

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



**“EVALUACION DEL RIESGO GEOLOGICO ANTE
MOVIMIENTOS EN MASA EN LA QUEBRADA SICRE, DISTRITO
DE HUAYOPATA, PROVINCIA DE LA CONVENCION,
DEPARTAMENTO DEL CUSCO”**

Tesis presentada por los Bachilleres:

Luis Alberto Apaza Quispe

Miriam Olivera Borda

Para optar al título profesional de:

Ingeniero Geólogo

Asesor:

Mgt. Josefina Escalante G.

CUSCO, PERU

2021





AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradecer a dios por darme la fuerza y perseverancia para culminar este trabajo.

A mis padres, Cayetano Alberto Apaza Mamani y Antonia Quispe Condori por apoyarme incondicionalmente en este proceso y ser los pilares en mi formación personal y profesional, a mis familiares y amigos por apoyarme y confiar en mí.

Luis Alberto Apaza Quispe

A mi amado hijo Luis Santiago Apaza Olivera, por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depara un futuro mejor.

A mi amados padres Pilar Borda Huaman y claudio olivera aucca, por su sacrificio y esfuerzo, para darme un futuro mejor, por su apoyo incondicional y aliento de perseverancia para seguir continuando.

A mis queridos hermanos Jhonatan y Jose quienes con sus palabras de aliento no me dejaban decaer para que siguiera adelante y siempre sea perseverante y cumpla con mis ideales.

Miriam Olivera Borda

A nuestra asesora de tesis Mgt. Josefina Escalante Gutiérrez Por el apoyo constante en el desarrollo de este trabajo

Al Ing. Dennis Edgard Astete Huaylla por darnos el apoyo y soporte constante en el trabajo de tesis.



***la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco,
a la escuela profesional de Ingeniería Geológica, por
prepararnos y darnos la oportunidad de concluir esta
carrera profesional, a nuestros docentes quienes nos
formaron***

*A nuestros compañeros y amigos presentes y pasados,
quienes sin esperar nada a cambio compartieron sus
conocimientos, alegrías y tristezas, a todas aquellas
personas que durante estos cinco años estuvieron a
nuestro lado apoyandonos*

Luis Apaza y Miriam Olivera



INDICE GENERAL

CAPITULO I.....	1
ASPECTOS GENERALES.....	1
1.1. INTRODUCCION	2
1.2. UBICACIÓN:	3
1.2.1. Ubicación política	3
1.2.2. Ubicación Geográfica.....	3
1.3. ACCESIBILIDAD	4
1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.4.1. Descripción del problema	4
1.4.2. Formulación del problema.....	4
Problema general.....	4
1.5. OBJETIVOS.....	5
1.5.1. OBJETIVO GENERAL.....	5
1.5.2. OBJETIVO ESPECIFICO	5
1.6. JUSTIFICACION E IMPORTANCIA	5
1.7. HIPOTESIS	5
1.8. MARCO REFERENCIAL	5
1.8.1. MARCO TEORICO (Antecedentes).....	5
1.8.2. MARCO CONCEPTUAL.....	6
1.9. Variables e indicadores	11
1.9.1. Variables	11
1.9.2. Indicadores	12
1.10. METODOLOGIA DE INVESTIGACION	12
1.10.1. Métodos que se emplearon en la Investigación.....	12
1.10.2.Procedimiento.....	12
a) ETAPA DE PREPARACIÓN Y/O RECOLECCIÓN DE DATOS (GABINETE I)	
13	
b) ETAPA DE CAMPO	13
c) ETAPA DE GABINETE Y PROCESAMIENTO DE DATOS (GABINETE II)	13
1.11. CLIMA.....	14
CAPITULO II.....	16
GEOMORFOLOGIA	16
2.1. GEOMORFOLOGIA	17
2.1.1. GEOMORFOLOGIA REGIONAL	17
A) CORDILLERA ORIENTAL	18
B) CORDILLERA DE VILCABAMBA	18
C) VERTIENTE NORTE DE LA CORDILLERA DE VILCABAMBA	18
D) VALLES TRANSVERSALES	19



E) MONTAÑAS DE MESAPELADA.....	19
F) BORDE NORTE DE LAS ALTIPLANICIES.....	19
2.1.2. GEOMORFOLOGIA LOCAL.....	19
2.1.2.1. RELIEVE MONTAÑOSO.....	20
2.1.2.2. RELIEVE COLINOSO.....	21
2.1.2.3. PIE DE MONTE.....	21
CAPITULO III.....	23
GEOLOGIA.....	23
3.1. Generalidades.....	24
3.2. GEOLOGIA REGIONAL.....	25
a) GRUPO SAN JOSÉ.....	25
b) FORMACIÓN SANDIA.....	26
c) ROCA INTRUSIVA.....	27
3.3. DEPOSITOS CUATERNARIOS.....	28
GEOLOGIA LOCAL.....	28
a) DEPOSITOS COLUVIALES:.....	31
b) DEPOSITO FLUVIOALUVIALES.....	32
c) ROCAS INTRUSIVA (SIENOGRANITO).....	33
CAPITULO IV.....	35
GEOLOGIA ESTRUCTURAL.....	35
4.1. GEOLOGIA ESTRUCTURAL REGIONAL.....	36
A) FALLA LUCUMA CHAULLAY.....	37
B) FALLA SANTA ROSA.....	37
C) SINCLINAL DE PALTAYBAMBA.....	37
4.2. GEOLOGIA ESTRUCTURAL LOCAL.....	37
A) ALINEAMIENTOS EN DIRECCION W-E.....	40
B) ALINEAMIENTOS EN DIRECCION NW-SE.....	40
CAPITULO V.....	42
HIDROLOGIA E HIDROGEOLOGIA.....	42
5.1. HIDROMORFOMETRIA.....	43
A. Área.....	43
B. Perímetro.....	43
C. Forma De La Microcuenca.....	43
D. Drenaje.....	44
E. Pendiente Media.....	44
Precipitación.....	47
F. Precipitación Quebrada Sicre.....	48



5.3. HIDROGEOLOGIA	50
5.3.1. Acuíferos	50
5.4. Clasificación Hidrogeológica de las Unidades Geológicas	52
CAPITULO VI	54
6.1. GENERALIDADES	55
6.1.1. Caracterización Geo mecánica de los Afloramientos Rocosos	55
6.1.2. Ventanas estructurales	55
6.2. ENSAYOS IN SITU	59
6.3. ENSAYOS DE LABORATORIO	61
CAPITULO VII	66
GEODINAMICA	66
7.1. GENERALIDADES	67
7.2. GEODINÁMICA INTERNA (SISMICIDAD)	67
a) Características de la sismicidad en el Perú	67
7.3. ANTECEDENTES SÍSMICOS	68
7.3.1. SISMO DEL 31 DE OCTUBRE DE 1947 – HUAYOPATA, LA CONVENCION, CUSCO	68
7.4. GEODINÁMICA EXTERNA	70
7.4.1. INVENTARIO DE MOVIMIENTOS DE LADERA	71
A) Caída de suelos	72
B) Caída de rocas	76
C) DESLIZAMIENTOS	78
D) FLUJO DE DETRITOS	81
CAPITULO VIII	83
PELIGROS GEOLOGICOS	83
8.1. IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA	84
8.2. EVALUACIÓN DEL PELIGRO POR MOVIMIENTOS EN MASA	84
8.3. DETERMINACION DEL NIVEL DE PELIGROSIDAD	85
8.4. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DEL FENOMENO	85
A) MAGNITUD (volumen de material desplazado)	85
8.4.1. PONDERACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DEL PELIGRO DE MOVIMIENTOS EN MASA	86
8.5. SUSCEPTIBILIDAD EN LA QUEBRADA SICRE	86
8.5.1. FACTORES CONDICIONANTES:	87
A) PENDIENTES:	87
B) GEOMORFOLOGIA	89
C) LITOLOGIA:	91
D) COBERTURA VEGETAL	93
8.5.2. PONDERACION DE LOS FACTORES CONDICIONANTES	96
8.5.3. FACTORES DESENCADENANTES	99



8.5.3.1. PONDERACION DE LOS FACTORES DESENCADENANTES.....	100
8.6. MAPA DE SUCEPTIBILIDAD A LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN LA QUEBRADA SICRE.....	102
8.7. MATRIZ DE DETERMINACION DEL NIVEL DE PELIGRO	103
8.8. ESTRATIFICACIÓN DEL NIVEL DE PELIGROSIDAD.....	104
8.9. MAPA DE PELIGROS	105
CAPITULO IX.....	107
ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD.	107
9.1. METODOLOGIA PARA EL ANALISIS DE VULNERABILIDAD	108
A) DIAGRAMA DE METODOLOGIA PARA EL ANALISIS DE VULNERABILIDAD.	109
9.2. PONDERACION DE LAS DIMENSIONES DE LA VULNERABILIDAD	110
9.2.1. DIMENSION SOCIAL:.....	111
9.2.1.1. ANÁLISIS DE LA EXPOSICION SOCIAL.....	111
9.2.1.2. ANÁLISIS DE LA FRAGILIDAD SOCIAL	112
9.2.1.3. ANÁLISIS DE LA RESILIENCIA SOCIAL.....	113
9.2.2. DIMENSION ECONÓMICA	116
9.2.2.1. ANÁLISIS DE LA EXPOSICION ECONÓMICA	116
9.2.2.2. ANÁLISIS DE LA FRAGILIDAD ECONÓMICA	117
9.2.2.3. ANÁLISIS DE LA RESILIENCIA ECONÓMICA	120
9.2.3. DIMENSION AMBIENTAL	123
9.2.3.1. ANÁLISIS DE LA FRAGILIDAD AMBIENTAL.....	124
9.2.3.2. . ANALISIS DE LA RESILIENCIA AMBIENTAL	128
9.3. NIVELES DE VULNERABILIDAD	137
9.4. ESTRATIFICACIÓN DEL NIVEL DE VULNERABILIDAD	137
CAPITULO X:.....	141
CALCULO DEL RIESGO.....	141
10.1. METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DEL RIESGO.....	142
10.2. MATRIZ DE RIESGOS	143
10.3. ESTRATIFICACION DEL NIVEL DE RIESGO.....	144
10.4. MAPA DE RIESGOS	146
10.5. CONTROL DEL RIESGO	146
10.5.1. Aceptabilidad Y Tolerancia Del Riesgo.....	146
10.6. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACION	149
a) Medidas de Carácter Estructural	149
b) Medidas De Carácter No Estructural	151
CONCLUSIONES	153
RECOMENDACIONES.....	156
BIBLIOGRAFIA	157
ANEXOS	159



ÍNDICE DE FOTOS

<i>foto 1. Centro Poblado de Sicre, Huayopata, La Convencion. Fuente Propia</i>	<i>15</i>
<i>Foto 2. Se muestra la parte inferior de los depositos coluviales. fuente Propia</i>	<i>31</i>
<i>Foto 3. Se muestra la parte inferior de los depositos coluviales. fuente propia.</i>	<i>32</i>
<i>Foto 4. Depositos Aluviales de hasta 5m de altura. Fuente Propia.....</i>	<i>33</i>
<i>Foto 5. bloques de hasta 1.80 arrastratros. Fuente Propia.</i>	<i>33</i>
<i>Foto 6. Vista panoramica del intrusivo de Mesapelada en la Quebrada Sicre. Fuente Propia.....</i>	<i>34</i>
<i>Foto 7. Intrusivo de Mesapelada en la Quebrada Sicre. Fuente Propia.</i>	<i>34</i>
<i>Foto 8. filtraciones en la Quebrada Sicre. Fuente Propia.</i>	<i>53</i>



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1 Mapa de Ubicación. Elaboración Propia.....</i>	<i>3</i>
<i>Ilustración 2. Estructura de flujo de detritos. Fuente: Movimientos En Masa en la región Andina Proyecto Multinacional Andino</i>	<i>8</i>
<i>Ilustración 3. Mapa Geomorfológico Regional, tomado de boletín A127 Quillbamba Machupicchu.</i>	<i>17</i>
<i>Ilustración 4 Mapa Geomorfológico Local. Fuente: Elaboración Propia</i>	<i>20</i>
<i>Ilustración 5. Colinas, montañas en zona central de la quebrada.</i>	<i>21</i>
<i>Ilustración 6 fondo de valle aluvial, colina disectada. Fuente propia.</i>	<i>22</i>
<i>Ilustración 7. Columna estratigráfica regional de los cuadrángulos 26q y 27q. Tomado de Boletín N°127 Serie A</i>	<i>24</i>
<i>Ilustración 8 Mapa geológico Regional. Modificado de cuadrángulo 26q y 27q del INGEMMET (Carlotto, Cardenas, Romero, Valdivia & Tintaya, 1999)</i>	<i>25</i>
<i>Ilustración 9. Columna estratigráfica del Cambriano? y del grupo San José (Ordoviciano). Tomado de Boletín N°127 Serie A.....</i>	<i>26</i>
<i>Ilustración 10. Columna litoestratigráfica de la parte superior de la formación Sandía y de la formación San Gaban. Tomado de Boletín N°127 Serie A</i>	<i>27</i>
<i>Ilustración 11. Mapa Geológico Local. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>28</i>
<i>Ilustración 12. sección Geológica para la quebrada Sicre. fuente: Elaboración Propia.</i>	<i>29</i>
<i>Ilustración 13 Mapa Estructural Regional, tomado de boletín A127 Quillbamba (26q) y Machupicchu (27q). ..</i>	<i>36</i>
<i>Ilustración 14. Falla inversa produciendo microfracturamiento en el contacto. E:767949.25 ; N:8564787.07</i>	<i>37</i>
<i>Ilustración 15. Mapa Estructural Local. Fuente: Elaboración Propia.....</i>	<i>38</i>
<i>Ilustración 16. Sección geológica estructural donde se observa las principales fallas en la quebrada sicre. fuente propia.....</i>	<i>38</i>
<i>Ilustración 17. Alineamientos Estructurales en dirección W-E. Tomado de Google Earth.....</i>	<i>40</i>
<i>Ilustración 18. Alineamientos Estructurales en dirección NW-SE. Tomado de Google Earth.....</i>	<i>41</i>
<i>Ilustración 19. División hidrográfica según la clasificación PFAFSTETTER Modificado inventario de fuentes de aguas superficiales del río vilcanota ámbito de la ATDR-CUSCO.....</i>	<i>45</i>
<i>Ilustración 20 Características de las cuencas y ríos importantes. fuente Modificado de ZZE la Convención.....</i>	<i>46</i>
<i>Ilustración 21. Mapa hidrológico para la quebrada Sicre. fuente elaboración propia.</i>	<i>47</i>
<i>Ilustración 22. registro completado de precipitación acumulada mensual para la Quebrada Sicre. Fuente Propia.</i>	<i>48</i>
<i>Ilustración 23. Histograma de Precipitación acumulada mensual desde 1996 - 2018. Fuente Propia.....</i>	<i>48</i>
<i>Ilustración 24. datos históricos de precipitaciones máximas en 24 horas desde 1964 - 2005. fuente: elaboración propia modificado del Senamhi.....</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 25. precipitaciones con periodos de retorno.</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 26. caudales máximos u extraordinarios para periodos de retorno de 2 y 5 años por el método de gumbel.</i>	<i>50</i>
<i>Ilustración 27. caudales máximos u extraordinarios para periodos de retorno de 10 y 25 años por el método de gumbel.</i>	<i>50</i>
<i>Ilustración 28. caudales máximos u extraordinarios para periodos de retorno de 50 y 100 años por el método de gumbel.</i>	<i>50</i>
<i>Ilustración 29. mapa hidrogeológico local. fuente elaboración propia.....</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración 30. Filtraciones por fracturas en afloramiento de roca sienogranito. fuente propia.</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 31. Calicata N°1 realizada en campo.</i>	<i>59</i>
<i>Ilustración 32. perfil estratigráfico de la calicata N°1</i>	<i>60</i>
<i>Ilustración 33. Calicata N°1 realizada en campo.</i>	<i>60</i>
<i>Ilustración 34. perfil estratigráfico de la calicata N°2.....</i>	<i>61</i>
<i>Ilustración 35. Mapa Sísmico del Cusco (IGP), periodo 1581-2017. extraído de Tavera H., 2017.</i>	<i>67</i>
<i>Ilustración 36. Distribución de aceleraciones en el Departamento del Cusco para un periodo de exposición de 50 años y 10% de probabilidad de excedencia, (Extraído de Monroy y Bolaños, 2004).</i>	<i>69</i>



<i>Ilustración 37. Cálculo de la aceleración de la onda sísmica e intensidad esperada en la escala de Mercalli en la quebrada de sicre con respecto a la falla Lucuma-Chaullay .fuente propia.....</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 38. Grado de Intensidad según los valores obtenidos con la fórmula de Steinmom (1982), Fuente: Mapa de Peligros y Medidas de Mitigación ante Desastres de la Ciudad de Zurite, 2011).</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 39. Mapa de geodinamica externa local, Fuente elaboracion propia</i>	<i>71</i>
<i>Ilustración 40. Diagrama de determinación del peligro, Fuente. Elaboración Propia</i>	<i>85</i>
<i>Ilustración 41. Mapa de Pendientes de la Quebrada Sicre. Fuente Propia.</i>	<i>87</i>
<i>Ilustración 42. mapa de Susceptibilidad. Elaboracion Propia.....</i>	<i>102</i>
<i>Ilustración 43 mapa de peligros de la Quebrada Sicre.....</i>	<i>105</i>
<i>Ilustración 44. flujograma para determinación de la vulnerabilidad. Elaboración Propia.</i>	<i>109</i>
<i>Ilustración 45. Flujograma de la dimensión Social. elaboración propia.....</i>	<i>111</i>
<i>Ilustración 46. Flujograma de la dimensión Económica. elaboración propia.....</i>	<i>116</i>
<i>Ilustración 47. Flujograma de la dimensión Ambiental. elaboración propia.....</i>	<i>124</i>
<i>Ilustración 48 Mapa de Vulnerabilidad Quebrada Sicre.....</i>	<i>139</i>
<i>Ilustración 49. Flujograma de determinación del Nivel del Riesgo. Elaboración Propia.....</i>	<i>142</i>
<i>Ilustración 50. Descolmatacion De Rios Conformado Borde De Proteccion En El Rio. Fuente Descolmatacion Y Encauzamiento Del Rio Nepeña, En El Sector Puente Colorado - Cocharcas, Distrito De Nepeña, Santa - Ancash</i>	<i>150</i>
<i>Ilustración 51. Presa Abierta Tipo Ventana, Fuente Presas Para El Control De Flujos Torrenciales En El Estado Vargas Venezuela</i>	<i>150</i>
<i>Ilustración 52. Presa Abierta Tipo Ranura, Fuente Presas Para El Control De Flujos Torrenciales En El Estado Vargas Venezuela</i>	<i>151</i>



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación política de la zona de estudio. Fuente Propia.....	3
Tabla 2. Ubicación UTM de la zona de estudio. Fuente Propia	3
Tabla 3. Ruta 01 de accesibilidad a la zona de estudio. Fuente Propia.....	4
Tabla 4. Ruta 02 de accesibilidad a la zona de estudio. Fuente Propia	4
Tabla 5. variables e indicadores definidos para el estudio. Fuente Propia.	12
Tabla 6. Datos de buzamiento y rumbo tomados en la Quebrada Sicre. Fuente Propia.....	39
Tabla 7. Resumen de Parametros de la Quebrada Sicre. Fuente Propia.....	45
Tabla 8. Estaciones Meteorologicas Utilizadas para la Quebrada Sicre. Fuente Propia.....	47
Tabla 9. tipo de acuíferos según porosidad, litología y presión de agua. Elaboración Propia.....	52
Tabla 10. Inventariado de Movimiento en Masa de la Quebrada Sicre. Fuente Propia.	72
Tabla 11 ponderacion del parametro de evaluacion MAGNITUD.....	86
Tabla 12 parámetros a considerar en la evaluación de la susceptibilidad.....	86
Tabla 13. Descriptores de la Pendiente. Fuente Propia.....	88
Tabla 14. Descriptores de la Geomorfología. Fuente Propia	89
Tabla 15. Descriptores de la Litología. Fuente Propia	91
Tabla 16. Descriptores de la Cobertura Vegetal. Fuente Propia.....	93
Tabla 17 MATRICES DE COMPARACIÓN DE PARES DE LOS FACTORES CONDICIONANTES	96
Tabla 18 MATRIZ DE NORMALIZACIÓN DE LOS FACTORES CONDICIONANTES	96
Tabla 19 pesos asociados a las capas empleadas en el análisis de susceptibilidad por flujos de detritos en el área evaluada.....	97
Tabla 20 ponderacion de factor condicionante represamiento	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 21 ponderacion de factor condicionante Pendientes	97
Tabla 22 ponderacion de factor condicionante Litologia.....	98
Tabla 23 ponderacion de factor condicionante Geomorfologia.....	98
Tabla 24 ponderacion de factor condicionante Cobertura Vegetal	98
Tabla 25. matriz comparacion de pares	100
Tabla 26. matriz de normalizacion.....	100
Tabla 27. Matriz de determinación de la Susceptibilidad. Elaboración Propia.	103
Tabla 28. Determinación del nivel de peligro. Elaboración Propia.	104
Tabla 29. Nivel de estratificación del nivel del Peligro. Elaboración Propia.....	104
Tabla 30. Matriz De Comparación De Pares y Normalización de las dimensiones Social, Económico y Ambiental. Elaboración Propia.	110
Tabla 31. Matriz De Comparación De Pares y Normalización de las subdimensiones Exposición, Fragilidad y Resiliencia. Elaboración Propia.	110
Tabla 32. Matriz De Comparación De Pares y Normalización de Grupo etario. Elaboración Propia.	111
Tabla 33. Matriz De Comparación De Pares y Normalización de Nivel de educacion. Elaboración Propia.	112
Tabla 34. Matriz De Comparación De Pares y Normalización de acceso a servicios básicos. Elaboración Propia.	113
Tabla 35. matriz de comparacion de pares y normalizacion de la Resiliencia Social. Elaboracion Propia.	114
Tabla 36. matriz de comparación de pares y normalización de Actitud Frente al riesgo. Elaboración Propia. ...	114
Tabla 37. matriz de comparación de pares y normalización de capacitación de la población en GRD. Elaboración Propia.....	115
Tabla 38. matriz de comparación de pares y normalización de conocimiento de la normatividad en GRD. Elaboración Propia.	115
Tabla 39. matriz de comparación de pares y normalización de localización de edificaciones. Elaboración Propia.	117
Tabla 40. matriz de comparación de pares y normalización de fragilidad económica. Elaboración Propia.....	118



Tabla 41. matriz de comparación de pares y normalización de material predominante de edificaciones. Elaboración Propia.	119
Tabla 42. matriz de comparación de pares y normalización de estado de concervacion de la vivienda. Elaboración Propia.	119
Tabla 43. matriz de comparación de pares y normalización de incumplimiento de procedimientos constructivos. Elaboración Propia.	120
Tabla 44. matriz de comparación de pares y normalización de la dimensión social. Elaboración Propia.	121
Tabla 45. matriz de comparación de pares y normalización de organización y capacitación institucional. Elaboración Propia.	121
Tabla 46. matriz de comparación de pares y normalización de ingreso familiar promedio mensual. Elaboración Propia.....	122
Tabla 47. matriz de comparación de pares y normalización de población económicamente activa desocupada. Elaboración Propia.	123
Tabla 48. matriz de comparación de pares y normalización de Dimensión Ambiental. Elaboración Propia.	124
Tabla 49. matriz de comparación de pares y normalización de perdida de suelo. Elaboración Propia.....	125
Tabla 50. matriz de comparación de pares y normalización de Explotación de recursos naturales. Elaboración Propia.....	126
Tabla 51. matriz de comparación de pares y normalización de Localización de la población ante el Flujo de Detritos. Elaboración Propia	127
Tabla 52. matriz de comparación de pares y normalización de la Dimension Ambiental. Elaboración Propia ..	128
Tabla 53. matriz de comparación de pares y normalización de Conocimiento y cumplimiento de la normatividad ambiental. Elaboración Propia.....	129
Tabla 54. matriz de comparación de pares y normalización de Conocimiento ancestral para la explotación sostenible de sus RRNN. Elaboración Propia	130
Tabla 55. matriz de comparación de pares y normalización de Capacitación en temas de Conservación Ambiental. Elaboración Propia.....	132
Tabla 56. Resumen de la ponderación de la Dimensión Social. Elaboración Propia.....	135
Tabla 57. Resumen de la ponderación de la Dimensión Economica. Elaboración Propia.....	135
Tabla 58. Resumen de la ponderación de la Dimensión Ambiental. Elaboración Propia.....	136
Tabla 59. Determinacion de los niveles de la Vulnerabilidad. Elaboracion Propia.	137
Tabla 60. Estratificación de los niveles de Vulnerabilidad. Elaboración Propia.	137
Tabla 61. Matriz de riesgos. elaboración Propia.....	143
Tabla 62. nivel del riego. Elaboracion Propia.....	143
Tabla 63. Matriz de Estratificación del riesgo. Elaboración Propia.	144
Tabla 64. Valoración de la consecuencia. Fuente CENEPRED.	147
Tabla 65. Valoración de la frecuencia. Fuente CENEPRED.	147
Tabla 66. Nivel de consecuencia y daños. Fuente CENEPRED.....	148
Tabla 67. Aceptabilidad y/o tolerancia. Fuente CENEPRED.....	148
Tabla 68. nivel de aceptabilidad y/o tolerancia del riesgo. Fuente CENEPRED	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 69. Prioridad de intervencion. Fuente CENEPRED	149

CAPITULO I
ASPECTOS GENERALES



1.1. INTRODUCCION

El trabajo de investigación presente de Determinar el nivel de riesgo ante movimientos en masa en la Quebrada de Sicre, distrito de Huayopata permitirá analizar el impacto del fenómeno sobre la zona de asentamiento de la población de Sicre, Yanayaco chico, Tablahuasi, Pedregal, del distrito de Huayopata provincia de La Convención departamento del Cusco.

Para su realización se ha utilizado material de investigación de artículos publicados y de estudios especializados anteriores de dominio público perteneciente a instituciones como el INGEMMET, SIGRID y de información de estudios provenientes de organismos del Cusco como COER-CUSCO del Gobierno Regional del Cusco, la Municipalidad Distrital de Huayopata, la convención, Cusco, Instituto de Defensa Civil - INDECI, la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC).

La peligrosidad para objeto de esta investigación se comprenderá como un fenómeno de origen natural, cuya dinámica puede desbordar sus umbrales más frecuentes de intensidad, magnitud y localización, pudiendo ocasionar daños a las personas y a sus bienes. La vulnerabilidad, en cambio, es estimada como la capacidad de respuesta de las construcciones humanas a la activación de un peligro y su exposición fundamentalmente, alude a la población medida en número de bienes por unidad de superficie, situados al interior de una zona de peligro para luego generar una información geocientífica que contribuya a la gestión de riesgo local para que puedan utilizarlo como un instrumento de política de prevención de desastres haciendo participar a las localidades involucradas.

La zona en estudio Quebrada Sicre se encuentra actualmente con un gran potencial de producirse movimientos en masa pudiendo llegar a afectar sectores urbanos que se encuentran en la zona inferior de la Quebrada



1.2. UBICACIÓN:

1.2.1. Ubicación política

El área de estudio tiene la siguiente ubicación política (tabla 1 y mapa N°1).

Tabla 1. Ubicación política de la zona de estudio. Fuente Propia

Region	Cusco
Provincia	La Convencion
Distrito	Huayopata

1.2.2. Ubicación Geográfica

El área de estudio se encuentra en las siguientes coordenadas Universal Transverse Mercator (UTM) (tabla 2).

Tabla 2. Ubicación UTM de la zona de estudio. Fuente Propia

Este	Norte	Altitud (msnm)	Zona	Datum
767589	8561856	1800	18S	WSG 84

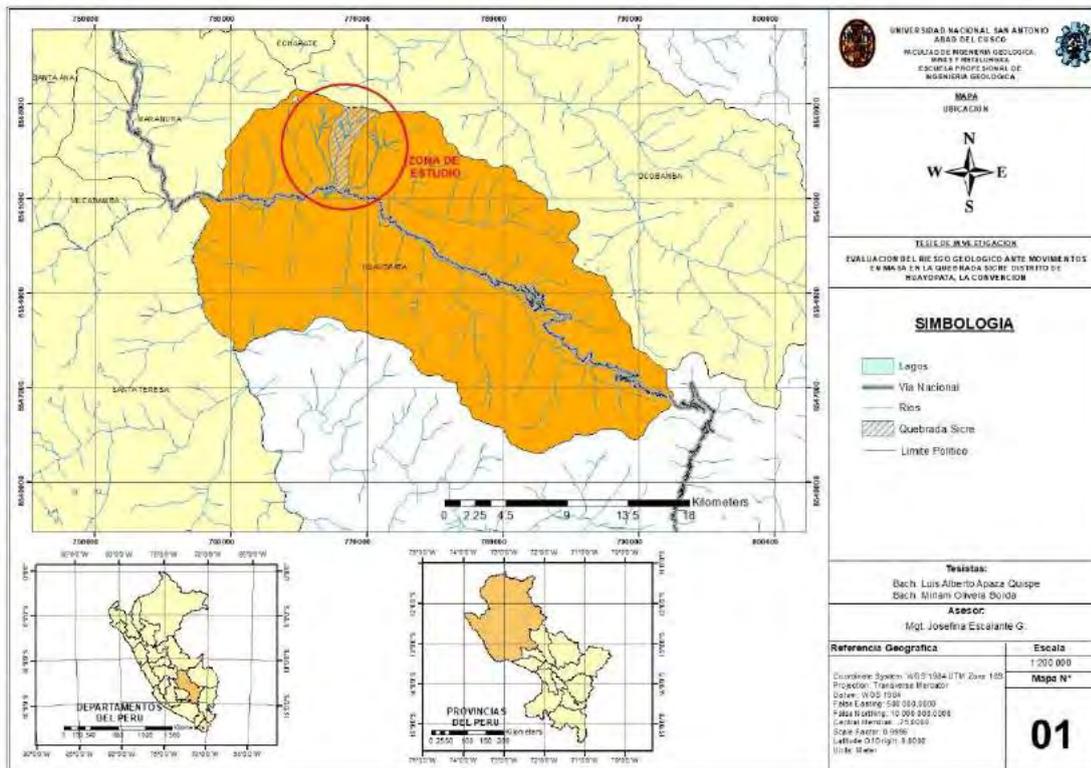


Ilustración 1 Mapa de Ubicación. Elaboración Propia



1.3. ACCESIBILIDAD

La zona de estudio tiene 2 rutas de acceso, realizando las siguientes rutas: (tabla 1.3-1.4)

Tabla 3. Ruta 01 de accesibilidad a la zona de estudio. Fuente Propia

Ruta-01	Distancia	Via	Movilidad
Cusco-cachimayo	19 km	Carretera asfaltada	Auto
Cachimayo-ollantaytambo	56 km	Carretera asfaltada	Auto
Ollantaytambo – Abra Málaga	43 km	Carretera asfaltada	Auto
Abra Málaga - Sicre	65 km	Carretera asfaltada	Auto
TOTAL	183 km		

Tabla 4. Ruta 02 de accesibilidad a la zona de estudio. Fuente Propia

Ruta-02	Distancia	Via	Movilidad
Cusco-huarocondo	37 km	Carretera asfaltada	Auto
huarocondo-ollantaytambo	27 km	Carretera asfaltada	Auto
Ollantaytambo – Hidroeléctrica	35 km	Via ferrea	Tren
Hidroeléctrica – Santa Teresa	11 km	Trocha carrosable	Auto
Santa teresa – Sicre	35 km	Trocha carrosable y asfaltada	Auto
TOTAL	145 km		

1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.4.1. Descripción del problema

El área geográfica donde está ubicado el distrito de Huayopata, es una zona donde se presentan frecuentes eventos de desastres de origen natural de geodinámica externa tales como; como flujo de detritos, deslizamientos, inundaciones, entre otros.

Localmente en el sector denominado Sicre, ubicado entre las localidades de Amaybamba y Huyro, se tienen dos peligros que se manifiestan con relativa recurrencia, estos peligros son de remoción en masas que se presentan en las faldas de los cerros al norte de Sicre.

De estos dos eventos, los flujos de detritos son los que ponen en mayor riesgo a la población asentada en las partes bajas de las Quebradas, ya que tienen recorridos largos, invadiendo terrenos de cultivo, poblaciones y todo medio de vida ubicados en el lugar.

Como ejemplo podemos mencionar que el último evento de gran magnitud ocurrido en la zona (flujo de detritos), se dio el 21 de diciembre del 2018, que dejó un saldo de 47 familias damnificadas y 2 personas fallecidas, es necesario también mencionar que existe una persona desaparecida hasta la actualidad (Datos obtenidos del SINPAD, administrado por el INDECI).

1.4.2. Formulación del problema

Problema general

- ¿Cuáles son los niveles de riesgos por geodinámica externa en el sector de Sicre del distrito de Huayopata que afectan a las comunidades de: Tablahuasi, Pedregal, Sicre y Yanayaco chico?



1.5. OBJETIVOS

1.5.1.OBJETIVO GENERAL

Determinar el nivel de riesgo ante movimientos en masa en la Quebrada de Sicre, distrito de Huayopata

1.5.2.OBJETIVO ESPECIFICO

- Determinar las unidades geomorfológicas en la Quebrada Sicre.
- Identificar las formaciones geológicas en la quebrada en estudio.
- Identificar las unidades estructurales en la quebrada Sicre
- Identificar y describir los fenómenos de geodinámica externa presentes.
- Determinar los niveles de peligro y elaborar el mapa de peligro del área de influencia.
- Determinar los niveles de vulnerabilidad y elaborar el mapa de vulnerabilidad.
- Determinar los niveles de riesgo y elaborar el mapa de riesgos.
- Plantear medidas de prevención y mitigación.

1.6. JUSTIFICACION E IMPORTANCIA

Por lo planteado en los párrafos anteriores, se hace de vital urgencia determinar los niveles de riesgo que presentan las zonas de Sicre, que en adelante llamaremos zona de investigación, con el fin de determinar las acciones que se deben priorizar para la reducción de la vulnerabilidad y así tener niveles de riesgo tolerables.

1.7. HIPOTESIS

Mediante la identificación de los fenómenos por movimientos en masa se podrá determinar el nivel de riesgo geológico, en la Quebrada de Sicre

1.8. MARCO REFERENCIAL

1.8.1.MARCO TEORICO (Antecedentes)

Asociadas a la Quebrada Sicre provincia de Huayopata departamento de cusco existen algunos estudios, algunos desarrollados a profundidad y otros más genéricos, de los cuales podemos mencionar:

- Zonas Críticas por peligros geológicos en la región Cusco (Vilchez, M. 2014) determina 75 zonas críticas, de los cuales 16 pertenecen a la provincia La Convención. Estas zonas críticas resaltan las áreas o lugares, que luego del análisis de los peligros identificados, la vulnerabilidad a lo que están expuestos (infraestructuras y centros poblados) por estos peligros, se consideran zonas con peligro potencial de generar desastres y que necesitan que se realicen obras de prevención y/o mitigación.
- Estudio de riesgos geológicos de la región Cusco (Vilchez, M. 2014), realiza el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, donde se determina que los centros poblados de: Ichubamba, Amaybamba, Choquellohuanca, Yanayacu, Sicre, Triunfo, Cuarta etapa, Huyro antiguo, Pedregal y Tablahuasi, se ubican en zona de Alto y Muy Alto grado de susceptibilidad a peligros de tipo: deslizamiento, derrumbes, flujo de detritos y erosión fluvial.



- Informe Técnico N° A6635 "Peligros geológicos en el ámbito de la Mancomunidad Municipal Amazónica (Provincia La Convención-Cusco), realizado por el Ing. Manuel Vilchez, menciona que el sector de Huyro fue afectado por un flujo de detritos que ocurrió el 12 de febrero del 2013.
- En el boletín Riesgo Geológico de la Región Cusco, realizado por Vilchez et al, 2019 (inérito), menciona que el sector de Huayro-Amaybamba, se encuentran en una zona crítica, con alto potencial a ser afectados por flujos de detritos.

De acuerdo al Reglamento de la Ley 29664 del Sistema Nacional de Gestión de Riesgos y Desastres (SINAGERD) en su Artículo 5.1 menciona que el Centro Nacional de Estimación, Prevención, y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED) es un organismo público ejecutor que conforma el SINAGERD, responsable técnico de coordinar, facilitar y supervisar la formulación e implementación de la Política Nacional y el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (PLANAGERD) en los procesos de Estimación, Prevención, Reducción y Reconstrucción.

El proceso de estimación del riesgo se orienta a las acciones y procedimientos que se realizan para generar el conocimiento de los peligros o amenazas, analizar la vulnerabilidad y establecer los niveles de riesgo que permitan la toma de decisiones en la Gestión del Riesgo de Desastres (GRD).

El CENEPRED con Resolución Jefatural N° 058-2013-CENEPRED, del 29 de octubre de 2013, aprueba el Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales y la Directiva N° 001-2013-CENEPRED/J Procedimientos Administrativos para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales; donde se presenta la metodología que analiza los parámetros de evaluación de los fenómenos y la susceptibilidad de los mismos, la vulnerabilidad de los elementos expuestos al fenómeno en función a la exposición, fragilidad y resiliencia, para poder determinar y zonificar los niveles de riesgos así como a la formulación de actividades y proyectos de inversión pública de prevención o reducción de riesgos en las áreas geográficas objetos de evaluación, la misma que busca reducir la incertidumbre en la determinación de los niveles de riesgos.

1.8.2.MARCO CONCEPTUAL

Definición de los términos básicos que se utilizara para la elaboración de la investigación.

Pendiente:

Una pendiente es un declive del terreno y la inclinación, respecto a la horizontal, de una vertiente. Los procesos de modelado de las vertientes dependen de la inclinación de éstas y un pendiente límite (de unos 45°, aunque variable según la índole de la roca), a partir de la cual la pesantez es superior a las fuerzas de rozamiento que retienen a los materiales sueltos en las vertientes. Por lo general existe un cambio de pendiente más o menos brusco entre la vertiente y el talud de derrubios que se forma en su base; el pendiente límite de ese talud suele ser de unos 35°. Tras un largo proceso de modelado, una vertiente puede tener una pendiente de equilibrio cuya inclinación ya no cambiará sensiblemente mientras duren las mismas condiciones climáticas y biológicas, (M Dueñas, 2008, p. 50).

La medición de una pendiente es a menudo expresada como un porcentaje de la tangente. Se usa para expresar la inclinación de, por ejemplo, un camino sobre una elevación de terreno, donde cero indica que se está "a nivel" (con respecto a la gravedad) mientras que cifras correlativas ascendentes designan inclinaciones más verticales. Hay tres sistemas de numeración:

- El ángulo de una horizontal en grados.
- Como porcentaje: la tangente del ángulo de inclinación.



- Una definición alternativa como el porcentaje: el seno del ángulo: la razón del cambio de altitud a la longitud de la superficie entre los 2 puntos cualquiera.

Geodinámica:

Es una rama de las Ciencias de la Tierra que estudia los agentes o fuerzas que intervienen en los procesos dinámicos de la Tierra, (J Medina, 1991, p. 67).

- **Geodinámica Interna:** Si la corteza terrestre sólo estuviese sometida a la acción de los procesos de la Geodinámicas externa, que tienden a nivelar las montañas y las depresiones, haría ya mucho tiempo que su superficie estaría transformada en una inmensa llanura, y que las cuencas oceánicas estarían en gran parte rellenas por los sedimentos en ellas acumulados.

En realidad, existe una diferencia fundamental entre ambas categorías de fenómenos: mientras los procesos geodinámicas externos pueden observarse en la superficie terrestre, los procesos endógenos no son directamente observables, y sólo se puede deducir su realidad, por métodos indirectos, mediante la interpretación de sus efectos sobre los materiales que forman la corteza terrestre. Por ello, en el campo de la Geodinámica interna las teorías se han ido sucediendo unas a otras, a medida que han progresado nuestros conocimientos sobre las zonas profundas de la litosfera, y con frecuencia hemos de considerar distintas hipótesis para dar razón de los hechos observados.

- **Geodinámicas Externa:** Es la responsable de esculpir el relieve de la superficie terrestre. Los agentes geológicos externos (atmósfera, viento, aguas, glaciares, etc.) son los que erosionan, desgastan y modelan las formas o masas rocosas iniciales levantadas por las fuerzas tectónicas del interior de la Tierra, y secuencialmente convierten en nuevas formas paisajísticas.

Movimientos de Ladera

El objeto de este estudio son los movimientos de ladera, es decir, procesos por los que materiales rocosos o de suelos que conforman una ladera, se movilizan con ayuda de la gravedad y otros agentes (Varnes, 1978; Cruden y Varnes, 1996).

Represamientos:

Procesos físicos que consiste en la obstrucción permanente o temporal de recursos de agua, causado por procesos naturales (movimientos en masa) como son deslizamientos, hielo y/o morrenas glaciares, que al momento de colapsar por acción precipitaciones fuerte y/o sismos, represado río y posteriormente convierten en flujos de lodo y escombros destruyendo todo lo que se encuentra a su paso, lo cual presenta una gran amenaza a ciudades y otras actividades antrópicas que se encuentran alrededor de estos, (Movimientos en masa en la región andina, una guía para la evaluación de amenazas,2007).

Derrumbe

Disgregación generalmente de roca, que forma en la base un depósito caótico de material grueso, es producido por el socavamiento de la base de riveras fluviales, áreas costeras, acantilados rocosos, en laderas de moderada a fuerte pendiente, por acción de lluvias, movimientos sísmicos y antrópica "cortes de carreteras o áreas agrícolas" (Varnes, 1987).

Flujo

Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes D. J., 1978).

(Hungar, Evans, Bovis, & Hutchinson, 2001) clasifican los flujos de acuerdo con el tipo y propiedades del material involucrado, la humedad, la velocidad, el confinamiento lateral y otras características que los hacen distinguibles; así mismo, aportan definiciones que enfatizan aspectos de uso práctico útiles para el estudio de amenazas. Esta clasificación de flujos: es flujos secos, flujos de detritos, crecida de detritos, flujo de lodo, flujo de tierra, deslizamiento por flujo, avalancha de detritos y avalancha de rocas.

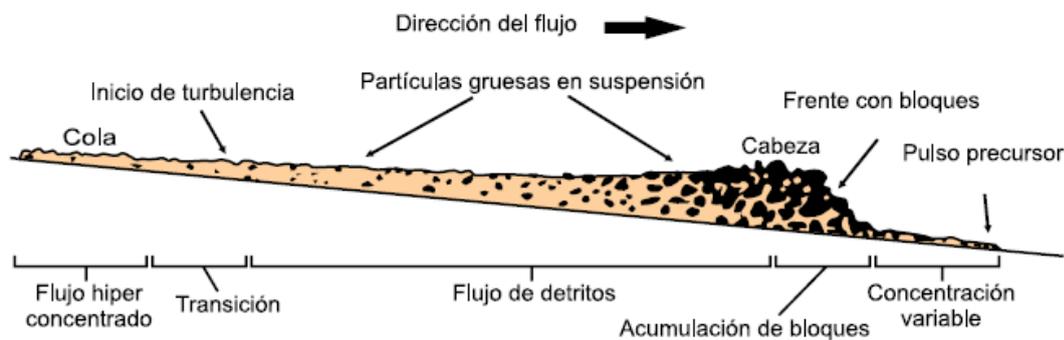


Ilustración 2. Estructura de flujo de detritos. Fuente: Movimientos En Masa en la región Andina Proyecto Multinacional Andino

Flujos de detritos:

Conocidos también como huacos, son corrientes que se caracterizan por flujos muy rápidos o avenidas intempestivas de agua turbia, que arrastra a su paso materiales de diferentes características provenientes de la meteorización de las rocas, estos van desde suelos finos hasta enormes bloques de roca, maleza y árboles, que pierden su estabilidad estructural por efecto del agua (Varnes, 1987).

Movimientos Complejos

Los movimientos complejos son aquellos fenómenos con más de un tipo de movimiento o proceso característico. Consisten en movimientos sucesivos o simultáneos de una misma masa ligados causalmente. Cuando se trata de movimientos que desencadenan otros que se incorporan a la masa inicial se llaman movimientos complejos concatenados.

Erosion de Laderas

Se define como la destrucción de los materiales de la corteza terrestre por acción de los procesos geológicos. La erosión implica los siguientes procesos: alteración física y/o química, fracturamiento, fisuramiento, hasta el momento de arranque de los materiales sin considerar el transporte. Los agentes erosivos son el agua, el viento, el hielo, la acción del sol dilatando las rocas durante el día y contrayéndolas durante la noche la humedad, etc.



Erosión Fluvial

Es el trabajo continuo que realizan las aguas corrientes sobre la superficie terrestre. La erosión fluvial se realiza en varias formas tales como: arranque del material, abrasión fluvial, corrosión y atracción fluvial, la erosión fluvial socava su valle formando un perfil transversal en forma de V (cuando el río se encuentra en un estado juvenil de desarrollo), produce la profundización del cauce, el ensanchamiento y el alargamiento. Cada uno de estos procesos se realiza de acuerdo al estadio de desarrollo, haciéndose más intenso o menos intenso el proceso según estadio. La erosión fluvial se desarrolla siguiendo patrones específicos de drenaje los cuales son controlados por la estructura geológica, por la dureza de la roca, por la carga fluvial y otros factores.

Cárcavas:

Las cárcavas son los socavones producidos en rocas y suelos de lugares con pendiente a causa de las avenidas de agua de lluvia. Estas producen la llamada erosión remontante. Se producen tan sólo en el sustrato de tipo arcilloso, si hay dos o más cárcavas que avanzan paralelas en línea recta se llama rills. Se concretan, normalmente, en abarrancamientos formados en los materiales blandos por el agua de arroyada que, cuando falta una cobertura vegetal suficiente, ataca las pendientes excavando largos surcos de bordes vivos, (guía para la evaluación de amenazas, 2007, p. 315).

Deslizamiento

Es un movimiento de ladera debajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante (Varnes, 1987).

- **Deslizamiento Traslacional:** Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada. En general estos movimientos suelen ser más superficiales que los rotacionales y el desplazamiento ocurre con frecuencia a lo largo de discontinuidades como fallas, diaclasas, planos de estratificación o planos de contacto entre la roca y el suelo residual o transportado que yace sobre ella (Cruden y Varnes, 1996).
- **Deslizamiento Rotacional:** Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los deslizamientos rotacionales muestran una morfología distinta caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contra pendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca, debido a que el mecanismo rotacional es con frecuencia baja excepto en presencia de materiales altamente frágil como las arcillas sensitivas.

Susceptibilidad

Se refiere al grado de propensión que tiene una zona a que en ella se genera o a que resulte afectada por un fenómeno de remoción en masa debido a sus condiciones intrínsecas, como pueden ser la geometría del terreno, la resistencia de los materiales, los estados de esfuerzo, las condiciones de drenaje superficial y sub-superficial, la cobertura del terreno y la trayectoria de la masa en movimiento. (UN/ISDR, 2004)

Vulnerabilidad:

La vulnerabilidad, V, es el grado de daños o pérdidas potenciales en un elemento o conjunto de elementos como consecuencia de la ocurrencia de un fenómeno de intensidad determinada. Depende de las características del elemento considerado (no de su valor económico) y de la intensidad del fenómeno; suele evaluarse entre 0 (sin daño) y 1 (pérdida o destrucción total del elemento) o entre 0% y 100% de daños. (Vallejo, 2002, p. 611).



Riesgo de desastre:

Es la probabilidad de que la población y sus medios de vida sufran daños y pérdidas a consecuencia de sus condiciones de vulnerabilidad y el impacto de un peligro (Ley 29664 del SINAGERD)

Prevención:

Las medidas de prevención relacionadas con la ocurrencia de fenómenos naturales extremos tienen como objetivo disminuir su impacto negativo, sobre todo en lo relativo a pérdida de muy pocas vidas humanas y los daños a las actividades económicas. Para poder disponer de un sistema eficiente de prevención contra daños causados por fenómenos naturales extremos, comúnmente llamados catástrofes naturales, es necesario crear, tanto en el gobierno central, como en la población en general, la conciencia de la necesidad de un sistema de predicción y previsión de catástrofes naturales (Vallejo, 2002, p. 615).

