



1859



Universidad  
Nacional  
de Loja

# Universidad Nacional de Loja

Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos

Naturales No Renovables

Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento  
Territorial

Zonificación de susceptibilidad a deslizamientos en zonas urbanas  
de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil, cantón  
Sígsig, provincia Azuay.

Trabajo de Titulación previo a la  
obtención del título de Ingeniero  
en Geología Ambiental y  
Ordenamiento Territorial

**AUTORA:**

Pamela Carolina Plasencia Chullca

**DIRECTOR:**

Ing. Maritza Ximena Ochoa Tapia, Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2023

## Certificación

Loja, 4 de enero de 2023

Ing. Maritza Ximena Ochoa Tapia, Mg. Sc.

**DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

### CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Zonificación de susceptibilidad a deslizamientos en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil, cantón Sígsig, provincia Azuay**, previo a la obtención del título de **Ingeniera en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, de la autoría del estudiante **Pamela Carolina Plasencia Chullca**, con cédula de identidad N° **0104912936**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa..



Ing. Maritza Ximena Ochoa Tapia, Mg. Sc.

**DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

## Autoría

Yo, **Pamela Carolina Plasencia Chulca**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente, acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio Digita Institucional - Biblioteca Virtual

Firma:

Cédula: 0104912936

Fecha: 23/02/2023

Correo electrónico: pamela.plasencia@unl.edu.ec

Celular: 0991376038

**Carta de autorización por parte de la autora, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.**

Yo, **Pamela Carolina Plasencia Chullca**, declaro ser autora del Trabajo de Titulación denominado: **Zonificación de susceptibilidad a deslizamientos en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil, cantón Sígsig, provincia Azuay**, como requisito para optar el título de **Ingeniera en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**; autorizo al sistema bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar los contenidos de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza del plagio o copia del trabajo de titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los cinco días del mes de julio del dos mil veinte y dos.

**Firma:**

**Autor:** Pamela Carolina Plasencia Chullca

**Cédula:** 0104912936

**Dirección:** Cuenca, Barrio Yanuncay.

**Correo electrónico:** pamela.plasencia@unl.edu.ec

**Celular:** 0991376038

**DATOS COMPLEMENTARIOS:**

**Director del Trabajo de Titulación:** Ing. Maritza Ximena Ochoa Tapia, Mg. Sc

## **Dedicatoria**

El presente trabajo de titulación lo dedico con mucho amor:

A mis padres: Sonia y Carlos por ser mi apoyo incondicional, los cuales han alentado cada una de las decisiones que he tomado a lo largo de mi vida, acompañándome ante toda ocasión y expresando sus consejos con mucha sabiduría siempre pensando en mi bienestar.

A mis dos angelitos que me cuidan, mi abuelita Florinda que es la luz que iluminará siempre mi corazón y mi abuelito Manuel que ha sido ejemplo de vida e inspiración. Sin olvidar a mi mejor amigo Bryan mi angelito que siempre me ha iluminado para seguir adelante y me cuida desde el cielo.

A mis hermanos: Ana Camila, Luis y Pablo por ser mis amigos, compañeros de vida, consejeros ser parte de mi vida y ser un gran apoyo en todas las decisiones que he tomado.

***Pamela Carolina Plasencia Chullca***

## **Agradecimientos**

A Dios por darme las fuerzas necesarias e impulsarme para enfrentar todas las adversidades, no soltarme en las situaciones más difíciles, por su eterna compañía, inspiración y por llenar mi corazón con su amor infinito.

A la Universidad Nacional de Loja, a la carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, a mis profesores de la universidad, a mi directora de Tesis y a los miembros del tribunal que me han permitido alcanzar este objetivo tan anhelado.

Al Gad Municipal del Sígsig, por el apoyo y servicio para complementar mi proyecto de tesis, en especial al Ing. Juan Pablo Cabrera.

A mis padres por su apoyo emocional y económico que me han permitido culminar con esta etapa de mi vida. A mis hermanos Camila, Luis y Adrián por su apoyo incondicional, a mis tíos, tías, primos, primas y a mi sobrino, por ser parte de mi vida.

A mis compañeros del aula en especial a Alicia B., Fabricio O. y Andy F., a mis amigos de la universidad Viviana M., Lizbeth M., Adriana G., Santiago R., Alejandro C. y Ricardo C., que han sido como mi familia durante el tiempo que estude en la ciudad de Loja; y a mis amigas de la vida Dayana Y., y Verónica M., que a pesar de estar lejos han seguido a mi lado.

A mi mentor de España Guillermo S., mi mentora de Perú Carla por guiarme estos meses para moldear mi proyecto de vida profesional, al Dr. Fernando Z, y Dr. Paúl P. que han proporcionado su confianza y apoyo moral.

***Pamela Carolina Plasencia Chullca***

## Índice de contenido

<b>Portada</b> .....	<b>i</b>
<b>Certificación</b> .....	<b>ii</b>
<b>Autoría</b> .....	<b>iii</b>
<b>Carta de autorización.</b> .....	<b>iv</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>v</b>
<b>Agradecimientos</b> .....	<b>vi</b>
<b>Índice de contenido</b> .....	<b>vi</b>
Índice de tablas:.....	xi
Índice de figuras:.....	xiv
Índice de anexos:.....	xix
<b>1. Título</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Resumen</b> .....	<b>2</b>
2.1. Abstract.....	3
<b>3. Introducción</b> .....	<b>4</b>
<b>4. Marco Teórico</b> .....	<b>6</b>
4.1. Nomenclatura de Talud o Ladera.....	6
4.2. Movimientos en masa .....	6
4.2.1. Clasificación de Movimientos de Masa.....	6
4.2.2. Deslizamientos .....	8
4.3. Nomenclatura de un deslizamiento.....	9
4.4. Dimensiones de un movimiento.....	10
4.5. Información de Zonificación de Susceptibilidad de deslizamientos.....	10
4.5.1. Concepto de Zonificación .....	10
4.5.2. Susceptibilidad a deslizamientos .....	11

4.5.3. Métodos para la susceptibilidad de deslizamientos .....	11
4.6. Mapa de Susceptibilidad a los deslizamientos.....	15
4.7. Herramientas básicas para la zonificación.....	16
4.7.1. Los modelos digitales de elevación (MED) .....	17
4.7.2. Los Sistemas de Información Geográfica SIGs .....	17
4.8. Topografía.....	18
4.8.1. Levantamiento topográfico .....	19
4.9. Litología.....	19
4.9.1. Mapeo litológico .....	20
4.10. Geomorfología .....	23
4.10.1. Categoría de geoformas.....	23
4.11. Pendientes .....	24
4.12. Cobertura vegetal .....	25
4.13. Precipitaciones .....	25
4.13.1. Clasificación de las precipitaciones .....	26
<b>5. Metodología .....</b>	<b>27</b>
5.1. Materiales.....	28
5.2. Área de estudio .....	28
5.2.1. Ubicación .....	28
5.2.2. Acceso .....	30
5.2.3. Clima .....	30
5.2.4. Hidrografía .....	30
5.2.5. Geología Regional .....	31
5.3. Procesamiento y análisis de datos.....	33



5.3.1. Metodología del 1er objetivo .....	33
5.3.2. Metodología del 2do Objetivo .....	46
5.3.3. Metodología del 3er objetivo .....	47
<b>6. Resultados.....</b>	<b>52</b>
6.1. Resultados del primer objetivo .....	52
6.1.1. Geología Local .....	52
6.1.2. Pendientes .....	69
6.1.3. Geomorfología .....	70
6.1.4. Cobertura vegetal .....	82
6.1.5. Precipitación.....	87
6.2. Resultados del segundo objetivo.....	88
6.2.1. Inventario de deslizamientos .....	90
6.3. Resultados de tercer Objetivo .....	109
6.3.1. Matrices de valoración y pesos .....	109
6.3.2. Mapa de susceptibilidad.....	120
6.3.3. Correlación entre los puntos de deslizamientos y las zonas de susceptibilidad de deslizamientos .....	124
6.3.4. Mapa de susceptibilidad con la metodología de la Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias del Ecuador. ....	126
6.3.5. Correlación entre los puntos de deslizamientos y las zonas de susceptibilidad de deslizamientos, del mapa de comparación.....	126
6.3.6. Comparación entre metodología de Saaty y metodología de la SNGRE .....	127
<b>7. Discusión .....</b>	<b>129</b>
<b>8. Conclusiones .....</b>	<b>134</b>
<b>9. Recomendaciones .....</b>	<b>137</b>

<b>10. Bibliografía .....</b>	<b>138</b>
<b>11. Anexos .....</b>	<b>140</b>

## Índice de tablas:

<b>Tabla 1.</b> Criterios para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos.....	16
<b>Tabla 2.</b> Materiales utilizados para el desarrollo del proyecto de tesis .....	28
<b>Tabla 3.</b> Clasificación de pendientes .....	34
<b>Tabla 4.</b> Ubicación de las calicatas elaboradas en campo .....	37
<b>Tabla 5.</b> Leyenda de Unidades Geomorfológicas Fase 1 y Fase 2.....	39
<b>Tabla 6.</b> Clasificación de geformas .....	40
<b>Tabla 7.</b> Tipos de cobertura vegetal adaptado para el Ecuador.....	44
<b>Tabla 8.</b> Tipos de cobertura vegetal adaptado para el Ecuador.....	44
<b>Tabla 9.</b> Matriz de comparación del Método de Jerarquías Analíticas para la Asignación de Pesos.....	48
<b>Tabla 10.</b> Escala de Saaty para determinar el valor de Xij. ....	48
<b>Tabla 11.</b> Criterios para determinar la susceptibilidad a deslizamientos .....	50
<b>Tabla 12.</b> Información de Litología en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil .....	68
<b>Tabla 13.</b> Caracterización de la variable de litología .....	68
<b>Tabla 14.</b> Información de las Pendientes en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil .....	69
<b>Tabla 15.</b> Caracterización de la variable de litología .....	70
<b>Tabla 16.</b> Información de las Unidades Geomorfológicas en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil .....	80
<b>Tabla 17.</b> Caracterización de la variable de geomorfología.....	80
<b>Tabla 18.</b> Información de los Tipos de cobertura vegetal en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil .....	86
<b>Tabla 19.</b> Caracterización de la variable de cobertura vegetal.....	87

