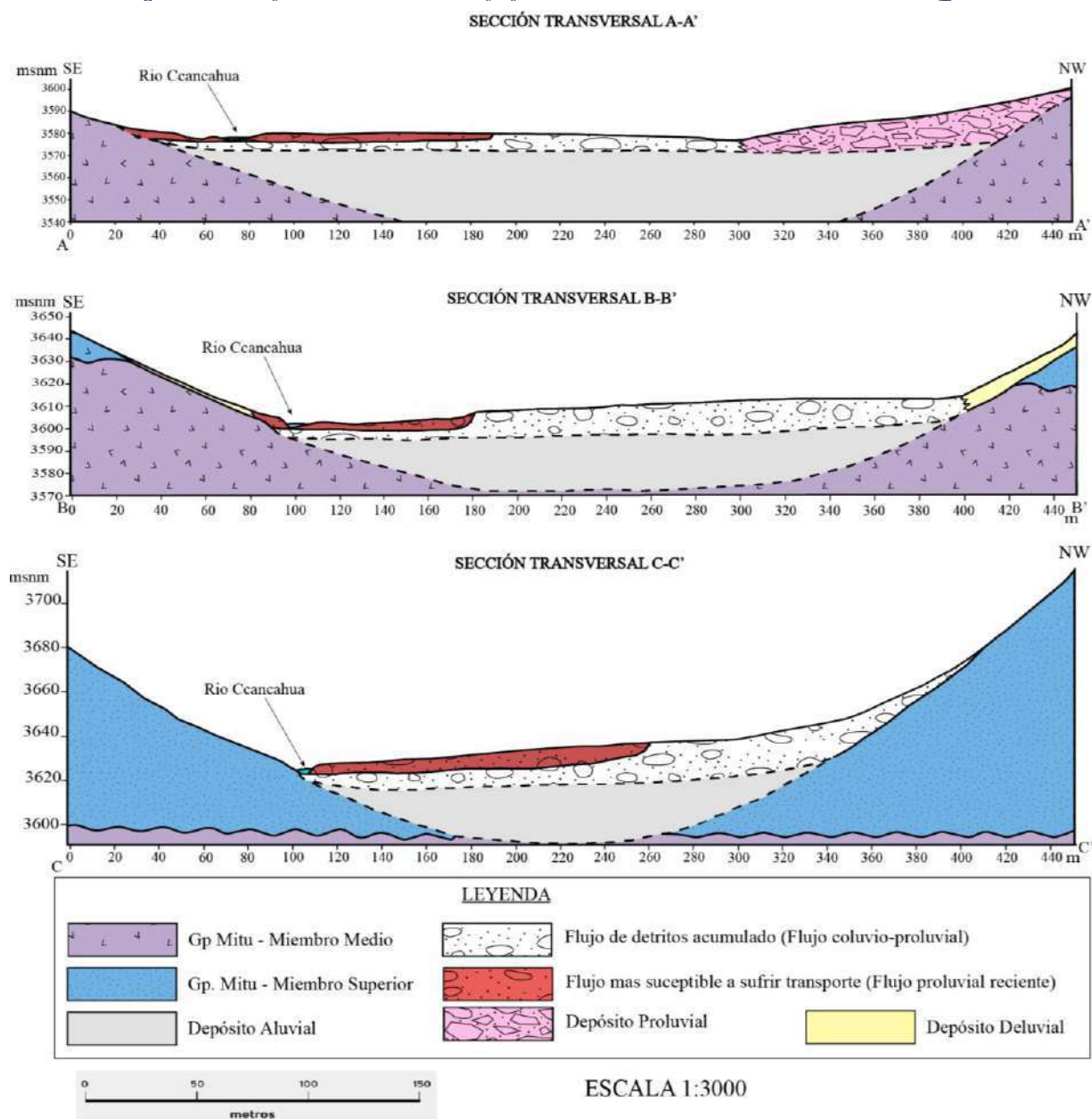


Figura 118. Perfiles transversales del flujo de detritos acumulado en el sector Suchu Q'uchu



El volumen estimado de los depósitos no consolidados, está detallado en el siguiente cuadro:

MATERIAL	VOLUMEN (M ³)
Depósito coluvio-proluvial	2 417 946.12
Depósito proluvial reciente	507 225.13
TOTAL	2 925 171.25

El volumen del material más susceptible a sufrir erosión es de 507 225.13 m³



7.2.1. DESCRIPCIÓN DEL FLUJO HIPERCONCENTRADO

Antes del año 1970, se produjeron inundaciones con alto transporte de sedimentos con mayor frecuencia debido a la falta de medidas no estructurales en la zona del flujo de detritos acumulado y la falta de medidas estructurales en el cauce del río Ccancahua, debido a ello las viviendas y pobladores sufrían periódicamente daños por impacto de estos flujos. Debido a ello en el año 1982 se realizaron plantaciones de eucalipto sobre este depósito coluvio-proluvial, y junto con el encauzamiento del río Ccancahua, se disminuyó la probabilidad de ocurrencia de estos flujos.

Actualmente, debido a la geodinámica activa de la quebrada Suchu Q'uchu que acumula anualmente sedimentos no consolidados en la base de la quebrada de la misma, junto con la falta de defensas ribereñas adecuadas en el cauce del río, crea la tendencia de formación de flujos hiperconcentrados. De la misma manera, los flujos de detritos formados en la quebrada Suchu Q'uchu tiene la capacidad de obstruir y encauzar el curso del río, y así generar un flujo hiperconcentrado con una mayor concentración de sedimentos.

7.3. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DEL PELIGRO

Los parámetros de evaluación contienen descriptores que estarán representados numéricamente por el Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty.

Tabla 66. Descriptores del parámetro altura de flujo hiperconcentrado

PARAMETRO		PESO	DESCRIPTORES
P1	ALTURA DE FLUJO (m)	0.5	Mayor a 0.5 m
			0.4 m a 0.5 m
			0.3 m a 0.4 m
			0.2 m a 0.3 m
			Menor a 0.2 m

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960).



Tabla 67. Descriptores del parámetro velocidad de flujo hiperconcentrado

PARAMETRO	PESO	DESCRIPTORES
P1	VELOCIDAD DE FLUJO (m/s)	0.5
		Mayor a 0.5 m/s
		0.4 m/s a 0.5 m/s
		0.3 m/s a 0.4 m/s
		0.2 m/s a 0.3 m/s
		Menor a 0.2 m/s

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960).

7.3.1. PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO ALTURA DE FLUJO

Tabla 68. Matriz de comparación de pares de descriptores de la altura de flujo

DESCRIPTOR	> a 0.5m	0.4m a 0.5m	0.3m a 0.4m	0.2m a 0.3m	< a 0.2m
> a 0.5m	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
0.4m a 0.5m	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00
0.3m a 0.4m	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
0.2m a 0.3m	0.25	0.33	0.50	1.00	2.00
< a 0.2m	0.20	0.25	0.33	0.50	1.00
SUMA	2.28	4.08	6.83	10.50	15.00
1/ SUMA	0.44	0.24	0.15	0.10	0.07

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960).

Tabla 69. Matriz normalizada de descriptores de la altura de flujo

DESCRIPTOR	> a 0.5m	0.4m a 0.5m	0.3m a 0.4m	0.2m a 0.3m	< a 0.2m	Vector de Priorización
> a 0.5m	0.438	0.490	0.439	0.381	0.333	0.416
0.4m a 0.5m	0.219	0.245	0.293	0.286	0.267	0.262
0.3m a 0.4m	0.146	0.122	0.146	0.190	0.200	0.161
0.2m a 0.3m	0.109	0.082	0.073	0.095	0.133	0.099
< a 0.2m	0.088	0.061	0.049	0.048	0.067	0.062
SUMA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960).

Tabla 70. Índice y relación de consistencia de descriptores de la altura de flujo

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	0.0171
RELACIÓN DE CONSISTENCIA	0.0153

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960).



7.3.2. PONDERACIÓN DE LOS DESCRIPTORES DEL PARÁMETRO VELOCIDAD DE FLUJO

Tabla 71. Matriz de comparación de pares de descriptores de la velocidad de flujo

DESCRIPTOR	> a 0.5 m/s	0.4 a 0.5m/s	0.3m/s a 0.4m/s	0.2m/s a 0.3m/s	< a 0.2m/s
> a 0.5m/s	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
0.4m/s a 0.5m/s	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00
0.3m/s a 0.4m/s	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
0.2m/s a 0.3m/s	0.25	0.33	0.50	1.00	2.00
< a 0.2m/s	0.20	0.25	0.33	0.50	1.00
SUMA	2.28	4.08	6.83	10.50	15.00
1/ SUMA	0.44	0.24	0.15	0.10	0.07

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960).

Tabla 72. Matriz normalizada de descriptores de la velocidad de flujo

DESCRIPTOR	> a 0.5m/s	0.4 a 0.5m/s	0.3m/s a 0.4m/s	0.2m/s a 0.3m/s	< a 0.2m/s	Vector de Priorización
> a 0.5m/s	0.438	0.490	0.439	0.381	0.333	0.416
0.4m/s a 0.5m/s	0.219	0.245	0.293	0.286	0.267	0.262
0.3m/s a 0.4m/s	0.146	0.122	0.146	0.190	0.200	0.161
0.2m/s a 0.3m/s	0.109	0.082	0.073	0.095	0.133	0.099
< a 0.2m/s	0.088	0.061	0.049	0.048	0.067	0.062
SUMA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960).

Tabla 73. Índice y relación de consistencia de descriptores de la velocidad de flujo

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	0.0171
RELACIÓN DE CONSISTENCIA	0.0153

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960).

7.4. SUSCEPTIBILIDAD DEL ÁMBITO GEOGRÁFICO

El CENEPRED define a la “susceptibilidad está referida a la mayor o menor predisposición a que un evento suceda u ocurra sobre determinado ámbito geográfico (depende de los factores condicionantes y desencadenantes del fenómeno y su respectivo ámbito geográfico)” (p. 106). En la C.C. Qquehwar evaluamos las características que tiene nuestro terreno para ser susceptible a la ocurrencia de un flujo hiperconcentrado, y que podría ser desencadenado por otro factor como las precipitaciones pluviales.



7.4.1. FACTORES CONDICIONANTES

Son parámetros propios del terreno de la C.C. Qquehwar, que contribuyen de manera favorable o no al desarrollo del flujo hiperconcentrado, así como su distribución espacial.

PONDERACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE FACTORES CONDICIONANTES

Tabla 74. Matriz de comparación de pares de los factores condicionantes

FACTORES CONDICIONANTES	Pendientes	Geomorfología	Geología	Hidrogeología
Pendiente	1.00	3.00	5.00	7.00
Geomorfología	0.33	1.00	3.00	5.00
Geología	0.20	0.33	1.00	3.00
Hidrogeología	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.68	4.53	9.33	16.00
1/SUMA	0.60	0.22	0.11	0.06

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960).

Tabla 75. Matriz de normalización de los factores condicionantes

FACTORES CONDICIONANTES	Pendientes	Geomorfo logía	Geología	Hidrogeolog ía	Vector de Priorización
Pendiente	0.597	0.662	0.536	0.438	0.558
Geomorfología	0.199	0.221	0.321	0.313	0.263
Geología	0.119	0.074	0.107	0.188	0.122
Hidrogeología	0.085	0.044	0.036	0.063	0.057
SUMA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960).

Tabla 76. Índice y relación de consistencia de los factores condicionantes

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	0.039
RELACIÓN DE CONSISTENCIA	0.045

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960).

7.4.1.1. PARAMETRO PENDIENTE

Tabla 77. Descriptores del parámetro “Pendiente”

PARAMETRO	DESCRIPTOR	Nº DE DESCRIPTORES	DESCRIPTORES
PENDIENTE	D1	5	0% a 4 %
	D2		4% - 15%
	D3		15% a 50%
	D4		50% - 75%
	D5		Mayor a 75%

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960).



Tabla 78. Matriz de comparación de pares del parámetro: Pendiente

PENDIENTE	D1	D2	D3	D4	D5
D1	1.00	4.00	5.00	7.00	9.00
D2	0.25	1.00	2.00	5.00	7.00
D3	0.20	0.50	1.00	4.00	6.00
D4	0.14	0.20	0.25	1.00	3.00
D5	0.11	0.14	0.17	0.33	1.00
SUMA	1.70	5.84	8.42	17.33	26.00
1/ SUMA	0.59	0.17	0.12	0.06	0.04

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960).

Tabla 79. Matriz de normalización de pares del parámetro: Pendiente

PENDIENTE	D1	D2	D3	D4	D5	Vector de priorización
D1	0.587	0.685	0.594	0.404	0.346	0.523
D2	0.147	0.171	0.238	0.288	0.269	0.223
D3	0.117	0.086	0.119	0.231	0.231	0.157
D4	0.084	0.034	0.030	0.058	0.115	0.064
D5	0.065	0.024	0.020	0.019	0.038	0.033
SUMA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960).

Tabla 80. Índice y relación de consistencia del parámetro: Pendiente

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	0.078
RELACIÓN DE CONSISTENCIA	0.070

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960).

7.4.1.2. PARAMETRO GEOMORFOLOGIA

Tabla 81. Descriptores del parámetro “Geomorfología”

Parámetro	Descriptor	N° de descriptores	Descriptores
GEOMORFOLOGÍA	D1	5	Lecho del río y Terraza Fluvial, vertiente con depósitos de deslizamiento reciente, vertiente coluvial de detritos reciente
	D2		Llanura o planicie aluvial-lacustre, bofedales
	D3		Llanura o planicie aluvial, llanura o planicie inundable
	D4		Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial, vertiente coluvial de detritos, vertiente con depósitos de deslizamiento, vertiente o piedemonte aluvio-torrencial
	D5		Colina en roca metamórfica, colina en roca sedimentaria, colina en roca volcánica, Montaña en roca volcánica, montaña en roca vulcanosedimentaria, montaña en roca sedimentaria

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960).



Tabla 82. Matriz de comparación de pares del parámetro: Geomorfología

GEOMORFOLOGIA	D1	D2	D3	D4	D5
D1	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
D2	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
D3	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
D4	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
D5	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/ SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960).

Tabla 83. Matriz de normalización de pares del parámetro: Geomorfología

GEOMORFOLOGIA	D1	D2	D3	D4	D5	Vector de priorización
D1	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
D2	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
D3	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
D4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
D5	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
SUMA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960).

Tabla 84. Índice y relación de consistencia del parámetro: Geomorfología

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	0.061
RELACIÓN DE CONSISTENCIA	0.054

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960).

7.4.1.3. PARAMETRO GEOLOGIA

Tabla 85. Descriptores del parámetro “Geología”

Parámetro	Descriptor	N° de descriptores	Descriptores
GEOLOGÍA	D1	5	Depósito fluvial, deposito proluvial reciente, depósito coluvio proluvial reciente, depósito coluvial reciente
	D2		Depósito aluvial, depósitos biogénicos, depósitos lacustres, depósito fluvial antiguo
	D3		Deposito coluvial, depósitos deluviales, deposito proluvial, deposito antropogénico, depósito coluvio proluvial, depósito proluvial muy antiguo
	D4		Fm. Ananea, Fm. Muni
	D5		Fm. Huancané, Grupo Mitu, Grupo Ambo, Grupo Tarma Copacabana

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960).



Tabla 86. Matriz de comparación de pares del parámetro: Geología.

GEOLOGIA	D1	D2	D3	D4	D5
D1	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
D2	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
D3	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
D4	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
D5	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/ SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960).

Tabla 87. Matriz de normalización de pares del parámetro: Geología

GEOLOGIA	D1	D2	D3	D4	D5	Vector de priorización
D1	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
D2	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
D3	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
D4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
D5	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
SUMA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960).

Tabla 88. Índice y relación de consistencia del parámetro: Geología

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	0.061
RELACIÓN DE CONSISTENCIA	0.054

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960).

7.4.1.4. PARAMETRO HIDROGEOLOGIA

Tabla 89. Descriptores del parámetro “Hidrogeología”

PARAMETRO	DESCRIPTOR	Nº DE DESCRIPTORES	DESCRIPTORES
HIDROGEOLOGÍA	D1	5	Acuífero aluvial
	D2		Acuitardo Muni
	D3		Acuitardo Ananea
	D4		Acuífero Huancané, Acuífero coluvio aluvial
	D5		Acuífero Mitu, Acuífero Tarma - Copacabana, Acuitardo Ambo

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960).



Tabla 90. Matriz de comparación de pares del parámetro: Hidrogeología

HIDROGEOLOGIA	D1	D2	D3	D4	D5
D1	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
D2	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
D3	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
D4	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
D5	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/ SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960).

Tabla 91. Matriz de normalización de pares del parámetro: Hidrogeología

HIDROGEOLOGIA	D1	D2	D3	D4	D5	Vector de priorización
D1	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
D2	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
D3	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
D4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
D5	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
SUMA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960).

Tabla 92. Índice y relación de consistencia del parámetro: Hidrogeología

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	0.061
RELACIÓN DE CONSISTENCIA	0.054

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960).

7.4.2. FACTOR DESENCADENANTE

Es un factor que ocurre espontáneamente de manera extraordinaria sobre los terrenos de la C.C. Quehuar y que cuenta con la capacidad de desencadenar, generar o desarrollar el flujo hiperconcentrado.

7.4.2.1. PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 4 HORAS

Se consideró un evento extraordinario de precipitaciones máximas en cuatro horas para periodos de retorno de 25, 50 y 100 años.



Tabla 93. Descriptores del factor desencadenante

PARAMETRO	DESCRIPTOR	Nº DE DESCRIPTORES	DESCRIPTORES
PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 1 DÍA	D1	5	TR 200 AÑOS (49.41 mm)
	D2		TR 100 AÑOS (46.43 mm)
	D3		TR 50 AÑOS (43.62 mm)
	D4		TR 25 AÑOS (40.99)
	D5		TR 5 AÑOS (35.47 mm)

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960).

Tabla 94. Matriz de comparación de pares del parámetro: Precipitaciones máximas en 1 día

PRECIPITACION MÁXIMA EN 1 DÍA	D1	D2	D3	D4	D5
D1	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
D2	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00
D3	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
D4	0.25	0.33	0.50	1.00	2.00
D5	0.20	0.25	0.33	0.50	1.00
SUMA	2.28	4.08	6.83	10.50	15.00
1/ SUMA	0.44	0.24	0.15	0.10	0.07

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960).

Tabla 95. Matriz de normalización de pares del parámetro: Precipitaciones máximas en 1 día

PENDIENTE	D1	D2	D3	D4	D5	Vector de priorización
D1	0.438	0.490	0.439	0.381	0.333	0.416
D2	0.219	0.245	0.293	0.286	0.267	0.262
D3	0.146	0.122	0.146	0.190	0.200	0.161
D4	0.109	0.082	0.073	0.095	0.133	0.099
D5	0.088	0.061	0.049	0.048	0.067	0.062
SUMA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960).

Tabla 96. Índice y relación de consistencia del parámetro: Precipitaciones máximas en 1 día.

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	0.017
RELACIÓN DE CONSISTENCIA	0.015

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

7.5. ANÁLISIS DE ELEMENTOS EXPUESTOS

En la C.C. Qquehwar se exponen al peligro 1312 personas, 585 viviendas, distribuidas entre los Barrios Cercopata, Huarmillacta, Hancoccala y parte de los barrios Cruzcunca y Cochacunca, así mismo se expone la infraestructura de 8 edificaciones públicas de instituciones



educativas, un centro de salud y la red vial, de la misma manera los servicios básicos de la población y sus medios de vida como la agricultura y ganadería; a estos elementos expuestos se les asigna valores determinados de acuerdo a su grado de exposición frente al peligro por flujo hiperconcentrado (Fig. 119).

7.5.1. POBLACIÓN

Según las encuestas censales realizadas en la población de la C.C. de Quehwar, ribereña al río Ccancahua, son de 1312 personas en los diferentes grupos etarios, de los cuales el más predominante es el grupo de 31 a 50 años de edad (Tabla 97).

Tabla 97. Población por grupo etario

GRUPO ETARIO	NÚMERO DE PERSONAS
0 a 5 y >65 años	221
6 a 12 y 61 a 64 años	240
13 a 15 y 51 a 60 años	229
16 a 30 años	200
31 a 50 años	422
TOTAL =	1312

Nota. Información obtenida mediante encuestas de la C.C. de Quehwar

7.5.2. VIVIENDAS

Según las encuestas censales realizadas en la población de la comunidad campesina de Quehwar, ribereña al río Ccancahua, se localizaron 593 edificaciones, de las cuales 442 son de adobe, 139 de ladrillo, 2 son mixtas o precarias, y 10 de concreto.

7.5.3. SERVICIO EDUCATIVO

Se exponen al peligro 4 Instituciones Educativas, detalladas en la Tabla 98.

Tabla 98. Instituciones Educativas expuestas al peligro

Instituciones Educativas	Alumnado	Material predominante
Inicial - Jardín N° 566	23	Adobe
Inicial - Jardín N° 557	42	Adobe
I.E. Primaria N°56022	60	Adobe
I.E. Secundaria Tupac Amaru II	142	Concreto armado



7.5.4. SERVICIO DE SALUD

La C.C. Qquehuar cuenta con el establecimiento de salud Qquehuar de categoría I-2, perteneciente a la microrred Pampaphalla. El puesto de salud atiende a 7 comunidades campesinas (las comunidades de Qquehuar, Ccancahua, Livincaya, Lari, Puchuri, Pampakalasaya y Sunchuchumo) con un total de 3047 personas. La infraestructura del establecimiento de salud es de un piso y está construido predominante de adobe.

7.5.5. SERVICIOS BÁSICOS

En la C.C. de Qquehuar, el abastecimiento de agua potable está a cargo de la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS), el cual es administrado por la misma Comunidad con apoyo de la Municipal Provincial de Canchis, las cuales tienen como función el cobro de tarifas, las acciones de operación y el mantenimiento de los sistemas de agua y desagüe, el servicio de desagüe es drenado hasta unas pozas de tratamiento de aguas residuales en el sector Isla, en la ribera del río Vilcanota.

El servicio de fluido eléctrico, la empresa Electro Sur Este S.A.A. sector típico 3 la cual corresponde al sistema eléctrico Interconectado Sicuani, es la que abastece del servicio de energía eléctrica a la C.C. de Qquehuar y alrededores, a nivel domiciliario las 24 horas del día.

7.5.6. INFRAESTRUCTURA VIAL

Se expone una vía asfaltada principal, la carretera Panamericana “Cusco-Sicuani”, así mismo la red vial “Onocora- Sta Bárbara- Phinaya” categorizada como trocha carrozable que atraviesa todo el territorio de la comunidad campesina y de la misma manera a la red ferroviaria “Cusco-Puno-Arequipa”.

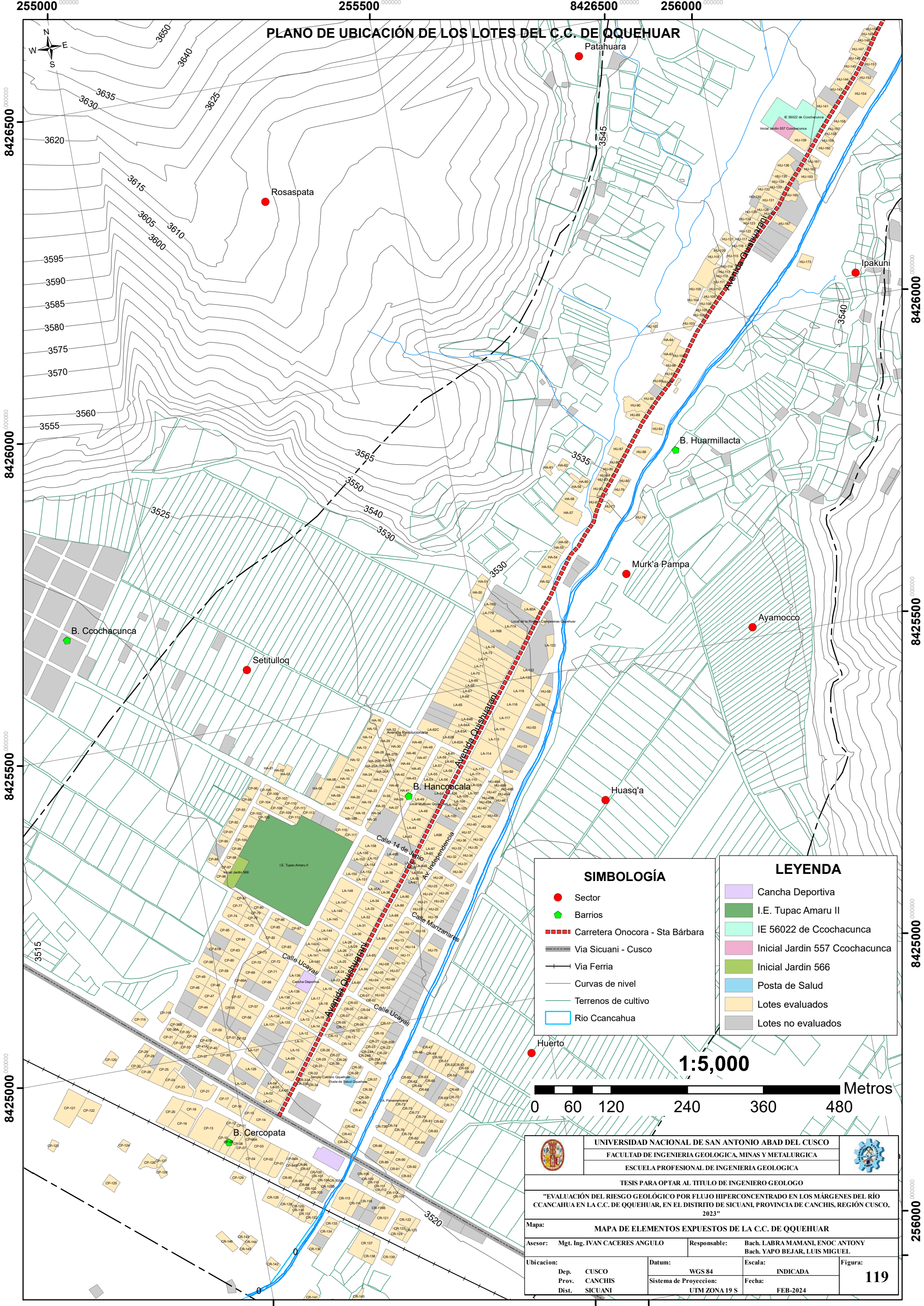


7.5.7. AGRICULTURA Y GANADERÍA

El medio de vida principal de la población es la agricultura, por lo que se trabajan los terrenos de cultivo a lo largo de ambos márgenes del río Ccancahua en los sectores de Accopata, Huasca, Huerto, Murk'a Pampa, Ayamocco, Ipakuni, entre otros. Se estima un total de 27 hectáreas de terrenos de cultivo y ganadería expuestos al peligro. De igual modo, el sector de Isla Pampa sufre regularmente inundaciones por el desborde del río Vilcanota.

7.6. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE PELIGROSIDAD

Se determina el nivel de peligro por el proceso de Análisis Jerárquico de Saaty, luego de asignarle un peso a cada uno de los factores condicionantes y desencadenantes y sus respectivos descriptores de acuerdo al criterio de los evaluadores respecto al grado de importancia de cada uno de estos en el área de estudio, de este primer proceso se obtiene la susceptibilidad; la cual multiplicada por el parámetro de evaluación da como resultado los rangos de cada uno de los niveles de peligro (Tabla 99, Tabla 100, Tabla 101).

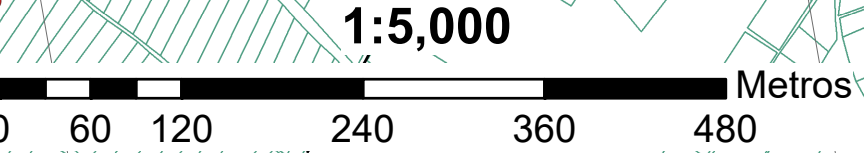


SIMBOLOGÍA

- Sector
- Barrios
- Carretera Onocora - Sta Bárbara
- Via Sicuani - Cusco
- Via Ferria
- Curvas de nivel
- Terrenos de cultivo
- Rio Ccanahua

LEYENDA

- Cancha Deportiva
- I.E. Tupac Amaru II
- IE 56022 de Ccochacunca
- Inicial Jardin 557 Ccochacunca
- Inicial Jardin 566
- Posta de Salud
- Lotes evaluados
- Lotes no evaluados



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO			
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA			
TESIS PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO GEOLOGO				
"EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO EN LOS MÁRGENES DEL RÍO CCANAHUA EN LA C.C. DE QUEHUAR, EN EL DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA DE CANCHIS, REGIÓN CUSCO, 2023"				
Mapa:				
MAPA DE ELEMENTOS EXPUESTOS DE LA C.C. DE QUEHUAR				
Asesor: Mgt. Ing. IVAN CACERES ANGULO		Responsable:	Bach. LABRA MAMANI, ENOC ANTONY Bach. YAPO BEJAR, LUIS MIGUEL	
Ubicacion:		Datum:	Escala:	Figura:
Dep.	CUSCO	WGS 84	INDICADA	119
Prov.	CANCHIS	Sistema de Proyeccion:	Fecha:	
Dist.	SICUANI	UTM ZONA 19 S	FEB-2024	



Tabla 99. Determinación de la susceptibilidad

FACTORES CONDICIONANTES (FC)										FACTOR DESENCADENANTE (FD)	
PENDIENTES		GEOMORFOLOGIA		GEOLOGIA		HIDROGEOLOGIA		VALOR	PESO	PRECIPITACION	
Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc			VALOR	PESO
0.56	0.52	0.26	0.50	0.12	0.50	0.06	0.50	0.51	0.80	0.42	0.20
	0.22		0.26		0.26		0.26	0.24		0.26	
	0.16		0.13		0.13		0.13	0.15		0.16	
	0.06		0.07		0.07		0.07	0.07		0.10	
	0.03		0.03		0.03		0.03	0.03		0.06	

Nota. Cuadro resumen del peso ponderado de cada uno de los factores de la susceptibilidad.

Tabla 100. Determinación del peligro

SUSCEPTIBILIDAD (S)		PARÁMETROS GENERALES DE EVALUACIÓN (PE)			
		ALTURA DE FLUJO		VELOCIDAD DE FLUJO	
VALOR	PESO	VALOR	PESO	VALOR	PESO
0.49	0.40	0.42	0.30	0.42	0.30
0.24	0.40	0.26	0.30	0.26	0.30
0.15	0.40	0.16	0.30	0.16	0.30
0.07	0.40	0.10	0.30	0.10	0.30
0.04	0.40	0.06	0.30	0.06	0.30

Nota. Cuadro resumen de los rangos de susceptibilidad y parámetros de evaluación para la determinación de los niveles del peligro.

Tabla 101. Niveles del peligro

NIVEL	RANGO			
MUY ALTO	0.255	< P ≤	0.448	
ALTO	0.156	< P ≤	0.255	
MEDIO	0.088	< P ≤	0.156	
BAJO	0.053	≤ P ≤	0.088	

Nota. Rangos de los niveles de peligro por flujo hiperconcentrado.

7.7. ESTRATIFICACIÓN DE LOS NIVELES DE PELIGROSIDAD

De acuerdo a cada uno de los parámetros y sus respectivos descriptores, se estratifican los niveles del peligro por flujo hiperconcentrado en la C.C. de Qquehwar (Tabla 102, Fig. 120, Fig. 121 y Fig. 122).

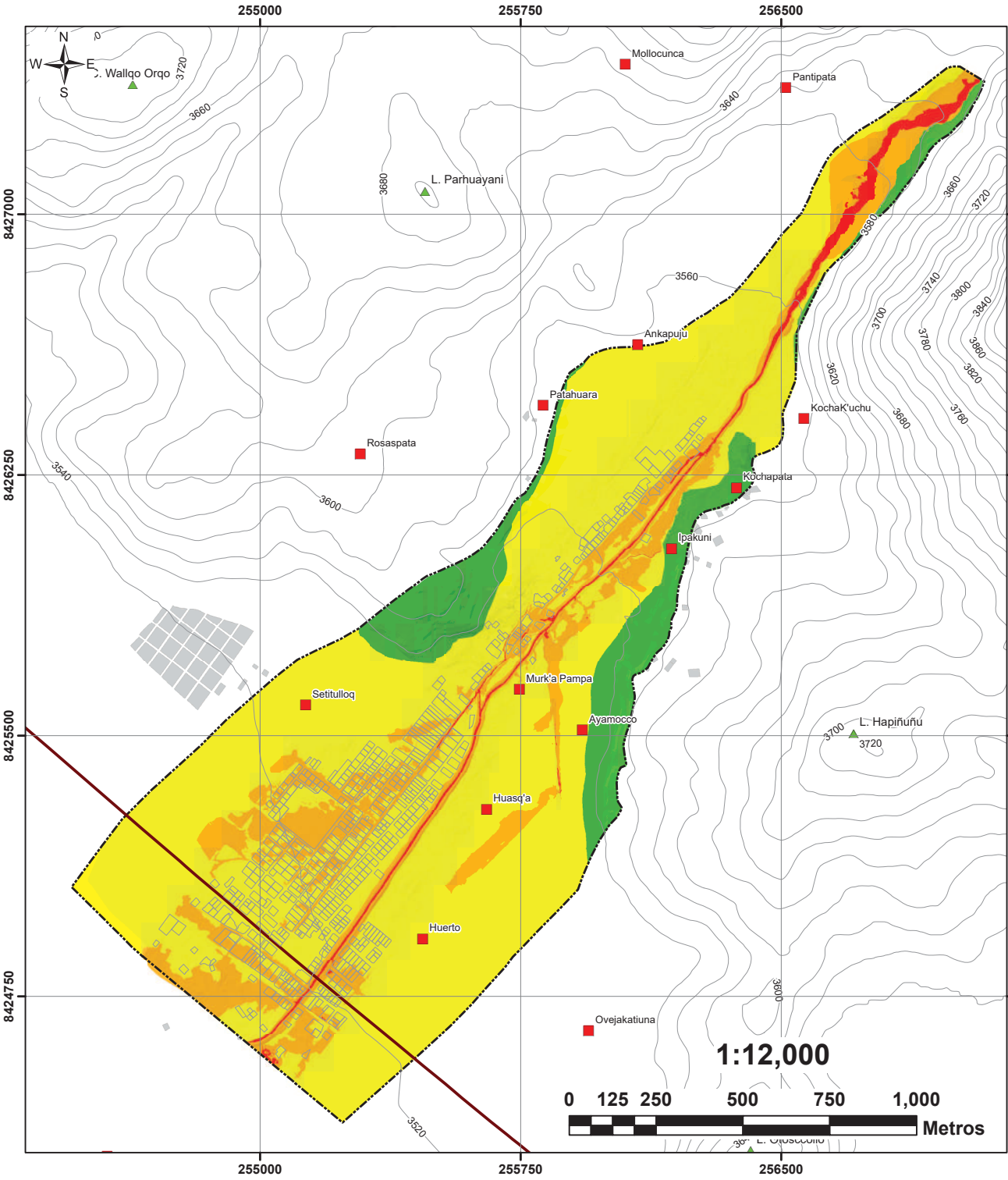


Tabla 102. Niveles del peligro por flujo hiperconcentrado

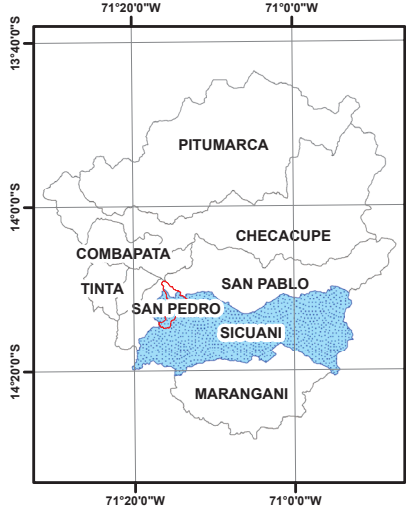
NIVEL DE PELIGRO	DESCRIPCIÓN	RANGO
MUY ALTO	Predominan los depósitos recientes fluviales, proluviales, aluviales, coluviales y coluvio aluviales; geomorfológicamente esta zona corresponde a lecho del río y terraza fluvial, vertiente con depósitos de deslizamiento reciente y vertiente coluvial de detritos reciente con pendientes de 0% a 4%; sobre un acuífero aluvial, desencadenado por precipitaciones pluviales en 4 horas de 46.43 mm para un periodo de retorno de 100 años, 43.62 mm para un periodo de retorno de 50 años y 40.99 mm para un periodo de retorno de 25 años, que generaría un flujo hiperconcentrado con alturas mayores a 0.50 m.	0.255<R≤0.448
ALTO	Predominan los depósitos aluviales, biogénicos y lacustres; geomorfológicamente esta zona corresponde a llanura o planicie aluvial-lacustre y bofedales con pendientes entre 4% y 15%; sobre el acuífero Muni, desencadenado por precipitaciones pluviales en 4 horas de 46.43 mm para un periodo de retorno de 100 años, 43.62 mm para un periodo de retorno de 50 años y 40.99 mm para un periodo de retorno de 25 años, que generaría un flujo hiperconcentrado con alturas entre 0.40 m y 0.50 m.	0.156<R≤0.255
MEDIO	Predominan los depósitos coluviales, proluviales, deluviales, antropogénicos y coluvio aluviales; geomorfológicamente esta zona corresponde a llanura o planicie aluvial y llanura o planicie inundable, con pendientes entre 15% y 50%; sobre el acuífero Ananea, desencadenado por precipitaciones pluviales en 4 horas de 46.43 mm para un periodo de retorno de 100 años, 43.62 mm para un periodo de retorno de 50 años y 40.99 mm para un periodo de retorno de 25 años, que generaría un flujo hiperconcentrado con alturas entre 0.30 y 0.40 m.	0.088<R≤0.156
BAJO	Predominan las formaciones Ananea, Muni, Huancané y los grupos Mitu, Ambo y Tarma Copacabana; geomorfológicamente esta zona corresponde a vertientes, colinas y montañas, con pendientes mayores a 50%; se ubica sobre los acuíferos Huancané, coluvio aluvial, Mitu, Tarma Copacabana y Ambo, desencadenado por precipitaciones pluviales en 4 horas de 46.43 mm para un periodo de retorno de 100 años, 43.62 mm para un periodo de retorno de 50 años y 40.99 mm para un periodo de retorno de 25 años, que generaría un flujo hiperconcentrado con alturas menores a 0.20 m.	0.053<R≤0.088

Fuente: Elaboración propia.