Mitigación:

La mitigación de riesgos de desastre puede operar en el contexto de la reducción o eliminación de riesgos existentes, o aceptar estos riesgos y, a través de los preparativos, los sistemas de alerta, etc. buscar disminuir las pérdidas y daños que con la ocurrencia de un fenómeno peligroso. Así, las medidas de mitigación o reducción que se adoptan en forma anticipada a la manifestación de un fenómeno físico tienen el fin de: a) evitar que se presente un fenómeno peligroso, reducir su peligrosidad o evitar la exposición de los elementos ante el mismo; b) disminuir sus efectos sobre la población, la infraestructura, los bienes y servicios, reduciendo la vulnerabilidad que exhiben. La mitigación es el resultado de la decisión a nivel político de un nivel de riesgo aceptable obtenido en un análisis extensivo del mismo y bajo el criterio de que dicho riesgo no es posible reducirlo totalmente (Vallejo, 2002, p. 615)

Peligro geológico:

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

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

Evaluación del Riesgo/Análisis

Metodología utilizada para determinar la naturaleza y el grado de riesgo a través del análisis de peligros (amenazas) potenciales y evaluación de condiciones existentes de vulnerabilidad que pudieran representar una amenaza potencial o daño a la población, propiedades, medios de subsistencia y al ambiente del cual dependen.

El proceso de evaluación de riesgos de basa en una revisión tanto de las características técnicas de amenazas a saber: su ubicación, magnitud o intensidad, frecuencia y probabilidad; así como en el análisis de las dimensiones físicas, sociales, económicas y ambientales de la vulnerabilidad y exposición; con especial consideración a la capacidad de enfrentar los diferentes escenarios del riesgo (UN/ISDR, 2004).



Gestión del Riesgo de Desastres

Conjunto de decisiones administrativas de organización y conocimiento operacionales desarrollados por sociedades y comunidades para implementar políticas estratégicas y fortalecer sus capacidades a fin de reducir el impacto de amenazas naturales y de desastres ambientales y tecnológicos consecuentes. Esto involucra todo tipo de actividades incluyendo medidas estructurales y no estructurales para evitar o limitar los efectos adversos de los desastres. (UN/ISDR, 2004).

Sistemas de información geográfica (SIG)

Para la elaboración de mapas de susceptibilidad es importante tener en claro los conceptos básicos, las bondades y las tareas que se realizan con un SIG. Un SIG, es el "Sistema informatizado geográfico para la captura, almacenamiento, obtención, Análisis y visualización de información espacial" (Clarke, 1990) que tiene cuatro componentes principales, que son el hardware, el software, la información espacial y el equipo técnico especializado. El hardware es el conjunto de componentes informáticos físicos y tangibles empleados. Por ejemplo, el monitor, la impresora, el ratón, los discos duros y en general los circuitos, las placas y los chips, entre otros. El software es el soporte informático lógico e intangible, que hace que funcione el hardware, es decir el conjunto de algoritmos que permite manejar los datos y realizar tareas específicas con ellos. Por ejemplo: ArcGis, Word, Excel, Windows. La información espacial está constituida por cualquier dato con referencia a su posición en algún sistema de coordenadas y que lleva asociado un identificador único que le diferencia de otros elementos y una serie de atributos que sirven para describir algunas de sus propiedades, es decir, las observaciones que caracterizan a los datos espaciales. Esta información espacial se puede almacenar en dos clases de formatos, los vectoriales o los matriciales. (Villacorta, S., 2007).

- Formatos Vectoriales, se usan para representar la realidad como puntos, líneas y polígonos. Ejemplo: formatos shapefile, formatos coverage.
- Formatos Matriciales, sirve para representar aspectos de la realidad con una distribución heterogénea en el espacio e incluso en imágenes satelitales. Ejemplo: formato Tiff, Jpg, etc.

1.9. Variables e indicadores

1.9.1. Variables

a) Variables dependientes

- Evaluación del Riesgos Geológicos en la Quebrada Sicre

b) Variables independientes

Peligro geológico

- Geología
- Geomorfología
- Geología Estructural
- Geodinámica
- Geotécnica
- Hidrología-geohidrología

Vulnerabilidad

- Exposición
- Fragilidad
- resiliencia



1.9.2. Indicadores

Tabla 5. variables e indicadores definidos para el estudio. Fuente Propia.

<i>VARIABLE DEPENDIENTE</i>	<i>VARIABLE INDEPENDIENTE</i>	<i>INDICADORES</i>	
<i>Evaluacion del riesgos geológicos en la Quebrada Sicre</i>	<i>Peligros geológicos</i>	<i>Geomorfológico</i>	<i>Pendiente</i>
			<i>Fisiografía</i>
			<i>Parámetros morfométricos</i>
		<i>Geológico</i>	<i>Estratigrafía</i>
			<i>Litología</i>
		<i>Hidrología</i>	<i>Precipitación media anual</i>
			<i>Generación de caudales</i>
			<i>Proceso De Cambio</i>
		<i>Cobertura vegetal Y uso de suelos</i>	<i>Uso de suelos (UGI)</i>
			<i>Cobertura vegetal</i>
	<i>Uso actual de suelos</i>		
	<i>Geotecnia</i>	<i>Clasificación de suelos</i>	
		<i>Parametros fisicomecanico</i>	
		<i>Limites de consistencia</i>	
	<i>Vulnerabilidad</i>	<i>Exposición</i>	<i>Social</i>
			<i>Económico</i>
			<i>Ambiental</i>
		<i>Fragilidad</i>	<i>Social</i>
			<i>Económico</i>
<i>Ambiental</i>			
<i>Recilencia</i>		<i>Social</i>	
		<i>Económico</i>	
		<i>Ambiental</i>	

1.10. METODOLOGIA DE INVESTIGACION

1.10.1. Métodos que se emplearon en la Investigación

Descriptiva: Recolección de información de variables independientes Utilizando imágenes satelitales y con visitas al campo, vamos a describir los diferentes fenómenos geodinámicos y los diferentes componentes geológicos de la zona de estudio

Analítica: Necesaria para la determinación y tratamiento de los datos para lo cual vamos analizar los movimientos en masa (flujo de detritos y deslizamientos) y cómo influyen en el desarrollo de los mismos

Deductiva: Partiría del marco teórico y conceptual para llegar a la identificación de Peligros geológicos y de la misma forma determinar el nivel de riesgos en que se encuentra la Quebrada de Sicre del distrito de Huayopata.

1.10.2. Procedimiento

La presente tesis de investigación se realizó en tres etapas. La primera comprende los preparación y/o recolección de datos. La segunda etapa, corresponde a la etapa de campo. La tercera fase, que consistió en el procesamiento de datos en la que se han utilizado las bases de datos para ser procesados con un SIG para mayor facilidad.



a) ETAPA DE PREPARACIÓN Y/O RECOLECCIÓN DE DATOS (GABINETE I)

La primera etapa consiste en la recopilación, evaluación y sistematización de la bibliografía existente (revisión de trabajos o informes de la zona de estudio), se contempló las siguientes actividades:

- Revisión de información geológica del INGEMMET, cuadrángulo de Quillabamba y Machupicchu, a escala 1:100 000.
- Recopilación y evaluación de información bibliográfica, topográfica, hidrometeorológica, geológica, uso de suelo, información sobre obras de infraestructura y registro histórico de desastres.
- Generación de la cartografía básica: digitalización de mapas topográficos obtenidos por el área de la Oficina de Sistema de Información (OSI) del INGEMMET, a escala 1:25000.
- Interpretación y cartografiado de los movimientos en masa, utilizando fotos áreas imágenes satelitales Landsat.
- Preparación preliminar de la base de datos del inventario de movimientos en masa de los poblados en estudio, los cuales serán comprobados en los trabajos de campo.
- Elaboración de mapas preliminares: cartografiado de movimientos en masa, para su respectiva comprobación de campo.

b) ETAPA DE CAMPO

El trabajo de campo se realizó durante una campaña de 14 días, en los cuales se realizaron los siguientes trabajos:

- Cartografiado de movimientos en masa en los planos topográficos a escala 1:25000, ajuste de los límites de eventos identificados.
- Reconocimiento de la geología de los poblados estudiados.
- Georeferenciación de puntos de control mediante el uso del GPS.
- Inventario de movimientos en masa
- Inventario de viviendas e infraestructura urbana.
- Muestreo de rocas.
- Recolección de datos en el aspecto social, económico y ambiental para la vulnerabilidad

c) ETAPA DE GABINETE Y PROCESAMIENTO DE DATOS (GABINETE II)

- Procesamiento y depuración de información de la base de datos, mediante la confrontación de la información obtenida en la etapa de Gabinete (I) y la etapa de Campo.
- Descarga y corrección de puntos de control obtenidos con el GPS.
- Elaboración y preparación de una base de datos de movimientos de masa, que permita trabajar la información georeferenciada en SIG.
- Descripción de los principales movimientos en masa inventariados en el área de estudio.
- Elaboración, digitalización y composición de mapas temáticos (litológico, geomorfológico, hidrogeológico, cobertura vegetal y pendientes) a utilizar en la evaluación de la susceptibilidad a los movimientos de masa, los cuales fueron elaborados mediante el uso del Software ArcGis 10.3.



- Descarga y corrección de fotografías tomadas en el área de estudio.
- Elaboración de cuadros y figuras.
- Análisis y elaboración del mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa mediante la utilización de la herramienta SIG.
- Determinación de zonas críticas en las zonas estudiadas.
- Preparación y redacción de la tesis.

1.11. CLIMA

La Quebrada Sicre es parte de una geografía diversa que presenta la provincia del Huayopata. El relieve en la provincia presenta alturas que abarcan niveles ecológicos de naturaleza calida, y debido a su variado relieve, crea mesoclimas y microclimas diversos en diferentes estaciones del año. De acuerdo a la clasificación climática de Thornthwaite y SENAMHI, la provincia de Huayopata, donde se encuentra la Quebrada Sicre, tiene tres tipos de clima en particular, el primer dominante es Muy lluvioso Semicalido con precipitaciones abundante en todas las estaciones del año presentándose con un ambiente Muy Humedo, que se presenta entre los 1600 y 1850 msnm, el segundo es Muy lluvioso Templado con precipitaciones abundante en todas las estaciones del año presentándose con un ambiente Humedo, que se presenta entre los 1850 a 2850 msnm, con precipitaciones anuales promedio, el tercero es Lluvioso Semicalido con precipitaciones abundante en todas las estaciones del año presentándose con un ambiente Muy Humedo, que se presenta entre los 2850 a 3500 msnm, con precipitaciones anuales promedio. Los meses con mayores precipitaciones es de diciembre a marzo, y el resto del año es relativamente seco.

El ámbito del estudio de la Evaluación de Riesgos se caracteriza por presentar un clima templado lluvioso entre los meses de Noviembre a Marzo, y cálido seco de Abril a Noviembre. Cabe señalar que el clima tiene variaciones en sus tendencias de comportamiento debido a las variaciones de topografía y altitud, periodo de lluvias y estaciones del año, entendiéndose estas como variaciones micro-climáticas.

Precipitación. La precipitación anual se enmarca en un rango de 1000 a 1600 mm, el promedio mensual varia con las estaciones del año, produciéndose fuertes lluvias a partir de Octubre a Marzo llegando a registrarse hasta 125 mm como promedio mensual los meses más secos correspondientes a Julio Agosto con 35 mm. Como promedio mensual, con consecuencias para los cultivos permanentes, provocando en algunos casos el aborto de la floración en cultivos permanentes.

Temperatura. La temperatura promedio del distrito de Huayopata varía entre 15 y 24 °C, las altas temperaturas se producen durante los meses calurosos acelerando la pérdida del agua del suelo y de las plantas, generando trastornos fisiológicos afectando a la normal producción.

Agua. En el ámbito del proyecto existen fuentes de agua, como riachuelos, y manantiales como un potencial a considerar para el consumo humano, y otras actividades como riego tecnificado.

Las condiciones climáticas de la zona se tiene una temperatura máxima promedio de 31.90C° durante el mes de diciembre y una temperatura promedio mínima de 17C°, la precipitación máxima promedio alcanza a 8.04 mm

Lo que indica que las intensas precipitaciones pueden producir 7 deslizamientos derrumbes y huaycos como el que se produjo en os sectores de Choquello Huanca, Pedregal – Tablahuasi, Sicre e Iyape



foto 1. Centro Poblado de Sicre, Huayopata, La Convencion. Fuente Propia



CAPITULO II

GEOMORFOLOGIA

2.1. GEOMORFOLOGIA

2.1.1. GEOMORFOLOGIA REGIONAL

regionalmente Carlotto et.al. (2011) identifica las unidades geomorfológicas regionales Cordillera Oriental, Zona Intermedia "Altiplano-Cordillera Oriental", Altiplano y Borde NE de la Cordillera Occidental, donde nuestra zona de estudio esta dentro de la unidad regional de la Cordillera Oriental.

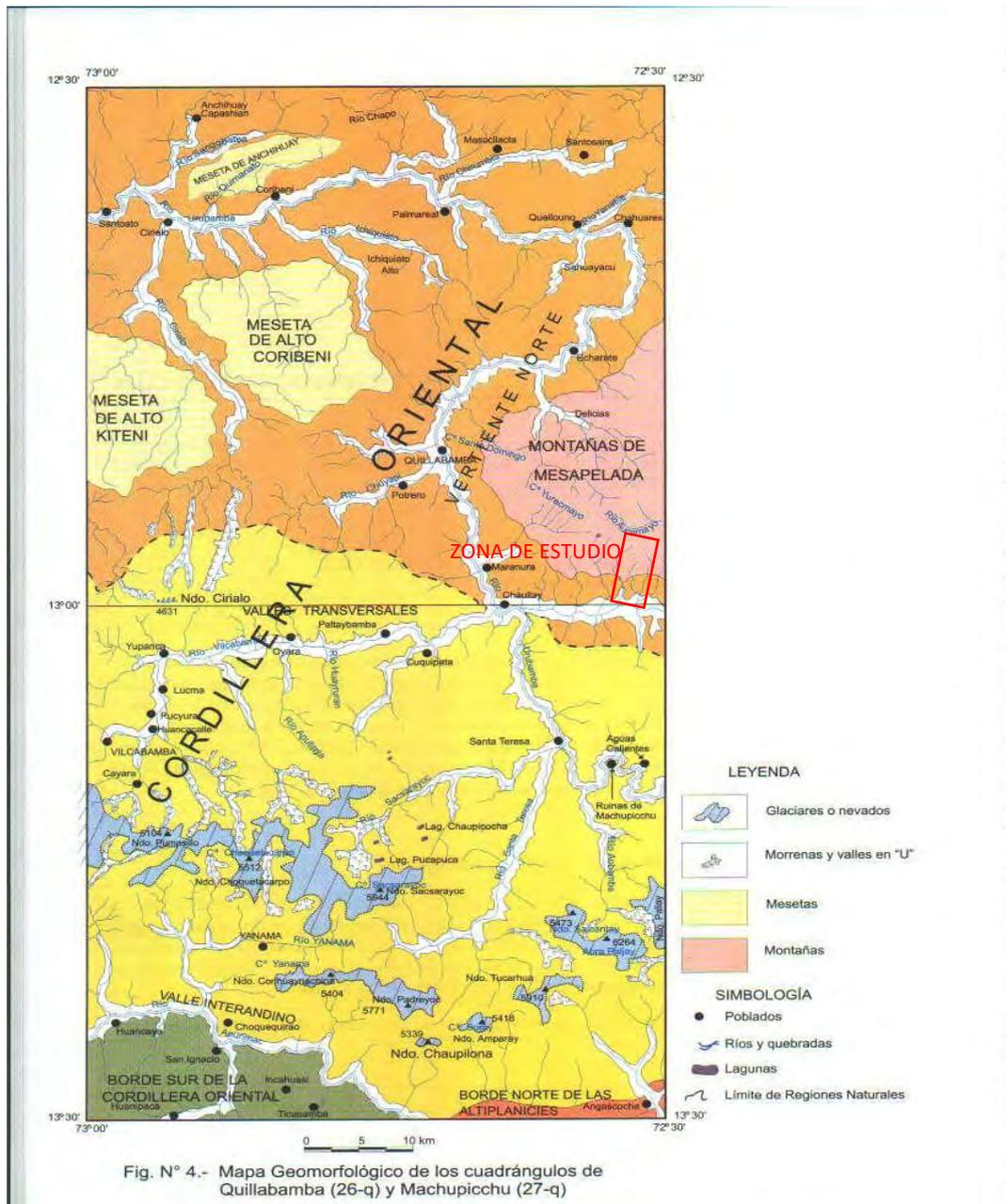


Ilustración 3. Mapa Geomorfológico Regional, tomado de boletín A127 Quillabamba Machupicchu.



A) CORDILLERA ORIENTAL

Esta unidad morfoestructural se encuentra ubicada al noreste del cuadrángulo de Cusco, presenta relieves ondulados, cuyas alturas son muy variables (entre 4000 y 4500 m.s.n.m.). Tectónicamente, la zona, se caracteriza por la presencia de fallas inversas y cabalgamientos) asociados a pliegues que causan la repetición de las formaciones paleozoicas. (Carlotto et al., 2011).

La Cordillera Oriental es una zona morfo-estructural fuertemente individualizada, que ocupa casi la totalidad de los cuadrángulos de Quillabamba y Machupicchu. En esta unidad afloran principalmente rocas metamórficas del Paleozoico inferior, intrusivos paleozoicos y permo-triásicos; así como, rocas sedimentarias del Paleozoico superior y escasamente, rocas del Meso-Cenozoico. Esta unidad ha sido dividida en: Cordillera de Vilcabamba, Vertiente norte, Valles Transversales, Valles Intracordilleranos, Montañas de Mesapelada, borde sur de la Cordillera Oriental y borde norte de las Altiplanicies. (Carlotto et al., 1999).

B) CORDILLERA DE VILCABAMBA

(Carlotto et al., 1999).

La Cordillera de Vilcabamba ocupa gran parte del cuadrángulo de Machupicchu y la parte suroeste del cuadrángulo de Quillabamba. Limita al suroeste con el río Apurímac, desarrollando una vertiente bien abrupta, mientras que al norte el paso es gradual hacia la vertiente norte de la Cordillera Oriental. Esta unidad se extiende al este hacia el cuadrángulo de Urubamba (27-r) y por el oeste hacia el cuadrángulo de Pacaypata (27-p).

Desde el punto de vista morfológico, la Cordillera de Vilcabamba se caracteriza por presentar terrenos elevados y accidentados, formando nevados que sobrepasan los 5 000 msnm, resaltando el nevado de Salcantay con 6 264 msnm. Lito lógicamente, está constituida por las rocas más antiguas y más deformadas de la región. Las estructuras que resaltan son las fallas E-0 y el anticlinal de dirección E-0 de Yanama. Las principales formas desarrolladas en esta unidad son, por una parte, circos y valles glaciares, y por otra parte, morrenas que corresponden a formas de acumulación muy frecuentes, que se encuentran distribuidas a lo largo de las cadenas de nevados. Los valles en U, de mediana longitud, reciben durante todo el año, las aguas provenientes de los deshielos, resaltando las nacientes de los valles de Aobamba, Sacsara y Santa Teresa. Las partes altas de los nevados corresponden a las elevaciones más prominentes y exhiben pendientes fuertes a muy fuertes, lo que en ocasiones producen aludes.

C) VERTIENTE NORTE DE LA CORDILLERA DE VILCABAMBA

(Carlotto et al., 1999).

La vertiente norte de la Cordillera de Vilcabamba corresponde a la totalidad del cuadrángulo de Quillabamba. Comienza gradualmente a partir del flanco norte de la Cordillera de Vilcabamba y se prolonga hasta el cuadrángulo de Timpia (25-q). Esta vertiente se caracteriza por zonas altas, controladas por rocas intrusivas del macizo de Quillabamba, disminuyendo progresivamente hacia el norte, donde afloran rocas paleozoicas. Hidrográficamente, esta vertiente está cortada por ríos y valles transversales que drenan sus aguas hacia la cuenca del río Urubamba.

La zona baja corresponde a la denominada Ceja de Selva, que en la zona de estudio se ubica aproximadamente entre 1 500 y 800 msnm. Se caracteriza por ser una transición entre la Cordillera Oriental y la zona Subandina. Presenta una topografía compleja, mostrando, por una parte, una superficie montañosa con Quebradas, lomas y laderas, y por otra parte, relieves relativamente empinados a suaves, desarrollando zonas algo planas (mesetas), cortadas por los valles transversales.



D) VALLES TRANSVERSALES

(Carlotto et al., 1999).

La Cordillera Oriental se encuentra disectada por valles de diferentes direcciones que originan una topografía muy variada y de fuerte relieve. Estos valles son el producto de una permanente erosión fluvial de los terrenos y constituyen los colectores de las aguas provenientes de las montañas. La pendiente de los valles de la vertiente norte es relativamente más suave, por comparación con los valles situados en la vertiente sur, que presenta un declive fuerte y sus laderas son mucho más empinadas.

Entre los principales valles se tienen: Valle del río Chuyapi, Valle del río Yanatile, Valle del río Coribeni, Valle del río Cirialo, Valle del río Santa Teresa, Valle del río Santa María (Lucuma), Valle del río Vilcabamba, Valle del río Aobamba, Valle del río Blanco, Valle del río Arma, Valle del río Yanama, Valle del río Huanipaca, Otros Valles.

Nuestra zona de estudio se encuentra dentro del Valle del río Santa María (Lucuma) el cual es considerado uno de los principales aportadores al río Urubamba, este valle es de tipo Maduro Aparece al extremo noreste del cuadrángulo de Machupicchu, a una altitud aproximada de 1 900 msnm y su desembocadura se halla a 1 100 msnm.

E) MONTAÑAS DE MESAPELADA

(Carlotto et al., 1999).

Las montañas de Mesapelada, son una cadena de cumbres altas que superan los 3 500 msnm y rodean la ciudad de Quillabamba, por el sector este. Estas montañas están limitadas por la vertiente oriental del valle del Urubamba y se prolongan hasta el valle de Ocobamba en el cuadrángulo vecino de Quebrada Honda (26-r). Las montañas se han desarrollado sobre rocas intrusivas permo-triásicas del macizo de Mesapelada.

F) BORDE NORTE DE LAS ALTIPLANICIES

(Carlotto et al., 1999).

Esta unidad corresponde a la prolongación de las Altiplanicies de los cuadrángulos de Urubamba (27 -r) y Cotabambas (28-r), donde el relieve es relativamente plano. Sin embargo, en el cuadrángulo de Machupicchu, esta unidad morfológica presenta un relieve ligeramente accidentado por la fuerte erosión del río Blanco y sus afluentes. Las altitudes varían entre 3 700 y 2 500 msnm. Limita al norte con la Cordillera Oriental mediante la falla AyrancaTecte, de dirección este-oeste. Esta unidad está desarrollada sobre rocas sedimentarias mesozoicas de las formaciones Huambutío, Huancané y del Grupo Yuncaypata.

2.1.2. GEOMORFOLOGIA LOCAL

El contexto geomorfológico local está situado dentro de la unidad regional Cordillera oriental subdividida en Montañas de Mesapelada y vertiente norte de la cordillera.

Localmente se han distinguido 2 unidades geomorfológicas, las cuales son: Montañas y pie de monte dentro de las cuales montaña se divide en 3 sub unidades vertiente de montaña allanada, vertiente de montaña empinada y en vertiente de montaña escarpada.

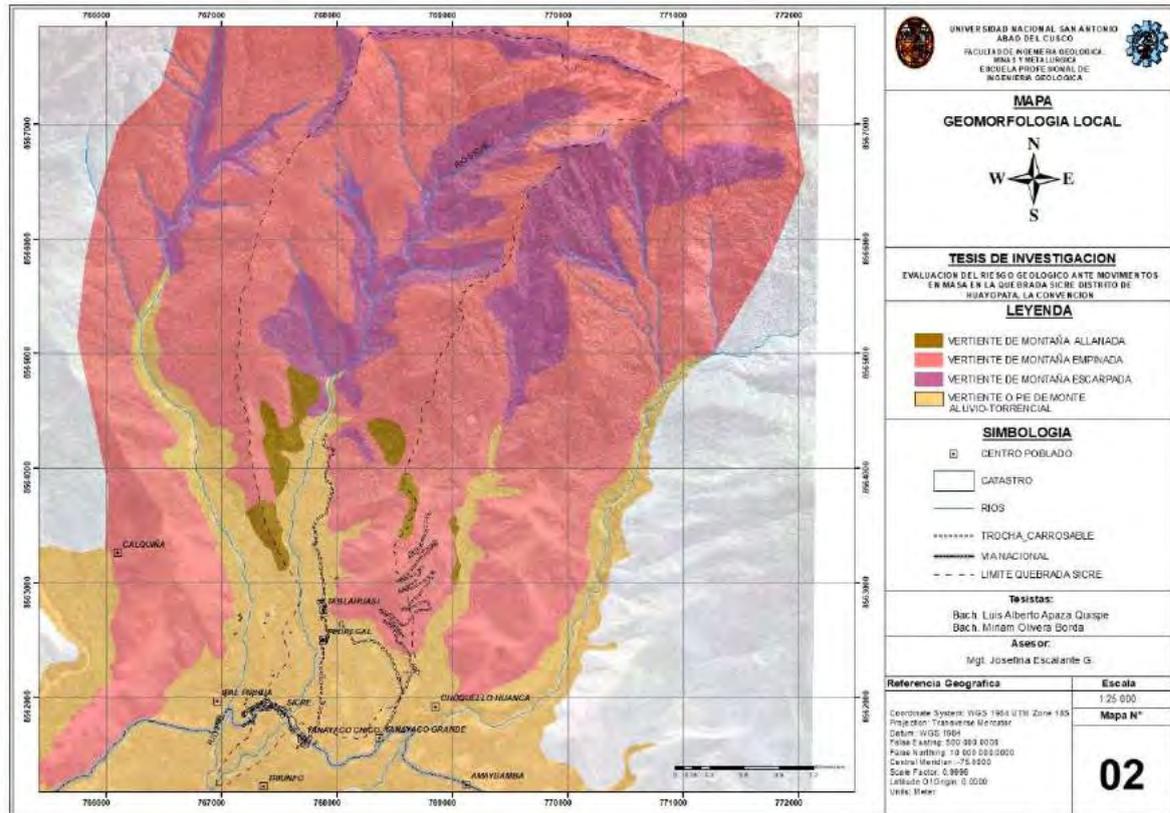


Ilustración 4 Mapa Geomorfológico Local. Fuente: Elaboracion Propia

2.1.2.1. RELIEVE MONTAÑOSO

a) Vertiente de montaña allanada

Son geoformas que corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos masa, prehistóricos, antiguos y recientes, que pueden ser del tipo deslizamientos, derrumbes, avalancha de rocas y/o movimientos complejos. Generalmente su composición litológica es homogénea; con materiales inconsolidados a ligeramente consolidados, son depósitos de corto a mediano recorrido relacionados a las laderas superiores de los valles. Su morfología es usualmente convexa y su disposición semicircular a elongada en relación a la zona de arranque o despegue del movimiento en masa.

Esta unidad corresponde a zonas inestables y de fácil erosión en periodos de lluvias, se generan deslizamientos interrumpiendo el curso del caudal (presas naturales) al desembalsar inundan la parte baja de las vertientes.

En nuestra zona de estudio esta geoforma abarca una superficie de 10% de la Quebrada de Sicre en suelos cuaternarios. Principalmente se presenta en la zona media de la Quebrada.

b) Vertiente de montaña empinada

Esta unidad se ubica en el sector norte de la Quebrada de Sicre y Quebradas aledañas donde se presentan pendientes comprendidas entre (45 a 60%) esto es debido principalmente a la exposición de materiales geológicos (rocas intrusivas) siendo rocas duras contribuyen a formar topografías de pendientes altas.

Esta geoforma ocupa un 45% de la Quebradas Sicre y se presenta en la zona central y superior de la Quebrada en zonas donde la pendiente es de 20 a 30°

c) Vertiente de montaña escarpada

Esta geoforma es la que presenta mayor geodinámica externa debido a que se encuentra cerca al curso de los ríos principales y secundarios de la Quebrada Sicre. Esta unidad se presenta en su mayoría con pendientes de 45° a más.

La unidad ocupa un porcentaje de 35 % de la superficie de la Quebrada son unidades que se presentan de manera continua en el curso del río a partir de la zona media hacia la superior de la Quebrada Sicre, litológicamente en su mayoría está constituida por rocas ígneas (Sienogranito). Actualmente la mayoría de esta zona está cubierta por cobertura vegetal, arbustos, arboles.



Ilustración 5. Colinas, montañas en zona central de la quebrada.

2.1.2.2. RELIEVE COLINOSO

a) Colina Alta Moderadamente Disectada

Esta unidad geomorfológica, ocupan la parte central de la quebrada siendo constituido litológicamente por suelos triturado compuesto por pizarras y micro conglomerados cubierto de forma tupida por la cobertura vegetal características de la zona.

2.1.2.3. PIE DE MONTE

a) Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (Proluvial)

Esta unidad geomorfológica, ocupan las partes bajas del relieve montañoso y colinoso adyacentes a las referidas zonas; son fragmentos rocosos heterométricos (cantos, bolos y bloques, etc., con relleno limo arenoso -arcilloso depositado en el fondo de valles tributarios y conos deyectivos en la confluencia con el río Lucumayo.



Forman parte de la configuración de esta unidad geomorfológica las terrazas que se encuentran en el fondo de las Quebradas Calaquiña, Ipal, Sicre y Choquellohuanca, conformando un intenso valle donde actualmente es utilizado como terrenos agrícolas.



Ilustración 6 fondo de valle aluvial, colina disectada. Fuente propia.



CAPITULO III GEOLOGIA



3.1. Generalidades

La zona en estudio se encuentra ubicada en la carta geologica nacional, hoja 26q y 27q, Geologia de los cuadrangulos de Quillabamba y Machupicchu, escala 1:100 000. Estudio realizado por, Víctor Carlotto, José Cárdenas, Darwin Romero, Waldir Valdivia, Daniel Tintaya para el INGEMMET el año 1999. Las edades de las unidades geologicas estan dentro del Paleozoico que internamente van desde el Ordoviciano Inferior al Superior.

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOSTRATIGRAFICAS	GROSOR (Aprox. en m.)	LITOLOGIA	DESCRIPCIÓN	MAGMATISMO	
							VULCANISMO	PLUTONISMO
CENOZOICA	Cuaternario		Depósitos fluvio-aluviales y de deslizamientos			Gravas, arenas y limos		
			Depósitos morrénicos			Bloques, gravas, en matriz areno-arcillosa.	V V V	
	Paleógeno	Oligocena Eocena	Formación Ccolpaccasa	>700		Conglomerados en la base, areniscas cuarzosas feldespáticas pardas intercaladas con limolitas de color rojo.		
		Paleocena	Formación Quilque-Chilca	±170		Lutitas de color rojo ladrillo, areniscas feldespáticas y escasos niveles de conglomerados		
MESOZOICA	Cretáceo	Sup.	Grupo Yuncaypata	>100		Intercalación de areniscas con lutitas verdes, rojas y negras, yesos y calizas.		
		Inf.	Formación Huancané	<200		Areniscas cuarzosas de color blanco, rosado con laminación oblicua curva, conglomerados y delgados niveles de lutitas rojas.		
	Jurásico	Formación Huambutío	±300		Conglomerados, microconglomerados y areniscas feldespáticas de color rojo.			
	Triásico	Grupo Mitu	<1200		Volcánicos, bancos de conglomerados, Intercaladas con areniscas cuarzosas pardas, limolitas rojas, a veces algunas capas lenticulares de calizas.	V V V V	X X X X	
	Permiano	Sup.	Grupos Tarma-Copacabana	<1000		Calizas bien estratificadas con fósiles y localmente brechas calcáreas. Areniscas en delgados bancos intercalados con lutitas negras.		
Inf.								
PALEOZOICA	Pensilvaniano		Grupo Ambo	>300		Conglomerados con clastos de cuarcitas, esquistos, cuarzo, etc. Cuarcitas, areniscas y pizarras negras.		
	Devoniano		Formación Quillabamba	±1000		Pizarras, esquistos, grises y negros intercalados con niveles delgados de cuarcitas grises y blancas sin estratificación visible, calizas en la base.		+ + + +
	Ordoviciano	Superior	Formación San Gabán	500		Intercalación de pizarras, diamictitas cuarcitas y microconglomerados al techo.		
			Formación Sandía	±1000		Pizarras con nódulos calcáreos, areniscas cuarcíticas blancas y grises, localmente negras.		
		Med. / Inf.	Grupo San José	>2000		Pizarras, esquistos verdes, grises a negros con pirita, cuarcitas y lutitas bandeadas; exudaciones de azufre.		
	Cambriano?			>2000		Cuarcitas blancas y grises, mármoles, gneises micaesquistos y localmente anfibolitas.		

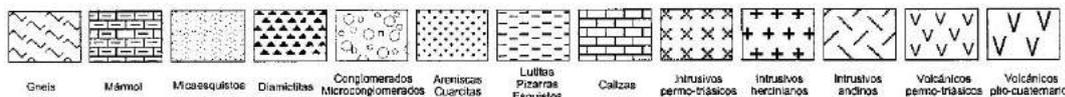


Ilustración 7. Columna estratigrafica regional de los cuadrangulos 26q y 27q. Tomado de Boletín N°127 Serie A

3.2. GEOLOGIA REGIONAL

La geología está constituida por unidades litoestratigráficas con edades que van del Paleozoico inferior como la Formación Málaga y el Grupo San José, (Carlotto et al 1999), depósitos aluviales

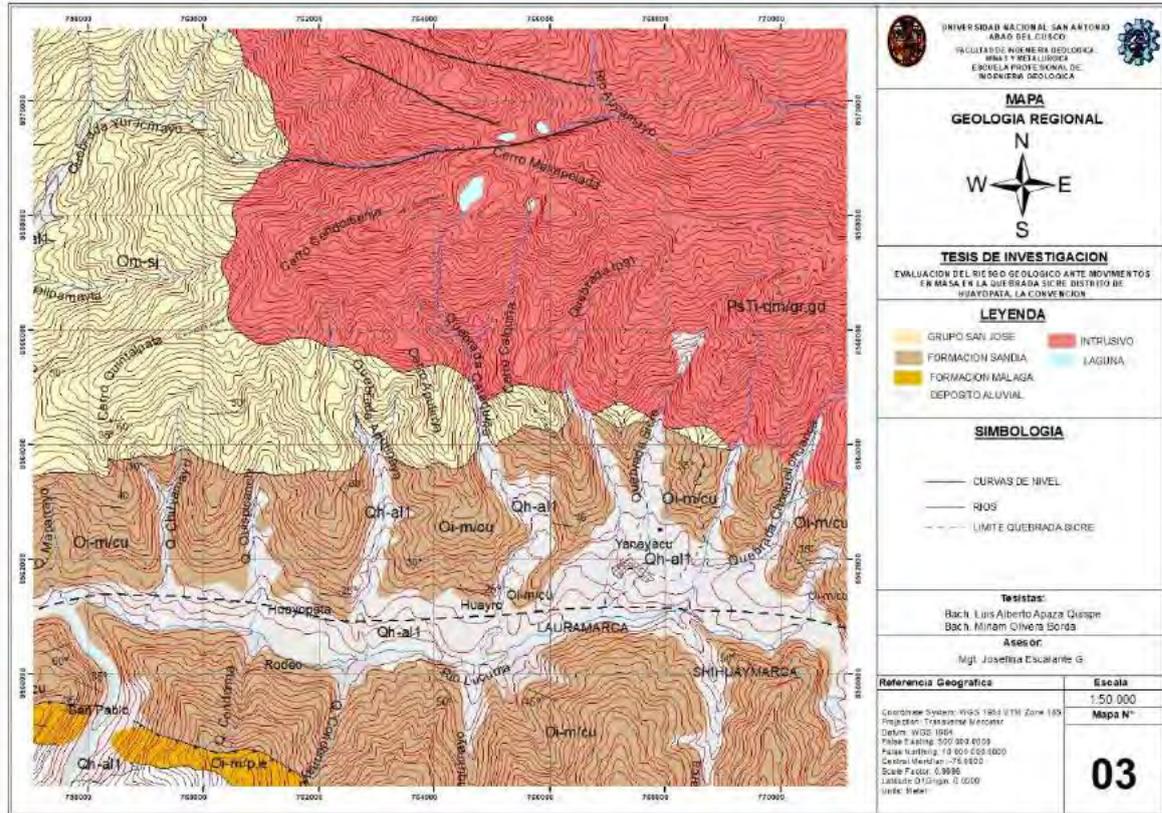


Ilustración 8 Mapa geológico Regional. Modificado de cuadrángulo 26q y 27q del INGEMMET (Carlotto, Cardenas, Romero, Valdivia & Tintaya, 1999)

a) GRUPO SAN JOSÉ.

Aflora en el cerro Calquiña. Está compuesta principalmente por pizarras grises con contenido de piratas diseminada y esquistos se hallan fuerte mente foliadas (Romero & Torres 2003). Substrato meteorizado, fracturado de calidad geotécnica media.

El Grupo San José (LAUBACHER, 1977; DE LA CRUZ & CARPIO, 1996) aflora ampliamente en el extremo norte del cuadrángulo de Quillabamba (cerros Sango batea y Chapo), en Maranura, Echarate. Igualmente, aflora en el cuadrángulo de Machupicchu, entre el río Tambobamba y la Quebrada Tecte y entre Huyro y Lucuma.

Una coloración verde de los esquistos, caracteriza los afloramientos del cuadrángulo de Machupicchu, en tanto, que los esquistos del cuadrángulo de Quillabamba son grises a negros, en estos últimos se presenta la pirita y las exudaciones de azufre. Por otra parte, en el contacto del Grupo San José con los intrusivos permo-triásicos se pueden ver algunos

minerales de metamorfismo de contacto, como la andalusita. La parte superior del Grupo San José es más arenosa e indica el paso transicional a la Formación Sandía. El grosor estimado de esta unidad es al menos de 2 000 m, sin embargo, la presencia de pliegues a diferentes escalas, explica un mayor grosor aparente. (Carlotto et al 1999).

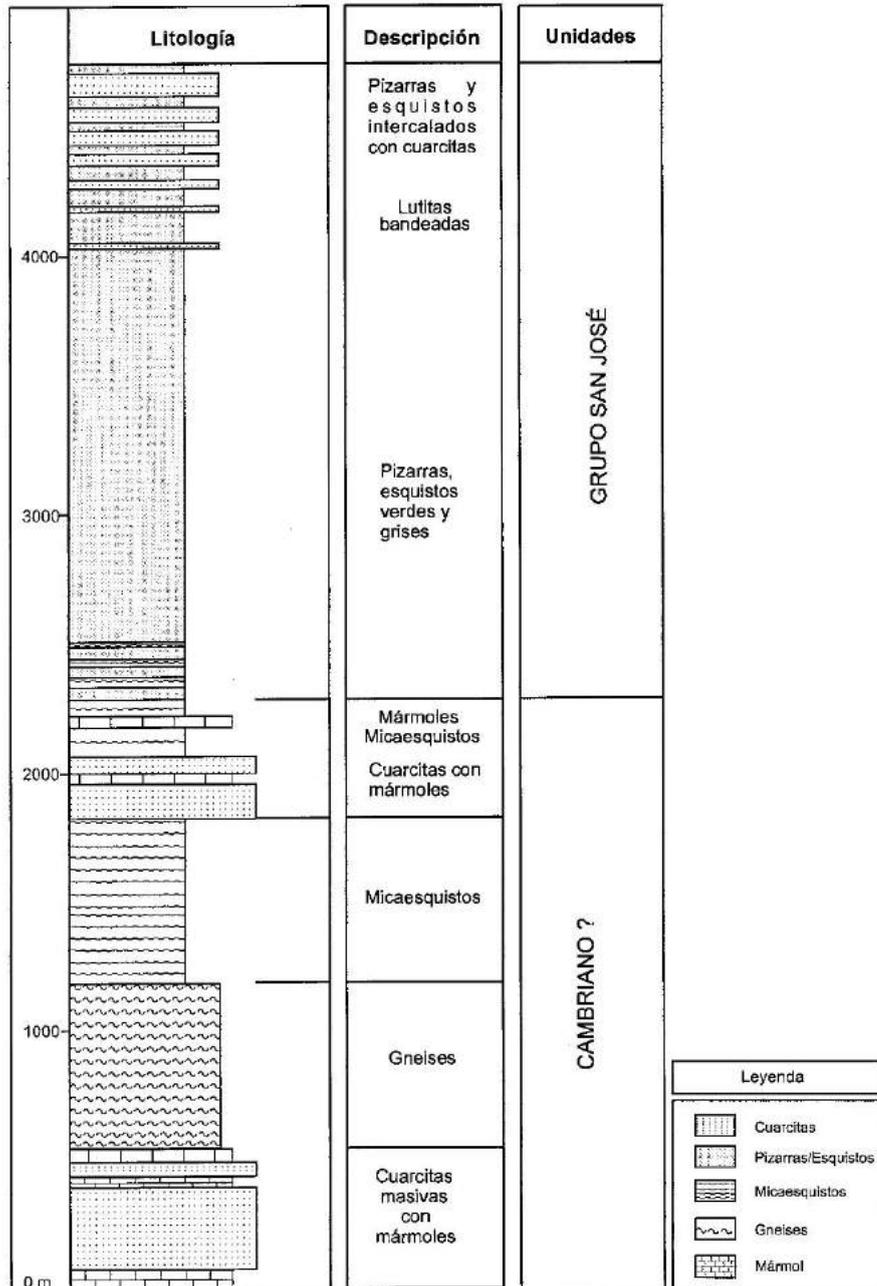


Ilustración 9. Columna estratigráfica del Cambriano? y del grupo San José (Ordoviciano). Tomado de Boletín N°127 Serie A

b) FORMACIÓN SANDÍA

(Carlotto et al 1999).

La Formación Sandía aflora, en el sector de Oyara- Paltaybamba, y entre el río Aobamba y Santa Teresa (cuadrángulo de Machupicchu). Igualmente, aflora al suroeste de Cirialo, noroeste de Sangobatea; en los alrededores de la ciudad de Quillabamba, particularmente

en las partes altas de los cerros circundantes y en contacto con cuerpos intrusivos (cuadrángulo de Quillabamba).

Litológicamente la Formación Sandía está compuesta por cuarcitas metacuarcita a veces laminadas, pizarras y microconglomerados (cerro Santo Domingo, este de Quillabamba). Cerca al contacto con los intrusivos, se presentan hornfels, que se han producido por metamorfismo de contacto. Al techo de la unidad, las pizarras generalmente presentan nódulos calcáreos (norte de Quillabamba)

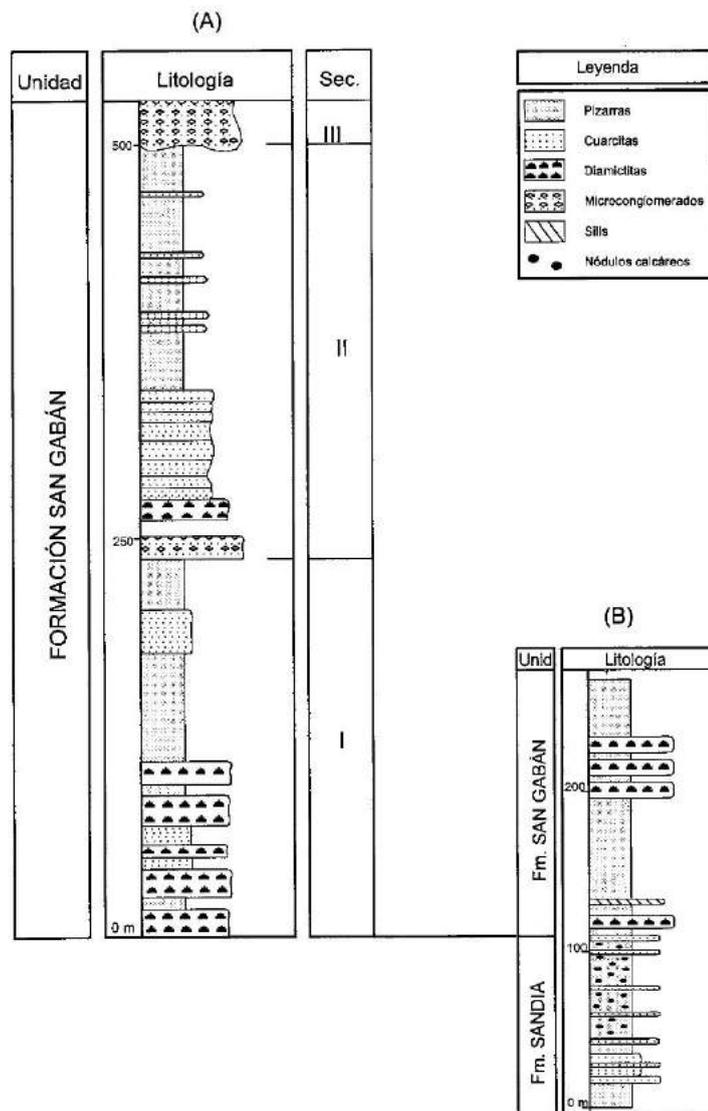


Ilustración 10. Columna litoestratigrafica de la parte superior de la formacion Sandia y de la formacion San Gaban. Tomado de Boletin N°127 Serie A

c) ROCA INTRUSIVA.

Se ubica en la parte sureste del cuadrángulo de Quillabamba, tiene una dirección general ONO-ESE y un área de 181 km². Aflora en los cerros Mesapelada, Condorsenja, Socorroyoc y San Miguel, prolongándose por el este, hacia los cuadrángulos vecinos de Quebrada Honda y Urubamba, en este último se le conoce como bato lito de Mesapelada. Este macizo intruye rocas del Grupo San José y de las formaciones Quillabamba y Sandia. En el contacto con la Formación



Sandia ha formado una aureola de hornfels, donde se observa frecuentemente la siguiente paragénesis: Biotita-andalusita y biotita-cordierita, la turmalina a menudo se halla presente. En las cercanías de los contactos intrusivos y pizarras se notan pliegues de flujo en la caja, tal como se observa en el borde sur del macizo (MAROCCO, 1978).

Estas rocas macroscópicamente tienen textura fanerítica de grano grueso y son leucócratas. Microscópicamente las muestras: M-151 y M -294 (Fig. N° 21) (ver apéndice petrográfico) dan sienogranitos con microclina peritítica subhedral y textura poiquilítica; el cuarzo es anhedral y poco fracturada; las plagioclasas son de la variedad oligoclasa, con macla polisintética y combinada; las biotitas son subhedrales y presentan débil fracturamiento.

3.3. DEPOSITOS CUATERNARIOS

Considerando los conos aluviales y de deyección dentro de estos depósitos. Estos conos están adosados principalmente a la desembocadura de las quebradas adyacente a las principales Quebradas que se dirigen hacia el río. Estos conos están compuestos por grandes bloques de rocas ígneas, envueltos por una matriz areno- arcillosa. Estos depósitos se reconocen en las quebradas, donde mayormente se han edificado los centros poblados de Pedregal, Tablahuasi y sicre y áreas agropecuarias.

GEOLOGIA LOCAL

El contexto de geología local se han podido identificar 3 unidades geológicas, las cuales son: Depositos coluviales, depósitos Aluviales, roca intrusivo (sienogranito).