<b>Tabla 20.</b> Información de la Precipitación en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil .....	88
<b>Tabla 21.</b> Datos de las estaciones metereológicas.....	88
<b>Tabla 22.</b> Ubicación de los deslizamientos levantados en gabinete por fotointerpretación de las ortofotos, considerando las coordenadas centroides de cada polígono de deslizamiento.....	89
<b>Tabla 23.</b> Ubicación del inventario de deslizamientos.....	90
<b>Tabla 24.</b> Valoración de las variables jerarquizadas de acuerdo a la clasificación de Saaty.	110
<b>Tabla 25.</b> Cálculo Razón de Consistencia de las variables .....	111
<b>Tabla 26.</b> Variable de Unidades de geomorfología, valorizada y normalizada de acuerdo a la clasificación de Saaty (1980) .....	112
<b>Tabla 27.</b> Cálculo Razón de Consistencia de la variable de Unidades de geomorfología ....	113
<b>Tabla 28.</b> Variable de Litología, valorizada y normalizada de acuerdo a la clasificación de Saaty (1980) .....	114
<b>Tabla 29.</b> Cálculo Razón de Consistencia de la variable de Litología.....	115
<b>Tabla 30.</b> Variable de Pendiente, valorizada y normalizada de acuerdo a la clasificación de Saaty (1980).....	116
<b>Tabla 31.</b> Cálculo Razón de Consistencia de la variable de pendiente .....	116
<b>Tabla 32.</b> Variable de cobertura vegetal, valorizada y normalizada de acuerdo a la clasificación de Saaty (1980) .....	117
<b>Tabla 33.</b> Cálculo Razón de Consistencia de la variable de pendiente .....	118
<b>Tabla 34.</b> Variable de Precipitación, valorizada y normalizada de acuerdo a la clasificación de Saaty (1980).....	119
<b>Tabla 35.</b> Cálculo Razón de Consistencia de la variable de Precipitación .....	120
<b>Tabla 36.</b> Resumen de las variables y sus respectivos pesos calculados. ....	120
<b>Tabla 37.</b> Clases de susceptibilidad a deslizamientos en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil .....	121

<b>Tabla 38.</b> Correlación entre el inventario de deslizamientos y las zonas susceptibilidad a deslizamientos en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil .....	125
<b>Tabla 39.</b> Eficiencia del proceso de valoración entre el inventario de deslizamientos y las zonas susceptibles a deslizamientos del área de estudio. ....	125
<b>Tabla 40.</b> Resumen de las variables y sus respectivos pesos calculados. Utilizando la metodología de la SNGRE y parámetros basados por el MIDUVI. ....	126
<b>Tabla 41.</b> Clases de susceptibilidad a deslizamientos en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil. Utilizando la metodología de la SNGRE.....	126
<b>Tabla 42.</b> Correlación entre el inventario de deslizamientos y las zonas susceptibilidad del mapa de comparación, usando la metodología de la SNGRE. ....	127
<b>Tabla 43.</b> Eficiencia del proceso de valoración entre el inventario de deslizamientos y las zonas susceptibles a deslizamientos, del mapa de comparación usando la metodología de la SNGRE.....	127
<b>Tabla 44.</b> Comparación de mapa de susceptibilidad con metodología de Saaty y metodología de la SNGRE.....	128
<b>Tabla 45.</b> Comparación de la correlación del inventario de deslizamientos y los mapas de susceptibilidad con metodología de Saaty y metodología de la SNGRE.....	128

## Índice de figuras:

<b>Figura 1.</b> Nomenclatura de talud y ladera .....	6
<b>Figura 2.</b> Clasificación general de los movimientos de ladera .....	8
<b>Figura 3</b> Nomenclatura de un deslizamiento.....	10
<b>Figura 4.</b> Dimensiones de los movimientos en masa de acuerdo a IAEG .....	10
<b>Figura 5.</b> Modelo ráster .....	17
<b>Figura 6.</b> Matriz de 3x3 celdas .....	24
<b>Figura 7.</b> Organigrama de la metodología a emplear .....	27
<b>Figura 8.</b> Ubicación de las zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil .....	29
<b>Figura 9.</b> Proyección del levantamiento de campo de la litología. ....	36
<b>Figura 10.</b> Puntos de validación en campo. ....	41
<b>Figura 11.</b> Fotointerpretación de ortofoto y digitalización de polígonos de cobertura vegetal en ArcGIS 10.5. ....	42
<b>Figura 12.</b> Fotointerpretación de ortofoto y digitalización de polígonos de cobertura vegetal en ArcGIS 10.5. ....	42
<b>Figura 13.</b> Fotointerpretación de ortofoto y digitalización de polígonos de cobertura vegetal en ArcGIS 10.5. ....	42
<b>Figura 14.</b> Visualización y fotointerpretación del área de estudio en Google Earth Pro para cobertura vegetal.....	43
<b>Figura 15.</b> Comparación de imágenes satelitales entre Google Earth Pro y ArcGIS 10.5. ....	43
<b>Figura 16.</b> Suma de rasters de factores condicionantes, utilizando la herramienta “Raster Calculator” .....	49
<b>Figura 17.</b> Suma de rasters de factores condicionantes y el factor desencadenante utilizando la herramienta “Raster Calculator”.....	50
<b>Figura 18.</b> Afloramiento perteneciente a la Unidad Alao-Paute por el barrio Palopamba .....	53
<b>Figura 19.</b> Afloramiento perteneciente a la Unidad Alao-Paute por el barrio Curuncay.....	54

<b>Figura 20.</b> Afloramiento perteneciente a la Unidad El Pan, por el barrio Dudaloma.....	55
<b>Figura 21.</b> Afloramiento perteneciente a la Unidad Altar Urco por el sector El Chorro Huapuca.....	57
<b>Figura 22.</b> Afloramiento perteneciente a la Unidad Altar Urco, barrio Pucallpa .....	58
<b>Figura 23.</b> Calicata N. 2. Parroquia San Sebastián de Sígsig, barrio: Zhotor Alto .....	58
<b>Figura 24.</b> Columna de la calicata N. 2 de la Unidad Altar Urco .....	59
<b>Figura 25.</b> Afloramiento perteneciente a la Unidad Altar Urco por el barrio Satunsaray .....	60
<b>Figura 26.</b> Calicata N. 2. Parroquia San Sebastián de Sígsig, barrio: Chobshi.....	61
<b>Figura 27.</b> Columna de la calicata N. 3 de la Unidad Altar Urco .....	61
<b>Figura 28.</b> Afloramiento perteneciente a la formación Depósito Coluvial por el barrio Toctehuayco .....	63
<b>Figura 29.</b> Afloramiento perteneciente a la formación Depósito Coluvial por el barrio Satunsaray .....	64
<b>Figura 30.</b> Calicata N. 1. Parroquia Cutchil, barrio: Satunsaray.....	65
<b>Figura 31.</b> Columna de la calicata N. 1 de la formación Depósito Coluvial. ....	65
<b>Figura 32.</b> Perfil litológico “A” de las zonas urbanas de las parroquias San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil. ....	66
<b>Figura 33.</b> Perfil litológico “B” de las zonas urbanas de las parroquias San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil. ....	67
<b>Figura 34.</b> Relieve colinado muy alto, sector Panzha .....	71
<b>Figura 35.</b> Relieve colinado muy alto, sector Tahual.....	71
<b>Figura 36.</b> Relieve colinado muy alto, sector Rumimachay .....	72
<b>Figura 37.</b> Relieve colinado alto, sector Alcacay.....	72
<b>Figura 38.</b> Relieve colinado alto, sector Curin Alto .....	72
<b>Figura 39.</b> Relieve colinado alto, sector Sitcay.....	73
<b>Figura 40.</b> Relieve colinado medio, sector Guel.....	73

<b>Figura 41.</b> Relieve colinado medio, sector Zhotor Alto.....	74
<b>Figura 42.</b> Relieve colinado medio, sector Pucallpa.....	74
<b>Figura 43.</b> Vertiente abrupta, sector Chobshi .....	74
<b>Figura 44.</b> Vertiente abrupta, sector Chobshi .....	75
<b>Figura 45.</b> Vertiente abrupta, sector Shabalula .....	75
<b>Figura 46.</b> Vertiente heterogénea, sector Shabalula.....	75
<b>Figura 47.</b> Vertiente heterogénea, sector Pitagma .....	76
<b>Figura 48.</b> Vertiente heterogénea, sector Toctehuayco.....	76
<b>Figura 49.</b> Coluvión antiguo, sector Cutchil.....	76
<b>Figura 50.</b> Coluvión antiguo, sector Quimandel.....	77
<b>Figura 51.</b> Coluvión antiguo, sector Guel.....	77
<b>Figura 52.</b> Coluvión antiguo, sector playas de Zhingate.....	77
<b>Figura 53.</b> Terraza media, sector Tricos .....	78
<b>Figura 54.</b> Terraza media, sector Curuncay .....	78
<b>Figura 55.</b> Terraza media, sector Mal Paso.....	78
<b>Figura 56.</b> Terraza media, sector Tasqui.....	78
<b>Figura 57.</b> Garganta, sector Pucallpa .....	79
<b>Figura 58.</b> Depósito de deslizamiento, sector Yanacocha .....	79
<b>Figura 59.</b> Depósito de deslizamiento, sector Pucalá.....	80
<b>Figura 60.</b> Cultivos permanentes, sector Rerón .....	82
<b>Figura 61.</b> Cultivos permanentes, sector Tasqui .....	82
<b>Figura 62.</b> Pastizal, sector Shabalula .....	83
<b>Figura 63.</b> Pastizal, sector Shotor alto.....	83
<b>Figura 64.</b> Vegetación herbácea , sector Yanacocha.....	83