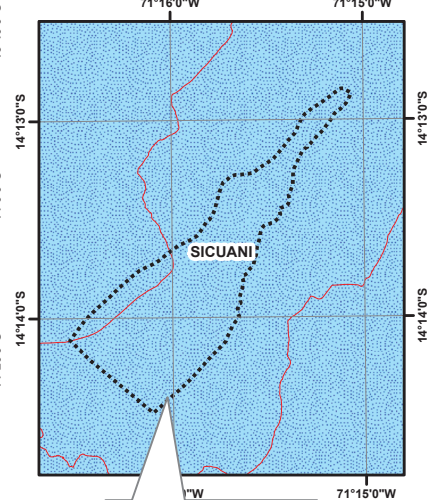
7.8. MAPA DE ZONIFICACIÓN DEL NIVEL DE PELIGROSIDAD



UBICACION DISTRITAL



UBICACION LOCAL



Zona de estudio local

LEYENDA

NIVELES DE PELIGRO

- MUY ALTO
- ALTO
- MEDIO
- BAJO

SIMBOLOGIA

- Sector
- Cerros
- Curvas de nivel
- Carretera Cusco - Sicuani
- Lotes evaluados
- Lotes no evaluados
- Zona de estudio local

NIVEL	RANGO
MUY ALTO	$0.255 < P \leq 0.448$
ALTO	$0.156 < P \leq 0.255$
MEDIO	$0.088 < P \leq 0.156$
BAJO	$0.053 \leq P \leq 0.088$



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



TESIS PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO GEOLOGO

"EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO EN LOS MARGENES DEL RÍO CCANCAHUA EN LA C.C. DE QUEHUAR, EN EL DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA DE CANCHIS, REGIÓN CUSCO, 2023"

Mapa: MAPA DE PELIGRO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO PARA TR=25 AÑOS

Asesor: Ing. IVAN CACERES ANGULO

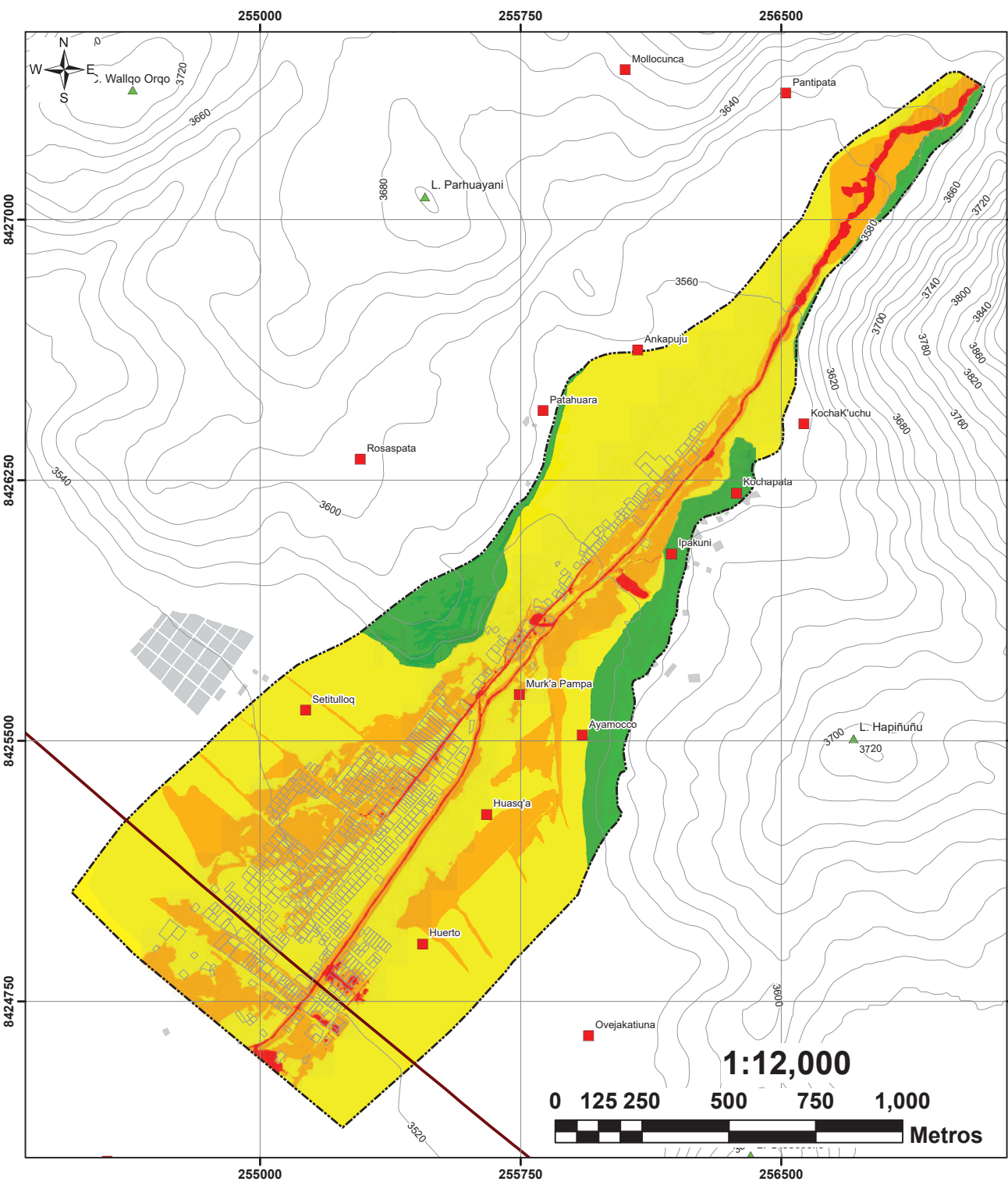
Responsable: Bach. LABRA MAMANI, ENOC ANTONY
Bach. YAPO BEJAR, LUIS MIGUEL

Ubicacion: Dep. CUSCO
Prov. CANCHIS
Dist. SICUANI

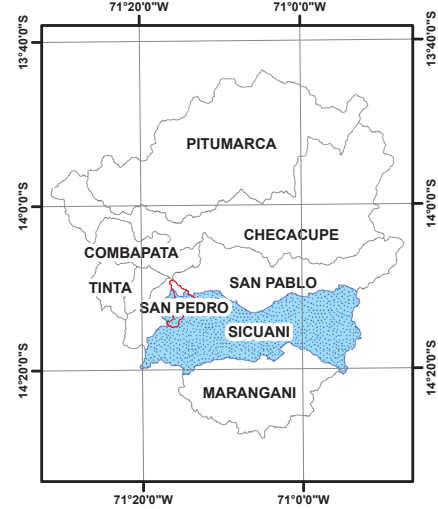
Datum: WGS 84
Sistema de Proyeccion: UTM ZONA 19 S

Escala: INDICADA
Fecha: MAR-2024

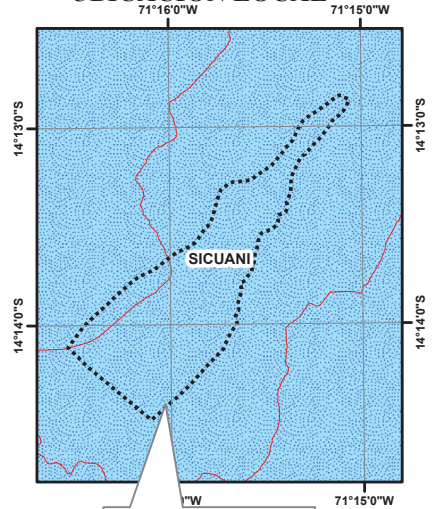
Figura: 120



UBICACION DISTRITAL



UBICACION LOCAL



Zona de estudio local

LEYENDA

NIVELES DE PELIGRO

- MUY ALTO
- ALTO
- MEDIO
- BAJO

SIMBOLOGIA

- Sector
- Cerros
- Curvas de nivel
- Carretera Cusco - Sicuni
- Lotes evaluados
- Lotes no evaluados
- Zona de estudio local

NIVEL	RANGO
MUY ALTO	$0.255 < P \leq 0.448$
ALTO	$0.156 < P \leq 0.255$
MEDIO	$0.088 < P \leq 0.156$
BAJO	$0.053 \leq P \leq 0.088$



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

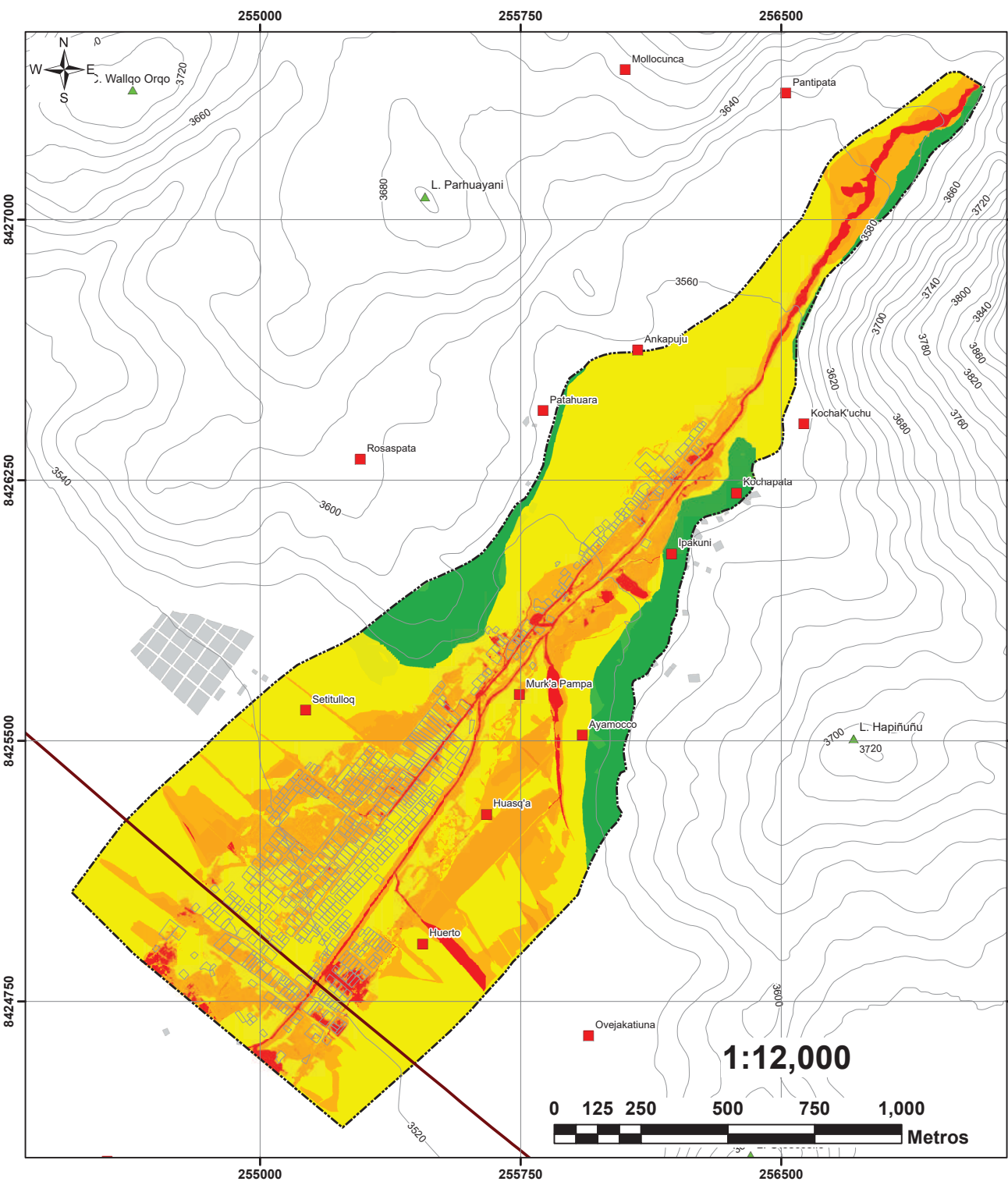


TESIS PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO GEOLOGO
"EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO EN LOS MARGENES DEL RIO CCANCAHUA EN LA C.C. DE QUEHUAR, EN EL DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA DE CANCHIS, REGIÓN CUSCO, 2023"

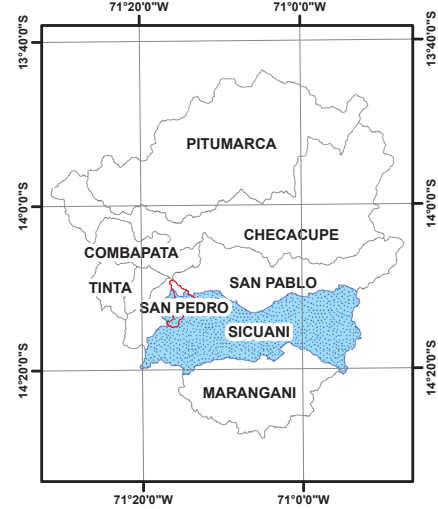
Mapa: MAPA DE PELIGRO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO PARA TR=50 AÑOS

Asesor: Ing. IVAN CACERES ANGULO
Responsable: Bach. LABRA MAMANI, ENOC ANTONY
Bach. YAPO BEJAR, LUIS MIGUEL

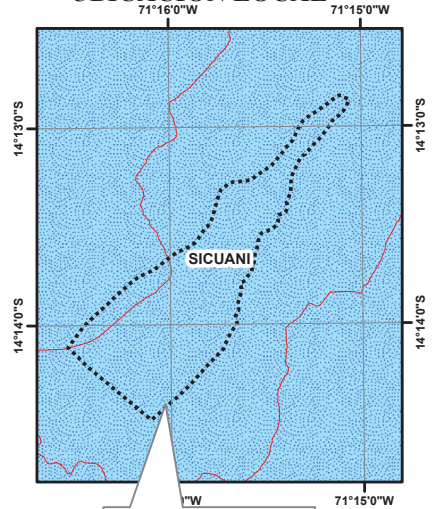
Ubicacion: Dep. CUSCO
Prov. CANCHIS
Dist. SICUANI
Datum: WGS 84
Sistema de Proyeccion: UTM ZONA 19 S
Escala: INDICADA
Fecha: MAR-2024
Figura: 121



UBICACION DISTRITAL



UBICACION LOCAL



SIMBOLOGIA

- Sector
- Cerros
- Curvas de nivel
- Carretera Cusco - Sicuani
- Lotes evaluados
- Lotes no evaluados
- Zona de estudio local

LEYENDA

NIVELES DE PELIGRO

- MUY ALTO
- ALTO
- MEDIO
- BAJO

NIVEL	RANGO
MUY ALTO	$0.255 < P \leq 0.448$
ALTO	$0.156 < P \leq 0.255$
MEDIO	$0.088 < P \leq 0.156$
BAJO	$0.053 \leq P \leq 0.088$

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
TESIS PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO GEOLOGO			
"EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO EN LOS MARGENES DEL RIO CCANCAHUA EN LA C.C. DE QUEHUAR, EN EL DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA DE CANCHIS, REGIÓN CUSCO, 2023"			
Mapa: MAPA DE PELIGRO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO PARA TR=100 AÑOS			
Asesor: Ing. IVAN CACERES ANGULO		Responsable: Bach. LABRA MAMANI, ENOC ANTONY Bach. YAPO BEJAR, LUIS MIGUEL	
Ubicacion: Dep. CUSCO Prov. CANCHIS Dist. SICUANI		Datum: WGS 84 Sistema de Proyeccion: UTM ZONA 19 S	Escala: INDICADA Fecha: MAR-2024
			Figura: 122



CAPITULO VIII: ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad, según Narvaez, Lavell & Perez (2009), se refiere a “la predisposición de los seres humanos, sus medios de vida y mecanismos de soporte a sufrir daños y pérdidas frente a la ocurrencia de eventos físicos potencialmente peligrosos”(p.16), mientras que el CENEPRED (2014) la define “como la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza” (p. 121).

Para la evaluación de la vulnerabilidad en la C.C Quehuar se cuantificaron los elementos expuestos al flujo hiperconcentrado, realizándose encuestas y observaciones en campo necesarias para determinar la fragilidad y resiliencia en las 3 dimensiones (social, económica y ambiental) según la metodología del CENEPRED, esta información fue posteriormente ordenada en nuestra base de datos digital.

8.1. PONDERACIÓN DE LAS DIMENSIONES DE VULNERABILIDAD

Tabla 103. Matriz de comparación de pares de las dimensiones de vulnerabilidad

DIMENSIONES	SOCIAL	ECONOMICA	AMBIENTAL
SOCIAL	1.00	1.00	4.00
ECONOMICA	1.00	1.00	4.00
AMBIENTAL	0.25	0.25	1.00
SUMA	2.25	2.25	9.00
1/ SUMA	0.44	0.44	0.11

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

Tabla 104. Matriz de normalización de las dimensiones de vulnerabilidad

DIMENSIONES	SOCIAL	ECONOMICA	AMBIENTAL	VECTOR DE PRIORIZACIÓN	PORCENTAJE (%)
SOCIAL	0.444	0.444	0.444	0.444	44.44
ECONOMICA	0.444	0.444	0.444	0.444	44.44
AMBIENTAL	0.111	0.111	0.111	0.111	11.11
SUMA	1.00	1.00	1.00	1.000	100

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

Tabla 105. Índice y relación de consistencia de las dimensiones de vulnerabilidad

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	0.000
RELACIÓN DE CONSISTENCIA	0.000

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)



8.1.1 ANÁLISIS DE LA DIMENSIÓN SOCIAL

“El análisis de la dimensión social consiste en identificar las características sociales de la población y elementos que se relacionan con ella dentro del área a evaluar” (CENEPRED, 2014).

Tabla 106. Matriz de comparación de los componentes de la dimensión social

COMPONENTES	FRAGILIDAD	EXPOSICION	RESILIENCIA
FRAGILIDAD	1.00	2.00	5.00
EXPOSICION	0.50	1.00	2.00
RESILIENCIA	0.20	0.50	1.00
SUMA	1.70	3.50	8.00
1/ SUMA	0.59	0.29	0.13

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

Tabla 107. Matriz de normalización de los componentes de la dimensión social

COMPONENTES	FRAGILIDAD	EXPOSICION	RESILIEN CIA	VECTOR DE PRIORIZACIÓN	PORCENTAJE (%)
FRAGILIDAD	0.588	0.571	0.625	0.595	59.5%
EXPOSICION	0.294	0.286	0.250	0.277	27.7%
RESILIENCIA	0.118	0.143	0.125	0.129	12.9%
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	100%

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

Tabla 108. Índice y relación de consistencia de las dimensiones de vulnerabilidad.

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	0.003
RELACIÓN DE CONSISTENCIA	0.005

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

8.1.1.1. EXPOSICION SOCIAL

Se evaluó el parámetro “número de habitantes por lote” en nuestra zona de estudio.

NÚMERO DE HABITANTES POR LOTE

Tabla 109. Matriz de comparación de pares del parámetro: Número de habitantes por lote

N° HABITANTES POR LOTE	Mayor a 15 hab.	11 a 15 hab.	6 a 10 hab.	3 a 5 hab.	Menor a 3 hab.
Mayor a 15 hab.	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
11 a 15 hab.	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
6 a 10 hab.	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
3 a 5 hab.	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Menor a 3 hab.	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/ SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)



Tabla 110. Matriz de normalización de pares del parámetro: Número de habitantes por lote

N° HABITANTES POR LOTE	Mayor a 15 hab.	11 a 15 hab.	6 a 10 hab.	3 a 5 hab.	Menor a 2 hab.	Vector de priorización
Mayor a 15 hab.	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
11 a 15 hab.	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
6 a 10 hab.	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
3 a 5 hab.	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Menor a 3 hab.	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
SUMA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

Tabla 111. Índice y relación de consistencia del parámetro: Número de habitantes por lote

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	0.0607
RELACIÓN DE CONSISTENCIA	0.0544

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

8.1.1.2. FRAGILIDAD SOCIAL

Se evaluaron los parámetros de (1) grupo etario y (2) acceso a servicios básicos en donde cada uno tiene un valor de priorización del 50%.

GRUPO ETARIO

Tabla 112. Matriz de comparación de pares del parámetro: Grupo etario

GRUPO ETARIO	0-5 y > 65	6-12 y 61-65	13-15 y 50-60	31-50	16-30
0-5 y mayor a 65	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
6-12 y 61-65	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
13-15 y 50-60	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
31-50	0.14	0.20	0.33	1.00	2.00
16-30	0.11	0.14	0.20	0.50	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.50	24.00
½ SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

Tabla 113. Matriz de normalización de pares del parámetro: Grupo etario

GRUPO ETARIO	0-5 y > 65	6-12 y 61-65	13-15 y 50-60	31-50	16-30	Vector de priorización
0-5 y mayor a 65	0.560	0.642	0.524	0.424	0.375	0.505
6-12 y 61-65	0.187	0.214	0.315	0.303	0.292	0.262
13-15 y 50-60	0.112	0.071	0.105	0.182	0.208	0.136
31-50	0.080	0.043	0.035	0.061	0.083	0.060
16-30	0.062	0.031	0.021	0.030	0.042	0.037
SUMA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

Tabla 114. Índice y relación de consistencia del parámetro: Grupo etario

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	0.047
RELACIÓN DE CONSISTENCIA	0.042

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)



ACCESO A SERVICIOS BÁSICOS

Tabla 115. Matriz de comparación de pares del parámetro: Acceso a servicios básicos

ACCESO A SERVICIOS BÁSICOS	Ninguno	Con luz	Con agua y luz	Con agua y desagüe	Con agua, luz, desagüe y otros
Ninguno	1.00	3.00	5.00	5.00	7.00
Con luz	0.33	1.00	2.00	2.00	5.00
Con agua y luz	0.20	0.50	1.00	1.00	3.00
Con agua y desagüe	0.20	0.50	1.00	1.00	2.00
Con agua, luz, desagüe y otros	0.14	0.20	0.33	0.50	1.00
SUMA	1.88	5.20	9.33	9.50	18.00
½ SUMA	0.53	0.19	0.11	0.11	0.06

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

Tabla 116. Matriz de normalización de pares del parámetro: Acceso a servicios básicos

ACCESO A SERVICIOS BÁSICOS	Ninguno	Con luz	Con agua y luz	Con agua y desagüe	Con agua, luz, desagüe y otros	Vector de priorización
Ninguno	0.533	0.577	0.536	0.526	0.389	0.512
Con luz	0.178	0.192	0.214	0.211	0.278	0.215
Con agua y luz	0.107	0.096	0.107	0.105	0.167	0.116
Con agua y desagüe	0.107	0.096	0.107	0.105	0.111	0.105
Con agua, luz, desagüe y otros	0.076	0.038	0.036	0.053	0.056	0.052
SUMA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

Tabla 117. Índice y relación de consistencia del parámetro: Acceso a servicios básicos

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	0.016
RELACIÓN DE CONSISTENCIA	0.015

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

8.1.1.3. RESILIENCIA SOCIAL

Se evaluaron los parámetros: (1) Conocimiento en temas de GRD, (2) actitud frente al riesgo y (3) su tipo de seguro.

Tabla 118. Matriz de comparación de los parámetros de la resiliencia social

PARAMETROS	Capacitación en temas de GRD	Tipo de seguro	Actitud frente al riesgo
Capacitación en temas de GRD	1.00	3.00	5.00
Tipo de seguro	0.33	1.00	3.00
Actitud frente al riesgo	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.53	4.33	9.00
1/2 SUMA	0.65	0.23	0.11

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)



Tabla 119. Matriz de normalización de los parámetros de la resiliencia social.

PARAMETROS	Capacitación en temas de GRD	Tipo de seguro	Actitud frente al riesgo	Vector de priorización	Porcentaje (%)
Capacitación en temas de GRD	0.652	0.692	0.556	0.633	63.3%
Tipo de seguro	0.217	0.231	0.333	0.260	26.0%
Actitud frente al riesgo	0.130	0.077	0.111	0.106	10.6%
SUMA	1.00	1.00	1.00	1.00	100%

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

Tabla 120. Índice y relación de consistencia de los parámetros de la resiliencia social

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	0.019
RELACIÓN DE CONSISTENCIA	0.037

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

CAPACITACIÓN EN TEMAS DE GRD

Tabla 121. Matriz de comparación de pares del parámetro: Capacitación en temas de GRD

CAPACITACIÓN EN TEMAS DE GRD	Nunca le capacitaron	Escasamente capacitada	Se capacita con regular frecuencia	Se capacita constantemente	Se capacita constantemente participando en simulacros, difusión total.
Nunca le capacitaron	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
Escasamente capacitada	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00
Se capacita con regular frecuencia	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
Se capacita constantemente	0.25	0.33	0.50	1.00	2.00
Se capacita constantemente participando en simulacros, difusión total	0.20	0.25	0.33	0.50	1.00
SUMA	2.28	4.08	6.83	10.50	15.00
1/2 SUMA	0.44	0.24	0.15	0.10	0.07

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)



Tabla 122. Matriz de normalización de pares del parámetro: Capacitación en temas de GRD

CAPACITACIÓN EN TEMAS DE GRD	Nunca le capacita ron	Escasamente capacitada	Se capacita con regular frecuencia	Se capacita constantemente	Se capacita constantemente participando en simulacros, difusión total.	Vector de priorización
Nunca le capacitaron	0.438	0.490	0.439	0.381	0.333	0.416
Escasamente capacitada	0.219	0.245	0.293	0.286	0.267	0.262
Se capacita con regular frecuencia	0.146	0.122	0.146	0.190	0.200	0.161
Se capacita constantemente	0.109	0.082	0.073	0.095	0.133	0.099
Se capacita constantemente participando en simulacros, difusión total.	0.088	0.061	0.049	0.048	0.067	0.062
SUMA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

Tabla 123. Índice y relación de consistencia del parámetro: Capacitación en temas de GRD

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	0.017
RELACIÓN DE CONSISTENCIA	0.015

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

ACTITUD FRENTE AL RIESGO

Tabla 124. Matriz de comparación de pares del parámetro: Actitud frente al riesgo

ACTITUD FRENTE AL RIESGO	Actitud fatalista	Actitud escasamente previsor	Actitud parcialmente previsor, no cuenta con mochila de emergencia	Actitud parcialmente previsor, cuenta con mochila de emergencia	Actitud previsor
Actitud fatalista	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Actitud escasamente previsor	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Actitud parcialmente previsor, no cuenta con mochila de emergencia	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Actitud parcialmente previsor, cuenta con mochila de emergencia	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Actitud previsor	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
½ SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)



Tabla 125. Matriz de normalización de pares del parámetro: Actitud frente al riesgo

ACTITUD FRENTE AL RIESGO	Actitud fatalista	Actitud escasamente previsor	Actitud parcialmente previsor, no cuenta con mochila de emergencia	Actitud parcialmente previsor, cuenta con mochila de emergencia	Actitud previsor	Vector de priorización
Actitud fatalista	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Actitud escasamente previsor	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Actitud parcialmente previsor, no cuenta con mochila de emergencia	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Actitud parcialmente previsor, cuenta con mochila de emergencia	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Actitud previsor	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
SUMA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

Tabla 126. Índice y relación de consistencia del parámetro: Actitud frente al riesgo

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	0.061
RELACIÓN DE CONSISTENCIA	0.054

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

TIPO DE SEGURO

Tabla 127. Matriz de comparación de pares del parámetro: Tipo de seguro

TIPO DE SEGURO	SIN SEGURO	SIS	ESSALUD	FF. AA - PNP	PRIVADO
SIN SEGURO	1.00	3.00	4.00	6.00	8.00
SIS	0.33	1.00	2.00	4.00	6.00
ESSALUD	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00
FF. AA - PNP	0.17	0.25	0.33	1.00	3.00
PRIVADO	0.13	0.17	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.88	4.92	7.53	14.33	23.00
1/ SUMA	0.53	0.20	0.13	0.07	0.04

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)



Tabla 128. Matriz de normalización de pares del parámetro: Tipo de seguro

TIPO DE SEGURO	SIN SEGURO	SIS	ESSALUD	FF. AA - PNP	PRIVADO	Vector de priorización
SIN SEGURO	0.533	0.610	0.531	0.419	0.348	0.488
SIS	0.178	0.203	0.265	0.279	0.261	0.237
ESSALUD	0.133	0.102	0.133	0.209	0.217	0.159
FF. AA - PNP	0.089	0.051	0.044	0.070	0.130	0.077
PRIVADO	0.067	0.034	0.027	0.023	0.043	0.039
SUMA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

Tabla 129. Índice y relación de consistencia del parámetro: Tipo de seguro

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	0.047
RELACIÓN DE CONSISTENCIA	0.042

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

8.1.2 ANÁLISIS DE LA DIMENSIÓN ECONÓMICA

En esta dimensión se analizó las características físicas de las viviendas, la población económicamente activa y el ingreso promedio mensual de cada familia.

Tabla 130. Matriz de comparación de los componentes de la dimensión económica

COMPONENTES	EXPOSICIÓN	FRAGILIDAD	RESILIENCIA
EXPOSICIÓN	1.00	2.00	5.00
FRAGILIDAD	0.50	1.00	3.00
RESILIENCIA	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.70	3.33	9.00
½ SUMA	0.59	0.30	0.11

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

Tabla 131. Matriz de normalización de los componentes de la dimensión económica

DIMENSIONES	EXPOSICION	FRAGILIDAD	RESILIENCIA	VECTOR DE PRIORIZACIÓN	PORCENTAJE (%)
EXPOSICION	0.588	0.600	0.556	0.581	58.1%
FRAGILIDAD	0.294	0.300	0.333	0.309	30.9%
RESILIENCIA	0.118	0.100	0.111	0.110	11.0%
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	100%

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

Tabla 132. Índice y relación de consistencia de las dimensiones de vulnerabilidad

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	0.002
RELACIÓN DE CONSISTENCIA	0.004

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)



8.1.2.1. EXPOSICION ECONOMICA

Se evaluó el parámetro “localización de la edificación” en nuestra zona de estudio.

LOCALIZACIÓN DE LA EDIFICACIÓN

Tabla 133. Matriz de comparación de pares del parámetro: Localización de la edificación

LOCALIZACIÓN DE LA EDIFICACIÓN	Muy cercana (<50 m)	Cercana (50-100 m)	Medianamente cercana (101 - 200 m)	Alejada (201 - 400 m)	Muy alejada (>400 m)
Muy cercana (<50 m)	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Cercana (50-100 m)	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Medianamente cercana (101 m - 200 m)	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Alejada (201 m - 400 m)	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Muy alejada (>400 m)	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/2 SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

Tabla 134. Matriz de normalización de pares del parámetro: Localización de la edificación

LOCALIZACIÓN DE LA EDIFICACIÓN	Muy cercana (<50 m)	Cercana (50-100 m)	Medianamente cercana (101 m - 200 m)	Alejada (201 m - 400 m)	Muy alejada (>400 m)	Vector de priorización
Muy cercana (<50 m)	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Cercana (50-100 m)	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Medianamente cercana (101 m - 200 m)	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Alejada (201 m - 400 m)	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Muy alejada (>400 m)	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
SUMA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

Tabla 135. Índice y relación de consistencia del parámetro: Localización de la edificación

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	0.061
RELACIÓN DE CONSISTENCIA	0.054

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)



8.1.2.2. FRAGILIDAD ECONÓMICA

Se evaluaron los siguientes parámetros: Material de construcción, estado de conservación y número de pisos de la edificación.

Tabla 136. Matriz de comparación de los parámetros de la fragilidad económica

PARAMETROS	Material de construcción	Estado de conservación	Número de pisos
Material de construcción	1.00	3.00	5.00
Estado de conservación	0.33	1.00	3.00
Número de pisos	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.53	4.33	9.00
1/ SUMA	0.65	0.23	0.11

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

Tabla 137. Matriz de normalización de los parámetros de la fragilidad económica

PARAMETROS	Material de construcción	Estado de conservación	Número de pisos	VECTOR DE PRIORIZACIÓN	PORCENTAJE (%)
Material de construcción	0.652	0.692	0.556	0.633	63.3%
Estado de conservación	0.217	0.231	0.333	0.260	26.0%
Número de pisos	0.130	0.077	0.111	0.106	10.6%
SUMA	1.00	1.00	1.00	1.00	100%

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

Tabla 138. Índice y relación de consistencia de los parámetros de la fragilidad económica

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	0.019
RELACIÓN DE CONSISTENCIA	0.037

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA EDIFICACIÓN

Tabla 139. Matriz de comparación de pares del parámetro: Estado de conservación de la edificación.

ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA EDIFICACIÓN	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
Muy malo	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00
Malo	0.50	1.00	2.00	4.00	6.00
Regular	0.25	0.50	1.00	3.00	5.00
Bueno	0.17	0.25	0.33	1.00	3.00
Muy bueno	0.13	0.17	0.20	0.33	1.00
SUMA	2.04	3.92	7.53	14.33	23.00
½ SUMA	0.49	0.26	0.13	0.07	0.04

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)



Tabla 140. Matriz de normalización de pares del parámetro: Estado de conservación de la edificación

ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA EDIFICACIÓN	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno	Vector de priorización
Muy malo	0.490	0.511	0.531	0.419	0.348	0.460
Malo	0.245	0.255	0.265	0.279	0.261	0.261
Regular	0.122	0.128	0.133	0.209	0.217	0.162
Bueno	0.082	0.064	0.044	0.070	0.130	0.078
Muy bueno	0.061	0.043	0.027	0.023	0.043	0.039
SUMA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

Tabla 141. Índice y relación de consistencia del parámetro: Estado de conservación de la edificación.

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	0.036
RELACIÓN DE CONSISTENCIA	0.032

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN DE LA EDIFICACIÓN

Tabla 142. Matriz de comparación de pares del parámetro: Material de construcción de la edificación.

MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN DE LA EDIFICACIÓN	Mixto - Precario	Madera	Adobe	Ladrillo - Bloqueta	Concreto
Mixto - Precario	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Madera	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Adobe	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Ladrillo - Bloqueta	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Concreto	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
½ SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

Tabla 143. Matriz de normalización de pares del parámetro: Material de construcción de la edificación

MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN DE LA EDIFICACIÓN	Mixto - Precario	Madera	Adobe	Ladrillo - Bloqueta	Concreto	Vector de priorización
Mixto - Precario	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Madera	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Adobe	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Ladrillo - Bloqueta	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Concreto	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
SUMA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

Tabla 144. Índice y relación de consistencia del parámetro: Material de construcción de la edificación

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	0.061
RELACIÓN DE CONSISTENCIA	0.054

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)



NÚMERO DE PISOS

Tabla 145. Matriz de comparación de pares del parámetro: Número de pisos

NÚMERO DE PISOS	>5 pisos	4 pisos	3 pisos	2 pisos	1 piso
>5 pisos	1.00	3.00	4.00	5.00	6.00
4 pisos	0.33	1.00	2.00	3.00	4.00
3 pisos	0.25	0.50	1.00	2.00	3.00
2 pisos	0.20	0.33	0.50	1.00	2.00
1 piso	0.17	0.25	0.33	0.50	1.00
SUMA	1.95	5.08	7.83	11.50	16.00
1/ SUMA	0.51	0.20	0.13	0.09	0.06

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

Tabla 146. Matriz de normalización de pares del parámetro: Incumplimiento de procedimientos constructivos de acuerdo a la normatividad vigente

NÚMERO DE PISOS	>5 pisos	4 pisos	3 pisos	2 pisos	1 piso	Vector de priorización
>5 pisos	0.513	0.590	0.511	0.435	0.375	0.485
4 pisos	0.171	0.197	0.255	0.261	0.250	0.227
3 pisos	0.128	0.098	0.128	0.174	0.188	0.143
2 pisos	0.103	0.066	0.064	0.087	0.125	0.089
1 piso	0.085	0.049	0.043	0.043	0.063	0.057
SUMA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

Tabla 147. Índice y relación de consistencia del parámetro: Incumplimiento de procedimientos constructivos de acuerdo a la normatividad vigente

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	0.025
RELACIÓN DE CONSISTENCIA	0.022

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

8.1.2.3. RESILIENCIA ECONÓMICA

Se evaluaron los siguientes parámetros: Ingreso familiar promedio mensual, población económicamente activa y organización institucional.