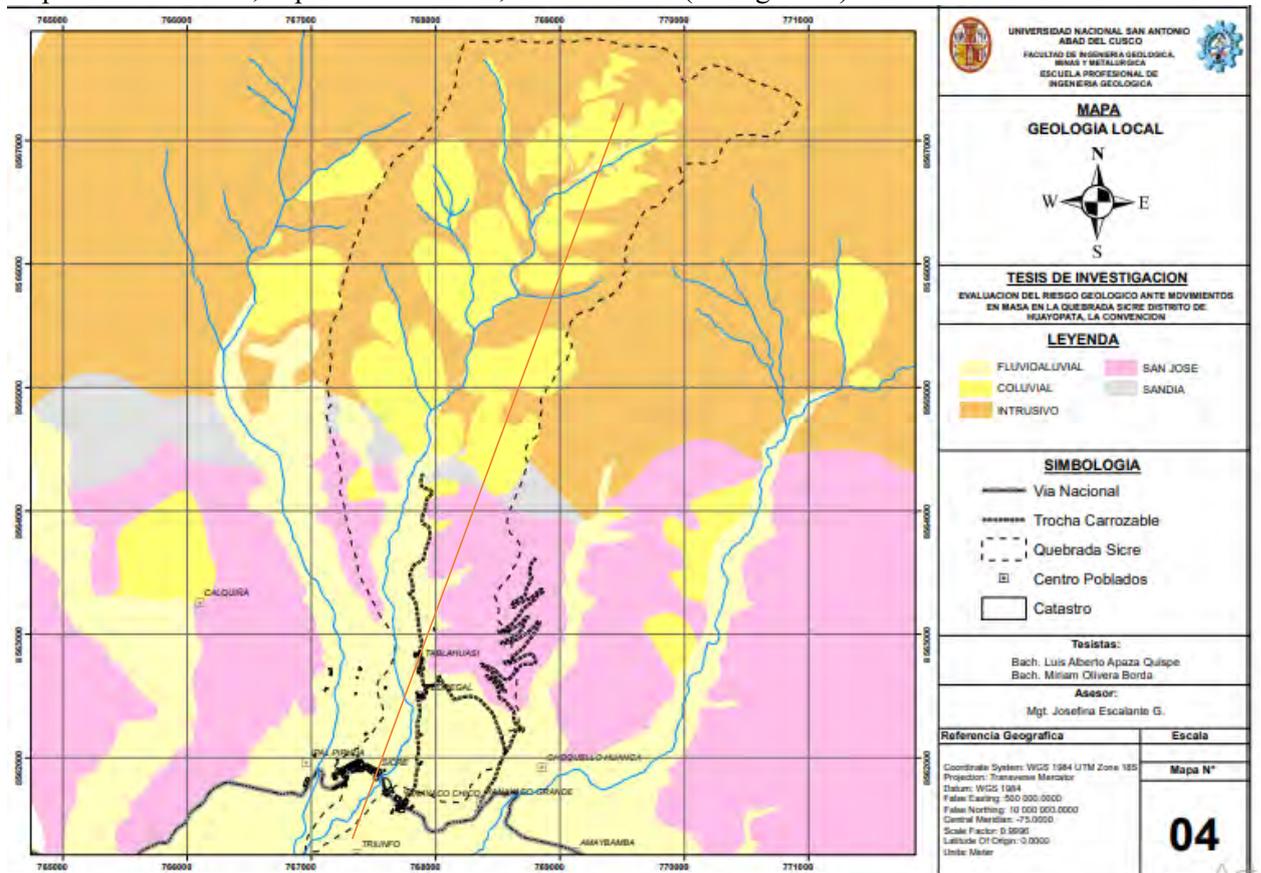


Ilustración 11. Mapa Geológico Local. Fuente: Elaboración propia.

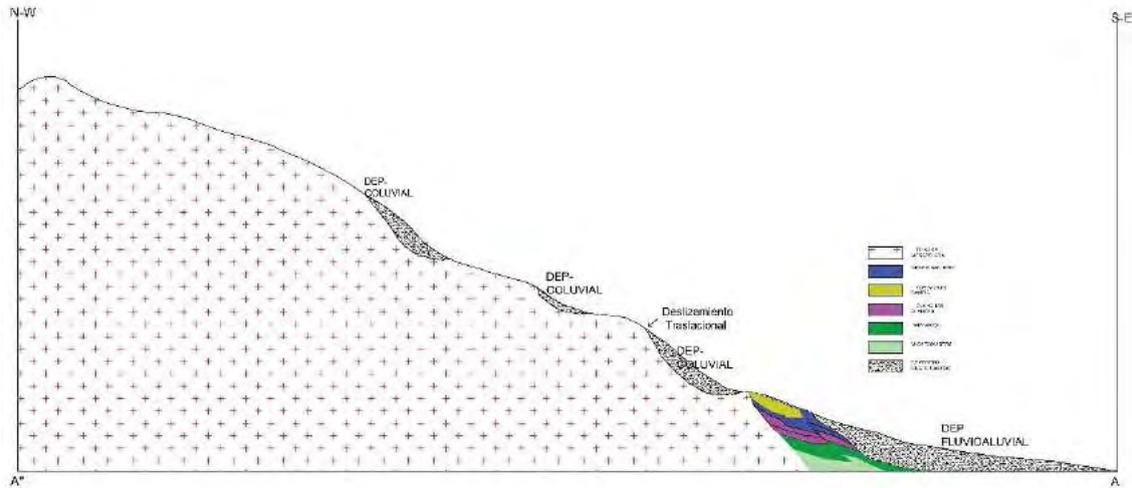


Ilustración 12. sección Geológica para la quebrada Sicre. fuente: Elaboración Propia.

Para la descripción petrográfica de estos suelos hemos utilizado las clasificaciones mas utilizadas para la descripción petrológica como Pettijohn, Folk, Dott Limariano, etc. Estas clasificaciones, de rocas sedimentarias clásticas, relacionan el tamaño de los granos (clastos) con la composición mineralógica, que se sintetiza en la identificación del porcentaje de minerales de cuarzo, feldespatos y fragmentos de rocas, así como la relación entre los clastos y la matriz

Tabla 6. Clasificación granulométrica de los sedimentos de Wentworth (1922), modificado por Ulmen-Scolle (2014). Fuente Hernández U. (2017).

Milímetros (mm)	Escala Phi (ϕ) Krumbein	Clases de tamaño de Wentworth	
4096	-12	Bloque	Gravas
256	-8	Canto	
64	-6	Guijarro	
4	-2	Gránulo	
2	-1	Arena muy gruesa	
1	0	Arena gruesa	
1/2 — 0.5	1	Arena media	
1/4 — 0.25	2	Arena fina	
1/8 — 0.125	3	Arena muy fina	
1/16 — 0.0625	4	Limo grueso	Limos
1/32 — 0.0312	5	Limo medio	
1/64 — 0.0156	6	Limo fino	
1/128 — 0.0078	7	Limo muy fino	
1/256 — 0.0039	8		Arcillas
0.00006	14	Arcilla	

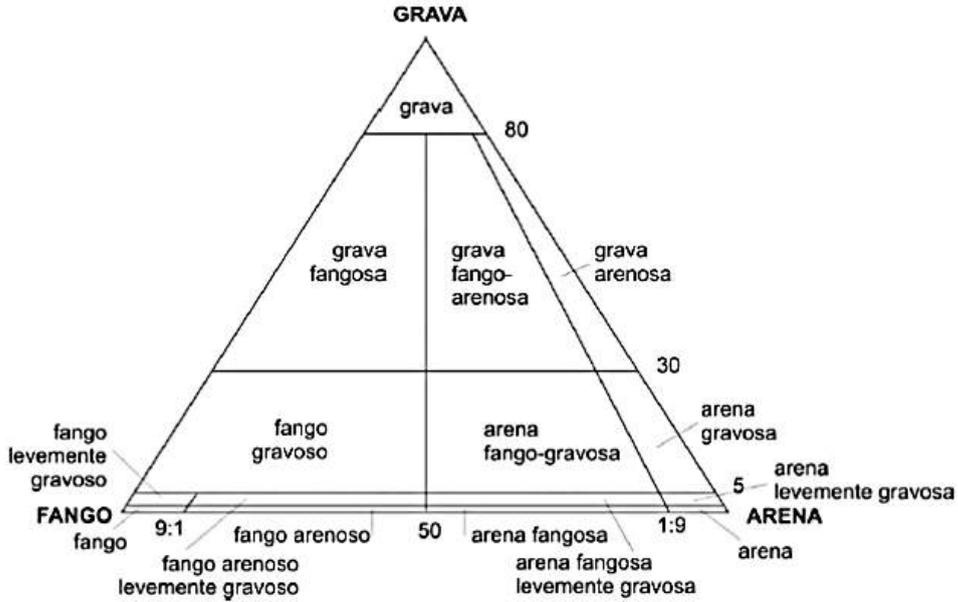


Tabla 7. clasificación de sedimentos con participación de la fracción pefítica (Folk et al. 1970).

En la Quebrada de Sicre también se identificó rocas Intrusivas que están aflorando por motivo de la erosión fluvial, que según la clasificación del Triángulo Q-A-P para rocas plutónicas y pórfidos hipoabisales, tomado y modificado de STRECKEINSEN (1972). Pertenecen a Sienogranito



Tabla 8. Triángulo Q-A-P para rocas plutónicas y pórfidos hipoabisales, tomado y modificado de STRECKEINSEN (1972).

a) DEPOSITOS COLUVIALES:

Este tipo de depósitos es producto de la alteración y desprendimiento insitu de los macizos rocos a lo largo de la Quebrada Sicre están compuesta por bancos de suelos no consolidados, consistentes básicamente por bloques angulosos, gravas, arenas y finos, todas ellas ubicándose en las plataformas estructurales y pie de los deslizamientos.

Estos depósitos cuaternarios limo arcilloso con presencia de clastos angulosos presentan una tonalidad café grisácea presentan compacidad suelta con ligera presencia de arcilla los clastos son polimicticos y angulosos, heterometricos de buena gradación con presencia de bloques de tamaños variables, siendo representado con 70% de limos arcillosos y 30% de bloques de roca.

Estos depósitos tienen mayor predominancia en la Quebrada Sicre e importancia con respecto a los movimientos en masa ya que en combinación con las precipitaciones son los causantes de los flujos de detritos. Estos depósitos tienen una potencia en la parte superior de $\pm 3 - 5$ m, en la zona intermedia la potencia aumenta variando en $\pm 6 - 10$ m, continuando hacia la parte inferior de los depósitos estos aumentan observándose en los bordes de la Quebrada Sicre variando $\pm 10 - 16$ m.



Foto 2. Se muestra la parte inferior de los depositos coluviales. fuente Propia



Foto 3. Se muestra la parte inferior de los depositos coluviales. fuente propia.

b) DEPOSITO FLUVIOALUVIALES

Este tipo de depósitos están compuesta por bancos de suelos no consolidados y detritos mal clasificados cuya granulometría se presenta desde cantos rodados, gravas hasta arena de grano grueso de compacidad suelta, presentándose en la parte baja de la Quebrada bloques de roca de 2-2.5 m de diámetros y en la parte intermedia se presentan rocas de 10 – 15 cm de diámetro donde los clastos son generalmente sub angulosos, Este depósito de fluvioaluviales se emplaza desde la parte intermedia siguiendo la dirección de la Quebrada Sicre, además estos se pueden apreciar en los bordes de la Quebrada antes mencionada, teniendo en cuenta el bajo declive para su depositacion.

Estos depósitos cuaternarios de tonalidad café grisácea y compacidad suelta están compuestas por gravas subangulosas heterometricas con presencia de bloques dentro de una matriz arenosa de grano medio con ligera presencia de limos de media a buena gradación con presencia de bloques de tamaños variables, siendo representado con 65% de gravas y 35% de matriz compuesta de arena limosa.

La potencia de esto depósitos fluvioaluviales en la parte intermedia son de hasta los 5.00 m. en su gran mayoría existe una deposición temporal, ya que durante las precipitaciones estas son removidas y movilizadas para su posterior depositacion en las partes más bajas de la misma Quebrada



Foto 4. Depositos Fluvioaluviales de hasta 5m de altura. Fuente Propia.



Foto 5. bloques de hasta 1.80 de diámetro transportados por los flujos de detritos. Fuente Propia.

c) ROCAS INTRUSIVA (SIENOGANITO)

macroscópicamente tiene textura fanerítica de grano grueso y son leucócratas. A partir del análisis estructural de fallas podemos distinguir varios eventos tectónicos uno de compresión NE-SO que parece el más importante y afecta a los intrusivos y a rocas del Paleozoico inferior, este evento es relacionado a la evolución Andina, macizo muy fracturado, intemperizado de calidad geotécnica media

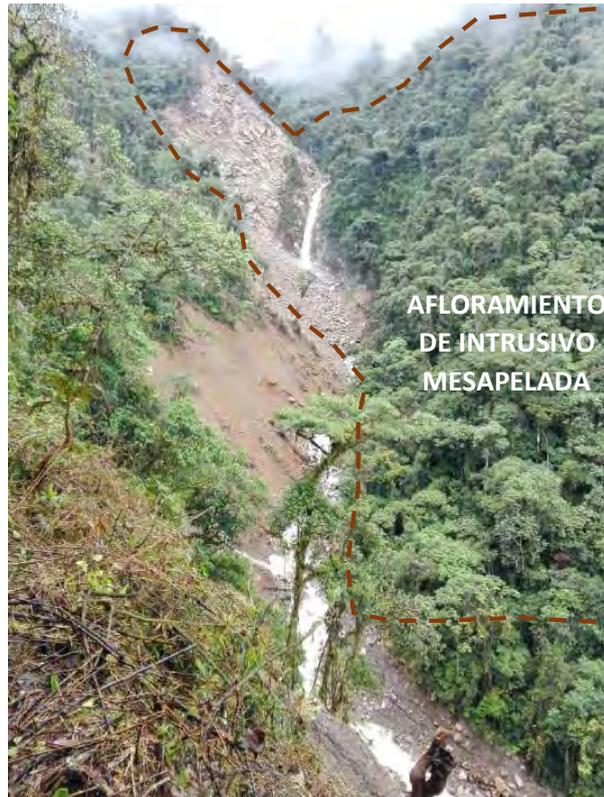


Foto 6. Vista panoramica del intrusivo de Mesapelada en la Quebrada Sicre. Fuente Propia.



Foto 7. Intrusivo de Mesapelada en la Quebrada Sicre. Fuente Propia.



CAPITULO IV

GEOLOGIA ESTRUCTURAL

4.1. GEOLOGIA ESTRUCTURAL REGIONAL

En la región de Cusco y particularmente en el cuadrángulo 26q del Cusco existen varias fallas siendo las más representativas la falla de Quillabamba y Lucuma Chaullay las cuales pertenecen al sistema de fallas de ollantaytambo-vilcabamba-quimbiri y a su vez está perteneciendo al sistema de fallas de la cordillera oriental las cuales han sido estudiadas en detalle por Benavente, C.; Delgado, F.; Taibe, E.; Audin, L. & Pari, W. (2013) - Neotectónica y peligro sísmico en la región del Cusco, INGEMMET. Boletín, Serie C,

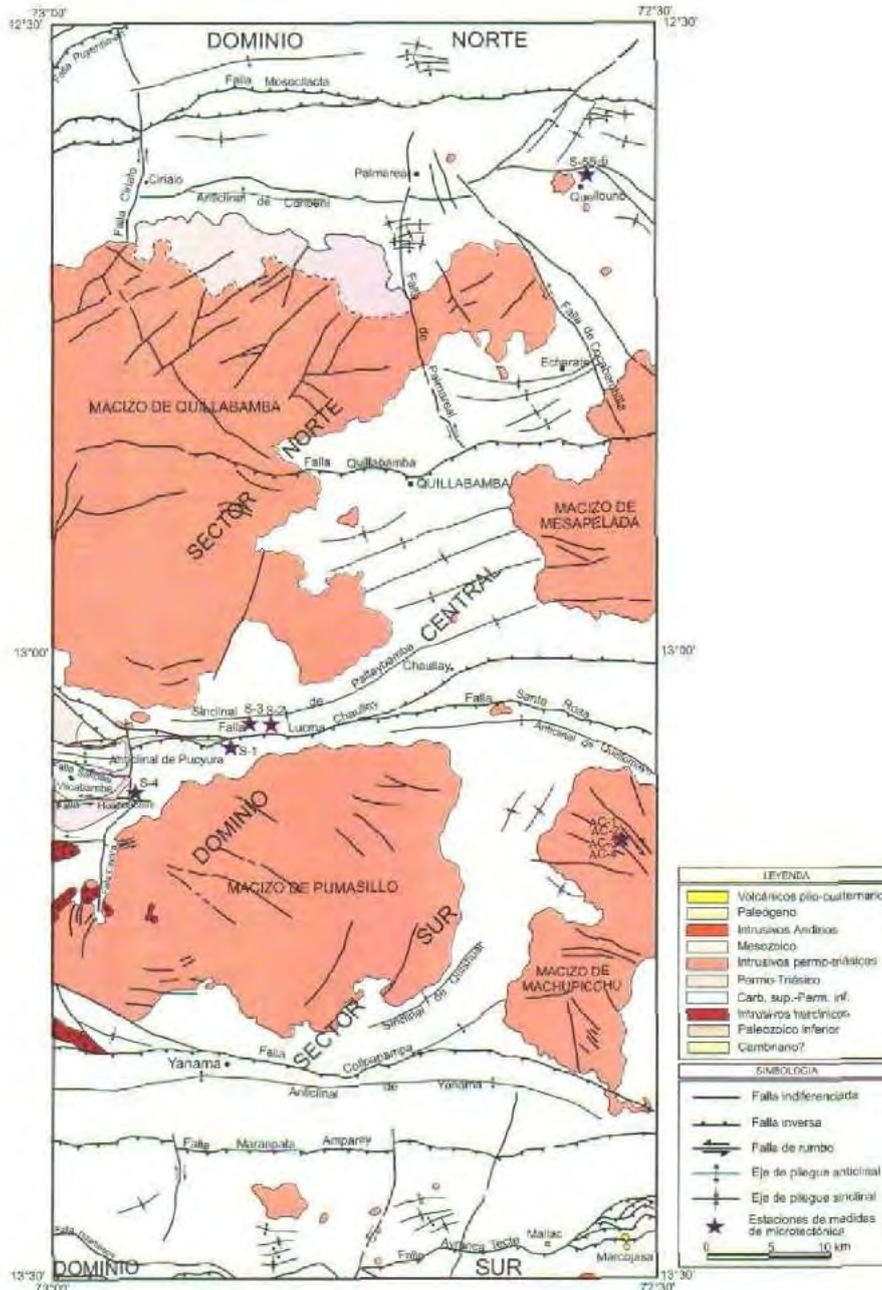


Ilustración 13 Mapa Estructural Regional, tomado de boletín A127 Quillabamba (26q) y Machupicchu (27q).

nuestra zona de estudio no viene a ser ajena a estos comportamientos estructurales ya que las fallas locales y lineamientos en su mayoría tienen similar dirección de rumbo la cual se asemeja a la deflexión de la cadena andina.



A) FALLA LUCUMA CHAULLAY

Esta falla se ubica al noroeste del Cusco y divide a los macizos rocosos de Mesapelada y Machupicchu, pertenece al sistema de fallas de Ollantaytambo-Vilcabamba-Quimbiri con dirección aproximada E-0 que parecen ser muy antiguas y con una distancia de 145 km que aparentemente han controlado la sedimentación del Paleozoico inferior, la falla regional como Lucuma-Chaullay han sido estudiadas, así, la Estación 1 de Cedropata medida en rocas del Grupo San José muestra que se trata de fallas inversas sinestrales que indican una compresión local NE-SO (Carlotto 1999), esta falla ha jugado durante la deformación herciniana, reactivándose también en el Cenozoico, durante la tectónica Andina.

B) FALLA SANTA ROSA

La falla Santa Rosa tiene un comportamiento inversas sinestrales que indican una compresión local de NE-SO (Carlotto 1999), esta falla tiene dirección aproximada E-0 que parecen ser muy antiguas y que aparentemente han controlado la sedimentación del Paleozoico inferior, y ha jugado durante la deformación herciniana, reactivándose también en el Cenozoico, durante la tectónica Andina.

C) SINCLINAL DE PALTAYBAMBA

(Carlotto et al 1999).

El sinclinal de Paltaybamba muestra una dirección E-0 a ENE-OSO, lo que es ratificado por el análisis estructural (Fig. No 32), en efecto, medidas realizadas en las cuarcitas de la Formación San di a en los alrededores de Paltaybamba, dan una dirección de pliegue $N 65^\circ$ y con eje axial buzando ligeramente al sur.

4.2. GEOLOGIA ESTRUCTURAL LOCAL

En nuestra zona de estudio la geología estructural juega un papel importante para la propagación de movimientos en masa por geodinámica externa, así identificando 4 unidades muy importantes, que a continuación se describen.

Los desplazamientos locales se han podido identificar en las zonas erosionadas causadas por el río y así infiriendo su longitud con vistas panorámicas las cuales muestran discontinuidades como asentamientos.



Ilustración 14. Falla inversa, $N65W$; $72 NE$. Produciendo microfracturamiento en el contacto. E:767949.25 ; N:8564787.07

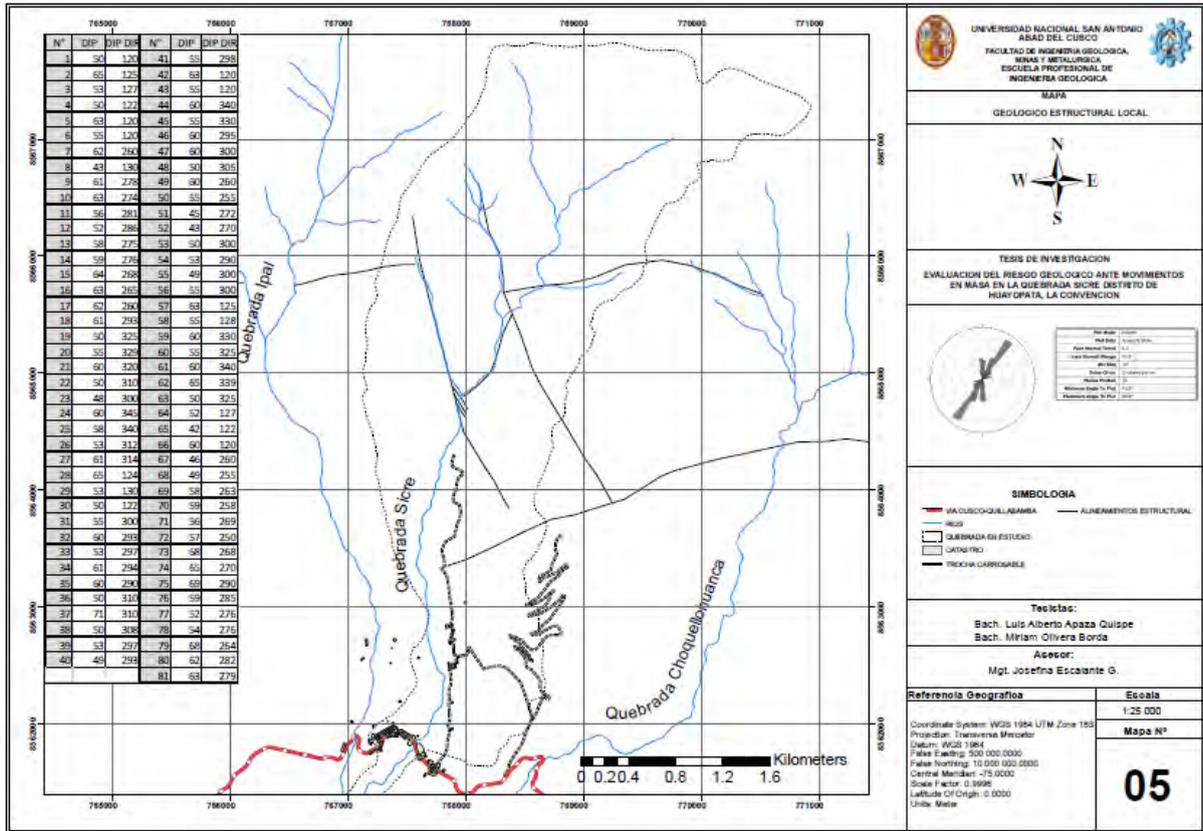


Ilustración 15. Mapa Estructural Local. Fuente: Elaboración Propia

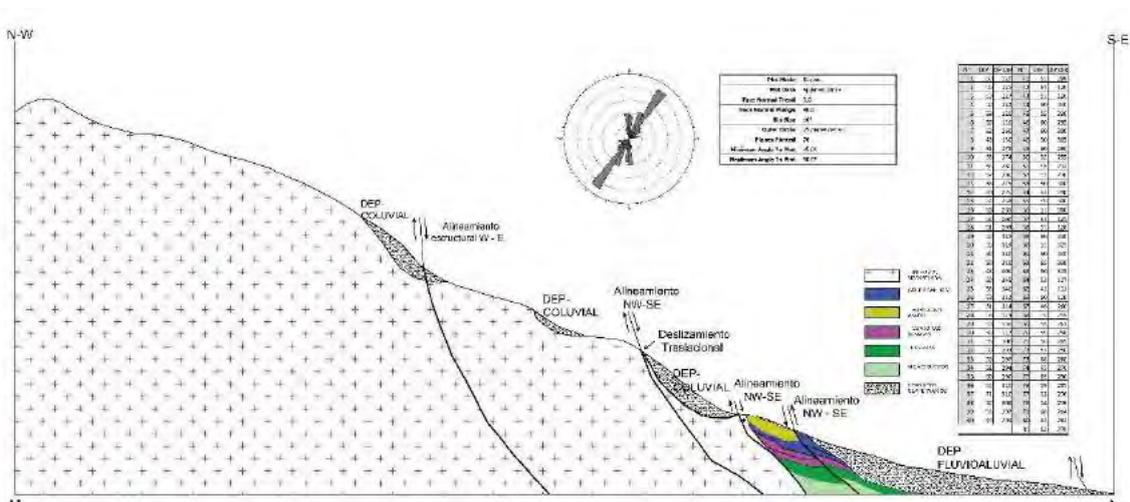


Ilustración 16. Sección geológica estructural donde se observa las principales fallas en la quebrada sicre. fuente propia.

para realizar un análisis con mayor detalle en el macizo rocoso se ha realizado la recolección de datos de rumbos y buzamientos en las diaclasas, en campo, datos que se tomaron a lo largo de la Quebrada Sicre alrededor de su cause principal y sectores de las ambas margenes, con el que se pudo construir una roseta de vientos y un mapa estructural. Dichos datos se muestran en la tabla siguiente:



DATOS ESTRUCTURALES TOMADOS EN QUEBRADA SICRE				
ZONA	COORDENADAS		RUMBOS	BUZAMIENTOS
	X	Y		
18S	767969.508	8564530.5	N35W	50NE
18S	767963.296	8564555.4	N32W	56NE
18S	767954.223	8564594.03	N34W	54NE
18S	767970.959	8564627.17	N42W	62NE
18S	767970.334	8564656.42	N40W	61NE
18S	767953.303	8564681.37	N45W	57NE
18S	767962.492	8564691.73	N43W	56NE
18S	767957.289	8564723.53	N41W	54NE
18S	767957.73	8564714.08	N39W	50NE
18S	767952.353	8564731.51	N46W	64NE
18S	767945.51	8564742.56	N42W	63NE
18S	767957.73	8564746.63	N45W	61NE
18S	767953.364	8564766.47	N41W	58NE
18S	767953.837	8564789.22	N42W	66NE
18S	767947.611	8564797.79	N38W	57NE
18S	767948.601	8564816.08	N46W	62NE
18S	767965.27	8564802.19	N42W	61NE
18S	767961.941	8564816.86	N28E	58SE
18S	767957.025	8564824.99	N30E	50SE
18S	767984.916	8564842.67	N27E	60SE
18S	767994.837	8564851.01	N29E	58SE
18S	768001.187	8564864.9	N30E	61SE
18S	767985.312	8564861.32	N27E	57SE
18S	768178.545	8565037.36	N32E	44NE
18S	768144.82	8565098.94	N34E	43NE
18S	768247.826	8565116.3	N31E	39NE
18S	768272.863	8565197.6	N36E	44NE
18S	768499.078	8565724.39	N56E	46NE
18S	768370.66	8565561.72	N5W	74NE
18S	768361.215	8565585.18	N15W	65NE
18S	768377.496	8565534.13	N6E	68NW
18S	768332.151	8565381.7	N8E	71NW
18S	768307.743	8565323.49	N16E	69NW
18S	768165.331	8565061.49	N42W	50NE
18S	768376.054	8565472.64	N43W	66NE
18S	768404.224	8565478.35	N55W	54NE
18S	768212.337	8564975.65	N42W	62NE
18S	768163.837	8564963.32	N41W	61NE
18S	768113.879	8564912.74	N39W	56NE

Tabla 9. Datos de buzamiento y rumbo tomados en la Quebrada Sicre. Fuente Propia.

de lo cual se concluye que en la zona de estudio se registraron 2 sistemas de fracturas principales, la primera que se alinea de W-E la cual obedece a las fallas regionales de Quillabamba y LUCUMA CHAULLAY y la segunda de NW-SE.

A) ALINEAMIENTOS EN DIRECCION W-E

Este alineamiento local se emplaza sobre parte de la zona de estudio donde las génesis de estas fueron dadas por esfuerzos tensionales dando como resultado fallas normales entre las fallas regionales de Quillabamba Y Lucuma Chaullay.

El resultado se hace notar en alineamientos triangulares en la misma dirección que pasa por la Quebrada Sicre.



Ilustración 17. Alineamientos Estructurales en dirección W-E. Tomado de Google Earth

B) ALINEAMIENTOS EN DIRECCION NW-SE

Estos alineamientos se presentan de forma semi perpendicular a los otros alineamientos se presentan en la parte centro de la Quebrada los cuales han sido identificadas en la toma de datos de rumbos y buzamientos por el recorrido del río aguas arriba haciendo identificación de las fallas con las fracturas, dentro de las cuales estas fallas han direccionado el curso del río ayudándonos a identificarlos en campo, los datos obtenidos se puede observar en la tabla N°6 y la ubicación de los datos en el mapa de geología estructural.

Identificándolos a estos alineamientos más como fallas de rumbo (dextral normal)



Ilustración 18. Alineamientos Estructurales en dirección NW-SE. Tomado de Google Earth



CAPITULO V

HIDROLOGIA E HIDROGEOLOGIA



5.1.HIDROMORFOMETRIA

A fin de realizar los cálculos hidrológicos en la Quebrada Sicre se ha realizado una delimitación de su microcuenca, tomando sus parámetros hidromorfométricos en referencia a ésta área delimitada. Ésta área de la microcuenca Sicre no representa el total del área de estudio, sino que sólo se tomará como referencia para los cálculos hidrológicos.

Para describir los parámetros hidromorfométricos, debemos tener en cuenta las características cuantitativas de la fisiografía de la microcuenca.

El análisis morfométrico es el estudio de un conjunto de variables lineales, de superficie, de relieve y drenaje; que permite conocer las características físicas de una cuenca, lo cual permite realizar comparaciones entre varias cuencas, así como ayuda a la interpretación de la funcionalidad hidrológica y en la definición de las estrategias para la formulación de su manejo. (Gaspari, 2012)

Para el cálculo de los parámetros hidromorfométricos, como es el caso del área, perímetro, longitud del cauce; se utilizó el software ArcGis, los cuales se describen a continuación:

A. Área

La microcuenca de Sicre, tiene un área de 10.5045 Km².

B. Perímetro

La microcuenca de Sicre tiene un perímetro de 19.4843 Km.

C. Forma De La Microcuenca

El criterio a considerar, para determinar este parámetro, es el factor forma (Fc), que nos da de manera cuantitativa la forma de la cuenca, con la siguiente expresión:

$$F_c = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

F_c; forma de la cuenca.

A; área de la Cuenca (Km²).

L; longitud del Curso de agua más largo (Km).

Además, teniendo en cuenta el criterio de la forma de la cuenca:

RANGO	FORMA DE LA CUENCA
0.0 – 0.2	Estrecha y alargada
0.2 – 0.4	Semi alargada
0.4 – 0.6	Semi rectangular

De esta manera, obtendremos los datos de la forma de la cuenca.

Microcuenca Sicre

$$F_c = \frac{10.5045}{7.8021^2}$$



La microcuenca de Sicre con el Factor forma de 0.1725, tiene la forma **Estrecha y alargada**

D. Drenaje

Tomando en cuenta la densidad de drenaje, que se refiere a la relación entre la longitud total, de los cauces de aguas (permanentes y temporales) y el área de la microcuenca, como indica la siguiente relación:

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

Donde:

Dc; densidad de drenaje.

Lc; longitud total de los cauces de agua (Km).

A; área total de la cuenca (Km²).

Además de los criterios de escala de drenajes:

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

Microcuenca Sicre:

$$Dd = \frac{13.9462}{10.5045}$$

$$Dd = 1.3276$$

Tomando en cuenta la densidad de 1.3276, se tiene que la microcuenca de Sicre tiene drenaje REGULAR.

E. Pendiente Media

Para determinar este parámetro se tomó en cuenta la de pendiente media del cauce del río, está representado por la expresión:

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

Donde:

Pm; pendiente media del Cauce (%).

A; punto más alto de la cuenca (m).

B; punto más bajo de la cuenca (m).

L; longitud del Cauce principal (m).

Además de los criterios de pendiente media del cauce:



RANGO	PENDIENTE MEDIA
0.0 – 5.0	Ligeramente inclinado
5.0 – 10	Ligeramente empinado
10 – 15	Moderadamente empinado
> 15	Empinado

De esta manera se obtiene los datos de la pendiente media del cauce:

Microcuenca Sicre.

$$P_m = \frac{(3710 - 1596)}{7802.1} * 100\%$$

$$P_m = 27.09\%$$

Tomando en cuenta la pendiente media de 27.09 %, se tiene que la microcuenca del Sicre es EMPINADO.

❖ Con los datos obtenidos de los parámetros geomorfológicos, a continuación, se resume en la siguiente tabla:

Tabla 10 .Resumen de Parametros de la Quebrada Sicre. Fuente Propia.

PARÁMETRO	UNIDAD
Área (Km2)	0.7584
Perímetro (Km)	3.8897
Factor Forma	0.3773
Densidad de Drenaje (Ríos/Km)	4.72
Pendiente media (%)	35.97%

5.2.HIDROLOGIA

La hidrología tiene un papel muy importante en el estudio de movimientos en masa ya que las precipitaciones de una cuenca hidrográfica suelen actuar como factor desencadenante en la geodinámica externa.

Hidrológicamente la ubicación de la quebrada sicre se encuentra en Cuenca del Urubamba inscrito en la Intercuenca Suriray - lucumayo.

NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	NIVEL 6
(4) Cuenca Hidrográfica Del Rio Amazonas	(49) Intercuenca Hidrográfica Alto Amazonas	(499) Intercuenca Hidrográfica del rio Ucayali	(4994) CUENCA URUBAMBA	(49949) CUENCA DEL RIO VILCANOTA	INTERCUENCA SURIRAY - LUCUMAYO N(499495) CUENCA DEL RIO HUAROCONDO N(499496) INTERCUENCA MEDIO VILCANOTA N(499497)

Ilustración 19. División hidrográfica según la clasificación PFAFSTETTER Modificado inventario de fuentes de aguas superficiales del rio vilcanota ambito de la ATDR-CUSCO



Generalidades de la cuenca de Urubamba:

La cuenca Hidrográfica del río Urubamba - código 4994 -, llamado también Urupanpa en tiempo del incanato, nace en los nevados Chiminico, Cuncapata, Sallapata y Jatun Ñaño Punta a los 5,265 m.s.n.m., en sus inicios pertenece a la cuenca del río Salcca, que al unirse con el río Vilcanota en el distrito de Combapata toma el nombre de río Vilcanota, recorre gran parte de la región Cusco con el nombre de río Vilcanota, y cambia de nombre a río Urubamba al pasar por la ciudad de Urubamba (donde se encuentra el Valle Sagrado de los Incas). Aguas abajo los afluentes principales son los ríos Yanatille, Yavero (Paucartambo), Mishagua e Inuya que fluyen sus aguas por la margen derecha. (mapa hidrografico e inventario de fuentes de aguas superficiales en el ámbito del ATDR sicuani)

Este río se sitúa al noreste del cuadrángulo de Machupicchu y en la parte oriental y septentrional del cuadrángulo de Quillabamba. Constituye el principal colector de las aguas provenientes de los valles de la vertiente norte de la Cordillera Oriental. El río Urubamba tiene una dirección variable, aparece algo sinuoso y con dirección E-0 en el sector de Machupicchu, luego cambia a NNO-SSE entre Aobamba y Quillabamba. De Quillabamba a Chahuares la dirección media es NE-SO, y de Chahuares a Cirial o se orienta nuevamente de E-0. A lo largo de su recorrido, el río Urubamba, recibe caudales de sus diferentes afluentes, destacando los ríos Aobamba, Santa Teresa, Santa María (Lucuma), Vilcabamba, Chuyapi, Yanatille, Coribeni y Cirialo. (cuadrángulo 26q - 27q, V. Carlotto, 1999).

Generalidades De La Intercuenca Suriray -Lucumayo

En la intercuenca de suriray-lucumayo, el río más representativo es el río Vilcanota con una longitud de 74.73 km y caudal de 75.77m³/seg, la intercuenca se encuentra ubicada entre las coordenadas UTM WGS 84 Norte 8531045–8536397 y UTM WGS 84 Este 801431-778544, políticamente se ubica en el departamento de Cusco, provincia de La Convención, La subcuenca abarca 2060.6 Km²

SUB CUENCAS 2DO ORDEN	AREA Km ²	PERIMETRO Km	LONGITUD RIO PRINCIPAL Km	PEND. (%)	RIOS IMPORTANTES EN CUENCAS 2° ORDEN	LONGITUD Km.	CAUDAL m ³ /seg
Interc.-Suriray-Lucumayo	2060.6	232.1	74.7	2.1	Río Vilcanota	74.73	75.77
					Río Lucumayo	45.71	25.7
					Río Sacsara	33.72	
					Río SantaTeresa	24.79	21.7
					Río Ahobamba	22.01	
					Río Cusichaca	21.79	
					Río Silque	21.09	
Río Tanjac	13.89						

Ilustración 20 Características de las cuencas y rios iportantes. fuente Modificado de ZZE la Convencion.

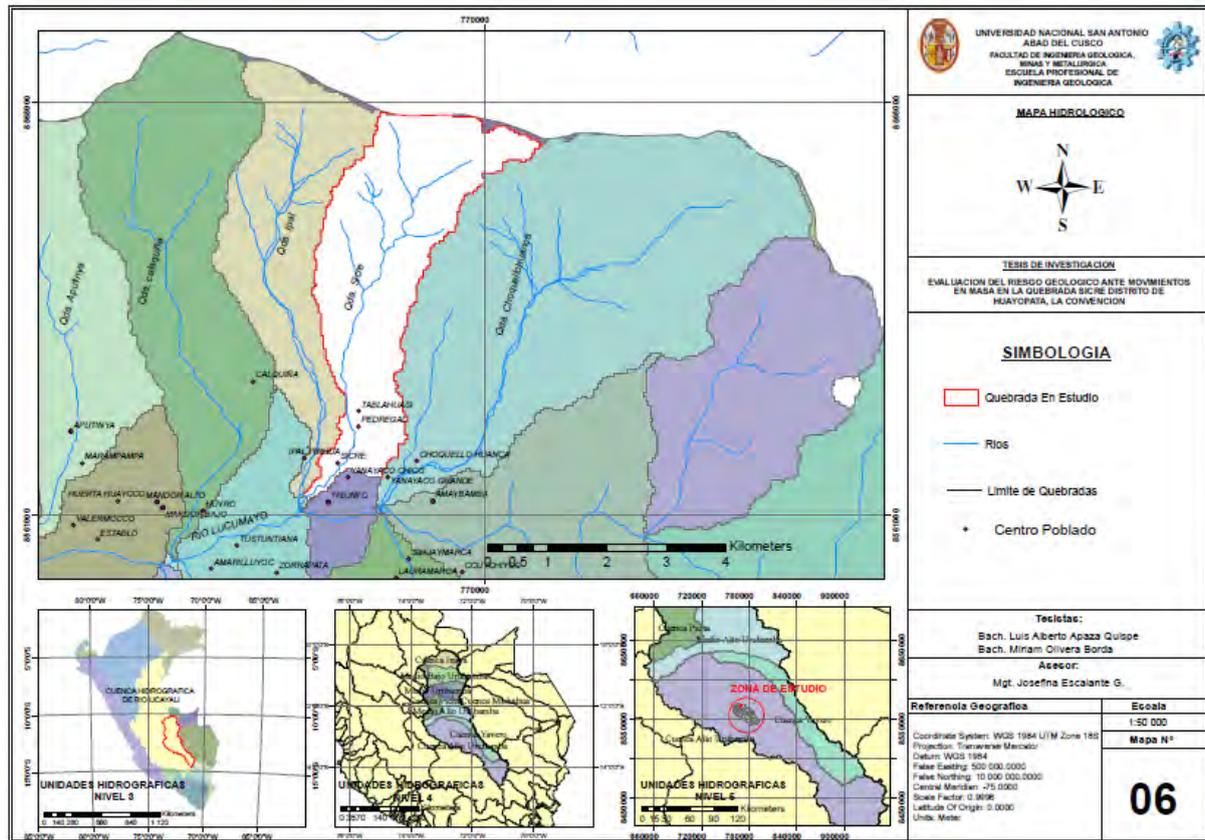


Ilustración 21. Mapa hidrológico para la quebrada Sicre. fuente elaboración propia.

Precipitación

La zona en estudio presenta precipitaciones intensas en los meses de diciembre a febrero siendo los meses más críticos para desencadenar movimientos en masa por lo cual la precipitación es un factor muy importante.

En la zona de estudio se ha podido apreciar precipitación de tipo orográfico producido por el contacto de aire calido con las montañas y nevados. lo cual es factor importante en la geodinámica externa

Se recopilaron datos de precipitaciones de tres estaciones meteorológicas (Quillabamba, Machupicchi y Yanatile) cercanas a la ubicación del punto de estudio, estos registros de datos están comprendidos desde el año 1996 al año 2018 (ver Anexo III).

Tabla 11. Estaciones Meteorologicas Utilizadas para la Quebrada Sicre. Fuente Propia.

ESTACION	COORDENADAS				ALTITUD	DISTRITO
	LATITUD	LONGITUD	X	Y		
Quillabamba	12° 51' 23.2"	72° 41' 30.2"	750517.4	8577616.2	1011	Echarate
Machupicchu	13°9'59.58"	72°32'45.06"	766026.2	8543147.7	2548	Machupicchu
Yanatile	12° 41' 1"	72° 17' 1"	795038.1	8596315.6	1050	Yanatile



La precipitación para la quebrada de Sicre se obtuvo a través de la regionalización de tres estaciones meteorológicas para la altitud media de la microcuenca del Thuniyoc, siendo las ecuaciones de regionalización por regresión simple (Lutz Scholz) lineal para la precipitación.

F. Precipitación Quebrada Sicre

Precipitaciones generadas para la microcuenca Sicre.

REGISTRO COMPLETADO DE PRECIPITACION ACUMULADA MENSUAL															
Estación :	QUEBRADA DE SICRE					Latitud :	12° 57' 50.69"					Departam :	CUSCO		Precipitacion Anual
Parámetro:	Precipitación Mensual (mm)					Longitud :	72° 31' 41.63"					Provincia :	LA CONVENCION		
Periodo:	1996-2018					Altitud :	2350 msnm					Distrito :	HUAYOPATA		
REGISTRO	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC		
1	1996	231.03	205.01	164.82	168.34	106.45	15.30	35.71	44.97	52.24	97.55	114.97	141.87	1378.2	
2	1997	234.45	211.10	228.20	126.77	85.34	9.39	29.67	47.74	43.44	117.54	165.19	168.91	1467.7	
3	1998	222.93	228.18	197.76	91.51	79.58	13.47	33.64	32.56	27.69	126.15	106.62	161.99	1322.1	
4	1999	317.73	286.55	207.72	168.47	145.72	19.45	40.40	9.74	92.23	94.54	106.73	164.42	1653.7	
5	2000	281.95	244.89	201.39	153.95	84.83	81.56	22.48	62.74	73.37	115.26	96.37	146.93	1565.7	
6	2001	260.92	225.15	279.86	68.86	98.05	55.33	47.21	20.66	73.47	118.04	137.70	186.56	1571.8	
7	2002	219.05	235.43	252.66	191.88	77.66	37.03	89.93	41.91	66.76	161.61	136.62	243.68	1754.2	
8	2003	257.35	238.78	295.75	118.59	106.97	29.10	34.04	66.73	48.39	99.13	101.88	227.49	1624.2	
9	2004	265.28	222.94	164.40	148.64	92.74	40.29	66.32	46.81	55.64	106.11	111.36	164.88	1485.4	
10	2005	187.32	228.24	221.82	135.02	63.41	5.86	37.92	20.66	44.63	122.48	99.47	219.65	1386.5	
11	2006	247.08	198.76	280.12	155.57	75.77	61.97	35.18	27.78	32.20	124.24	147.59	210.60	1596.9	
12	2007	249.08	182.82	306.61	148.36	96.39	11.73	45.03	29.83	40.44	121.03	110.57	179.42	1521.3	
13	2008	294.28	171.24	168.61	133.42	86.36	20.16	26.40	49.30	30.34	139.96	116.24	158.96	1395.3	
14	2009	296.12	226.94	237.85	167.10	85.56	13.21	40.73	31.70	36.46	89.71	170.53	192.17	1588.1	
15	2010	264.45	232.83	323.36	177.49	81.42	23.75	27.34	32.67	33.95	142.90	91.27	223.71	1655.1	
16	2011	318.88	258.77	302.66	162.83	85.02	22.42	74.20	39.51	85.14	129.27	159.25	240.83	1879.0	
17	2012	261.71	286.55	198.99	172.78	96.37	30.35	50.51	30.41	54.19	119.27	111.34	322.62	1735.1	
18	2013	195.10	256.69	237.19	111.27	86.39	50.56	33.92	50.72	36.95	152.69	132.42	246.86	1590.8	
19	2014	300.34	204.45	174.54	181.17	197.78	7.55	40.82	30.23	77.47	116.80	90.81	184.87	1606.8	
20	2015	279.81	216.65	230.67	129.20	103.07	50.42	19.80	28.53	31.34	61.82	161.01	188.64	1501.0	
21	2016	178.84	280.41	134.84	136.05	75.35	24.52	30.27	44.43	47.24	121.44	58.75	189.65	1321.8	
22	2017	199.84	211.58	261.31	154.17	101.25	14.55	36.98	58.14	62.12	62.76	137.69	146.85	1447.3	
23	2018	215.61	223.32	335.13	121.30	67.49	64.35	44.52	45.37	29.29	233.89	132.29	205.08	1717.6	
Media		251.27	229.45	235.06	144.47	94.74	30.54	41.00	38.83	51.09	120.62	121.59	196.38	1555.0	
desv. Estandar		40.78	29.96	56.05	29.76	28.04	20.98	16.47	14.03	19.17	34.53	27.88	42.15	144.2	
Coef. De Variacion		16.230	13.057	23.846	20.598	29.599	68.700	40.181	36.117	37.532	28.632	22.928	21.466	1078.7	
Prec. Max		318.88	286.55	335.13	191.88	197.78	81.56	89.93	66.73	92.23	233.89	170.53	322.62	1879.0	
Prec. Min		178.84	171.24	134.84	68.86	63.41	5.86	19.80	9.74	27.69	61.82	58.75	141.87	1321.8	

Ilustración 22. registro completado de precipitacion acumulada mensual para la Quebrada Sicre. Fuente Propia.

HISTOGRAMA DE PRECIPITACION

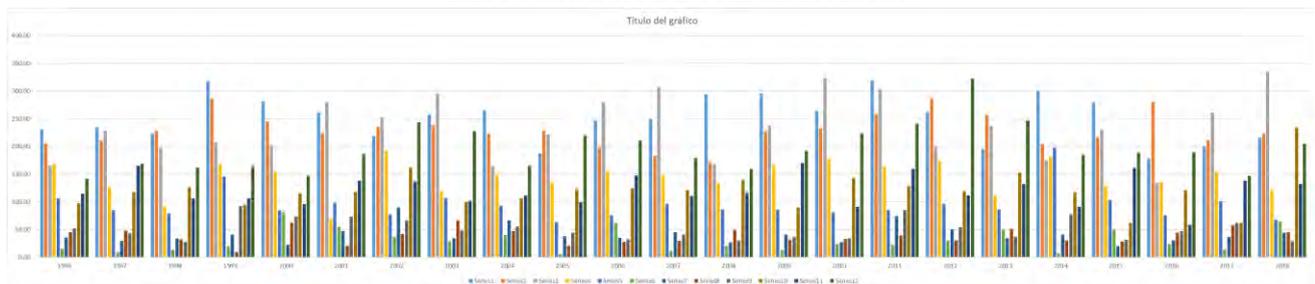


Ilustración 23. Histograma de Precipitación acumulada mensual desde 1996 - 2018. Fuente Propia.



Para la determinación de los caudales máximos y extraordinarios se validaron los datos de precipitaciones máximas en 24 horas desde los años 1964 hasta 2005 de la estación de quillabamba siendo desarrolladas por el método de Gumbel pudiendo determinar los caudales máximos con periodo de retorno para 2 años, 5 años, 10 años, 25 años, 50 años y 100 años como también las precipitaciones máximas.

DATOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 Hrs. (mm)													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Máximo
1964	6.1	13.7	23.8	18.0	23.8	0.0	0.0	8.0	15.5	20.5	24.1	36.0	36.0
1965	23.0	37.0	60.0	36.0	2.0	1.0	21.8	10.4	30.0	24.2	15.9	28.0	60.0
1966	21.6	33.5	20.5	16.0	26.6	5.5	7.2	8.0	21.0	26.3	38.0	22.6	38.0
1967	12.5	41.0	25.0	12.2	7.2	10.2	18.0	8.9	15.0	18.2	17.5	25.3	41.0
1968	38.7	19.6	35.0	31.2	4.7	1.6	17.0	12.9	9.9	13.5	17.7	36.7	38.7
1969	19.9	20.8	26.5	22.3	11.0	16.1	6.5	5.9	7.5	12.5	35.0	22.2	35.0
1970	34.8	11.6	40.2	29.5	26.8	9.4	7.2	5.2	15.0	22.0	19.7	29.5	40.2
1971	15.0	42.5	22.0	24.3	15.5	29.7	1.5	3.7	15.0	8.8	17.7	13.4	42.5
1972	32.0	16.4	35.4	16.6	13.7	3.0	5.4	25.2	8.8	7.0	25.5	42.7	42.7
1973	28.6	33.4	19.5	26.1	12.9	8.0	20.0	24.8	14.3	34.0	35.7	29.2	35.7
1974	30.6	28.2	25.9	26.6	4.0	5.5	20.8	24.5	17.7	13.0	18.0	22.0	30.6
1975	42.2	32.5	39.8	33.0	14.5	7.5	9.0	16.5	14.2	16.5	42.4	32.6	42.4
1976	35.0	33.5	26.5	16.9	10.9	4.0	2.9	27.3	33.0	15.2	11.5	29.8	35.0
1977	19.6	40.2	24.9	7.4	35.6	1.4	18.0	1.2	21.1	8.5	19.8	28.3	40.2
1978	35.8	21.0	21.2	15.8	60.2	7.5	0.0	0.0	0.0	36.4	14.5	84.0	84.0
1979	30.6	20.7	18.8	16.2	11.4	0.0	10.5	1.3	2.8	11.2	31.2	33.4	33.4
1980	19.80	32.10	27.20	38.10	17.00	23.50	12.30	16.00	16.30	20.00	23.30	38.10	38.10
1981	27.20	39.50	39.50	27.50	10.50	39.50	11.30	11.70	16.10	18.40	24.10	30.30	39.50
1982	45.70	45.40	35.90	31.50	19.10	13.00	14.70	15.40	26.60	30.30	35.30	46.00	46.00
1983	23.40	24.80	24.70	23.10	19.90	15.60	10.00	3.40	0.00	7.00	m	18.10	24.80
1984	19.70	19.00	18.80	17.10	13.50	8.30	1.70	0.00	0.00	7.00	12.00	13.40	19.70
1985	12.50	11.60	18.80	22.90	21.90	17.70	11.70	6.00	2.60	7.00	13.60	25.00	25.00
1986	45.20	62.00	48.80	89.10	11.20	28.50	0.00	0.00	17.00	20.30	25.90	32.40	89.10
1987	46.20	62.00	48.80	89.10	11.20	28.50	0.00	0.00	21.00	30.00	50.00	60.00	89.10
1988	46.00	82.20	77.00	41.20	25.00	0.00	0.00	0.00	44.00	22.40	28.40	37.40	82.20
1989	30.40	21.00	18.00	0.00	21.50	24.80	27.80	0.00	20.80	30.40	28.40	37.40	37.40
1990	18.40	63.10	45.20	60.70	68.00	8.20	32.50	25.30	56.00	39.80	40.80	68.00	68.00
1991	48.10	52.50	47.20	48.90	21.30	52.50	12.20	11.90	17.00	20.30	25.90	21.30	52.50
1992	12.60	22.10	28.10	31.10	31.10	11.90	13.60	12.80	18.70	23.10	30.20	38.30	38.30
1993	35.40	39.40	38.20	34.20	8.8	12.00	14.00	13.00	18.90	23.30	305.00	38.70	305.00
1994	35.80	39.90	38.60	34.60	24.10	12.10	14.10	13.10	19.10	23.60	30.90	395.00	395.00
1995	36.20	43.30	39.10	35.00	24.30	12.30	14.30	13.30	19.30	23.90	31.20	39.60	43.30
1996	36.70	43.80	39.50	35.40	24.60	12.40	14.40	135.00	19.60	24.10	31.60	40.10	135.00
1997	37.10	41.30	40.00	35.80	24.90	12.60	14.60	13.60	19.80	24.40	31.90	405.00	405.00
1998	37.50	41.70	40.40	35.20	25.20	12.70	14.80	13.80	20.00	24.70	32.30	41.00	41.70
1999	37.90	42.20	40.90	35.60	25.40	12.80	14.90	13.90	20.20	25.00	32.60	41.40	42.20
2000	57.90	44.70	20.00	15.50	7.60	15.80	0.60	14.20	17.00	25.30	13.10	20.00	57.90
2001	44.70	44.30	30.30	14.00	10.60	2.20	15.00	9.50	11.20	25.30	33.20	16.50	44.70
2002	21.80	54.50	47.10	10.30	9.20	5.50	12.90	9.20	8.00	25.30	25.20	57.10	57.10
2003	46.20	36.00	29.70	24.60	5.60	3.40	5.00	27.50	22.30	20.40	22.30	27.00	46.20
2004	19.50	31.00	21.80	23.60	18.40	6.60	38.10	14.50	14.00	19.20	28.90	20.00	38.10
2005	29.40	28.30	28.20	26.20	24.60	6.90	20.30	5.20	15.70	18.50	8.10	40.60	40.60
MAX	57.90	82.20	77.00	89.10	68.00	52.50	38.10	135.00	56.00	39.80	305.00	405.00	405.00

Ilustración 24. datos historicos de precipitaciones maximas en 24 horas desde 1964 - 2005. fuente: elaboración propia modificado del Senamhi.

PROBABILIDADES DE LLUVIA (GUMBEL)	
PERIDODO DE RETORNO	mm
2 años	119.4
5 años	199.5
10 años	252.5
25 años	319.5
50 años	369.1
100 años	418.5

Ilustración 25. precipitaciones con periodos de retorno.

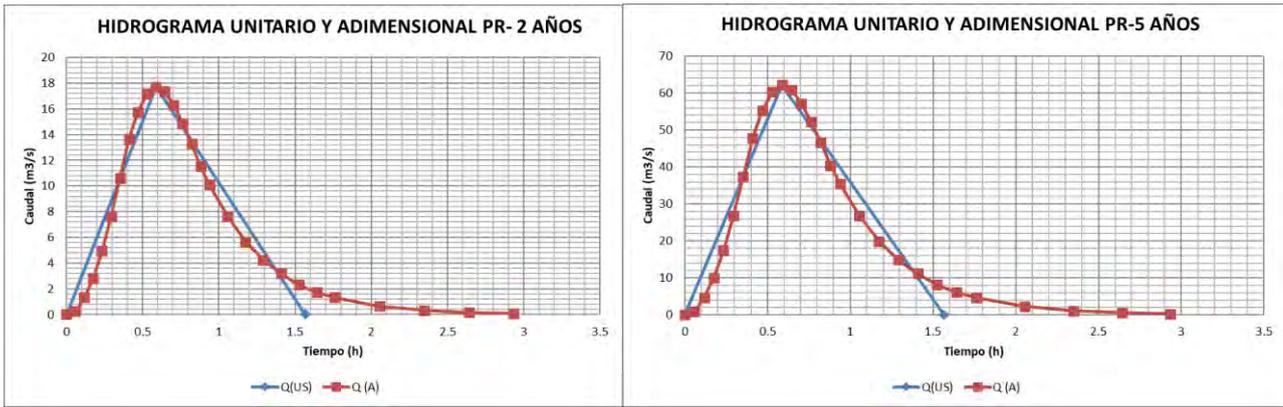


Ilustración 26. caudales maximos u extraordinarios para periodos de retorno de 2 y 5 años por el metodo de gumbel.

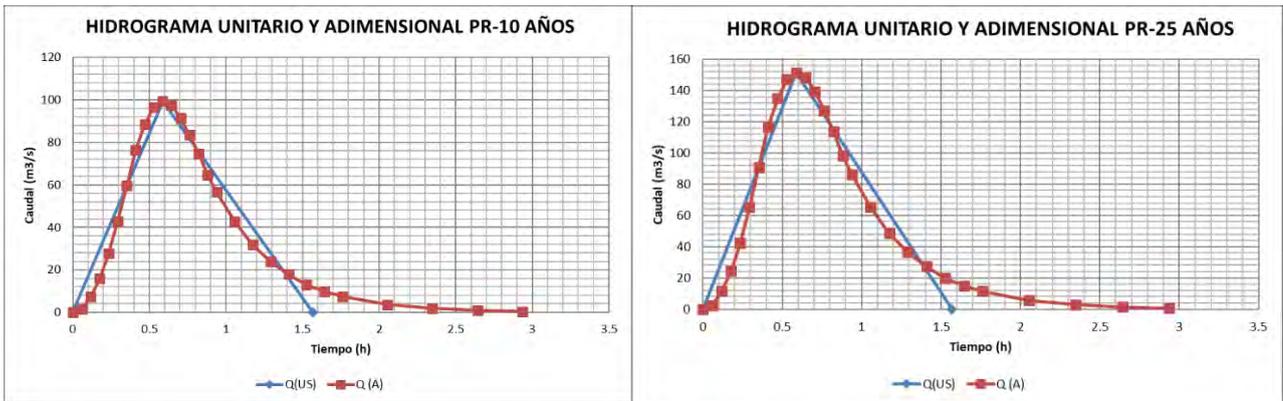


Ilustración 27. caudales maximos u extraordinarios para periodos de retorno de 10 y 25 años por el metodo de gumbel.

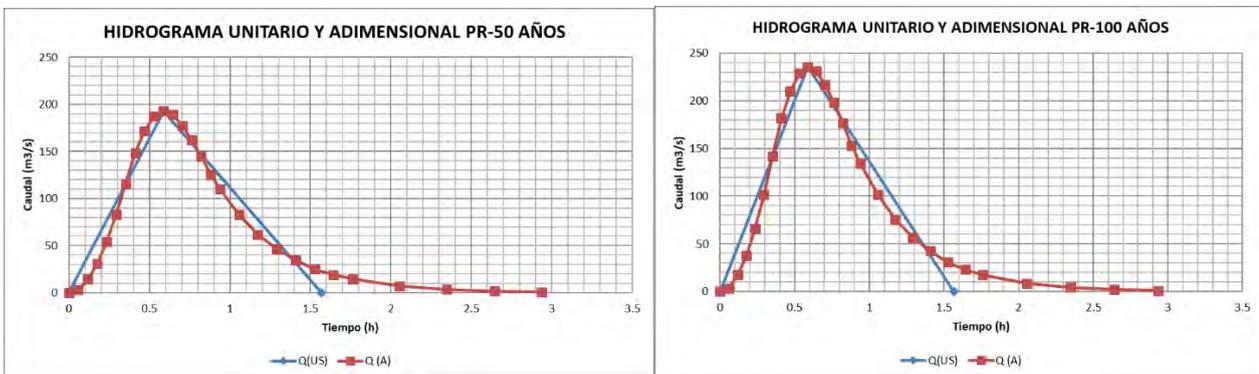


Ilustración 28. caudales maximos u extraordinarios para periodos de retorno de 50 y 100 años por el metodo de gumbel.

5.3.HIDROGEOLOGIA

5.3.1. Acuíferos

los acuíferos son formaciones geológicas, formada por una o más capas de rocas, capaz de almacenar y transmitir al agua libre en cantidades importantes. Se caracteriza, por poseer una permeabilidad significativa y una extensión y espesor considerables. Constituyen almacenes de enormes reservas que pueden ser utilizadas, mediante obras de captación.

Los acuíferos son rocas o suelos capaces “de almacenar y transmitir agua subterránea... aquella que permite el movimiento del agua por gravedad... Los acuíferos pueden ser porosos consolidados o no consolidados, fisurados, kársticos o combinaciones de estos” (Carlotto et al., 2011, p. 155).

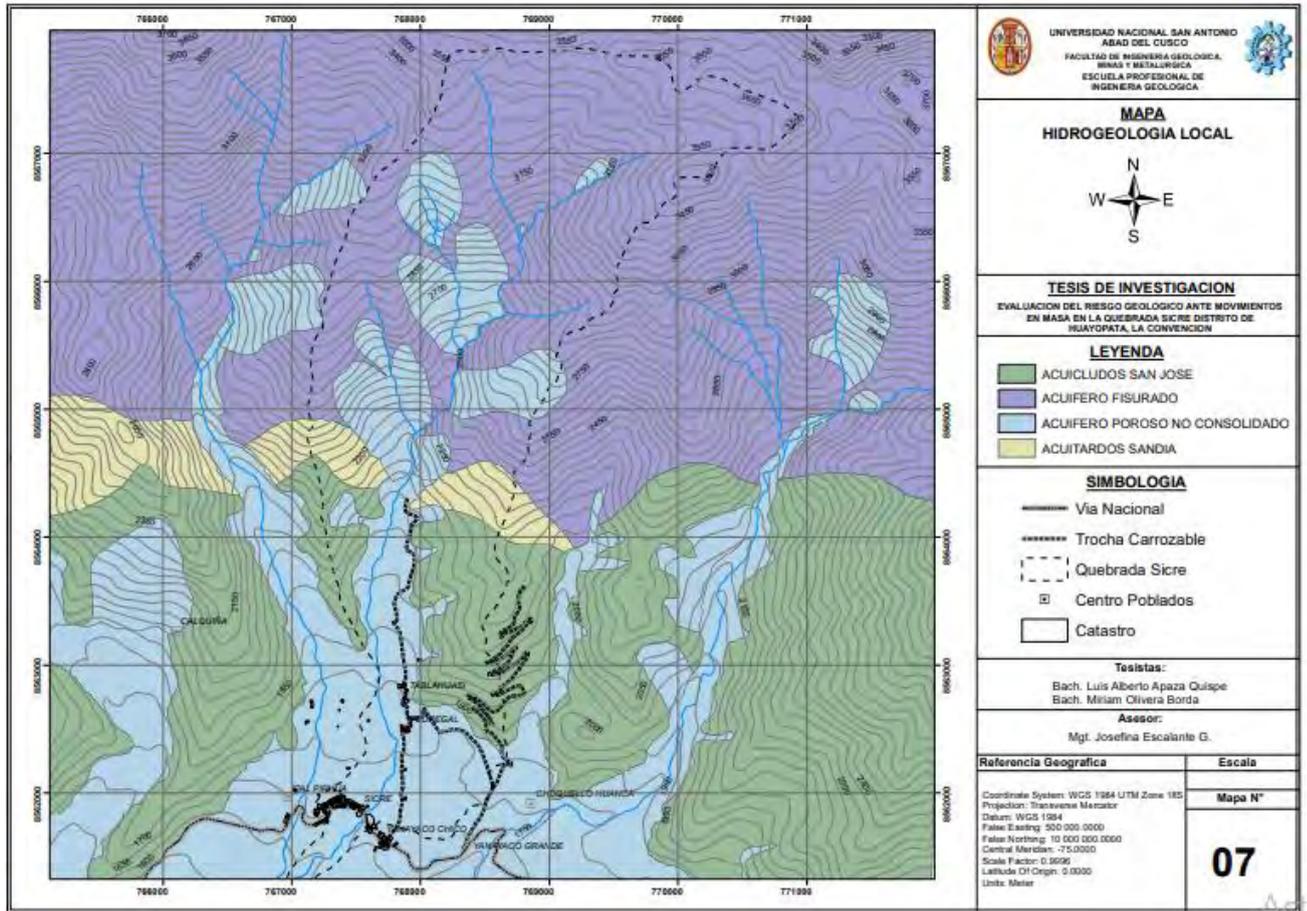


Ilustración 29. mapa hidrogeologico local. fuente elaboracion propia.

5.3.2. Acuícludos

Rocas o suelos capaces “de almacenar agua, incluso 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” (Carlotto et al., 2011, p. 155).

5.3.3. Acuífugos

“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. 155).

5.3.4. Acuífardos

“Son 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).



En el área de gestión de riesgos es fundamental identificar los acuíferos en la zona ya que pueden ser los causantes principales para el origen de movimientos en masa. Los acuíferos se pueden clasificar en 3 tipos:

Tabla 12. tipo de acuíferos según porosidad, litología y presión de agua. Elaboración Propia.

TIPOS DE ACUIFEROS	
Según el tipo de porosidad	Acuíferos porosos (consolidados y no consolidados). Acuíferos fisurados. Acuíferos karsticos.
Según su litología	Acuíferos detríticos. Acuíferos carbonatados.
Según la presión del agua.	Acuíferos libres. Acuíferos confinados. Acuíferos semiconfinados

5.4. Clasificación Hidrogeológica de las Unidades Geológicas

A) Acuíferos poroso no consolidado.

En la quebrada se logró identificar filtraciones de baja productividad pudiendo ser parte de descarga de acuíferos porosos lo cual tienen mayor importancia en el tema de evaluación de riesgo ya que puede ser un factor importante de inestabilidad de taludes produciendo eventos de movimientos en masa.

Esta filtración en la quebrada Sicre está conformado por depósitos cuaternarios que son los coluviales de porosidad alta que se presentan en antiguos deslizamientos siendo la parte superior del deslizamiento zona de recarga y la parte inferior que se muestra en la foto parte de la zona de descarga. El caudal de estas filtraciones están entre 0.001 – 0.05 l/s siendo muy bajo en épocas de estiaje

-



Foto 8. filtraciones en la ladera derecha de la Quebrada Sicre. Fuente Propia.

B) ACUIFERO FISURADO

En la quebrada se logró identificar acuíferos fisurados presentándose en rocas sienogranito siendo de porosidad secundaria produciendo filtraciones de baja productividad pudiendo ser parte de descarga de acuíferos porosos .

Esta filtración en la quebrada Sicre esta conformado por rocas intrusivas fracturadas presentando una gran importancia al momento de descargar aumentando el flujo de aguas subterráneas en la quebrada saturando con mayor rapidez los suelos, estos acuíferos se encuentran en su totalidad en la zona norte de la quebrada en estudio aflorando por partes en la zona central debido a la erocion.



Ilustración 30. Filtraciones por fracturas en afloramiento de roca sienogranito. fuente propia.



CAPITULO VI

GEOTECNIA

6.1. GENERALIDADES

Determinar los parámetros geomecánicos de los materiales geológicos presentes en la zona de estudio son muy importantes para caracterizar de manera adecuada lo taludes y/o las laderas. Esta caracterización "geomecánica" nos ayudará a encontrar, con una mayor precisión, la causa de la inestabilidad de los taludes y o laderas, nos ayudará a conocer las propiedades geomecánicas que favorecen al movimiento y gracias a este conocimiento, se podrá plantear soluciones adecuadas para cada fenómeno geodinámico.

6.1.1. Caracterización Geo mecánica de los Afloramientos Rocosos

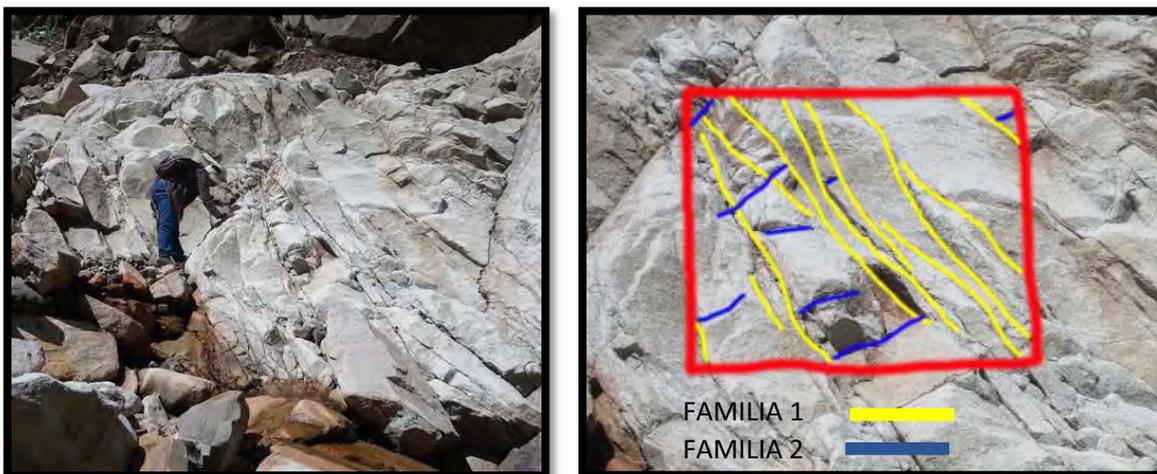
En los afloramientos rocosos, las discontinuidades juegan un papel muy importante a la hora de analizar el comportamiento geomecánico del afloramiento. La aplicación de las clasificaciones geomecánicas nos ayuda a evaluar empíricamente la estabilidad de un talud o una ladera. En este trabajo de investigación vamos aplicar la clasificación geomecánica de Bieniawski RMR (Rock Mass Rating), que tiene en cuenta los siguientes parámetros (Vallejo et al., 2002):

- Resistencia uniaxial de la matriz rocosa.
- Grado de fracturación en términos del RQD.
- Espaciado de las discontinuidades.
- Condiciones de las discontinuidades.
- Condiciones hidrogeológicas.
- Orientación de las discontinuidades con respecto a la excavación.

Para aplicar esta clasificación se han seleccionado ventanas estructurales representativas cada cierto tramo.

6.1.2. Ventanas estructurales

Análisis Geomecánico de la Ventana Estructural N° 01



Ventana estructural N° 1. Fuente Propia.



Parámetro de Resistencia a la compresión uniaxial

Para determinar el parámetro de resistencia a la compresión uniaxial, vamos utilizar la tabla de "Estimación aproximada y clasificación de la resistencia a compresión simple de suelos y rocas, a partir de índices de campo" propuesta por Vallejo et al., 2002 (p. 131).

la ventana estructural 01 sería una roca "R5", una roca moderadamente dura, cuyo valoren MPa está entre 100 y 250. "Ya que se requiere de muchos golpes con el martillo para fracturarla".

Parámetro RQD

Determinación del RQD mediante la frecuencia de discontinuidades (λ), Vallejo et al., 2002 (p. 259), indica que se puede estimar el RQD mediante la "Frecuencia de Discontinuidades (λ), aplicando la siguiente fórmula:

$$RQD = 100e^{-0.1\lambda}(0.1\lambda + 1)$$

Dónde:

- λ es la inversa del espaciado medio de las discontinuidades.

VENTANA ESTRUCTURAL 01	
Espaciamiento Medio (X m)	0.15
λ	8
RQD (%)	72.9

Clasificación RMR

Para aplicar el RMR a la estabilidad de taludes se debe ajustar el valor obtenido según la tabla N° 10

Tabla 13. Valoración de la orientación de las discontinuidades. Tomado de Ramírez (2004), p.168.

ORIENTACION	RANGO
Muy Favorable	0
Favorable	-5
Regular	-25
Desfavorable	-50
Muy Desfavorable	-60

MAPEO GEOMECANICO RMR												
Ventana N°: 01	COORDENADAS UTM		ESTE	767969.83	NORTE	:8564609.29						
PARÁMETROS			VALOR	RANGO						VALOR		
Resistencia a la compresión uniaxial (MPa)	100-250		>250 (15)	X	100-250 (12)		50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	12		
RQD (%)	72.9		90-100 (20)	X	75-90 (17)		50-75 (13)	25-50 (8)	<25 (3)	17		
Espaciamiento de discontinuidades (m)			>2m (20)		0,6-2 m (15)		0,2-0,6m (10)	X	0,06-0,2m (8)	< 0,06m (5)	8	
CONDICION DE DISCONTINUIDADES												
Familia	Buz.	/D. Buz	Az.	Persistencia	<1m long. (6)	X	1-3 m Long. (4)	3-10m (2)	10-20 m (1)	> 20 m (0)	4	
F1	SE 53°		10°	Abertura	Cerrada (6)		<0,1mm apert.(5)	0,1-1,0mm (4)	X	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	1
F2	SW 40°		145°	Rugosidad	Muy rugosa (6)		Rugosa (5)	X	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	3
				Relleno	Limpia (6)		Duro < 5mm (4)	Duro> 5mm (2)	X	Suave < 5 mm(1)	Suave > 5 mm (0)	1
				Alteración	Sana (6)	X	Lig. Intempe. (5)	Mod.Intempe.(3)		Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	5
Agua subterránea					Seco (15)		Humedo (10)	X	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	7
Corrección por la Orientación										-5		
RMR ₉₉ (Basico) =				58	RMR ₉₉ (Corregido) =						53	
RMR		100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0	REGULAR					
DESCRIPCION		I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA						

Clasificación Geomecánica según el RMR de Bieniawski, V. Estructural N°1. Modificado de CGI.

Análisis Geomecánico de la Ventana Estructural N° 02



Ventana estructural N° 2. Fuente Propia.

Parámetro de Resistencia a la compresión uniaxial

Según la tabla 6.1, la ventana estructural 02 sería una roca "R4", una roca moderadamente dura, cuyo valor en MPa está entre 50 y 100.

Parámetro RQD

Mediante la frecuencia de discontinuidades (λ) obtenemos un valor de RQD igual a:

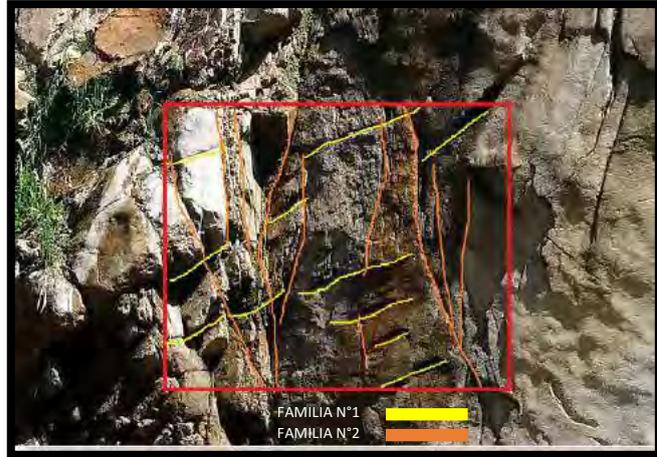
VENTANA ESTRUCTURAL 02	
Espaciamiento Medio (X m)	0.20
λ	11
RQD (%)	56.5

CLASIFICACION RMR

MAPEO GEOMECANICO RMR - VENTANA N°2												
Ventana N°: 02	COORDENADAS UTM		ESTE	767947.98	NORTE	8564768.13						
PARÁMETROS		VALOR		RANGO						VALOR		
Resistencia a la compresión uniaxial (MPa)	50-100	>250 (15)	X	100-250 (12)		50-100 (7)		25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	12		
RQD (%)	56.5	90-100 (20)		75-90 (17)	X	50-75 (13)		25-50 (8)	<25 (3)	17		
Espaciamiento de discontinuidades (m)		>2m (20)		0,6-2 m (15)		0,2-0,6m (10)	X	0,06-0,2m (8)	< 0,06m (5)	8		
CONDICION DE DISCONTINUIDADES												
Familia	Buz.	/D. Buz	Az.	Persistencia	<1m long. (6)	X	1-3 m Long. (4)	3-10m (2)	10-20 m (1)	> 20 m (0)	4	
F1	SE 65°		15°	Abertura	Cerrada (6)		<0.1mm apert.(5)	0,1-1,0mm (4)	X	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	1
F2	SW 35°		135°	Rugosidad	Muy rugosa (6)	X	Rugosa (5)	Lig.rugosa (3)		Lisa (1)	Espejo de falla (0)	5
				Relleno	Limpia (6)		Duro < 5mm (4)	Duro> 5mm (2)	X	Suave < 5 mm(1)	Suave > 5 mm (0)	1
				Alteración	Sana (6)	X	Lig. Intempe. (5)	Mod.Intempe.(3)		Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	5
Agua subterránea					Seco (15)	X	Humedo (10)	Mojado (7)		Goteo (4)	Flujo (0)	10
Corrección por la Orientación										-5		
RMR ₈₉ (Basico) =				63	RMR ₈₉ (Corregido) =				58			
RMR		100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0	REGULAR					
DESCRIPCION		I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA						

Clasificación Geomecánica según el RMR de Bieniawski, V. Estructural N°2. Modificado de CGI.

Análisis Geomecánico de la Ventana Estructural N° 03



Parámetro de Resistencia a la compresión uniaxial

Según la tabla 6.1, la ventana estructural 03 sería una roca "R4", una roca dura, cuyo valor en MPa está entre 50 y 100.

Parámetro RQD

Mediante la frecuencia de discontinuidades (λ) obtenemos un valor de RQD igual a:

VENTANA ESTRUCTURAL 03	
Espaciamiento Medio (X m)	0.22
λ	10
RQD (%)	61.5

CLASIFICACION RMR

MAPEO GEOMECANICO RMR - VENTANA N°3												
Ventana N°: 03	COORDENADAS UTM		ESTE	767907.18	NORTE	8564715.38						
PARÁMETROS			VALOR	RANGO							VALOR	
Resistencia a la compresión uniaxial (MPa)	50-100	>250 (15)	100-250 (12)	X	50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2) <5(1) <1(0)	12				
RQD (%)	61.5	90-100 (20)	75-90 (17)	X	50-75 (13)	25-50 (8)	<25 (3)	13				
Espaciamiento de discontinuidades (m)		>2m (20)	0.6-2 m (15)	X	0.2-0.6m (10)	0.06-0.2m (8)	< 0.06m (5)	8				
CONDICION DE DISCONTINUIDADES												
Familia	Buz.	/D. Buz	Az.	Persistencia	<1m long. (6)	X	1-3 m Long. (4)	3-10m (2)	10-20 m (1)	> 20 m (0)	4	
F1	SE 53°		10°	Abertura	Cerrada (6)	X	<0.1mm apert.(5)	0.1-1.0mm (4)	X	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	1
F2	SW 40°		145°	Rugosidad	Muy rugosa (6)	X	Rugosa (5)	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	5	
				Relleno	Limpia (6)	X	Duro < 5mm (4)	Duro> 5mm (2)	X	Suave < 5 mm(1)	Suave > 5 mm (0)	1
				Alteración	Sana (6)	X	Lig. Intempe. (5)	Mod.Intempe.(3)	Muy Intempe. (2)	Descompuesta (0)	5	
Agua subterránea					Seco (15)	X	Humedo (10)	Mojado (7)	X	Goteo (4)	Flujo (0)	4
Corrección por la Orientación										-5		
RMR ₉₉ (Basico) =				53	RMR ₉₉ (Corregido) =				48			
RMR		100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0	REGULAR					
DESCRIPCION		I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA						

Clasificación Geomecánica según el RMR de Bieniawski, V. Estructural N°3. Modificado de CGI.

6.2. ENSAYOS IN SITU.

Según las condiciones del suelo encontrado, se realizaron los siguientes procedimientos de identificación y muestreo in situ.

Se han recogido muestras alteradas por estrato encontrado hasta una profundidad de 3.00m.

ENSAYOS INSITU	NORMAS APLICABLES
Pozos o Calicatas	ASTM D 420, UNE 7-371:1975
Técnicas de muestreo	ASTM D 420
Descripción Visual de Suelos	ASTM D 2487

CALICATA N°1

- **Primer Estrato** de 0.00 a -0.30 m. corresponde a un relleno constituido por gravas, arenas, limos, piedras y raíces en matriz arcillosa.
- **Segundo Estrato** de -0.30 m. a -3.00 m este material granular de color marrón, ha sido identificado como una GRAVA ARCILLOSO- LIMOSA CON ARENA Y BOLONERIA GC-GM +bo, según SUCS.
- Se ha evidenciado Nivel Freático superficial a -1.00 m



Ilustración 31. Calicata N°1 realizada en campo.

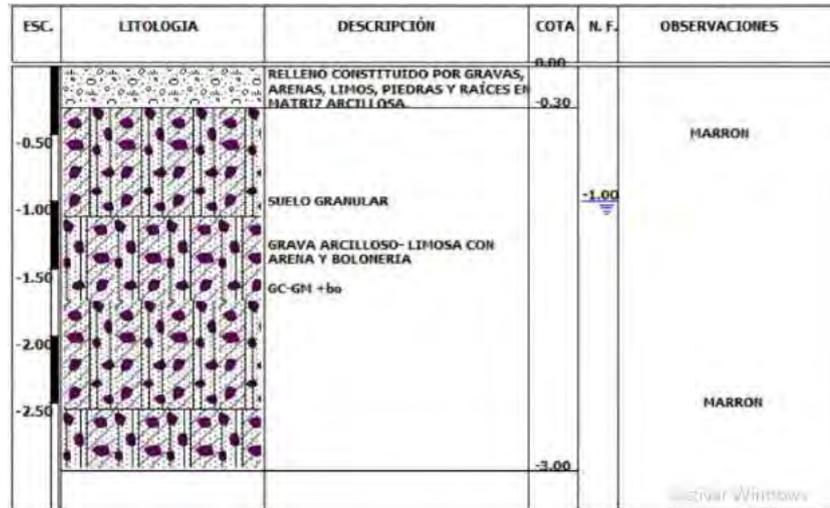


Ilustración 32. perfil estratigráfico de la calicata N°1

CALICATA N°2

- **Primer Estrato** de 0.00 a -0.20 m. corresponde a un relleno constituido por gravas, arenas, limos, piedras y raíces en matriz arcillosa.
- **Segundo Estrato** de -0.20 m. a -3.00 m este material granular de color marrón, ha sido identificado como una GRAVA ARCILLOSO- LIMOSA CON ARENA Y BOLONERIA GC-GM +bo, según SUCS.
- Se ha evidenciado Nivel Freático superficial a -1.00 m



Ilustración 33. Calicata N°1 realizada en campo.

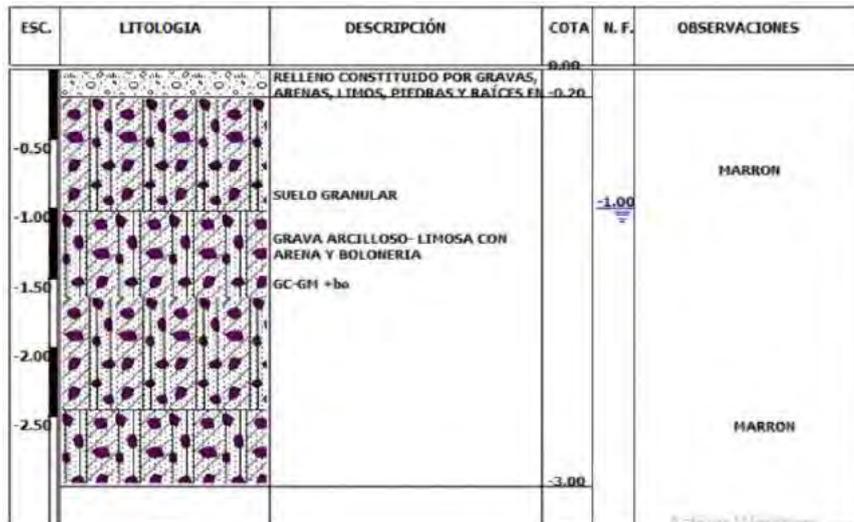


Ilustración 34. perfil estratigráfico de la calicata N°2

6.3. ENSAYOS DE LABORATORIO

Para determinar los parámetros de caracterización del terreno en cuanto a sus propiedades índices y estructurales, se realizaron los siguientes ensayos normalizados:

ENSAYOS EN LABORATORIO	NORMAS APLICABLES
Preparación de Muestras	ASTM D 420-69, UNE 103-100-95
Peso Específico de los Sólidos	ASTM D 854
Granulometría e Identificación	ASTM D 422, ASTM D 2487/00
Límites de Consistencia	ASTM D - 4318

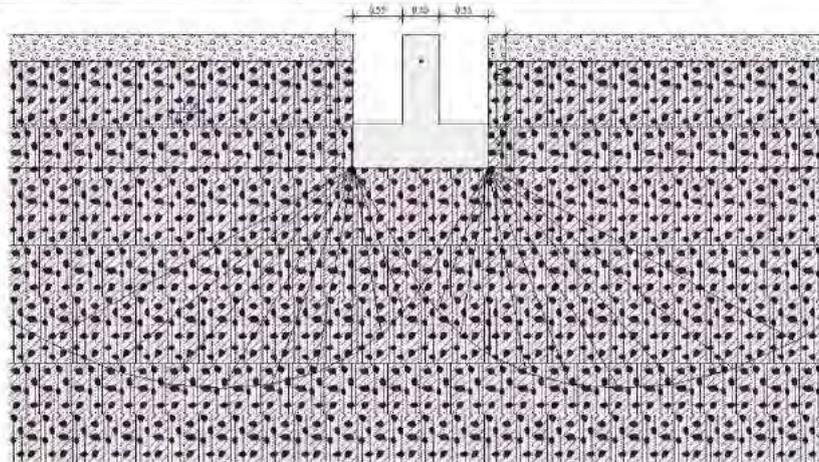


PROYECTO: "EVALUACION DEL RIESGO GEOLOGICO ANTE MOVIMIENTOS EN MASA EN LA QUEBRADA DE SICRE, DISTRITO DE HUAYOPATA, LA CONVENCION, CUSCO".

CALICATA 01:

DATOS GENERALES

Ancho cimentación	1.5 m
Largo cimentación	1.5 m
Profundidad plano de cimentación	1.5 m
Factor de seguridad (Fc)	3.0
Factor de seguridad (Fq)	3.0
Factor de seguridad (Fg)	3.0
Aceleración máxima horizontal	0.15
Asientos después de T años	5.0
Profundidad nivel freático	1.0



ESTRATIGRAFÍA TERRENO

DH: Espesor del estrato; Gam: Peso específico; Gams: Peso específico saturado; Fi: Ángulo de rozamiento interno; Ficorr: Ángulo de rozamiento interno corregido según Terzaghi; c: Cohesión; c Corr: Cohesión corregida según Terzaghi; Ey: Módulo elástico; Ed: Módulo edométrico.

DH (m)	Gam (Kg/m ³)	Gams (Kg/m ³)	Fi (°)	Ficorr (°)	c (Kg/cm ²)	c Corr (Kg/cm ²)	cu (Kg/cm ²)	Ey (Kg/cm ²)
0.3	1745.26	1856.32	18.0	12.28	0.0	0.0	0.0	30.0
5.0	1835.26	1945.32	32.0	22.40	0.05	0.0335	0.0	500.0

CARGA ÚLTIMA SEGÚN MEYERHOF (1963)

Factor Nq	7.77
Factor Nc	16.81
Factor Ng	4.02
Factor Sc	1.44
Factor Dc	1.3
Factor Sq	1.22
Factor Dq	1.15
Factor Sg	1.22
Factor Dg	1.15

Presión última	3.62 Kg/cm ²
Presión admisible	1.21 Kg/cm ²

Cusco: Urb. Tio X-13- Calle Perú, Wanchaq - Cusco, Tlf.: (084) 242700, Cel. Claro: 984351760, RPM # 959646496, RPC: 987252150

Quillabamba: General Gamarra N° 450, Quillabamba - Cusco, RPC: 9844276265.

Abancay: Av. Tamburco lote: 5- frente al grifo Petro Gas- Repsol.

www.Unitestperu.com, unitestperu@hotmail.com, unitestperu2@gmail.com

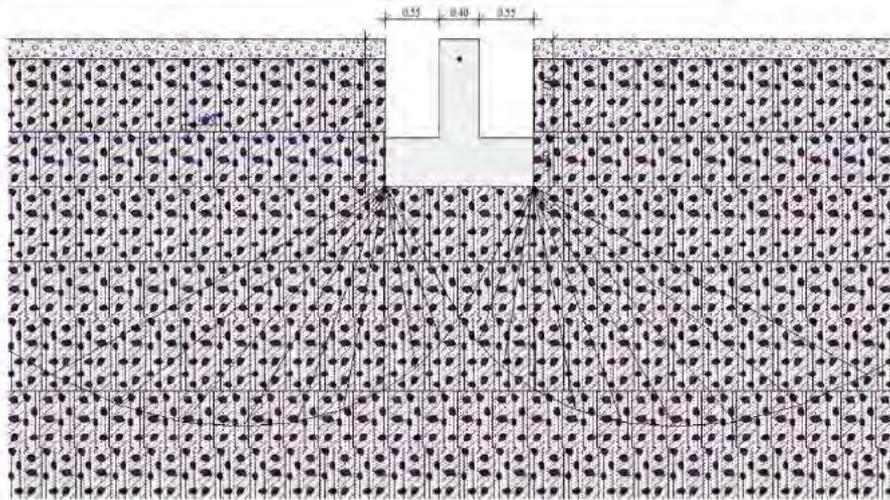


PROYECTO: "EVALUACION DEL RIESGO GEOLOGICO ANTE MOVIMIENTOS EN MASA EN LA QUEBRADA DE SICRE, DISTRITO DE HUAYOPATA, LA CONVENCION, CUSCO"

CALICATA 02:

DATOS GENERALES

Ancho cimentación	1.5 m
Largo cimentación	1.5 m
Profundidad plano de cimentación	1.5 m
Factor de seguridad (Fc)	3.0
Factor de seguridad (Fq)	3.0
Factor de seguridad (Fg)	3.0
Aceleración máxima horizontal	0.15
Asientos después de T años	5.0
Profundidad nivel freático	1.0



ESTRATIGRAFÍA TERRENO

DH: Espesor del estrato; Gam: Peso específico; Gams: Peso específico saturado; Fi: Ángulo de rozamiento interno; Ficorr: Ángulo de rozamiento interno corregido según Terzaghi; c: Cohesión; c Corr: Cohesión corregida según Terzaghi; Ey: Módulo elástico; Ed: Módulo edométrico.

DH (m)	Gam (Kg/m ³)	Gams (Kg/m ³)	Fi (°)	Fi Corr. (°)	c (Kg/cm ²)	c Corr. (Kg/cm ²)	cu (Kg/cm ²)	Ey (Kg/cm ²)
0.2	1745.26	1856.32	18.0	12.28	0.0	0.0	0.0	30.0
5.0	1857.34	1965.24	32.0	22.40	0.05	0.0335	0.0	500.0

CARGA ÚLTIMA SEGÚN MEYERHOF (1963)

Factor Nq	7.64
Factor Nc	16.63
Factor Ng	3.91
Factor Sc	1.44
Factor Dc	1.3
Factor Sq	1.22
Factor Dq	1.15
Factor Sg	1.22
Factor Dg	1.15

Presión última	3.61 Kg/cm ²
Presión admisible	1.2 Kg/cm ²

Cusco: Urb. Ttio X-13- Calle Perú, Wanchaq - Cusco, Tlf.: (084) 242700, Cel. Claro: 984351760, RPM # 959646496, RPC: 987252150

Quillabamba: General Gamarra N° 450, Quillabamba - Cusco, RPC: 9844276263.

Abancay: Av. Tamburco Idte: 5- frente al grifo Petro Gas- Repsol.

www.Unitestperu.com, unitestperu@hotmail.com, unitestperu2@gmail.com



UNITEST- UNIVERSAL TESTING
LABORATORIO GEOTÉCNICO AUTOMATIZADO
LABORATORIO AUTOMATIZADO DE CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES

PROYECTO: "EVALUACION DEL RIESGO GEOLOGICO ANTE MOVIMIENTOS EN MASA EN LA QUEBRADA DE SICRE, DISTRITO DE HUAYOPATA, LA CONVENCION, CUSCO".

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.)

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E - 107 - 99/ ASTM D-422 Y AASHTO T-88

PROYECTO: EVALUACION DEL RIESGO GEOLOGICO ANTE MOVIMIENTOS EN MASA EN LA QUEBRADA DE SICRE, DISTRITO DE HUAYOPATA, LA CONVENCION, CUSCO.

UBICACION: CUSCO- LA CONVENCION- HUAYOPATA

FECHA: CUSCO, SEPTIEMBRE DE 2021.
CALICATA: 02

(mm)	(%)	(%)	Acumulado (%)	Parcial (%)	NORMAS REFERENCIALES
80	100.00	100.00	0.00	0.00	
63	100.00	100.00	0.00	0.00	
50	100.00	100.00	0.00	0.00	
40	88.26	88.26	11.74	11.74	
25	80.02	80.02	19.98	8.24	
20	72.88	72.88	27.12	7.14	
12.5	61.05	61.05	38.95	11.83	
10	55.78	55.78	44.22	5.27	
6.3	49.43	49.43	50.57	6.35	
5	45.78	45.78	54.22	3.85	
2	37.51	37.51	62.49	8.27	
1.25	30.83	30.83	69.17	6.88	
0.4	24.24	24.24	75.76	6.59	
0.25	18.26	18.26	81.74	5.98	
0.160	13.66	13.66	86.34	4.60	
0.080	12.35	12.35	87.65	1.31	

Limite Liquido	21.51
Limite Plastico	15.56
Indice Plasticidad	5.95

Parámetro	Valor
Pasa tamiz N° 4 (5mm):	37.51 %
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	12.35 %
D ₆₀ :	12.00 mm
D ₃₀ :	1.14 mm
D ₁₀ (diámetro efectivo):	mm
Coefficiente de Uniformidad (Cu):	
Grado de Curvatura (Cc):	

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS	DESCRIPCION
CU	Gravas bien graduadas
GM	Gravas mal graduadas
GC	Gravas limosas
GM	Gravas arcillosas
GC	Gravas bien graduadas
GM	Gravas mal graduadas
GC	Gravas limosas
GM	Gravas arcillosas
ML	Limas marginales
CL	Limas marginales y arcillosas con plasticidad limitada
OL	Limas marginales y arcillosas con plasticidad limitada
ML	Limas marginales y arcillosas con plasticidad limitada
CL	Limas marginales y arcillosas con plasticidad limitada
OL	Limas marginales y arcillosas con plasticidad limitada
ML	Limas marginales y arcillosas con plasticidad limitada
CL	Limas marginales y arcillosas con plasticidad limitada
OL	Limas marginales y arcillosas con plasticidad limitada



SUELO DE PARTÍCULAS GRUESAS CON FINOS
 Grava arcilloso- limosa con arena GC-GM (SUCS)

Cusco: Urb. Ttio X 13- Calle Perú, Wanchaq - Cusco, Tlf.: (084) 242700, Cel. Claro: 984351760, RPM # 959646496, RPC: 987252150
 Quillabamba: General Gamarra N° 450, Quillabamba - Cusco, RPC: 9844276263.
 Abancay: Av. Tamburco lote: 5 - frente al grifo Petro Gas- Repsol.
www.Unitestperu.com, unitestperu@hotmail.com, unitestperu2@gmail.com



CAPITULO VII

GEODINAMICA

7.1. GENERALIDADES

Al colisionar de las placas Sudamericana con la Nazca produce el levantamiento de la cordillera y la ocurrencia de diferentes sismos de variada magnitud en la superficie de acoplamiento sísmico. En las regiones norte-centro, el escudo brasilero produce el plegamiento de las capas superficiales para formar anticlinales y fallas geológicas. La placa de Nazca se introduce debajo de la cordillera de manera casi horizontal y por acción de fuerzas internas se fractura y genera sismos (geodinámica interna), mientras que, en la región sur, el modo diferente de producirse la subducción trae como consecuencia la presencia de volcanes. donde la geodinámica se clasifica en interna y externa.

7.2. GEODINÁMICA INTERNA (SISMICIDAD)

El proceso de convergencia y subducción de la placa de Nazca (oceánica) por debajo de la Sudamericana (continental) con velocidades promedio del orden de 7- 8 centímetros por año (DeMets et al, 1980; Norabuena et al, 1998). Dando origen a movimientos sísmicos

a) Características de la sismicidad en el Perú.

Los sismos en el Perú se pueden clasificar en tres tipos: sismos con foco a profundidad superficial ($h \leq 60$ km), a profundidad intermedia ($60 < h < 300$ km) y foco profundo ($h \geq 300$ km)

La sismicidad con foco superficial

La profundidad del foco no excede los 60 km ($h \leq 60$ km), estos sismos están asociados a los procesos de subducción y se distribuyen a lo largo de la fosa peruana-chilena y sobre toda la costa, desde el departamento de Tumbes al departamento de Tacna. En el interior también se registraron sismos con foco superficial debido a la deformación cortical (Tavera et al., 2014).

Los sismos con foco a profundidad intermedia

Estos sismos tienen una profundidad de 60 km a 300 km ($60 < h < 300$ km) y se encuentran distribuidos en la parte continental (Tavera et al., 2014).

La actividad sísmica con foco profundo

Sismos con profundidades superiores a los 300 km ($h \geq 300$ km), estos sismos se han registrado en el departamento de Puno, en la frontera con Brasil (Tavera et al., 2014).