<b>Figura 65.</b> Vegetación herbácea , sector Rascorral .....	84
<b>Figura 66.</b> Vegetación arbustiva, sector Chobshi .....	84
<b>Figura 67.</b> Vegetación arbustiva, sector Yanaocha .....	84
<b>Figura 68.</b> Cuerpo de agua, río Santa Bárbara. ....	85
<b>Figura 69.</b> Cuerpo de agua, sector Sitcay.....	85
<b>Figura 70.</b> Área poblada, parroquia de Cutchil.....	85
<b>Figura 71.</b> Área poblada, parroquia de San Sebastián de Sígsig.....	85
<b>Figura 72.</b> Infraestructura vial: Vía E594 Vía Colectora Gualaceo-Gualaquiza. ....	86
<b>Figura 73.</b> Infraestructura vial: Vía tercer orden, sector parroquia Guel. ....	86
<b>Figura 74.</b> Deslizamientos fotointerpretados y el inventario de deslizamientos.....	89
<b>Figura 75.</b> Deslizamiento 1. x: 744810,226; y: 9657952,441; z:2834,61 .....	91
<b>Figura 76.</b> Deslizamiento 2. x: 744503,60; y: 9657899,56; z: 2819,8.....	92
<b>Figura 77.</b> Deslizamiento 3. x: 743923,99; y: 9658376,54; z: 2739,35.....	93
<b>Figura 78.</b> Deslizamiento 4. x: 745919,954; y: 9659504,096; z: 2450,42.....	95
<b>Figura 79.</b> Deslizamiento 5. x: 744614,217; y: 9658801,687; z:2638,55.....	96
<b>Figura 80.</b> Deslizamiento 6. x: 744810,226; y: 9657952,441 .....	97
<b>Figura 81.</b> Deslizamiento 7. x: 746961,531; y: 9662951,975; z:2863,5.....	98
<b>Figura 82.</b> Deslizamiento 8. x: 747007,238; y: 9662471,682; z: 2768.....	100
<b>Figura 83.</b> Deslizamiento 9. x: 748410,174; y: 9665693,575; z: 2595,52.....	101
<b>Figura 84.</b> Deslizamiento 10. x: 747626,049; y: 9666685,926; z: 2661,3.....	102
<b>Figura 85.</b> Deslizamiento 11. x: 745552,837; y: 9663097,016; z: 2580,06.....	103
<b>Figura 86.</b> Deslizamiento 12. x: 745269,914; y: 9662790,650; z: 2503,77.....	105
<b>Figura 87.</b> Deslizamiento 13. x: 745034,970; y: 9661713,744; z: 2401,23.....	106
<b>Figura 88.</b> Deslizamiento 14. x: 744002,231; y: 9665759,501; z: 2381,8.....	107

**Figura 89.** Deslizamiento 15. x: 744117,470; y: 9665938,794; z: 232822..... 108

## Índice de anexos:

<b>Anexo 1.</b> Registro de descripción de afloramientos .....	141
<b>Anexo 2.</b> Mapa geomorfológico en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil .....	140
<b>Anexo 3.</b> Mapa litológico en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil .....	140
<b>Anexo 4.</b> Mapa de Pendientes en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil .....	140
<b>Anexo 5.</b> Mapa de Cobertura Vegetal en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil .....	140
<b>Anexo 6.</b> Mapa de Precipitaciones en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil .....	140
<b>Anexo 7.</b> Inventario de deslizamientos.....	149
<b>Anexo 8.</b> Mapa de Susceptibilidad en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil .....	140
<b>Anexo 9.</b> Mapa de correlación del inventario de deslizamiento y las zonas de susceptibilidad a deslizamientos .....	140
<b>Anexo 10.</b> Mapa de Susceptibilidad en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil, utilizando la metodología del Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias. ....	140
<b>Anexo 11.</b> Mapa de correlación dl inventario de deslizamiento y las zonas de susceptibilidad a deslizamientos, utilizando la metodología del Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias .....	140
<b>Anexo 12.</b> Certificación de traducción del resumen .....	164

## **1. Título**

**Zonificación de susceptibilidad a deslizamientos en zonas urbanas de las parroquias:**

**San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil, cantón Sígsig, provincia Azuay**

## 2. Resumen

En la presente investigación se realiza la zonificación de susceptibilidad a deslizamientos en las zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil, del cantón Sígsig de la provincia del Azuay, utilizando como base los Sistemas de Información Geográfica o SIG, donde se procesó las variables que generan los deslizamientos a partir del levantamiento de información en gabinete y campo, en el cual se priorizó a las variables de la siguiente manera: unidades geomorfológicas, litología, pendientes, cobertura vegetal y precipitaciones; así también, se elaboró el inventario de deslizamientos para correlacionar los resultados.

Para la obtención del mapa de zonificación de susceptibilidad a deslizamiento se aplicó la metodología del Proceso Analítico Jerárquico de Saaty (1980) que es un método semicuantitativo multicriterio que permite analizar las variables que generan los deslizamientos en base a la incidencia que se presenten en el terreno. A partir de ello se procesó todas las variables en el software ArcGIS 10.5 obteniendo el mapa de susceptibilidad a deslizamientos, el cual fue correlacionado con el inventario de deslizamientos categorizando a la susceptibilidad en cinco clases: muy baja, baja, moderada, alta y muy alta.

**Palabras claves:** susceptibilidad, deslizamientos, SIG, Saaty, Sígsig, variables intrínsecas, variables extrínsecas.

## **2.1. Abstract**

This research is carried out the zoning of landslide susceptibility in urban areas of the parishes: San Sebastian of Sigsig, Guel and Cutchil of Sigsig canton of the province of Azuay by using the Geographic Information System or GIS where the variables that generate landslides were processed from the survey of information in office and field, in which the variables were prioritized as follows: geomorphological units, lithology, slopes, vegetation coverage and precipitation; likewise, the landslide inventory was elaborated to correlate the results.

In order to obtain the landslide susceptibility zoning map, the methodology of Saaty's Hierarchical Analytical Process (1980) was applied, which is a semi-cranial multicriteria method that allows analyzing the variables that generate landslides based on their incidence in the terrain. All the variables were then processed in ArcGIS 10.5 software to obtain the landslide susceptibility map, which was correlated with the landslide inventory, categorizing susceptibility into five classes: extremely low, low, moderate, high and extremely high.

**Key words:** susceptibility, landslides, GIS, Saaty, Sigsig, intrinsic variables, extrinsic variables.

### 3. Introducción

La zonificación de susceptibilidad a deslizamiento que se presenta en las zonas urbanas de las parroquias San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil, donde se tiene un aproximado de 4682 habitantes; se basa en la facilidad con que un deslizamiento pueda ocurrir en ciertas condiciones locales del terreno, considerando a los factores condicionantes y detonantes que los generan, para con el fin de obtener la susceptibilidad generada en la zona se analizan todos las variables más importantes que lo generan. Para ello se utilizará la metodología multicriterio del Proceso Analítico Jerárquico (AHP); y se comparará con la metodología usada por el Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias del Ecuador

En base a los estudios del INEC (2010) en el año 1998 ocurrió un deslizamiento desastroso en la parroquia de San Sebastián de Sígsig, que destruyó 22 viviendas, colocando en riesgo a varias familias del sector, manifestándose que en la actualidad la problemática de deslizamientos se presenta y dificulta la actividad agrícola y movilización. Por otro lado, en el año 2021 en la parroquia de Cutchil, se presentó un gran deslizamiento que desencadenó el fracturamiento en casas, afectación a la red vial, el colapso total de una casa y la muerte de una persona. En la parroquia Guel en el año 2021 se produjo deslizamientos que afectaron aproximadamente a 10 familias, que se desabastecieron de agua debido a que llegó a romperse los tanques de agua. De esta manera los deslizamientos han generado repercusiones a las tres parroquias del cantón Sígsig.

Ante ello el presente proyecto de tesis se enmarca con el objetivo de zonificar la susceptibilidad a deslizamientos en las zonas urbanas de las parroquias San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil, perteneciente al cantón Sígsig, provincia Azuay, estudio que posee un área total de 31,70 km<sup>2</sup>. Donde se realiza la caracterización de las variables que intervienen en la susceptibilidad a deslizamientos en la zona de estudio: unidades geomorfológicas, litología, pendientes, cobertura vegetal y precipitaciones; las cuales fueron georreferenciadas y procesadas en el software ArcGIS 10.5 y así obtener la zonificación de las zonas con mayor susceptibilidad a deslizamientos.

La información que se obtuvo de la presente investigación tiene como finalidad facilitar la toma de decisiones a las autoridades competentes de los GAD parroquiales de San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil; al GAD cantonal de Sígsig e incorporar la información en el Plan de Ordenamiento Territorial con el fin de tener la iniciativa de una mejor toma de decisiones para una planificación para proyectos o planes que se elaboren dentro del sector y así tomar

las medidas preventivas para la estabilización y control de deslizamientos, reduciendo así los daños que se podrían generar en la infraestructura y en la población garantizando un planificación eficaz y eficiente.

### **Objetivo general**

- Zonificar la susceptibilidad a deslizamientos en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil, cantón Sígsig, provincia Azuay

### **Objetivos específicos**

- Caracterizar las variables que intervienen en la susceptibilidad a deslizamientos en la zona de estudio.
- Elaborar el inventario de deslizamientos en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil, cantón Sígsig, provincia Azuay.
- Realizar el mapa de susceptibilidad a deslizamientos en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil, cantón Sígsig, provincia Azuay a escala 1:10.000.