Tabla 148. Matriz de comparación de los parámetros de la resiliencia económica

PARAMETROS	Ingreso familiar promedio mensual	Población económicamente activa	Organización institucional
Ingreso familiar promedio mensual	1.00	3.00	5.00
Población económicamente activa	0.33	1.00	3.00
Organización institucional	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.53	4.33	9.00
1/ SUMA	0.65	0.23	0.11

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)



Tabla 149. Matriz de normalización de los parámetros de la resiliencia económica

PARAMETROS	Ingreso familiar promedio mensual	Población económicamente activa	Organización institucional	Vector De Priorización	Porcentaje (%)
Ingreso familiar promedio mensual	0.652	0.692	0.556	0.633	63.3%
Población económicamente activa	0.217	0.231	0.333	0.260	26.0%
Organización institucional	0.130	0.077	0.111	0.106	10.6%
SUMA	1.00	1.00	1.00	1.00	100%

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

Tabla 150. Índice y relación de consistencia de los parámetros de la resiliencia económica

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	0.019
RELACIÓN DE CONSISTENCIA	0.037

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

INGRESO FAMILIAR PROMEDIO MENSUAL

Tabla 151. Matriz de comparación de pares del parámetro: Ingreso familiar promedio mensual

INGRESO FAMILIAR PROMEDIO MENSUAL	≤ 200	>200 – ≤ 750	>750 – ≤ 1500	>1500 – ≤ 3000	>3000
≤ 200	1.00	2.00	4.00	6.00	8.00
>200 - ≤ 750	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00
>750 - ≤ 1500	0.25	0.33	1.00	3.00	5.00
>1500 - ≤ 3000	0.17	0.20	0.33	1.00	3.00
>3000	0.13	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	2.04	3.68	8.53	15.33	24.00
1/ SUMA	0.49	0.27	0.12	0.07	0.04

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

Tabla 152. Matriz de normalización de pares del parámetro: Ingreso familiar promedio mensual

INGRESO FAMILIAR PROMEDIO MENSUAL	≤ 200	>200 - ≤ 750	>750 - ≤ 1500	>1500 - ≤ 3000	>3000	Vector de priorización
≤ 200	0.490	0.544	0.469	0.391	0.333	0.445
>200 - ≤ 750	0.245	0.272	0.352	0.326	0.292	0.297
>750 - ≤ 1500	0.122	0.091	0.117	0.196	0.208	0.147
>1500 - ≤ 3000	0.082	0.054	0.039	0.065	0.125	0.073
>3000	0.061	0.039	0.023	0.022	0.042	0.037
SUMA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

Tabla 153. Índice y relación de consistencia del parámetro: Ingreso familiar promedio mensual

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	0.047
RELACIÓN DE CONSISTENCIA	0.042

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)



POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA

Tabla 154. Matriz de comparación de pares del parámetro: Población económicamente activa.

POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA	DESEMPLEADO	DEDICADO AL HOGAR	TRABAJADOR INDEPENDIENTE	TRABAJADOR DEPENDIENTE	TRABAJADOR DEPENDIENTE DE MÁS DE 15 AÑOS
DESEMPLEADO	1.00	3.00	5.00	7.00	8.00
DEDICADO AL HOGAR	0.33	1.00	3.00	5.00	6.00
TRABAJADOR INDEPENDIENTE	0.20	0.33	1.00	3.00	4.00
TRABAJADOR DEPENDIENTE	0.14	0.20	0.33	1.00	2.00
TRABAJADOR DEPENDIENTE DE MÁS DE 15 AÑOS	0.13	0.17	0.25	0.50	1.00
SUMA	1.80	4.70	9.58	16.50	21.00
1/ SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.05

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

Tabla 155. Matriz de normalización de pares del parámetro: Población económicamente activa

POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA	DESEMPLEADO	DEDICADO AL HOGAR	TRABAJADOR INDEPENDIENTE	TRABAJADOR DEPENDIENTE	TRABAJADOR DEPENDIENTE DE MÁS DE 15 AÑOS	Vector de priorización
DESEMPLEADO	0.555	0.638	0.522	0.424	0.381	0.504
DEDICADO AL HOGAR	0.185	0.213	0.313	0.303	0.286	0.260
TRABAJADOR INDEPENDIENTE	0.111	0.071	0.104	0.182	0.190	0.132
TRABAJADOR DEPENDIENTE	0.079	0.043	0.035	0.061	0.095	0.062
TRABAJADOR DEPENDIENTE DE MÁS DE 15 AÑOS	0.069	0.035	0.026	0.030	0.048	0.042
SUMA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

Tabla 156. Índice y relación de consistencia del parámetro: Población económicamente activa

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	0.047
RELACIÓN DE CONSISTENCIA	0.042

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)



ORGANIZACIÓN INSTITUCIONAL

Tabla 157. Matriz de comparación de pares del parámetro: Organización institucional

ORGANIZACIÓN INSTITUCIONAL	Gobierno local deficiente, gran desaprobación popular	Gobierno local poco eficiente, desaprobación popular	Gobierno local a veces eficiente, mediana aprobación popular	Gobierno local generalmente eficiente, gran aprobación popular	Gobierno local eficiente, total aprobación popular
Gobierno local deficiente, gran desaprobación popular	1.00	2.00	5.00	7.00	8.00
Gobierno local poco eficiente, desaprobación popular	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00
Gobierno local a veces eficiente, mediana aprobación popular	0.20	0.33	1.00	2.00	4.00
Gobierno local generalmente eficiente, gran aprobación popular	0.14	0.20	0.50	1.00	2.00
Gobierno local eficiente, total aprobación popular	0.13	0.14	0.25	0.50	1.00
SUMA	1.97	3.68	9.75	15.50	22.00
1/ SUMA	0.51	0.27	0.10	0.06	0.05

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

Tabla 158. Matriz de normalización de pares del parámetro: Organización institucional

ORGANIZACIÓN INSTITUCIONAL	Gobierno local deficiente, gran desaprobación popular	Gobierno local poco eficiente, desaprobación popular	Gobierno local a veces eficiente, mediana aprobación popular	Gobierno local gen. eficiente, gran aprobación popular	Gobierno local eficiente, total aprobación popular	Vector de priorización
Gobierno local deficiente, gran desaprobación popular	0.508	0.544	0.513	0.452	0.364	0.476
Gobierno local poco eficiente, desaprobación popular	0.254	0.272	0.308	0.323	0.318	0.295
Gobierno local a veces eficiente, mediana aprobación popular	0.102	0.091	0.103	0.129	0.182	0.121
Gobierno local generalmente eficiente, gran aprobación popular	0.073	0.054	0.051	0.065	0.091	0.067
Gobierno local eficiente, total aprobación popular	0.064	0.039	0.026	0.032	0.045	0.041
SUMA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)



Tabla 159. Índice y relación de consistencia del parámetro: Organización institucional

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	0.023
RELACIÓN DE CONSISTENCIA	0.020

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

8.1.3 ANÁLISIS DE LA DIMENSIÓN AMBIENTAL

En esta dimensión se analizó las características del medio ambiente y el manejo del mismo por parte de la población en nuestra zona de estudio.

Tabla 160. Matriz de comparación de los componentes de la dimensión ambiental

COMPONENTES	EXPOSICION	FRAGILIDAD	RESILIENCIA
EXPOSICION	1.00	2.00	3.00
FRAGILIDAD	0.50	1.00	2.00
RESILIENCIA	0.33	0.50	1.00
SUMA	1.83	3.50	6.00
1/ SUMA	0.55	0.29	0.17

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

Tabla 161. Matriz de normalización de los componentes de la dimensión ambiental

DIMENSIONES	EXPOSICION	FRAGILIDAD	RESILIENCIA	VECTOR DE PRIORIZACIÓN	PORCENTAJE (%)
EXPOSICION	0.545	0.571	0.500	0.539	53.9%
FRAGILIDAD	0.273	0.286	0.333	0.297	29.7%
RESILIENCIA	0.182	0.143	0.167	0.164	16.4%
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	100%

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

Tabla 162. Índice y relación de consistencia de los componentes de la dimensión ambiental

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	0.005
RELACIÓN DE CONSISTENCIA	0.009

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

8.1.3.1. EXPOSICIÓN AMBIENTAL

CERCANÍA DE RESIDUOS SÓLIDOS

Tabla 163. Matriz de comparación de pares del parámetro: Cercanía de residuos sólidos

CERCANÍA DE RESIDUOS SÓLIDOS	Muy cerca	Cerca	Medianamente cerca	Alejada	Muy alejada
Muy cerca	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
Cerca	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00
Medianamente cerca	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
Alejada	0.25	0.33	0.50	1.00	2.00
Muy alejada	0.20	0.25	0.33	0.50	1.00
SUMA	2.28	4.08	6.83	10.50	15.00
1/ SUMA	0.44	0.24	0.15	0.10	0.07

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)



Tabla 164. Matriz de normalización de pares del parámetro: Cercanía de residuos sólidos

CERCANÍA DE RESIDUOS SÓLIDOS	Muy cerca	Cerca	Medianamente cerca	Alejada	Muy alejada	Vector de priorización
Muy cerca	0.438	0.490	0.439	0.381	0.333	0.416
Cerca	0.219	0.245	0.293	0.286	0.267	0.262
Medianamente cerca	0.146	0.122	0.146	0.190	0.200	0.161
Alejada	0.109	0.082	0.073	0.095	0.133	0.099
Muy alejada	0.088	0.061	0.049	0.048	0.067	0.062
SUMA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

Tabla 165. Índice y relación de consistencia del parámetro: Cercanía a residuos sólidos

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	0.017
RELACIÓN DE CONSISTENCIA	0.015

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

8.1.3.2. FRAGILIDAD AMBIENTAL

Se evaluaron los siguientes parámetros: Pérdida de suelos

PÉRDIDA DE SUELOS

Tabla 166. Matriz de comparación de pares del parámetro: Pérdida de suelos

PÉRDIDA DE SUELOS	Erosión provocada por agentes naturales (lluvias intensas, pendientes abruptas, etc.)	Deforestación indiscriminada y sobrepastoreo	Expansión de área urbana	Sobreexplotación agrícola del suelo	Uso indiscriminado de fertilizantes y mala gestión del uso de agua, genera desertificación.
Erosión provocada por agentes naturales (lluvias intensas, pendientes abruptas, etc.)	1.00	3.00	4.00	5.00	7.00
Deforestación indiscriminada y sobrepastoreo	0.33	1.00	3.00	5.00	6.00
Expansión de área urbana	0.25	0.33	1.00	3.00	5.00
Sobreexplotación agrícola del suelo	0.20	0.20	0.33	1.00	3.00
Uso indiscriminado de fertilizantes y mala gestión del uso de agua, genera desertificación.	0.14	0.17	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.93	4.70	8.53	14.33	22.00
1/ SUMA	0.52	0.21	0.12	0.07	0.05

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)



Tabla 167. Matriz de normalización de pares del parámetro: Pérdida de suelos

PÉRDIDA DE SUELOS	Erosión provocada por agentes naturales (lluvias intensas, pendientes abruptas, etc.)	Deforestación indiscriminada y sobrepastoreo	Expansión de área urbana	Sobreexplotación agrícola del suelo	Uso indiscriminado de fertilizantes y mala gestión del uso de agua, genera desertificación.	Vector de priorización
Erosión provocada por agentes naturales (lluvias intensas, pendientes abruptas, etc.)	0.519	0.638	0.469	0.349	0.318	0.459
Deforestación indiscriminada y sobrepastoreo	0.173	0.213	0.352	0.349	0.273	0.272
Expansión de área urbana	0.130	0.071	0.117	0.209	0.227	0.151
Sobreexplotación agrícola del suelo	0.104	0.043	0.039	0.070	0.136	0.078
Uso indiscriminado de fertilizantes y mala gestión del uso de agua, genera desertificación.	0.074	0.035	0.023	0.023	0.045	0.040
SUMA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

Tabla 168. Índice y relación de consistencia del parámetro: Pérdida de suelos

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	0.079
RELACIÓN DE CONSISTENCIA	0.070

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

8.1.3.3. RESILIENCIA AMBIENTAL

Se evaluaron los parámetros: (1) disposición de residuos sólidos y (2) capacitación en temas de conservación ambiental, asignando a cada uno un valor de priorización del 50%.

DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Tabla 169. Matriz de comparación de pares del parámetro: Disposición de residuos sólidos

DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS	Desecha en quebradas y cauces	Desecha en vías y calles	Desecha en botaderos	Carro recolector	Carro recolector en forma segregada
Desecha en quebradas y cauces	1.00	3.00	6.00	7.00	9.00
Desecha en vías y calles	0.33	1.00	4.00	6.00	7.00
Desecha en botaderos	0.17	0.25	1.00	2.00	5.00
Carro recolector	0.14	0.17	0.50	1.00	3.00
Carro recolector en forma segregada	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.75	4.56	11.70	16.33	25.00
1/ SUMA	0.57	0.22	0.09	0.06	0.04

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)



Tabla 170. Matriz de normalización de pares del parámetro: Disposición de residuos sólidos

DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS	Desecha en quebradas y cauces	Desecha en vías y calles	Desecha en botaderos	Carro recolector	Carro recolector en forma segregada	Vector de priorización
Desecha en quebradas y cauces	0.570	0.658	0.513	0.429	0.360	0.506
Desecha en vías y calles	0.190	0.219	0.342	0.367	0.280	0.280
Desecha en botaderos	0.095	0.055	0.085	0.122	0.200	0.112
Carro recolector	0.081	0.037	0.043	0.061	0.120	0.068
Carro recolector en forma segregada	0.063	0.031	0.017	0.020	0.040	0.034
SUMA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

Tabla 171. Índice y relación de consistencia del parámetro: Disposición de residuos sólidos

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	0.069
RELACIÓN DE CONSISTENCIA	0.062

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

CAPACITACIÓN EN TEMAS DE CONSERVACIÓN AMBIENTAL

Tabla 172. Matriz de comparación de pares del parámetro: Capacitación en temas de conservación ambiental

CAPACITACIÓN EN TEMAS DE CONSERVACIÓN AMBIENTAL	Nunca le capacitaron	Escasamente capacitada	Se capacita con regular frecuencia	Se capacita constantemente	Se capacita constantemente, tiene amplio conocimiento
Nunca le capacitaron	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Escasamente capacitada	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Se capacita con regular frecuencia	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Se capacita constantemente	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Se capacita constantemente, tiene amplio conocimiento	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
½ SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

Tabla 173. Matriz de normalización de pares del parámetro: Capacitación en temas de conservación ambiental

CAPACITACIÓN EN TEMAS DE CONSERVACIÓN AMBIENTAL	Nunca le capacitaron	Escasamente capacitada	Se capacita con regular frecuencia	Se capacita constantemente	Se capacita constantemente, tiene amplio conocimiento	Vector de priorización
Nunca le capacitaron	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Escasamente capacitada	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Se capacita con regular frecuencia	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Se capacita constantemente	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Se capacita constantemente, tiene amplio conocimiento	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
SUMA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)



Tabla 174. Índice y relación de consistencia del parámetro: Capacitación en temas de conservación ambiental

ÍNDICE DE CONSISTENCIA	0.061
RELACIÓN DE CONSISTENCIA	0.054

Fuente: Adaptado del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1960)

8.2. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE VULNERABILIDAD

Teniéndose los cuadros la vulnerabilidad social (Tabla 175), económica (Tabla 176) y ambiental (Tabla 177), para la obtención de los niveles de vulnerabilidad (Tabla 178).

Tabla 175. Cuadro resumen de ponderación de la Vulnerabilidad Social

VULNERABILIDAD SOCIAL												
EXPOSICIÓN		FRAGILIDAD				RESILIENCIA						
Nº DE HABITANTES		GRUPO ETAREO		ACCESO A SERVICIOS BÁSICOS		CAPACITACIÓN EN TEMAS DE GRD		ACTITUD FRENTE AL RIESGO		TIPO DE SEGURO		VALORES
Ppar_Exp	Desc	Ppar_Frg	Desc	Ppar_Frg	Desc	Ppar_Ral	Desc	Ppar_Ral	Desc	Ppar_Ral	Desc	Peso V. Social
0.277		0.297		0.297		0.08		0.01		0.03		
Mayor a 15 hab.	0.503	0 a 5 y >65 años	0.505	Ninguno	0.512	Nunca le capacitaron	0.416	Actitud fatalista	0.503	Sin seguro	0.488	0.499
11 a 15 hab.	0.260	6 a 12 y 61 a 64 años	0.262	Con luz	0.215	Escasamente capacitada	0.262	Actitud escasamente previsor	0.260	SIS	0.237	0.246
6 a 10 hab.	0.134	13 a 15 y 51 a 60 años	0.136	Con agua y luz	0.116	Se capacita con regular frecuencia	0.161	Actitud parcialmente previsor, no cuenta con mochila de emergencia	0.134	ESSALUD	0.159	0.132
3 a 5 hab.	0.088	16 a 30 años	0.060	Con agua y desagüe	0.105	Se capacita constantemente	0.099	Actitud parcialmente previsor, cuenta con mochila de emergencia	0.068	FF AA (EJERCITO) PNP	0.077	0.080
Menos de 3 Hab.	0.035	31 a 50 años	0.037	Con agua, luz y desagüe	0.052	Se capacita constantemente participando en simulacros, difusión total	0.062	Actitud previsor	0.035	Privado	0.039	0.043

Fuente: Elaboración propia

Tabla 176. Cuadro resumen de ponderación de la Vulnerabilidad Económica

VULNERABILIDAD ECONÓMICA												
EXPOSICIÓN		FRAGILIDAD				RESILIENCIA						
LOCALIZACIÓN DE LA EDIFICACIÓN		MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN		NÚMERO DE PISOS		ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA EDIFICACIÓN		POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA		ORGANIZACIÓN INSTITUCIONAL		INGRESO FAMILIAR PROMEDIO
Ppar_Exp	Desc	Ppar_Frg	Desc	Ppar_Frg	Desc	Ppar_Frg	Desc	Ppar_Ral	Desc	Ppar_Ral	Desc	Ppar_Ral
0.581		0.196		0.033		0.080		0.028		0.011616122		0.059
Muy cercana (<50m)	0.503	Mixto precario	0.503	>5 pisos	0.485	Muy malo	0.460	DESEMPLEADO	0.504	Gobierno local deficiente, gran desaprobación popular	0.476	≤ 200
Cercana (50m - 100m)	0.260	Madera	0.260	4 pisos	0.227	Malo	0.261	DEDICADO AL HOGAR	0.260	Gobierno local poco eficiente, desaprobación popular	0.295	>200 - ≤ 750
Mediamente cerca (100m - 200m)	0.134	Adobe	0.134	3 pisos	0.143	Regular	0.162	TRABAJADOR INDEPENDIENTE	0.132	Gobierno local a veces eficiente, mediana aprobación popular	0.121	>750 - ≤ 1500
Alejada (200m - 400m)	0.068	Ladrillo - bloqueta	0.068	2 pisos	0.089	Bueno	0.078	TRABAJADOR DEPENDIENTE	0.062	Gobierno local generalmente eficiente, gran aprobación popular	0.067	>1500 - ≤ 3000
Muy alejada (>400m)	0.035	Concreto	0.035	1 piso	0.057	Muy bueno	0.039	TRABAJADOR DEPENDIENTE DE MAS DE 15 AÑOS	0.042	Gobierno local eficiente, total aprobación popular	0.041	>3000

Fuente: Elaboración propia



Tabla 177. Cuadro resumen de ponderación de la Vulnerabilidad Ambiental

VULNERABILIDAD AMBIENTAL										VALORES DE SÍNTESIS DE VULNERABILIDAD
EXPOSICIÓN		FRACILIDAD		RESILIENCIA						
CERCANÍA DE RESIDUOS SOLIDOS		PERDIDA DE SUELOS		DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS		CAPACITACIÓN EN TEMAS DE CONSERVACIÓN AMBIENTAL		VALORES	Peso V. Ambiental	
Ppar_Exp	Pdesc	Ppar_Frg	Pdesc	Ppar_Ral	Pdesc	Ppar_Ral	Pdesc			
0.539		0.297		0.082		0.082				
Muy cerca	0.416	Erosión provocada por agentes naturales (lluvias intensas, pendientes abruptas,etc.)	0.459	Desecha en quebradas y cauces	0.506	Nunca le capacitaron	0.503	0.443	0.111	0.491
Cerca	0.262	Deforestación indiscriminada y sobrepastoreo	0.272	Desecha en vías y calles	0.280	Escasamente capacitada	0.260	0.266	0.111	0.256
Medianamente cerca	0.161	Expansion de area urbana	0.151	Desecha en botaderos	0.112	Se capacita con regular frecuencia	0.134	0.152	0.111	0.137
Alejada	0.099	Sobreexplotación agrícola del suelo	0.078	Carro recolector	0.068	Se capacita constantemente	0.068	0.088	0.111	0.076
Muy alejada	0.062	Uso indiscriminado de fertilizantes y mala gestión del uso de agua, genera desertificación.	0.040	Carro recolector en forma segregada	0.034	Se capacita constantemente, tiene amplio conocimiento	0.035	0.051	0.111	0.041

Fuente: Elaboración propia

Tabla 178. Niveles de vulnerabilidad

SÍNTESIS DE VULNERABILIDAD					
NIVEL		RANGO			
MUY ALTO		0.256	<	V	≤ 0.491
ALTO		0.137	<	V	≤ 0.256
MEDIO		0.076	<	V	≤ 0.137
BAJO		0.041	≤	V	≤ 0.076

Fuente: Elaboración propia

8.3. ESTRATIFICACIÓN DE LOS NIVELES DE VULNERABILIDAD

Para estratificar los niveles de vulnerabilidad se utilizó el proceso de análisis jerárquico a partir de la evaluación de los parámetros en las dimensiones social, económica y ambiental; a partir de los cuales se pueden clasificar las zonas vulnerables ante flujo hiperconcentrado en la C.C. Qquehwar (Tabla 179, Fig. 123).



Tabla 179. Estratificación de los niveles de vulnerabilidad

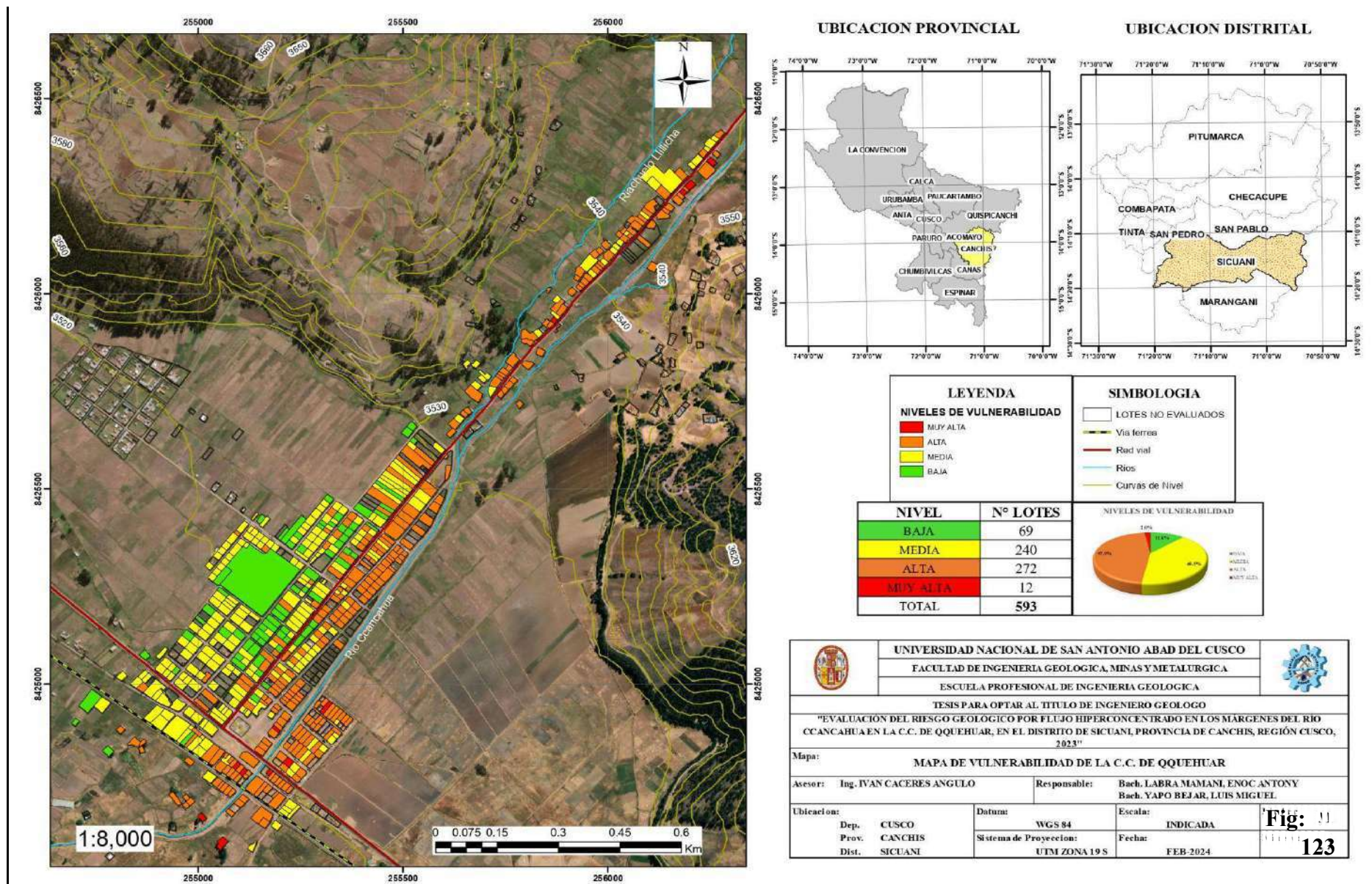
NIVEL DE VULNERABILIDAD	DESCRIPCIÓN	RANGO
MUY ALTA	Grupo etario menor a 5 años y mayor a 65 años. No cuentan con servicios básicos. Capacitación en temas de gestión del riesgo de desastres: Nunca le capacitaron. Tipo de seguro: no cuenta con ningún tipo de seguro. Tienen actitud fatalista frente al riesgo. Las edificaciones tienen un estado de conservación: muy malo. Material predominante en la construcción: Mixto precario, madera. Edificaciones de más de 5 pisos. Ingreso familiar promedio ≤ 200 . Población económicamente activa: desempleado. Disposición de residuos sólidos: Desecha en quebradas y cauces. Los suelos son erosionados por agentes naturales (lluvias intensas, pendientes abruptas, etc). Capacitación en temas de conservación ambiental: Nunca le capacitaron.	$0.256 < V \leq 0.491$
ALTA	Grupo etario de 6 a 12 y de 61 a 64 años. Acceso a servicios básicos: solo cuenta con luz. Capacitación en temas de gestión del riesgo de desastres: Escasamente capacitada. Tipo de seguro: seguro SIS. Tienen una actitud escasamente previsoras frente al riesgo. Las edificaciones tienen un estado de conservación: malo. Material predominante en la construcción: Madera-Adobe. Edificaciones de 4 pisos. Ingreso familiar promedio $>200 - \leq 750$. Población económicamente activa: dedicada al hogar. Disposición de residuos sólidos: Desecha en vías y calles. Existe deforestación indiscriminada y sobrepastoreo. Capacitación en temas de conservación ambiental: Escasamente capacitada.	$0.137 < V \leq 0.256$
MEDIA	Grupo etario de 13 a 15 y de 51 a 60 años. Acceso a servicios básicos: Servicios de agua y luz. Capacitación en temas de gestión del riesgo de desastres: Se capacita con regular frecuencia. Tipo de seguro: seguro es de las FFAA (ejército) PNP. Tienen actitud parcialmente previsoras frente al riesgo, no cuenta con mochila de emergencia. Las edificaciones tienen un estado de conservación: Regular. Material predominante en la construcción: Adobe. Edificaciones de 3 pisos. Ingreso familiar promedio $>750 - \leq 1500$. Población económicamente activa: trabajador independiente. Disposición de residuos sólidos: Desecha en botaderos-carro recolector. Es zona de expansión urbana. Capacitación en temas de conservación ambiental: Se capacita con regular frecuencia.	$0.076 < V \leq 0.137$
BAJA	Grupo etario de 16 a 30 y de 31 a 50 años. Acceso a servicios básicos: Servicios de agua, luz, desagüe y otros. Capacitación en temas de gestión del riesgo de desastres: se capacita constantemente. Tipo de seguro: seguro privado. Tienen actitud previsoras/ parcialmente previsoras frente al riesgo, cuenta con mochila de emergencia. Las edificaciones tienen un estado de conservación: bueno a conservado. Material predominante en la construcción: Ladrillo bloqueta - concreto armado. Edificaciones de 1-2 pisos. Ingreso familiar promedio $>1500 - \leq 3000$. Población económicamente activa: trabajador dependiente. Disposición de residuos sólidos: carro recolector en forma segregada. Uso indiscriminado de fertilizantes y mala gestión del uso de agua, genera desertificación. Capacitación en temas de conservación ambiental: Se capacita constantemente	$0.041 \leq V \leq 0.076$

Fuente: Elaboración propia



8.4. MAPA DE ZONIFICACIÓN DEL NIVEL DE VULNERABILIDAD

Figura 123. Mapa de Vulnerabilidad de la Comunidad Campesina de Qquehuar



CAPITULO IX: ESTIMACIÓN O CÁLCULO DEL RIESGO

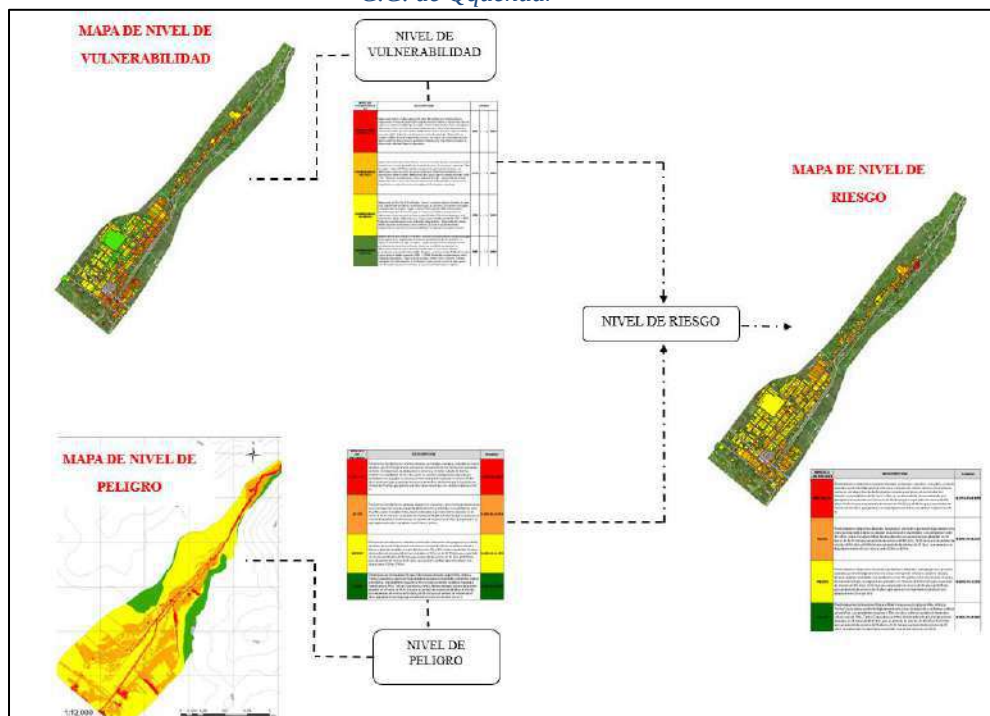
Según el CENEPRED (2014), “el riesgo de desastre es la probabilidad de que la población y sus medios de vida sufran daños y pérdidas a consecuencia de su condición de vulnerabilidad y el impacto de un peligro” (p. 194). Siendo el riesgo, el resultado del producto del peligro por la vulnerabilidad, está determinado por la siguiente ecuación:

$$R_{ie}|_t = f(P_i, V_e)|_t$$

Dónde R es el Riesgo, f en función, P_i es el peligro con la intensidad mayor o igual a i durante un periodo de exposición t y V_e es la vulnerabilidad de un elemento expuesto.

Se hace uso de los sistemas de información geográfica, para el cálculo del peligro por la vulnerabilidad siguiendo la metodología del CENEPRED plasmada en la Figura 124.

Figura 124. Metodología aplicada para determinar los niveles de riesgo en los márgenes del río Ccancahua en la C.C. de Quehuar



Fuente: Adaptado del manual del CENEPRED



9.1. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO

Relacionamos los límites superiores e inferiores del peligro y vulnerabilidad de la zona de estudio, el resultado del producto de ambos es igual a los límites de los niveles de riesgo obteniendo 4 rangos de valores que son expresados cualitativamente como bajo, medio, alto y muy alto (Tabla 180, Tabla 181, Tabla 182).

Tabla 180. Cálculo de los límites de los niveles de riesgo

NIVELES DE RIESGO		
PELIGRO (P)	VULNERABILIDAD (V)	RIESGO (PxV)
0.448	0.491	0.220
0.255	0.256	0.065
0.156	0.137	0.021
0.088	0.076	0.007
0.053	0.041	0.002

Fuente: Elaboración propia

Tabla 181. Niveles de riesgo

NIVEL DE RIESGO	RANGO				
MUY ALTO	0.065	<	R	<	0.220
ALTO	0.021	<	R	<	0.065
MEDIO	0.007	<	R	<	0.021
BAJO	0.002	<	R	<	0.007

Fuente: Elaboración propia

De ese modo, se obtendrá los mapas de riesgo geológico por flujo hiperconcentrado para un Tr de 25 años (Fig. 125), 50 años (Fig. 126) y 100 años (Fig. 127).