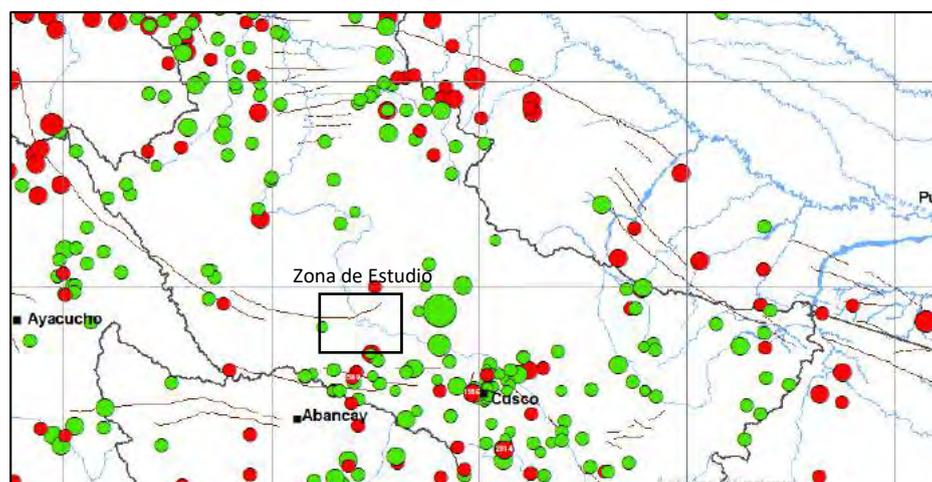


Ilustración 35. Mapa Sísmico del Cusco (IGP), periodo 1581-2017. extraído de Tavera H., 2017.



7.3. ANTECEDENTES SÍSMICOS

7.3.1. SISMO DEL 31 DE OCTUBRE DE 1947 – HUAYOPATA, LA CONVENCION, CUSCO

El sismo tuvo como epicentro al distrito de Huayopata, provincia de La Convención, se produjo a las 15:00 (hora local) su epicentro está ubicado a uno de los segmentos del sistema de fallas Ollantaytambo-Vilcabamba-Quimbiri.

El día del movimiento sísmico no se reportaron daños materiales

Parámetros hipocentrales del sismo

- Fecha local: 31/10/1947
- Hora local: 15:00
- Magnitud: 4 ML
- Referencia: a 7.4 km al noreste del distrito de Huayopata.
- Hipocentro: 20 km
- Latitud: -13°
- Longitud: -72.5°
- Fuente: E., Silgado 1978

RIESGO SISMICO

Para realizar un análisis de riesgo sísmico se debe saber que Existen dos enfoques para representar el peligro sísmico: el enfoque determinístico y el enfoque probabilístico. El enfoque determinístico cuantifica el peligro considerando el sismo más destructivo que pueda ocurrir en el sitio, tomando en cuenta la historia sísmica local. El enfoque probabilístico en cambio cuantifica el peligro considerando todos los posibles sismos que puedan ocurrir en el sitio, asociados a un valor de probabilidad. (Espectros De Peligros Sísmicos, Ana bolaños y Omar Monroy, 2004)

METODO PROBABILISTICO

Un análisis probabilístico de peligro sísmico de determina mediante la probabilidad de que ocurra un sismo con una determinada magnitud, en un lugar con una aceleración sísmica dado en un periodo de tiempo.

Utilizando el método probabilístico es que generan el mapa de aceleraciones máximas normalizadas, en donde cusco varía desde los 0.14 g hasta 0.32 g, para lo cual identificamos y determinamos que la zona de estudio presenta una aceleración de 0.22 g, para un periodo de exposición de 50 años con 10% de probabilidad de excedencia

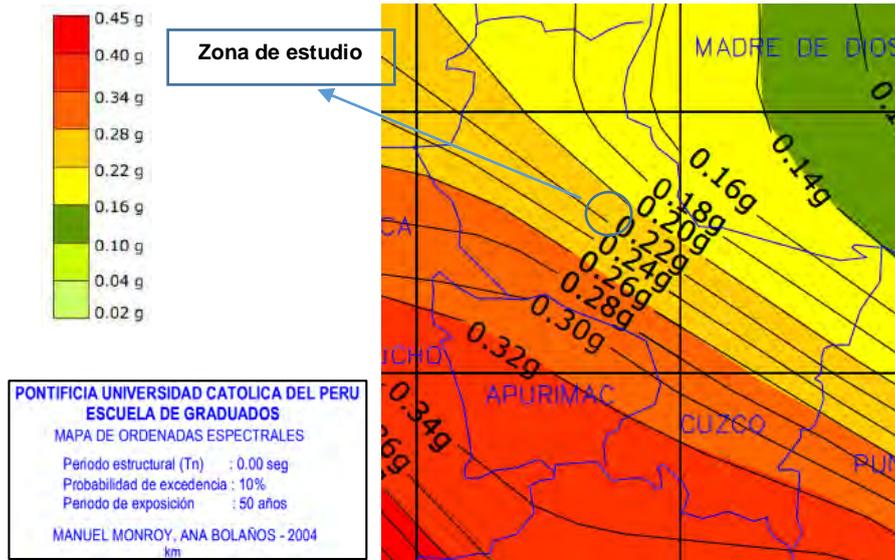


Ilustración 36. Distribución de aceleraciones en el Departamento del Cusco para un periodo de exposición de 50 años y 10% de probabilidad de excedencia, (Extraído de Monroy y Bolaños, 2004).

Cálculo de la Aceleración de la Onda Sísmica según el método determinístico

Para este cálculo se utilizó el método Determinístico de Aceleración, (Steinmom, 1982), Este método supone que la sismicidad futura será similar a la pasada, siendo el máximo sismo ocurrido el máximo previsible para lo cual se relaciona la longitud de la falla geológica con la distancia de falla a la zona en estudio.

Donde:

$$A = \frac{224 \times e^{0.823(MS)}}{(R + C(M))^{1.56}}$$

- A = Aceleración (1 gal = 1cm/seg²)
- Ms = 0.89 + 1.341 Log L
- C(M) = 0.864e^{0.46Ms}
- R = Distancia de la carretera a la falla (km)
- L = Longitud de la falla (Km)

El sistema regional de falla de quimbiri-vilcabamaba-ollantaytambo es directamente responsable de los eventos sísmicos en la zona de huayopata por lo tanto en la zona de estudio, siendo este el causante del sismo del 31 de octubre de 1947. Para nuestra zona en estudio se identificó se determinó que la falla Lucuma-chaullay es el más cercano a la zona en estudio lo cual tiene una longitud de 145 km siendo este el dato a usar en el cálculo.

$$Ms = 0.89 + 1.34 \log 145 = 3.78$$

$$CM = 0.864 e^{0.46 \times 3.78} = 4.91$$



$$CM = \frac{224 * e^{0.823 * (3.78)}}{(2 + 4.91)^{1.56}} = 246.5 \frac{cm}{seg^2} = 426.5 gal$$

LUGAR A SER ESTUDIADO	LONGITUD DE LA FALLA (L) (KM)	DISTANCIA A LA FALLA (R) (KM)	MS	MC	ACELERACIÓN (A) (GAL Ó CM/SEG ²)	INTENSIDAD SISMICA EN LA ESCALA DE MERCALLI
Quebrada Sicre	145 km	2 km	3.78	4.91	246 gal	IX RUINOSO

Ilustración 37. Cálculo de la aceleración de la onda sísmica e intensidad esperada en la escala de Mercalli en la quebrada de sicre con respecto a la falla Lucuma-Chaullay .fuente propia.

Grado	Descripción
I. Muy débil	Imperceptible para la mayoría excepto en condiciones favorables. Aceleración menor a 0.5 Gal.
II. Débil	Perceptible sólo por algunas personas en reposo, particularmente aquellas que se encuentran ubicadas en los pisos superiores de los edificios. Los objetos colgantes suelen oscilar. Aceleración entre 0.5 y 2.5 Gal.
III. Leve	Perceptible por algunas personas dentro de los edificios, especialmente en pisos altos. Muchos no lo reconocen como terremoto. Los automóviles detenidos se mueven ligeramente. Sensación semejante al paso de un camión pequeño. Aceleración entre 2.5 y 6.0 Gal.
IV. Moderado	Perceptible por la mayoría de personas dentro de los edificios, por pocas personas en el exterior durante el día. Durante la noche algunas personas pueden despertarse. Perturbación en cerámica, puertas y ventanas. Las paredes suelen hacer ruido. Los automóviles detenidos se mueven con más energía. Sensación semejante al paso de un camión grande. Aceleración entre 6.0 y 10 Gal.
V. Poco Fuerte	La mayoría de los objetos se caen, caminar es dificultoso, las ventanas suelen hacer ruido. Aceleración entre 10 y 20 Gal.
VI. Fuerte	Lo perciben todas las personas, muchas personas asustadas suelen correr al exterior, paso insostenible. Ventanas, platos y cristalería dañadas. Los objetos se caen de sus lugares, muebles movidos o caídos. Revoque dañado. Daños leves a estructuras. Aceleración entre 20 y 35 Gal.
VII. Muy fuerte	Pararse es dificultoso. Muebles dañados. Daños insignificantes en estructuras de buen diseño y construcción. Daños leves a moderados en estructuras ordinarias bien construidas. Daños considerables estructuras pobremente construidas. Mampostería dañada. Perceptible por personas en vehículos en movimiento. Aceleración entre 35 y 60 Gal.
VIII. Destructivo	Daños leves en estructuras especializadas. Daños considerables en estructuras ordinarias bien construidas, posibles colapsos. Daño severo en estructuras pobremente construidas. Mampostería seriamente dañada o destruida. Muebles completamente sacados de lugar. Aceleración entre 60 y 100 Gal.
IX. Ruinoso	Pánico generalizado. Daños considerables en estructuras especializadas, paredes fuera de plomo. Grandes daños en importantes edificios, con colapsos parciales. Edificios desplazados fuera de las bases. Aceleración entre 100 y 250 Gal.
X. Desastroso	Algunas estructuras de madera bien construida destruidas. La mayoría de las estructuras de mampostería destruida. Rieles dobladas. Aceleración entre 250 y 500 Gal.
XI. Totalmente Desastroso	Pocas, si las hubiera, estructuras de mampostería permanecen en pie. Puentes destruidos. Rieles curvados en gran medida. Aceleración mayor a 500 Gal.
XII. Catastrófico	Destrucción total con pocos supervivientes. Los objetos saltan al aire. Los niveles y perspectivas quedan distorsionados.

Ilustración 38. Grado de Intensidad según los valores obtenidos con la fórmula de Steinmom (1982), Fuente: Mapa de Peligros y Medidas de Mitigación ante Desastres de la Ciudad de Zurite, 2011).

Como se puede identificar en el cuadro de intensidades se determina que la quebrada Sicre se encuentra en grado **IX RUINOSO**

7.4. GEODINÁMICA EXTERNA

La geodinámica externa estudia la acción de los procesos exógenos sobre la superficie de la Tierra, donde intervienen diversos factores como las lluvias, el viento, entre otros; éstos originan la destrucción y el modelamiento del relieve. Entre ellas, las precipitaciones pluviales son consideradas uno de los agentes con mayor incidencia en la geodinámica del territorio, pues constituyen el principal factor detonante de los movimientos en masa (MM) tales como: Reptación, deslizamientos, derrumbes y

caídas de rocas; los cuales a su vez afectan la seguridad física de los centros poblados donde ocurren este tipo de eventos.

En nuestra zona de estudio logramos identificar 4 zonas como caída de suelos (CS), de igual manera se identifico 2 zonas como caída de rocas (CR), 1 zona de gran dimensión como deslizamiento traslacional y 1 zona como flujo de detritos, siendo estas 2 ultimas las de mayor dimensión en la quebrada en estudio.

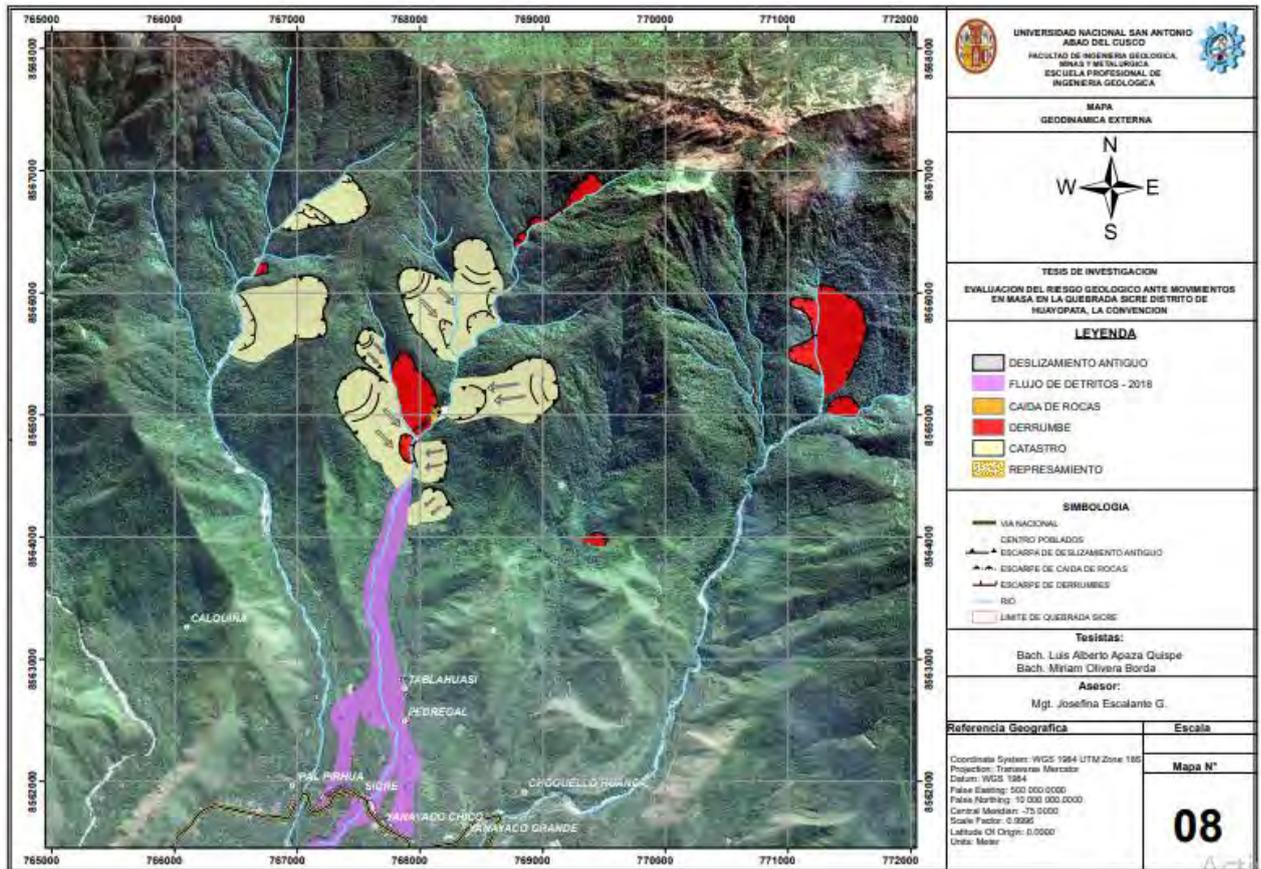


Ilustración 39. Mapa de geodinamica externa local, Fuente elaboracion propia

7.4.1. INVENTARIO DE MOVIMIENTOS DE LADERA

En este apartado se describen los apartados de movimientos en masa identificados en la Quebrada de Sicre.

INVENTARIO

Este inventario se recopilo directamente en campo y ajustados en gabinete, presentándose información de ubicación, factores condicionantes como pendiente, erosión, cobertura vegetal, usos de suelos, composición de roca o suelo, estructuras geológicas, factores desencadenantes de los movimientos en masa, longitud, ancho, área y volumen de los mismos. De este trabajo se han obtenido fichas que corresponden a los movimientos en masa identificado en la Quebrada Sicre.



Tabla 14. Inventariado de Movimiento en Masa de la Quebrada Sicre. Fuente Propia.

Cuadro De Inventariado De Movimientos En Masa En La Quebrada Sicre				
TIPOLOGIA	CODIGO	AREA	ESTE	NORTE
CAIDA DE SUELO / DERRUMBE	CS-01	772.5 m ²	767922.40	8564760.21
	CS-02	500.6	767926.56	8564754.44
	CS-03	1411.7	767926.39	8564816.21
	CS-04	405.2	767918.83	8564667.25
CAIDA DE ROCAS	CR-01	53.6	768136.24	8565063.14
	CR-02	74.78	768196.29	8565031.75
DESLIZAMIENTO TRASLACIONAL	DT-01	221,880	767801.03	8564180.86
FLUJO DE DETRITO	FD-01	221,880	767801.03	8564180.86

A) Caída de suelos

Estos tipos de movimientos se encuentran en la parte media de la Quebrada, en combinación de pendientes empinadas a muy empinadas con suelos coluviales y cobertura vegetal escasa o sin cobertura estos movimientos en masa son activados en su mayoría por las fuertes precipitaciones y por el socavamiento del talud debilitando el mismo.



		EVALUACION DEL RIESGO GEOLOGICO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA QUEBRADA SICRE, DISTRITO HUAYOPATA, LA CONVENCION CUSCO.			
PROVINCIA:	DISTRITO:	QUEBRADA	MARGEN:	CODIGO DE MOVIMIENTOS EN MASA:	
La Convención	Huayopata	Sicre	Derecha	CS-01	
Coordenadas UTM	WGS-84	ESTE	767922.40	TIPOLOGIA DE MOVIMIENTO	
ZONA	18S	NORTE	8564760.21	Caída de Suelos	
		ALTITUD	2154 msnm		
Factores condicionantes			Factores desencadenantes		
<p>COBERTURA VEGETAL: Area sin vegetación</p> <p>LITOLOGIA: material coluvial areno limoso con clastos de rocas redondeados a subredondeados.</p> <p>PENDIENTE: Muy empinado con pendientes de (> 45°)</p> <p>GEOMORFOLOGÍA: se identifica que esta dentro del cono aluvial.</p>			<p>PRECIPITACIÓN PLUVIAL: Las precipitaciones intensas son factores importantes que originan los movimientos en masa en la Quebrada de estudio:</p> <p>PRECIPITACIÓN FLUVIAL: la crecida de los caudales en el rio en combinación de los suelos no consolidados de la Quebrada,</p> <p>Observaciones: los suelos no consolidados con un factor importante para el socavamiento y transporte de detritos con las subidas del caudal.</p>		
CARACTERISTICAS DE LA ROCA O SUELO EN EL ÁREA INESTABLE			DIMENSIONES DEL FENOMENO		
<p>Condiciones de la roca/suelo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - LITOLOGIA SUELO COLUVIAL - VELOCIDAD: RAPIDA - Meteorización: ALTA - Humedad: ALTA 			<p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Longitud: 50 m - Ancho Promedio: 25 m - Area: 1,250 m² - Volumen: 12,500 m³ 		
Fotografías:					
					
Elaboracion:	Luis Alberto apaza Quispe Miriam olivera borda		FECHA:	03/06/2020	



		EVALUACION DEL RIESGO GEOLOGICO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA QUEBRADA SICRE, DISTRITO HUAYOPATA, LA CONVENCION CUSCO.			
PROVINCIA:	DISTRITO:	QUEBRADA	MARGEN:	CODIGO DE MOVIMIENTOS EN MASA:	
La Convencion	Huayopata	Sicre	Derecha	CS-02 , CS-03	
Coordenadas UTM	WGS-84	ESTE	767922.45	TIPOLOGIA DE MOVIMIENTO	
ZONA	18S	NORTE	8564693.29	Caida de Suelos	
		ALTITUD	2130 msnm		
Factores condicionantes			Factores desencadenantes		
<p>COBERTURA VEGETAL: Area sin vegetación</p> <p>LITOLOGIA: material coluvial areno limoso con clastos de rocas redondeados a subredondeados.</p> <p>PENDIENTE: Muy empinado con pendientes de (> 45°)</p> <p>GEOMORFOLOGÍA: se identifica que esta dentro del cono aluvial.</p>			<p>PRECIPITACIÓN PLUVIAL: Las precipitaciones intensas son factores importantes que originan los movimientos en masa en la Quebrada de estudio:</p> <p>PRECIPITACIÓN FLUVIAL: la crecida de los caudales en el rio en combinación de los suelos no consolidados de la Quebrada, son causantes de la erocion.</p> <p>Observaciones: los suelos no consolidados con un factor importante para el socavamiento y transporte de detritos con las subidas del caudal.</p>		
CARACTERISTICAS DE LA ROCA O SUELO DEL ÁREA INESTABLE			DIMENSIONES DEL FENOMENO		
<p>Condiciones de la roca/suelo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - LITOLOGIA SUELO COLUVIAL - VELOCIDAD: RAPIDA - Meteorización: ALTA - Humedad: MEDIA 			<p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Longitud: 125 m - Ancho Promedio: 20 m - Area: 2,500 m² - Volumen: 17,500 m³ 		
Fotografías:					
					
Elaboracion:	Luis Alberto apaza Quispe Miriam olivera borda		FECHA:	03/06/2020	



		EVALUACION DEL RIESGO GEOLOGICO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA QUEBRADA SICRE, DISTRITO HUAYOPATA, LA CONVENCION CUSCO.			
PROVINCIA:	DISTRITO:	QUEBRADA	MARGEN:	CODIGO DE MOVIMIENTOS EN MASA:	
La Convención	Huayopata	Sicre	Derecha	CS-04	
Coordenadas UTM	WGS-84	ESTE	767965.55	TIPOLOGIA DE MOVIMIENTO	
ZONA	18S	NORTE	8564816.36	Caida de Suelos	
		ALTITUD	2200 msnm		
Factores condicionantes			Factores desencadenantes		
COBERTURA VEGETAL: Area sin vegetación LITOLOGIA: material coluvial areno limoso con clastos de rocas redondeados a subredondeados. PENDIENTE: Muy empinado con pendientes de ($> 45^\circ$) GEOMORFOLOGÍA: se ubica en la base de las vertientes, en el cause del rio.			PRECIPITACIÓN FLUVIAL: la crecida de los caudales en el rio en combinación de los suelos no consolidados de la Quebrada erosionan la base causando esta tipología. Observaciones: Se muestra en la parte izquierda la caída de los suelos en donde se puede observar parte del intrusivo de mesapelada lo cual ha sido descubierto por la erosión fluvial en combinacion con caída de suelos		
CARACTERISTICAS DE LA ROCA O SUELO DEL ÁREA INESTABLE			DIMENSIONES DEL FENOMENO		
Condiciones de la roca/suelo: <ul style="list-style-type: none"> - LITOLOGIA SUELO COLUVIAL - VELOCIDAD: RAPIDA - Meteorización: ALTA - Humedad: MEDIA 			Dimensiones: <ul style="list-style-type: none"> - Longitud: 70 m - Ancho Promedio: 18 m - Area: 1,260 m² - Volumen: 8,820 m³ 		
Fotografías:					
					
Elaboracion:	Luis Alberto apaza Quispe Miriam olivera borda			FECHA:	03/06/2020



B) Caída de rocas

Este desprendimiento de rocas se ubica en la parte media de la Quebrada del lado derecho la cual la componen roca granítica con fracturamiento alto con pendiente muy alta

		EVALUACION DEL RIESGO GEOLOGICO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA QUEBRADA SICRE, DISTRITO HUAYOPATA, LA CONVENCION CUSCO.			
PROVINCIA:	DISTRITO:	QUEBRADA	MARGEN:	CODIGO DE MOVIMIENTOS EN MASA:	
La Convención	Huayopata	Sicre	Derecha	CR-01	
Coordenadas UTM	WGS-84	ESTE	768176.40	TIPOLOGIA DE MOVIMIENTO	
ZONA	18S	NORTE	8565008.17	CAIDA DE ROCAS	
		ALTITUD	2,382 msnm		
Factores condicionantes			Factores desencadenantes		
COBERTURA VEGETAL: Area sin vegetación LITOLOGIA: roca intrusiva (Sienogranito) PENDIENTE: muy empinado con pendientes (> 45°) GEOMORFOLOGÍA: se ubica dentro de la vertiente de montaña escarpada.			Precipitación pluvial: Las precipitaciones intensas son factores importantes el incrementando del peso adquirido por la saturación de suelo esto provoco la inestabilidad de la roca fracturada ocasionando caída de rocas. Observaciones:		
Características de la roca o suelo el área inestable			Dimensiones Del Fenómeno		
Condiciones de la roca/suelo: <ul style="list-style-type: none"> - Litología: ROCA INTRUSIVA (SIENOGRANITO) - Meteorización: MEDIA - Humedad: ALTA 			Dimensiones: <ul style="list-style-type: none"> - Longitud: 550 m - Ancho Promedio: 40 m - Área: 22,000 m² - Volumen: 132,000 m³ 		
Fotografías:					
Elaboracion:	Luis Alberto apaza Quispe Miriam olivera borda			FECHA:	03/06/2020



		EVALUACION DEL RIESGO GEOLOGICO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA QUEBRADA SICRE, DISTRITO HUAYOPATA, LA CONVENCION CUSCO.			
PROVINCIA:	DISTRITO:	QUEBRADA	MARGEN:	CODIGO DE MOVIMIENTOS EN MASA:	
La Convencion	Huayopata	Sicre	Derecha	CR-02	
Coordenadas UTM	WGS-84	ESTE	768148.25	TIPOLOGIA DE MOVIMIENTO	
ZONA	18S	NORTE	8564912.02	CAIDA DE ROCAS	
		ALTITUD	2,342 msnm		
Factores condicionantes			Factores desencadenantes		
COBERTURA VEGETAL: Area sin vegetación LITOLOGIA: roca intrusiva Sienogranito PENDIENTE: muy empinado con pendientes (> 45°) GEOMORFOLOGÍA: se ubica dentro de la vertiente de montaña escarpada.			Precipitación pluvial: La precipitación intensas son factores importantes el incrementando del peso adquirido por la saturación de suelo esto provoco la inestabilidad de la roca fracturada ocasionando caída de rocas. Observaciones:		
Características de la roca o suelos el área inestable			Dimensiones Del Fenómeno		
Condiciones de la roca/suelo: <ul style="list-style-type: none"> - Litología INTRUSIVO (SIENOGRANITO) - Meteorización: MEDIA - Humedad: ALTA 			Dimensiones: <ul style="list-style-type: none"> - Longitud: 40 m - Ancho Promedio: 35 m - Area: 1,400 m² - Volumen: 7,000 m³ 		
Fotografías:					
					
Elaboracion:	Luis Alberto apaza Quispe Miriam olivera borda			FECHA:	03/06/2020



C) DESLIZAMIENTOS

		EVALUACION DEL RIESGO GEOLOGICO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA QUEBRADA SICRE, DISTRITO HUAYOPATA, LA CONVENCION CUSCO.			
PROVINCIA:	DISTRITO:	QUEBRADA	MARGEN:	CODIGO DE MOVIMIENTOS EN MASA:	
La Convencion	Huayopata	Sicre	Derecha	DT-01	
Coordenadas UTM	WGS-84	ESTE	767801.03	TIPO DE MOVIMIENTO	
ZONA	18S	NORTE	8564180.86	Deslizamiento Traslacional	
		ALTITUD	1962 msnm		
Factores condicionantes			Factores desencadenantes		
<p>COBERTURA VEGETAL: bosque de montaña montano LITOLOGIA: material Coluvial areno limoso con clastos de rocas redondeados a sub redondeados. PENDIENTE: empinado (30° - 45°) GEOMORFOLOGÍA: se identifica que está dentro de la vertiente de montaña escarpada.</p> <p>Observaciones: el material desplazado es suelo Coluvial no consolidado.</p>			<p>Precipitación pluvial: Las precipitaciones intensas son factores importantes que originan los movimientos en masa en la Quebrada de estudio saturando y incrementando el peso y en consecuencia produciendo esta tipología.</p> <p>Observaciones: el material desplazado puede ocasionar represamiento en grandes volúmenes produciendo un posible flujo de detritos a futuro.</p>		
Características de la roca o suelo el área inestable			Dimensiones Del Fenómeno		
<p>Condiciones de la roca/suelo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - LITIFICACION: NO SONSOLIDADO - Meteorización: MEDIA - Humedad: ALTA 			<p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Longitud total: 420 m - Potencia de masa desplazada: 12 m - Escarpa: 3m - Ancho máximo : 140 m - Área: 58,800 m² - Volumen: 705,600 m³ 		
Fotografías:					
					





Deslizamiento Rotacional

Material desplazado el cual sigue siendo erosionado por el curso del río poniendo activo a este deslizamiento no presenta cobertura lo que nos indica que está activo, el material desplazado es arena limosa con gravas subredondeadas de mala gradación no está consolidado presenta moderadamente humedad, el volumen desplazado aproximadamente es de 665,640 m³, este material puede ocasionar el represamiento del río ocasionando el flujo de detritos en crecidas de río.

Elaboracion:	Luis Alberto apaza Quispe Miriam olivera borda		FECHA:	03/06/2020
---------------------	---	--	---------------	------------



D) FLUJO DE DETRITOS

		EVALUACION DEL RIESGO GEOLOGICO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN LA QUEBRADA SICRE, DISTRITO HUAYOPATA, LA CONVENCION CUSCO.			
PROVINCIA:	DISTRITO:	QUEBRADA	MARGEN:	CODIGO DE MOVIMIENTOS EN MASA:	
La Convencion	Huayopata	Sicre	Derecha	FD-01	
Coordenadas UTM	WGS-84	ESTE	767801.03	TIPO DE MOVIMIENTO	
ZONA	18S	NORTE	8564180.86	Flujo de Detritos	
		ALTITUD	1962 msnm		
Factores condicionantes			Factores desencadenantes		
COBERTURA VEGETAL: Área sin vegetación LITOLOGIA: material Coluvial areno limoso con clastos de rocas redondeados a sub redondeados. PENDIENTE: moderadamente inclinado con pendientes de (10° - 20°) GEOMORFOLOGÍA: se identifica que está dentro del cono aluvial.			PRECIPITACIÓN PLUVIAL: La precipitación intensa son factores importantes que originan los movimientos en masa en la Quebrada de estudio: OBSERVACIONES: los flujos muestran una acumulación de suelo aluvial en el transcurso del río, para lo cual se han realizado la descolmatación del curso de río en su dirección natural para evitar el desbordamiento de los mismos.		
Características de la roca o suelo del área inestable			Dimensiones Del Fenómeno		
Condiciones de la roca/suelo: <ul style="list-style-type: none"> - Grado de fracturamiento: MODERADO - Meteorización: MEDIA - Humedad: ALTA 			Dimensiones: <ul style="list-style-type: none"> - Longitud: 2,773.5 m - Ancho Promedio: 80 m - Área: 221,880 m² - Volumen: 665,640 m³ 		
Fotografías:					
					
zona intermedia de la Quebrada presenta acumulación de los flujo de detritos provenientes de las partes altas de la Quebrada, también se realizó la descolmatacion de la misma para evitar el desbordamiento de futuros flujos de detritos					



Bloques de rocas de hasta 2 m de altura transportados por los flujos de detritos



Bloques de roca de hstas 2.5m arrastrados por el flujo de detritos hasta la zona baja de la quebrada.

Elaboracion:	Luis Alberto apaza Quispe Miriam olivera borda		FECHA:	03/06/2020
---------------------	---	--	---------------	------------



CAPITULO VIII

PELIGROS GEOLOGICOS



8.1. IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

La identificación del área de influencia se basa en un cartografiado detallado de los fenómenos de geodinámica externa antiguos y reciente en el área evaluada, relacionados a flujos de detritos, para esto se identifica la cuenca que alimenta con material (rocas, y material cuaternario) y que sirve como receptor de agua que al final desencadena en un flujo de detritos y lodos.

El recurso hídrico es otro factor importante a estudiar, es así que en la zona de estudio el agua, proviene fundamentalmente de las lluvias, y principalmente son de origen convectivo, siendo más abundante que en la zona andina, pero con el mismo régimen; es decir una época de altas precipitaciones de Diciembre a Marzo y otra de baja de Abril a Noviembre, este régimen climático permite mantener una cobertura vegetal variada que para el presente caso es básicamente árboles, plantaciones de té, y pequeños arbustos, propia de ecosistemas de ceja de selva.

Por otro lado, la topografía de la zona es otro aspecto que se ha tomado en cuenta para la identificación del área de influencia, observándose cambios bruscos del terreno que en general son pendientes moderadamente abruptas en las faldas de los cerros y zonas semiplanas donde están asentadas la mayor parte de la población

Finalmente, el "tipo de suelo" también condiciona en la identificación del área de influencia, donde se ha diferenciado los suelos semicompactos, y los afloramientos rocosos paleozoicos (rocas metamórficas muy deleznales) y rocas más duras granodioritas y cuarcitas.

8.2. EVALUACIÓN DEL PELIGRO POR MOVIMIENTOS EN MASA

Este Proceso de Análisis Jerárquico (AHP – Analytic Hierarchy Process), fue desarrollado por Thomas L. Saaty para resolver el tratado de reducción de armamento estratégico entre los Estados Unidos y la antigua URSS, actualmente utilizado por tener características de un sistema flexible de metodología de análisis de decisión multicriterio discreta (número finito de alternativas u opciones de elección). Permite a los actores tomar decisiones y estructurar el problema de forma visual.

Para utilizar este proceso, primero se construye una estructura jerárquica del problema, de modo que los elementos de un mismo nivel sean del mismo orden de magnitud y puedan relacionarse con algunos o todos los elementos del siguiente nivel.

Luego de construir la estructura jerárquica del problema se realiza la valoración de los parámetros o elementos. Esta valoración se realiza por una comparación entre uno y otro elemento basándose en factores cuantitativos o cualitativos en escalas del 1 al 9, según la propuesta de Saaty. De esta forma cuando dos elementos sean igualmente preferidos o importantes se asignará al par de elementos un "1"; moderadamente preferido se representa por "3", fuertemente preferido por "5" y extremadamente preferido por "9". Los números pares se usan para expresar situaciones intermedias.

8.3. DETERMINACION DEL NIVEL DE PELIGROSIDAD

Para determinar el nivel de peligrosidad por movimientos en masa, se utilizó la metodología propuesta por el CENEPRED en el manual EVAR (versión 2), siendo necesario estimar la peligrosidad (parámetros de evaluación, la susceptibilidad en función de los factores condicionantes y desencadenantes y los elementos expuestos y susceptibles). El modo de determinar es considerando parámetros y para cada parámetro sus descriptores, ponderándolos mediante el método SAATY

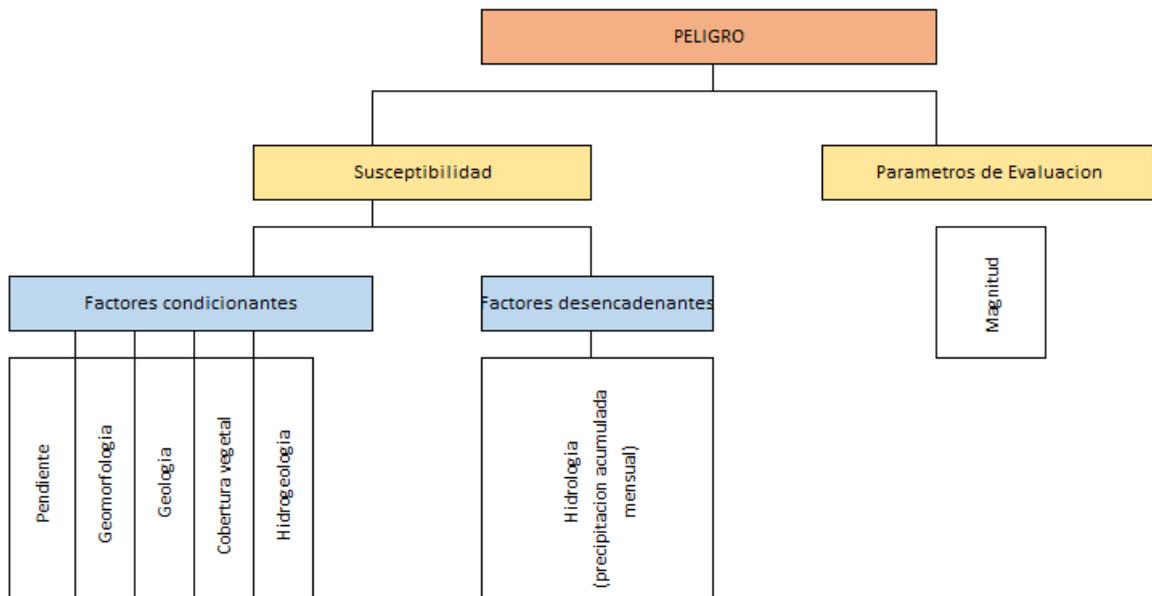


Ilustración 40. Diagrama de determinación del peligro, Fuente. Elaboración Propia

8.4. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DEL FENOMENO

Para el presente caso, se ha considerado como parámetro de evaluación el volumen de material desplazado producto de un flujo de detritos que lo denominaremos "Magnitud"

Para la obtención de pesos ponderados de la Magnitud, se utilizó el proceso de análisis jerárquico, que permite estimar valores de importancia relativa de cada descriptor para ello se realiza la comparación de pares, obteniendo los siguientes resultados:

A) MAGNITUD (volumen de material desplazado)

Se emplea como medida de magnitud para el cálculo de volumen, se estima el área y espesor de la zona de arranque o se emplean formulas empíricas que relacionan el área de la zona de arranque con el volumen, Picarelli et al. (2005).

En la Quebrada por donde circuló el flujo de detritos, se observa un sector con actividad de geodinámica externa, que se caracteriza por tener pendientes moderadas a abruptas y zonas semiplanas al pie de las montañas, vegetación principalmente constituida de árboles y arbustos, la geología está básicamente constituida de rocas metamórficas fácilmente



deleznales, rocas más duras granodioritas, cuarcitas y material no consolidado en las depresiones de los cerros. En temporada de lluvias el cauce de agua es constante, el suelo es muy permeable frente a aguas pluviales, haciendo que la cohesión de la tierra sea débil ante la saturación de agua. En efecto en estos suelos la disminución de la capacidad portante por efecto de una lluvia intensa es alta.

8.4.1. PONDERACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DEL PELIGRO DE MOVIMIENTOS EN MASA.

MAGNITUD

Parámetros Generales		MAGNITUD	Ponderación		PESO PONDERADO
			Ponderación Multicriterio		
Descriptoros	D1	Gran volumen > 3,000 m ³	PP1	0.416	1
	D2	Mayor volumen 3,000 a 2,001 m ³	PP2	0.262	1
	D3	Medio volumen 2,000 a 1,000 m ³	PP3	0.161	1
	D4	Bajo volumen 1,000 a 100 m ³	PP4	0.099	1
	D5	Bajo volumen < 100 m ³	PP5	0.062	1

Tabla 15 ponderación del parámetro de evaluación MAGNITUD.

8.5. SUSCEPTIBILIDAD EN LA QUEBRADA SICRE

Es la posibilidad de que un fenómeno de origen natural ocurra, la cual está condicionada por sus factores condicionantes (características intrínsecas del terreno) y desencadenantes (características extrínsecas que viene a ser un factor detonante para la ocurrencia del fenómeno), la combinación de estos factores nos llevara a la susceptibilidad para eso estos factores tienen que ser asignados con pesos, dependiendo de cuanto influyan en la ocurrencia del fenómeno.

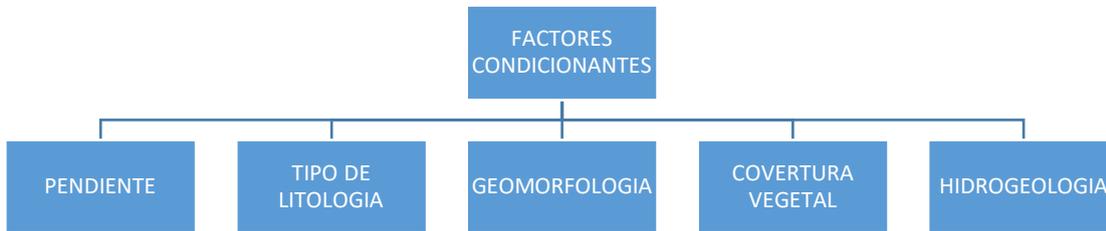
Para la evaluación de la susceptibilidad del área de influencia por flujo de detritos en el área de estudio, se tuvo que asignar pesos utilizando el método "Multicriterio" de Tomas L. Saaty el cual realiza un análisis jerárquico de cada descriptor dependiendo su importancia con el fenómeno que esta siendo analizado, en nuestra investigación como factores condicionantes y desencadenante se consideraron los siguientes.

FACTORES CONDICIONANTES	FACTORES DESENCADENANTES
litología, Pendiente, geomorfología, Vegetación, hidrogeología	Hidrología (Precipitación acumulada mensual)

Tabla 16 parámetros a considerar en la evaluación de la susceptibilidad

8.5.1. FACTORES CONDICIONANTES:

Son parámetros propios de la Quebrada Sicre, el cual contribuye de manera favorable o no al desarrollo de los movimientos en masa, así como su distribución espacial.



A) PENDIENTES:

Con las curvas de nivel completas en el área de estudio, se generan modelos de elevación digital (DEM) con un tamaño de celda de 2 metros. Luego se genera un modelo espacial de pendientes (Slope), realizando todo este proceso con el software ArcGIS v10.3.

Luego se ha realizado una reclasificación, dividiendo el área de estudio en 5 grupos de pendientes que a continuación se presentan y se describen.

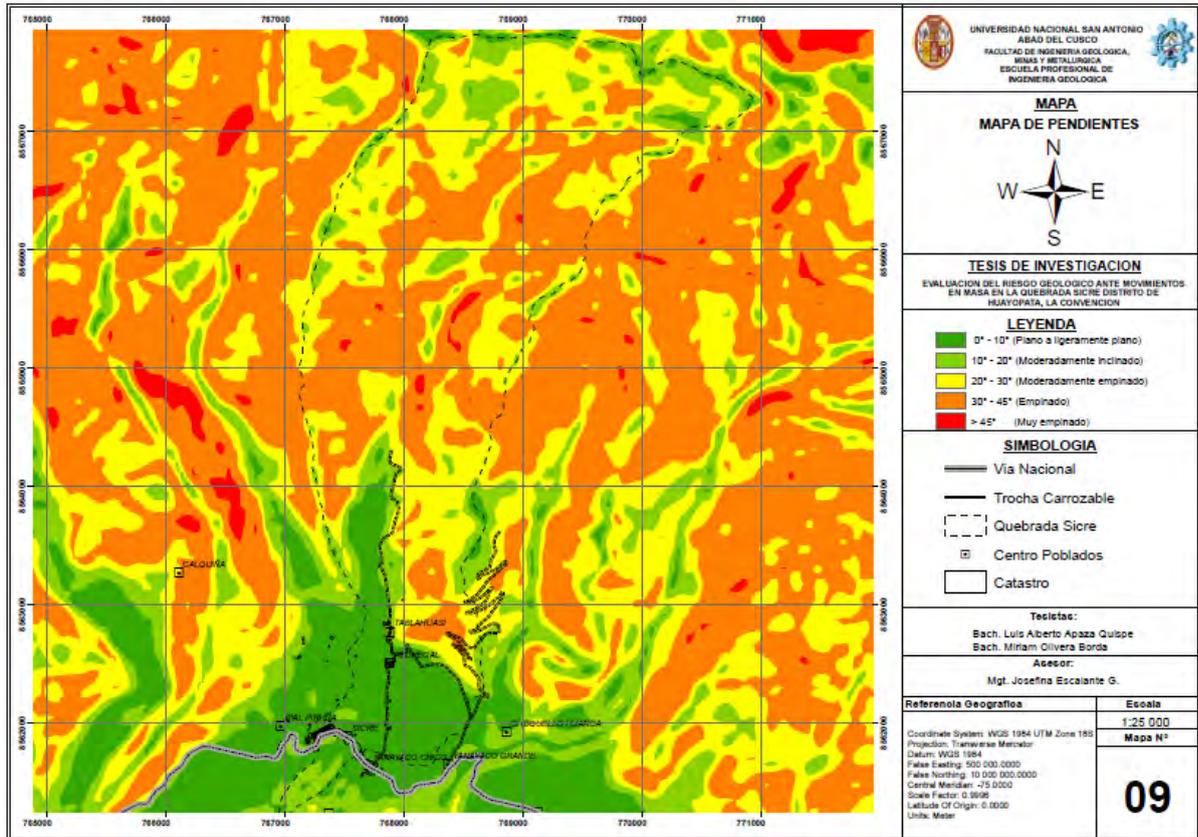


Ilustración 41. Mapa de Pendientes de la Quebrada Sicre. Fuente Propia.



DESCRIPCION	RANGO DE PENDIENTES	AREA (m2)	AREA (has)	AREA %
Plano a ligeramente plano	0° - 10°	1398327.03	139.83	13.31
Moderadamente inclinado	10° - 20°	1450946.42	145.09	13.81
Moderadamente empinado	20° - 30°	3863274.32	386.33	36.78
Empinado	30° - 45°	3713235.98	371.32	35.35
Muy empinado	> 45°	78748.33	7.87	0.75

Tabla 17. Descriptores de la Pendiente. Fuente Propia.

Plano a ligeramente plano (0° - 10°)

Esta zona de pendiente plana a ligeramente plana se encuentra principalmente en la parte baja de la Quebrada Sicre, son zonas de depósitos coluviales los cuales fueron arrastrados por flujos de detritos. Abarcan un área de 139.83 ha.

Moderadamente empinado (10° - 20°)

Las zonas moderadamente inclinadas se encuentran contiguo a zonas de pendiente plana, se puede identificar dos sectores principales, el primero en la parte norte de la Quebrada formando una especie de terraza y el otro en el sur entre el área urbana y las laderas del cerro. Abarcan 145.09 ha de superficie.

Moderadamente empinado (20° - 30°)

Las zonas moderadamente empinadas se encuentran en la parte intermedia y parte alta de la Quebrada en ambos márgenes, y en las laderas bajas Abarcan 386.33 ha.

Empinado (30° - 45°)

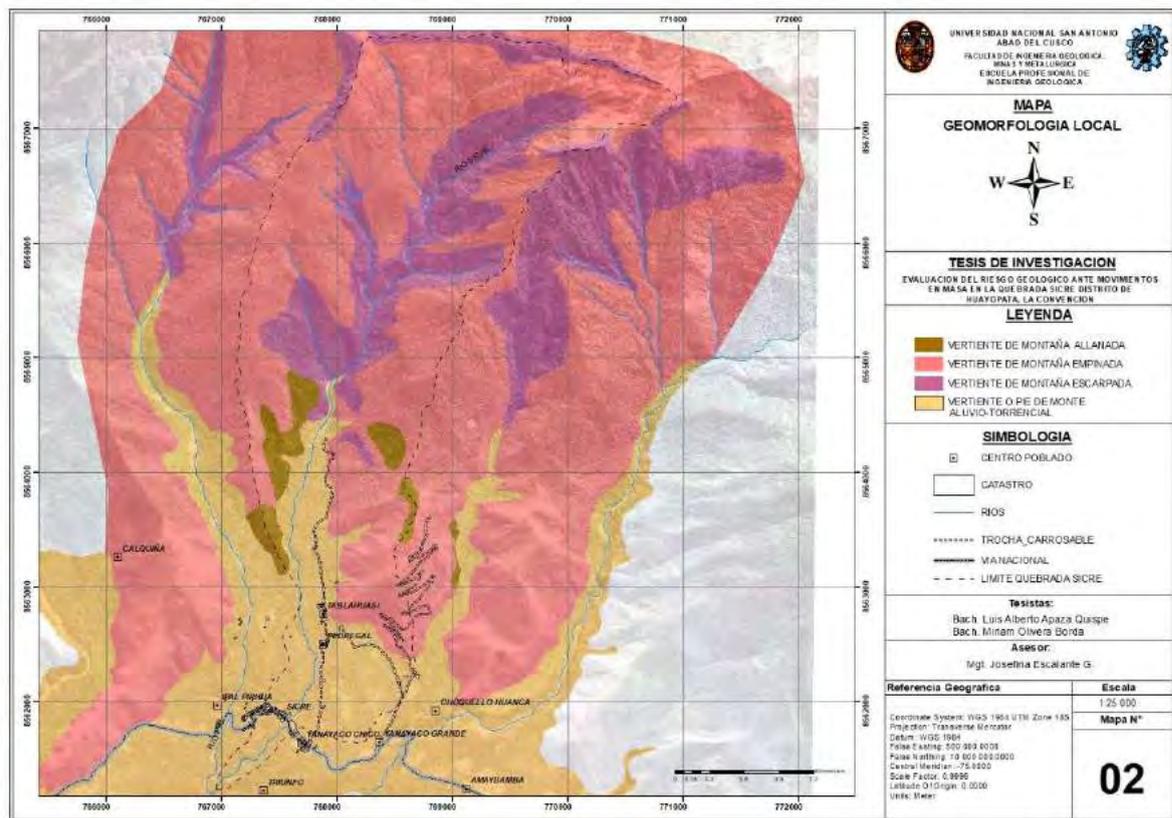
Las zonas empinadas se encuentran en casi toda la Quebrada, desde su cabecera hasta las partes bajas. Son en estas zonas en la que se encuentran afloramientos de roca intrusiva en su mayoría. Abarcan 371.32 ha de superficie.