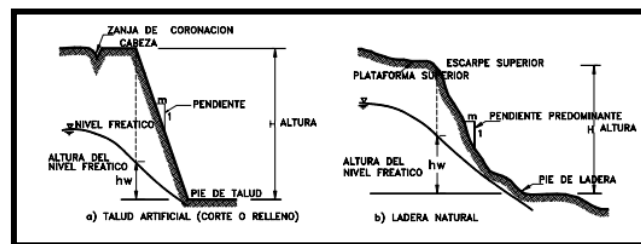
## 4. Marco Teórico

### 4.1. Nomenclatura de Talud o Ladera

Según Díaz (1998) define a un talud o ladera como “La masa de tierra que no es plana, sino que posee pendiente o cambios de altura significativos. En la literatura técnica se define como ladera cuando su conformación actual tuvo origen un proceso natural y talud cuando se conformó artificialmente” (p.1)

Las laderas que han permanecido estables por muchos años pueden fallar en forma imprevista debido a cambios topográficos, sismicidad, flujos de agua subterránea, cambios en la resistencia del suelo, meteorización o factores de tipo antrópico o natural que modifiquen su estado natural de estabilidad. Los taludes se pueden agrupar en tres categorías generales: Los terraplenes, los cortes de laderas naturales y los muros de contención. Además, se pueden presentar combinaciones de los diversos tipos de taludes y laderas. (Díaz, 1998, p. 2)

**Figura 1.** Nomenclatura de talud y ladera



Nota: Tomado de Díaz (1998)

### 4.2. Movimientos en masa

Según Varnes (1978) define a los movimientos de masa como “Procesos esencialmente gravitatorios, en donde una parte de la masa del terreno se desplaza a una cota inferior de la original sin que intervenga un medio de transporte, siendo solamente necesario que las fuerzas estabilizadoras sean superadas por las desestabilizadoras”. (p. 2)

#### 4.2.1. Clasificación de Movimientos de Masa.

Según Vallejo (2001) las clasificaciones de los movimientos de ladera se refieren a los tipos de materiales involucrados, distinguiendo generalmente entre materiales rocosos, derrubios y suelos, al mecanismo y tipo de la rotura, considerando también otros aspectos, como el contenido en agua del terreno, la velocidad y la magnitud del movimiento. Algunas de las clasificaciones más extendidas, con diversos criterios y fines, son de gran importancia

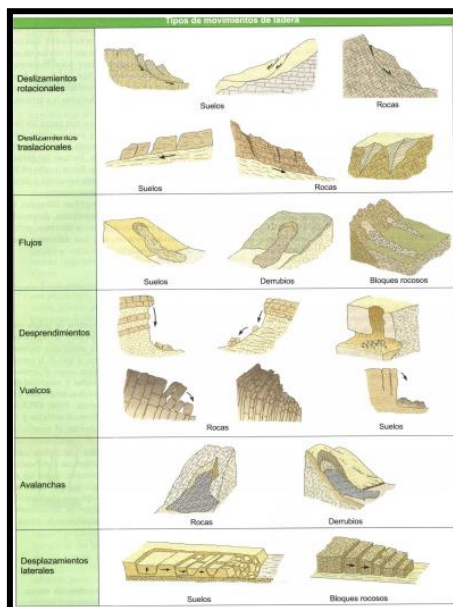
para abarcar el estudio de los movimientos de laderas y el conocimiento del comportamiento de los materiales que sufren estos procesos. En la Figura 2 se visualiza una clasificación simplificada de los diferentes tipos de movimientos de ladera, en función de los mecanismos de rotura y del tipo de material. (p. 623).

Para Vallejo (2001), los movimientos en masas se clasifican en:

- Deslizamientos: “Los deslizamientos son movimientos de masas de suelo o roca que se deslizan, moviéndose relativamente respecto al sustrato, puede ser de tipo: traslacional o rotacional”.
- Flujos: Los flujos o coladas son movimientos de masas de suelo (flujos de barro o tierra), derrubios (coladas de derrubios o derbis flow) o bloques rocosos (coladas de fragmentos rocosos) con abundante presencia de agua, donde el material está disgregado y se comporta como un «fluido», sufriendo una deformación continua, sin presentar superficies de rotura definidas.
- Desprendimientos son caídas libres muy rápidas de bloques o masas rocosas independizadas por planos de discontinuidad preexistentes (tectónicos, superficies de estratificación, grietas de tracción, etc.).
- Vuelcos: Los vuelcos de estratos o de fragmentos de masas rocosas se pueden incluir dentro de los desprendimientos. Se producen cuando los estratos buzan en sentido contrario a la ladera, por estar fracturados en bloques o por rotura de la zona de pie de la ladera. Suelen darse principalmente en frentes rocosos con estratos verticalizados.
- Avalanchas: Estos procesos, considerados como desprendimientos o movimientos complejos en algunas clasificaciones, son muy rápidos, con caída de masas de rocas o derrubios que se desprenden de laderas escarpadas y pueden ir acompañadas de hielo y nieve. Las avalanchas son generalmente el resultado de deslizamientos o desprendimientos de gran magnitud que, por lo elevado de la pendiente y la falta de estructura y cohesión de los materiales, descienden a gran velocidad ladera abajo en zonas abruptas, pudiendo superar los 100 km/hora, incluso si las masas están completamente secas, por la disminución de la fricción a que da lugar la presencia de aire entre los materiales y fragmentos rocosos.
- Desplazamientos laterales: “Este tipo de movimiento (denominado en algunas clasificaciones como «extensión lateral» o lateral spreading) hace referencia al

movimiento de bloques rocosos o masas de suelo muy coherente y cementado sobre un material blando y deformable”. (p. 229)

**Figura 2.** Clasificación general de los movimientos de ladera



Nota: Tomado de Díaz (1998)

#### 4.2.2. Deslizamientos

Los deslizamientos son movimientos de masas de suelo o roca que se deslizan, moviéndose relativamente respecto al sustrato, sobre una o varias superficies de rotura netas al superarse la resistencia al corte de estas superficies; la masa generalmente se desplaza en conjunto, comportándose como una unidad en su recorrido; la velocidad puede ser muy variable, pero suelen ser procesos rápidos y alcanzar grandes volúmenes (hasta varios millones de metros cúbicos). En ocasiones, cuando el material deslizado no alcanza el equilibrio al pie de la ladera (por su pérdida de resistencia, contenido en agua o por la pendiente existente), la masa puede seguir en movimiento a lo largo de cientos de metros y alcanzar velocidades muy elevadas, dando lugar a un flujo; los deslizamientos también pueden ocasionar avalanchas rocosas. Pueden producirse deslizamientos en derrubios (por ejemplo, en los coluviones de las laderas, a favor del contacto con el sustrato, o en laderas rocosas muy alteradas y fracturadas, a favor del contacto con la roca sana), que generalmente dan lugar a flujos de derrubios, ya que suelen ocurrir en condiciones de saturación del material. Los deslizamientos se subclasifican en: rotacionales y traslacionales. (Vallejo, 2001, p. 625)

#### **4.2.2.1.Deslizamientos rotacionales.**

Son más frecuentes en suelos cohesivos «homogéneos». La rotura, superficial o profunda, tiene lugar a favor de superficies curvas o en «forma de cuchara». Una vez iniciada la inestabilidad, la masa empieza a rotar, pudiendo dividirse en varios bloques que deslizan entre sí y dan lugar a «escalones» con la superficie basculada hacia la ladera y a grietas de tracción estriadas. Sus dimensiones más frecuentes varían entre varias decenas y centenares de metros, tanto en longitud como en anchura, y pueden ser superficiales o profundos (el límite puede establecerse en tomo a los 10 m. (Vallejo, 2001, p. 625)

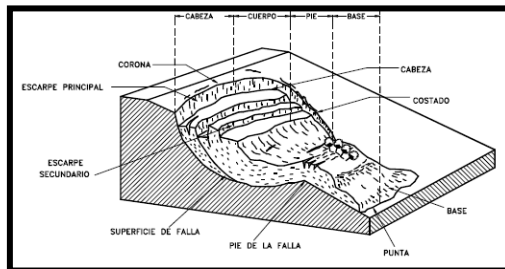
#### **4.2.2.2.Deslizamientos traslacionales.**

La rotura tiene lugar a favor de superficies planas de debilidad preexistentes (superficie de estratificación, contacto entre diferentes tipos de materiales, superficie estructural, etc.); en ocasiones, el plano de rotura es una fina capa de material arcilloso entre estratos de mayor competencia. No suelen ser muy profundos, aunque sí muy extensos y alcanzar grandes distancias. Pueden darse en suelos y en rocas, y las masas que deslizan en ocasiones son bloques rectangulares previamente independizados por discontinuidades o por grietas de tracción (deslizamientos de bloques). Son frecuentes en este tipo de inestabilidades los movimientos a impulsos o en fases diferentes en el tiempo según las condiciones de resistencia de los planos de deslizamiento, que no tienen por qué presentar una pendiente elevada. Generalmente, los deslizamientos traslacionales son más rápidos que los rotacionales, dadas las características cinemáticas del mecanismo de rotura. (Vallejo, 2001, p. 625)

#### **4.3.Nomenclatura de un deslizamiento**

Los procesos geotécnicos activos de los taludes y laderas corresponden a movimientos hacia abajo y hacia afuera de los materiales que forman un talud de roca, suelo natural o relleno, o una combinación de ellos. Los movimientos ocurren generalmente, a lo largo de superficies de falla, por caída libre, movimientos de masa, erosión o flujos. Algunos segmentos del talud o ladera pueden moverse hacia arriba, mientras otros se mueven hacia abajo. (Suárez, 1998, p. 3)

**Figura 3** Nomenclatura de un deslizamiento.

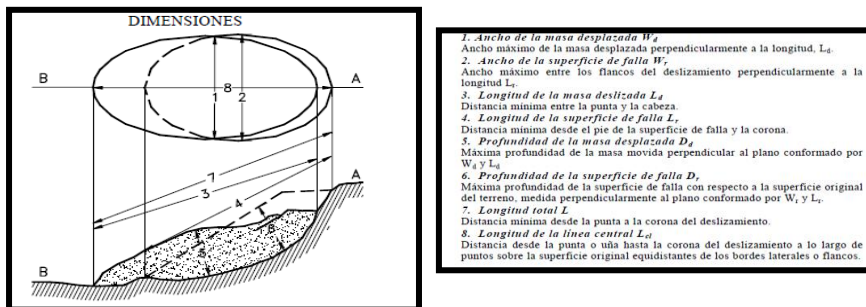


Nota: Tomado de Suárez (1998)

#### 4.4. Dimensiones de un movimiento

Según la Asociación Internacional de Ingeniería Geológica (IAEG, 1990, como se citó en Suárez, 1998), para definir las dimensiones de un movimiento se utiliza la terminología siguiente:

**Figura 4.** Dimensiones de los movimientos en masa de acuerdo a IAEG



Nota: Dimensiones de los movimientos en masa de acuerdo a IAEG Commission on Landslides (1990). Citado en Suárez (2009)

#### 4.5. Información de Zonificación de Susceptibilidad de deslizamientos.

##### 4.5.1. Concepto de Zonificación

Según Varnes (1984) define a la zonificación como “La división de la superficie del terreno en áreas y la clasificación de acuerdo con el grado actual o potencial de amenaza por deslizamientos u otros movimientos en masa en las laderas”. (p.20)

La zonificación puede efectuarse en diferentes escalas de acuerdo con la Asociación Internacional de Ingeniería Geológica (1976) y Van Westen (2005) que recomiendan las siguientes escalas:

- Escala nacional (más de 1: 1.000.000). A esta escala se pueden tomar decisiones de política general, pero no permite definir metodologías de prevención o manejo.
- Escala regional (1:100.000 a 1:500.000).