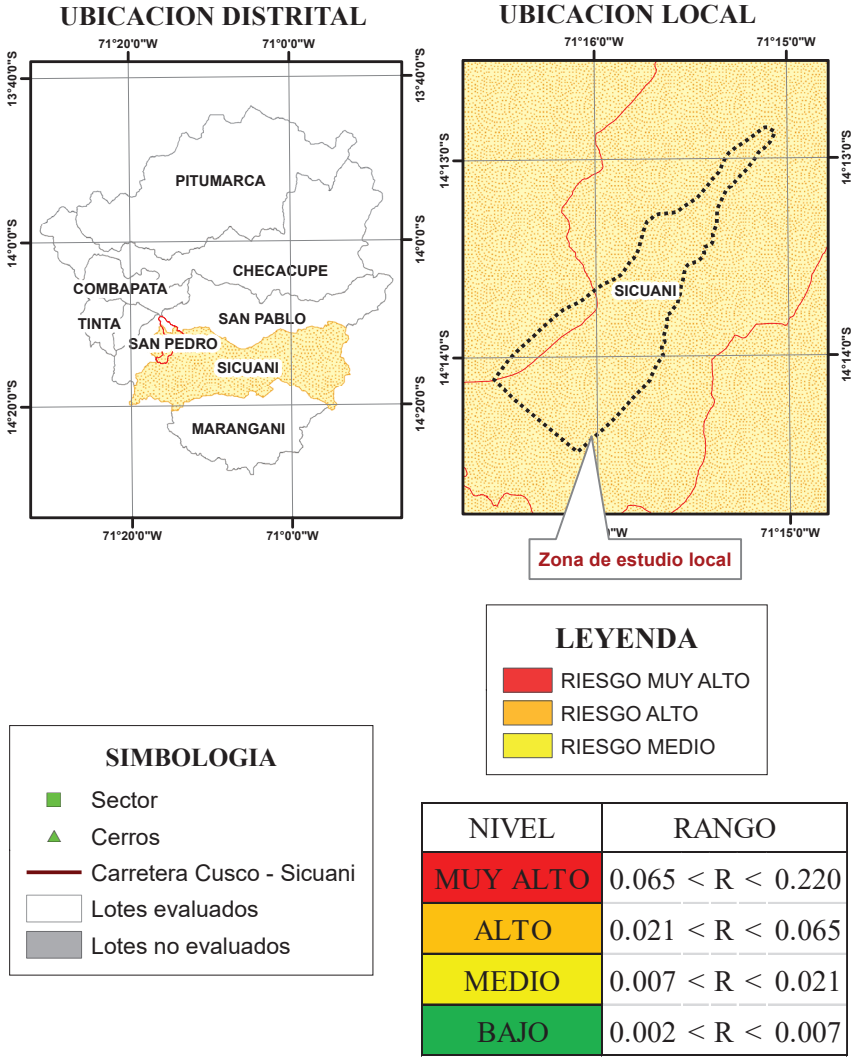
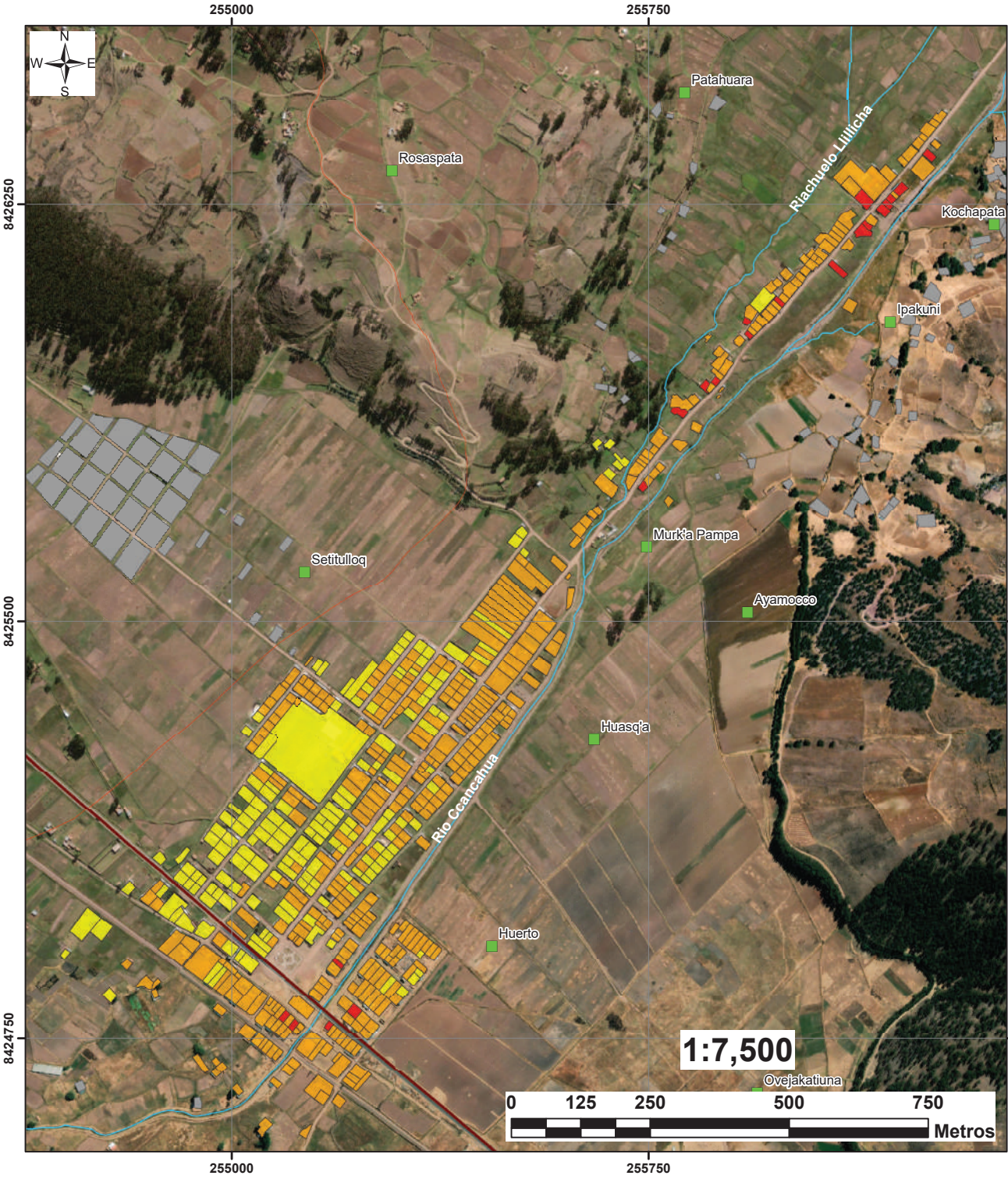
9.2. ESTRATIFICACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO

Tabla 182. Estratificación de los niveles de riesgo

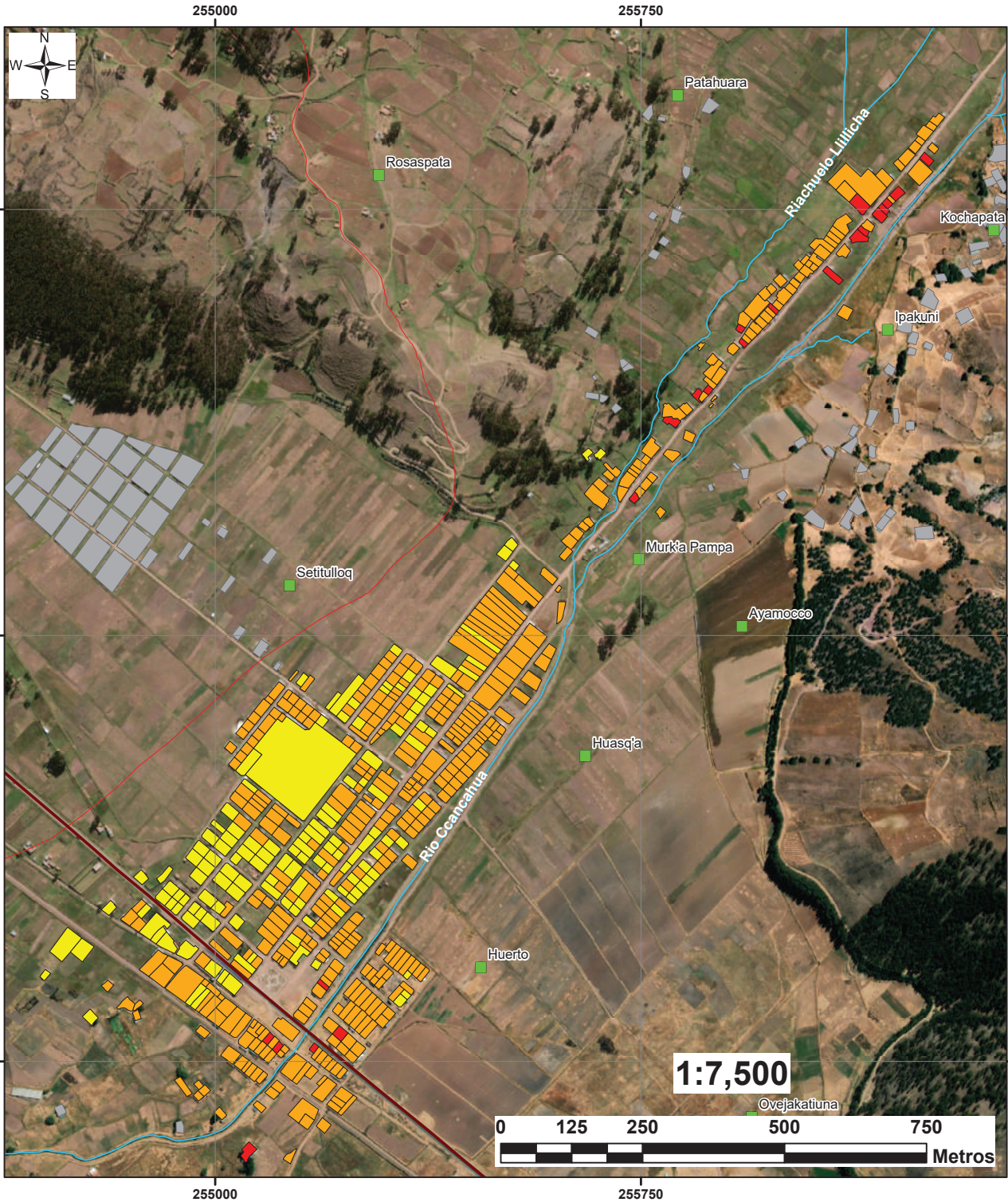
NIVEL	DESCRIPCIÓN	RANGO
MUY ALTO	Predominan los depósitos recientes fluviales, proluviales, aluviales, coluviales y coluvio proluvial; geomorfológicamente esta zona corresponde a lecho del río y terraza fluvial, vertiente con depósitos de deslizamiento reciente y vertiente coluvial de detritos reciente con pendientes de 0% a 4%; sobre un acuífero aluvial, desencadenado por precipitaciones pluviales en 4 horas de 46.43 mm para un periodo de retorno de 100 años, 43.62 mm para un periodo de retorno de 50 años y 40.99 mm para un periodo de retorno de 25 años, que generaría un flujo hiperconcentrado con alturas mayores a 0.40 m. En este estrato el grupo etario es menor a 5 años y mayor a 65 años. No cuentan con servicios básicos. Nunca le capacitaron en temas de gestión del riesgo de desastres. No cuenta con ningún tipo de seguro. Tienen actitud fatalista frente al riesgo. Las edificaciones tienen un estado de conservación muy malo. Material predominante en la construcción: Mixto precario, madera. Edificaciones de más de 5 pisos. Ingreso familiar promedio ≤ 200 . Población económicamente activa: desempleado. Disposición de residuos sólidos: Desecha en quebradas y cauces. Los suelos son erosionados por agentes naturales (lluvias intensas, pendientes abruptas, etc). Nunca le capacitaron en temas de conservación ambiental.	$0.065 < R \leq 0.220$
ALTO	Predominan los depósitos aluviales, biogénicos y lacustres; geomorfológicamente esta zona corresponde a llanura o planicie aluvial-lacustre y bofedales con pendientes entre 4% y 15%; sobre el acuitardo Muni, desencadenado por precipitaciones pluviales en 4 horas de 46.43 mm para un periodo de retorno de 100 años, 43.62 mm para un periodo de retorno de 50 años y 40.99 mm para un periodo de retorno de 25 años, que generaría un flujo hiperconcentrado con alturas entre 0.30 m y 0.40 m. En este estrato el grupo etario es de 6 a 12 y de 61 a 64 años. Solo cuentan con luz. Escasamente capacitada en temas de gestión del riesgo de desastres. Tienen seguro SIS. Tienen una actitud escasamente previsoras frente al riesgo. Las edificaciones tienen un estado de conservación malo. Material predominante en la construcción: Madera-Adobe. Edificaciones de 4 pisos. Ingreso familiar promedio $>200 - \leq 750$. Población económicamente activa: dedicada al hogar. Desechan residuos sólidos en vías y calles. Existe deforestación indiscriminada y sobrepastoreo. Escasamente capacitada en temas de conservación ambiental	$0.021 < R \leq 0.065$
MEDIO	Predominan los depósitos coluviales, proluviales, deluviales, antropogénicos, coluvio proluvial y proluviales muy antiguos; geomorfológicamente esta zona corresponde a llanura o planicie aluvial y llanura o planicie inundable, con pendientes entre 15% y 50%; sobre el acuitardo Ananea, desencadenado por precipitaciones pluviales en 4 horas de 46.43 mm para un periodo de retorno de 100 años, 43.62 mm para un periodo de retorno de 50 años y 40.99 mm para un periodo de retorno de 25 años, que generaría un flujo hiperconcentrado con alturas entre 0.20 m y 0.30 m. En este estrato el grupo etario es de 13 a 15 y de 51 a 60 años. Acceso a servicios de agua y luz. Se capacita con regular frecuencia en temas de gestión del riesgo de desastres. Seguro de las FFAA (ejército) y PNP. Tienen actitud parcialmente previsoras frente al riesgo, no cuenta con mochila de emergencia. Las edificaciones tienen un estado de conservación regular. Material predominante en la construcción: Adobe. Edificaciones de 3 pisos. Ingreso familiar promedio $>750 - \leq 1500$. Población económicamente activa: trabajador independiente. Desecha residuos sólidos en botaderos y en carro recolector. Es zona de expansión urbana. Se capacita con regular frecuencia en temas de conservación ambiental.	$0.007 < R \leq 0.021$
BAJO	Predominan las formaciones Ananea, Muni, Huancané y los grupos Mitu, Ambo y Tarma Copacabana; geomorfológicamente esta zona corresponde a vertientes, colinas y montañas, con pendientes mayores a 50%; se ubica sobre los acuíferos Huancane, coluvio aluvial, Mitu, Tarma Copacabana y Ambo, desencadenado por precipitaciones pluviales en 4 horas de 46.43 mm para un periodo de retorno de 100 años, 43.62 mm para un periodo de retorno de 50 años y 40.99 mm para un periodo de retorno de 25 años, que generaría un flujo hiperconcentrado con alturas menores a 0.20 m. En este estrato el grupo etario es de 16 a 30 y de 31 a 50 años. Acceso a servicios de agua, luz, desagüe y otros. Se capacita constantemente en temas de gestión del riesgo de desastres. Tipo de seguro: seguro privado. Tienen actitud previsoras/ parcialmente previsoras frente al riesgo, cuenta con mochila de emergencia. Las edificaciones tienen un estado de conservación bueno a conservado. Material predominante en la construcción: Ladrillo - bloqueta - concreto armado. Edificaciones de 1-2 pisos. Ingreso familiar promedio $>1500 - \leq 3000$. Población económicamente activa: trabajador dependiente. Desechan residuos sólidos en el carro recolector de forma segregada. Uso indiscriminado de fertilizantes y mala gestión del uso de agua, genera desertificación. Se capacita constantemente en temas de conservación ambiental.	$0.002 < R \leq 0.007$

Fuente: Elaboración propia

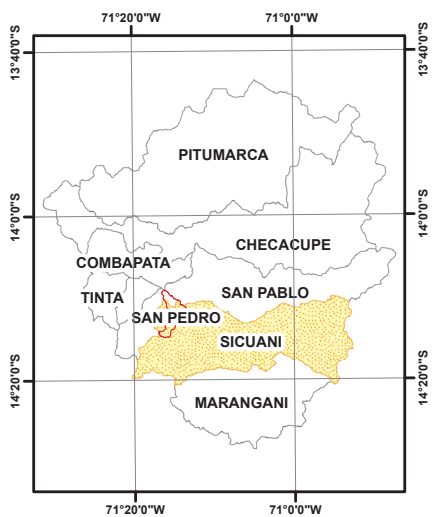
9.3. MAPA DE ZONIFICACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO



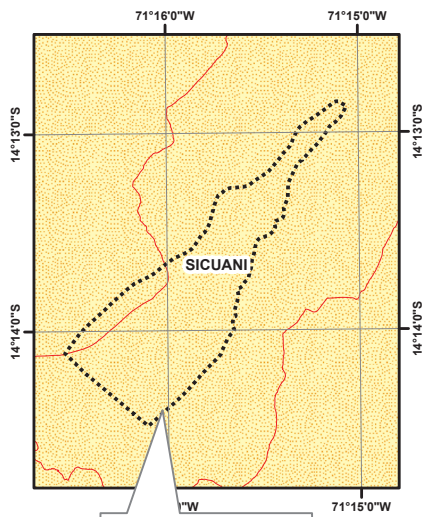
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO			
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA			
TESIS PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO GEOLOGO				
"EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO EN LOS MÁRGENES DEL RIO CCANCAHUA EN LA C.C. DE QQUEHUAR, EN EL DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA DE CANCHIS, REGIÓN CUSCO, 2023"				
Mapa: MAPA DE RIESGO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO PARA TR=25 AÑOS				
Asesor: Ing. IVAN CACERES ANGULO		Responsable: Bach. LABRA MAMANI, ENOC ANTONY Bach. YAPO BEJAR, LUIS MIGUEL		
Ubicacion:		Datum:	Escala:	Figura: 125
Dep. CUSCO		WGS 84	INDICADA	
Prov. CANCHIS		Sistema de Proyeccion:	Fecha:	
Dist. SICUANI		UTM ZONA 19 S	ABR-2024	



UBICACION DISTRITAL



UBICACION LOCAL



Zona de estudio local

LEYENDA

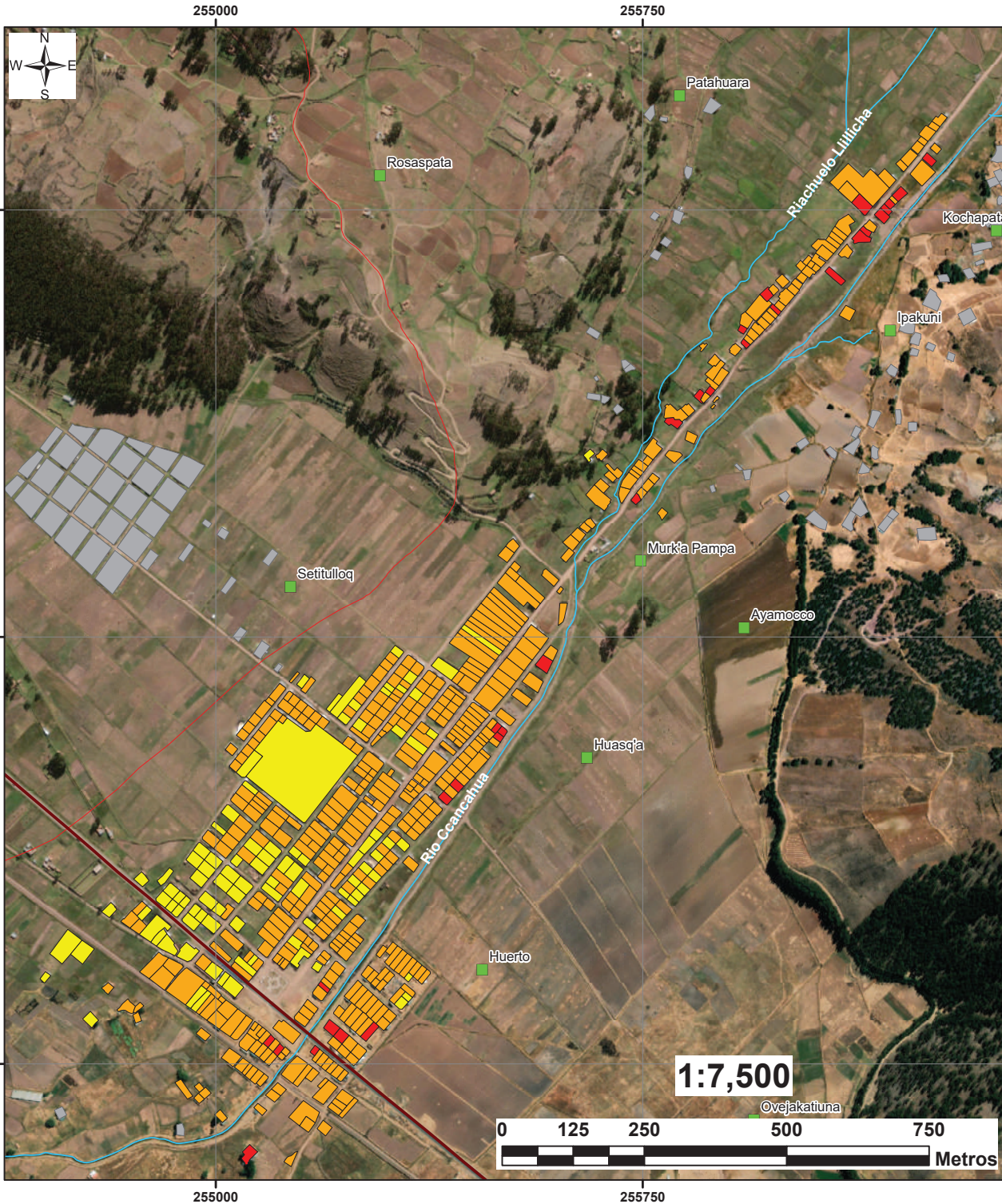
- RIESGO MUY ALTO
- RIESGO ALTO
- RIESGO MEDIO

SIMBOLOGIA

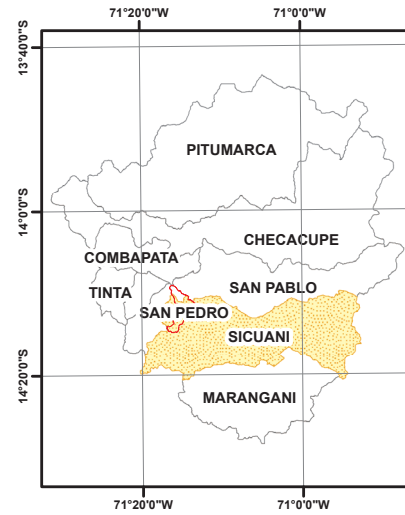
- Sector
- Cerros
- Carretera Cusco - Sicuani
- Lotes no evaluados

NIVEL	RANGO
MUY ALTO	$0.065 < R < 0.220$
ALTO	$0.021 < R < 0.065$
MEDIO	$0.007 < R < 0.021$
BAJO	$0.002 < R < 0.007$

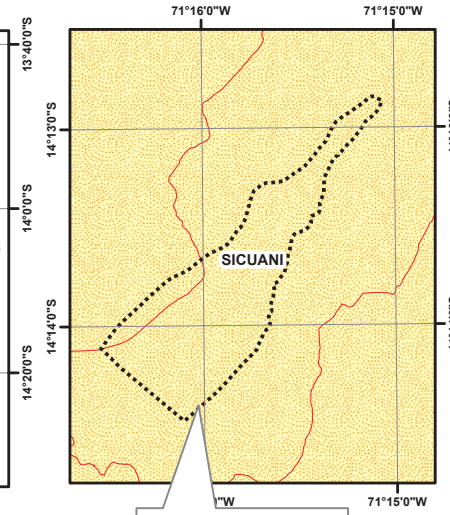
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL DEL CUSCO			
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA			
TESIS PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO GEOLOGO				
"EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO EN LOS MARGENES DEL RÍO CCANCAHUA EN LA C.C. DE QUEHUAR, EN EL DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA DE CANCHIS, REGIÓN CUSCO, 2023"				
Mapa: MAPA DE RIESGO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO PARA TR=50 AÑOS				
Asesor: Ing. IVAN CACERES ANGULO		Responsable: Bach. LABRA MAMANI, ENOC ANTONY Bach. YAPO BEJAR, LUIS MIGUEL		
Ubicación:	Dep. CUSCO	Datum: WGS 84	Escala: INDICADA	Figura: 126
	Prov. CANCHIS	Sistema de Proyección: UTM ZONA 19 S	Fecha: ABR-2024	
	Dist. SICUANI			



UBICACION DISTRITAL



UBICACION LOCAL



Zona de estudio local

LEYENDA

- RIESGO MUY ALTO
- RIESGO ALTO
- RIESGO MEDIO

SIMBOLOGIA

- Sector
- Cerros
- Carretera Cusco - Sicuani
- Lotes no evaluados

NIVEL	RANGO
MUY ALTO	$0.065 < R < 0.220$
ALTO	$0.021 < R < 0.065$
MEDIO	$0.007 < R < 0.021$
BAJO	$0.002 < R < 0.007$

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO		
	FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
TESIS PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO GEOLOGO			
"EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO EN LOS MARGENES DEL RIO CCANCAHUAY EN LA C.C. DE QUEHUAR, EN EL DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA DE CANCHIS, REGIÓN CUSCO, 2023"			
Mapa: MAPA DE RIESGO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO PARA TR=100 AÑOS			
Asesor: Ing. IVAN CACERES ANGULO		Responsable: Bach. LABRA MAMANI, ENOC ANTONY Bach. YAPO BEJAR, LUIS MIGUEL	
Ubicacion: Dep. CUSCO Prov. CANCHIS Dist. SICUANI		Datum: WGS 84 Sistema de Proyeccion: UTM ZONA 19 S	Escala: INDICADA Fecha: ABR-2024
			Figura: 127



CAPITULO X: ANALISIS DE RESULTADOS

10.1. ANÁLISIS DEL CAUCE DEL RÍO CCANCAHUA PARA UN TR DE 100 AÑOS

a) Del km 00+000 al km 01+000 (Sector Suchu Q’uchu – Suchu Pampa)

Esta es el área más crítica, donde se acumula el flujo de detritos (huaycos) de la quebrada Suchu Q’uchu y el área donde se forma el flujo hiperconcentrado.

b) Del km 01+000 al km 02+730 (Pte. Ccancahua -Pte. de la Amistad)

Esta sección del río es la más crítica a los desbordes en el canal del río por flujo hiperconcentrado, debido al acortamiento del ancho (3.5 m) y profundidad (1.70 m) del cauce del río, viéndose también la presencia de regular vegetación en los márgenes del río. (Fig. 128)

Los sectores críticos de desborde son: (1) entre el km 01+500 al km 01+800 (desde el Pte. Kochapata hasta el Pte. Mallkipampa Huarmillacta) y (2) 02+180 al km 02+600 (desde el denominado Pte. Ruffino hasta el Pte. Murkapampa), observándose la dirección del flujo a ambos márgenes del cauce, donde el flujo comienza a afectar viviendas y zonas de cultivos.

c) Del km 02+730 – km 02+550 (Pte de la Amistad – Pte. Cruzcunca III)

Esta sección del río es la que sufre menos desbordes por el trabajo de descolmatación regular que se realiza, a excepción de áreas puntuales (km 02+850 y km 03+220) (Fig. 128).

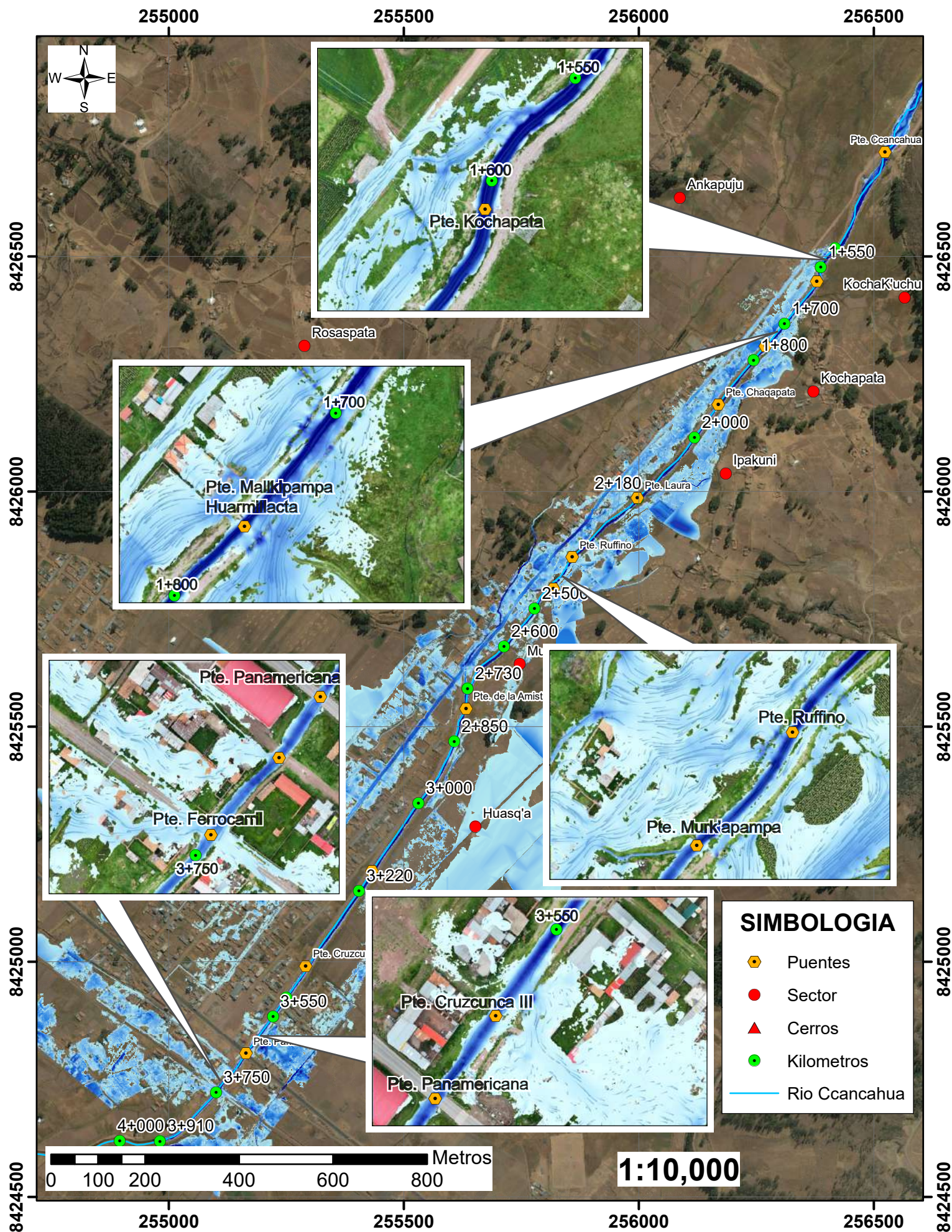
d) Del km 02+550 – km 03+900 (Pte Cruzcunca III y Pte Ferrocarril)

Segmentos críticos a desbordes por acortamiento en el cauce del río y reducción de la profundidad del cauce (1) desborde a la recta de la Posta de Salud, que afectaría a las viviendas del margen derecho del río en el barrio Cruzcunca, (2) desborde entre el Pte. Panamericana y el Pte. Ferrocarril que afectaría a las viviendas en ambos márgenes del río en el barrio Cercopata, donde regularmente se evidencia desbordes del río Ccancahua. (Fig. 128).

e) Del km 03+900 al km 05+170 (Pte. Ferrocarril – Río Vilcanota)

Segmento del río Ccancahua no evaluada, que conecta con el río Vilcanota.

Figura 128. Sectores críticos a desbordes por flujos en el cauce del río Ccancahua



10.2. ANÁLISIS DE SOCAVACIÓN EN PUENTES

A lo largo del río Ccancahua se ubican 3 puentes importantes: (a) puente Ccancahua; (b) puente de la Amistad recientemente construido en el sector Murk’a para el paso de vehículos pesados de carga a los sectores de Huasca, Murk’apampa y Ayamocco; (c) puente Panamericana, siendo puentes de viga simple con dos estribos, poseyendo las características observadas en la Tabla 183 y Figura 129.

Tabla 183. Características de los puentes construidos sobre el río Ccancahua

PUENTE	UBICACIÓN		LUZ DEL PUENTE	GALIBO (ALTURA LIBRE) (Hm)	ANCHO DEL TABLERO
	E	N			
Ccancahua	255162.1	8424818.3	13.5 m	1.85 m	5.10 m
De la Amistad	255622.9	8425568.3	6.90 m	2.20 m	4.60 m
Panamericana	256519.1	8426729.3	7.30 m	1.58 m	8.85 m

Figura 129. Puentes construidos sobre el río Ccancahua



Nota. (a) Puente Ccancahua, (b) puente de la Amistad y (c) puente Panamericana.

10.2.1. ANÁLISIS DE LA SOCAVACIÓN GENERAL EN LOS PUENTES

Se aplica el método de Lischtván – Levediev, para el cálculo de la altura de socavación general esperada en los puentes por flujo hiperconcentrado para un Tr de 100 años. Obteniéndose los cálculos a partir de los valores generales (Tabla 184).



S (pendiente del cauce) “%”	N (coeficiente de Manning)	Dm (diámetro medio)	μ	Φ	z
0.018	0.048	19.319 mm	1	1.550	0.3266

Tabla 184. Análisis de socavación general en los puentes de la C.C. de Quechuar

Puente	Hm (m)	Caudal de diseño (Qd)	Be (ancho efectivo)	α	β	Hs (m)	H “Hs-Hm”
P. Ccancahua	1.85	16.4	12.5 m	0.473	0.988	0.640	-1.21 m
P. de la amistad	2.20	16.4	4.70 m	0.943	0.988	1.339	-0.861 m
P. Panamericana	1.58	16.4	5.80 m	1.327	0.988	1.142	-0.438 m

El valor de socavamiento “H” es negativo, lo que nos indica que no hay un socavamiento activo, pero nos puede sugerir la ocurrencia de una acumulación de sedimentos u colmatación.

10.2.2. ANÁLISIS DE LA SOCAVACIÓN LOCAL EN ESTRIBOS DE LOS PUENTES

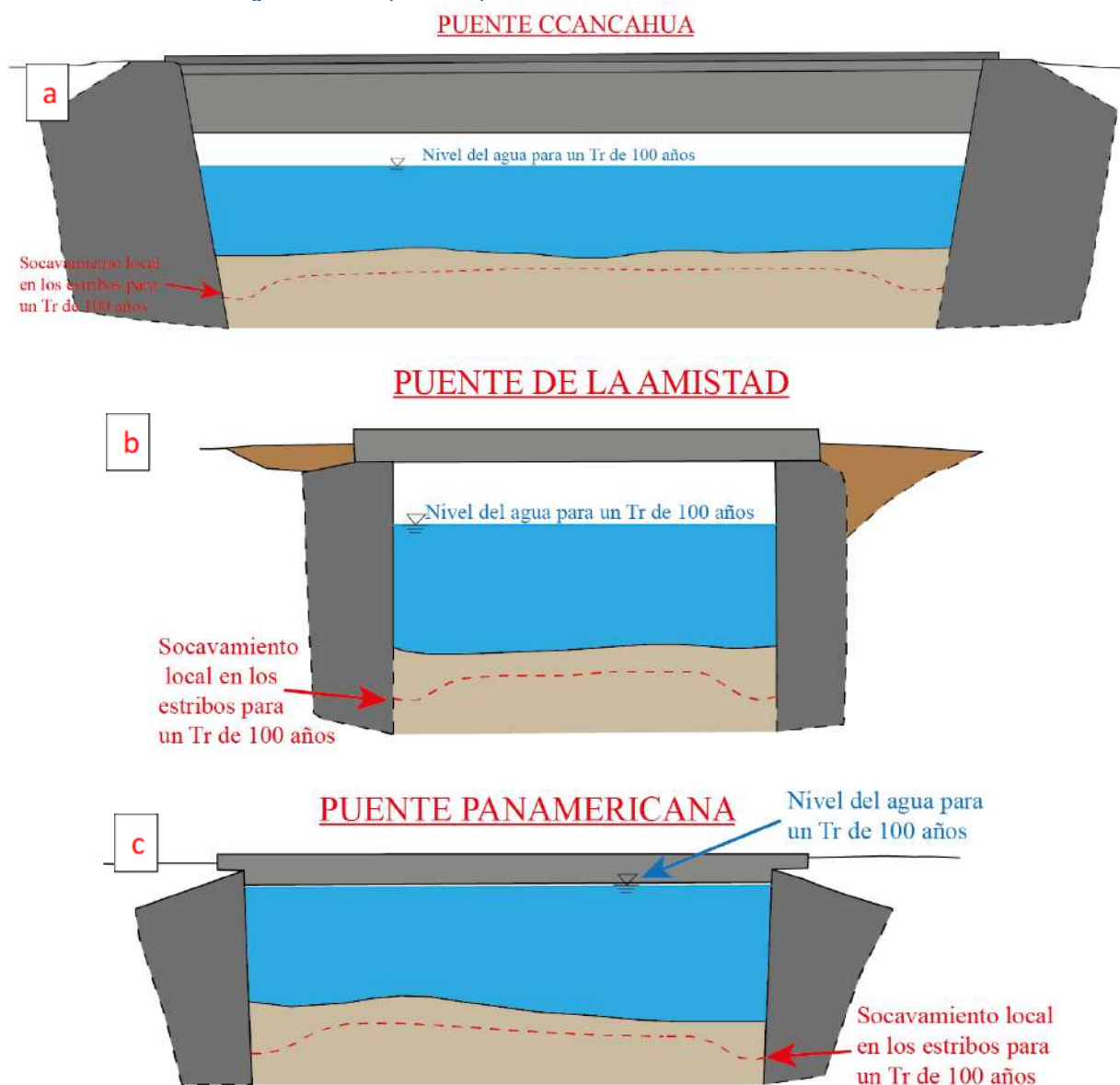
Para el análisis de la socavación en los estribos de los puentes, se aplica el método de Froehlich para un lecho móvil y Tr de 100 años (Tabla 185).

Tabla 185. Análisis de socavación local en estribos de los puentes de la C.C. de Quechuar

PUENTE	L (m)	h_e	K_f	K_θ	F_{re} (número de Froude)	Ds (profundidad de socavación)
Ccancahua	6.4	0.7	0.82	0.949	0.06869	0.625 m
De la Amistad	6.1	0.715	0.82	1	0.05663	0.581 m
Panamericana	2.4	0.75	0.82	1	0.07373	0.469 m

Para un Tr de 100 años, se estima un socavamiento de 62.5 cm para el Puente Ccancahua, de 58.1 cm para el puente de la Amistad y 46.9 cm para el puente Panamericana (Fig. 130).

Figura 130. Perfil de los puentes construidos sobre el río Ccancahua



Nota. Línea roja indica el nivel de socavación local en los estribos para el (a) puente Ccancahua, (b) puente de la Amistad y (c) puente Panamericana.



CONCLUSIONES

PRIMERA: Se determinó el riesgo por flujo hiperconcentrado en función de la vulnerabilidad y del peligro para 25,50 y 100 de retorno, se obtuvo rangos de $0.065 < R \leq 0.223$ para riesgo muy alto, $0.021 < R \leq 0.065$ para riesgo alto y $0.006 < R \leq 0.021$ para riesgo medio.

- a) Para $TR = 25$ años, se identificaron 20 edificaciones con riesgo muy alto (3.37 % del total), 407 edificaciones con riesgo alto (68.63 %) y 166 edificaciones con riesgo medio (28 %).
- b) Para $TR = 50$ años, se identificaron 21 edificaciones con riesgo muy alto (3.54 % del total), 435 edificaciones con riesgo alto (73.36 %) y 137 edificaciones con riesgo medio (23.10 %).
- c) Para $TR = 100$ años, se identificaron 30 edificaciones con riesgo muy alto (5.06 % del total), 466 edificaciones con riesgo alto (78.58 %) y 97 edificaciones con riesgo medio (16.36 %).

SEGUNDA: Se evaluó las formaciones geológicas, geomorfológicas y los fenómenos de geodinámica externa que influyen en la formación de flujos hiperconcentrados. Identificándose a la quebrada Suchu Q'uchu como la de mayor geodinámica de la microcuenca y la fuente de sedimentos para la formación de flujos hiperconcentrados; en donde los depósitos residuales, la formación incompetente Muni y la formación Huancané son los que dan origen a formación de los movimientos en masa en dicha quebrada, en donde se forman flujos de detritos que acumulan sus sedimentos en la base de la quebrada denominados depósitos proluviales recientes o coluvio-proluviales, formando así geoformas de “depósitos de vertientes de deslizamiento recientes y vertiente de detritos recientes”, donde este flujo de detritos tiene el potencial de encauzar el río,



junto con el aumento del caudal del río tiene el potencial de erosionar estos sedimentos y transportarlos, y formar así flujos hiperconcentrados.

TERCERA: Se determinó los parámetros morfométricos de la microcuenca Ccancahua que influyen en la formación del flujo hiperconcentrado.

Los parámetros morfométricos que influyen en la formación de flujos hiperconcentrados son: el área de la microcuenca de 32.688 km², la longitud del río Ccancahua de 14.09 km, el tiempo de concentración de 1.359 hrs, la pendiente media de la microcuenca caracterizada como “empinada” (34.88 %), la relación de bifurcación con un valor promedio de 3.69, la densidad de drenaje con un valor promedio de 2.906.

CUARTA: Se determinó los niveles de peligro por flujo hiperconcentrado a partir de la evaluación de los factores condicionantes, el factor desencadenante y los parámetros de evaluación. obteniendo así rangos de $0.253 < P \leq 0.455$ para peligro muy alto, $0.155 < P \leq 0.253$ para peligro alto, $0.085 < P \leq 0.155$ para peligro medio y $0.051 < P \leq 0.085$ para peligro bajo.