Muy empinado (> 45°)

Las zonas con ladera muy empinadas son las que se encuentran dentro de la Quebradas, en estas pendientes son comunes los cortes de roca o deslizamientos en el sector. Abarcan 7.87 hectáreas de superficie.

B) GEOMORFOLOGIA

El contexto geomorfológico local se encuentra dentro del parámetro regional montañoso del cual se distingue 4 unidades geomorfológicas locales las cuales son: cono aluvial, vertiente de montaña allanada, vertiente de montaña empinada, vertiente de montaña escarpada.



DESCRIPCION	AREA (m2)	AREA (has)	AREA %
pedemonte aluvio-torrencial (Proluvial)	1887078.84	188.71	17.96
Vertiente de montaña allanada	411672.58	41.17	3.92
Vertiente de montaña empinada	5627655.45	562.77	53.57
Vertiente de montaña escarpada	2578113.58	257.81	24.54

Tabla 18. Descriptores de la Geomorfología. Fuente Propia



Vertiente De Montaña Escarpada:

Esta unidad se ubica en las de escarpa de deslizamientos de pendientes muy empinadas los cuales configuran una topografía accidentada con vertientes superiores a los 50 % de pendiente.

Esta unidad se define con prioridad de primer orden por lo que la probabilidad de ocurrencia de eventos de geodinámica externa es alta, esta unidad se desarrolla con mayor frecuencia en zonas cercanas al curso del río en el Quebrada teniendo mayor probabilidad de ocurrencia en la parte media de la Quebrada a la altura que la catarata el oso debido a su litología y pendientes.

Vertiente De Montaña Empinada:

Esta unidad se ubica en la parte media y superior de la Quebrada posee una topografía accidentada con pendientes predominantes de 25 % a 50%.

Esta unidad se define con prioridad de segundo orden ya que existe la posibilidad de ocurrencia de algunos eventos geodinámicas, siendo esta unidad la que más se presenta en la Quebrada.

Vertiente De Montaña Allanada:

Esta unidad se ubica en la parte superior de la zona Sur de la Quebrada, está comprendida en un medio geomorfológico de baja pendiente $10^{\circ} - 20^{\circ}$ presentándose en la parte baja del talud.

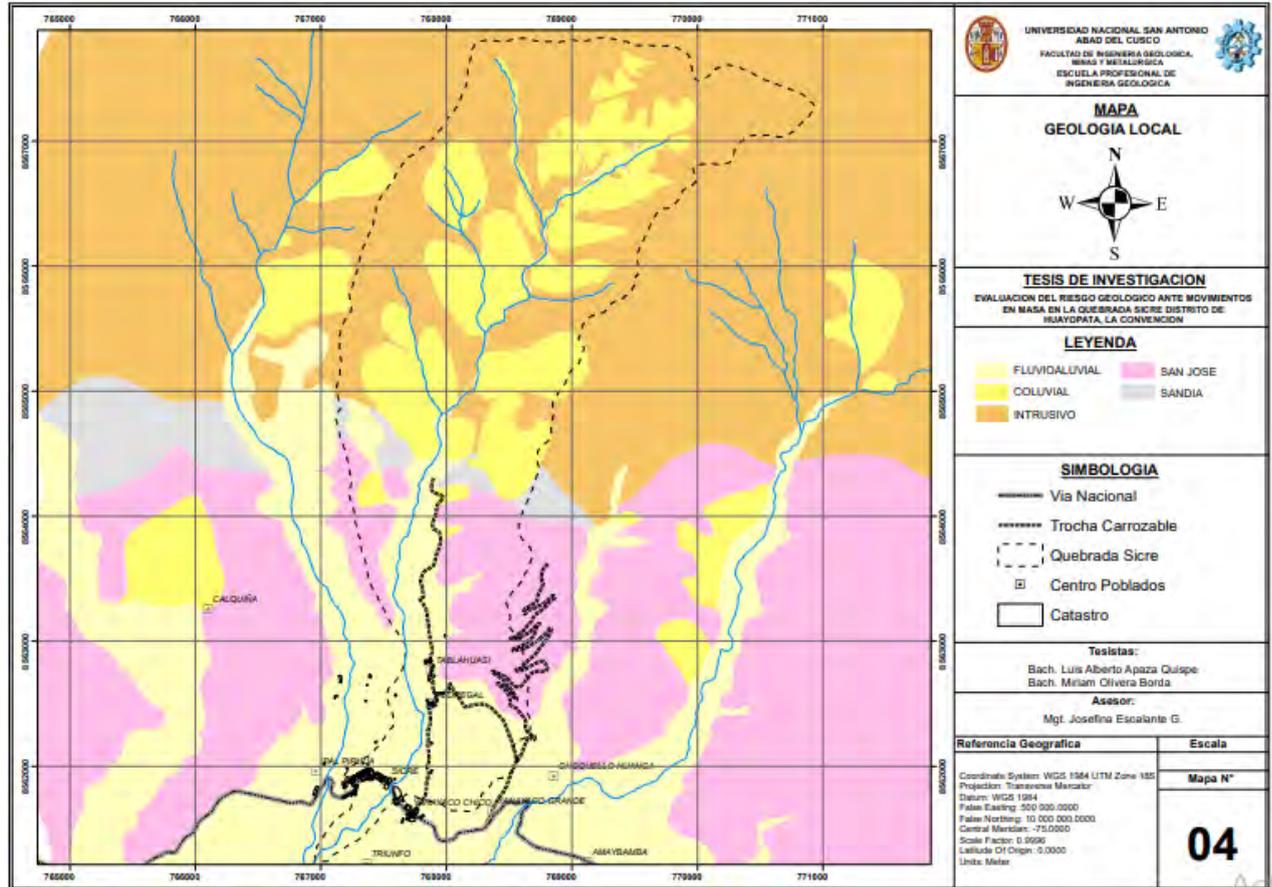
Esta unidad geomorfológica se categoriza como descriptor de segundo orden ya que existen posibilidades de la ocurrencia de algunos eventos geodinámicas.

Piedemonte Aluvio-Torrencial (Proluvial):

Esta unidad se ubica en la zona sur de la Quebrada, está comprendida en un medio de materiales transportados. Esta unidad se categoriza como descriptor de 5to orden ya que en estas áreas la posibilidad de ocurrencia de eventos de geodinámica externa en casi nula.

C) LITOLOGIA:

En la geología local de la zona de estudio se han identificado 4 unidades litológicas las cuales se describen a continuación.



DESCRIPCION	AREA (m2)	AREA (has)	AREA %
Deposito Fluvioaluvial	1883543.68	188.35	17.93
Deposito Coluvial	1935396.41	193.54	18.42
Grupo San Jose	1201948.87	120.19	11.44
Formación Sandia	408102.38	40.81	3.89
Intrusivo	5075474.93	507.55	48.32

Tabla 19. Descriptores de la Litología. Fuente Propia



Formación Sandía

Esta litología se presenta en la zona central de la Quebrada está representado principalmente por meta-areniscas grises, cuarcitas las cuales afloran cerca al cauce del río debido a la erosión fluvial, esta litología ocupa un área de 40.81 has que corresponde al 3.89 % con respecto al área total de la Quebrada.

Esta unidad se categorizo como descriptor de 3er orden ya que la probabilidad de movimientos en masa es medio.

Grupo San José

La litología se presenta en la zona sur de la Quebrada está representado principalmente por pizarras y esquistos fuertemente foliadas los cuales se encuentran cubiertos casi en su totalidad por la cobertura vegetal, esta litología ocupa un área de 120.19 has que corresponde al 11.44% con respecto al área total de la Quebrada.

Esta unidad se categorizo como descriptor de 3er orden ya que la probabilidad de movimientos en masa es medio.

Depósitos Fluvioaluviales

Esta litología se presenta en la zona sur de la Quebrada los cuales están compuestos por grandes bloques de rocas ígneas, envueltos por una matriz areno-limosa esta litología ocupa un área de 188.35 has que corresponde al 17.93% con respecto al área total de la Quebrada.

Estas unidades se categorizan como un descriptor de 2do orden debido a que existen las probabilidades de la ocurrencia de los movimientos en masa.

Depositos Coluviales:

Esta litología se presenta en la zona central de la Quebrada los cuales están compuestos por suelos no consolidados como bloques, gravas, arenas y finos ubicándose principalmente en el pie de los antiguos deslizamientos, esta litología ocupa un 193.54 has que corresponde al 18.42 % con respecto al área total de la Quebrada.

Esta unidad se categoriza como descriptor de 1er orden ya que la probabilidad de movimientos en masa es alta.

Hidrogeológicamente, los suelos coluviales están considerados como acuitardos, pueden almacenar agua, pero lo transmiten con dificultad, ya que tienen una matriz arcillosa y limosa que impedirían los flujos de agua.

Intrusivos

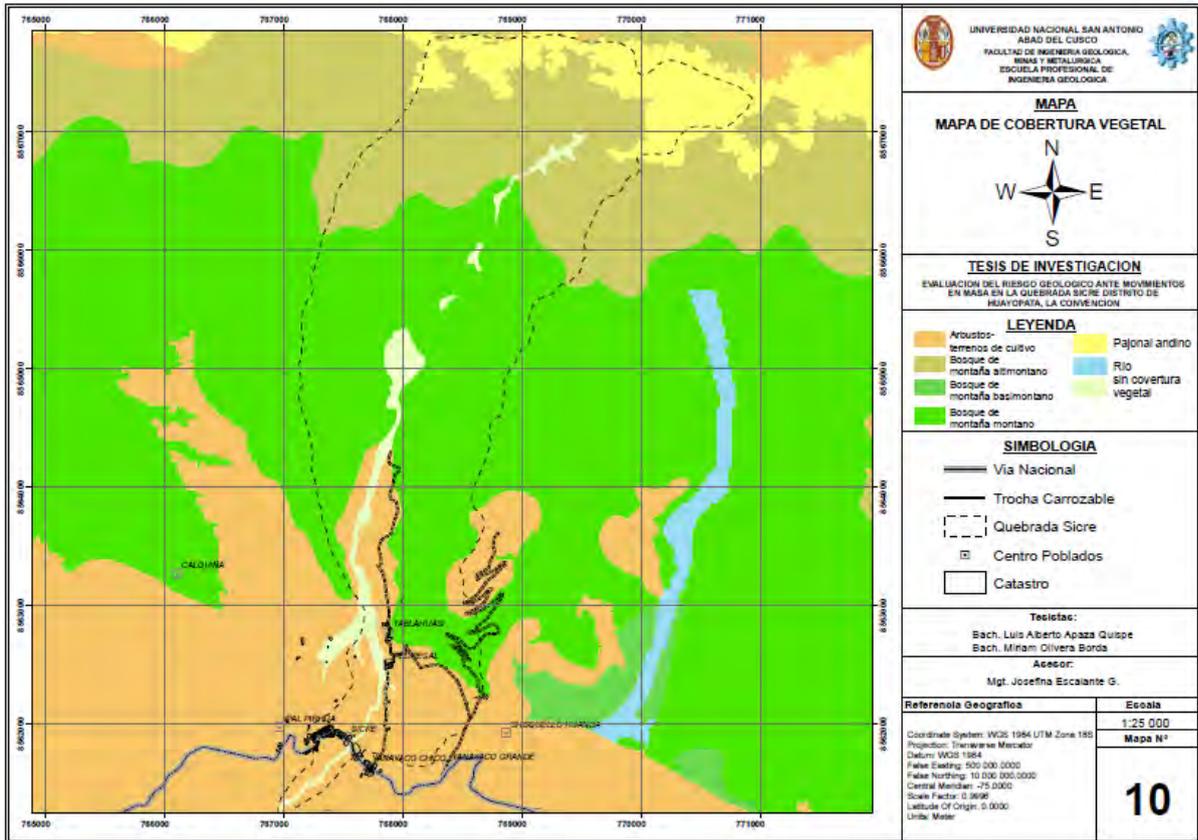
Esta litología se presenta en la zona norte de la Quebrada siendo la litología con mayor envergadura en la Quebrada, la roca macroscópicamente tiene textura fanerítica de grano grueso y son leucócratas esta litología ocupa un área de 507.55 has lo cual corresponde al 48.32 % del área total de la Quebrada.



Esta unidad se categoriza como descriptor de 4to orden ya que la probabilidad de movimientos en masa en baja.

D) COBERTURA VEGETAL

El mapeo de la cobertura vegetal se realizó en base al estudio del "Mapa Nacional De Cobertura Vegetal"-(Minan 2015), ver Mapa.



DESCRIPCION	AREA (m2)	AREA (has)	AREA (%)
Arbustos-terrenos de cultivo	1618269.02	161.87	15.40
Bosque de montaña altimontano	2605745.91	260.58	24.81
Bosque de montaña montano	4924004.39	492.40	46.88
Pajonal andino	971182.925	97.12	9.24
sin cobertura vegetal	385329.84	38.53	3.67

Tabla 20. Descriptores de la Cobertura Vegetal. Fuente Propia

Pajonal Andino:

Esta cobertura se extiende en un área de 97.12 hectareas que representan el 9.24 % del total de superficie de la zona de estudio.



Esta unidad de vegetación se sitúa en la zona Norte de la Quebrada conformado principalmente por herbazales desarrollándose en pendientes moderadamente inclinados.

Bosque De Montaña Altimontano

Esta cobertura se extiende en un área de 260.58 hectáreas que representan el 24.81% del total de superficie de la zona de estudio.

Esta unidad de vegetación se sitúa en la zona Norte de la Quebrada la fuerte pendiente y pluviosidad limitan el desarrollo de la actividad forestal maderable.

Bosque De Montaña Montano

Esta cobertura se extiende en un área de 492.40 hectáreas que representa el 46.88 % del total de superficie siendo el más representativo en la zona de estudio.

Esta unidad de vegetación al igual que el basimontano se desarrolla sobre laderas empinadas cubiertas principalmente de material Coluvial, presentándose arboles desde 10m hasta los 25m.

Arbustos-Terrenos De Cultivo

Esta cobertura se extiende en un área de 161.87 hectáreas que representa el 15.40% del total de superficie de la zona de estudio.

Esta unidad de vegetación se desarrolló en su mayoría sobre suelo aluvial habiendo sido aprovechado para la cultivación de te, yuca, uncucha, café, maíz y otros

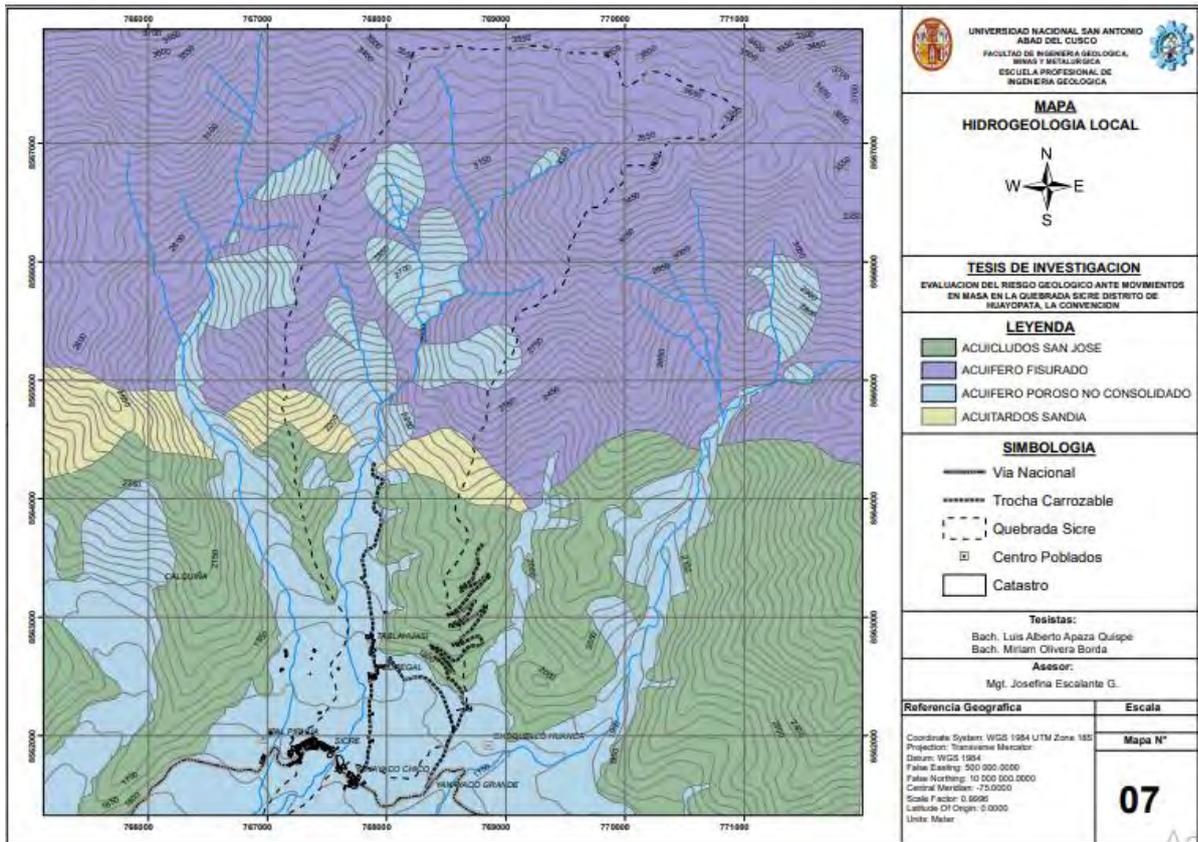
Área Sin Vegetación

Esta área se extiende sobre un área de 38.53 hectáreas que representa el 3.67% del total de superficie de la zona de estudio.

Esta área sin vegetación se caracteriza por ser áreas desnudas sin ningún tipo de vegetación lo cual se debe a que se han producido movimientos en masa recientemente y/o están en constante movimiento.

E. HIDROGEOLOGIA

En la hidrogeología local de la zona de estudio se han identificado 4 unidades hidrogeológicas las cuales se describen a continuación.



DESCRIPCION	AREA (m2)	AREA (has)	AREA (%)
Acuífero fisurado	5075474.93	507.55	48.32
Acuífero poroso no consolidado	3818940.09	381.89	38.33
Acuífero san jose	1201948.87	120.19	11.44
Acuífero de arena	408102.38	40.81	3.89

Acuífero Fisurado

Esta unidad se extiende en un área de 507.55 hectáreas que representa el 48.32 % del total de superficie siendo el más representativo en la zona de estudio.

Esta unidad se ubica en la zona norte de la quebrada siendo la más representativa conformado por roca intrusiva sienogranito la cual se encuentra fracturado con porosidad secundaria.

Acuífero Poroso No Consolidado

Esta unidad se extiende en un área de 381.89 hectáreas que representa el 38.33 % del total de superficie siendo el 2do más representativo en la zona de estudio.

Esta unidad se ubica en la zona central y sur de la quebrada sicre presentándose de forma aleatoria en la parte central norte de la quebrada estando conformado por material cuaternario no consolidado (material aluvial y Coluvial).



Acuicludo San Jose

Esta unidad se extiende en un área de 120.19 hectáreas que representa el 11.44 % del total de superficie

Esta unidad de ubica en la zona central y sur de la quebrada sicre presentándose en las vertientes de la quebrada estando conformado por material metamórfico pizarras y esquistos.

Acuitardo Sandia

Esta unidad se extiende en un área de 40.81 hectáreas que representa el 3.89 % del total de superficie siendo la menos representativa en cuanto a área.

Esta unidad de ubica en la zona central de la quebrada sicre presentándose en los laterales (vertientes de la quebrada) estando conformado por metaarenisca grises.

8.5.2. PONDERACION DE LOS FACTORES CONDICIONANTES

FACTORES CONDICIONANTES	<i>litologia</i>	<i>pendientes</i>	<i>geomorfologia</i>	<i>hidrogeologia</i>	<i>cobertura vegetal</i>
<i>litologia</i>	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
<i>pendientes</i>	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
<i>geomorfologia</i>	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
<i>hidrogeologia</i>	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
<i>cobertura vegetal</i>	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Tabla 21 matrices de comparación de pares de los factores condicionantes

FACTORES CONDICIONANTES	<i>litologia</i>	<i>pendientes</i>	<i>geomorfologia</i>	<i>hidrogeologia</i>	<i>cobertura vegetal</i>	Vector Priorización
<i>litologia</i>	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
<i>pendientes</i>	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
<i>geomorfologia</i>	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
<i>hidrogeologia</i>	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
<i>cobertura vegetal</i>	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 22 matriz de normalización de los factores condicionantes



Resultados de la operación de matrices						Vector Suma Ponderada
0.503	0.781	0.672	0.474	0.313	0.503	2.743
0.168	0.260	0.403	0.339	0.244	0.168	1.414
0.101	0.087	0.134	0.203	0.174	0.101	0.699
0.072	0.052	0.045	0.068	0.104	0.072	0.341
0.056	0.037	0.027	0.023	0.035	0.056	0.177
0.503	0.781	0.672	0.474	0.313	0.503	2.743

Vector Suma Ponderado/Vector Priorización	
	5.455
	5.432
	5.204
	5.030
	5.093
SUMA	26.213
PROMEDIO	5.243

ÍNDICE DE CONSISTENCIA
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)

IC	0.061
RC	0.055

FACTORES CONDICIONANTES	Vector Priorización
litología	0.503
pendientes	0.260
geomorfología	0.134
hidrogeología	0.068
cobertura vegetal	0.035
TOTAL	1

Tabla 23 pesos asociados a las capas empleadas en el análisis de susceptibilidad por flujos de detritos en el área evaluada

PENDIENTES

PESO PONDERADO DEL PENDIENTES: 0.260

PENDIENTES EN GRADOS	PESO DEL DESCRIPTOR
0-10	0.503
10-20	0.260
20-30	0.134
30-45	0.068
>45	0.035
TOTAL	1.000

Tabla 24 ponderación de factor condicionante Pendientes



LITOLOGIA

PESO PONDERADO DE LITOLOGIA: 0.503

LITOLOGIA	PESO DEL DESCRIPTOR
Coluvial	0.503
Aluvial	0.260
Fm. Sandia	0.134
Gpo San José	0.068
Intrusivo	0.035
TOTAL	1.000

Tabla 25 ponderación de factor condicionante Litología

GEOMORFOLOGIA

PESO PONDERADO DE GEOMORFOLOGIA: 0.134

GEOMORFOLOGIA	PESO DEL DESCRIPTOR
Cono Aluvial	0.520
Vertiente De Montaña Allanada	0.297
Vertiente De Montaña Empinada	0.124
Vertiente De Montaña Escarpada	0.058
TOTAL	1.000

Tabla 26 ponderacion de factor condicionante Geomorfología

COBERTURA VEGETAL

PESO PONDERADO DE COBERTURA VEGETAL: 0.035

COBERTURA VEGETAL	PESO DEL DESCRIPTOR
Área sin vegetación	0.503
arbustos terreno de cultivo	0.260
bosque de montaña montano	0.134
bosque de montaña altimontano	0.068
pajonal andino	0.035
TOTAL	1.000

Tabla 27 ponderacion de factor condicionante Cobertura Vegetal



HIDROGEOLOGIA

PESO PONDERADO DE HIDROGEOLOGIA: 0.068	
COBERTURA VEGETAL	PESO DEL DESCRIPTOR
ACUICLUDO SAN JOSE	0.54
ACUITARDO SANDIA	0.26
ACUIFERO POROSO NO CONSOLIDADO	0.12
ACUIFERO FISURADO	0.05
TOTAL	1.000

8.5.3. FACTORES DESENCADENANTES

Son factores que desencadenan eventos y /o sucesos asociados que pueden generar peligros en la Quebrada Sicre.

Habiendo hecho un análisis para determinar los factores desencadenantes que resulten en un peligro. Se determinó que las precipitaciones es el único factor que podría desencadenar un evento peligroso.



A) Intensidad De Precipitación

Siendo el único factor desencadenante de clasifico en 5 sub unidades siendo torrenciales, muy fuertes, fuertes, moderada y débiles los cuales se describen en la ponderación de estos.



8.5.3.1. PONDERACION DE LOS FACTORES DESENCADENANTES

INTENSIDAD DE PRECIPITACION

PESO PONDERADO DE PRECIPITACION: 1		
FACTOR DESENCADENANTE	PRECIPITACION	PESO DEL DESCRIPTOR
Torrenciales	mayores a 50mm/h	0.503
Muy fuertes	30mm/h - 50mm/h	0.260
Fuertes	20mm/h - 30mm/h	0.134
Moderada	10mm/h - 20mm/h	0.068
débiles	menores a 10mm/h	0.035
TOTAL		1.000

Tabla 28. matriz comparacion de pares

INTENSIDAD DE PRECIPITACION	mayores a 50mm/h	30mm/h - 50mm/h	20mm/h - 30mm/h	10mm/h - 20mm/h	menores a 10mm/h
mayores a 50mm/h	1.00	4.00	5.00	7.00	9.00
30mm/h - 50mm/h	0.25	1.00	2.00	4.00	6.00
20mm/h - 30mm/h	0.20	0.50	1.00	2.00	4.00
10mm/h - 20mm/h	0.14	0.25	0.50	1.00	2.00
menores a 10mm/h	0.11	0.17	0.25	0.50	1.00
SUMA	1.70	5.92	8.75	14.50	22.00
1/SUMA	0.59	0.17	0.11	0.07	0.05

Tabla 29. matriz de normalizacion.

INTENSIDAD DE PRECIPITACION	mayores a 50mm/h	30mm/h - 50mm/h	20mm/h - 30mm/h	10mm/h - 20mm/h	menores a 10mm/h	Vector Priorizacion
mayores a 50mm/h	0.587	0.676	0.571	0.483	0.409	0.545
30mm/h - 50mm/h	0.147	0.169	0.229	0.276	0.273	0.219
20mm/h - 30mm/h	0.117	0.085	0.114	0.138	0.182	0.127
10mm/h - 20mm/h	0.084	0.042	0.057	0.069	0.091	0.069
menores a 10mm/h	0.065	0.028	0.029	0.034	0.045	0.040
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000



RESULTADOS DE LA OPERACIÓN DE MATRICES					VECTOR SUMA PONDERADO
0.545	0.874	0.636	0.480	0.363	2.899
0.136	0.219	0.254	0.274	0.242	1.126
0.109	0.109	0.127	0.137	0.162	0.644
0.078	0.055	0.064	0.069	0.081	0.346
0.061	0.036	0.032	0.034	0.040	0.203

Vector Suma Ponderado/Vector Priorización
5.317
5.151
5.066
5.035
5.040

SUMA	25.609
PROMEDIO	5.122

ÍNDICE DE CONSISTENCIA
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.1 (*)

IC	0.030
RC	0.027

8.6. MAPA DE SUCEPTIBILIDAD A LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN LA QUEBRADA SICRE

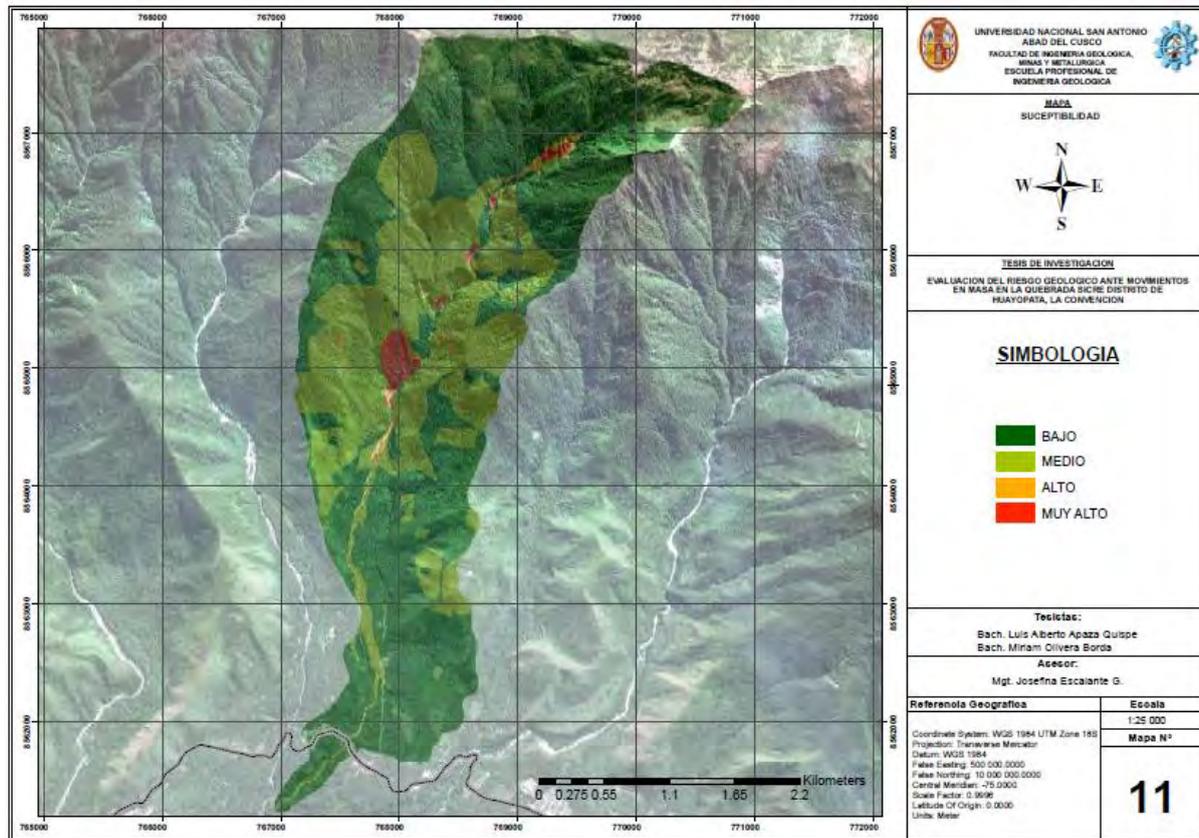


Ilustración 42. mapa de Susceptibilidad. Elaboracion Propia.

Para la elaboración del siguiente mapa de susceptibilidad se utilizó los factores condicionantes y desencadenantes los cuales han sido ponderados por el método SAATY cruzando información entre capas temáticas llegando a determinar zonas de susceptibilidad Baja, Media, Alta y Muy Alta.

Las zonas de Susceptibilidad Muy alta están identificadas con el color rojo y representan zonas localizadas con suelos coluviales o zonas donde la pendiente son empinadas a escarpadas en combinación con rocas muy fracturadas.

Las zonas de susceptibilidad alta están identificadas con el color naranja siendo zonas donde las erosiones en constante suelos erosionados o suelos aluviales o zonas donde las pendientes son empinadas esta zona se encuentra principalmente alrededores del curso del río.

Zonas de susceptibilidad media están identificados con el color verde claro siendo zonas de antiguos deslizamientos que ya no presentan en su mayoría actividad de geodinámica externa donde la pendiente es media.



Zonas de susceptibilidad baja están identificados con el color verde oscuro siendo zonas de pendientes bajas a medias están representados por suelos aluviales como roca ígnea donde las rocas no están muy fracturadas.

8.7. MATRIZ DE DETERMINACION DEL NIVEL DE PELIGRO

Tabla 30. Matriz de determinación de la Susceptibilidad. Elaboración Propia.

DIMENSION DE SUSCEPTIBILIDAD																	
DESENCADENANTE				CONDICIONANTES												VALOR SUSCEPTIBILIDAD	PESO SUSCEPTIBILIDAD
INTENSIDAD DE PRECIPITACION		Valor condicionantes	Peso condicionantes	LITOLOGIA		PENDIENTE		HIDROGEOLOGIA		GEOMORFOLOGIA		COBERTURA VEGETAL		Valor desencadenante	Peso desencadenante		
Ppar	Pdesc			Ppar (1)	Pdesc	Ppar (1)	Pdesc	Ppar (1)	Pdesc	Ppar (1)	Pdesc	Ppar (1)	Pdesc				
1.00	0.503	0.503	0.50	0.503	0.503	0.260	0.503	0.068	0.539	0.134	0.520	0.035	0.503	0.508	0.50	0.505	0.50
1.00	0.260	0.260	0.50	0.503	0.260	0.260	0.260	0.068	0.255	0.134	0.297	0.035	0.260	0.265	0.50	0.263	0.50
1.00	0.134	0.134	0.50	0.503	0.134	0.260	0.134	0.068	0.118	0.134	0.124	0.035	0.134	0.132	0.50	0.133	0.50
1.00	0.068	0.068	0.50	0.503	0.068	0.260	0.068	0.068	0.055	0.134	0.058	0.035	0.068	0.066	0.50	0.067	0.50
1.00	0.035	0.035	0.50	0.503	0.035	0.260	0.035	0.068	0.000	0.134	0.000	0.035	0.035	0.028	0.50	0.031	0.50



SUSCEPTIBILIDAD (S)		PARÁMETROS DE EVALUACIÓN (PE)	
VALOR (VALOR FC*PESO FC)+(VALOR FD*PESO FD)	PESO	MAGNITUD	
		VALOR	PESO
0.505	0.50	0.416	0.5
0.263	0.50	0.262	0.5
0.133	0.50	0.161	0.5
0.067	0.50	0.099	0.5
0.031	0.50	0.062	0.5

Tabla 31. Determinación del nivel de peligro. Elaboración Propia.

VALOR DE LA PELIGROSIDAD	PELIGROSIDAD			
	NIVEL	RANGO		
0.461	MUY ALTO	0.262	$\leq V \leq$	0.461
0.262	ALTO	0.147	$\leq V <$	0.262
0.147	MEDIO	0.083	$\leq V <$	0.147
0.083	BAJO	0.047	$\leq V <$	0.083
0.047				

8.8. ESTRATIFICACIÓN DEL NIVEL DE PELIGROSIDAD

Tabla 32. Nivel de estratificación del nivel del Peligro. Elaboración Propia.

NIVEL	DESCRIPCION	RANGO
PELIGRO MUY ALTO	Gran volumen de material dejado por deslizamientos en la Quebrada Sicre, la pendiente es mayor a 40°, tipo de litología cuaternario (coluvial y aluvial), sin vegetación y por partes con vegetación muy escasa. Lluvias torrenciales anómalas mayores al 60 mm/h.	$0.262 \leq R < 0.461$

PELIGRO ALTO	Moderado a gran volumen de material dejado por deslizamientos en la Quebrada Sicre, la pendiente está entre 31 a 40°, tipo de litología cuaternario, vegetación pastizales y arbustos pequeños. Lluvias muy fuertes de 31 a 59 mm/h,	$0.147 \leq R < 0.262$
PELIGRO MEDIO	Moderado volumen de material dejado por deslizamientos en la Quebrada Sicre, regular, la pendiente está entre 11° a 30°, tipo de litología cuaternario, vegetación terrenos de cultivo. Lluvias fuertes de 16 a 30 mm/h,	$0.083 \leq R < 0.147$
PELIGRO BAJO	Bajo volumen de material dejado por deslizamientos en la Quebrada Sicre, pendientes menores a 10° y en partes pendientes de 30° a 40°, vegetación árboles. Lluvias moderadas a débiles menores a 2 a 15 mm/h.	$0.047 \leq R < 0.083$

8.9. MAPA DE PELIGROS

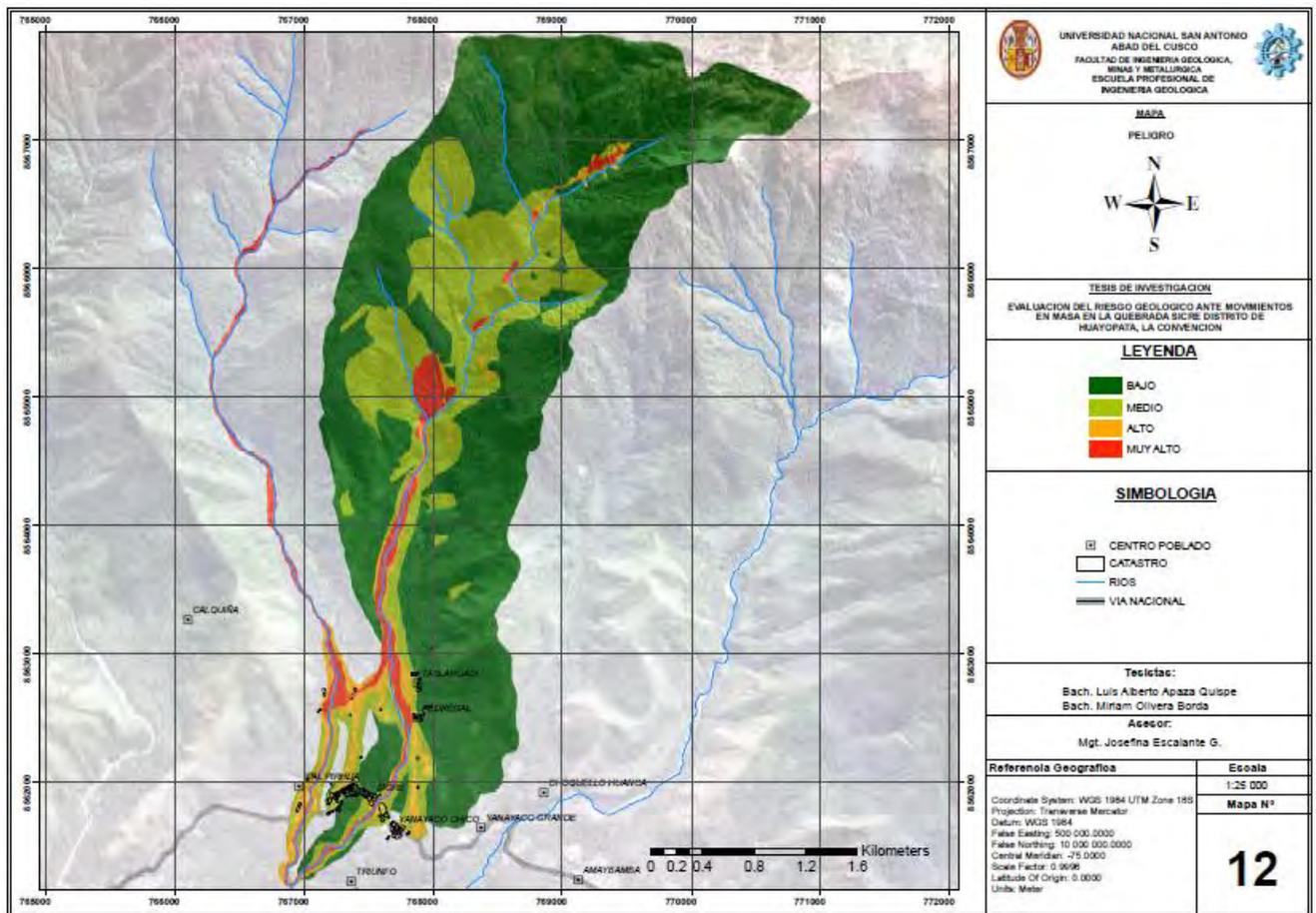


Ilustración 43 mapa de peligros de la Quebrada Sicre

Como se muestra en la ilustración N°43 las zonas de peligro Muy Alto simbolizados por el color rojo, zonas de peligro Alto por el color naranja, zonas de peligro medio por el color verde claro, zonas de peligro bajo por el color verde oscuro.



En la zona norte de la Quebrada Sicre se va desarrollando derrumbes de suelo las cuales están a periferias del cause del rio, estas se van acumulando en partes donde la pendiente no es abrupta pudiendo en un futuro desbordarse producto de la erocion del curso del rio generando que el talud se debilite ya que en su mayoría el talud esta representado por suelo coluvial pudiendo activar en un futuro deslizamientos antiguos y llegar a represar el curso del rio y formar los flujos de detritos hacia los centros poblados de Sicre, Ipal Pirhua, Yanayaco Chico, Pedregal, Tablahuasi.



CAPITULO IX.

ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD.



9.1. METODOLOGIA PARA EL ANALISIS DE VULNERABILIDAD

Para determinar los niveles de vulnerabilidad del área de estudio, se consideró la metodología del CENEPRED basado en dimensiones: la Dimensión Social, Económica y Ambiental. Siendo estos subdivididos en Exposición, Fragilidad y resiliencia de forma individual.

Para el caso de la Quebrada Sicre principalmente los centros poblado de Sicre, Ipal Pirhua, Yanayaco Chico, Pedregal, Tablahuasi están expuestas a los movimientos en masa (principalmente por flujo de detritos).

En el presente capítulo se utilizó el modelo para el análisis de vulnerabilidad el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP), desarrollado por Thomas L. Saaty, sobre la exposición de los elementos o área a los peligros, que por estar ubicados dentro o en el área de influencia de uno o más eventos geodinámicos activos inventariados, se presume que puedan ser gravemente dañados o comprometidos, considerando además que anteriormente haya sufrido un daño por un evento natural peligroso.

El patrón de vulnerabilidad del área de estudio, se identifica por la ocupación informal de terrenos para viviendas sin tomar en cuenta los peligros, riesgos y limitaciones de los terrenos ocupados, que aunados a la falta de acciones de control urbano y fiscalización, sencillamente no existe planificación del territorio por parte de las entidades competentes.

Para efectos de análisis de la vulnerabilidad de elementos expuestos, se ha desarrollado la siguiente metodología:



A) DIAGRAMA DE METODOLOGIA PARA EL ANALISIS DE VULNERABILIDAD.

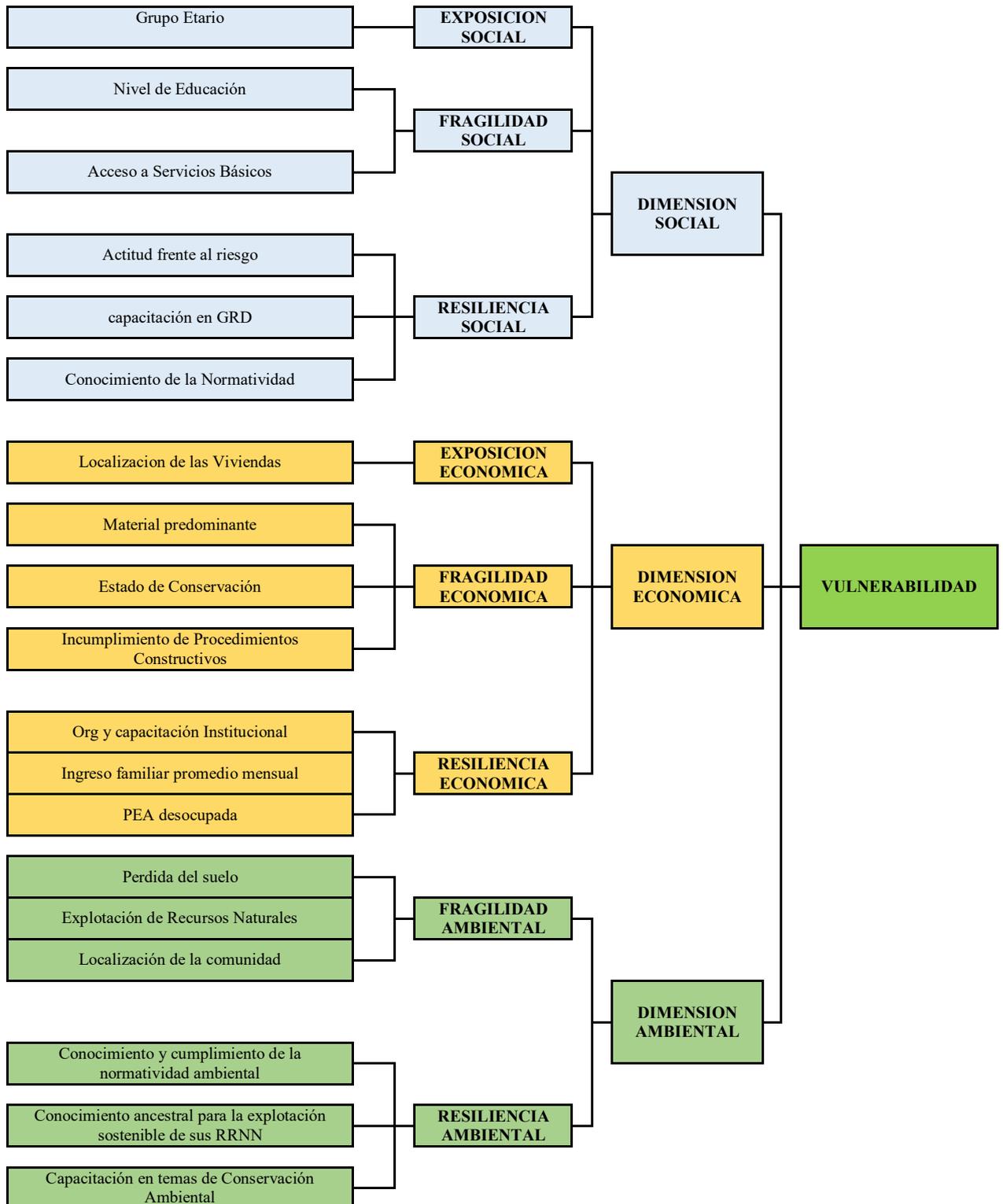


Ilustración 44. flujograma para determinación de la vulnerabilidad. Elaboración Propia.

Para determinar los niveles de vulnerabilidad en el área de influencia de la Quebrada Sicre del distrito de Huayopata provincia de la Convención del departamento del Cusco., se ha considerado realizar **el análisis de los factores de la Vulnerabilidad en la dimensión social, ambiental y económica utilizando los parámetros para estos casos.**



9.2. PONDERACION DE LAS DIMENSIONES DE LA VULNERABILIDAD

Tabla 33. Matriz De Comparación De Pares y Normalización de las dimensiones Social, Económico y Ambiental. Elaboración Propia.

PARÁMETROS DE LAS DIMENSIONES	SOCIAL	ECONOMICA	AMBIENTAL
SOCIAL	1.00	2.00	3.00
ECONOMICA	0.50	1.00	2.00
AMBIENTAL	0.33	0.50	1.00
SUMA	1.83	3.50	6.00
1/SUMA	0.55	0.29	0.17

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

PARÁMETROS DE LAS DIMENSIONES	SOCIAL	ECONOMICA	AMBIENTAL	Vector Priorización
SOCIAL	0.545	0.571	0.500	0.539
ECONOMICA	0.273	0.286	0.333	0.297
AMBIENTAL	0.182	0.143	0.167	0.164

ÍNDICE DE CONSISTENCIA
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.01 (*)

IC	0.005
RC	0.009

Tabla 34. Matriz De Comparación De Pares y Normalización de las subdimensiones Exposición, Fragilidad y Resiliencia. Elaboración Propia.

PARÁMETROS DE LA DIMENSIÓN SOCIAL	EXPOSICION	FRAGILIDAD	RESILENCIA
EXPOSICION	1.00	2.00	4.00
FRAGILIDAD	0.50	1.00	3.00
RESILENCIA	0.25	0.33	1.00
SUMA	1.75	3.33	8.00
1/SUMA	0.57	0.30	0.13

PARÁMETROS DE LA DIMENSIÓN SOCIAL	EXPOSICION	FRAGILIDAD	RESILENCIA	Vector Priorización
EXPOSICION	0.571	0.600	0.500	0.557
FRAGILIDAD	0.286	0.300	0.375	0.320
RESILENCIA	0.143	0.100	0.125	0.123

ÍNDICE DE CONSISTENCIA
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.01 (*)

IC	0.009
RC	0.017



9.2.1. DIMENSION SOCIAL:

Se determina la población expuesta dentro del área de influencia del fenómeno de movimientos en masa identificando a la población vulnerable y no vulnerable, para incorporar en el análisis de la fragilidad social y resiliencia social y esto determina los niveles de vulnerabilidad. El nivel de consistencia cuyo riesgo no debe ser mayor al 10% ($RC < 0.1$) para ser válido el modelo, que se muestra en el siguiente gráfico.