- Escala media (1:15.000 a 1:50.000). Esta escala da información de la amenaza o riesgo y permite realizar evaluaciones de costos. Áreas hasta de 200 Km<sup>2</sup> utilizando métodos estadísticos.
- Escala grande (1:5.000 a 1:15.000). Esta escala permite la toma de decisiones sobre prevención y manejo. Generalmente, la escala 1:5.000 es la mejor para establecer planes de manejo de los riesgos.
- Escala detallada (1:5.000 a 1:2.000). Para la planificación minuciosa utilizando métodos numéricos o determinísticos. (Citado en Suarez, 2009, pp 532-533)

#### ***4.5.2. Susceptibilidad a deslizamientos***

“La susceptibilidad generalmente expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno y cuya metodología usada para el estudio es un proceso de análisis de los factores que los condicionan” (Díaz, 1998, p. 533). Para ello es necesario elegir factores variables e invariables determinados. (litología, tipo de suelo, pendiente del terreno, precipitaciones y vegetación).

Estos factores deben representarse en un conjunto de mapas temáticos. Siendo necesario también disponer de la ubicación, de todos los deslizamientos existentes en la zona de estudio. Por lo que se debe zonificar las unidades de terreno que demuestren una actividad de deslizamientos similar o de igual potencial de inestabilidad, la cual es obtenida de un análisis multivariable de los factores que pueden producir deslizamientos y el mapa de inventario de deslizamientos. Una vez zonificadas las áreas susceptibles a deslizamientos es necesario considerar también el análisis de las variables, los cuales permitirán definir finalmente las zonas de susceptibilidad. Además, que actualmente con ayuda de los Sistemas de Información Geográfica se puede realizar el análisis de la susceptibilidad de manera sistemática, rápida y eficiente. Para ello implica considerar la posibilidad de tratar con grandes bases de datos y realizar cálculos para la estimación de la susceptibilidad que eran inviables en grandes áreas. En este sentido, la posibilidad de regionalizar los análisis de susceptibilidad se ha visto enormemente facilitada con el uso del SIG. (Díaz, 1998, p. 533).

#### ***4.5.3. Métodos para la susceptibilidad de deslizamientos***

Para la evaluación del grado de susceptibilidad del terreno frente a los deslizamientos existen varias aproximaciones basadas la mayor parte de ellas en la determinación de los

factores que influyen en la aparición de las roturas. Estos factores se combinan para definir los distintos grados de susceptibilidad, expresándose los resultados de forma cartográfica mediante los mapas de susceptibilidad. (VanWesten, 1993, p. 45),

La selección del método de zonificación más adecuada depende de varios factores como: disponibilidad, calidad y exactitud de los datos, la resolución de zonificación, los resultados requeridos, la escala de la zonificación, etc. Se hace un resumen de los métodos relativos sugeridos, los datos de entrada y los procedimientos que, según VanWesten (1993), han sido clasificados como inventarios de deslizamientos heurísticos, estadísticos y deterministas y estocásticos. (p.45).

Para el INGEMINAS (2013), las etapas generales de la evaluación de la susceptibilidad a deslizamientos son:

1. Términos de referencia: Definición del alcance y propósito del estudio.
2. Estudio preliminar: Información temática y sensores remotos
3. Cartografía temática: mapas temáticos preliminares
4. Investigaciones en el terreno: trabajo de campo, investigación del subsuelo
5. Análisis: Análisis de variables temáticas
6. Reporte de resultados: reporte y mapa de susceptibilidad de deslizamientos.

(p.16)

La clasificación de los métodos empleados para evaluar la susceptibilidad a la rotura de una ladera, así como para la realización de mapas, varían según los autores (Hansen, 1984; Harten y Vivera, 1988; Corominas, 1987 y 1992; Van Westen, 1993 y 1994; Carrara et al., 1995; y Leroi, 1996). Existen cuatro principales procedimientos utilizados en la evaluación y confección de mapas de susceptibilidad del terreno por en laderas: métodos determinísticos, heurísticos, probabilísticos y métodos geomorfológicos. (INGEMINAS,2013, p.16)

#### **4.5.3.1.Métodos determinísticos.**

Según Van Westen (1993) los métodos determinísticos “Se utilizan para el estudio de la estabilidad de una ladera o talud. Se fundamentan en métodos basados en el equilibrio límite o en modelos numéricos teniendo, una base física, es de una gran ventaja respecto a otros métodos”. Los datos de entrada son derivados de ensayos de laboratorio y se utilizan para

determinar el factor de seguridad de la ladera. Estos métodos muestran un grado de fiabilidad alto en el caso en que los datos utilizados sean correctos. Su principal inconveniente es su baja idoneidad para zonificaciones rápidas y áreas extensas regionalización. (Van Westen, 1993, p. 45).

Los métodos determinísticos utilizan análisis mecánicos y modelos de estabilidad con base física para determinar el factor de seguridad de una ladera concreta. Son métodos muy fiables y precisos cuando se dispone de datos válidos sobre los parámetros resistentes de la ladera. Permiten el análisis no sólo de la susceptibilidad a la rotura, sino también del alcance (como los modelos de caídas de bloques) y de la frecuencia del fenómeno. Existe una amplia variedad de métodos determinísticos disponibles para realizar análisis de estabilidad, desde análisis de talud infinito en su caso más simple hasta modelos complejos tridimensionales. (Van Westen, 1993, p. 46).

#### **4.5.3.2. Modelos Heurísticos.**

“Los métodos heurísticos se basan en el conocimiento a priori de los factores que producen inestabilidad en el área objeto de investigación. Los factores son ordenados y ponderados según su importancia asumida o esperada en la formación de deslizamientos” (Carrara et al., 1995. Como se citó en INGEMINAS, 2013, pp.19-20).

Los métodos heurísticos se basan en categorizar y ponderar los factores causantes de inestabilidad según la influencia esperada de éstos en la generación de deslizamientos. Son métodos conocidos como indirectos, los resultados de los cuales se pueden extrapolar a zonas sin deslizamientos con una combinación de factores similar. Un procedimiento de este tipo es el análisis cualitativo basado en combinación de mapas de factores. Cada uno de estos factores forma un mapa que se combinará con los demás para la obtención del mapa final de zonificación de inestabilidad. El inconveniente de este método bastante popularizado recae en la ponderación exacta de los distintos factores, dado que a menudo, se basa en un conocimiento insuficiente en el campo de los factores importantes para definir la estabilidad. Estos métodos permiten la regionalización o estudio a escala regional y son adecuados para aplicaciones en el campo de los sistemas expertos. (Stevenson, 1977. Como se citó en INGEMINAS, 2013, pp.19-20)



#### **4.5.3.3. Métodos estadísticos univariantes.**

Se dividen en dos grupos: los que utilizan el análisis condicional y los que no lo utilizan. El análisis condicional trata de evaluar la relación probabilística entre diversos factores relevantes para las condiciones de inestabilidad y las ocurrencias de deslizamientos. Se basan en la superposición de uno o más factores con mapa de distribución de deslizamientos, para obtener una probabilidad condicionada de cada factor a la presencia o ausencia de deslizamientos. Como resultado de la combinación de todos los factores se obtiene un mapa de polígonos de características homogéneas conocidas como unidades de condición única. (Unido et al, 2001, p. 28)

Para integrar y combinar toda la información se utiliza la técnica de las funciones de favorabilidad (Chung y Fabbri, 1993; Chung y Leclerc, 1994). Con ellas se realiza una transformación de cada clase continua o discreta para cada factor estudiado asignándole un valor entre 0 y 1. Posteriormente, estos factores transformados se combinan entre ellos mediante reglas de integración y sus resultados se interpretan en términos de probabilidad según el teorema de Bayes (Morgan, 1968; Chung y Leclerc, 1994), certeza o *certainty factor* (Heckerman, 1986; Luzi y Fabbri, 1995), según conjuntos difusos – *fuzzy sets*- (Zadeh, 1965, 1978; MahdaviFar, 2000) o según plausibilidad – *Dempster-Shafer function*. (Unido et al, 2001, p. 28)

#### **4.5.3.4. Métodos estadísticos multivariantes.**

Estudian la interacción y dependencia de un conjunto de factores que actúan simultáneamente en la ocurrencia de deslizamientos, para establecer el alcance que tienen cada uno de ellos. Se trata de una aproximación más objetiva que otras técnicas situándose hoy como uno de los procedimientos con resultados exitosos, en la predicción espacial de los deslizamientos. Las técnicas estadísticas más utilizadas son la regresión múltiple y el análisis discriminante. El resultado de los dos métodos son funciones fundadas en la combinación lineal de los factores de mayor significación estadística con el fin de definir las condiciones de inestabilidad, estando basadas en la presencia / ausencia de deslizamientos. El análisis discriminante permite separar varias poblaciones de una misma muestra caracterizadas por las mismas variables a partir de la función discriminante. Ésta es una combinación lineal de las variables independientes que refleja el distinto comportamiento de los individuos dentro de la muestra. La regresión múltiple, por su parte, considera una única población y varios grupos de variables, siendo útil cuando se buscan relaciones explicativas entre diversas variables. El

método determina la influencia de un grupo de variables independientes sobre una o más variables dependientes. (Unido et al, 2001, p. 28)

#### **4.5.3.5. Métodos geomorfológicos.**

Los métodos geomorfológicos se basan en la determinación de condiciones de inestabilidad de ladera mediante técnicas geomorfológicas, cartografía y zonificación. La principal ventaja es la validez y detalle del análisis y mapa resultantes, en el caso de estar realizados por un buen experto. El inconveniente de estos métodos es el alto grado de subjetividad dependiente de la experiencia del autor. (Unido et al, 2001, pp. 29-30)

Estos métodos, así como los heurísticos y los probabilísticos se basan en una información de partida que es el mapa inventario de deslizamientos de un área. Este mapa se elabora a partir de fotointerpretación, trabajo de campo y recogida de información de eventos históricos. Para este tipo de cartografía, que como ya se ha comentado es básica para la mayor parte de las técnicas restantes, resulta de vital importancia la experiencia del experto. La experiencia que se tiene de centenares de estudios realizados en distintas partes del mundo demuestra que un investigador puede detectar y cartografiar la mayoría de deslizamientos ocurridos en un área aplicando técnicas de interpretación de foto aérea y chequeos sistemáticos de campo. A pesar de ello existen cuerpos de deslizamientos latentes, deslizamientos históricos o modelados por procesos erosivos posteriores o bien áreas deslizadas modificadas por actividades ganaderas, o cubiertas por una densa vegetación que no pueden ser identificados fácilmente ni clasificados de forma correcta. Ello introduce un factor de incertidumbre no evaluado y que no se podrá incorporar en las fases posteriores del análisis. Este factor depende de la experiencia del investigador, de la calidad y escala de las fotos aéreas, así como de los mapas de base utilizados. (Carrara et al., 1995, citado Unido et al, 2001, p. 30).