- a) Para TR=25 años, el caudal de flujo hiperconcentrado es de 13.83 m³/s, se muestra el peligro muy alto en los sectores de mayor altura de flujo como en los cauces naturales del río y en las calles principales de la C.C. de Qquehuar.
- b) Para TR=50 años, se evidencia el incremento de la precipitación máxima en 24 horas, además al presentar un caudal de flujo hiperconcentrado de 17.42 m³/s este llega a tener mayor alcance y mayor altura de flujo, por lo cual el peligro muy alto abarca mayor área.
- c) Para TR=100 años, el aumento de la precipitación máxima en 24 horas y el caudal de flujo hiperconcentrado de 21.81 m³/s llega a tener mayor alcance y mayor altura de flujo,



por lo cual en la zona de estudio se desarrolla con mayor amplitud el peligro alto y muy alto.

QUINTA: Los niveles de vulnerabilidad se determinaron luego de evaluar las dimensiones social, económica y ambiental de los elementos expuestos, obteniendo así rangos de $0.256 < V \leq 0.491$ para vulnerabilidad muy alta, $0.137 < V \leq 0.256$ para vulnerabilidad alta, $0.076 < V \leq 0.137$ para vulnerabilidad media y $0.041 < V \leq 0.076$ para vulnerabilidad baja.

- a) Se identificaron 12 edificaciones con vulnerabilidad muy alta (2 % del total),
- b) 272 edificaciones con vulnerabilidad alta (45.9 % del total),
- c) 240 edificaciones con vulnerabilidad media (40.5 % del total)
- d) 69 edificaciones con vulnerabilidad baja (11.6 % del total).

SEXTA: Se determinó los niveles de riesgo geológico por flujo hiperconcentrado en base al modelamiento numérico con el software HEC-RAS, obteniendo niveles de riesgo muy alto en todo el canal del río, así como en los sectores donde el flujo incide a afectar.



RECOMENDACIONES

PRIMERA: Se recomienda la realización de una evaluación de riesgo geológico por movimientos en masa en las comunidades componentes de la microcuenca Ccancahua, como por ejemplo una evaluación de peligros por erosión de laderas en la C. C. de Ccancahua y una evaluación de peligros por lluvias intensas en la C.C. de Ccancahua e Livincaya.

SEGUNDA: Poner a disposición el mapa de peligros y riesgo geológico por flujos hiperconcentrados a las autoridades correspondientes; con el fin de reducir, prevenir y mitigar este tipo de peligro en la C.C. de Qquehwar.

TERCERA: Se recomienda realizar una planificación urbana a 50 años de la Comunidad Campesina de Qquehwar, para así evitar pérdidas materiales, humanas y económicas.

CUARTA: Se recomienda complementar una evaluación de peligros por inundación fluvial en las riberas del río Ccancahua en la C.C. de Qquehwar, así mismo una evaluación de riesgo geológico por lluvias intensas en las llanuras de inundación en la C.C. de Qquehwar.

QUINTA: Realizar el modelamiento de flujos hiperconcentrados con otros softwares para un análisis comparativo de resultados, como el uso del software FLO 2D.

SEXTA: Se recomienda la implementación de las medidas de carácter estructural y no estructural, propuestas en el anexo 5 del presente estudio.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aparicio Mijares, F. J. (1992). *Fundamentos de hidrología de superficie*. Editorial Limusa SA de CV Grupo Noriega Editores.
- Audebaud, E. (1973). Geología de los cuadrángulos de Ocongate y Sicuani 28-t, 29-t. *Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET*, Boletín, 25, 80.
- Benavente Escobar, C. L., Delgado Madera, G. F., Taipei Maquerhua, E. L., Audin, L., & Pari Pinto, W. (2013). Neotectónica y peligro sísmico en la región Cusco. *Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET*, Boletín, Serie C: Geología Ambiental y Riesgo Geológico(55), 245.
- Benavente, C., & Delgado, F. (2012). FALLA AMARU: TECTÓNICA ACTIVA Y PALEOESFUERZOS EN EL ALTIPLANO SUR PERUANO. *Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET*.
- Beverage, J. P., & Culbertson, J. K. (1964). Hyperconcentrations of Suspended Sediment. *Journal of the Hydraulics Division*, 90(6), 117-128. <https://doi.org/10.1061/JYCEAJ.0001128>
- Bodoque, J. M., Eguibar, M. A., Díez-Herrero, A., Gutiérrez-Pérez, I., & Ruíz-Villanueva, V. (2011). Can the discharge of a hyperconcentrated flow be estimated from paleoflood evidence? *Water Resources Research*, 47(12). <https://doi.org/10.1029/2011WR010380>
- Campos Aranda, D.F. (1998). *Procesos del Ciclo Hidrológico*. Editorial Universitaria Potosina, tercera impresión. SLP, Mexico.
- Campos Cedeño, A., Konstantinovich Sinichenko, E., & Igorevich Gritsuk, I. (2016). *HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA PARA INGENIERÍA*. Universidad de la Amistad de los Pueblos de Rusia.
- Carlotto Caillaux, V. S., Cárdenas Roque, J. D., & Carlier, G. (2011). Geología del cuadrángulo de Cusco 28-s 1:50000. *Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET*, Boletín, Serie A: 138, 258.



- Carlotto Caillaux, V. S., Cárdenas Roque, J. D., Reitsma, M. J., & Rodríguez Mejía, R. (2010a). Las edades de la Formación Ene y del Grupo Mitu: Propuesta de cambios en la cartografía regional: Abancay - Cusco - Sicuani. *Sociedad Geológica del Perú*, Pub. Esp. N° 9, 830-833.
- Carlotto Caillaux, V. S., Mamani, M., Cerpa, L., & Rodriguez, R. (2010b). Los dominios geotectónicos del territorio peruano. *Sociedad Geológica del Perú*, 47-50.
- Carlotto, V., Cárdenas, J., & Carlier, G. (2008). Puesta en evidencia de acreciones Mezoproterozoicas en la formación de la litósfera del Sur del Perú. *UNSAAC. Lima, Perú: INGEMMET*.
- Carreño M.L., Cardona O.D. y Barbat A.H. (2005). *Sistema de indicadores para la evaluación de riesgos*. Colección de Monografías. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería – CIMNE, Barcelona, España.
- Castillo Guzmán, E. J. (2019). Elaboración del Perfil Tipo a partir de la integración Roca – Perfil y la metodología de Estratigrafía Secuencial en los reservorios complejos de las unidades sistema Tarma- Copacabana en la Cuenca Madre de Dios. *Rev. del Instituto de Investigación FIGMMG-UNMSM*, 22(43), 9-20.
- Castillo Navarro, L. F. (2006). *Aplicación de un modelo numérico de flujos de escombros y lodo en una quebrada en el Perú* [Universidad Nacional de Ingeniería].
<http://hdl.handle.net/20.500.14076/15817>
- Castro, A., Dávila, C., Laura, W., Cubas Saucedo, F., Ávalos, G., López, C., Villena, D., Valdez, M., Urbiola, J., Trebejo, I., Menis, L., & Marín, D. (2021). Climas del Perú: Mapa de Clasificación Climática Nacional (pp. 70-70). *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)*. https://repositorio.senamhi.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12542/1336/Climas-del-Per%3ba-Mapa-de-clasificaci%3b3n-clim%3ba1tica-nacional_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y



CENEPRED. (2014). *Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales 2da Versión* (p. 245). CENEPRED.

Cengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2018). *MECANICA DE FLUIDOS FUNDAMENTOS Y APLICACIONES* (4th edición). McGraw-Hill education Global.

<https://www.mheducation.com.co/mecanica-de-fluidos-fundamentos-y-aplicaciones-9781456260941-col-group>

Costa, J. E. (1988). Rheologic, geomorphic, and sedimentologic differentiation of water floods, hyperconcentrated flows, and debris flows. *Flood Geomorphology*, 113-122.

Custodio, E., & Llamas, M. R. (1983). *HIDROLOGIA SUBTERRANEA* (2da ed.). Ediciones Omega, S.A.

Gaspari, F. J., Rodríguez Vagaría, A. M., Senisterra, G. E., Delgado, M. I., & Besteiro, S. I. (2013). *Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas* (Editorial de la Universidad de la Plata). 1a ed.

GAY L.R. (1996). *Educational research: competencies for analysis and Application* (5th ed.). New Jersey: Prentice-Hall, Inc.

Gonzales Aliaga, R. (2015). *INFORME FINAL DEL ÁREA DE GEOLOGÍA REGIÓN PUNO* (p. 192). Gobierno Regional Puno.
http://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor/Archivos/Mapa/puno/Memoria_Descriptiva_Geologia.pdf

Gonzales de Vallejo, L. I., Ferrer Gijón, M., Ortuño Abad, L., & Oteo Mazo, C. (2002). *INGENIERÍA GEOLÓGICA*. PEARSON EDUCACIÓN, S. A.
<https://www.pearsoneducacion.net/espa%C3%B1a/TiendaOnline/ingenieria-geologica>



HEC-RAS. (2023). *HEC-RAS Mud and Debris Flow*. HEC-RAS - Hydrologic Engineering Center.

<https://www.hec.usace.army.mil/confluence/rasdocs/rasmuddebris/non-newtonian-user-s-manual>

Hernandez Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2014). *Metodología de la investigación (6ta edición)*. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Herrera, G., & Lario, J. (2016). *Introducción a los riesgos geológicos*. UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia. https://elibro.net/es/lc/unsac/titulos/48895?col_q=riesgos__geologicos&prev=col&col_code=E LC004

Herrera Sandoval, D. A., & Plasencia Moreno, C. K. (2023). *Comparación de flujo hiperconcentrado con fluido newtoniano mediante el modelamiento bidimensional* [UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO].

Highland, L. (2004). *Landslide Types and Processes*. USGS, 4.

Horton, R.E. (1932). Drainage basin characteristics. *Trans. Amer. Geophys. Union* 13, 350– 361.

Huerta, F., Sánchez, V., & Estrada, F. (2010). METODOLOGÍA PARA CALCULAR ESCORRENTÍA E INFILTRACIÓN EN CUENCAS. *Sociedad Geológica del Perú, Pub. Esp. N° 9*, 105-108.

Hungr, O., Evans, S., Bovis, M., & Hutchinson, J. N. (2001). Review of the classification of landslides of the flow type. *Environmental & Engineering Geoscience*, 7, 221-238. <https://doi.org/10.2113/gsegeosci.7.3.221>

INDECI, & PNUD. (2005). Mapa de peligros de la ciudad de Sicuani y localidad de Qquehwar (p. 192). *INDECI*. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/4333>



INRENA, & ATDR Ramis. (2008). Actualización del balance hídrico de la Cuenca del río Ramis.

Autoridad Nacional del Agua. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/3294>

INRENA, SICUANI IRH, & ATDR. (2005). MAPA HIDROGRAFICO E INVENTARIO DE FUENTES DE AGUAS SUPERFICIALES EN EL ÁMBITO DEL ATDR SICUANI (p. 122).

Ministerio de Agricultura e Instituto Nacional de Recursos Hidricos.

Jimenez E., H., & Materón M., H. (1986). *Hidrología Básica*. Tomo III. Univalle.

Julien, P. Y. (1995). Erosion and Sedimentation (1.^a ed.). *Cambridge University Press*.

<https://doi.org/10.1017/CBO9781139174107>

Julien, P. Y., & Lan, Y. (1991). RHEOLOGY OF HYPERCONCENTRATIONS. *Journal of Hydraulic Engineering*, 25612, 346-353.

Katopodes, N. D. (Ed.). (2019). *Free-Surface Flow*. Butterworth-Heinemann.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815489-2.00021-6>

Keller, E. A., & Blodgett, R. H. (2004). *Riesgos naturales: Procesos de la Tierra como riesgos, desastres y catástrofes* (P. Gil Ruiz, Trad.). PEARSON EDUCACIÓN, S.A.

Llamas, J. (1993). *Hidrología general: principios y aplicaciones*. Servicio Editorial Universidad del País Vasco.

Mamani Pachari, Y., Jacay Huarache, J. P., & Ayala Salvatierra, F. (2021). Geología del cuadrángulo de Timpia (hojas 25q1, 25q2, 25q3). *INGEMMET, Boletín, Serie L: Actualización Carta Geológica Nacional (Escala 1:50 000)*, 27, 68.

Martinez Valladares, W., & Monge Miguel, R. (2000). ESTRATIGRAFIA DEL PALEOZOICO DE LA CORDILLERA ORIENTAL AL SURESTE DEL PERU, FRONTERA PERU- BOLIVIA. *INGEMMET*, 144-159.



- Martínez Olmedo, V. A. (2022). *APLICACIÓN Y COMPARACIÓN MODELOS DE FLUJOS DETRÍTICOS, FLO-2D Y HEC-RAS A QUEBRADAS ACERILLA Y LA MESILLA, CUENCA DEL RÍO HUASCO, EVENTOS MARZO 2015*. UNIVERSIDAD DE CHILE.
- Mejia Marcacuzco, J. A. (2006). *HIDROLOGÍA APLICADA*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Mijailov, L. (1989). Hidrogeología. MIR.
- Morassutti, G. F. (2016). *Manual de diseño estructuras de corrección de torrentes y retención de sedimentos*.
- MTC. (2011). *MANUAL DE HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y DRENAJE*.
- MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CUSCO. (2021). *Informe de evaluación del riesgo de desastres por flujo hiperconcentrado en la zona de reglamentación especial ZRECU10A-Sector PP.JJ. Picchu Sipaspucyo e Independencia, distrito Cusco, provincia y departamento Cusco (Biblioteca SIGRID) (p. 128)*. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/10863>
- Nuhfer, E. B., Proctor, R. J., & Mosser, P. I. (1997). *GUIA CIUDADANA DE LOS RIESGOS GEOLOGICOS* (L. Suarez & M. Regueiro, Eds.; 1.^a ed.). Ilustre Colegio Oficial de Geólogos de España: Madrid.
- Ñaupas Paitán, H., Valdivia Dueñas, M. R., Palacios Vilela, J. J., & Romero Delgado, H. E. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis* (5a. Edición). Ediciones de la U.
- O'Brien, J. S., & Julien, P. Y. (1988). Laboratory Analysis of Mudflow Properties. *Journal of Hydraulic Engineering*, 114(8), 877-887. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9429\(1988\)114:8\(877\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(1988)114:8(877))
- Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN). (1982). *Inventario y evaluación semidetallada de los recursos de suelos y forestales de la zona de Atalaya*. Autoridad Nacional del Agua. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/955>



- Palacios, O., De la Cruz, J., De la Cruz, N., Klinck, B., Ellison, R., & Hawkins, M. (1993). *Geología de la Cordillera Occidental y Altiplano al Oeste del Lago Titicaca Sur del Perú* (Vol. Boletín N° 42 Serie A: CARTA GEOLÓGICA NACIONAL). Lima, Perú: INGEMMET.
- Pierson, T. C. (2005). Hyperconcentrated flow—Transitional process between water flow and debris flow. *En Debris-flow Hazards and Related Phenomena. SPRINGER-PRAXIS.*
<https://link.springer.com/book/10.1007/b138657>
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007). *Movimientos En Masa En La Región Andina: Una Guía Para La Evaluación De Amenazas*. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, N° 4, 432.
- Rodrigues, V.A., (2014). *Avaliação dos processos hidrológicos em microbacias hidrográficas*. Tesis Prof. Adjunto. Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agronômicas. UNESP. Botucatu. São Paulo. Brasil. 125p.
- Saavedra, Oliver & Villazon, Mauricio & Ledezma, Mauricio & Aruquipa, Nery & Vera, Vannesa & Zarate, Sulmayra & Ramos, Pedro & Núñez, Sergio & Ureña, Jhonatan. (2021). *CATÁLOGO DE MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y MITIGACIÓN PARA REDUCIR RIESGOS PARA EVENTOS DE INUNDACIÓN Y CRECIDAS EN ÁREAS AGRÍCOLAS Y URBANAS EN CUENCAS ALTA Y BAJA*.
- Sánchez Fernández, A. W., & Zapata Montes, A. A. (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Sicuani (29-t), Nuñoa (29-u), Macusani (29-v), Limbani (29-x), Sandia (29-y), San Ignacio (29-z), Yauri (30-t), Azángaro (30-v), Putina (30-x), La Rinconada (30-y), Condoroma (31-t), Ocuvi (31-u), Juliaca (31-v), Callalli (32-t), y Ácora (32-x). Escala 1:100 000. *Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET.*
<https://hdl.handle.net/20.500.12544/2072>



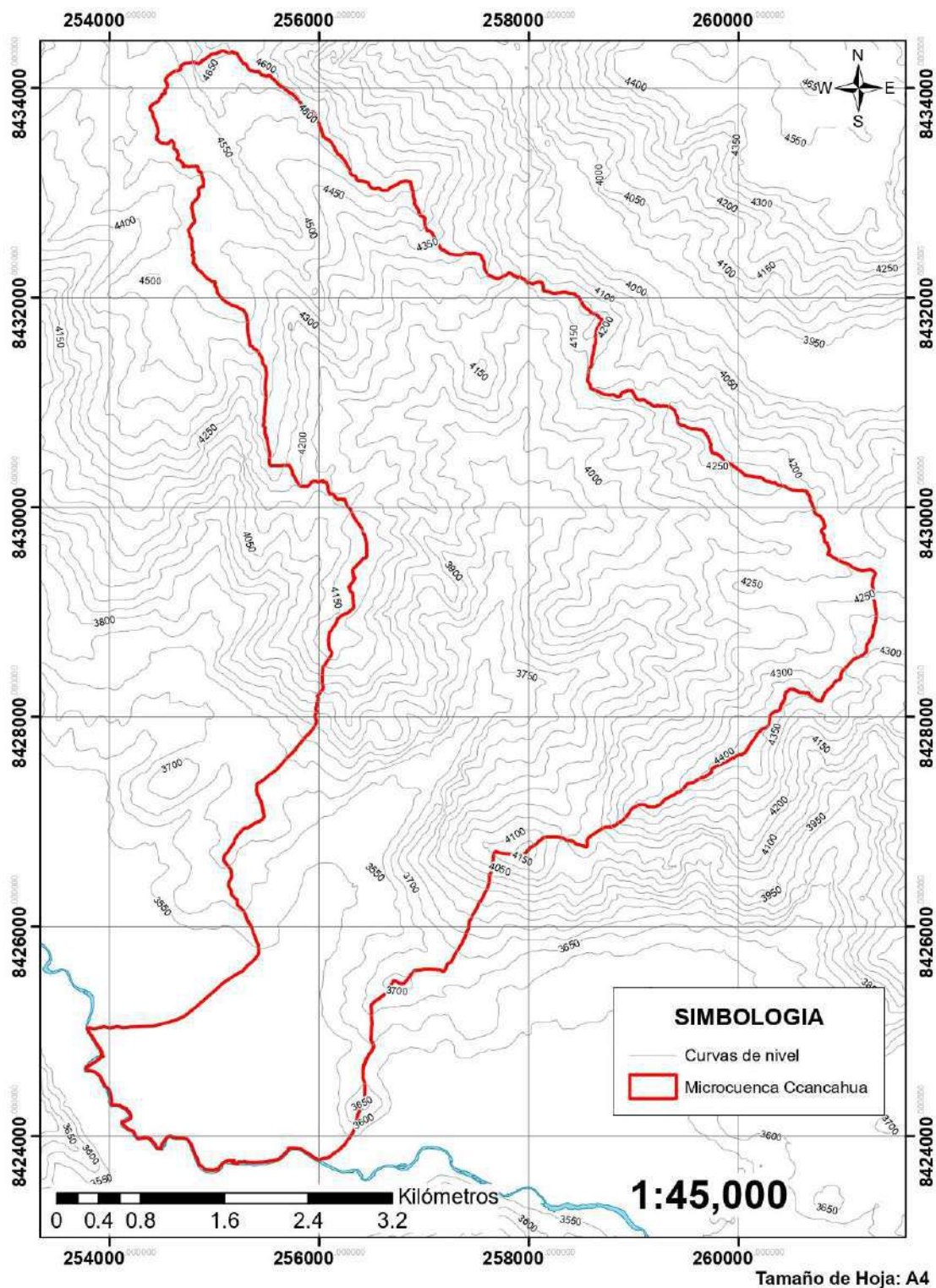
- Schumm, S.A. (1956). *Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey*. Geol. Soc. Am. Bull. 67, 597–646.
- Schweigl, J., Ferretti, C., & Nössing, L. (2003). *Geotechnical characterization and rockfall simulation of a slope: A practical case study from South Tyrol (Italy)*. Engineering Geology, 67(3), 281–296. [https://doi.org/10.1016/S0013-7952\(02\)00186-2](https://doi.org/10.1016/S0013-7952(02)00186-2)
- Strahler, A.N. (1964). *Quantitative geomorphology of drainage basin and channel networks*, en Chow, V.T. (ed), Handbook of applied hydrology: New York, McGraw Hill, 4–76.
- Suarez Díaz, J. (2009). *Deslizamientos—Análisis geotécnico: Vol. 1* (1ra ed.). Ediciones UIS. <https://ulibros.com/deslizamientos-analisis-geotecnico-vol-1-l3hbs.html>
- Tarback, E. J., Lutgens, F. K., & Tasa, D. (2013). *Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física* (Décima Edición). PEARSON EDUCACIÓN, S.A. <https://pearson.es/espa%C3%B1a/TiendaOnline/ciencias-de-la-tierra-10ed->
- U. S. Water Resources Council. (1981). *Guidelines for determining flood flow frequency*.
- Vente Chow, D. (1994). *Hidráulica de los canales abiertos*. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
- Villón Béjar, M. (2002). *HIDROLOGÍA*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.



ANEXOS

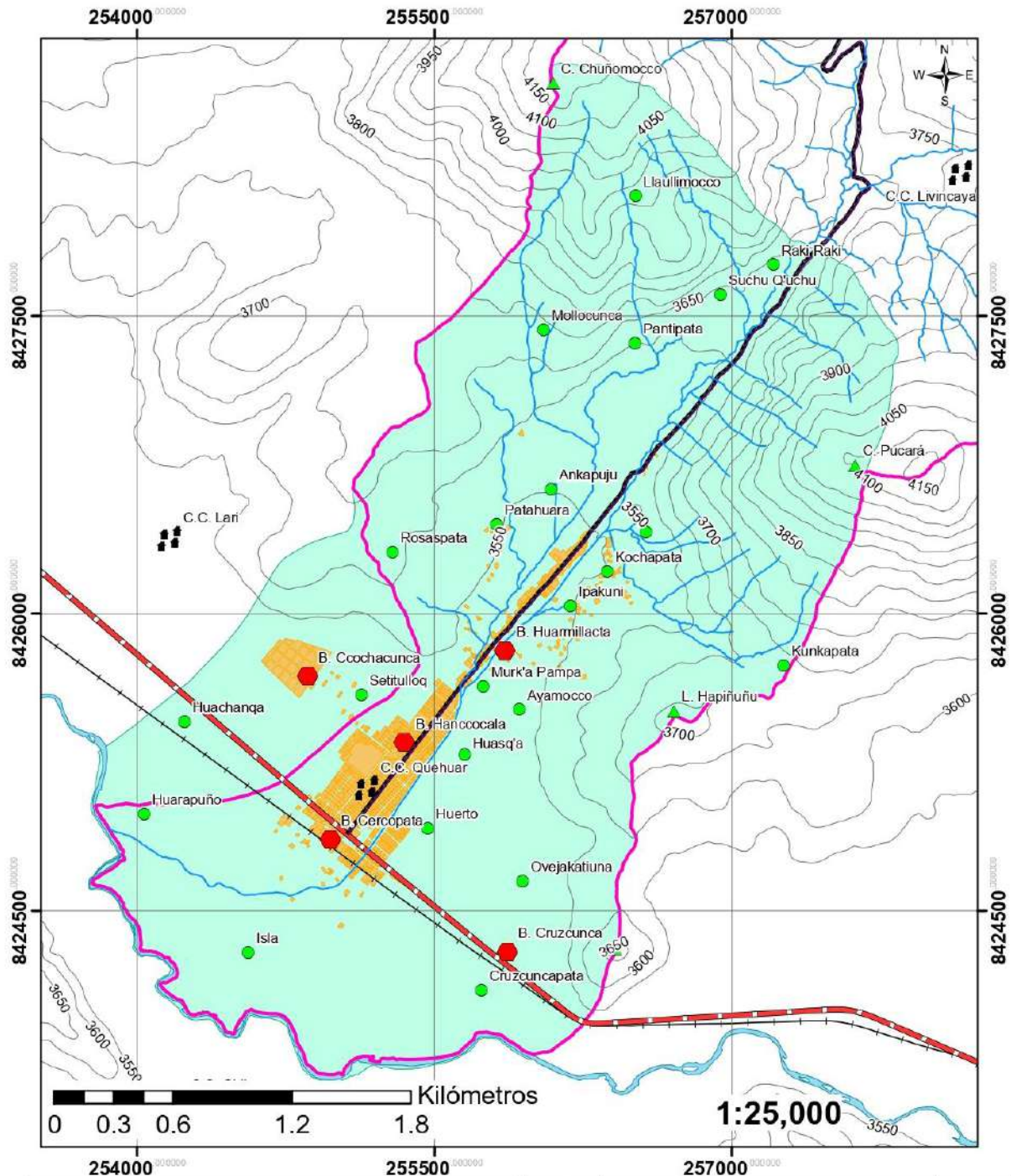
ANEXO 1: OTROS MAPAS

MAPA TOPOGRÁFICO DE LA MICROCUENCA CCANCAHUA





MAPA BASE DE LA C.C. DE QQUEHUAR



SIMBOLOGÍA	
	Sector
	Cerros
	Barrios
	Pueblos
	Drenaje
	Curvas de nivel
	Carretera Onocorra- Sta Bárbara
	Carretera Cusco-Sicuani
	Via Férrea
	Microcuenca Ccancahua
	Viviendas
	Rio Vilcanota
	Delimitación de la zona de estudio

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO			
		FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA			
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA			
TESIS PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO GEOLOGO					
"EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO EN LOS MÁRGENES DEL RIO CCANCAHUA EN LA C.C. DE QUEHUAR, EN EL DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA DE CANCHIS, REGIÓN CUSCO, 2023"					
Mapa:		MAPA BASE			
Autor:		Ing. IVÁN CÁCERES ANGULO		Responsable:	
				Bach. LARRAMENDI ENOC ANTONY	
				Bach. YAPO BEJAR, LUIS MIGUEL	
Ubicación:		Datum:		Escala:	
Dep. CUSCO		WGS 84		INDICADA	
Prov. CANCHIS		Sistema de Proyección:		Fecha:	
Dist. SICUANI		UTM ZONA 18 S		JUN-2023	
				Lámina:	
				M	
				Número:	
				I	

Tamaño de Hoja: A4



ANEXO 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
TITULO: EVALUACIÓN DE RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO EN LOS MÁRGENES DEL RÍO CCANCAHUA EN LA C.C. DE QQUEHUAR, EN EL DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA DE CANCHIS, REGIÓN CUSCO, 2023				
FUNDAMENTO TEÓRICO	PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	METODOLOGIA
MARCO TEÓRICO	GENERAL	GENERAL	GENERAL	
1. Geología del cuadrángulo de Ocongate y Sicuani 28t y 29t (Audebaud, 1973) 2. Manual para la evaluación de riesgo originado por fenómenos naturales (CENEPRED, 2014) 3. Movimientos en masa en la región andina (PMA:GCA, 2007)	¿Cuáles es el riesgo geológico por flujo hiperconcentrado en los márgenes del río Ccancahua en la CC. de Qquehuar?	La población de la C.C. de Qquehuar circundante al río C.C. Ccancahua, debido a su proximidad al río Ccancahua, así como de su condición de vulnerabilidad como la antigüedad y material de las viviendas presenta un nivel de riesgo de medio a alto ante estos flujos.	Determinar el riesgo geológico por flujo hiperconcentrado en las márgenes del río Ccancahua en la CC. de Qquehuar.	TIPO DE INVESTIGACIÓN
				Aplicada
				NIVEL DE INVESTIGACIÓN
M. REFERENCIAL	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	
INTERNACIONAL: “LABORATORY ANALYSIS OF MUDFLOW PROPERTIES” (O’Brien & Julien, 1988) NACIONAL: ““APLICACIÓN DE UN MODELO NUMÉRICO DE FLUJOS DE ESCOMBROS Y LODO EN UNA QUEBRADA EN EL PERÚ” (Castillo Navarro, 2006) LOCAL: “ESTUDIO DE MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE SICUANI Y LOCALIDAD DE QQUEHUAR” (INDECI & PNUD, 2005).	1°. ¿De qué manera influyen las formaciones geológicas, geomorfológicas y los fenómenos de geodinámica externa en la formación de flujos hiperconcentrados? 2°. ¿Cuáles son los parámetros morfométricos de la microcuenca Ccancahua, que dan origen a la formación de flujos hiperconcentrados? 3°. ¿Cuáles son los niveles de peligro por flujo hiperconcentrado en los márgenes del río Ccancahua en la CC. de Qquehuar? 4°. ¿Cuáles son los niveles de vulnerabilidad de la población de la C.C. de Qquehuar en los márgenes del río Ccancahua? 5°. ¿Cuáles son los niveles de riesgo geológico por flujo hiperconcentrado en base al modelamiento numérico con software HEC-RAS?	1°. Los fenómenos de geodinámica externa que afectan áreas inestables, acumulan sedimentos granulares en forma de conos aluviales en la base de las quebradas, los cuales pueden ser erosionados por el aumento del caudal del río, y así formar flujos hiperconcentrados. 2°. Los parámetros morfométricos como el área, la pendiente de la cuenca, la longitud del cauce principal afecta en la formación de caudales más altos, lo que provoca la formación de flujos hiperconcentrados 3°. Los niveles de peligro por flujo hiperconcentrado en las márgenes del río Ccancahua son de medio a alto debido a la incidencia de los factores condicionantes, el parámetro de evaluación y el factor desencadenante. 4°. El crecimiento urbanístico, la ubicación de las viviendas, el material de construcción y la antigüedad de las viviendas, determinarían que el nivel de vulnerabilidad sea alto en la población circundante al río Ccancahua. 5°. Los niveles de riesgo geológico por flujo hiperconcentrado es de muy alto en sectores cercanos al río Ccancahua, mientras que sectores alejados al río es media a baja.	1°. Evaluar la influencia de las formaciones geológicas, geomorfológicas y los fenómenos de geodinámica externa que influyen en la formación de flujos hiperconcentrados. 2°. Determinar los parámetros morfométricos de la microcuenca Ccancahua que originan la formación de flujos hiperconcentrados. 3°. Determinar los niveles de peligro por flujo hiperconcentrado en los márgenes del río Ccancahua en la CC. de Qquehuar. 4°. Determinar los niveles de vulnerabilidad de la población de la C.C. de Qquehuar en los márgenes del río Ccancahua. 5°. Determinar los niveles de riesgo geológico por flujo hiperconcentrado en base al modelamiento numérico con el software HEC-RAS.	ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN
				Mixto Método: Deductivo - Inductivo
				DISEÑO DE INVESTIGACIÓN
M. CONCEPTUAL				No experimental
Carga disuelta -Carga suspendida -Velocidad de sedimentación -Carga de fondo -Volumen de escurrimiento				



ANEXO 3: CUESTIONARIO REALIZADOS A LA POBLACION RIBEREÑA DE LA C.C. QQUEHUAR.

ENCUESTA DE VULNERABILIDAD - “EVALUACIÓN DE RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO EN LOS MÁRGENES DEL RÍO CCANCAHUA EN LA C.C. DE QQUEHUAR, EN EL DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA DE CANCHIS, REGIÓN CUSCO, 2023”

LOTE / POLIGONO:

PROPIETARIO:

1. EDAD DE CADA MIEMBRO DE LA FAMILIA		2. TIPO DE SEGURO		3. SERVICIOS BASICOS		4. INGRESO FAMILIAR PROMEDIO MENSUAL (SOLES)		5. LOCALIZACION DE LA VIVIENDA		6. ¿CUAL ES LA FUENTE DE INGRESOS FAMILIAR?	
De 0 a 5 años		No tiene		AGUA		> 3000		Muy cercana 0 – 0.2 km		1: DESEMPLEADO	
De 5 a 12 años		SIS		DESAGUE		> 1200 ≤ 3000		Cercana 0.2 km – 1 km		2: DEDICADO AL HOGAR	
De 12 a 15 años		ESSALUD		LUZ		> 264 ≤ 1200		Medianamente cerca 1–3 km		3: INDEPENDIENTE	
De 15 a 30 años		FFAA - PNP		GAS		> 149 ≤ 264		Alejada 3 – 5 km		4: DEPENDIENTE	
De 30 a 50 años		Seguro Privado y/o otro		INTERNET		< 149		Muy alejada > 5 km			
De 50 a 60 años											
De 60 a 65 años											
Mayor a 65 años											
7. MATERIAL DE CONSTRUCCION DE LA VIVIENDA		8. TECHO		9. ESTADO DE CONSERVACION DE LA VIVIENDA		10. ANTIGUEDAD DE CONSTRUCCION DE LA VIVIENDA		11. NUMERO DE PISOS DE LA VIVIENDA		12. INCUMPLIMIENTO DE PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS DE ACUERDO A LA NORMATIVIDAD VIGENTE	
Mixto-precario		Otro material		MUY MALO		De 40 a 50 años		5 Pisos		80 - 100 %	
Acero-drywall		Estera/ paja		MALO		De 30 a 40 años		4 Pisos		60 - 80 %	
Adobe		Madera		REGULAR		De 20 a 30 años		3 Pisos		40 - 60 %	
Ladrillo bloqueta		Calamina/ teja		BUENO		De 10 a 20 años		2 Pisos		20 - 40 %	
Concreto armado		Concreto armado		MUY BUENO		De 0 a 10 años		1 Pisos		0 - 20 %	
13. Capacitación en temas de Gestión del Riesgo				14. ¿Tiene conocimiento de antiguos desastres ocurridos en la zona?							
Nunca le capacitaron				Desconoce							
Escasamente capacitada				Tiene escaso conocimiento							
Se capacita con regular frecuencia				Tiene regular conocimiento							
Se capacita constantemente				Tiene conocimientos sobre las causas y consecuencias.							
Se capacita constantemente participando en simulacros, difusión total.				Toda la población tiene conocimiento sobre las causas y consecuencias.							
15. ¿Cuenta Ud. con mochila de emergencia? ¿Como actuaría frente a un desastre?				16. Capacitación en temas de conservación ambiental				17. CALIFIQUE DEL 1 AL 5 LA GESTION DEL GOBIERNO LOCAL			
Actitud fatalista, conformista, sin mochila				Nunca le capacitaron				1: DEFICIENTE- PESIMO			
Actitud escasamente previsor, sin mochila				Escasamente capacitada				2: MALO			
Actitud parcialmente previsor, sin mochila				Se capacita con regular frecuencia				3: REGULAR			
Actitud parcialmente previsor, con mochila				Se capacita constantemente				4: BUENO			
Actitud previsor, con mochila de emergencia				Se capacita constantemente participando en simulacros, difusión total.				5: EXCELENTE- EFICIENTE			



“EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO EN LOS MÁRGENES DEL RIO CCANCAHUA, EN EL DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA DE CANCHIS, REGIÓN CUSCO, 2023”