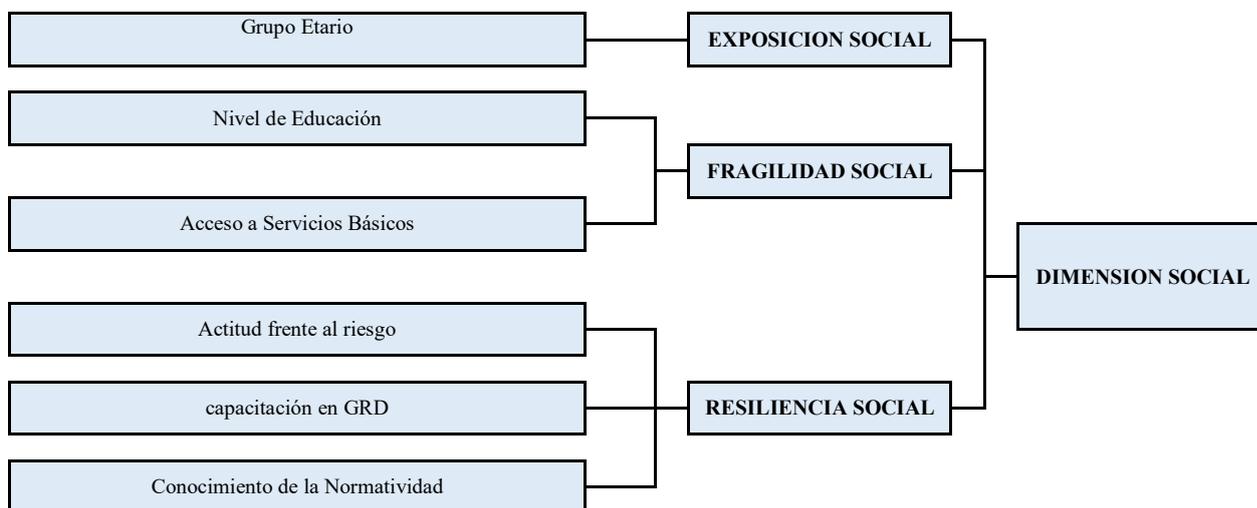


Ilustración 45. Flujograma de la dimensión Social. elaboración propia.

9.2.1.1. ANÁLISIS DE LA EXPOSICION SOCIAL

Se trabajó con 1 parámetro vinculado directamente con la población

PONDERACIÓN DE LOS PARAMETROS DE LA EXPOSICION SOCIAL

GRUPO ETARIO

Se consideró del grupo de edad más vulnerable a menos vulnerable, consideramos que los menores 5 años y mayores a 70 años son los que necesitan atención prioritaria.

Tabla 35. Matriz De Comparación De Pares y Normalización de Grupo etario. Elaboración Propia.

GRUPO ETARIO	De 0 a 5 años y mayores de 70 años	De 6 a 12 años y de 60 a 70 años	De 13 a 15 años y de 50 a 59 años	De 16 a 30 años	De 31 a 49 años
De 0 a 5 años y mayores de 70 años	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
De 6 a 12 años y de 60 a 70 años	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
De 13 a 15 años y de 50 a 59 años	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
De 16 a 30 años	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
De 31 a 49 años	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

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

GRUPO ETARIO	De 0 a 5 años y mayores de 70 años	De 6 a 12 años y de 60 a 70 años	De 13 a 15 años y de 50 a 59 años	De 16 a 30 años	De 31 a 49 años	Vector Priorización



De 0 a 5 años y mayores de 70 años	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
De 6 a 12 años y de 60 a 70 años	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
De 13 a 15 años y de 50 a 59 años	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
De 16 a 30 años	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
De 31 a 49 años	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035

INDICE DE CONSISTENCIA

RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1

IC	0.061
RC	0.054

9.2.1.2. ANÁLISIS DE LA FRAGILIDAD SOCIAL

Se trabajó con dos parámetros vinculados directamente con la fragilidad de la población, en donde ambos tienen el mismo valor de priorización siendo del 50% nivel de educación y 50% acceso a los servicios básicos que se pueda disponer.

NIVEL DE EDUCACIÓN

Se consideró al grupo más vulnerable a aquel mayor de 15 años que no sabe leer ni escribir.

Tabla 36. Matriz De Comparación De Pares y Normalización de Nivel de educación. Elaboración Propia.

PARÁMETROS	Sin estudio	Primaria	Secundaria	Superior no Universitaria	Superior Universitaria
Sin estudio	1.00	3.00	5.00	6.00	9.00
Primaria	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Secundaria	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Superior no Universitaria	0.17	0.20	0.33	1.00	3.00
Superior Universitaria	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.81	4.68	9.53	15.33	25.00
1/SUMA	0.55	0.21	0.10	0.07	0.04

MATRIZ DE NORMALIZACION

PARÁMETROS	Sin estudio	Primaria	Secundaria	Superior no Universitaria	Superior Universitaria	Vector Priorización
Sin estudio	0.552	0.642	0.524	0.391	0.360	0.494
Primaria	0.184	0.214	0.315	0.326	0.280	0.264
Secundaria	0.110	0.071	0.105	0.196	0.200	0.136
Superior no Universitaria	0.092	0.043	0.035	0.065	0.120	0.071
Superior Universitaria	0.061	0.031	0.021	0.022	0.040	0.035
INDICE DE CONSISTENCIA					IC	0.063
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1					RC	0.057



ACCESO A SERVICIOS BÁSICOS

Se considera los más vulnerables que no cuentan con servicios básicos, agua entubada, que después del desastre consumen agua entubada sin tratamiento por que se encuentra dañado su sistema de tratamiento

Tabla 37. Matriz De Comparación De Pares y Normalización de acceso a servicios básicos. Elaboración Propia.

SERVICIOS BASICOS	No cuentan con servicios básicos	Solo cuentan con Agua Entubada	Solo cuentan con agua entubada y luz	Cuentan con agua luz y desagüe	Todos cuentan con servicios básicos
No cuentan con servicios básicos	1.00	0.33	0.20	0.14	0.11
Solo cuentan con Agua Entubada	3.00	1.00	0.33	0.14	0.14
Solo cuentan con agua entubada y luz	5.00	3.00	1.00	0.33	0.20
Cuentan con agua luz y desagua	7.00	7.00	3.00	1.00	0.33
Todos cuentan con servicios básicos	9.00	7.00	5.00	3.00	1.00
SUMA	25.00	18.33	9.54	4.62	1.79
1/SUMA	0.04	0.05	0.10	0.22	0.56

MATRIZ DE NORMALIZACION

SERVICIOS BASICOS	No cuentan con servicios básicos	Solo cuentan con Agua Entubada	Solo cuentan con agua entubada y luz	Cuentan con agua luz y desagüe	Todos cuentan con servicios básicos	Vector Priorización
No cuentan con servicios básicos	0.040	0.018	0.021	0.031	0.062	0.034
Solo cuentan con Agua Entubada	0.120	0.055	0.035	0.031	0.080	0.064
Solo cuentan con agua entubada y luz	0.200	0.164	0.105	0.072	0.112	0.131
Cuentan con agua luz y desagüe	0.280	0.382	0.315	0.216	0.186	0.276
Todos cuentan con servicios básicos	0.360	0.382	0.524	0.650	0.560	0.495

INDICE DE CONSISTENCIA
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1

IC	0.071
RC	0.064

9.2.1.3. ANÁLISIS DE LA RESILIENCIA SOCIAL

Se trabajó con tres parámetros vinculados a la capacidad de reacción de la población frente a las emergencias, el conocimiento del espacio territorial en el que uno fija su seguridad personal, económica es importante para tomar las medidas que en dichos momentos tengan el menor impacto. Los parámetros se ponderan siguiendo la metodología Saaty, interpretándose que la actitud de las personas frente al riesgo puede salvar la vida o sufrir impactos en la salud e integridad de las personas, de ahí el conocimiento integral en gestión del riesgo, el conocimiento el cambio climático y su impacto en el medio ambiente ayuda a tomar medidas preventivas, a nivel personal, familiar, colectivo e institucional



Tabla 38. matriz de comparacion de pares y normalizacion de la Resiliencia Social. Elaboracion Propia.

PARÁMETROS DE LA DIMENSIÓN SOCIAL	Actitud frente al Riesgo	Capacitación en GRD	Conocimiento de la Normatividad en GRD
Actitud frente al Riesgo	1.00	2.00	4.00
Capacitación en GRD	0.50	1.00	4.00
Conocimiento de la Normatividad en GRD	0.25	0.25	1.00
SUMA	1.75	3.25	9.00
1/SUMA	0.57	0.31	0.11

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

PARÁMETROS DE LA DIMENSIÓN SOCIAL	Actitud frente al Riesgo	Capacitación en GRD	Conocimiento de la Normatividad en GRD	Vector Priorización
Actitud frente al Riesgo	0.571	0.615	0.444	0.544
Capacitación en GRD	0.286	0.308	0.444	0.346
Conocimiento de la Normatividad en GRD	0.143	0.077	0.111	0.110
ÍNDICE DE CONSISTENCIA			IC	0.027
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.01 (*)			RC	0.051

Tabla 39. matriz de comparación de pares y normalización de Actitud Frente al riesgo. Elaboración Propia.

MATRIZ DE COMPARACION DE PARES

ACTITUD FRENTE AL RIESGO	Sin cultura de prevención	limitada cultura de prevención	Cierto conocimiento de la prevención	parcialmente previsora	con cultura de prevención
Sin cultura de prevención	1.00	2.00	2.00	3.00	3.00
limitada cultura de prevención	0.50	1.00	2.00	3.00	3.00
Cierto conocimiento de la prevención	0.50	0.50	1.00	2.00	3.00
parcialmente previsora	0.33	0.33	0.50	1.00	3.00
con cultura de prevención	0.33	0.33	0.33	0.33	1.00
SUMA	2.67	4.17	5.83	9.33	13.00
1/SUMA	0.38	0.24	0.17	0.11	0.08

MATRIZ DE NORMALIZACION

ACTITUD FRENTE AL RIESGO	Sin cultura de prevención	limitada cultura de prevención	Cierto conocimiento de la prevención	parcialmente previsora	con cultura de prevención	Vector Priorización
Sin cultura de prevención	0.375	0.480	0.343	0.321	0.231	0.350
limitada cultura de prevención	0.188	0.240	0.343	0.321	0.231	0.265
Cierto conocimiento de la prevención	0.188	0.120	0.171	0.214	0.231	0.185



parcialmente previsor	0.125	0.080	0.086	0.107	0.231	0.126
con cultura de prevención	0.125	0.080	0.057	0.036	0.077	0.075
INDICE DE CONSISTENCIA					IC	0.056
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1					RC	0.051

Tabla 40. matriz de comparación de pares y normalización de capacitación de la población en GRD. Elaboración Propia.

CAPACITACION DE LA POBLACION EN GRD	Sin capacitación	Escasamente capacitada	Medianamente capacitada	La mayoría está capacitado	Constantemente capacitado
Sin capacitación	1.00	2.00	2.00	6.00	8.00
Escasamente capacitada	0.50	1.00	2.00	4.00	8.00
Medianamente capacitada	0.50	0.50	1.00	2.00	4.00
La mayoría está capacitado	0.17	0.25	0.50	1.00	2.00
Constantemente capacitado	0.13	0.13	0.25	0.50	1.00
SUMA	2.29	3.88	5.75	13.50	23.00
1/SUMA	0.44	0.26	0.17	0.07	0.04

MATRIZ DE NORMALIZACION

CAPACITACION DE LA POBLACION EN GRD	Sin capacitación	Escasamente capacitada	Medianamente capacitada	La mayoría está capacitado	Constantemente capacitado	Vector Priorización
Sin capacitación	0.436	0.516	0.348	0.444	0.348	0.419
Escasamente capacitada	0.218	0.258	0.348	0.296	0.348	0.294
Medianamente capacitada	0.218	0.129	0.174	0.148	0.174	0.169
La mayoría está capacitado	0.073	0.065	0.087	0.074	0.087	0.077
Constantemente capacitado	0.055	0.032	0.043	0.037	0.043	0.042
INDICE DE CONSISTENCIA					IC	0.014
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1					RC	0.012

Tabla 41. matriz de comparación de pares y normalización de conocimiento de la normatividad en GRD. Elaboración Propia.

CONOCIMIENTO DE LA NORMATIVIDAD EN GRD	Desconocimiento total	Escaso conocimiento	Regular conocimiento	La mayoría tiene conocimiento	todos tienen conocimiento
Desconocimiento total	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Escaso conocimiento	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Regular conocimiento	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
La mayoría tiene conocimiento	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
todos tienen conocimiento	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

MATRIZ DE NORMALIZACION



CONOCIMIENTO DE LA NORMATIVIDAD EN GRD	Desconocimiento total	Escaso conocimiento	Regular conocimiento	La mayoría tiene conocimiento	todos tienen conocimiento	Vector Priorización
Desconocimiento total	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Escaso conocimiento	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Regular conocimiento	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
La mayoría tiene conocimiento	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
todos tienen conocimiento	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
INDICE DE CONSISTENCIA					IC	0.061
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1					RC	0.054

9.2.2. DIMENSION ECONOMICA

En el análisis de la dimensión económica se consideró los parámetros referidos a la exposición siendo las edificaciones mas cercanas al evento geodinamico externo las de mayor importancia y las mas lejanas las de menor importancia, en la fragilidad se estableció las características físicas de las viviendas, el estado de conservación, cumplimiento de las normas técnicas de edificación y los riesgos de los cultivos, forestación y reforestación al constituir una actividad que influye en la canasta familiar. El componente de la resiliencia está vinculado a la organización y el ingreso familiar promedio.

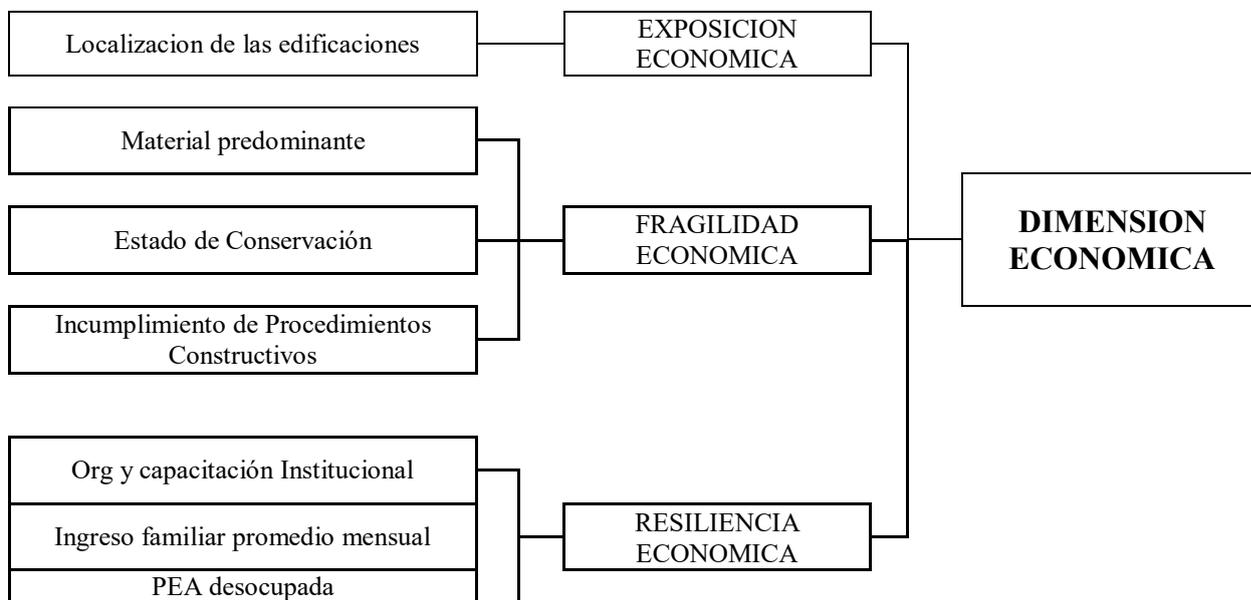


Ilustración 46. Flujo de la dimensión Económica. elaboración propia

9.2.2.1. ANÁLISIS DE LA EXPOSICION ECONOMICA

Se trabajó con un parámetro el cual tendrá peso de uno según la metodología Saaty interpretándose que las viviendas más cercanas a los cursos del río por donde transitara los flujos de detritos serán los más afectados y así los más lejanos a los cursos del río serán los menos



afectados. Dentro de los cuales también se tomará en cuenta la topografía sabiendo que lugares donde la altura sea mayor al nivel del río será poco afectado y los que sean de altura menor al río serán los más propensos a que el flujo desborde por esos lados.

PONDERACION DE LOS PARAMETROS DE EXPOSICION ECONOMICA

Se utiliza como referencia los valores numéricos de la tabla desarrollada por Saaty (1980) que muestra valores que varían de 9 a 1/9 según la importancia relativa de un parámetro con respecto a otro. Estos valores se traducen en la matriz de comparación de pares que en este caso es de una matriz de 5x5, el proceso dará como resultado el peso ponderado de cada parámetro considerado en nuestro análisis. Tal como se muestra a continuación

Tabla 42. matriz de comparación de pares y normalización de localización de edificaciones. Elaboración Propia.

LOCALIZACION DE LAS EDIFICACIONES	0 m - 10 m	10 m - 20 m	20 m 40 m	40m - 50 m.	> 50 m.
0 m - 10 m	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
10 m - 20 m	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
20 m 40 m	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
40m - 50 m.	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
> 50 m.	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

MATRIZ DE NORMALIZACION

MATERIAL DE PAREDES	0 m - 10 m	10 m - 20 m	20 m 40 m	40m - 50 m.	> 50 m.	Vector Priorizacion
0 m - 10 m	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
10 m - 20 m	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
20 m 40 m	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
40m - 50 m.	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
> 50 m.	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
INDICE DE CONSISTENCIA				IC		0.061
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1				RC		0.054

9.2.2.2. ANÁLISIS DE LA FRAGILIDAD ECONÓMICA

Se trabajó con tres parámetros que se ponderan siguiendo la metodología Saaty, interpretándose que el material de construcción influye en la seguridad de las personas y sus medios de vida, mayormente constituye el mayor capital de vida que nadie está dispuesto a perder. Sin embargo, la disponibilidad económica podría constituir una barrera que decide el menor costo, afrontando mayores riesgos, en ese sentido se puede determinar que el material de la edificación influye altamente en la vulnerabilidad

PONDERACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE LA FRAGILIDAD ECONÓMICA

Se utiliza como referencia los valores numéricos de la tabla desarrollada por Saaty (1980) que muestra valores que varían de 9 a 1/9 según la importancia relativa de un parámetro con respecto a otro. Estos valores se traducen en la matriz de comparación de pares que en este caso es de una



matriz de 3x3, el proceso dará como resultado el peso ponderado de cada parámetro considerado en nuestro análisis. Tal como se muestra a continuación

Tabla 43. matriz de comparación de pares y normalización de fragilidad económica. Elaboración Propia.

PARÁMETROS DE LA DIMENSIÓN ECONOMICA	Material predominante de la edificación	Estado de conservación de la Vivienda	Incumplimiento de procedimientos de construcción de acuerdo a normatividad
Material predominante de la edificación	1.00	2.00	4.00
Estado de conservación de la Vivienda	0.50	1.00	4.00
Incumplimiento de procedimientos de construcción de acuerdo a normatividad	0.25	0.25	1.00
SUMA	1.75	3.25	9.00
1/SUMA	0.57	0.31	0.11

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

PARÁMETROS DE LA DIMENSIÓN ECONOMICA	Material predominante de la edificación	Estado de conservación de la Vivienda	Incumplimiento de procedimientos de construcción de acuerdo a normatividad	Vector Priorización
Material predominante de la edificación	0.571	0.615	0.444	0.544
Estado de conservación de la Vivienda	0.286	0.308	0.444	0.346
Incumplimiento de procedimientos de construcción de acuerdo a normatividad	0.143	0.077	0.111	0.110
ÍNDICE DE CONSISTENCIA			IC	0.027
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.01 (*)			RC	0.051

MATERIAL PREDOMINANTE DE LA EDIFICACION

La construcción de una vivienda de adobe en forma precaria es la más vulnerable a sufrir daños, incrementándose esta situación si no cuenta con una cimentación adecuada según las condiciones topográficas, entre otras y constituyendo el referente para su valoración que se muestra en la siguiente matriz.



Tabla 44. matriz de comparación de pares y normalización de material predominante de edificaciones. Elaboración Propia.

MATERIAL PREDOMINANTE DE LA EDIFICACION	Adobe	Adobe y piedra	Adobe con ladrillo	bloqueta o ladrillo	Concreto armado
Adobe	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Adobe y piedra	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Adobe con ladrillo	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
bloqueta o ladrillo	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Concreto armado	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

MATRIZ DE NORMALIZACION

MATERIAL DE PAREDES	Adobe	Adobe y piedra	Adobe con ladrillo	bloqueta o ladrillo	Concreto armado	Vector Priorización
Adobe	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
Adobe y piedra	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Adobe con ladrillo	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
bloqueta o ladrillo	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Concreto armado	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
INDICE DE CONSISTENCIA					IC	0.061
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1					RC	0.054

ESTADO DE CONSERVACION DE LA EDIFICACION

Las edificaciones adecuadamente mantenidas son menos frágiles a un fenómeno natural, mejor si es habitada. En el trabajo de campo se pudo observar las inadecuadas condiciones de las viviendas que no cumplen con los procedimientos adecuados de construcción.

Tabla 45. matriz de comparación de pares y normalización de estado de conservación de la vivienda. Elaboración Propia.

ESTADO DE CONSERVACION DE L VIVIENDA	Muy Malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
Muy Malo	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Malo	0.33	1.00	3.00	5.00	5.00
Regular	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Bueno	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Muy bueno	0.11	0.20	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.79	4.73	9.53	16.33	23.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

MATRIZ DE NORMALIZACION

ESTADO DE CONSERVACION DE L VIVIENDA	Muy Malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno	Vector Priorización
Muy Malo	0.560	0.634	0.524	0.429	0.391	0.508
Malo	0.187	0.211	0.315	0.306	0.217	0.247
Regular	0.112	0.070	0.105	0.184	0.217	0.138
Bueno	0.080	0.042	0.035	0.061	0.130	0.070
Muy bueno	0.062	0.042	0.021	0.020	0.043	0.038



INDICE DE CONSISTENCIA
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1

IC	0.069
RC	0.062

INCUMPLIMIENTO DE PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

Se consideró al grupo más vulnerable a aquel que evade todos los requerimientos legales, exponiéndose a peligros como edificar dentro las fajas marginales de los ríos, dentro de los derechos de vías de tránsito, la construcción de las viviendas en las pendientes de los Cerros.

Tabla 46. matriz de comparación de pares y normalización de incumplimiento de procedimientos constructivos.
Elaboración Propia.

INCUMPLIMIENTO DE PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS	No cumple	Parcialmente cumple	Medianamente cumple	La mayoría cumple con los procedimientos constructivos	Cumple
No cumple	1.00	3.00	3.00	7.00	9.00
Parcialmente cumple	0.33	1.00	3.00	5.00	9.00
Medianamente cumple	0.33	0.33	1.00	5.00	7.00
La mayoría cumple con los procedimientos constructivos	0.14	0.20	0.20	1.00	3.00
Cumple	0.11	0.11	0.14	0.33	1.00
SUMA	1.92	4.64	7.34	18.33	29.00
1/SUMA	0.52	0.22	0.14	0.05	0.03

MATRIZ DE NORMALIZACION

INCUMPLIMIENTO DE PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS	No cumple	Parcialmente cumple	Medianamente cumple	La mayoría cumple con los procedimientos constructivos	Cumple	Vector Priorización
No cumple	0.521	0.646	0.409	0.382	0.310	0.453
Parcialmente cumple	0.174	0.215	0.409	0.273	0.310	0.276
Medianamente cumple	0.174	0.072	0.136	0.273	0.241	0.179
La mayoría cumple con los procedimientos constructivos	0.074	0.043	0.027	0.055	0.103	0.061
Cumple	0.058	0.024	0.019	0.018	0.034	0.031
INDICE DE CONSISTENCIA					IC	0.081
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1					RC	0.073

9.2.2.3. ANÁLISIS DE LA RESILIENCIA ECONÓMICA

Se trabajó con tres parámetros organización y capacitación institucional, ingreso familiar promedio mensual y PEA desocupada



Tabla 47. matriz de comparación de pares y normalización de la dimensión social. Elaboración Propia.

PARÁMETROS DE LA DIMENSIÓN ECONOMICA	Organización y capacitación institucional	Ingreso familiar promedio mensual	Población económicamente activa desocupada
Organización y capacitación institucional	1.00	3.00	7.00
Ingreso familiar promedio mensual	0.33	1.00	3.00
Población económicamente activa desocupada	0.14	0.33	1.00
SUMA	1.48	4.33	11.00
1/SUMA	0.68	0.23	0.09

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

PARÁMETROS DE LA DIMENSIÓN ECONOMICA	Organización y capacitación institucional	Ingreso familiar promedio mensual	Población económicamente activa desocupada	Vector Priorización
Organización y capacitación institucional	0.677	0.692	0.636	0.669
Ingreso familiar promedio mensual	0.226	0.231	0.273	0.243
Población económicamente activa desocupada	0.097	0.077	0.091	0.088
ÍNDICE DE CONSISTENCIA			IC	0.004
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.01 (*)			RC	0.007

ORGANIZACIÓN Y CAPACITACION INSTITUCIONAL

La situación no deseada es la inexistencia de una organización institucional para enfrentar la prevención y la respuesta, situación que agravaría la vulnerabilidad.

Tabla 48. matriz de comparación de pares y normalización de organización y capacitación institucional. Elaboración Propia.

ORGANIZACIÓN Y CAPACITACION INSTITUCIONAL	No existe organización institucional	Débil organización institucional	Relativa organización institucional	Buena organización institucional	Adecuada organización institucional
No existe organización institucional	1.00	3.00	5.00	6.00	7.00
Débil organización institucional	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Relativa organización institucional	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Buena organización institucional	0.17	0.20	0.33	1.00	3.00
Adecuada organización institucional	0.14	0.14	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.84	4.68	9.53	15.33	23.00
1/SUMA	0.54	0.21	0.10	0.07	0.04

MATRIZ DE NORMALIZACION



ORGANIZACIÓN Y CAPACITACION INSTITUCIONAL	No existe organización institucional	Débil organización institucional	Relativa organización institucional	Buena organización institucional	Adecuada organización institucional	Vector Priorización	
No existe organización institucional	0.543	0.642	0.524	0.391	0.304	0.481	
Débil organización institucional	0.181	0.214	0.315	0.326	0.304	0.268	
Relativa organización institucional	0.109	0.071	0.105	0.196	0.217	0.140	
Buena organización institucional	0.090	0.043	0.035	0.065	0.130	0.073	
Adecuada organización institucional	0.078	0.031	0.021	0.022	0.043	0.039	
INDICE DE CONSISTENCIA						IC	0.080
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1						RC	0.071

INGRESO FAMILIAR PROMEDIO MENSUAL

El nivel de ingreso familiar influye directamente en la resiliencia, más aun si está por debajo del mínimo vital.

Tabla 49. matriz de comparación de pares y normalización de ingreso familiar promedio mensual. Elaboración Propia.

INGRESO FAMILIAR PROMEDIO MENSUAL	≤ S/. 100	> S/. 101 ≤ S/.300	> S/.301 ≤ S/.850	> S/.851 ≤ S/.1500	> S/. 1501
≤ S/. 100	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
> S/. 101 ≤ S/.300	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
> S/.301 ≤ S/.850	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
> S/.851 ≤ S/.1500	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
> S/. 1501	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

MATRIZ DE NORMALIZACION

INGRESO PROMEDIO FAMILIAR	≤ S/. 100	> S/. 101 ≤ S/.300	> S/.301 ≤ S/.850	> S/.851 ≤ S/.1500	> S/. 1501	Vector Priorización	
≤ S/. 100	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503	
> S/. 101 ≤ S/.300	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260	
> S/.301 ≤ S/.850	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134	
> S/.851 ≤ S/.1500	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068	
> S/. 1501	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035	
INDICE DE CONSISTENCIA						IC	0.061
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1						RC	0.054



POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA DESOCUPADA

Tabla 50. matriz de comparación de pares y normalización de población económicamente activa desocupada.
Elaboración Propia.

POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA DESOCUPADA	Escaso acceso a un puesto de trabajo	poco acceso a un puesto de trabajo	Regular acceso a un puesto de trabajo	Acceso a un puesto de trabajo	Alto acceso a un puesto de trabajo
Escaso acceso a un puesto de trabajo	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
poco acceso a un puesto de trabajo	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Regular acceso a un puesto de trabajo	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
Acceso a un puesto de trabajo	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Alto acceso a un puesto de trabajo	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

MATRIZ DE NORMALIZACION

POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA DESOCUPADA	Escaso acceso a un puesto de trabajo	poco acceso a un puesto de trabajo	Regular acceso a un puesto de trabajo	Acceso a un puesto de trabajo	Alto acceso a un puesto de trabajo	Vector Priorización
Escaso acceso a un puesto de trabajo	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
poco acceso a un puesto de trabajo	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
Regular acceso a un puesto de trabajo	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
Acceso a un puesto de trabajo	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
Alto acceso a un puesto de trabajo	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
INDICE DE CONSISTENCIA					IC	0.061
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1					RC	0.054

9.2.3. DIMENSION AMBIENTAL

En la población del área de estudio se determinó que la localización de las Viviendas y el planeamiento influye en la vulnerabilidad ambiental dentro de la fragilidad, las medidas que debe tomar la autoridad que regula el desarrollo debe contribuir en su sostenibilidad.



Ilustración 47. Flujoograma de la dimensión Ambiental. elaboración propia

9.2.3.1. ANÁLISIS DE LA FRAGILIDAD AMBIENTAL

Se trabajó con tres parámetros característica geoestructural de la zona, explotación de los recursos naturales y localización de la comunidad.

PONDERACION DE LOS PARAMETROS DE LA FRAGILIDAD AMBIENTAL

Se utiliza como referencia los valores numéricos de la tabla desarrollada por Saaty (1980) que muestra valores que varían de 9 a 1/9 según la importancia relativa de un parámetro con respecto a otro. Estos valores se traducen en la matriz de comparación de pares que en este caso es de una matriz de 3x3, el proceso dará como resultado el peso ponderado de cada parámetro considerado en nuestro análisis. Tal como se muestra a continuación.

Tabla 51. matriz de comparación de pares y normalización de Dimensión Ambiental. Elaboración Propia..

PARÁMETROS DE LA DIMENSIÓN AMBIENTAL	Perdida de suelo	Explotación de Recursos Naturales	Localización de la población
Perdida de suelo	1.00	2.00	3.00
Explotación de Recursos Naturales	0.50	1.00	2.00
Localización de la población	0.33	0.50	1.00
SUMA	1.83	3.50	6.00
1/SUMA	0.55	0.29	0.17

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

PARÁMETROS DE LA DIMENSIÓN AMBIENTAL	Perdida de suelo	Explotación de Recursos Naturales	Localización de la población	Vector Priorización
Perdida de suelo	0.545	0.571	0.500	0.539
Explotación de Recursos Naturales	0.273	0.286	0.333	0.297
Localización de la población	0.182	0.143	0.167	0.164
ÍNDICE DE CONSISTENCIA			IC	0.005
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.01 (*)			RC	0.009



PERDIDA DE SUELO

Para la pérdida de suelo se utilizó como descriptores el nivel de fracturamiento de la zona ya que a mayor fracturamiento mayor pérdida de suelo y a menor fracturamiento de suelo menor pérdida de suelo.

Tabla 52. matriz de comparación de pares y normalización de pérdida de suelo. Elaboración Propia.

Perdida de suelo	Zona muy fracturada	Zona medianamente fracturada	Zona ligeramente fracturada	Zona escasamente fracturada	Zonas sin fallas ni fracturas
Zona muy fracturada	1.00	2.00	2.00	4.00	6.00
Zona medianamente fracturada	0.50	1.00	3.00	4.00	5.00
Zona ligeramente fracturada	0.50	0.33	1.00	2.00	5.00
Zona escasamente fracturada	0.25	0.25	0.50	1.00	3.00
Zonas sin fallas ni fracturas	0.17	0.20	0.20	0.33	1.00
SUMA	2.42	3.78	6.70	11.33	20.00
1/SUMA	0.41	0.26	0.15	0.09	0.05

MATRIZ DE NORMALIZACION

característica geoestructural de la zona	Zona muy fracturada	Zona medianamente fracturada	Zona ligeramente fracturada	Zona escasamente fracturada	Zonas sin fallas ni fracturas	Vector priorización
Zona muy fracturada	0.414	0.529	0.299	0.353	0.300	0.379
Zona medianamente fracturada	0.207	0.264	0.448	0.353	0.250	0.304
Zona ligeramente fracturada	0.207	0.088	0.149	0.176	0.250	0.174
Zona escasamente fracturada	0.103	0.066	0.075	0.088	0.150	0.096
Zonas sin fallas ni fracturas	0.069	0.053	0.030	0.029	0.050	0.046
INDICE DE CONSISTENCIA					IC	0.050
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1					RC	0.044



EXPLOTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Tabla 53. matriz de comparación de pares y normalización de Explotación de recursos naturales. Elaboración Propia

Explotación de Recursos Naturales	Prácticas negligentes e intensas de degradación	Prácticas negligentes periódicas de degradación	Prácticas de degradación de baja intensidad.	Prácticas con ejecución técnica bajo criterios de sostenibilidad.	Prácticas de uso de cauce y márgenes de con asesoramiento técnico permanente bajo criterios de sostenibilidad ambiental.
Prácticas negligentes e intensas de degradación	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Prácticas negligentes periódicas de degradación	0.33	1.00	3.00	5.00	5.00
Prácticas de degradación de baja intensidad.	0.20	0.33	1.00	4.00	6.00
Prácticas con ejecución técnica bajo criterios de sostenibilidad.	0.14	0.20	0.25	1.00	2.00
Prácticas de uso de cauce y márgenes de con asesoramiento técnico permanente bajo criterios de sostenibilidad ambiental.	0.11	0.20	0.17	0.50	1.00
SUMA	1.79	4.73	9.42	17.50	23.00
1/SUMA	0.56	0.21	0.11	0.06	0.04

MATRIZ DE NORMALIZACION

Explotación de Recursos Naturales	Prácticas negligentes e intensas de degradación	Prácticas negligentes periódicas de degradación	Prácticas de degradación de baja intensidad.	Prácticas con ejecución técnica bajo criterios de sostenibilidad.	Prácticas de uso con asesoramiento técnico permanente bajo criterios de sostenibilidad ambiental.	Vector priorización
Prácticas negligentes e intensas de degradación	0.560	0.634	0.531	0.400	0.391	0.503



Prácticas negligentes periódicas de degradación	0.187	0.211	0.319	0.286	0.217	0.244
Prácticas de degradación de baja intensidad.	0.112	0.070	0.106	0.229	0.261	0.156
Prácticas con ejecución técnica bajo criterios de sostenibilidad.	0.080	0.042	0.027	0.057	0.087	0.059
Prácticas de uso de cauce y márgenes d con asesoramiento técnico permanente bajo criterios de sostenibilidad ambiental.	0.062	0.042	0.018	0.029	0.043	0.039
INDICE DE CONSISTENCIA					IC	0.072
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1					RC	0.065

LOCALIZACIÓN DE LA POBLACIÓN ANTE EL FLUJO DE DETRITOS

Tabla 54. matriz de comparación de pares y normalización de Localización de la población ante el Flujo de Detritos.
Elaboración Propia

Localización de la población ante el Flujo de Detritos	0 m - 10 m	10 m - 20 m	20 m 40 m	40m - 50 m.	> 50 m.
0 m - 10 m	1.00	3.00	4.00	7.00	9.00
10 m - 20 m	0.33	1.00	3.00	5.00	9.00
20 m 40 m	0.25	0.33	1.00	5.00	7.00
40m - 50 m.	0.14	0.20	0.20	1.00	3.00
> 50 m.	0.11	0.11	0.14	0.33	1.00
SUMA	1.84	4.64	8.34	18.33	29.00
1/SUMA	0.54	0.22	0.12	0.05	0.03



MATRIZ DE NORMALIZACION

Localización de la población ante el Flujo de Detritos	0 m - 10 m	10 m - 20 m	20 m 40 m	40m - 50 m.	> 50 m.	Vector Priorización
0 m - 10 m	0.544	0.646	0.479	0.382	0.310	0.472
10 m - 20 m	0.181	0.215	0.360	0.273	0.310	0.268
20 m 40 m	0.136	0.072	0.120	0.273	0.241	0.168
40m - 50 m.	0.078	0.043	0.024	0.055	0.103	0.061
> 50 m.	0.060	0.024	0.017	0.018	0.034	0.031
INDICE DE CONSISTENCIA					IC	0.087
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1					RC	0.078

9.2.3.2. . ANALISIS DE LA RESILIENCIA AMBIENTAL

Se trabajó con tres parámetros conocimiento y cumplimiento de la normativa ambiental, conocimiento ancestral para la explotación de los RRNN y Capacitación en temas de conservación ambiental.

PONDERACION DE LOS PARAMETROS DE LA RESILIENCIA AMBIENTAL

Tabla 55. matriz de comparación de pares y normalización de la Dimensión Ambiental. Elaboración Propia

PARÁMETROS DE LA DIMENSIÓN AMBIENTAL	Conocimiento y cumplimiento de la normatividad ambiental	Conocimiento ancestral para la explotación sostenible de sus RRNN	Capacitación en temas de Conservación Ambiental
Conocimiento y cumplimiento de la normatividad ambiental	1.00	3.00	5.00
Conocimiento ancestral para la explotación sostenible de sus RRNN	0.33	1.00	3.00
Capacitación en temas de Conservación Ambiental	0.20	0.33	1.00
SUMA	1.53	4.33	9.00
1/SUMA	0.65	0.23	0.11

MATRIZ DE NORMALIZACIÓN

PARÁMETROS DE LA DIMENSIÓN AMBIENTAL	Conocimiento y cumplimiento de la normatividad ambiental	Conocimiento ancestral para la explotación sostenible de sus RRNN	Capacitación en temas de Conservación Ambiental	Vector Priorización
Conocimiento y cumplimiento de la normatividad ambiental	0.652	0.692	0.556	0.633
Conocimiento ancestral para la explotación sostenible de sus RRNN	0.217	0.231	0.333	0.260
Capacitación en temas de Conservación Ambiental	0.130	0.077	0.111	0.106
ÍNDICE DE CONSISTENCIA			IC	0.019
RELACIÓN DE CONSISTENCIA < 0.01 (*)			RC	0.037



CONOCIMIENTO Y CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVIDAD AMBIENTAL

Tabla 56. matriz de comparación de pares y normalización de Conocimiento y cumplimiento de la normatividad ambiental. Elaboración Propia

Conocimiento y cumplimiento de la normatividad ambiental	La población tienen poco conocimiento	Solo las autoridades conocen la existencia	Las autoridades y población cumplen parcialmente la normatividad en temas de conservación	Las autoridades y población en general conocen	Las autoridades y población en general conocen. Respetándola y cumpliéndola totalmente.
La población tienen poco conocimiento	1.00	3.00	5.00	6.00	9.00
Solo las autoridades conocen la existencia	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Las autoridades y población cumplen parcialmente la normatividad en temas de conservación	0.20	0.33	1.00	3.00	7.00
Las autoridades y población en general conocen	0.17	0.20	0.33	1.00	3.00
Las autoridades y población en general conocen. Respetándola y cumpliéndola totalmente.	0.11	0.14	0.14	0.33	1.00
SUMA	1.81	4.68	9.48	15.33	27.00
1/SUMA	0.55	0.21	0.11	0.07	0.04

MATRIZ DE NORMALIZACION

Conocimiento y cumplimiento de la normatividad ambiental	La población tienen poco conocimiento	Solo las autoridades conocen la existencia	Las autoridades y población cumplen parcialmente la normatividad en temas de conservación	Las autoridades y población en general conocen	Las autoridades y población en general conocen. Respetándola y cumpliéndola totalmente.	Vector Priorización
La población tienen poco conocimiento	0.552	0.642	0.528	0.391	0.333	0.489
Solo las autoridades conocen la existencia	0.184	0.214	0.317	0.326	0.259	0.260



Las autoridades y población cumplen parcialmente la normatividad en temas de conservación	0.110	0.071	0.106	0.196	0.259	0.148
Las autoridades y población en general conocen	0.092	0.043	0.035	0.065	0.111	0.069
Las autoridades y población en general conocen. Respetándola y cumpliéndola totalmente.	0.061	0.031	0.015	0.022	0.037	0.033
NDICE DE CONSISTENCIA					IC	0.076
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1					RC	0.068

CONOCIMIENTO ANCESTRAL PARA LA EXPLOTACIÓN SOSTENIBLE DE SUS RRNN

Tabla 57. matriz de comparación de pares y normalización de Conocimiento ancestral para la explotación sostenible de sus RRNN. Elaboración Propia

Conocimiento ancestral para la explotación sostenible de sus RRNN	La población en su totalidad desconoce los conocimientos ancestrales	Algunos pobladores poseen y aplica sus conocimientos ancestrales	Parte de la población posee y aplica sus conocimientos ancestrales	La población mayoritariamente posee y aplica sus conocimientos ancestrales	La población en su totalidad posee y aplica sus conocimientos ancestrales
La población en su totalidad desconoce los conocimientos ancestrales	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
Algunos pobladores poseen y aplica sus conocimientos ancestrales	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
Parte de la población posee y aplica sus conocimientos ancestrales	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
La población mayoritariamente posee y aplica sus conocimientos ancestrales	0.14	0.20	0.33	1.00	0.33



La población en su totalidad posee y aplica sus conocimientos ancestrales	0.11	0.14	0.20	3.00	1.00
SUMA	1.79	4.68	9.53	19.00	22.33
1/SUMA	0.56	0.21	0.10	0.05	0.04

MATRIZ DE NORMALIZACION

Conocimiento ancestral para la explotación sostenible de sus RRNN	La población en su totalidad desconoce los conocimientos ancestrales	Algunos pobladores poseen y aplica sus conocimientos ancestrales	Parte de la población posee y aplica sus conocimientos ancestrales	La población mayoritariamente posee y aplica sus conocimientos ancestrales	La población en su totalidad posee y aplica sus conocimientos ancestrales	Vector Priorización
La población en su totalidad desconoce los conocimientos ancestrales	0.560	0.642	0.524	0.368	0.403	0.499
Algunos pobladores poseen y aplica sus conocimientos ancestrales	0.187	0.214	0.315	0.263	0.313	0.258
Parte de la población posee y aplica sus conocimientos ancestrales	0.112	0.071	0.105	0.158	0.224	0.134
La población mayoritariamente posee y aplica sus conocimientos ancestrales	0.080	0.043	0.035	0.053	0.015	0.045
La población en su totalidad posee y aplica sus conocimientos ancestrales	0.062	0.031	0.021	0.158	0.045	0.063
INDICE DE CONSISTENCIA					IC	0.121
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1					RC	0.109



CAPACITACIÓN EN TEMAS DE CONSERVACIÓN AMBIENTAL

Tabla 58. matriz de comparación de pares y normalización de Capacitación en temas de Conservación Ambiental.
Elaboración Propia

Capacitación en temas de Conservación Ambiental	La totalidad de la población no recibe y/o desarrolla capacitaciones en temas de conservación ambiental.	La población esta escasamente capacitada en temas de conservación ambiental.	La población se capacita con regular frecuencia en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura parcial.	La población se capacita constantemente en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura mayoritaria.	La población se capacita constantemente en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura total.
La totalidad de la población no recibe y/o desarrolla capacitaciones en temas de conservación ambiental.	1.00	2.00	5.00	7.00	9.00
La población esta escasamente capacitada en temas de conservación ambiental.	0.50	1.00	3.00	5.00	7.00
La población se capacita con regular frecuencia en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura parcial.	0.20	0.33	1.00	3.00	7.00
La población se capacita constantemente en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura mayoritaria.	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
La población se capacita constantemente en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura total.	0.11	0.14	0.14	0.33	1.00
SUMA	1.95	3.68	9.48	16.33	27.00
1/SUMA	0.51	0.27	0.11	0.06	0.04



MATRIZ DE NORMALIZACION

Capacitación en temas de Conservación Ambiental	La totalidad de la población no recibe y/o desarrolla capacitaciones en temas de conservación ambiental.	La población esta escasamente capacitada en temas de conservación ambiental.	La población se capacita con regular frecuencia en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura parcial.	La población se capacita constantemente en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura mayoritaria.	La población se capacita constantemente en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura total.	Vector Priorización
La totalidad de la población no recibe y/o desarrolla capacitaciones en temas de conservación ambiental.	0.512	0.544	0.528	0.429	0.333	0.469
La población está escasamente capacitada en temas de conservación ambiental.	0.256	0.272	0.317	0.306	0.259	0.282
La población se capacita con regular frecuencia en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura parcial.	0.102	0.091	0.106	0.184	0.259	0.148
La población se capacita constantemente en temas de conservación ambiental, siendo su difusión y cobertura mayoritaria.	0.073	0.054	0.035	0.061	0.111	0.067
La población se capacita constantemente en temas de conservación ambiental, siendo su	0.057	0.039	0.015	0.020	0.037	0.034



difusión y cobertura total.						
-----------------------------	--	--	--	--	--	--

INDICE DE CONSISTENCIA
RELACION DE CONSISTENCIA < 0.1

IC	0.060
RC	0.054



Tabla 59. Resumen de la ponderación de la Dimensión Social. Elaboración Propia.

DIMENSIÓN SOCIAL																			
EXPOSICION SOCIAL				FRAGILIDAD SOCIAL						RESILIENCIA SOCIAL								VALOR DIMENSIÓN SOCIAL	PESO DIMENSIÓN SOCIAL
Grupo Etario	Valor Exposicion Social	Peso Exposicion Social	Nivel de Educacion	Acceso a servicios basicos		Valor Fragilidad Social	Peso Fragilidad Social	Actitud frente al riesgo		Capacitacion en GRD		conocimiento de la normatividad		Valor Resiliencia Social	Peso Resiliencia Social				
				Ppar	Pdesc			Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc			Ppar	Pdesc		
1.00	0.503	0.503	0.557	0.50	0.494	0.50	0.412	0.453	0.320	0.63	0.503	0.260	0.473	0.11	0.527	0.498	0.123	0.49	0.65
1.00	0.260	0.260	0.557	0.50	0.264	0.50	0.311	0.287	0.320	0.63	0.260	0.26	0.264	0.11	0.279	0.263	0.123	0.12	0.65
1.00	0.134	0.134	0.557	0.50	0.136	0.50	0.160	0.148	0.320	0.63	0.134	0.26	0.149	0.11	0.144	0.139	0.123	0.06	0.65
1.00	0.068	0.068	0.557	0.50	0.071	0.50	0.082	0.076	0.320	0.63	0.068	0.26	0.079	0.11	0.070	0.071	0.123	0.03	0.65
1.00	0.035	0.035	0.557	0.50	0.035	0.50	0.036	0.036	0.320	0.63	0.035	0.26	0.035	0.11	0.035	0.035	0.123	0.02	0.65

Tabla 60. Resumen de la ponderación de la Dimensión Económica. Elaboración Propia.

DIMENSIÓN ECONÓMICA																					
EXPOSICION ECONOMICA				FRAGILIDAD ECONÓMICA						RESILIENCIA ECONOMICA								VALOR DIMENSIÓN ECONÓMICA	PESO DIMENSIÓN ECONÓMICA		
Localización de las edificaciones	Valor Exposicion Económica	Peso Exposicion Económica	Material predominante	estado de conservación		Incumplimiento de procedimientos constructivos		Valor Fragilidad Económica	Peso Fragilidad Económica	Org y Capacitación		Ingreso promedio familiar		PEA desocupada		Valor Resiliencia Económica	Peso Resiliencia Económica				
				Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc			Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc					Ppar	Pdesc
1.00	0.503	0.503	0.557	0.72	0.503	0.19	0.508	0.08	0.460	0.500	0.320	0.72	0.489	0.19	0.503	0.08	0.459	0.489	0.123	0.500	0.23
1.00	0.260	0.260	0.557	0.72	0.260	0.19	0.247	0.08	0.275	0.259	0.320	0.72	0.260	0.19	0.260	0.08	0.278	0.262	0.123	0.260	0.23
1.00	0.134	0.134	0.557	0.72	0.134	0.19	0.138	0.08	0.189	0.140	0.320	0.72	0.148	0.19	0.134	0.08	0.148	0.146	0.123	0.137	0.23
1.00	0.068	0.068	0.557	0.72	0.068	0.19	0.070	0.08	0.064	0.068	0.320	0.72	0.069	0.19	0.068	0.08	0.067	0.069	0.123	0.068	0.23
1.00	0.035	0.035	0.557	0.72	0.035	0.19	0.038	0.08	0.032	0.035	0.320	0.72	0.033	0.19	0.035	0.08	0.033	0.033	0.123	0.035	0.23



Tabla 61. Resumen de la ponderación de la Dimensión Ambiental. Elaboración Propia.