#### **4.6. Mapa de Susceptibilidad a los deslizamientos**

El mapa de susceptibilidad es un mapa en el cual se zonifican las unidades de terreno que muestran una actividad de deslizamientos similar o de igual potencial de inestabilidad, que se obtiene de un análisis multivariable entre los factores del terreno que afectan la susceptibilidad a los deslizamientos y el mapa de inventario de deslizamientos. (Suárez, 2009, p. 535)

El mapa de susceptibilidad muestra donde hay o no, condiciones para que puedan ocurrir deslizamientos. La probabilidad de ocurrencia de un factor desencadenante como una lluvia o un sismo no se considera en un análisis de susceptibilidad. En la siguiente tabla se indican los criterios para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos. (Suárez, 2009, p. 535)

**Tabla 1.** Criterios para determinar el grado de susceptibilidad a los deslizamientos

Susceptibilidad	Criterio
<b>Muy alta</b>	Laderas con zonas de falla, masas de suelo altamente meteorizadas y saturadas y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe una alta posibilidad de que ocurran.
<b>Alta</b>	Laderas que tienen zonas de falla, meteorización alta a moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran.
<b>Moderada</b>	Laderas con algunas zonas de falla, erosión intensa o materiales parcialmente saturados, donde no han ocurrido deslizamientos, pero no existe completa seguridad de que no ocurran.
<b>Baja</b>	Laderas que tienen algunas fisuras, materiales parcialmente erosionados, no saturados, con discontinuidades favorables, donde no existen indicios que permitan predecir deslizamientos.
<b>Muy baja</b>	Laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables que no presentan ningún síntoma de que puedan ocurrir deslizamientos.

*Nota:* Citado por Suárez (2009)

Según Suárez (2009) la susceptibilidad se puede evaluar de dos formas diferentes:

- **Sistema de la experiencia.** Se utiliza la observación directa de la mayor cantidad de deslizamientos ocurridos en el área estudiada y se evalúa la relación entre los deslizamientos y la geomorfología del terreno.
- **Sistema teórico.** Se mapea el mayor número de factores que se considera que pueden afectar la ocurrencia de deslizamientos y luego, se analiza la posible contribución de cada uno de estos factores. (pp. 535-536)

#### **4.7.Herramientas básicas para la zonificación.**

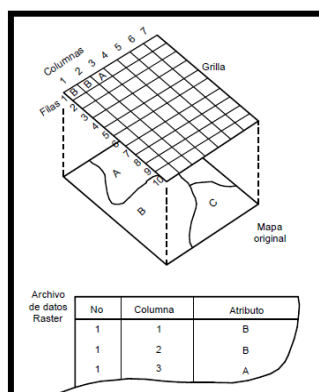
Según Suarez (2009) la zonificación de la susceptibilidad requiere del manejo de una serie de herramientas como son la lógica difusa, los modelos digitales de elevación y los Sistemas de Información Geográfica SIGs. (p. 529)

#### 4.7.1. Los modelos digitales de elevación (MED).

Los modelos digitales de elevación (MED) son capas “ráster” en los Sistemas de Información Geográfica (SIGs), donde la elevación es representada como píxeles que cubren un área rectangular específica en una determinada escala. Los modelos digitales de elevación se utilizan para elaborar mapas del relieve del terreno en tres dimensiones. (Suárez, 2009, p. 530)

La precisión de los resultados de un análisis de amenazas depende de la precisión del MED. Es común utilizar resoluciones de píxeles cuadrados de 30x30 metros (Rose, 2005). Los SIGs tienen funciones que permiten elaborar mosaicos y secciones del relieve. (Suárez, 2009, p. 530)

**Figura 5. Modelo ráster**



Nota: Citado de Suárez (2009)

#### 4.7.2. Los Sistemas de Información Geográfica SIGs.

Según Suárez, 2009, la utilización de SIGs para el análisis de susceptibilidad a los deslizamientos, ha sido reportada en varias ocasiones por el U.S. Geological Survey (Brabb 1978, 1984, 1995). Estos estudios tuvieron en cuenta otros factores como geología, pendientes y deslizamientos activos. Posteriormente, se realizaron trabajos basados en el análisis estadístico multivariado, especialmente por Carrara, en Italia. Recientemente, se ha popularizado la utilización de SIGs para modelos determinísticos, con el uso de factores de seguridad. Un sistema de información geográfica se define como un poderoso grupo de herramientas para recolectar, almacenar, recuperar, transformar y presentar datos en forma espacial. (Burrough, 1986, citado en Suárez, 2009, p. 531)

Generalmente un sistema de información geográfica incluye los siguientes componentes:

- Entrada de datos y verificación.
- Almacenamiento y manipulación de datos.
- Transformación y análisis de datos.
- Salida y presentación de información.

Según Suárez (2009) el análisis de amenaza a los deslizamientos, requiere de la modelación de interacciones complejas entre un número grande de factores parcialmente interrelacionados y de la evaluación de las relaciones entre varias condiciones del terreno y la ocurrencia de deslizamientos. En la actualidad hay muchos sistemas diferentes, los cuales difieren entre sí con respecto a:

- Tipo de estructura de datos.
- Técnicas de compresión de información.
- Dimensión (dos o tres dimensiones).
- Hardware requerido.
- Interface de usuario.

(p. 531)

#### **4.8.Topografía.**

“La Topografía es la ciencia que trata de los principios y métodos utilizados para determinar las posiciones relativas de puntos de la superficie terrestre” (Guzman, 2012, p. 8)

Es la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de los puntos sobre la superficie de la tierra, por medio de medidas según los 3 elementos del espacio. Estos elementos pueden ser: dos distancias y una elevación, o una distancia, una dirección y una elevación. (Montes de Oca1, 1989, citado en Guzmán. 2012, p. 8)

También la Topografía está directamente relacionada con el estudio de la Tierra, si la tomamos como un cuerpo en el espacio, entonces su estudio corresponde a la Astronomía, y si se la toma como globo terráqueo, entonces su estudio corresponde a la Geodesia. (Guzmán. 2012, p. 8)

#### **4.8.1. Levantamiento topográfico**

Los levantamientos topográficos se elaboran con el fin de determinar la configuración del terreno y la posición sobre la superficie de la tierra, de elementos naturales o instalaciones construidas por el hombre. En un levantamiento topográfico se consideran los datos necesarios para la representación gráfica o elaboración del mapa del área en estudio. (Casanova, 2002, p. 201).

Según Casanova (2002) los métodos para la realización un levantamiento topográfico puede ser:

- **Métodos Taquimétricos:** Por definición la taquimetría es el “Procedimiento topográfico que determina en forma simultánea las coordenadas Norte, Este y Cota de puntos sobre la superficie del terreno. Este procedimiento se utiliza para el levantamiento de detalles y puntos de relleno donde no se requiere de grandes precisiones”.
- **Representaciones grafica del relieve del terreno:** El método más empleado para la representación gráfica de las formas del relieve de la superficie del terreno es la implementación de las curvas de nivel, debido a que permite determinar, en forma sencilla y rápida, la cota o elevación del cualquier punto del terreno, trazar perfiles, calcular pendientes, resaltar las formas y accidentes del terreno, etc. Una curva de nivel es la traza que la superficie del terreno marca sobre un plano horizontal que la intersecta, por lo que podríamos definirla como la línea continua que une puntos de igual cota o elevación.
- **Levantamiento y Representación de Superficies:** El método de campo a utilizar para el levantamiento y representación de superficies depende de múltiples factores entre los cuales podemos mencionar: área de estudio, escala del mapa, tipo de terreno equidistancia de las curvas de nivel, características y tipo de proyecto a desarrollar, equipo disponible.

#### **4.9.Litología**

Según Martín et al., (2008), la Geología es la ciencia del planeta Tierra que estudia sus materiales, estructura, procesos que actúan en su interior y sobre la superficie, minerales y rocas, fósiles, terremotos y volcanes, montañas y océanos, suelos, paisaje, erosión y depósito.

La Geología también se ocupa del origen del planeta y de los cambios que ha ido sufriendo a lo largo de toda su historia. En sus rocas está encerrada la historia de la vida. (p.9)

#### **4.9.1. Mapeo litológico.**

Según Ayala (2018), define al mapeo geológico como la forma en que los geólogos plasman las características físicas de la naturaleza sobre un formato entendible utilizando el papel o cualquier medio digital. El mapeo geológico es la representación cartográfica de todos los elementos geológicos observables en un sitio. Tal como sucede con los diferentes tipos de suelo, roca y estratos rocosos (litología/estratigrafía), evidencias de deformación (geología estructural/tectónica), etc. (p.1)

El mapeo geológico es el proceso de seleccionar un área de interés y de identificar todos los aspectos geológicos presentes con el propósito de preparar un reporte y mapa geológicos detallados cuya calidad dependerá de la exactitud y precisión del trabajo de campo. Así, será posible apreciar los diferentes tipos de rocas de una región, estructuras, formaciones geológicas, manifestaciones geotermales, edades, distribución de yacimientos económicos y fósiles. También el mapeo geológico es una herramienta investigativa que es útil para conocer sobre peligros geológicos, recursos minerales y acuíferos subterráneos. (Muthoni, 2010, citado en Ayala, 2018).

Para realizar el trabajo de mapeo geológico se considera que el geólogo tenga la suficiente experiencia en la orientación, observación, identificación, medición y ploteo de los rasgos geológicos sobre una base topográfica. Siendo tales rasgos litológicos y estructurales, cuyas mediciones corresponden a los rumbos/buzamientos de estratos, flancos/ejes de pliegues, planos de falla, foliaciones y otros que en conjunto conforman una representación relativamente compleja de la realidad. Esta metodología se basa en la observación, identificación, medición, ploteo, procesamiento, análisis e interpretación de datos provenientes del mapeo geológico. (Muthoni, 2010, citado en Ayala, 2018).