ENCUESTA DE VULNERABILIDAD EN LA C.C. DE QUEHUAR - TESIS: "EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO EN LOS MÁRGENES DEL RIO CCANCAHUA, EN EL DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA DE CANCHIS, REGIÓN CUSCO, 2023"																											
LOTE	NUMERO HABITANTES	GRUPO ETARIO 1	GRUPO ETARIO 2	GRUPO ETARIO 3	GRUPO ETARIO 4	GRUPO ETARIO 5	ACCESO SERVICIOS BASICOS	CAPACITACION	ACTITUD FRENTE AL RIESGO	TIPO DE SEGURO	LOCALIZACION	MATERIAL CONSTRUCCION	NUMERO PISOS	ESTADO CONSERVACION	POBLACION ACTIVA	ORGANIZACION INSTITUCIONAL	INGRESO FAMILIAR	CERCANIA	PERDIDA DE SUELOS	DISPOSICION DE RRSS	CAPACITACION AMBIENTAL	V_SOCIA	V_ECONO MICA	V_AMBIEN TAL	V_TOTAL	CATEGORIA	
HA-03	2	0	0	0	0	2	Con agua,luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Alejado	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.0671	0.09696	0.17843	0.0927445	MEDIA	
CP-119	0	0	0	0	0	0					Alejado	ADOBE	1	MALO				Alejada	Expansion de				0	0.08853	0.09798	0.050235	BAJA
HA-18	3	0	2	0	1	0	Con agua,luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Alejado	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1231	0.10739	0.14826	0.1189149	MEDIA	
HA-19	2	0	0	0	2	0	Con agua,luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Alejado	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.0964	0.10739	0.14826	0.1070515	MEDIA	
HA-20	4	2	0	1	1	0	Con agua,luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Alejado	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1548	0.10739	0.14826	0.1330244	MEDIA	
CP-55	5	0	2	1	0	2	Con agua,luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Alejado	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1105	0.09696	0.14476	0.1083093	MEDIA	
CP-52	1	1	0	0	0	0	Con agua,luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Alejado	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.208	0.10739	0.12489	0.1540389	ALTA	
CP-34	0	0	0	0	0	0					Alejado	ADOBE	1	REGULAR				Alejada	Expansion de				0	0.08056	0.09798	0.0466904	BAJA
CP-35	3	0	0	2	1	0	Con agua,luz	Nunca le capa	Actitud parcial	SIS	Alejado	ADOBE	2	BUENO	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1106	0.10065	0.14476	0.1099796	MEDIA	
CP-32	4	0	2	0	2	0	Con agua,luz	Escasamente	Actitud previa	SIS	Alejado	ADOBE	2	BUENO	INDEPENDIEN	2: MALO	>200 - ≤ 750	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.1118	0.10266	0.12489	0.1091728	MEDIA	
CP-31	2	0	0	0	0	2	Con agua,luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Alejado	ADOBE	2	BUENO	INDEPENDIEN	2: MALO	>200 - ≤ 750	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.0671	0.10266	0.14476	0.0915385	MEDIA	
CP-36A	7	1	1	0	2	3	Con agua,luz	Se capacita co	Actitud parcial	SIS	Alejado	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1178	0.09696	0.11458	0.1082009	MEDIA	
CP-17	3	2	0	0	1	0	Con agua,luz	Nunca le capa	Actitud parcial	SIS	Alejado	ADOBE	1	MALO	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>1500 - ≤ 3000	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1839	0.09876	0.14476	0.1416901	ALTA	
CP-13	4	0	1	1	0	2	Con agua,luz	Escasamente	Actitud fatalis	SIS	Alejado	ADOBE	2	MALO	INDEPENDIEN	2: MALO	>750 - ≤ 1500	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1053	0.10695	0.14476	0.1104127	MEDIA	
CP-19	0	0	0	0	0	0	Con agua,luz	Escasamente	Actitud fatalis	SIS	Alejado	ADOBE	1	MALO	DEDICADO AL	2: MALO	>200 - ≤ 750	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.0515	0.11998	0.14476	0.0922774	MEDIA	
CP-20	3	0	1	0	0	2	Con agua,luz	Escasamente	Actitud fatalis	SIS	Alejado	ADOBE	2	MALO	INDEPENDIEN	2: MALO	>1500 - ≤ 3000	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1035	0.10183	0.14476	0.1073584	MEDIA	
CP-21	0	0	0	0	0	0	Con agua,luz		Actitud previa	SIS	Alejado	ADOBE	1	MUY MALO			>750 - ≤ 1500	Alejada	Expansion de			0.0238	0.11467	0.09798	0.0724212	BAJA	
CP-23	2	0	0	0	0	2	Con agua,luz	Escasamente	Actitud fatalis	SIS	Alejado	ADOBE	1	MALO	INDEPENDIEN	4: BUENO	>750 - ≤ 1500	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.0721	0.10325	0.14476	0.0940291	MEDIA	
CP-29	4	1	1	0	2	0	Con agua,luz	Nunca le capa	Actitud fatalis	SIS	Alejado	ADOBE	2	MALO	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>1500 - ≤ 3000	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.1488	0.09982	0.12489	0.1243539	MEDIA	
CP-30	2	0	2	0	0	0	Con agua,luz	Escasamente	Actitud fatalis	SIS	Alejado	ADOBE	1	MALO	DEDICADO AL	2: MALO	>200 - ≤ 750	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.139	0.11998	0.14476	0.1311868	MEDIA	
CP-26	2	2	0	0	0	0	Con agua,luz	Escasamente	Actitud fatalis	SIS	Alejado	ADOBE	2	REGULAR	DEDICADO AL	2: MALO	>200 - ≤ 750	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.2113	0.11306	0.14476	0.1602354	ALTA	
CP-28	4	0	1	0	1	2	Con agua,luz	Se capacita co	Actitud escasa	SIS	Alejado	ADOBE	2	REGULAR	DEPENDIENTE	2: MALO	>1500 - ≤ 3000	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.0882	0.09189	0.14476	0.0961166	MEDIA	
LA-127	4	0	0	2	2	0	Con agua,luz	Escasamente	Actitud fatalis	SIS	Alejado	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN	2: MALO	>750 - ≤ 1500	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.0993	0.09898	0.14476	0.1042267	MEDIA	
CP-49	0	0	0	0	0	0					Alejado	ADOBE	1	MALO				Alejada	Expansion de				0	0.08853	0.09798	0.050235	BAJA
CP-48	5	1	1	1	0	2	Con agua,luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Alejado	ADOBE	2	BUENO	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.125	0.09021	0.12489	0.1095288	MEDIA	
CP-47	4	0	1	0	1	2	Con agua,luz	Nunca le capa	Actitud parcial	SIS	Alejado	ADOBE	2	BUENO	INDEPENDIEN	2: MALO	>750 - ≤ 1500	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1072	0.09223	0.14476	0.1047326	MEDIA	
CP-58	2	0	0	2	0	0	Con agua,luz	Nunca le capa	Actitud escasa	SIS	Alejado	ADOBE	2	BUENO	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1107	0.09021	0.14476	0.1053278	MEDIA	
CP-59	2	0	0	0	0	2	Con agua,luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Alejado	ADOBE	1	BUENO	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.0671	0.09959	0.11458	0.0868204	MEDIA	
CP-60	2	0	0	2	0	0	Con agua,luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Alejado	ADOBE	1	REGULAR	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.0964	0.10634	0.17843	0.1093959	MEDIA	
CP-65	0	0	0	0	0	0					Alejado	ADOBE	1	REGULAR				Medianame	Expansion de			0	0.08056	0.13165	0.0504319	BAJA	
CP-63	4	1	0	0	1	2	Con agua,luz	Nunca le capa	Actitud parcial	SIS	Alejado	ADOBE	1	BUENO	INDEPENDIEN	4: BUENO	>200 - ≤ 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1253	0.09896	0.17843	0.1194955	MEDIA	
CP-61B	0	0	0	0	0	0					Alejado	ADOBE	1	REGULAR				Alejada	Expansion de			0	0.08056	0.09798	0.0466904	BAJA	
CP-66A	1	0	0	0	0	1	Con agua,luz	Nunca le capa	Actitud escasa	SIS	Alejado	ADOBE	1	REGULAR	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.0814	0.10634	0.17843	0.1032575	MEDIA	
CP-69	4	0	0	2	0	2	Con agua,luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Alejado	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.0926	0.09696	0.17843	0.1040698	MEDIA	
CP-68	2	0	1	0	0	1	Con agua,luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Alejado	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.1005	0.09696	0.15857	0.1053971	MEDIA	
CP-71	3	0	1	0	0	2	Con agua,luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Alejado	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1002	0.09696	0.17843	0.1074648	MEDIA	
CP-73	2	0	0	2	0	0	Con agua,luz	Nunca le capa	Actitud escasa	SIS	Alejado	ADOBE	1	MALO	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1107	0.11431	0.17843	0.1198252	MEDIA	
CP-70	0	0	0	0	0	0					Alejado	ADOBE	1	REGULAR				Medianame	Expansion de			0	0.08056	0.13165	0.0504319	BAJA	
CP-87	6	0	1	0	2	3	Con agua,luz	Nunca le capa	Actitud parcial	SIS	Alejado	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>1500 - ≤ 3000	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.1206	0.09184	0.15857	0.1120558	MEDIA	
CP-85	2	0	0	0	0	2	Con agua,luz	Nunca le capa	Actitud escasa	SIS	Alejado	ADOBE	1	MALO	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.0814	0.11431	0.17843	0.1068021	MEDIA	
CP-75	3	0	0	0	1	2	Con agua,luz	Nunca le capa	Actitud escasa	SIS	Alejado	ADOBE	1	MALO	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.0928	0.11431	0.17843	0.1118755	MEDIA	
CP-81	0	0	0	0	0	0					Alejado	ADOBE	2	REGULAR				Medianame	Expansion de			0	0.08161	0.13165	0.0509001	BAJA	
CP-80	4	1	1	0	0	2	Con agua,luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Alejado	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1294	0.09696	0.17843	0.1204493	MEDIA	
CP-77	2	0	0	0	0	2	Con agua,luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Alejado	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.0671	0.09696	0.			



“EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO EN LOS MÁRGENES DEL RIO CCANCAHUA,
EN EL DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA DE CANCHIS, REGIÓN CUSCO, 2023”



HA-22	4	0	2	1	1	0	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud previs	ESSALUD	Alejado	ADOBE	2	REGULAR	DEPENDIENTE	4: BUENO	>3000	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita consta	0.1015	0.08676	0.14281	0.0995196	MEDIA
HA-23	3	2	0	0	1	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Alejado	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>200 - < 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.173	0.10739	0.14826	0.1410936	ALTA
HA-24	2	0	1	0	0	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Alejado	ADOBE	2	BUENO	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>200 - < 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1023	0.10065	0.15857	0.1077974	MEDIA
HA-26A	1	1	0	0	0	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Alejado	ADOBE	1	MALO	DEDICADO AL	2: MALO	>200 - < 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.208	0.11998	0.15857	0.1633773	ALTA
HA-25A	0	0	0	0	0	0					Alejado	ADOBE	2	REGULAR				Medianame	Expansion de			0	0.08161	0.13165	0.0509001	BAJA
HA-28	4	0	1	1	1	1	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud parcia	SIS	Alejado	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN	2: MALO	>750 - < 1500	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.0938	0.09898	0.14826	0.1021508	MEDIA
HA-26B	5	1	1	1	0	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcia	SIS	Alejado	ADOBE	2	BUENO	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>750 - < 1500	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1233	0.09021	0.14826	0.1113628	MEDIA
HA-27A	0	0	0	0	0	0					Alejado	ADOBE	0	REGULAR				Medianame	Expansion de			0	0.0787	0.13165	0.049607	BAJA
HA-27B	4	0	1	1	1	0	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud parcia	SIS	Alejado	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>200 - < 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita consta	0.0921	0.10739	0.14281	0.1045181	MEDIA
HA-08	3	2	0	0	0	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcia	SIS	Alejado	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>3000	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.169	0.08937	0.15857	0.1324435	MEDIA
HA-09	0	0	0	0	0	0					Alejado	ADOBE	1	MUY MALO				Medianame	Expansion de			0	0.10448	0.13165	0.0610655	BAJA
HA-10	1	0	0	1	0	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Alejado	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN	2: MALO	>200 - < 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.0981	0.10941	0.15857	0.109856	MEDIA
HA-12	5	1	0	0	0	2	Con agua, luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Alejado	ADOBE	1	MALO	INDEPENDIEN	2: REGULAR	>200 - < 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.1085	0.11431	0.15857	0.1166588	MEDIA
HA-13	3	0	1	0	0	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcia	SIS	Alejado	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>750 - < 1500	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.0985	0.09696	0.14826	0.10335	MEDIA
HA-16	0	0	0	0	0	0					Alejado	ADOBE	2	REGULAR				Medianame	Expansion de			0	0.08161	0.13165	0.0509001	BAJA
HA-14	3	0	0	2	1	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcia	SIS	Alejado	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>750 - < 1500	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.0981	0.09696	0.14826	0.1031473	MEDIA
HA-15	3	0	0	2	0	0	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud parcia	SIS	Alejado	ADOBE	2	REGULAR	DEDICADO AL	2: MALO	>200 - < 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.0876	0.11306	0.14826	0.1056408	MEDIA
HA-06	0	0	0	0	0	0					Alejado	ADOBE	1	REGULAR				Medianame	Expansion de			0	0.08056	0.13165	0.0504319	BAJA
Inicial Jar	0	0	0	0	0	0	Con agua, luz				Alejado	ADOBE	1	BUENO				Medianame	Expansion de			0.0154	0.07381	0.13165	0.0542684	BAJA
CP-128	1	1	0	0	0	0	Con agua y luz	Escasamente	Actitud fatalis	SIS	Alejado	ADOBE	1	MALO	DESEMPLEADO	2: MALO	≤ 200	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.2305	0.13722	0.14476	0.179521	ALTA
CP-126	1	1	0	0	0	0	Con agua y luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Alejado	ADOBE	1	MALO	DEDICADO AL	2: MALO	>200 - < 750	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.2272	0.11998	0.14476	0.1703915	ALTA
CP-124	1	0	1	0	0	0	Con agua y luz	Nunca le capa	Actitud fatalis	SIS	Alejado	ADOBE	1	MALO	DEDICADO AL	2: MALO	>200 - < 750	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1708	0.11998	0.14476	0.1453179	ALTA
CP-127	1	1	0	0	0	0	Con agua y luz	Nunca le capa	Actitud fatalis	SIS	Alejado	ADOBE	1	MALO	DEDICADO AL	2: MALO	>200 - < 750	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.2431	0.11998	0.14476	0.1774428	ALTA
CP-125	0	0	0	0	0	0					Alejado	ADOBE	1	MUY MALO				Alejada	Expansion de			0	0.10448	0.09798	0.057324	BAJA
CP-123	0	0	0	0	0	0					Alejado	ADOBE	1	MUY MALO				Alejada	Expansion de			0	0.10448	0.09798	0.057324	BAJA
HA-18B	5	0	1	2	2	0	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud previs	SIS	Alejado	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN	5: EXCELENTE - EFK	>200 - < 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita consta	0.0894	0.10646	0.14281	0.1029375	MEDIA
HU-40	2	0	0	2	0	0	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud parcia	SIS	Cercana	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>200 - < 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.0882	0.21926	0.15857	0.1542734	ALTA
HU-32	5	1	0	1	2	1	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud parcia	SIS	Cercana	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN	2: MALO	>200 - < 1500	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1045	0.21084	0.17843	0.1599695	ALTA
HU-33	5	1	0	3	1	0	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud parcia	SIS	Cercana	ADOBE	2	BUENO	INDEPENDIEN	4: BUENO	>750 - < 1500	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1148	0.20145	0.14826	0.1570369	ALTA
HU-36	3	0	0	3	0	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud escasa	ESSALUD	Cercana	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN	2: MALO	>200 - < 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita consta	0.1046	0.22128	0.14826	0.1607104	ALTA
HU-37	3	0	0	1	1	1	Con agua, luz	Nunca le capa	Actitud previs	SIS	Cercana	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN	1: DEFICIENTE - PES	>200 - < 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.0995	0.22338	0.14826	0.1599737	ALTA
HU-150	4	1	1	0	1	1	Con agua y de	Escasamente	Actitud parcia	SIS	Cercana	ADOBE	2	BUENO	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>200 - < 750	Cerca	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.1454	0.21251	0.21286	0.1827152	ALTA
HU-148	0	0	0	0	0	0					Cercana	ADOBE	2	REGULAR				Cerca	Expansion de			0	0.19348	0.18595	0.1066512	MEDIA
HU-147	0	0	0	0	0	0					Cercana	ADOBE	1	REGULAR				Cerca	Expansion de			0	0.19242	0.18595	0.1061829	MEDIA
HU-143	0	0	0	0	0	0					Cercana	ADOBE	1	MALO				Cerca	Expansion de			0	0.2004	0.18595	0.1097275	MEDIA
HU-141	1	1	0	0	0	0	Con agua y de	Se capacita co	Actitud parcia	SIS	Cercana	ADOBE	1	REGULAR	DEDICADO AL	3: REGULAR	>200 - < 750	Cerca	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.214	0.22186	0.20255	0.126217	ALTA
IE 56022	0	0	0	0	0	0	Con agua y de	Se capacita co	Actitud previs	SIS	Cercana	ADOBE	1	REGULAR				Cerca	Expansion de	Carro recolect	Se capacita consta	0.0449	0.19242	0.1944	0.1270694	MEDIA
HU-139	2	2	0	0	0	0	Con agua y de	Nunca le capa	Actitud escasa	SIS	Cercana	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>200 - < 750	Cerca	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.2365	0.21926	0.23272	0.228401	ALTA
HU-103	1	0	1	0	0	0	Con agua y de	Nunca le capa	Actitud escasa	SIS	Cercana	ADOBE	1	REGULAR	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>200 - < 750	Cerca	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1642	0.2182	0.23272	0.1958079	ALTA
HU-109	4	0	1	1	0	2	Con agua y de	Se capacita co	Actitud previs	SIS	Cercana	ADOBE	2	BUENO	DEPENDIENTE	3: REGULAR	>750 - < 1500	Cerca	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.0986	0.20011	0.1944	0.1543678	ALTA
HU-105	7	2	2	1	0	2	Con agua y de	Se capacita co	Actitud parcia	SIS	Cercana	ADOBE	2	BUENO	INDEPENDIEN	1: DEFICIENTE - PES	>200 - < 750	Cerca	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1654	0.21663	0.20255	0.1923089	ALTA
IA ONOC	0	0	0	0	0	0					Cercana	ADOBE	1	REGULAR				Cerca	Expansion de			0	0.19242	0.18595	0.1061829	MEDIA
HU-121	6	1	0	2	1	2	Con agua y de	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Cercana	ADOBE	1	REGULAR	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>750 - < 1500	Cerca	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1464	0.20777	0.23272	0.1832643	ALTA
HU-122	0	0	0	0	0	0					Cercana	ADOBE	2	MALO				Cerca	Expansion de			0	0.20145	0.18595	0.1101957	MEDIA
HU-136	4	0	2	0	1	1	Con agua y de	Escasamente	Actitud parcia	SIS	Cercana	ADOBE	1	BUENO	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>200 - < 750	Cerca	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1273	0.21146	0.23272	0.176423	ALTA
HU-123	2	0	2	0	0	0	Con agua y de	Escasamente	Actitud parcia	SIS	Cercana	ADOBE	2	BUENO	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>750 - < 1500	Cerca	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1499	0.20208	0.20255	0.178944	ALTA
HU-127	2	0	0	2	0	0	Con agua y de	Escasamente	Actitud parcia	SIS	Cercana	ADOBE	2	BUENO	INDEPENDIEN	2: MALO	>200 - < 750	Cerca	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1123	0.21453	0.20255	0.167781	ALTA
HU-128	6	0	1	3	2	0	Con agua y de	Se capacita co	Actitud parcia	SIS	Cercana	ADOBE	2	BUENO	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>200 - < 750	Cerca	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1305	0.21251	0.20255	0.1794915	ALTA
HU-131	4	1	0	0	1	2	Con agua y de	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Cercana	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN	4: BUENO	>200 - < 750	Cerca	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.1304	0.21863	0.21286	0.1787646	ALTA
HU-132	3	0	2	0	0	1	Con agua y de	Nunca le capa	Actitud parcia	SIS	Cercana	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN	2: MALO	>200 - < 750	Cerca	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1493	0.22128	0.20255	0.1872035	ALTA
HU-133	3	0	1	0	1	1	Con agua y de	Nunca le capa	Actitud escasa	SIS	Cercana	ADOBE	1	REGULAR	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>200 - < 750	Cerca	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.131	0.2182	0.23272	0.1810682	ALTA
HU-134	0	0	0	0	0	0					Cercana	ADOBE	1	MALO				Cerca	Expansion de			0	0.2004	0.18595	0.1097275	MEDIA
HU-92	0	0	0	0	0	0					Cercana	ADOBE	2	MALO				Cerca	Expansion de			0	0.20145	0.18595	0.1101957	MEDIA
HU-89	1	1	0	0	0	0	Con agua y de	Nunca le capa	Actitud escasa	SIS	Cercana	ADOBE	2	REGULAR	DEDICADO AL	3: REGULAR	>200 - < 750	Cerca	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.2365	0.22291	0.23272	0.2300245	ALTA
LA-114	3	0	0	2	1	0	Con agua, luz	Nunca le capa	Actitud parcia	SIS	Cercana	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN	2: MALO	>200 - < 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1106	0.22128	0.14826	0.1639821	ALTA
LA-117	2	1	0	0	1	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Cercana	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN	2: MALO	>200 - < 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.1418	0.22128	0.14826	0.1850389	ALTA
LA-115	2	1	0	0	0																					



**“EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO EN LOS MÁRGENES DEL RIO CCANCAHUA,
EN EL DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA DE CANCHIS, REGIÓN CUSCO, 2023”**



CR-10	1	1	0	0	0	0	0	Con agua,Juz	Nunca le capa	Actitud parcia	SIS	Cercana	ADOBE	1	MALO	DEDICADO AL 3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.2188	0.22983	0.17843	0.2192265	ALTA
CR-06	0	0	0	0	0	0	0					Cercana	ADOBE	1	MALO			Medianame	Expansion de			0	0.2004	0.13165	0.1036948	MEDIA
CR-24B	3	0	1	1	0	0	1	Con agua,Juz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Cercana	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.11	0.21926	0.15857	0.1639535	ALTA
Posta de	4	0	0	0	0	0	0					Cercana	ADOBE	1	BUENO			Medianame	Expansion de			0	0.18568	0.13165	0.0971521	MEDIA
CR-27	4	1	0	2	1	1	0	Con agua,Juz	Nunca le capa	Actitud escasa	SIS	Cercana	ADOBE	1	MALO	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1417	0.21575	0.17843	0.1786747	ALTA
CR-28	3	0	0	1	1	1	1	Con agua,Juz	Nunca le capa	Actitud fatalis	SIS	Cercana	ADOBE	2	MALO	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1059	0.2168	0.17843	0.1632353	ALTA
Templo C	2	0	0	0	0	0	0					Cercana	ADOBE	2	MALO	4: BUENO		Medianame	Expansion de			0	0.20223	0.13165	0.1045076	MEDIA
CR-52	0	0	0	0	0	0	2	Con agua,Juz	Escasamente	Actitud parcia	SIS	Cercana	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.0671	0.20883	0.17843	0.1424629	ALTA
CR-53	4	1	0	1	0	0	2	Con agua,Juz	Se capacita co		SIS	Cercana	ADOBE	2	MALO	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1032	0.2168	0.17843	0.1620622	ALTA
CR-55	2	0	2	0	0	0	0	Con agua,Juz	Nunca le capa	Actitud fatalis	SIS	Cercana	ADOBE	1	MALO	DESEMPLEADO 2: MALO	≤ 200	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1516	0.24909	0.17843	0.1978902	ALTA
CR-68	1	0	0	0	0	0	1	Con agua,Juz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Cercana	ADOBE	1	REGULAR	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.0688	0.20777	0.15857	0.1405495	ALTA
CR-77	1	1	0	0	0	0	0	Con agua,Juz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Cercana	ADOBE	1	MALO	DEDICADO AL 2: MALO	>200 - ≤ 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.208	0.23185	0.17843	0.215303	ALTA
CR-81	4	0	0	1	1	1	2	Con agua,Juz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Cercana	ADOBE	1	REGULAR	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.087	0.20777	0.15857	0.1486232	ALTA
CR-83	4	0	0	2	0	0	2	Con agua,Juz	Nunca le capa	Actitud escasa	SIS	Cercana	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>1500 - ≤ 3000	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.1052	0.20371	0.15857	0.1548885	ALTA
CR-80	0	0	0	0	0	0	0					Cercana	ADOBE	1	MUY MALO			Medianame	Expansion de			0	0.21635	0.13165	0.1107839	MEDIA
CR-84	3	1	1	0	0	0	1	Con agua,Juz	Nunca le capa	Actitud fatalis	SIS	Cercana	ADOBE	1	MUY MALO	DEDICADO AL 2: MALO	>200 - ≤ 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1625	0.2478	0.17843	0.2021718	ALTA
CR-91	0	0	0	0	0	0	0					Cercana	ADOBE	1	MALO			Medianame	Expansion de			0	0.2004	0.13165	0.1036948	MEDIA
CR-93	1	0	1	0	0	0	0	Con agua,Juz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Cercana	ADOBE	2	MALO	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1357	0.2168	0.17843	0.1764892	ALTA
LA-94B	4	0	0	1	1	1	2	Con agua,Juz	Se capacita co	Actitud previs	SIS	Cercana	ADOBE	2	BUENO	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>1500 - ≤ 3000	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita const	0.0757	0.19696	0.14281	0.1370606	ALTA
LA-93B	0	0	0	0	0	0	0					Cercana	ADOBE	1	MUY MALO			Medianame	Expansion de			0	0.21635	0.13165	0.1107839	MEDIA
LA-92	5	0	1	2	2	0	0	Con agua,Juz	Se capacita co	Actitud parcia	SIS	Cercana	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.0959	0.20883	0.14826	0.1518994	ALTA
LA-90	3	0	1	1	0	0	1	Con agua,Juz	Nunca le capa	Actitud previs	NO TIENE	Cercana	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1279	0.21926	0.17843	0.1741039	ALTA
LA-89	4	0	0	1	1	0	2	Con agua,Juz	Se capacita co	Actitud parcia	SIS	Cercana	ADOBE	2	BUENO	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.0921	0.20208	0.14826	0.1472076	ALTA
CR-114	3	0	0	2	1	0	0	Con agua,Juz	Nunca le capa	Actitud escasa	SIS	Cercana	ADOBE	2	MALO	INDEPENDIEN 3: MALO	>1500 - ≤ 3000	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1123	0.2137	0.17843	0.1647297	ALTA
CR-111	1	0	0	0	1	0	0	Con agua,Juz	Se capacita co	Actitud escasa	SIS	Cercana	ADOBE	1	REGULAR	DEDICADO AL 3: REGULAR	≤ 200	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.0675	0.23214	0.17843	0.1530092	ALTA
CR-97	2	2	0	0	0	0	0	Con agua,Juz	Nunca le capa	Actitud escasa	SIS	Cercana	ADOBE	2	MALO	DEDICADO AL 3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.2205	0.23089	0.14476	0.2167154	ALTA
CR-98	4	0	2	2	0	0	0	Con agua,Juz	Escasamente	Actitud parcia	SIS	Cercana	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN 2: MALO	>1500 - ≤ 3000	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1243	0.20573	0.14476	0.1627665	ALTA
CR-95	4	0	2	0	1	1	1	Con agua,Juz	Escasamente	Actitud fatalis	SIS	Cercana	ADOBE	2	REGULAR	DEDICADO AL 2: MALO	>750 - ≤ 1500	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1164	0.2145	0.14476	0.1631506	ALTA
CP-94B	0	0	0	0	0	0	0					Cercana	ADOBE	1	MALO			Alejada	Expansion de			0	0.2004	0.09798	0.0999534	MEDIA
CR-96	2	0	2	0	0	0	0	Con agua,Juz	Escasamente	Actitud fatalis	SIS	Cercana	ADOBE	2	MALO	INDEPENDIEN 2: MALO	>750 - ≤ 1500	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.139	0.21882	0.14476	0.1751135	ALTA
CR-128	3	1	0	1	0	0	1	Con agua,Juz	Escasamente	Actitud fatalis	SIS	Cercana	ADOBE	1	MALO	DEDICADO AL 2: MALO	>200 - ≤ 750	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.1374	0.23185	0.12489	0.1779858	ALTA
CR-126	0	0	0	0	0	0	0					Cercana	ADOBE	1	MALO			Alejada	Expansion de			0	0.2004	0.09798	0.0999534	MEDIA
CR-144	1	0	0	0	1	0	0	Con agua y luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Cercana	ADOBE	2	MALO	DEDICADO AL 2: MALO	>200 - ≤ 750	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.095	0.2329	0.12489	0.1559916	ALTA
CR-145	1	0	1	0	0	0	0	Con agua y luz	Nunca le capa	Actitud escasa	SIS	Cercana	ADOBE	1	MALO	DEDICADO AL 3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1675	0.22983	0.14476	0.1926707	ALTA
CR-143	2	0	2	0	0	0	0	Con agua y luz	Nunca le capa	Actitud parcia	SIS	Cercana	ADOBE	1	MALO	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1658	0.21575	0.14476	0.1856486	ALTA
CR-146	2	1	1	0	0	0	0	Con agua y luz	Escasamente	Actitud fatalis	SIS	Cercana	ADOBE	1	MALO	DEDICADO AL 2: MALO	≤ 200	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1944	0.24213	0.14476	0.2100851	ALTA
CP-01	5	1	1	0	1	2	2	Con agua,Juz	Escasamente	Actitud fatalis	SIS	Cercana	ADOBE	1	MALO	DEDICADO AL 3: REGULAR	>1500 - ≤ 3000	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1238	0.21428	0.14476	0.1663543	ALTA
HU-41	2	0	0	2	0	0	0	Con agua,Juz	Se capacita co	Actitud parcia	SIS	Cercana	ADOBE	2	BUENO	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>1500 - ≤ 3000	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.0882	0.19696	0.14826	0.1465709	ALTA
HU-28	6	1	3	0	0	0	2	Con agua,Juz	Se capacita co	Actitud parcia	SIS	Cercana	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN 2: MALO	>750 - ≤ 1500	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1431	0.21084	0.14826	0.1737688	ALTA
HU-20	1	0	0	1	0	0	0	Con agua,Juz	Escasamente	Actitud parcia	SIS	Cercana	ADOBE	2	MALO	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.0964	0.22723	0.14826	0.1603144	ALTA
HU-21	2	0	0	1	1	0	0	Con agua,Juz	Nunca le capa	Actitud fatalis	SIS	Cercana	ADOBE	2	BUENO	INDEPENDIEN 2: MALO	>200 - ≤ 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1028	0.21453	0.17843	0.1608559	ALTA
HU-24	2	0	0	2	0	0	0	Con agua,Juz	Se capacita co	Actitud previs	SIS	Cercana	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN 1: DEFICIENTE - PES	>200 - ≤ 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita const	0.0869	0.22338	0.14281	0.1537521	ALTA
HU-17	5	0	1	1	1	2	2	Con agua,Juz	Escasamente	Actitud parcia	SIS	Cercana	ADOBE	2	BUENO	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.0968	0.21251	0.15857	0.1551072	ALTA
HU-18	0	0	0	0	0	0	0					Cercana	ADOBE	1	REGULAR			Medianame	Expansion de			0	0.19242	0.13165	0.1001503	MEDIA
HU-16	0	0	0	0	0	0	0					Cercana	ADOBE	1	MALO			Medianame	Expansion de			0	0.2004	0.13165	0.1036948	MEDIA
HU-14	3	0	0	0	2	1	1	Con agua,Juz	Escasamente	Actitud parcia	SIS	Cercana	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.0808	0.21926	0.14826	0.1498419	ALTA
HU-13	1	1	0	0	0	0	0	Con agua,Juz	Nunca le capa	Actitud escasa	SIS	Cercana	ADOBE	2	MALO	DESEMPLEADO 2: MALO	>200 - ≤ 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.2205	0.23986	0.17843	0.2244458	ALTA
HU-12	0	0	0	0	0	0	0					Cercana	ADOBE	2	MALO			Medianame	Expansion de			0	0.20145	0.13165	0.1041631	MEDIA
HU-11	1	0	1	0	0	0	0	Con agua,Juz	Nunca le capa	Actitud escasa	SIS	Cercana	ADOBE	2	BUENO	DEDICADO AL 3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1483	0.21616	0.17843	0.1817892	ALTA
HU-06	0	0	0	0	0	0	0					Cercana	ADOBE	1	MUY MALO			Medianame	Expansion de			0	0.21635	0.13165	0.1107839	MEDIA
HU-03	0	0	0	0	0	0	0					Cercana	ADOBE	2	MALO			Medianame	Expansion de			0	0.20145	0.13165	0.1041631	MEDIA
HU-02	0	0	0	0	0	0	0					Cercana	ADOBE	1	MALO			Medianame	Expansion de			0	0.2004	0.13165	0.1036948	MEDIA
CR-02	0	0	0	0	0	0	0					Cercana	ADOBE	1	REGULAR			Medianame	Expansion de			0	0.19242	0.13165	0.1001503	MEDIA
CR-01	0	0	0	0	0	0	0					Cercana	ADOBE	1	REGULAR			Medianame	Expansion de			0	0.19242	0.13165	0.1001503	MEDIA
HU-01	3	0	0	1	1	1	1	Con agua,Juz	Se capacita co	Actitud parcia	SIS	Cercana	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.0801	0.21926	0.14826	0.1495194	ALTA
HU-04	0	0	0	0	0	0	0					Cercana	ADOBE	0	BUENO			Medianame	Expansion de			0	0.18382	0.13165	0.0963272	MEDIA
HU-05	5	2	1	0	0	0	2	Con agua,Juz	Esc																	



“EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO EN LOS MÁRGENES DEL RIO CCANCAHUA, EN EL DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA DE CANCHIS, REGIÓN CUSCO, 2023”



HU-110	0	0	0	0	0	0	0					Cercana	ADOBE	1	REGULAR					Cerca	Expansion de				0	0.19242	0.18595	0.1061829	MEDIA
HA-54	0	0	0	0	0	0	0					Cercana	ADOBE	1	MALO					Cerca	Expansion de				0	0.2004	0.18595	0.1097275	MEDIA
HA-55	3	0	0	1	0	2	0	Con agua y de	Se capacita co	Actitud parcial	ESSALUD	Cercana	ADOBE	2	REGULAR	DEPENDIENTE	3: REGULAR	>1500 - ≤ 300	Cerca	Expansion de	Carro recolect	Se capacita consta	0.086	0.20173	0.1971	0.1497926	ALTA		
HU-82	4	0	2	1	0	1	0	Con agua y de	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Cercana	ADOBE	2	BUENO	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Cerca	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.1329	0.20208	0.21286	0.1725369	ALTA		
HU-83	2	0	0	0	1	1	0	Con agua y de	Se capacita co	Actitud parcial	SIS	Cercana	ADOBE	2	BUENO	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Cerca	Expansion de	Carro recolect	Se capacita consta	0.0783	0.21251	0.1971	0.1511458	ALTA		
HU-84	2	2	0	0	0	0	0	Con agua y de	Se capacita co	Actitud parcial	SIS	Cercana	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Cerca	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.214	0.21926	0.20255	0.2150617	ALTA		
HU-85	2	1	0	0	0	1	0	Con agua y de	Se capacita co	Actitud previs	ESSALUD	Cercana	ADOBE	2	REGULAR	DEPENDIENTE	2: MALO	>1500 - ≤ 300	Cerca	Expansion de	Carro recolect	Se capacita consta	0.1324	0.20375	0.1944	0.1710084	ALTA		
CR-36	4	0	0	1	1	2	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud fatalis	SIS	Cercana	ADOBE	1	MALO	DEDICADO AL	3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.0903	0.22983	0.17843	0.1621036	ALTA		
CR-24A	1	0	0	1	0	0	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Cercana	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.0981	0.21926	0.17843	0.1608846	ALTA		
HU-104	1	1	0	0	0	0	0	Con agua y de	Nunca le capa	Actitud escasa	SIS	Cercana	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Cerca	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.2365	0.21926	0.23722	0.228401	ALTA		
CR-78	4	1	1	0	2	0	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Cercana	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1329	0.20883	0.17843	0.1717004	ALTA		
CR-54	0	0	0	0	0	0	0					Cercana	ADOBE	1	MALO				Cerca	Expansion de				0	0.2004	0.13165	0.1036948	MEDIA	
LA-73	0	0	0	0	0	0	0					Cercana	ADOBE	1	MALO				Cerca	Expansion de				0	0.2004	0.18595	0.1097275	MEDIA	
LA-72	0	0	0	0	0	0	0					Cercana	ADOBE	2	MALO				Medianame	Expansion de				0	0.20145	0.13165	0.1041631	MEDIA	
HU-90	4	0	1	2	1	0	0	Con agua y de	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Cercana	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Cerca	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.1252	0.21926	0.21286	0.1767638	ALTA		
HU-95	2	2	0	0	0	0	0	Con agua y de	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Cercana	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Cerca	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.2239	0.21926	0.21286	0.220611	ALTA		
HU-98	0	0	0	0	0	0	0					Cercana	ADOBE	1	MALO				Cerca	Expansion de				0	0.2004	0.18595	0.1097275	MEDIA	
HU-100	2	2	0	0	0	0	0	Con agua y de	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Cercana	ADOBE	1	REGULAR	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Cerca	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.2239	0.2182	0.21286	0.2201428	ALTA		
HA-64	0	0	0	0	0	0	0					Cercana	ADOBE	1	REGULAR				Cerca	Expansion de				0	0.19242	0.18595	0.1061829	MEDIA	
HA-63	5	0	2	0	1	2	0	Con agua y de	Se capacita co	Actitud parcial	SIS	Cercana	ADOBE	2	BUENO	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Cerca	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1121	0.21251	0.20255	0.1667715	ALTA		
LA-80A	3	0	0	1	1	2	0	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud previs	ESSALUD	Cercana	ADOBE	2	BUENO	DEPENDIENTE	3: REGULAR	>1500 - ≤ 300	Cerca	Expansion de	Carro recolect	Se capacita consta	0.0613	0.19499	0.1971	0.1357931	MEDIA		
HU-146	0	0	0	0	0	0	0					Cercana	ADOBE	1	REGULAR				Cerca	Expansion de				0	0.19242	0.18595	0.1061829	MEDIA	
HA-50	0	0	0	0	0	0	0					Medianame	ADOBE	2	BUENO				Cerca	Expansion de				0	0.11356	0.18595	0.0711329	BAJA	
HU-102	1	1	0	0	0	0	0	Con agua y de	Nunca le capa	Actitud parcial	SIS	Medianame	ADOBE	1	BUENO	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Cerca	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.2347	0.13829	0.21286	0.1894452	ALTA		
HA-61	0	0	0	0	0	0	0					Medianame	ADOBE	2	REGULAR				Cerca	Expansion de				0	0.12031	0.18595	0.0741311	BAJA	
HA-62	0	0	0	0	0	0	0					Medianame	ADOBE	2	REGULAR				Cerca	Expansion de				0	0.12031	0.18595	0.0741311	BAJA	
HA-51	0	0	0	0	0	0	0					Medianame	ADOBE	2	BUENO				Cerca	Expansion de				0	0.11356	0.18595	0.0711329	BAJA	
LA-12	1	1	0	0	0	0	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Medianame	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIENTE	2: MALO	>750 - ≤ 1500	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.208	0.13767	0.15857	0.1712394	ALTA		
LA-11	3	1	0	0	2	0	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Medianame	ADOBE	1	MALO	INDEPENDIENTE	2: MALO	>750 - ≤ 1500	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1289	0.1446	0.17843	0.1413884	ALTA		
LA-10	4	0	0	1	1	2	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Medianame	ADOBE	2	MALO	INDEPENDIENTE	2: MALO	>750 - ≤ 1500	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.087	0.14565	0.15857	0.121013	MEDIA		
LA-08	3	0	0	1	0	2	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud fatalis	SIS	Medianame	ADOBE	1	MALO	INDEPENDIENTE	2: MALO	>750 - ≤ 1500	Medianame	Expansion de	Deschar en q	Nunca le capacita	0.091	0.1446	0.21426	0.1285205	MEDIA		
CR-26	2	0	0	2	0	0	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud fatalis	SIS	Medianame	ADOBE	1	MALO	DEDICADO AL	3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1014	0.15666	0.17843	0.1345329	MEDIA		
CR-29	0	0	0	0	0	0	0					Medianame	ADOBE	1	MALO				Medianame	Expansion de				0	0.12723	0.13165	0.0711748	BAJA	
CR-32	4	1	0	1	0	2	0	Con agua, luz	Nunca le capa	Actitud escasa	SIS	Medianame	ADOBE	1	MUY MALO	INDEPENDIENTE	2: MALO	>750 - ≤ 1500	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1326	0.16055	0.17843	0.1501187	ALTA		
CR-33A	4	0	1	0	1	2	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Medianame	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>1500 - ≤ 300	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.0964	0.13255	0.15857	0.1193675	MEDIA		
LA-133	4	0	1	1	0	2	0	Con agua, luz	Nunca le capa	Actitud escasa	SIS	Medianame	ADOBE	1	MALO	INDEPENDIENTE	2: MALO	>1500 - ≤ 300	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1145	0.13948	0.17843	0.1327233	MEDIA		
LA-131	3	1	0	0	0	2	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Medianame	ADOBE	1	MALO	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>1500 - ≤ 300	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.1226	0.13746	0.15857	0.1332033	MEDIA		
LA-04	3	1	0	0	0	2	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Medianame	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>1500 - ≤ 300	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.1243	0.13054	0.12489	0.1271476	MEDIA		
LA-124	1	1	0	0	0	0	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Medianame	ADOBE	1	MUY MALO	DEDICADO AL	3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.208	0.16218	0.12489	0.1783896	ALTA		
CR-57	4	2	0	0	2	0	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Medianame	ADOBE	1	MALO	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1492	0.14258	0.17843	0.1495258	ALTA		
CR-70	1	0	0	0	0	1	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Medianame	ADOBE	1	REGULAR	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.0671	0.1346	0.17843	0.1094746	MEDIA		
LA-87	0	0	0	0	0	0	0					Medianame	ADOBE	2	BUENO				Medianame	Expansion de				0	0.11356	0.13165	0.0651003	BAJA	
LA-85	0	0	0	0	0	0	0					Medianame	ADOBE	1	REGULAR				Medianame	Expansion de				0	0.11925	0.13165	0.0676303	BAJA	
LA-81	3	2	0	0	1	0	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Medianame	ADOBE	2	BUENO	INDEPENDIENTE	2: MALO	>200 - ≤ 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1713	0.14136	0.14826	0.1554288	ALTA		
LA-84	3	0	0	1	2	0	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Medianame	ADOBE	2	BUENO	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.0906	0.13934	0.14826	0.1186647	MEDIA		
CP-14	5	1	0	0	2	2	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Medianame	ADOBE	2	BUENO	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>3000	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1068	0.12132	0.14476	0.1174748	MEDIA		
CR-122	3	0	1	2	0	0	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Medianame	ADOBE	1	REGULAR	DEDICADO AL	2: MALO	>200 - ≤ 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1198	0.15071	0.17843	0.1400341	ALTA		
CP-129	1	1	0	0	0	0	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Medianame	ADOBE	1	MALO	DEDICADO AL	2: MALO	>200 - ≤ 750	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.208	0.15868	0.14476	0.1790415	ALTA		
CP-02	3	1	0	2	0	0	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Medianame	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIENTE	3: MALO	>750 - ≤ 1500	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1439	0.13767	0.14476	0.1412092	ALTA		
CP-04	1	0	0	0	1	0	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud fatalis	SIS	Medianame	ADOBE	2	MALO	DEPENDIENTE	2: MALO	>1500 - ≤ 300	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.079	0.13856	0.14476	0.1127873	MEDIA		
CP-03	4	0	1	1	0	2	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Medianame	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIENTE	2: MALO	>1500 - ≤ 300	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.102	0.13255	0.14476	0.1203228	MEDIA		
CP-07	4	0	1	1	0	2	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud fatalis	SIS	Medianame	ADOBE	1	MALO	DEDICADO AL	2: MALO	>750 - ≤ 1500	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1053	0.14825	0.14476	0.1287663	MEDIA		
CP-06A	2	0	0	1	0	1	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud fatalis	SIS	Medianame	ADOBE	1	MALO	INDEPENDIENTE	2: MALO	>200 - ≤ 750	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.0868	0.15503	0.14476	0.1235535	MEDIA		
CP-12	2	0	0	0	0	2	0	Con agua, luz	Escasamente		SIS	Medianame	ADOBE	2	MALO	DEDICADO AL	2: MALO	>750 - ≤ 1500	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.0653	0.1493	0.14476	0.1114532	MEDIA		
CP-10	0	0	0	0	0	0	0					Medianame	ADOBE	1	MUY MALO				Alejada	Expansion de				0	0.14318	0.09798	0.0745224	BAJA	
CR-03	1	0	0	0	1</																								