DIMENSIÓN AMBIENTAL																	
FRAGILIDAD AMBIENTAL						RESILIENCIA AMBIENTAL											
característica geoestructural de la zona		Explotación de Recursos Naturales		Localización de APV		Valor Fragilidad Ambiental	Peso Fragilidad Ambiental	Conocimiento y cumplimiento de la normatividad ambiental		Conocimiento ancestral para la explotación sostenible de sus RRNN		Capacitación en temas de Conservación Ambiental		Valor Resiliencia Ambiental	Peso Resiliencia Ambiental	VALOR DIMENSIÓN AMBIENTAL	PESO DIMENSIÓN AMBIENTAL
Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc			Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc	Ppar	Pdesc				
0.11	0.470	0.31	0.503	0.58	0.481	0.487	0.50	0.11	0.489	0.26	0.502	0.63	0.459	0.474	0.50	0.480	0.12
0.11	0.274	0.31	0.244	0.58	0.275	0.265	0.50	0.11	0.260	0.26	0.260	0.63	0.278	0.272	0.50	0.268	0.12
0.11	0.152	0.31	0.156	0.58	0.180	0.169	0.50	0.11	0.148	0.26	0.134	0.63	0.148	0.145	0.50	0.157	0.12
0.11	0.069	0.31	0.059	0.58	0.064	0.063	0.50	0.11	0.069	0.26	0.067	0.63	0.067	0.067	0.50	0.065	0.12
0.11	0.035	0.31	0.039	0.58	0.032	0.034	0.50	0.11	0.033	0.26	0.034	0.63	0.033	0.033	0.50	0.034	0.12



9.3. NIVELES DE VULNERABILIDAD

Tabla 62. Determinación de los niveles de la Vulnerabilidad. Elaboración Propia.

VALOR DE LA VULNERABILIDAD		RANGO			
0.489		MUY ALTO	0.173	$\leq V \leq$	0.489
0.173		ALTO	0.093	$\leq V <$	0.173
0.093		MEDIO	0.045	$\leq V <$	0.093
0.045		BAJO	0.022	$\leq V <$	0.045
0.022					

9.4. ESTRATIFICACIÓN DEL NIVEL DE VULNERABILIDAD

Tabla 63. Estratificación de los niveles de Vulnerabilidad. Elaboración Propia.

NIVEL	DESCRIPCION	RANGO
VULNERABILIDAD MUY ALTA	<p>En la dimensión social la fragilidad se tiene los parámetros de evaluación que son: grupo etario, nivel de educación y acceso a servicios básicos que generan una vulnerabilidad por flujo de detritos en la cuenca de Sicre siendo un promedio de 42%, así mismo la resiliencia social se evalúa los parámetros de la actitud, el conocimiento y la capacitación en Gestión del Riesgo de Desastres, lo que indica que existe débil conocimiento y hace vulnerable la población en un promedio del 39% no resiliente</p> <p>En la dimensión económica la fragilidad se tiene como parámetros de evaluación el material predominante su estado y el cumplimiento de las normas de construcción, condiciones que producen un vulnerabilidad promedio de 49%, así mismo en la resiliencia se evalúa los parámetros de organización, ingreso familiar, y la PEA que generan una vulnerabilidad promedio del 48.84% no resiliente</p> <p>En la dimensión ambiental la fragilidad tiene como parámetros pérdida de suelos, explotación de recursos naturales, y la localización de la población que generan una vulnerabilidad del 43%, también la resiliencia tiene los siguientes parámetros cumplimiento de las normas ambientales, conocimiento ancestral, y capacitación en temas ambientales lo que indica que es en 49% a la población más vulnerable.</p>	$0.257 \leq V \leq 0.442$
VULNERABILIDAD ALTA	<p>En la dimensión social la fragilidad se tiene los parámetros de evaluación que son: grupo etario, nivel de educación y acceso a servicios básicos que generan una vulnerabilidad por flujo de detritos en la cuenca de Sicre siendo un promedio de 13%, así mismo la resiliencia</p>	$0.150 \leq V < 0.257$



	<p>social se evalúa los parámetros de la actitud, el conocimiento y la capacitación en Gestión del Riesgo de Desastres, lo que indica que existe débil conocimiento y hace vulnerable la población en un promedio del 39% no resiliente</p> <p>En la dimensión económica la fragilidad se tiene como parámetros de evaluación el material predominante su estado y el cumplimiento de las normas de construcción, condiciones que producen un vulnerabilidad promedio de 49%, así mismo en la resiliencia se evalúa los parámetros de organización, ingreso familiar, y la PEA que generan una vulnerabilidad promedio del 17% no resiliente</p> <p>En la dimensión ambiental la fragilidad tiene como parámetros pérdida de suelos, explotación de recursos naturales, y la localización de la población que generan una vulnerabilidad del 28%, también la resiliencia tiene los siguientes parámetros cumplimiento de las normas ambientales, conocimiento ancestral, y capacitación en temas ambientales lo que indica que es en 26% a la población más vulnerable.</p>	
<p>VULNERABILIDAD MEDIA</p>	<p>En la dimensión social la fragilidad se tiene los parámetros de evaluación que son: grupo etario, nivel de educación y acceso a servicios básicos que generan una vulnerabilidad por flujo de detritos en la cuenca de Sicre siendo un promedio de 13%, así mismo la resiliencia social se evalúa los parámetros de la actitud, el conocimiento y la capacitación en Gestión del Riesgo de Desastres, lo que indica que existe débil conocimiento y hace vulnerable la población en un promedio del 17% no resiliente</p> <p>En la dimensión económica la fragilidad se tiene como parámetros de evaluación el material predominante su estado y el cumplimiento de las normas de construcción, condiciones que producen un vulnerabilidad promedio de 14%, así mismo en la resiliencia se evalúa los parámetros de organización, ingreso familiar, y la PEA que generan una vulnerabilidad promedio del 13% no resiliente</p> <p>En la dimensión ambiental la fragilidad tiene como parámetros pérdida de suelos, explotación de recursos naturales, y la localización de la población que generan una vulnerabilidad del 16%, también la resiliencia tiene los siguientes parámetros cumplimiento de las normas ambientales, conocimiento ancestral, y capacitación en temas ambientales lo que indica que es en 14% a la población más vulnerable.</p>	<p>$0.087 \leq V < 0.150$</p>
<p>VULNERABILIDAD BAJA</p>	<p>En la dimensión social la fragilidad se tiene los parámetros de evaluación que son: grupo etario, nivel de educación y acceso a servicios básicos que generan una vulnerabilidad por flujo de detritos en la cuenca de Sicre siendo un promedio de 5.5%, así mismo la resiliencia social se evalúa los parámetros de la actitud, el conocimiento y la capacitación en Gestión del Riesgo de Desastres, lo que indica que existe débil conocimiento y hace vulnerable la población en un promedio del 5% no resiliente</p>	<p>$0.063 V < 0.087$</p>

	<p>En la dimensión económica la fragilidad se tiene como parámetros de evaluación el material predominante su estado y el cumplimiento de las normas de construcción, condiciones que producen un vulnerabilidad promedio de 4.5%, así mismo en la resiliencia se evalúa los parámetros de organización, ingreso familiar, y la PEA que generan una vulnerabilidad promedio del 5% no resiliente</p> <p>En la dimensión ambiental la fragilidad tiene como parámetros perdida de suelos, explotación de recursos naturales, y la localización de la población que generan una vulnerabilidad del 5.6%, también la resiliencia tiene los siguientes parámetros cumplimiento de las normas ambientales, conocimiento ancestral, y capacitación en temas ambientales lo que indica que es en 5% a la población más vulnerable.</p>	
--	---	--

9.5. MAPA DE VULNERABILIDAD

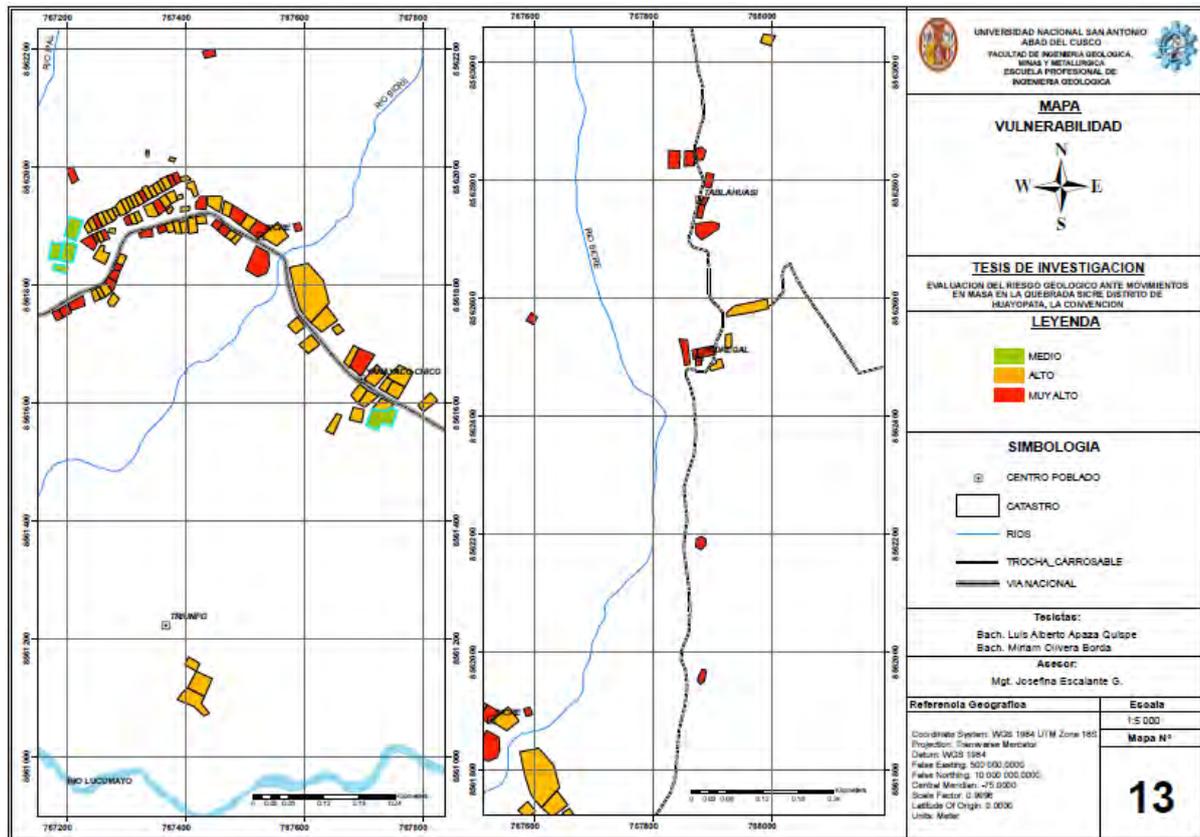


Ilustración 48 Mapa de Vulnerabilidad Quebrada Sicre.

Para la determinación del mapa de vulnerabilidad en la Quebrada Sicre se efectuó un análisis cualitativo el cual se desarrolló en el capítulo identificando los elementos expuestos a peligros por movimientos en masa. Para esta evaluación se consideró las infraestructuras ya construidas en los centros poblados de Ichubamba, Amaybamba, Choquellohuanca, Yanayacu, Sicre, Triunfo, Huyro antiguo, Pedregal y Tablahuasi.



Para poder determinar los valores y así obtener el nivel de vulnerabilidad se utilizó el software ArcGIS 10.5, en todo el área de estudio. Dentro de los cuales se calculó que 47 viviendas tienen un nivel muy alto, 72 viviendas nivel alto y 5 viviendas nivel medio. Así pudiendo estratificar los niveles de vulnerabilidad.



CAPITULO X: CALCULO DEL RIESGO

10.1.METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DEL RIESGO

Para determinar el cálculo del riesgo de la zona de influencia, se utiliza el siguiente procedimiento:

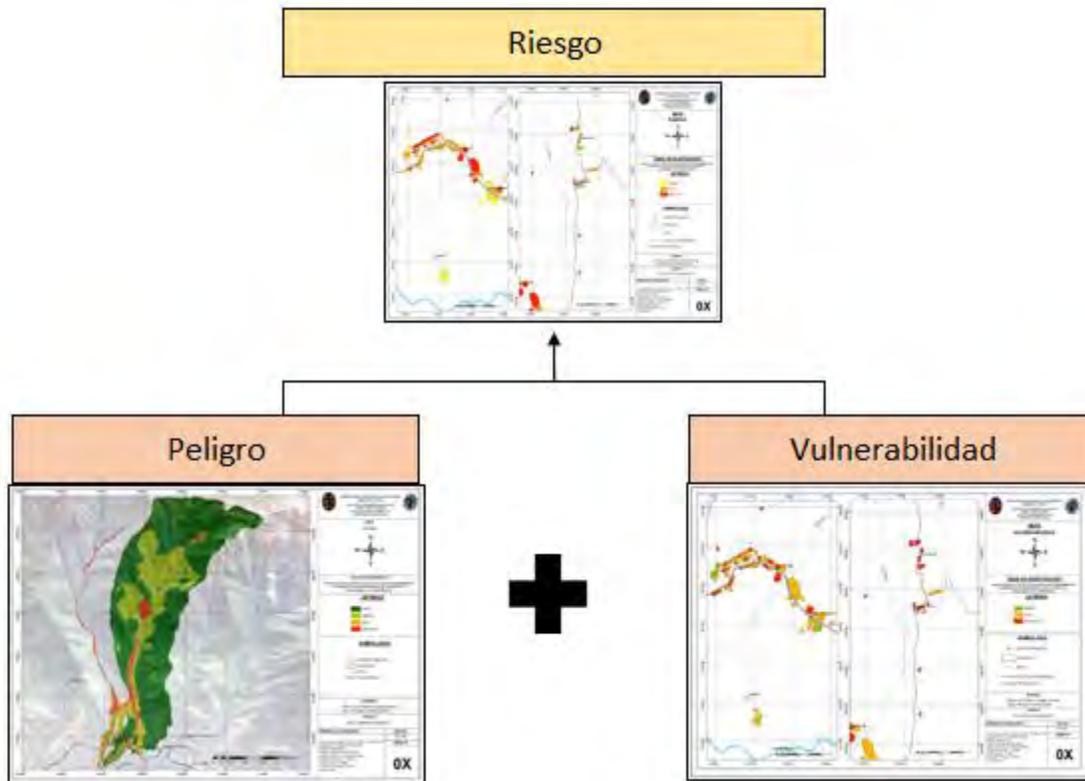


Ilustración 49. Flujoograma de determinación del Nivel del Riesgo. Elaboración Propia.

Para la evaluación del riesgo primeramente se identificó y analizo los peligros al que se expone la población que se ubica en la parte baja de la Quebrada de Sicre mediante la evaluación de los parámetros del fenómeno y el nivel de la susceptibilidad ante movimientos en masa este mediante sus factores condicionantes y desencadenantes, luego se hizo el respectivo análisis de la vulnerabilidad mediante el aspecto social, económico y ambiental y estas 3 a su vez sub divididas individualmente en exposición, fragilidad y resiliencia. siendo el riesgo resultado de relacionar la información del peligro con la vulnerabilidad

El método para la determinación de los niveles de riesgo se utilizó una Matriz de Riesgo, el cual permite determinar el nivel de riesgo, sobre la base del conocimiento de la peligrosidad y de la vulnerabilidad calculada en las secciones precedentes.



10.2. MATRIZ DE RIESGOS

Tabla 64. Matriz de riesgos. elaboración Propia.

PMA	0.467	0.039	0.069	0.123	0.215
PA	0.262	0.022	0.038	0.069	0.121
PM	0.145	0.012	0.021	0.038	0.067
PB	0.080	0.007	0.012	0.021	0.037
		0.083	0.147	0.262	0.461
		VB	VM	VA	VMA

VALOR DE PELIGRO (P)	VALOR DE LA VULNERABILIDAD (V)	RIESGO (P*V=R)
0.467	0.461	0.215
0.262	0.262	0.069
0.145	0.147	0.021
0.080	0.083	0.007
0.046	0.047	0.002

Tabla 65. nivel del riesgo. Elaboracion Propia.

NIVEL	RANGO		
MUY ALTO	0.069	< R ≤	0.212
ALTO	0.022	< R ≤	0.069
MEDIO	0.007	< R ≤	0.022
BAJO	0.002	≤ R ≤	0.007



10.3. ESTRATIFICACION DEL NIVEL DE RIESGO

Tabla 66. Matriz de Estratificación del riesgo. Elaboración Propia.

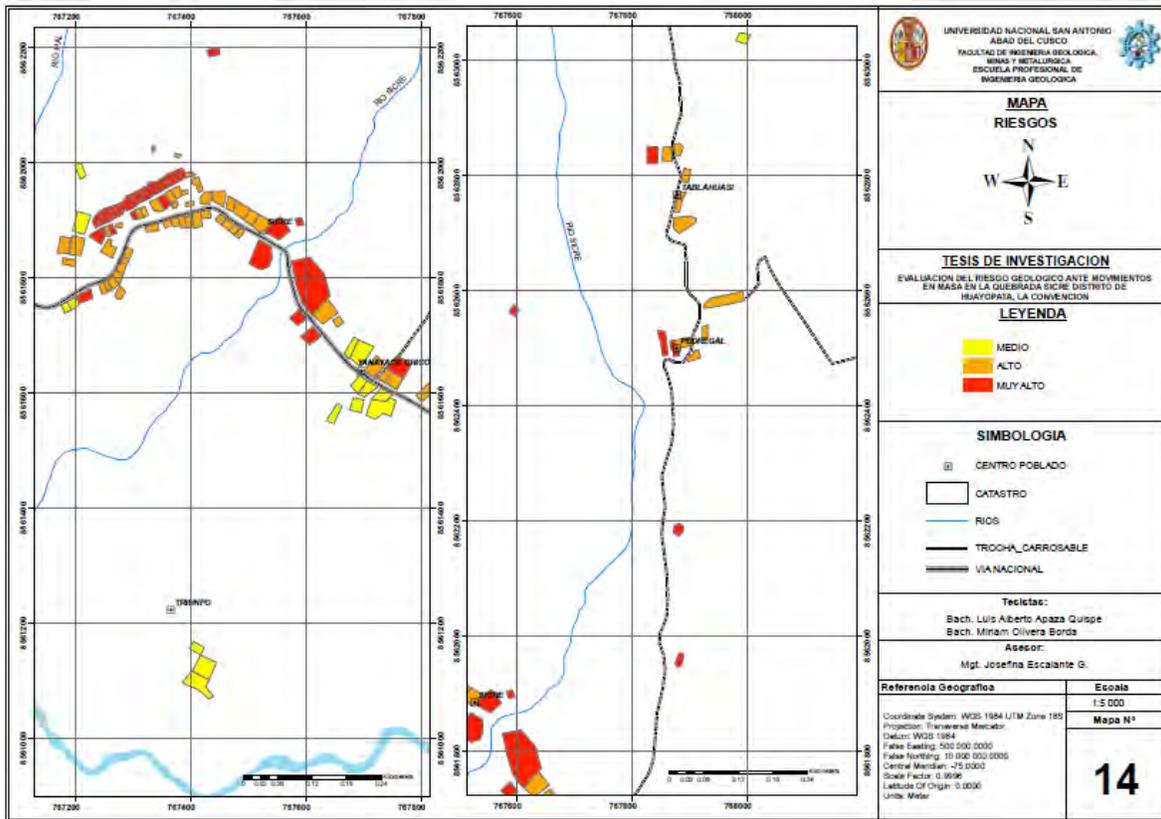
NIVEL	DESCRIPCION	RANGO
RIESGO MUY ALTO	<p>Se considera Riesgo MUY ALTO los que tienen las siguientes características: Grupo etario: de 0 a 5 años y mayores de 70 años; Nivel de educación analfabeto en 49% ;No cuentan con servicios básicos en 41%; Material predominante de la edificaciones 50% adobe; El estado de conservación de las edificaciones es muy mala; ; Incumplimientos de procedimientos de construcción esta entre $50\% \leq P \leq 80\%$; Las características geológicas del suelo pertenecen a depósitos fluvioaluviales; La explotación de recursos naturales con prácticas negligentes e intensa degradación en el cauce y márgenes del río; La localización de la A.P.V con respecto al cauce del río muy cercano (0 km - 0,1 km); La organización y capacitación institucional no existe; Ingreso familiar promedio de 800 soles; La población económicamente activa tiene escaso acceso a un puesto de trabajo; actitud frente al riesgo sin cultura de prevención de 50%; Capacitación de la población en G.R.D sin capacitación 47%; Conocimiento de la normatividad en G.R.D desconocimiento total del 52%; Conocimiento de la normatividad ambiental poco conocimiento 48%; Conocimiento ancestral para la explotación sostenible de sus recursos naturales desconoce 50%; Capacitación en temas de conservación ambiental no reciben 46%. Pendiente Plano a ligeramente plano 0° a 10° como cobertura vegetal esta dentro de arbustos y terrenos de cultivo, presenta relieve pie de monte aluvio torrencial.</p>	$0.069 \leq V \leq 0.212$
RIESGO ALTO	<p>Se considera Riesgo Alto al Grupo etario: de 6 a 12 años y mayor a 60 a 70 años; Nivel de educación primaria completa en 25% ;unos cuantos cuentan con servicios básicos en 31%; Material predominante de la edificaciones 26% adobe con piedra; El estado de conservación de las edificaciones es malo; ; Incumplimientos de procedimientos de construcción esta entre $30\% \leq P \leq 50\%$; Las características geológicas del suelo pertenecen a depósitos fluvioaluviales; La explotación de recursos naturales con prácticas negligentes periódicas de degradación en el cauce y márgenes del río; La localización de la A.P.V con respecto al cauce del río cercano (0,1 km - 0,2 km); La organización y capacitación institucional, débil organización institucional; Ingreso familiar promedio de $800 \leq 1000$ soles; La población económicamente activa tiene poco acceso a un puesto de trabajo; actitud frente al riesgo limitada cultura de prevención de 26%; Capacitación de la población en G.R.D, escasamente capacitada 26%; Conocimiento de la normatividad en G.R.D, de escaso conocimiento en 27%; Conocimiento de la normatividad ambiental solo autoridades conocen 26%; Conocimiento ancestral para la explotación sostenible de sus recursos naturales algunos 26%; Capacitación en temas de conservación escasamente capacitados 28%, Pendiente Plano a ligeramente plano 0° a 10° como cobertura vegetal esta dentro de arbustos y terrenos de cultivo, presenta relieve pie de monte aluvio torrencial</p>	$0.022 \leq V < 0.069$



RIESGO MEDIO	<p>Se considera dentro del Riesgo Medio al Grupo etario: de 13 a 15 años y mayor a 50 a 59 años; Nivel de educacion secundaria incompleta en 14% ;parcialmente cuentan con servicios basicos en 16%; Material predominante de la edificaciones 13% bloqueta; El estado de conservacion de las edificaciones regular; ; Incumplimientos de procedimientos de construcción esta entre $20\% \leq P \leq 30\%$; Las características geológicas del suelo pertenecen a depósitos cuaternario fluvio aluviales; La explotación de recursos naturales con prácticas negligentes de baja intensidad de degradación en el cause y márgenes del río; La localización de la A.P.V con respecto al cause del río medianamente cercano (0,2 km - 0,3 km); La organización y capacitación institucional relativa organización institucional; Ingreso familiar promedio de $1000 \leq 2000$ soles; La población económicamente activa tiene regular acceso a un puesto de trabajo; actitud frente al riesgo cierto conocimiento de prevención de 13%; Capacitación de la población en G.R.D medianamente capacitada 15%; Conocimiento de la normatividad en G.R.D de regular conocimiento del 14%; Conocimiento de la normatividad ambiental las autoridades y población cumplen parcialmente 14%; Conocimiento ancestral para la explotación sostenible de sus recursos naturales parte de la población 13%; Capacitación en temas de consevacion se capacita con regular frecuencia 15%. Pendiente Plano a ligeramente plano 0° a 10° como cobertura vegetal esta dentro de arbustos y terrenos de cultivo, presenta relieve pie de monte aluvio torrencial</p>	$0.007 \leq V < 0.022$
RIESGO BAJO	<p>Se considera en Riesgo Bajo al Grupo etario: de entre 16 a 30 años y mayor de 31 a 49 años; Nivel de educacion secundaria completa y superior en 10% ; cuentan con servicios basicos en 12%; Material predominante de la edificaciones 9% concreto armado y ladrillo; El estado de conservacion de las edificaciones bueno; ; Incumplimientos de procedimientos de construcción esta entre $P \leq 10\%$; Las características geológicas del suelo pertenecen a depósitos cuaternarios fluvio aluviales; La explotación de recursos naturales con asesoramiento técnico permanente degradación en el cause y márgenes del río; La localización de la A.P.V con respecto al cause del río alejada (0,3 km - 0,5 km); La organización y capacitación institucional de buena a adecuada organización institucional; Ingreso familiar promedio de $2000 \leq$ a mas soles; La población económicamente activa tiene alto acceso a un puesto de trabajo; actitud frente al riesgo con cultura de prevención de 10%; Capacitación de la población en G.R.D constantemente capacitada 11%; Conocimiento de la normatividad en G.R.D de total conocimiento del 10%; Conocimiento de la normatividad ambiental las autoridades y población cumplen totalmente 10%; Conocimiento ancestral para la explotación sostenible de sus recursos naturales toda la población 10%; Capacitación en temas de consevacion se capacita constantemente 9%. Tipo de suelo roca semicompacta y compacta en un 5%, Pendiente Plano a ligeramente plano 0° a 10° como cobertura vegetal esta dentro de arbustos y terrenos de cultivo, presenta relieve pie de monte aluvio torrencial</p>	$0.002 \leq V < 0.007$



10.4. MAPA DE RIESGOS



10.5. CONTROL DEL RIESGO

10.5.1. Aceptabilidad Y Tolerancia Del Riesgo

Tipo de Peligro : Movimiento de masas
 Tipo de Fenómeno : Geodinámica externa

a) Valoracion de consecuencias

MUY ALTA

De acuerdo a Villacorta et al. (2015b) la mayoría del flujo de detritos son peligros que bajan a gran velocidad y destruyen todo lo que encuentran a su paso

La población conforma parte de una superficie semiplano delimitado por flancos, producto de la alta disección de los procesos hidrogravitacionales, con un alto arrastre de materiales sueltos.



Tabla 67. Valoración de la consecuencia. Fuente CENEPRED.

Valor	Nivel	Descripción
4	Muy Alta	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural son catastróficas.
3	Alta	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con apoyo externo.
2	Medio	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas con los recursos disponibles.
1	Baja	Las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural pueden ser gestionadas sin dificultad.

De la tabla anterior, obtenemos que las consecuencias debido al impacto de un fenómeno natural son catastróficas, es decir, posee el nivel 4 – Muy Alto.

a) **VALORACIÓN DE FRECUENCIA:**

ALTA

Según Zavala et al (2012), los flujos de detritos son muy recurrentes por lo que la valoración de la recurrencia sería alta.

Por el diámetro de los materiales y la morfología de los clastos del material, nos indican que la Quebrada presenta importantes eventos de flujo en épocas de intensa precipitación pluvial provocando el fenómeno de geodinámica externa.

El comportamiento hidráulico de la cuenca Sicre está regido por la alta pendiente que presenta la parte superior de la microcuenca; así como la existencia de sectores altamente tectonizados, cuya saturación en época de lluvias ocasionan modificación en las tensiones naturales del terreno, provocando el transporte y deposición de materiales sólidos a lo largo del cauce, seguido de procesos de erosión regresiva, manifestado por el socavamiento de las obras de defensa ribereña existente

Tabla 68. Valoración de la frecuencia. Fuente CENEPRED.

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

De la tabla anterior, se obtiene que el evento de Flujo de detritos pueda ocurrir en periodos de tiempo medianamente largos según las circunstancias, es decir, posee el nivel 3 – Alta.



b) NIVEL DE CONSECUENCIA Y DAÑOS

MUY ALTA

El nivel muy alto se obtiene de la intersección de la Consecuencia y Frecuencia

Tabla 69. Nivel de consecuencia y daños. Fuente CENEPRED.

Consecuencias	Nivel	Zona de Consecuencias y daños			
Muy Alta	4	Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
Alta	3	Media	Alta	Alta	Muy Alta
Media	2	Media	Media	Alta	Alta
Baja	1	Baja	Media	Media	Alta
	Nivel	1	2	3	4
Frecuencia		Baja	Media	Alta	Muy Alta

De lo anterior se obtiene que el nivel de consecuencia y daño es de nivel 4 – Muy Alta.

c) ACEPTABILIDAD Y/O TOLERANCIA:

INADMISIBLE

Al obtener el nivel de consecuencia y daño Muy Alta, observamos en la siguiente tabla que la aceptabilidad y/o tolerancia es **INADMISIBLE**.

En la Cuenca Sicre se encuentra en una zona de vulnerabilidad alta, relacionado a la ocurrencia de procesos geodinámicas como son erosión o tubificación, socavamiento) e influenciados de sobre manera por la ocurrencia de fenómenos climatológicos, que podrían modificar el comportamiento del afluente hídrico

Conociendo la reacción de las personas y conscientes de que no pueden ser reasentadas aceptan convivir con el peligro. Por lo que es necesario que la municipalidad distrital de Huayopata elabore el Plan de Prevención para Reducir los efectos del peligro, así mismo deben desarrollar actividades inmediatas y prioritarias para el manejo de riesgos

Tabla 70. Aceptabilidad y/o tolerancia. Fuente CENEPRED.

Valor	Descriptor	Descripción
4	Inadmisible	Se debe aplicar inmediatamente medida de control físico y de ser posible transferir inmediatamente los riesgos.
3	Inaceptable	Se deben desarrollar actividades INMEDIATAS y PRIORITARIAS para el manejo de riesgos
2	Tolerable	Se deben desarrollar actividades para el manejo de riesgos
1	Aceptable	El riesgo no presenta un peligro significativo



De lo anterior se obtiene que la aceptabilidad y/o Tolerancia del Riesgo por flujo de detritos sea de nivel A – Inadmisibles que indica que se debe aplicar inmediatamente medida de control físico y de ser posible transferir inmediatamente los riesgos.

d) PRIORIDAD DE INTERVENCIÓN

Se deben desarrollar actividades inmediatas y prioritarias para el manejo de riesgos.

En la tabla se observa la matriz de aceptabilidad y tolerancia, considerando que riesgo cero o nulo no existe, se plantea medidas de tipo estructural y no estructural de acuerdo al nivel de priorización siguiente

Tabla 71. Prioridad de intervención. Fuente CENEPRED

Valor	Descriptor	Nivel de priorización
4	Inadmisibles	I
3	Inaceptable	II
2	Tolerable	III
1	Aceptable	IV

De la tabla anterior se obtiene que el nivel de priorización es I, del cual constituye el soporte para la priorización de actividades, acciones y proyectos de inversión vinculadas a la Prevención y/o Reducción del Riesgo de Desastres, así mismo se debe aplicar inmediatamente medida de control físico y de ser posible transferir inmediatamente los riesgos.

10.6. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACION

a) Medidas de Carácter Estructural

- Ejecución de obras estructurales (construcción de gaviones) al borde del río Sicre, para encausar el río en la dirección deseada.
- Ejecución de descolmatación del río de Sicre para evitar desbordamiento en el tramo del río

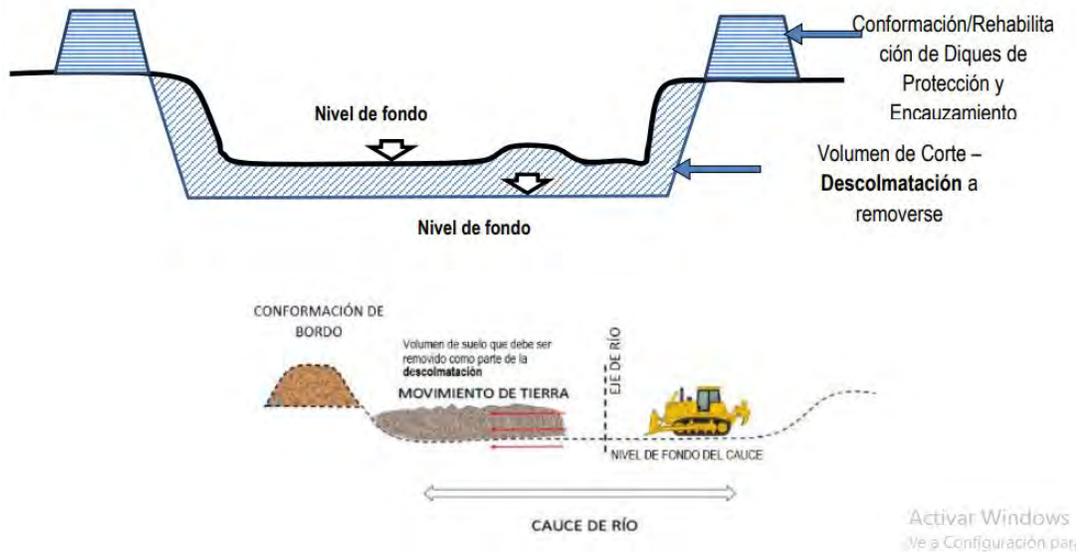


Ilustración 50. Descolmatación De Rios Conformado Borde De Protección En El Rio. Fuente Descolmatación Y Encauzamiento Del Rio Nepeña, En El Sector Puente Colorado - Cocharcas, Distrito De Nepeña, Santa - Ancash

- **Las obras de retención de sedimentos tipo abierto o permeable**

Este tipo de obras cumplen la función de capturar y almacenar los arrastres sólidos reduciendo la concentración de sedimentos y la descarga pico en las crecientes, estas presas abiertas se construyen con aberturas en el cuerpo cumpliendo la función de seleccionar los fragmentos (rocas) mas gruesos de los finos usualmente se construyen en la garganta del torrente o en la salida de sus afluentes principales, pueden ser de tipo ranurado o en ventanas.



Ilustración 51. Presa Abierta Tipo Ventana, Fuente Presas Para El Control De Flujos Torrenciales En El Estado Vargas Venezuela



Ilustración 52. Presa Abierta Tipo Ranura, Fuente Presas Para El Control De Flujos Torrenciales En El Estado Vargas Venezuela

- Reforestación y agroforestación con árboles altos y de raíces profundas en los sectores de Tablahuasi y Pedregal con el fin de crear barreras naturales en caso ocurra un desbordamiento del río principal
- Realizar actividades de limpieza y descolmatación de manera periódica a cargo de la Municipalidad Distrital de Huayopata en coordinación con los moradores de la zona, desde la zona de arranque del fujo de detritos hasta la carretera cusco- quillabamba.

b) Medidas De Carácter No Estructural

- Elaborar su Programa de Sensibilización a zonas de riesgo medio a muy alto por movimientos en masa en la quebrada Sicre, a cargo de la Municipalidad Distrital de Huayopata
- construcción y conformación de un comité de sistemas de alerta temprana para aviso a la población
- Emitir las directivas para implementar las medidas de prevención y/o reducción contempladas en las normas técnicas de habilitación urbana correspondiente, a fin de no incentivar la ocupación de zonas inseguras y no consolidar el riesgo, con participación del ALA para casos de la faja marginal en coordinación con la Municipalidad de Huayopata.
- Elaborar El Plan de Prevención y Reducción de Riesgo del distrito de Huayopata
- promover la socialización de sus mapas de zonificación de riesgos a los pobladores y velar para que se respeten los parámetros y dispositivos correspondientes a fin de fomentar la ocupación adecuada del suelo, considerando un sistema de inclusión social hacia las poblaciones de menos recursos.





CONCLUSIONES

- primera. – se determinó geomorfológicamente que la zona de estudio en el aspecto regional pertenece a La Cordillera Oriental perteneciendo a la vertiente norte siendo disectada con la vertiente sur por el río Lucumayo (Ilustración N° 4) y localmente la zona de estudio se divide en 2 geformas Montañas y Pie de Monte. Subdividiéndose las montañas en Vertiente de montaña allanada, vertiente de monte empinada y vertiente de montaña escarpada teniendo una variación en sus altitudes desde los 1713 a 3530 msnm.
- Segunda. – Se identificó Geológicamente que la zona de estudio está emplazada sobre rocas metamórficas del grupo San José y Sandía, el grupo San José se caracteriza por el contenido de pizarras grises, esquistos todo esto meteorizado a suelo pudiendo distinguirlos por los clastos encontrados en la matriz de suelo coluvial, de igual manera la formación Sandía se logra distinguir por los clastos erosionados al borde del río con contenido de metacuarcitas y microconglomerados de origen sedimentario estas formaciones geológicas se encuentran cubierta por vegetación abundante y suelo coluvial debido a la fuerte erosión de curso del río y clima de la zona, también se pudo identificar petrográficamente la muestra de mano como una roca intrusiva (SIENO GRANITO) que aflora al borde del río en la quebrada presentando una textura fanerítica macroscópicamente, esta roca intrusiva pertenece al masiso rocoso de Mesapelada.
- Tercera.- Se identificó Estructuralmente la zona de estudio está siendo dominada por la falla Lucma Chaulay, falla Santa Rosa y el sinclinal de Paltaybamba perteneciendo estos al sistema de fallas de Ollantaytambo-Vilcabamba-Quimbiri, en donde nuestra zona de estudio presenta alineamientos en dirección W-E notándose alineamientos triangulares (Ilustración N°14), alineamientos NW-SE estos alineamientos están dentro de la Quebrada de Sicre (Ilustración N°15.) La Cuenca Sicre ubicada en el distrito de Huayopata, contempla los sectores de Sicre, Yanayaco Chico, Pedregal y Tablahuasi
- Cuarta. – Se identificó el inventario de movimientos en masa por geodinámica externa la cual nos provee información importante para realizar el mapa de susceptibilidad. En nuestro inventariado se tienen que 04 son por caída de suelos, 03 son caída de rocas, 01 deslizamiento traslacional, 01 flujo de detritos.
- Quinta. - La tesis se desarrolló utilizando la metodología de Tomas Saaty el cual es el proceso de análisis jerárquico con ayuda de Excel y ArcMap 10.5.
- Sexta. – Se determinó que el nivel de peligrosidad por movimientos en masa en la quebrada Sicre tiene como valor mínimo 0.044 y máximo 0.473 habiendo utilizado el método multicriterio desarrollado por Thomas L. Saaty, primeramente hallando la susceptibilidad mediante la ponderación de sus factores condicionantes (litología, pendiente, represamiento, cobertura vegetal, geomorfología y hidrogeología) y desencadenantes (hidrología intensidad de precipitación) en combinación con el parámetro de evaluación siendo la MAGNITUD, estando distribuidos en los siguientes niveles como se muestra en el cuadro, esto debido a, los factores condicionantes, desencadenantes y principalmente al parámetro general (magnitud del flujo de detritos).



PELIGROSIDAD			
NIVEL	RANGO		
MUY ALTO	0.263	≤ V ≤	0.473
ALTO	0.145	≤ V <	0.263
MEDIO	0.076	≤ V <	0.145
BAJO	0.044	≤ V <	0.076

- Séptima. – Se determino que el nivel de la Vulnerabilidad en la quebrada Sicre tiene como valor mínimo 0.022 y máximo 0.4889 estando distribuidos en los siguientes niveles como se muestra en el cuadro, debido principalmente al bajo nivel de resiliencia de sus pobladores en las tres dimensiones.

NIVEL	RANGO		
MUY ALTO	0.173	≤ V ≤	0.489
ALTO	0.093	≤ V <	0.173
MEDIO	0.045	≤ V <	0.093
BAJO	0.022	≤ V <	0.045

- Octava. – Se determinó que **El Nivel de Riesgo** en la Quebrada Sicre tienen como valor mínimo 0.002 y máximo 0.162 estando distribuidos en los siguientes niveles como se muestra en el cuadro, presentándose en mayor proporción el nivel Alto a Muy Alto en sus sus sectores de Sicre, Yanayaco, Pedregal y Tablahuasi ante flujo de detritos.

NIVEL	RANGO		
MUY ALTO	0.034	< R ≤	0.162
ALTO	0.012	< R ≤	0.034
MEDIO	0.004	< R ≤	0.012
BAJO	0.002	≤ R ≤	0.004

- Novena.- Se propusieron medidas de prevención y mitigación estructurales y no estructurales, en estructurales tiene como objetivo reducir o evitar los efectos dañinos sobre los elementos expuestos, como la construcción de gaviones al borde del rio principal para



encausar el río principal de la quebrada, descolmatación del río, obras de retención de sedimentos tipo abierto o permeable, reforestación con árboles altos y de raíces profundas, en medidas no estructurales se propusieron elaborar programas de sensibilización a zonas de riesgo medio a muy alto, construcción y conformación de comités de alerta temprana, promover la socialización de mapas de zonificación de riesgo a los pobladores a fin de no incentivar la ocupación de zonas inseguras, etc.

- Decima. - Ante el peligro de flujos de detritos en el ámbito de influencia en la cuenca Sicre están expuestos: 158 viviendas; 24.Km de carretera o trochas, una sistema de agua potable, dos I.EEs, dos Iglesias, 200has de terreno de cultivo y 80 has de pastizales.
- Onceava. - El nivel de aceptabilidad o tolerancia del riesgo es **INADMISIBLE**.



RECOMENDACIONES

- Primera. - Habiéndose determinado el Nivel de Riesgo Muy Alto se recomienda la planificación de reasentamiento de la población de Tablahuasi, Pedregal, Sicre y Yanayano Chico.
- Segunda. - Se recomienda declarar zona de **MUY ALTO RIESGO** a cargo del Concejo Municipal de Huayopata, a la **zona determinada por el estudio de Evaluación de Riesgo del área del ámbito de aplicación del Flujo de detritos**
- Tercera. - Se recomienda como medida no estructural realizar sensibilización en cuanto a viviendas que están expuestas a los peligros geológicos. como también diseñar o implementar un sistema de alerta temprana con sensores en puntos estratégicos que permitan alertar un deslizamiento y producto de esto un represamiento de río.
- Cuarta. - se recomienda como medida estructural la descolmatación periódica del río Sicre como también implementar obras de retención de sedimentos tipo abierto o permeable como se muestra en las medidas de prevención y mitigación donde reducen el impacto erosivo sobre los tramos aguas abajo ya que el material sólido no es interrumpido bruscamente donde si las aberturas son lo suficientemente amplias estas represas actuarían más para eventos extraordinarios que los ordinarios.
- Quinta. - Para la reforestación se recomienda el uso de plantas propias de la zona, de tal manera que se propaguen y crezcan de manera natural.
- Sexta. - Charlas en los colegios a los estudiantes y padres de familia para que sepan actuar antes estos tipos de desastres.
- Séptima. - construcción y conformación de un comité de sistemas de alerta temprana para aviso a la población
- Octava. - Emitir las directivas para implementar las medidas de prevención y/o reducción contempladas en las normas técnicas de habilitación urbana correspondiente, a fin de no incentivar la ocupación de zonas inseguras y no consolidar el riesgo, con participación del ALA para casos de la faja marginal en coordinación con la Municipalidad de Huayopata.
- Novena. - Se recomienda implementar en su equipo de trabajo mínimamente un geólogo capacitado en temas de gestión de riesgos de desastres.



BIBLIOGRAFIA

- Aguirre, J., Fuentes R., y Olivero M.L. (1990). "Fricción y Movimiento Incipiente en Ríos de Montaña", XIV Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Montevideo, Uruguay, pp.1549-1560.
- Benavente, C.; Delgado, F.; Taipe, E.; Audin, L. & Pari, W. (2013) - Neotectónica y peligro sísmico en la región del Cusco, INGEMMET. Boletín, Serie C,
- Carlotta, V., Cárdenas, J, Romero D, Valdivia W, Tintaya D, (1999). Geología del Cuadrángulo de Quillabamba y Machupicchu 26q y 27q - 1:100 000 INGEMMET, Boletín, Serie A: 127, 334p., Recuperado de: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/87>
- Cruden D. M. y D. J. Varnes (1996), 'Landslides types and processes', in Turner, A. K. y R. L. Schuster (eds.), Landslides: Investigation and Mitigation. Transportation Research Board. Special report 247, National Academy Press, Washington D.C.
- De Mets, C., Gordon, R., Aarhus, A., y Stein, S. (1980). Current plate motions. Geophys. J. Int., 101, 425-478
- Gobierno Regional de Cusco. (2005). Zonificación Ecológica Económica (ZEE). De La Provincia de la Convención: propuesta de ordenamiento territorial y programa de desarrollo sostenible de la provincia de la convención. Recuperado de: http://www.ima.org.pe/estudios/zee-convencion/ZEE_LA_CONVENCION_FINAL.pdf
- Gonzales de Vallejo, 2002, "ingeniería Geologica", pp.622- 638.
- Hungr, Evans, Bovis, & Hutchinson, (2001), A Review Of The Classification Of Landslide Of The Flow Type, 18p Recuperado de: ftp://137.82.22.2/pub/ohungr/Support/OH_Recent_Papers/Flow_Classification.pdf
- Hungr, O., Leroueil, S., & Picarelli, L. (2014). The Varnes classification of landslide types, an update. Landslides, 11(2), 167-194.
- Juvenal medina (1991). Fenómenos Geodinámicas estudio y medidas de tratamiento, 87p, Recuperado de: <https://books.google.es/books?id=s2XnPbHqvJEC>
- López, J.L., Falcon, M., y Pérez-Hernández, D. (2006) "Effect of the Torrential Flows of December 2005 on Sediment Control Dams in the State of Vargas, Venezuela", International Symposium on Hydraulic Structures, Puerto Ordaz, Venezuela, 12 al 14 de Octubre.
- Irasema Alcantara Ayala (1999). Landslides: deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología 19p Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n41/n41a2.pdf>
- Manuel Vilchez M. (2015). Zonas Críticas Por Peligro Geológicos En La Región Del Cusco INGEMMET, Informe Técnico Geología Ambiental, 100p., Recuperado de: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2026>



- Medina, J. 1991. Fenómenos geodinámicos. Estudio y medidas de tratamiento. Municipio Santiago de Cali, Colombia, 2005. Departamento Nacional de Planeación.
- Mora J., Aguirre J., Moncada A., y Flórez I. (1996). "Una Expresión Para La Pendiente de Equilibrio en Torrentes de Montaña", XVII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Guayaquil, Ecuador, Octubre, pp.93-103.
- Muñoz M. (2018). Metodología para evaluar la amenaza de flujos de detritos utilizando un análisis jerárquico de procesos y el software Ramms, con aplicación en la cuenca del Estero San Alfonso, Región Metropolitana (Tesis de Grado Académico). Universidad De Chile Facultad De Ciencias Físicas Y Matemáticas Departamento De Geología, Chile.
- Norabuena, E., Leffler-Griffin, L., Mao, A. Dixon, T. (1998). Space geodetic observations of Nazca-South America Convergence. *Science*, 279, 358-362.
- Presidencia del Consejo de Ministros, Decreto Supremo 048-2011-PCM REGLAMENTO DE LEY N° 29664, SISTEMA NACIONAL DE GESTION DEL RIESGO DE DESASTRES (SINAGERD),
- 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, No. 4, 432 p., 1
- Segundo Nuñez J, Dulio Gomez V.(2019), Evaluacion Geologica-geodinamica, para la reubicación de los sectores afectados por el huaico de la Quebrada Sicre del 21/12/2018, Recuperado de : <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/1987>
- Tavera et al., 2014. Evaluación Del Peligro Asociado A Los Sismos Y Efectos Secundarios En Perú, pp 4-32.
- Varnes, D.J. 1978. Slope Movement: Types and Proceses. In Scuster & Krizek, 1978:Landslides: Analysis and Control. Special report 176. Transportation Research Board, Comisión on Sociotechnical Systems, National Research Council. National Academy of Sciences, Washington, D.C. 234 p.p.
- Villacorta, S. (2007). Análisis de la susceptibilidad a los Movimientos de Ladera en la cuenca del río Llaminchán (Cajamarca, Perú). Tesis de Maestría. Master Internacional Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Minerales - Red DESIR. Instituto Geológico y Minero de España.



ANEXOS