##### **4.9.1.1.Observación.**

Corresponde a la visualización del afloramiento rocoso en cuestión. Implica la localización geográfica del afloramiento, detección preliminar de litologías y representación mental de las orientaciones de posibles estructuras. Se observan las primeras relaciones de contacto (P. Ej. Contactos netos, transicionales, discordantes, etc.) con la meta de obtener un esquema general del afloramiento. En el caso del mapeo geológico orientado a la geología

estructural o aplicado a la exploración es muy importante tener bien definida la asociación de estructuras. Considerando prioritariamente las vergencias de fallas y de los mismos planos axiales de pliegues que suelen seguir la regla de las “V”. O en el caso del tipo de mapeo que se realiza con énfasis en alteraciones hidrotermales, donde se trata de detectar qué alteraciones están presentes según anomalías de color de pendientes rocosas y/o coloraciones atípicas en corrientes de agua. En ambas situaciones, así como en otras similares, suelen realizarse dibujos orientados o “sketchs” geológicos sobre una libreta de campo los cuales tratan de representar a “primera vista” la geología del sitio. Tales representaciones puedan variar de un geólogo a otro, por lo que es común que se produzcan discusiones que traten de dilucidar qué se está observando. Igualmente, dependiendo de la experiencia de cada geólogo, este proceso puede ser relativamente rápido por lo que una forma de acostumbrar al “ojo geológico” es por medio de la constante práctica de campo. (Ayala, 2018)

#### **4.9.1.2. Ploteo de datos.**

Es el proceso más sencillo de todos los descritos, y aunque requiere cierta práctica y habilidades unipersonales de orientación, trata sobre plasmar en el mapa topográfico todas las características geológicas obtenidas en la visualización-identificación-medición de datos. Todos los puntos de observación, datos de rumbos y buzamientos más los trazos de lineamientos/fallas/pliegues se dibujan a mano tomando como referencia a las curvas de nivel. Los dibujos se bosquejan de forma manual con el uso de lápices, lapiceros de tinta líquida, estilógrafos, borradores y colores que representen un tipo de roca o edad geológica en especial. Otra herramienta de suma utilidad es el protractor que sirve para el trazo de los ángulos y simbología de rumbos y buzamientos de planos. Las elevaciones de las curvas (P. Ej. en metros) posibilitan la localización en el afloramiento, pero a su vez permiten conocer con cierta exactitud las relaciones de corte 3D entre las geoformas y los distintos estratos o superficies de falla cartografiadas. Los afloramientos rocosos quedan representados por polígonos cuyos colores se asignan según su tipo de roca o edad, mientras que las líneas correspondientes a la proyección horizontal de estratos, planos de falla u otros elementos planares se representan como líneas. Un error que suele ocurrir durante el mapeo es colorear -de buenas a primeras- los alrededores del sitio donde se acaba de realizar un punto de observación. Esto es así porque en los alrededores no necesariamente se exhibirá la misma litología ni estructuras que se registraron en el punto mencionado. (Ayala, 2018)



#### **4.9.1.3. Identificación.**

Consiste en la verificación de los rasgos geológicos observados en el proceso anterior. Se lleva a cabo mediante la determinación litológica en el mismo afloramiento haciendo uso de la picota y lupa de mano. En este sentido, se determinan las litologías y particularmente las relaciones de contacto entre ellas (P. Ej. Tonalitas que cortan a areniscas cuarzosas, tobas en discordancia sobre filitas, calizas replegadas en chevron, etc.). Esta última información ayuda a corroborar y afinar el “sketch” realizado en la observación. En comparación al proceso anterior y a los próximos a mencionar, la identificación de campo es la más crucial ya que de ella dependerá la cantidad y sobre todo la calidad y coherencia de la información a medir. Su dificultad está en directa relación con el grado de conocimiento de geólogo quien no es necesario que sea un especialista, pero deberá ser un conocedor decente de los rasgos geológicos más importantes del área de trabajo. (Ayala, 2018)

#### **4.9.1.4. Medición.**

Al contar con la litología, relaciones de campo y asociación estructural definidas, se procede a establecer las magnitudes y direcciones a las orientaciones de los elementos planares/lineares (P. Ej. Estratos, fallas, etc.). Para esto, se hace uso de la brújula u algún dispositivo digital que entregue los rumbos y buzamientos de la mejor manera posible. Clásicamente, la realización de esta tarea se realiza por medio de brújulas cuadrantales/azimutales de las cuales la más usada es el tipo Brunton, aunque existen otras opciones como las Silva o Suunto; pero hoy en día son los mismos celulares mediante aplicaciones (Clino, Rocklogger, Strike and Dip, etc.) los que también entregan mediciones que se acercan muy bien a los datos extraídos por las brújulas. Asimismo, existen múltiples notaciones para el registro del rumbo y buzamiento de un mismo tipo de dato. En ocasiones el rumbo se mide de forma cuadrantal (N60°E, S45°O, N80°O), con valores de buzamiento entre 0° y 90° (80°NO, 65°SE, 30°NE), respectivamente; en otras de forma puramente azimutal con valores que varían entre los 0° y 360° (60°, 225°, 280°) o entre los 0° y 180° (60°, 45°, 100°) con buzamientos entre 0° y 90°, pero denotados de forma cuadrantal (80°NO, 65°SE, 30°NE); de forma más extendida mediante el uso de la regla de la mano derecha (RHR: Right-Hand Rule) con valores de azimut de 0°-360° y buzamientos de 0°-90° sin notaciones cuadrantales; mientras que en geotecnia mediante el valor entre los 0° y 90° del buzamiento (dip) y las posibles direcciones 0°-360° del buzamiento (dip direction). (Ayala, 2018)

## **4.10. Geomorfología**

La geomorfología es una rama del saber que no basa la diferenciación de su campo en la exclusividad del objeto material de su estudio; como se ha indicado, la forma de la superficie de la Tierra ha sido y es objeto de interés de otras disciplinas entre las que se encuentran la Geodesia y la Topografía. Lo que la diferencia de ellas superando el enfoque descriptivo que las caracteriza, es su pretensión explicativa y generalizadora y su entendimiento del relieve como una configuración desarrollada, no un plano geométrico, sino en una superficie relativa de contacto y resultante de la interacción a lo largo del tiempo de fuerzas que actúan por debajo y por encima de dicha superficie. La geomorfología es la ciencia que estudia las formas de la superficie terrestre y sus orígenes, las formas del paisaje para ser mejor entendimiento tienen que dividirse en clases o grupo que incluyen a todas aquellas formas que son similares tanto en forma externa como en origen. (Jiménez, 1995, p. 13)

### **4.10.1. Categoría de geoformas**

Para la clasificación de geoformas se genera un sistema de tipo jerárquico del terreno y así ubicar sus unidades geomorfológicas y morfométricas en distintas categorías, directamente relacionadas con la información disponible y el nivel a detalle requerido para cada caso de estudio. El sistema jerárquico de forma piramidal de análisis fisiográfico permite relacionar con otros sistemas naturales, como suelos y vegetación, para tener una concepción más integral del estado actual de los paisajes. (Ministerio del Ambiente [MAE], 2013, p. 24)

#### **4.10.1.1. Relieve General**

“Representa la primera y más grande categoría de unidades geomorfológicas a escala regional, está constituida por conjuntos de unidades de relieve con similares génesis, litología y estructura”. (MAE, 2013, p. 24)

Se diferencian tres tipos de relieves generales:

- Costa, de relieves colinados y grandes llanuras corresponde con la región litoral.
  - Montaña, de relieves montañosos y escarpados, corresponde a región andes.
  - Oriente, de relieves de llanuras y penillanuras, corresponde a región Amazonía.
- (MAE, 2013, p. 24)

#### 4.10.1.2. Macrorelieve.

“Representa la categoría intermedia de unidades geomorfológicas a escala de paisaje (10–200 km), implica relaciones de relieve de tipo geo genético, litológico y topográficos Se distinguen relieves menores que los anteriores como: cordilleras, llanuras, valles, montañas, serranía, piedemontes, penillanura”. (MAE, 2013, p. 24)

#### 4.10.1.3. Mesorelieve.

“Son las unidades geomorfológicas menores, de escala local (1-10 km) y que representan a un paisaje tridimensional (geofomas) caracterizado por uno o más atributos morfométricos, litológicos y estructurales”. (MAE, 2013, p. 25)

#### 4.11. Pendientes

Según el MAE (2013) define a la pendiente como una “Forma de medir el grado de inclinación del terreno. A mayor inclinación mayor valor de pendiente. La pendiente se mide calculando la tangente de la superficie. La tangente se calcula dividiendo el cambio vertical en altitud entre la distancia horizontal”. (p. 20)

El MAE (2013) menciona que la pendiente se expresa en planimetría como un porcentaje de pendiente que equivale al valor de la tangente (pendiente) multiplicado por 100.

$$\text{Porcentaje de Pendiente} = \text{Altura} / \text{Base} * 100$$

Otra forma de expresar la pendiente es en grados. Para calcular los grados se utiliza el valor de arco tangente de la pendiente:

$$\text{Pendiente en Grados} = \text{Arco Tangente} (\text{Altura} / \text{Base})$$

El gradiente de pendientes se calcula a partir de una matriz de 3x3 celdas. Esta matriz representa la altitud de los 8 vecinos más próximos (Z) que rodean a la celda de columna i y fila j. La Figura 6 muestra la matriz (o kernel) utilizada en el cálculo de las derivadas de las matrices de elevación. Esta ventana de 3x3 se desplaza sucesivamente por encima del mapa para calcular la pendiente. (MAE, 2013, p. 20)

**Figura 6.** Matriz de 3x3 celdas

z1	z2	z3
z4	z5	z6
z7	z8	z9

Nota: Obtenido de MAE (2013)

#### **4.12. Cobertura vegetal**

La cobertura vegetal se la define como la capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, comprendiendo una amplia gama de biomásas con diferentes características fisonómicas y ambientales que van desde pastizales hasta las áreas cubiertas por bosques naturales. También se incluyen las coberturas vegetales inducidas que son el resultado de la acción humana como serían las áreas de cultivos. (Bennett, 1999, p. 275)