**“EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO EN LOS MÁRGENES DEL RIO CCANCAHUA,
EN EL DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA DE CANCHIS, REGIÓN CUSCO, 2023”**



LA-23	4	0	1	1	0	2	Con agua,luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Mediamente	ADOBE	1	REGULAR	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>1500 - ≤ 3000	Mediamente	Expansión de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1003	0.12948	0.14826	0.1185842	MEDIA
LA-29	4	0	1	3	0	0	Con agua,luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Mediamente	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>1500 - ≤ 3000	Mediamente	Expansión de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1149	0.13054	0.14281	0.1249583	MEDIA
LA-27	0	0	0	0	0	0					Mediamente	ADOBE	2	MALO				Mediamente	Expansión de			0	0.12828	0.13165	0.071643	BAJA
LA-26	0	0	0	0	0	0					Mediamente	ADOBE	2	REGULAR				Mediamente	Expansión de			0	0.12031	0.13165	0.0680985	BAJA
LA-28	0	0	0	0	0	0					Mediamente	ADOBE	2	REGULAR				Mediamente	Expansión de			0	0.12031	0.13165	0.0680985	BAJA
LA-140A	0	0	0	0	0	0					Mediamente	ADOBE	2	REGULAR				Mediamente	Expansión de			0	0.12031	0.13165	0.0680985	BAJA
LA-141	0	0	0	0	0	0					Mediamente	ADOBE	2	MALO				Mediamente	Expansión de			0	0.12828	0.13165	0.071643	BAJA
LA-142A	0	0	0	0	0	0					Mediamente	ADOBE	2	MALO				Mediamente	Expansión de			0	0.12828	0.13165	0.071643	BAJA
LA-144	0	0	0	0	0	0					Mediamente	ADOBE	2	REGULAR				Mediamente	Expansión de			0	0.12031	0.13165	0.0680985	BAJA
LA-143	0	0	0	0	0	0					Mediamente	ADOBE	2	MALO				Mediamente	Expansión de			0	0.12828	0.13165	0.071643	BAJA
LA-32	5	1	1	1	0	2	Con agua,luz	Escasamente	Actitud prevista	ESSALUD	Mediamente	ADOBE	2	MALO	DEPENDIENTE	2: MALO	>1500 - ≤ 3000	Mediamente	Expansión de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1193	0.13856	0.14281	0.1304764	MEDIA
LA-33	6	1	1	3	1	0	Con agua,luz	Se capacita co	Actitud prevista	ESSALUD	Mediamente	ADOBE	2	REGULAR	DEPENDIENTE	3: REGULAR	>3000	Mediamente	Expansión de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1275	0.12609	0.14826	0.1291901	MEDIA
LA-145	0	0	0	0	0	0					Mediamente	ADOBE	2	MALO				Mediamente	Expansión de			0	0.12828	0.13165	0.071643	BAJA
LA-146	0	0	0	0	0	0					Mediamente	ADOBE	2	MALO				Mediamente	Expansión de			0	0.12828	0.13165	0.071643	BAJA
LA-147	1	1	0	0	0	0	Con agua,luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Mediamente	ADOBE	1	MALO	DEDICADO AL	3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Mediamente	Expansión de	Carro recolect	Escasamente capa	0.208	0.15666	0.15857	0.1796785	ALTA
LA-148	5	2	0	1	0	2	Con agua,luz	Se capacita co	Actitud prevista	SIS	Mediamente	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIENTE	2: MALO	>750 - ≤ 1500	Mediamente	Expansión de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1282	0.13767	0.14281	0.1340313	MEDIA
LA-37	0	0	0	0	0	0					Mediamente	ADOBE	1	MALO				Mediamente	Expansión de			0	0.12723	0.13165	0.0711748	BAJA
LA-39	2	0	1	1	0	0	Con agua,luz	Se capacita co	Actitud parcial	SIS	Mediamente	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIENTE	2: MALO	>200 - ≤ 750	Mediamente	Expansión de	Carro recolect	Se capacita con re	0.107	0.14811	0.14826	0.1298534	MEDIA
LA-41	0	0	0	0	0	0					Mediamente	ADOBE	1	REGULAR				Mediamente	Expansión de			0	0.11925	0.13165	0.0676303	BAJA
LA-36	2	2	0	0	0	0	Con agua,luz	Escasamente	Actitud parcial	ESSALUD	Mediamente	ADOBE	1	MUY MALO	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Mediamente	Expansión de	Carro recolect	Escasamente capa	0.2036	0.16896	0.15857	0.1832175	ALTA
LA-35A	3	1	0	0	0	2	Con agua,luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Mediamente	ADOBE	1	BUENO	INDEPENDIENTE	4: BUENO	>200 - ≤ 750	Mediamente	Expansión de	Carro recolect	Escasamente capa	0.1226	0.13766	0.15857	0.1332913	MEDIA
LA-158	0	0	0	0	0	0					Mediamente	ADOBE	2	REGULAR				Mediamente	Expansión de			0	0.12031	0.13165	0.0680985	BAJA
LA-154	0	0	0	0	0	0					Mediamente	ADOBE	1	MUY MALO				Mediamente	Expansión de			0	0.14318	0.13165	0.0782638	MEDIA
LA-155	4	0	1	0	1	2	Con agua,luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Mediamente	ADOBE	2	BUENO	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Mediamente	Expansión de	Carro recolect	Se capacita con re	0.0947	0.12891	0.14281	0.1152342	MEDIA
LA-157	4	2	0	0	0	2	Con agua,luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Mediamente	ADOBE	1	REGULAR	INDEPENDIENTE	2: MALO	>750 - ≤ 1500	Mediamente	Expansión de	Carro recolect	Escasamente capa	0.1458	0.13662	0.15857	0.1431384	ALTA
LA-156	3	0	0	0	1	2	Con agua,luz	Se capacita co	Actitud parcial	ESSALUD	Mediamente	ADOBE	2	REGULAR	DEPENDIENTE	3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Mediamente	Expansión de	Carro recolect	Se capacita con re	0.0677	0.13368	0.14826	0.1059807	MEDIA
LA-151	4	2	0	0	0	2	Con agua,luz	Se capacita co	Actitud parcial	ESSALUD	Mediamente	ADOBE	1	MALO	DEPENDIENTE	3: REGULAR	>3000	Mediamente	Expansión de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1299	0.13301	0.14826	0.1333237	MEDIA
LA-153	0	0	0	0	0	0					Mediamente	ADOBE	2	MALO				Mediamente	Expansión de			0	0.12828	0.13165	0.071643	BAJA
LA-150	0	0	0	0	0	0					Mediamente	ADOBE	2	MALO				Mediamente	Expansión de			0	0.12828	0.13165	0.071643	BAJA
LA-61	0	0	0	0	0	0					Mediamente	ADOBE	1	MALO				Mediamente	Expansión de			0	0.12723	0.13165	0.0711748	BAJA
LA-59	2	2	0	0	0	0	Con agua,luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Mediamente	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIENTE	2: MALO	>200 - ≤ 750	Mediamente	Expansión de	Carro recolect	Se capacita con re	0.2063	0.14811	0.14826	0.1739684	ALTA
LA-60	4	1	0	1	1	1	Con agua,luz	Se capacita co	Actitud parcial	SIS	Mediamente	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Mediamente	Expansión de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1119	0.14609	0.14826	0.1311198	MEDIA
LA-57	4	1	0	2	1	0	Con agua,luz	Se capacita co	Actitud parcial	SIS	Mediamente	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Mediamente	Expansión de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1192	0.13566	0.14281	0.1291333	MEDIA
LA-58	1	1	0	0	0	0	Con agua,luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Mediamente	ADOBE	2	REGULAR	DEDICADO AL	3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Mediamente	Expansión de	Carro recolect	Escasamente capa	0.208	0.12912	0.15857	0.167438	ALTA
LA-56	1	1	0	0	0	0	Con agua,luz	Nunca le capa	Actitud escasa	SIS	Mediamente	ADOBE	2	REGULAR	DEDICADO AL	2: MALO	>200 - ≤ 750	Mediamente	Expansión de	Carro recolect	Escasamente capa	0.2205	0.15176	0.15857	0.183082	ALTA
LA-53	4	0	1	0	1	2	Con agua,luz	Se capacita co	Actitud prevista	ESSALUD	Mediamente	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIENTE	4: BUENO	>1500 - ≤ 3000	Mediamente	Expansión de	Carro recolect	Se capacita con re	0.0774	0.1299	0.14281	0.1080088	MEDIA
LA-54	4	2	0	0	2	0	Con agua,luz	Se capacita co	Actitud parcial	SIS	Mediamente	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Mediamente	Expansión de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1411	0.14609	0.14826	0.1440915	MEDIA
LA-51	0	0	0	0	0	0					Mediamente	ADOBE	1	REGULAR				Mediamente	Expansión de			0	0.11925	0.13165	0.0676303	BAJA
LA-44	0	0	0	0	0	0	Con agua,luz	Se capacita co	Actitud parcial	SIS	Mediamente	ADOBE	2	MALO	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Mediamente	Expansión de	Carro recolect	Se capacita con re	0.0382	0.15406	0.14281	0.1013339	MEDIA
LA-42	0	0	0	0	0	0					Mediamente	ADOBE	1	MALO				Mediamente	Expansión de			0	0.12723	0.13165	0.0711748	BAJA
LA-43	4	1	1	0	0	2	Con agua,luz	Nunca le capa	Actitud escasa	SIS	Mediamente	ADOBE	1	MUY MALO	INDEPENDIENTE	2: MALO	>200 - ≤ 750	Mediamente	Expansión de	Carro recolect	Escasamente capa	0.142	0.17098	0.15857	0.156722	ALTA
LA-49	0	0	0	0	0	0					Mediamente	ADOBE	2	MALO				Mediamente	Expansión de			0	0.12828	0.13165	0.071643	BAJA
HA-48	2	1	0	0	0	1	Con agua,luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Mediamente	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Mediamente	Expansión de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1367	0.14609	0.14826	0.142149	ALTA
HA-47	0	0	0	0	0	0					Mediamente	ADOBE	2	MALO				Mediamente	Expansión de			0	0.12828	0.13165	0.071643	BAJA
HA-45	0	0	0	0	0	0					Mediamente	ADOBE	1	MALO				Mediamente	Expansión de			0	0.12723	0.13165	0.0711748	BAJA
HA-44	0	0	0	0	0	0					Mediamente	ADOBE	1	REGULAR				Mediamente	Expansión de			0	0.11925	0.13165	0.0676303	BAJA
HA-46	1	1	0	0	0	0	Con agua,luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Mediamente	ADOBE	2	BUENO	DEDICADO AL	2: MALO	>200 - ≤ 750	Mediamente	Expansión de	Carro recolect	Escasamente capa	0.208	0.14501	0.15857	0.1745011	ALTA
HA-40	4	0	1	1	0	2	Con agua,luz	Se capacita co	Actitud parcial	SIS	Mediamente	ADOBE	2	BUENO	INDEPENDIENTE	4: BUENO	>1500 - ≤ 3000	Mediamente	Expansión de	Carro recolect	Se capacita con re	0.0921	0.12316	0.14281	0.1115258	MEDIA
HA-42	2	2	0	0	0	0	Con agua,luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Mediamente	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Mediamente	Expansión de	Carro recolect	Se capacita con re	0.208	0.14609	0.14826	0.1738334	ALTA
HA-43	0	0	0	0	0	0					Mediamente	ADOBE	2	REGULAR				Mediamente	Expansión de			0	0.12031	0.13165	0.0680985	BAJA
HA-41	0	0	0	0	0	0					Mediamente	ADOBE	1	MALO				Mediamente	Expansión de			0	0.12723	0.13165	0.0711748	BAJA
HA-38	2	1	1	0	0	0	Con agua,luz	Se capacita co	Actitud escasa	SIS	Mediamente	ADOBE	2	MALO	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Mediamente	Expansión de	Carro recolect	Escasamente capa	0.1636	0.14363	0.15857	0.1541825	ALTA
HA-37	0	0	0	0	0	0					Mediamente	ADOBE	1	REGULAR				Mediamente	Expansión de			0	0.11925	0.13165	0.0676303	BAJA
HA-35	6	1	2	1	1	1	Con agua,luz	Se capacita co	Actitud parcial	SIS	Mediamente	ADOBE	2	BUENO	DEPENDIENTE	3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Mediamente	Expansión de	Carro recolect	Se capacita con re	0.138	0.12694	0.14826	0.134205	MEDIA
LA-65	5	1	1	2	1	0	Con agua,luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Mediamente	ADOBE	2	MALO	INDEPENDIENTE	2: MALO	>750 - ≤ 1500	Mediamente	Expansión de	Carro recolect	Escasamente capa	0.1305	0.14565	0.15857	0.1403641	ALTA
LA-68	2	0	1	1	0	0	Con agua,luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Mediamente	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Mediamente	Expansión de	Carro recolect	Escasamente capa	0.0869	0.13566	0.15857	0.1165419	MEDIA
LA-67	0	0	0	0	0	0					Mediamente	ADOBE	1	BUENO				Mediamente	Expansión de			0	0.11251	0.0868	0.0596482	BAJA
LA-69	7	1	2	1	1	2	Con agua,luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Mediamente	ADOBE	2	BUENO	INDEPENDIENTE	2: MALO	>750 - ≤ 1500	Mediamente	Expansión de	Carro recolect	Escasamente capa	0.1388	0.13093	0.15857	0.1374951	ALTA
LA-71	1	1	0	0	0	0																				



**“EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO EN LOS MÁRGENES DEL RIO CCANCAHUA,
EN EL DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA DE CANCHIS, REGIÓN CUSCO, 2023”**



HU-46	0	0	0	0	0	0	0									Muy cercana	ADOBE	2	BUENO										Mediana	Expansion de				0	0.32774	0.13165	0.1602904	ALTA	
HU-45A	0	0	0	0	0	0	0		SIS							Muy cercana	ADOBE	2	MUY MALO											Mediana	Expansion de			0.0079	0.35841	0.13165	0.1774461	ALTA	
HA-53	0	0	0	0	0	0	0									Muy cercana	ADOBE	2	BUENO											Cerca	Expansion de				0	0.32774	0.18595	0.166323	ALTA
HA-52	0	0	0	0	0	0	0									Muy cercana	ADOBE	1	MALO											Cerca	Expansion de				0	0.34141	0.18595	0.1723975	ALTA
HU-151	0	0	0	0	0	0	0									Muy cercana	ADOBE	2	REGULAR											Cerca	Expansion de				0	0.33449	0.18595	0.1693212	ALTA
HU-159	3	0	0	0	0	2	1	Con agua y de	Nunca le capa	Actitud escasa	SIS					Muy cercana	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>200 - ≤ 750								Cerca	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.111	0.36027	0.23272	0.2353216	ALTA	
HU-163	1	0	0	0	1	0	0	Con agua y de	Escasamente	Actitud parcial	SIS					Muy cercana	ADOBE	2	BUENO	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>200 - ≤ 750								Cerca	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.1123	0.35352	0.21286	0.2306993	ALTA	
HU-165	0	0	0	0	0	0	0									Muy cercana	ADOBE	1	MALO											Cerca	Expansion de				0	0.34141	0.18595	0.1723975	ALTA
HU-87	0	0	0	0	0	0	0									Muy cercana	ADOBE	2	MUY MALO											Cerca	Expansion de				0	0.35841	0.18595	0.1799547	ALTA
CR-208	0	0	0	0	0	0	0									Muy cercana	ADOBE	1	MALO											Mediana	Expansion de				0	0.34141	0.13165	0.1663649	ALTA
CR-22	2	0	0	0	2	0	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS					Muy cercana	ADOBE	1	MALO	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>200 - ≤ 750								Mediana	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.0981	0.36719	0.17843	0.2266309	ALTA	
CR-24	3	0	0	1	1	0	1	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud parcial	SIS					Muy cercana	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>200 - ≤ 750								Mediana	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.1001	0.36027	0.15857	0.2222196	ALTA	
CR-23	4	0	0	1	1	0	2	Con agua, luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS					Muy cercana	ADOBE	2	REGULAR	DEPENDIENTE	3: REGULAR	>750 - ≤ 1500								Mediana	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.102	0.34786	0.15857	0.2175485	ALTA	
CR-21	0	0	0	0	0	0	0									Muy cercana	ADOBE	1	REGULAR											Mediana	Expansion de				0	0.33343	0.13165	0.1628203	ALTA
CR-19	4	0	0	0	2	2	0	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud parcial	SIS					Muy cercana	ADOBE	2	BUENO	DEPENDIENTE	3: REGULAR	>750 - ≤ 1500								Mediana	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.0861	0.34111	0.15857	0.2075049	ALTA	
CR-37	2	0	0	0	0	0	1	1	Con agua, luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS				Muy cercana	ADOBE	2	REGULAR	DEDICADO AL	3: REGULAR	>200 - ≤ 750								Mediana	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.0723	0.36392	0.17843	0.2136876	ALTA	
CR-40	1	0	0	1	0	0	0	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS				Muy cercana	ADOBE	1	MUY MALO	DESEMPLEADO	3: REGULAR	>200 - ≤ 750								Mediana	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1483	0.39375	0.17843	0.2607146	MUY ALTA	
CR-39	4	0	0	0	2	2	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud fatalis	SIS					Muy cercana	ADOBE	2	MALO	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>1500 - ≤ 3000								Mediana	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.0993	0.35269	0.15857	0.2185216	ALTA	
CR-38	4	1	1	0	0	0	2	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS					Muy cercana	ADOBE	2	MALO	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>750 - ≤ 1500								Mediana	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1277	0.35781	0.17843	0.2356202	ALTA	
CR-47	2	0	0	0	1	1	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS					Muy cercana	ADOBE	2	MALO	DEDICADO AL	2: MALO	>200 - ≤ 750								Mediana	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.0869	0.37391	0.17843	0.2246408	ALTA	
CR-49	1	1	0	0	0	0	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS					Muy cercana	ADOBE	1	MALO	INDEPENDIEN	2: MALO	>200 - ≤ 750								Mediana	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.2063	0.36921	0.17843	0.2755875	MUY ALTA	
CR-60	3	0	0	0	2	0	1	1	Con agua, luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS				Muy cercana	ADOBE	2	MALO	INDEPENDIEN	2: MALO	>1500 - ≤ 3000								Mediana	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.0975	0.35471	0.17843	0.2207952	ALTA	
CR-62	4	0	0	1	1	1	1	1	Con agua, luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS				Muy cercana	ADOBE	1	REGULAR	DEDICADO AL	2: MALO	>1500 - ≤ 3000								Mediana	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1037	0.34933	0.17843	0.2211759	ALTA	
CR-64	3	1	0	0	0	2	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS					Muy cercana	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN	4: BUENO	>1500 - ≤ 3000								Mediana	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.1272	0.34408	0.15857	0.2270797	ALTA	
CR-63	1	0	0	0	0	1	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS					Muy cercana	ADOBE	1	MALO	DEDICADO AL	2: BUENO	>750 - ≤ 1500								Mediana	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.0757	0.36243	0.17843	0.2145572	ALTA	
CR-74	3	0	0	1	0	1	1	Con agua, luz	Escasamente	Actitud fatalis	SIS					Muy cercana	ADOBE	1	MALO	DEDICADO AL	3: REGULAR	>200 - ≤ 750								Mediana	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1058	0.37084	0.17843	0.2316798	ALTA	
I.A. Pana	0	0	0	0	0	0	0									Muy cercana	ADOBE	1	MALO											Mediana	Expansion de				0	0.34141	0.13165	0.1663649	ALTA
CR-72	3	0	1	1	1	1	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS					Muy cercana	ADOBE	2	REGULAR	DEDICADO AL	3: REGULAR	>200 - ≤ 750								Mediana	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1123	0.36392	0.17843	0.231476	ALTA	
CR-75	3	1	0	0	0	2	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS					Muy cercana	ADOBE	2	REGULAR	INDEPENDIEN	2: MALO	>750 - ≤ 1500								Mediana	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1289	0.35185	0.17843	0.2335022	ALTA	
CR-76	3	0	0	1	1	1	0	Con agua, luz	Nunca le capa	Actitud fatalis	SIS					Muy cercana	ADOBE	2	REGULAR	DEDICADO AL	3: REGULAR	>200 - ≤ 750								Mediana	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.1282	0.36392	0.15857	0.23632	ALTA	
CR-88	3	2	0	0	1	0	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS					Muy cercana	ADOBE	1	MALO	DEDICADO AL	2: MALO	>200 - ≤ 750								Mediana	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1788	0.37286	0.17843	0.2649888	MUY ALTA	
CR-86	0	0	0	0	0	0	0									Muy cercana	ADOBE	2	MALO											Mediana	Expansion de				0	0.34246	0.13165	0.1668331	ALTA
LA-123	0	0	0	0	0	0	0									Muy cercana	ADOBE	1	MALO											Cerca	Expansion de				0	0.34141	0.18595	0.1723975	ALTA
CR-110	2	0	0	0	0	0	2	Con agua, luz	Nunca le capa	Actitud escasa	SIS					Muy cercana	ADOBE	1	REGULAR	INDEPENDIEN	2: MALO	>200 - ≤ 750								Mediana	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.0814	0.36123	0.17843	0.2165431	ALTA	
CR-109	4	0	0	2	0	0	2	Con agua, luz	Nunca le capa	Actitud escasa	SIS					Muy cercana	ADOBE	1	REGULAR	INDEPENDIEN	2: MALO	>200 - ≤ 750								Mediana	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1239	0.36123	0.17843	0.2354546	ALTA	
CR-108	3	1	1	0	1	0	1	0	Con agua, luz	Nunca le capa	Actitud fatalis	SIS				Muy cercana	ADOBE	1	MALO	DESEMPLEADO	2: MALO	>200 - ≤ 750								Mediana	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1648	0.37981	0.17843	0.2618664	MUY ALTA	
CR-115	0	0	0	0	0	0	0	Con agua, luz	Nunca le capa	Actitud escasa	SIS					Muy cercana	ADOBE	2	BUENO	INDEPENDIEN	3: REGULAR	>1500 - ≤ 3000								Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.0607	0.33797	0.14476	0.1932732	ALTA	
CR-104	1	1	0	0	0	0	0	Con agua, luz	Nunca le capa	Actitud parcial	SIS					Muy cercana	ADOBE	2	MUY MALO	DESEMPLEADO	2: MALO	>750 - ≤ 1500								Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.2188	0.38639	0.14476	0.2850648	MUY ALTA	
CR-100	2	2	0	0	0	0	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud fatalis	SIS					Muy cercana	ADOBE	2	MALO	DEDICADO AL	2: MALO	≤ 200								Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.2113	0.38419	0.14476	0.2807373	MUY ALTA	
CR-103	3	0	1	0	0	0	2	Con agua, luz	Nunca le capa	Actitud fatalis	SIS					Muy cercana	ADOBE	1	MALO	DEDICADO AL	2: MALO	>1500 - ≤ 3000								Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1161	0.35731	0.14476	0.2264848	ALTA	
CR-102	3	1	0	0	0	2	0	Con agua, luz	Nunca le capa	Actitud parcial	SIS					Muy cercana	ADOBE	1	MALO	INDEPENDIEN	2: MALO	>750 - ≤ 1500								Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1398	0.35877	0.14476	0.2376577	ALTA	
CR-99	1	0	1	0	0	0	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud fatalis	SIS					Muy cercana	ADOBE	1	MALO	DESEMPLEADO	2: MALO	≤ 200								Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.139	0.3901	0.14476	0.2512361	ALTA	
CR-132	0	0	0	0	0	0	0									Muy cercana	ADOBE	2	MALO											Alejada	Expansion de				0	0.34246	0.09798	0.1630916	ALTA
CR-131	2	0	0	0	2	0	0	Con agua, luz	Nunca le capa	Actitud fatalis	SIS					Muy cercana	ADOBE	2	MALO	DEDICADO AL	2: MALO	>200 - ≤ 750								Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.114	0.37391	0.14476	0.2329296	ALTA	
CR-129	4	0	0	1	1	2	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud fatalis	SIS					Muy cercana	ADOBE	1	REGULAR	DEDICADO AL	2: MALO	>750 - ≤ 1500								Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1087	0.35445	0.14476	0.2219445	ALTA	
CR-142	2	2	0	0	0	0	0	Con agua y luz	Nunca le capa	Actitud fatalis	SIS					Muy cercana	ADOBE	2	MALO	DEDICADO AL	2: MALO	≤ 200								Alejada	Expansion de	Carro recolect							



“EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO EN LOS MÁRGENES DEL RIO CCANCAHUA, EN EL DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA DE CANCHIS, REGIÓN CUSCO, 2023”



CP-57	4	0	2	0	0	2	Con agua, luz	Nunca le capta	Actitud parcial	SIS	Alejado	CONCRETO	2	MUY BUENO	DEPENDIENTE 3: REGULAR	>1500 - ≤ 3000	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.1222	0.06054	0.12489	0.0951057	MEDIA
CP-57	4	0	2	0	0	2	Con agua, luz	Nunca le capta	Actitud parcial	SIS	Alejado	CONCRETO	2	MUY BUENO	DEPENDIENTE 3: REGULAR	>1500 - ≤ 3000	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.1222	0.06054	0.15857	0.0988471	MEDIA
CP-51	4	0	2	0	0	2	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	ESSALUD	Alejado	CONCRETO	3	MUY BUENO	DEPENDIENTE 3: REGULAR	>1500 - ≤ 3000	Alejada	Expansion de	Se capacita con re	0.107	0.06233	0.11458	0.0880045	MEDIA	
CP-16	3	0	1	2	0	0	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud previs	ESSALUD	Alejado	CONCRETO	4	BUENO	DEPENDIENTE 3: REGULAR	>3000	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1008	0.06569	0.11458	0.0867264	MEDIA
CP-64	4	1	1	0	1	1	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Alejado	CONCRETO	2	MUY BUENO	DEPENDIENTE 3: REGULAR	>1500 - ≤ 3000	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.1295	0.06054	0.15857	0.102062	MEDIA
CP-76	4	0	1	1	0	2	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Alejado	CONCRETO	2	MUY BUENO	DEPENDIENTE 3: REGULAR	>1500 - ≤ 3000	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.1003	0.06054	0.15857	0.0890903	MEDIA
I.E. Tupac	0	0	0	0	0	0	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud previs	SIS	Alejado	CONCRETO	3	MUY BUENO	DEPENDIENTE 3: REGULAR	>1500 - ≤ 3000	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita consta	0.029	0.05407	0.14011	0.0524659	BAJA
Cancha D	0	0	0	0	0	0						CONCRETO	1	BUENO	DEPENDIENTE 3: REGULAR	>1500 - ≤ 3000	Medianame	Expansion de			0	0.09303	0.13165	0.0559755	BAJA
LA-30	3	1	0	0	0	2	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud parcial	ESSALUD	Medianame	CONCRETO	1	BUENO	DEPENDIENTE 3: REGULAR	>1500 - ≤ 3000	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1067	0.10129	0.14826	0.108917	MEDIA
CANCHA	0	0	0	0	0	0					Muy cercana	CONCRETO	1	MUY BUENO			Alejada	Expansion de			0	0.30411	0.09798	0.1460463	ALTA
HA-05	0	0	0	0	0	0					Alejado	LADRILLO BLO	1	BUENO			Medianame	Expansion de			0	0.06078	0.13165	0.0416436	BAJA
HA-02	0	0	0	0	0	0					Alejado	LADRILLO BLO	1	BUENO			Medianame	Expansion de			0	0.06078	0.13165	0.0416436	BAJA
HA-01	3	1	0	0	2	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Alejado	LADRILLO BLO	2	REGULAR	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1272	0.09436	0.17843	0.1183009	MEDIA
CP-118	3	0	0	1	0	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Alejado	LADRILLO BLO	1	BUENO	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.0877	0.07613	0.11458	0.0855486	MEDIA
HA-17	0	0	0	0	0	0					Alejado	LADRILLO BLO	2	BUENO			Medianame	Expansion de			0	0.06184	0.13165	0.0421118	BAJA
CP-56	5	0	0	1	2	2	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud parcial	SIS	Alejado	LADRILLO BLO	2	MUY BUENO	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>1500 - ≤ 3000	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.0766	0.06897	0.14476	0.0808023	MEDIA
CP-50	4	1	1	0	0	2	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud parcial	SIS	Alejado	LADRILLO BLO	2	BUENO	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1195	0.07719	0.11458	0.100163	MEDIA
CP-39	3	0	1	0	1	1	Con agua, luz	Nunca le capta	Actitud parcial	SIS	Alejado	LADRILLO BLO	2	BUENO	DEDICADO AL 3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1134	0.08084	0.14476	0.1024009	MEDIA
CP-37	3	0	0	0	1	2	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Alejado	LADRILLO BLO	2	REGULAR	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.0785	0.08393	0.12489	0.0860791	MEDIA
CP-40	4	0	2	0	0	2	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud parcial	SIS	Alejado	LADRILLO BLO	2	BUENO	DEPENDIENTE 3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.1015	0.07521	0.12489	0.0924005	MEDIA
CP-41A	4	1	1	0	0	2	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud parcial	SIS	Alejado	LADRILLO BLO	2	BUENO	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.1195	0.07719	0.12489	0.1013083	MEDIA
CP-33	3	1	0	0	0	2	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Alejado	LADRILLO BLO	1	BUENO	DEPENDIENTE 3: REGULAR	>1500 - ≤ 3000	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.1226	0.06904	0.12489	0.099054	MEDIA
CP-18	4	1	0	0	1	2	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	ESSALUD	Alejado	LADRILLO BLO	2	BUENO	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>3000	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1101	0.06959	0.14476	0.0959542	MEDIA
CP-24	5	0	0	2	1	2	Con agua, luz	Escasamente	Actitud fatalis	SIS	Alejado	LADRILLO BLO	1	REGULAR	DEDICADO AL 2: MALO	>750 - ≤ 1500	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.0943	0.08855	0.14476	0.0973699	MEDIA
CP-25	4	0	0	0	2	2	Con agua, luz	Escasamente	Actitud fatalis	SIS	Alejado	LADRILLO BLO	1	BUENO	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.0847	0.07815	0.14476	0.0884586	MEDIA
CP-120	5	2	0	1	0	2	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Alejado	LADRILLO BLO	3	BUENO	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>3000	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1377	0.07137	0.14476	0.1090252	MEDIA
CP-46	6	0	0	0	4	2	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Alejado	LADRILLO BLO	2	BUENO	INDEPENDIEN 2: MALO	>750 - ≤ 1500	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.0992	0.07092	0.14476	0.0953914	MEDIA
CP-44	3	1	0	0	0	2	Con agua, luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Alejado	LADRILLO BLO	1	REGULAR	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1243	0.08288	0.14476	0.1081733	MEDIA
CP-72	0	0	0	0	0	0					Alejado	LADRILLO BLO	1	BUENO			Medianame	Expansion de			0	0.06078	0.13165	0.0416436	BAJA
CP-86	4	0	0	2	1	1	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud parcial	SIS	Alejado	LADRILLO BLO	2	BUENO	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.0844	0.08762	0.14826	0.0929277	MEDIA
CP-83	2	0	0	0	0	2	Con agua, luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Alejado	LADRILLO BLO	2	BUENO	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.0688	0.07719	0.17843	0.0847182	MEDIA
CP-82	4	1	1	0	0	2	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Alejado	LADRILLO BLO	2	BUENO	DEPENDIENTE 3: REGULAR	>1500 - ≤ 3000	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.1277	0.07009	0.15857	0.1055399	MEDIA
CP-74	3	0	1	0	0	2	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Alejado	LADRILLO BLO	2	BUENO	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.0985	0.07719	0.17843	0.0979144	MEDIA
CP-98	4	1	1	0	0	2	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud parcial	SIS	Alejado	LADRILLO BLO	2	MUY BUENO	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>1500 - ≤ 3000	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1195	0.06897	0.14826	0.1002514	MEDIA
CP-107	3	0	1	0	0	2	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud parcial	ESSALUD	Alejado	LADRILLO BLO	2	BUENO	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.0877	0.07719	0.15857	0.0909007	MEDIA
CP-117	3	1	0	0	1	1	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Alejado	LADRILLO BLO	2	BUENO	INDEPENDIEN 4: BUENO	>1500 - ≤ 3000	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.1249	0.07143	0.15857	0.1048812	MEDIA
CP-88	2	0	1	1	0	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Alejado	LADRILLO BLO	2	BUENO	INDEPENDIEN 2: MALO	>1500 - ≤ 3000	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.1152	0.07408	0.15857	0.1017423	MEDIA
HA-32	1	0	1	0	0	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Alejado	LADRILLO BLO	2	BUENO	DEDICADO AL 3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.1357	0.09127	0.15857	0.1184906	MEDIA
HA-21	4	1	1	0	1	1	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud parcial	SIS	Alejado	LADRILLO BLO	2	MUY BUENO	INDEPENDIEN 2: MALO	>1500 - ≤ 3000	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1213	0.07098	0.14826	0.1019148	MEDIA
HA-25B	0	0	0	0	0	0					Alejado	LADRILLO BLO	2	BUENO			Medianame	Expansion de			0	0.06184	0.13165	0.0421118	BAJA
HA-07	0	0	0	0	0	0					Alejado	LADRILLO BLO	1	BUENO			Medianame	Expansion de			0	0.06078	0.13165	0.0416436	BAJA
HA-11	5	1	1	0	0	3	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud previs	ESSALUD	Alejado	LADRILLO BLO	2	BUENO	DEPENDIENTE 3: REGULAR	>1500 - ≤ 3000	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita consta	0.1002	0.07009	0.14281	0.091543	MEDIA
CP-105	5	1	1	1	0	2	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Alejado	LADRILLO BLO	2	BUENO	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>1500 - ≤ 3000	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1233	0.07207	0.14826	0.1032975	MEDIA
CP-121	0	0	0	0	0	0					Alejado	LADRILLO BLO	1	REGULAR			Alejada	Expansion de			0	0.06753	0.09798	0.0409003	MUY BAJA
CP-122	3	0	1	0	0	2	Con agua, luz	Escasamente	Actitud fatalis	SIS	Alejado	LADRILLO BLO	1	REGULAR	INDEPENDIEN 2: MALO	>750 - ≤ 1500	Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1035	0.0849	0.14476	0.0998307	MEDIA
HU-25	0	0	0	0	0	0	Con agua, luz				Cercana	LADRILLO BLO	1	BUENO			Alejada	Expansion de			0.0154	0.17265	0	0.0835684	MEDIA
HA-56	3	0	0	1	0	2	Con agua y de	Se capacita co	Actitud parcial	ESSALUD	Cercana	LADRILLO BLO	2	BUENO	DEPENDIENTE 3: REGULAR	>1500 - ≤ 3000	Cerca	Expansion de	Carro recolect	Se capacita consta	0.086	0.18196	0.1971	0.1410043	ALTA
HU-145	3	0	0	1	0	2	Con agua y de	Escasamente	Actitud parcial	ESSALUD	Cercana	LADRILLO BLO	2	MUY BUENO	DEPENDIENTE 3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Cerca	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.0993	0.18398	0.21286	0.1495532	ALTA
Inicial Jar	0	0	0	0	0	0	Con agua y de	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Cercana	LADRILLO BLO	1	BUENO			Cerca	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.0544	0.17265	0.20255	0.1234311	MEDIA
HU-135	1	0	1	0	0	0	Con agua y de	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Cercana	LADRILLO BLO	1	BUENO	DEDICADO AL 3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Cerca	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1516	0.20208	0.23272	0.1830603	ALTA
LA-118	0	0	0	0	0	0					Cercana	LADRILLO BLO	1	BUENO			Cerca	Expansion de			0	0.17265	0.18595	0.0973946	MEDIA
LA-98	2	1	1	0	0	0	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud parcial	SIS	Cercana	LADRILLO BLO	2	MUY BUENO	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>200 - ≤ 750	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1619	0.19638	0.14826	0.1757209	ALTA
HA-60	0	0	0	0	0	0					Cercana	LADRILLO BLO	2	MUY BUENO			Cerca	Expansion de			0	0.1706	0.18595	0.096485	MEDIA
CR-08	4	0	1	1	0	2	Con agua, luz	Escasamente	Actitud escasa	SIS	Cercana	LADRILLO BLO	2	REGULAR	DEDICADO AL 3: REGULAR	>750 - ≤ 1500	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.102	0.19945	0.17843	0.1537957	ALTA
CR-35	4	1	1	0	2	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Cercana	LADRILLO BLO	2	BUENO	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>3000	Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1312	0.18146	0.17843	0.1587749	ALTA
CR-30	8	2	2	0	2	2	Con agua, luz	Nunca le capta	Actitud parcial	SIS	Cercana	LADRILLO BLO	3	BUENO	INDEPENDIEN 3: REGULAR	>1500 - ≤ 3000									



“EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO EN LOS MÁRGENES DEL RIO CCANCAHUA, EN EL DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA DE CANCHIS, REGIÓN CUSCO, 2023”



HU-81	0	0	0	0	0	0	0					Cercana	LADRILLO BLO	1	BUENO							Cerca	Expansion de				0	0.17265	0.18595	0.0973946	MEDIA
HU-07	0	0	0	0	0	0	0					Cercana	LADRILLO BLO	1	MUY BUENO							Medianame	Expansion de				0	0.16955	0.13165	0.0899841	ALTA
CR-119B	3	0	1	0	1	1	1	Con agua, luz	Escasamente	Actitud fatalis	SIS	Cercana	LADRILLO BLO	1	REGULAR	INDEPENDIENTE	2: MALO	>750 - ≤ 1500				Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1058	0.19676	0.17843	0.1543123	ALTA	
LA-77A	3	1	0	0	1	1	1	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud parcial	ESSALUD	Cercana	LADRILLO BLO	2	BUENO	DEPENDIENTE	4: BUENO	>750 - ≤ 1500				Cerca	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1141	0.18645	0.20255	0.156079	ALTA	
LA-76B	3	1	0	0	0	0	2	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud parcial	ESSALUD	Cercana	LADRILLO BLO	5	MUY BUENO	DEPENDIENTE	3: REGULAR	>3000				Cerca	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1054	0.18936	0.19171	0.1528842	ALTA	
LA-74	4	1	0	1	0	2	2	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Cercana	LADRILLO BLO	3	BUENO	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>750 - ≤ 1500				Cerca	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.1183	0.19083	0.21286	0.16106	ALTA	
LA-09	5	0	1	2	0	2	2	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Medianame	LADRILLO BLO	2	REGULAR	INDEPENDIENTE	2: MALO	>1500 - ≤ 3000				Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.103	0.11953	0.17843	0.1187416	MEDIA	
LA-134	4	1	0	1	0	2	2	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Medianame	LADRILLO BLO	1	BUENO	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>1500 - ≤ 3000				Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1183	0.10971	0.17843	0.1212198	MEDIA	
LA-01	3	1	0	0	0	2	2	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Medianame	LADRILLO BLO	2	REGULAR	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>1500 - ≤ 3000				Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1226	0.11751	0.14476	0.1228027	MEDIA	
LA-02	3	0	0	2	0	1	1	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Medianame	LADRILLO BLO	3	BUENO	INDEPENDIENTE	2: MALO	>3000				Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.0975	0.11209	0.14476	0.1092224	MEDIA	
LA-06	5	1	2	1	0	1	1	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Medianame	LADRILLO BLO	4	REGULAR	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>3000				Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1367	0.11956	0.14476	0.129959	MEDIA	
LA-05	4	0	1	1	0	2	2	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud parcial	ESSALUD	Medianame	LADRILLO BLO	2	BUENO	DEPENDIENTE	2: MALO	>3000				Alejada	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.0895	0.10833	0.12489	0.1017822	MEDIA	
LA-126	3	1	1	0	0	1	1	Con agua, luz	Escasamente	Actitud fatalis	SIS	Medianame	LADRILLO BLO	2	REGULAR	INDEPENDIENTE	2: MALO	>750 - ≤ 1500				Alejada	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.1499	0.12465	0.12489	0.1359049	MEDIA	
CR-71	1	0	0	0	1	0	0	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud parcial	SIS	Medianame	LADRILLO BLO	2	BUENO	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>1500 - ≤ 3000				Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.0658	0.11076	0.17843	0.0983029	MEDIA	
LA-86	0	0	0	0	0	0	0					Medianame	LADRILLO BLO	0	BUENO							Medianame	Expansion de				0	0.09762	0.13165	0.0580171	BAJA
CP-15	1	0	0	0	0	0	1	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Medianame	LADRILLO BLO	1	REGULAR	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>750 - ≤ 1500				Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.0671	0.12157	0.14476	0.0999431	MEDIA	
CR-125	4	0	1	2	1	0	0	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud parcial	ESSALUD	Medianame	LADRILLO BLO	2	BUENO	DEDICADO AL	2: MALO	>750 - ≤ 1500				Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1028	0.12155	0.17843	0.1195548	MEDIA	
CR-123	4	1	1	0	0	2	2	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud parcial	ESSALUD	Medianame	LADRILLO BLO	1	REGULAR	DEDICADO AL	2: MALO	>750 - ≤ 1500				Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1212	0.12725	0.17843	0.1302681	MEDIA	
CR-139	2	0	1	1	0	0	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Medianame	LADRILLO BLO	1	REGULAR	DEDICADO AL	2: MALO	>200 - ≤ 750				Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1169	0.13768	0.14476	0.1292336	MEDIA	
CR-140	3	0	1	0	0	2	2	Con agua y luz	Escasamente	Actitud fatalis	SIS	Medianame	LADRILLO BLO	1	REGULAR	DEDICADO AL	2: MALO	>750 - ≤ 1500				Alejada	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1228	0.12725	0.14476	0.127201	MEDIA	
CR-07	4	1	1	0	0	2	2	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Medianame	LADRILLO BLO	2	BUENO	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>1500 - ≤ 3000				Medianame	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.1294	0.11076	0.15857	0.1243769	MEDIA	
CR-13	0	0	0	0	0	0	0					Medianame	LADRILLO BLO	1	REGULAR							Medianame	Expansion de				0	0.10623	0.13165	0.0618401	BAJA
CR-34	3	1	0	0	2	0	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Medianame	LADRILLO BLO	2	REGULAR	INDEPENDIENTE	4: BUENO	>1500 - ≤ 3000				Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1289	0.11688	0.14826	0.1257162	MEDIA	
LA-138	3	1	0	0	0	2	2	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud parcial	ESSALUD	Medianame	LADRILLO BLO	2	BUENO	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>750 - ≤ 1500				Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1161	0.11588	0.14826	0.1195886	MEDIA	
LA-139	0	0	0	0	0	0	0					Medianame	LADRILLO BLO	1	BUENO							Medianame	Expansion de				0	0.09948	0.13165	0.0588419	BAJA
LA-25	1	1	0	0	0	0	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Medianame	LADRILLO BLO	2	MUY BUENO	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>200 - ≤ 750				Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.2063	0.12321	0.14826	0.1629051	ALTA	
LA-140B	0	0	0	0	0	0	0					Medianame	LADRILLO BLO	1	BUENO							Medianame	Expansion de				0	0.09948	0.13165	0.0588419	BAJA
LA-31	4	0	2	1	0	1	1	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud parcial	ESSALUD	Medianame	LADRILLO BLO	2	MUY BUENO	DEPENDIENTE	3: REGULAR	>1500 - ≤ 3000				Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.0997	0.10569	0.14826	0.107772	MEDIA	
LA-34	5	0	1	2	1	1	1	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Medianame	LADRILLO BLO	2	BUENO	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>750 - ≤ 1500				Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1027	0.11588	0.14826	0.1136198	MEDIA	
LA-38	3	1	0	0	0	2	2	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud parcial	ESSALUD	Medianame	LADRILLO BLO	2	MUY BUENO	DEPENDIENTE	3: REGULAR	>750 - ≤ 1500				Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.108	0.11081	0.14281	0.1131051	MEDIA	
LA-40B	4	1	1	0	0	2	2	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Medianame	LADRILLO BLO	1	BUENO	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>750 - ≤ 1500				Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1277	0.11483	0.14826	0.1242764	MEDIA	
LA-55	3	0	0	1	1	1	1	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud parcial	SIS	Medianame	LADRILLO BLO	2	BUENO	INDEPENDIENTE	4: BUENO	>750 - ≤ 1500				Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.0801	0.11525	0.14826	0.1032936	MEDIA	
Local Mu	0	0	0	0	0	0	0					Medianame	LADRILLO BLO	2	BUENO							Medianame	Expansion de				0	0.10053	0.13165	0.0593102	BAJA
LA-46	0	0	0	0	0	0	0					Medianame	LADRILLO BLO	2	BUENO							Medianame	Expansion de				0	0.10053	0.13165	0.0593102	BAJA
LA-48	2	1	0	1	0	0	0	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud parcial	SIS	Medianame	LADRILLO BLO	2	BUENO	INDEPENDIENTE	2: MALO	>200 - ≤ 750				Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1431	0.12833	0.14826	0.1371275	ALTA	
HA-49	6	1	2	1	0	2	2	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud parcial	SIS	Medianame	LADRILLO BLO	2	BUENO	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>1500 - ≤ 3000				Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1368	0.11076	0.14281	0.1258997	MEDIA	
HA-39	4	1	1	0	0	2	2	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud parcial	ESSALUD	Medianame	LADRILLO BLO	1	BUENO	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>750 - ≤ 1500				Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1212	0.11483	0.14826	0.1213966	MEDIA	
HA-33	3	1	0	0	0	2	2	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	ESSALUD	Medianame	LADRILLO BLO	3	MUY BUENO	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>750 - ≤ 1500				Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.12	0.11456	0.14826	0.1207174	MEDIA	
HA-34	2	0	0	2	0	0	0	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Medianame	LADRILLO BLO	1	BUENO	INDEPENDIENTE	4: BUENO	>750 - ≤ 1500				Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.0964	0.11442	0.14826	0.1100759	MEDIA	
LA-62C	0	0	0	0	0	0	0					Medianame	LADRILLO BLO	2	BUENO							Medianame	Expansion de				0	0.10053	0.13165	0.0593102	BAJA
LA-66	3	0	0	0	2	1	1	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	ESSALUD	Medianame	LADRILLO BLO	2	REGULAR	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>750 - ≤ 1500				Medianame	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.0825	0.12263	0.15857	0.1088027	MEDIA	
LA-77B	4	0	1	2	0	1	1	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	ESSALUD	Medianame	LADRILLO BLO	1	BUENO	DEPENDIENTE	3: REGULAR	>750 - ≤ 1500				Cerca	Expansion de	Carro recolect	Escasamente capa	0.105	0.11286	0.21286	0.1204637	MEDIA	
LA-62B	5	1	1	0	1	2	2	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Medianame	LADRILLO BLO	2	MUY BUENO	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>1500 - ≤ 3000				Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1188	0.10766	0.14826	0.1171264	MEDIA	
CR-124	4	0	1	1	0	2	2	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Medianame	LADRILLO BLO	2	REGULAR	INDEPENDIENTE	2: MALO	>750 - ≤ 1500				Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.102	0.12465	0.17843	0.1205493	MEDIA	
LA-142B	4	1	1	0	0	2	2	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Medianame	LADRILLO BLO	2	BUENO	DEPENDIENTE	3: REGULAR	>1500 - ≤ 3000				Medianame	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1277	0.10879	0.14281	0.1209872	MEDIA	
CR-44	4	2	0	0	0	2	2	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Muy cercana	LADRILLO BLO	1	MALO	INDEPENDIENTE	2: MALO	>750 - ≤ 1500				Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.1475	0.34575	0.17843	0.2390523	ALTA	
HU-47	5	1	0	0	1	3	3	Con agua, luz	Se capacita co	Actitud parcial	SIS	Muy cercana	LADRILLO BLO	2	BUENO	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>750 - ≤ 1500				Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.0972	0.33006	0.17843	0.2097364	ALTA	
HU-48B	7	1	2	1	1	2	2	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Muy cercana	LADRILLO BLO	1	BUENO	INDEPENDIENTE	2: MALO	>200 - ≤ 750				Cerca	Expansion de	Carro recolect	Se capacita con re	0.1405	0.34146	0.20255	0.2367126	ALTA	
HU-42	4	0	0	0	2	2	2	Con agua, luz	Escasamente	Actitud parcial	SIS	Muy cercana	LADRILLO BLO	2	BUENO	INDEPENDIENTE	3: REGULAR	>750 - ≤ 1500				Medianame	Expansion de	Carro recolect	Nunca le capacita	0.0797	0.33006	0.17843	0.2019289	ALTA	
HU-167	10	0	4	1	4	1	1	Con agua y de	Nunca le capa	Actitud parcial	ESSALUD	Muy cercana	LADRILLO BLO	2	BUENO	INDEPENDIENTE	3: REG														



ANEXO 4: ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE LABORATORIO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES G&C E.I.R.L.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

GRANULOMETRIA / LÍMITES DE CONSISTENCIA

NORMAS TÉCNICAS: NTP. 339.127/ NTP 339.128

DATOS DE LA MUESTRA 003

SOLICITANTE: Bach. Enoc Antony Labra Mamani
Bach. Luis Miguel Yapó Bejar

PROYECTO: "Evaluación del riesgo geológico por flujo hiperconcentrado en las márgenes del río Ccanchahu en la C.C. de Qquehuar, en el distrito de Sicuani, provincia de Canchis, región Cusco, 2023"

UBICACIÓN: Sector Suchu Q'uchu - C.C. de Qquehuar

COORDENADAS UTM: X: 256723 Y: 8427127

FECHA: : Sicuani, marzo del 2024

Límite Líquido NTP 339.128

Ensayo	1	2	3	4
Nº de Golpes	41	33	28	15
Recipiente Nº	A	B	C	D
R + Suelo Hum.				
R + Suelo Seco				
Peso Recip.	30.46	30.70	31.11	29.72
Peso Agua				
Peso S. Seco				
% de Humedad	0.00	0.00	0.00	0.00

Límite Plástico NTP 339.128

Ensayo	1	2	3	4
Recipiente Nº	a	b	c	
R + Suelo Hum.				
R + Suelo Seco				
Peso Recip.	10.79	10.0	10.93	
Peso Agua				
Peso S. Seco				
% de Humedad				

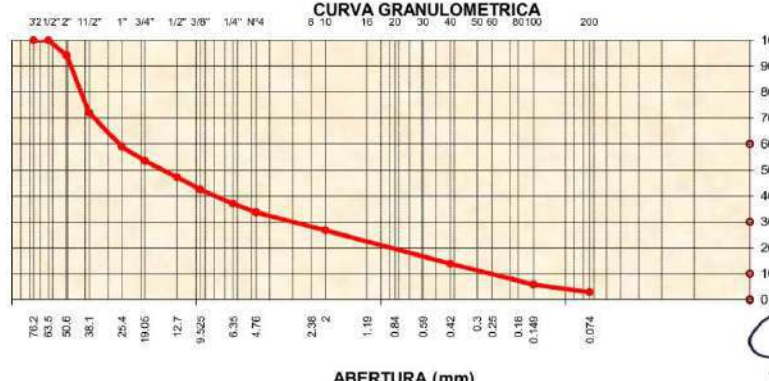
Granulometría (NTP 339.127)

Malla	Peso (gr)	% Ret Parcial	% Ret Acum.	% que Pasa	Especificaciones
Tamiz mm.					
3"	76.200			100.00	
2 1/2"	63.500	0.0	0.00	100.00	
2"	50.600	215.0	5.80	94.20	
1 1/2"	38.100	824.0	22.21	77.79	
1"	25.400	484.0	13.05	86.94	
3/4"	19.050	200.0	5.39	94.61	
1/2"	12.700	236.0	6.36	93.64	
3/8"	9.525	174.0	4.69	95.31	
1/4"	6.350	202.0	5.44	94.56	
No4	4.760	124.0	3.34	96.66	
10	2.000	260.0	7.01	92.99	
40	0.420	476.0	12.83	87.17	
100	0.149	298.0	8.03	91.97	
200	0.074	110.0	2.96	97.04	
< 200		107.0	2.88	100.0	
Total		3710	100.00		

Clasificación SUCS : GP
Clasificación AASHTO: A-1-a (1)

L.L. : NP
LP : NP

CURVA GRANULOMETRICA



ABERTURA (mm)

% QUE PASA

Agente, Ing. Alfredo Gaspar Apaza
Gerente del Laboratorio de mecánica de suelos y materiales G&C E.I.R.L.
CIP: 128571



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
MATERIALES G&C E.I.R.L



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

GRANULOMETRIA / LÍMITES DE CONSISTENCIA

NORMAS TÉCNICAS: NTP. 339.127/ NTP 339.128

DATOS DE LA MUESTRA 002

SOLICITANTE: Bach. Enoc Antony Labra Mamani
Bach. Luis Miguel Yapó Bejar

PROYECTO:

"Evaluación del riesgo geológico por flujo hiperconcentrado en las márgenes del río Ccancahua en la C.C. de Qquehwar, en el distrito de Sicuani, provincia de Canchis, región Cusco, 2023"

UBICACIÓN: Sector Suchu Q'uchu - C.C. de Qquehwar

COORDENADAS UTM: X: 256815 Y: 8427173

FECHA: : Sicuani, marzo del 2024

Granulometría (NTP 339.127)

Malla	Peso	% Ret	% Ret	% que	Especifi-
Tamiz	mm.	(gr)	Parcial	Acum.	caciones
3"	76.200			100.00	
2 1/2"	63.500	0.0	0.00	0.0	100.00
2"	50.600	279.0	4.90	4.9	95.10
1 1/2"	38.100	1116.0	19.68	24.6	75.42
1"	25.400	739.0	13.03	37.6	62.39
3/4"	19.050	300.0	5.29	42.9	57.10
1/2"	12.700	279.0	4.92	47.8	52.18
3/8"	9.525	195.0	3.44	51.3	48.74
1/4"	6.350	272.0	4.80	56.1	43.94
No4	4.760	136.0	2.40	58.5	41.54
10	2.000	383.0	6.75	65.2	34.79
40	0.420	952.0	16.79	82.0	18.00
100	0.149	773.0	13.63	95.6	4.37
200	0.074	101.0	1.78	97.4	2.59
< 200		145.0	2.56	100.0	0.03
Total		5670	100.00		

Límite Líquido NTP 339.128

Ensayo	1	2	3	4
Nº de Golpes	41	33	28	15
Recipiente Nº	A	B	C	D
R + Suelo Hum.				
R + Suelo Seco				
Peso Recip.	30.46	30.70	31.11	29.72
Peso Agua				
Peso S. Seco				
% de Humedad	0.00	0.00	0.00	0.00

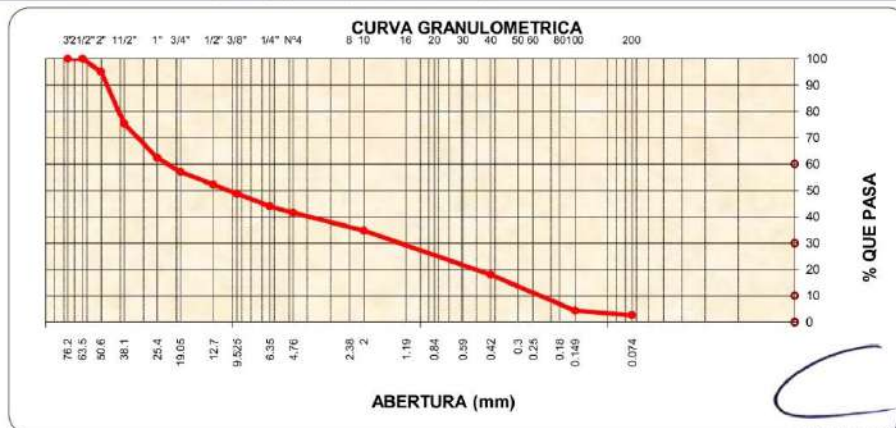
Límite Plástico NTP 339.128

Ensayo	1	2	3
Recipiente Nº	a	b	c
R + Suelo Hum.			
R + Suelo Seco			
Peso Recip.	10.79	10.0	10.93
Peso Agua			
Peso S. Seco			
% de Humedad			



Clasificación SUCS : GP
Clasificación AASHTO: A-1-a (1)

LL : NP
LP : NP



Ing. Alfredo Gaspar Apaza
Gerente del Laboratorio de mecánica
de suelos y materiales G&C E.I.R.L.
CIP: 128571



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
MATERIALES G&C E.I.R.L

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

GRANULOMETRIA / LÍMITES DE CONSISTENCIA
NORMAS TÉCNICAS: NTP. 339.127/ NTP 339.128

DATOS DE LA MUESTRA 001

SOLICITANTE: Bach. Enoc Antony Labra Mamani
Bach. Luis Miguel Yapo Bejar

PROYECTO: "Evaluación del riesgo geológico por flujo hiperconcentrado en las márgenes del río Ccancahua en la C.C. de Qquehuar, en el distrito de Sicuani, provincia de Canchis, región Cusco, 2023"

UBICACIÓN: Sector Suchu Q'uchu - C.C. de Qquehuar

COORDENADAS UTM: X: 257044 Y: 8427420

FECHA: : Sicuani, marzo del 2024

Granulometría (NTP 339.127)

Malla	Peso	% Ret	% Ret	% que	Especifi-
Tamiz mm.	(gr)	Parcial	Acum.	Pasa	caciones
3"	76.200			100.00	
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.00	
2"	50.600	226.0	3.90	96.10	
1 1/2"	38.100	800.0	13.90	82.20	
1"	25.400	775.0	13.47	68.73	
3/4"	19.050	500.0	8.69	40.0	60.04
1/2"	12.700	567.0	9.85	49.8	50.19
3/8"	9.525	336.0	5.84	55.7	44.35
1/4"	6.350	372.0	6.46	62.1	37.89
No4	4.760	197.0	3.42	65.5	34.47
10	2.000	387.0	6.72	72.3	27.75
40	0.420	460.0	7.99	80.2	19.76
100	0.149	642.0	11.16	91.4	8.60
200	0.074	289.0	5.02	96.4	3.58
< 200		204.0	3.54	100.0	0.04
Total		5755	100.00		

Limite Líquido NTP 339.128

Ensayo	1	2	3	4
Nº de Golpes	41	33	28	15
Recipiente Nº	A	B	C	D
R + Suelo Hum.				
R + Suelo Seco				
Peso Recip.	30.46	30.70	31.11	29.72
Peso Agua				
Peso S. Seco				
% de Humedad	0.00	0.00	0.00	0.00

Limite Plástico NTP 339.128

Ensayo	1	2	3	
Recipiente Nº	a	b	c	
R + Suelo Hum.				
R + Suelo Seco				
Peso Recip.	10.79	10.0	10.93	
Peso Agua				
Peso S. Seco				
% de Humedad				

DETERMINACIÓN DE LIMITE LIQUIDO

Clasificación SUCS : GP

Clasificación AASHTO: A-1-a (1)

LL : NP

LP : NP

CURVA GRANULOMETRICA

Acentuamente,

Ing. Alfredo Gaspar Apaza

Gerente del Laboratorio de mecánica de suelos y materiales G&C E.I.R.L.

CIP: 128571



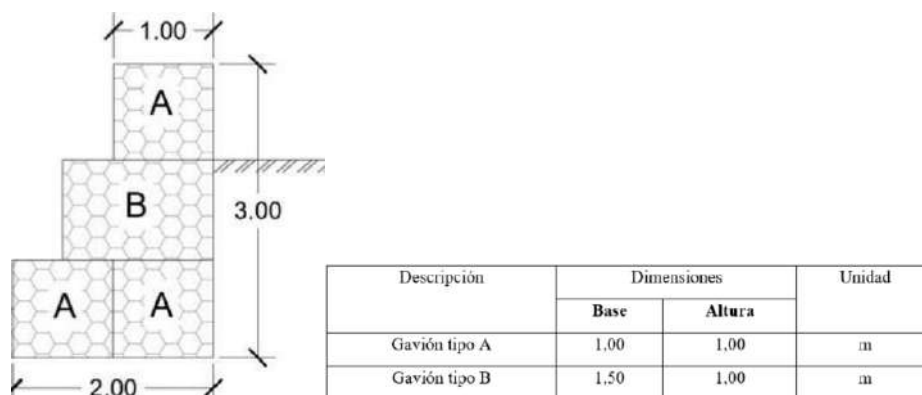
ANEXO 5: PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTIVAS

MEDIDAS ESTRUCTURALES

Para flujos hiperconcentrados

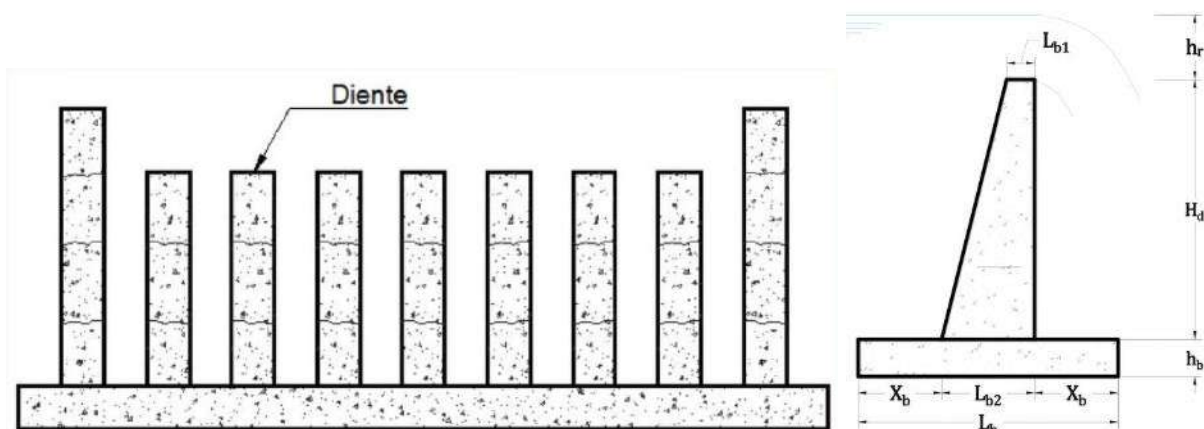
a) DEL KM 00+000 AL KM 01+000

- Se recomienda de la complementación de la forestación con eucaliptos de 1100 a 2500 plantines por hectárea (debido a su raíz profunda pivotante) sobre el depósito proluvial acumulado en la margen izquierda del río entre las progresivas km 00+650 al km 01+000, para el control de la erosión de este depósito no consolidado.
- Se plantea la construcción de estructuras longitudinales macizas, como los muros de tipo gavión en cajas para la canalización de flujos concentrados de sedimento desde la base de la quebrada Suchu Q'uchu hasta el sector del puente Ccancahua (debido a su estructura flexible, no se necesitan equipos especiales, fácil construcción y el uso de mano de obra no especializada), pudiéndose utilizar las rocas angulosas a sub-angulosas acumulados del sector Suchu Q'uchu, recomendándose la estructura y los valores de dimensionamiento de los gaviones.



- Se recomienda la construcción de una presa abierta tipo peine de concreto armado en la base de la quebrada Suchu Q'uchu en el sector Q'elloqaqa Pampa, que cumpla la

función de dissipador de energía para la retención selectiva de sedimentos granulares, así como la disminución de la velocidad del flujo formado; recomendándose la descolmatación periódica del material granular acumulado sobre esta estructura.

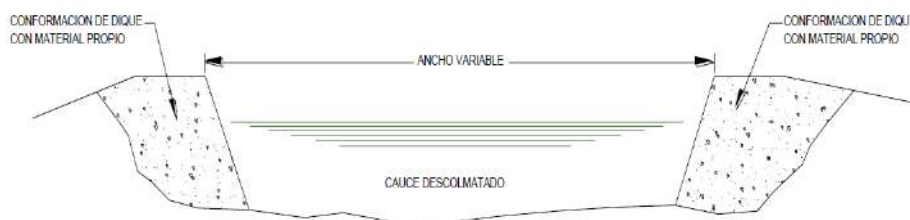


Nota. Adaptado de *Manual de diseño estructuras de corrección de torrentes y retención de sedimentos*, por Morassutti G.F., 2016.

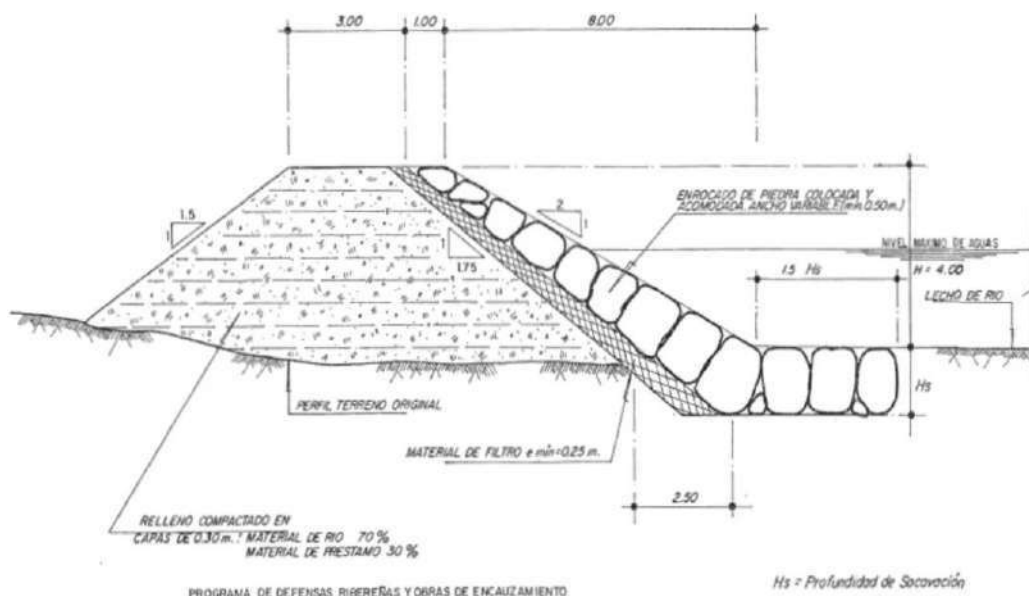
- Se recomienda realizar un estudio de canteras del material acumulado en la base de la quebrada Suchu Q'uchu, procedente de la quebrada del mismo nombre; debido a su composición de bloques de rocas competentes; para su aprovechamiento u explotación en fines de cimentación, construcción u lastrados.

b) DEL KM 01+000 AL KM 02+730 - KM 02+730 AL KM 05+170

- Se recomienda una limpieza, descolmatación del río; conformándose un dique en ambos márgenes con el propio material extraído ampliando el ancho y profundizando el cauce del río para aumentar la capacidad de transporte del flujo y evitar posibles desbordes.



Sobre el dique, se recomienda la construcción de defensas ribereñas como un dique tipo enrocado, debido a que está formado por grandes bloques de rocas competentes, lo que forma una barrera rígida y resistente ante flujos violentos.



Nota. Adaptado de *Programas de Defensa Ribereña y Obras de Encauzamiento*, Ministerio de Agricultura/Emergencia del Sector Agrario Nacional

MEDIDAS NO ESTRUCTURALES

1. Se recomienda capacitar a la población en temas de flujo hiperconcentrado e inundación, priorizando los aspectos relacionados a las rutas de evacuación, zonas seguras, y sistemas de alerta temprana.
2. Es esencial, por parte de la autoridad competente, el control del cumplimiento de la normatividad vigente sobre la delimitación de las fajas marginales.
3. Se recomienda realizar un monitoreo frecuente de la quebrada Suchu Q'uchu antes, durante y después de las temporadas de lluvias para tener conocimiento de posibles flujos de detritos que puedan represar al río en el sector mencionado.

ANEXO 6: PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía 1. Encuesta a viviendas realizadas en el barrio Cruzcunca.



Fotografía 2. Encuesta a viviendas realizadas en el barrio Huarmillacta.



Fotografía 3. Nivelación de GNSS.



Fotografía 4. Aterrizaje de drone Mavic 3 enterprise.



Fotografía 5. Programación de vuelo de dron en el programa UGCS para una resolución de 8cm/pixel.



Fotografía 6. Desborde del río Ccancahua en el año 2018. Fuente: Radio Sicuani.



Fotografía 7: Flujo turbulento observado en el río Ccancahua.



Fotografía 8. Escorrentía superficial formado a partir de las altas precipitaciones.



Fotografía 9. Presencia de vegetación en el canal del río Ccancahua.



Fotografía 10. Punto de calicata “C-1”.



Fotografía 11. Descripción de afloramiento rocoso del Grupo Mitu- miembro Medio.



Fotografía 12. Canal del material proluvial reciente de la quebrada Suchu Q'uchu.

**“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la
conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”**

SEÑOR ALCALDE DEL CENTRO POBLADO QQUEHUAR

**SOLICITO: PERMISO PARA LA REALIZACIÓN DE LEVANTAMIENTO
TOPOGRÁFICO Y LEVANTAMIENTO DE ENCUESTAS A LA POBLACIÓN DEL
CENTRO POBLADO QQUEHUAR.**

Nosotros, **Enoc Antony Labra Mamani**, identificado con DNI N° 74450078, con código N° 170398, domiciliado en la C.C. de Qquehwar, distrito de Sicuani, Provincia de Canchis; y **Luis Miguel Yapo Bejar**, identificado con DNI N° 72354900, con código N° 170403, domiciliado en la APV Santa Bárbara, distrito de Saylla, Provincia del Cusco; bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, habiendo culminado nuestros estudios universitarios:

SOLICITAMOS a su despacho el permiso necesario para la realización del levantamiento topográfico a detalle y/o levantamiento de información por medio de encuestas de la población del centro poblado Qquehwar para la realización del proyecto de investigación-tesis titulado: **“EVALUACIÓN DEL RIESGO GEOLÓGICO POR FLUJO HIPERCONCENTRADO EN LOS MÁRGENES DEL RÍO CCANCAHUA EN LA C.C. DE QQUEHUAR, EN EL DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA DE CANCHIS, REGIÓN CUSCO, 2023”**.

Por la atención prestada a este documento anticipo los más sinceros agradecimientos.

Cusco, 18 de febrero del 2024



Enoc Antony Labra Mamani
DNI N° 74450078



Luis Miguel Yapo Bejar
DNI N° 72354900



Jesus Percy Infante Mamani
DNI 21745954
ALCALDE