La cobertura vegetal (los atributos biofísicos de la superficie terrestre) determinan el funcionamiento de los ecosistemas terrestres: afectan directamente a su biodiversidad, contribuyen a los cambios climáticos locales, regionales y globales y son las fuentes primarias de la degradación de los suelos. La transformación perceptible y generalizable de la vegetación por medio de un intervalo de tiempo en determinada porción de terreno es reconocida como el análisis del cambio en la cobertura. (Velázquez, 2021, p. 1)

#### **4.13. Precipitaciones**

Según Rodríguez (2011) la precipitación se define como el agua aportada al terreno en forma de líquido, sólido (nieve, granizo) y vapor. Las nubes están formadas por corpúsculos o gotitas de agua con un diámetro medio de 0.02 mm. Estos corpúsculos se mantienen en el aire mientras su tamaño no aumente. (p. 11)

Los mecanismos de aumento de tamaño según Rodríguez (2007) son:

- a. El proceso de coalescencia directa. Este mecanismo consiste en la unión de multitud de gotitas formando las gotas de lluvia (0.5 – 2.5 mm) debido al choque de dichas gotitas a causa de la atracción electrostática existente entre ellas.
- b. El proceso de condensación del vapor. En este caso las gotas aumentan de tamaño debido a la condensación del vapor producida sobre la superficie de las gotas que constituyen la nube. La condensación también puede producirse cuando existen gotas a diferente temperatura o cuando existen gérmenes higroscópicos del cloruro sódico, ya que la tensión de vapor disminuye. (p. 11)

#### **4.13.1. Clasificación de las precipitaciones**

En base a Rodríguez (2011) la formación de las precipitaciones requiere de la elevación de una masa de agua en la atmósfera de tal forma que se enfríe y parte de su humedad se condense. (p. 11)

Por ello, las precipitaciones se pueden dividir según Alfonso (2007) en:

- a. Precipitaciones convectivas. “La elevación convectiva del aire debido al calentamiento de por radiación solar. Se produce la condensación del vapor al alcanzar zonas más frías. Este tipo de precipitación suele ir acompañado por efectos de descarga eléctrica”.
- b. Precipitaciones orográficas. La elevación del aire es producida por la existencia de una cadena montañosa. Los vientos procedentes del océano y cargados con aire húmedo se encuentran con una cadena montañosa que eleva a capas más frías el aire, condensándose el vapor y constituyendo nubes y, por tanto, posibles precipitaciones.
- c. Precipitaciones ciclónicas. “La elevación de masas de aire se produce sobre una masa de aire frío por un pasaje frontal o superficie de contacto. Las masas más húmedas y cálidas se elevan hasta zonas frías, donde se condensan y originan las precipitaciones”. (p. 11)

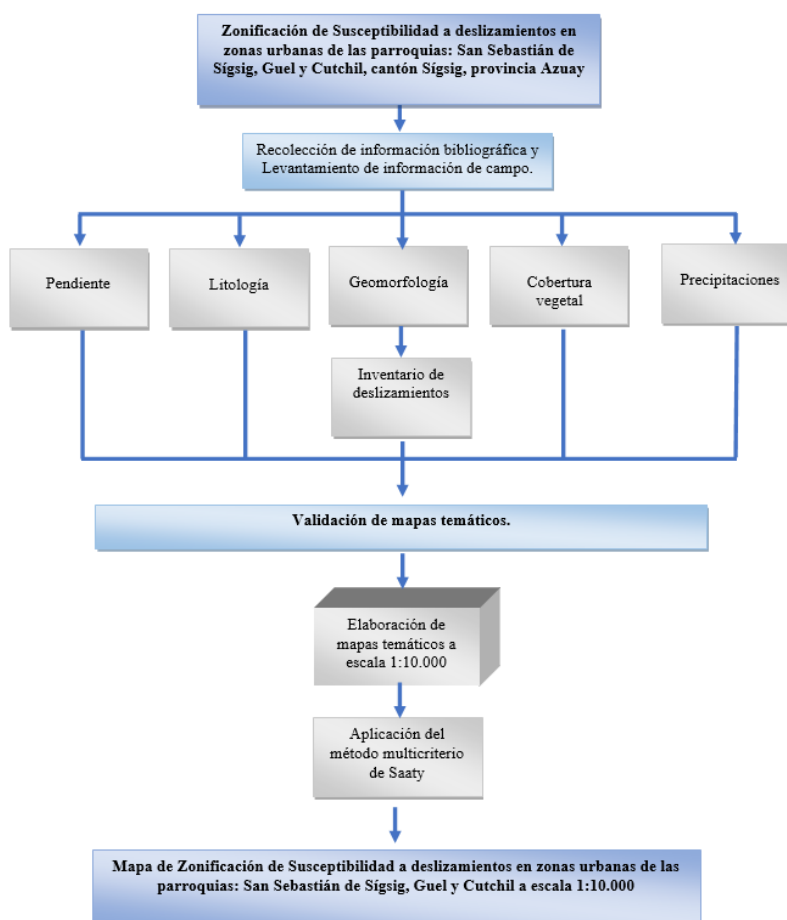
## 5. Metodología

Para caracterizar las variables que intervienen en la susceptibilidad a deslizamientos en la zona de estudio se ha considerado en base a las variables la propuesta por Jaime Suarez (2005) y el procesamiento mediante el Proceso Analítico Jerárquico (AHP), propuesto por Saaty (1980); utilizando el software ArcGis 10.5 para el cálculo de áreas, elaboración de mapas de las variables: pendiente, litología, geomorfología, cobertura vegetal y precipitaciones

La Zonificación de susceptibilidad a deslizamientos en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil, cantón Sígsig, provincia Azuay, posee una extensión territorial de 31,70 Km<sup>2</sup>.

La metodología aplicada para el desarrollo de cada objetivo se detalla a continuación:

**Figura 7.** Organigrama de la metodología a emplear.



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

## 5.1. Materiales

Para desarrollar el proyecto de tesis de titulación, se empleó los siguientes materiales y equipos

**Tabla 2.** *Materiales utilizados para el desarrollo del proyecto de tesis*

<b>Materiales de campo</b>	<b>Materiales de Gabinete</b>	<b>Softwares y programas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ficha de Descripción de Afloramientos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Computadora Portátil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ArcGIS 10.5</li> <li>ArcScene 10.5</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Formato para inventario de deslizamientos Versión 01.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flash Memory</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Google Earth Pro</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Esferos, marcadores, pinturas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impresora</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SAS Planet</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Brújula geológica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hoja geológica de Sígsig escala 1:100.000</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Software Microsoft Office 2010 (Word, Excel, Point)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Martillo geológico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ortofotos de SIGTIERRAS, 2012, con resolución espacial de 0.3 m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SedLog 3.0</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Rayador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ortofotos SAS PLANET, 2020, con resolución espacial de 0.15 m.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Lupa geológica 30x-60x</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Datos Metereológicos de precipitación del INAMHI de los años 1989-2019.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Lápiz magneto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Imágenes Satelitales de Google Earth Pro 2023</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ácido clorhídrico al 10%</li> <li>Cinta métrica</li> <li>GPS Garmin</li> <li>Cámara fotográfica</li> <li>Libreta de campo</li> <li>Fundas de herméticas</li> <li>Equipo de protección personal</li> <li>Ácido clorhídrico al 10%</li> <li>Cinta métrica</li> <li>GPS Garmin</li> <li>Cámara fotográfica</li> <li>Libreta de campo</li> <li>Drone Modelo: DJI Mavic Mini 2</li> <li>Barreta y pala</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modelo Digital del Terreno con tamaño de píxel 3m/píxel, año 2012.</li> </ul>	

*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

## 5.2. Área de estudio

### 5.2.1. Ubicación

El área de estudio de la investigación, posee una extensión territorial de 31,70 km<sup>2</sup>, se encuentra en la zona austral oriental del territorio ecuatoriano, en la provincia del Azuay en el cantón Sígsig, en las zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil. La zona de estudio presenta un terreno irregular con desniveles pronunciados y





### **5.2.2. Acceso**

Para el acceso de la zona de estudio se lo realiza vía terrestre desde la ciudad de Quito por la Vía Trocal de la Sierra E35, atravesando las provincias de Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo, Cañar, Azuay hasta llegar al cantón Cuenca, continuamente tomar la vía Colectora Gualaceo-Gualaquiza E594 cruzando los cantones Gualaceo y Chordeleg, se llega a la parroquia San Sebastián de Sígsig, cabecera cantonal, tomando la misma vía que se dirige al sureste se encuentra la parroquia de Cutchil. Por otro lado, para llegar a la parroquia de Guel se toma la vía de segundo orden con dirección noreste de la parroquia San Sebastián de Sígsig. A través de vía aérea, se dirige al aeropuerto de Quito hasta Cuenca y posteriormente tomar el mismo camino vía terrestres hasta el cantón Sígsig.

### **5.2.3. Clima**

En cuanto al clima, el cantón Sígsig registra una variación importante en sus niveles de precipitaciones, que varían entre 700 mm a 1900 mm, siendo el tipo de clima es Clima Ecuatorial de Alta Montana, en los meses de febrero a marzo es la época se registra mayores precipitaciones en el cantón. Además, se encuentra en el piso climático de Montano y la temperatura media más baja en la parroquia oscilan entre los 3 a 4 ° C y las temperaturas anuales más altas en promedios anuales oscilan de 16 a 17 °C. (Plan de Ordenamiento Territorial del cantón Sígsig, 2015, pp. 30-31).

### **5.2.4. Hidrografía**

El cantón Sígsig forma parte de la cuenca del río Santiago, a la subcuenca del río Paute, que pertenecen a la vertiente amazónica, correspondiendo a un 5,53% de la superficie de la subcuenca, en la parte Sur el cantón pertenece a la cuenca del río Jubones con su subcuenca del río León, que escurre sus aguas a la vertiente del Pacífico, para esta cuenca el cantón abarca el 1,21% de la superficie de la cuenca.

Los ríos Zhío, Boladel, Pamar y Santa Bárbara son las fuentes hídricas más representativas del cantón, la cercanía a la cordillera Oriental de Los Andes, así como los páramos medianamente conservados hacen de Sígsig un cantón con abundancia del recurso Agua. (PDOT del cantón Sígsig, 2015, pp. 48-49).

### 5.2.5. Geología Regional

La zona Nor-Oriental del cantón Sígsig, provincia del Azuay, localizado en el Austro del Ecuador, ubicado en la parte meridional de la cordillera de los Andes ecuatoriano, se enfoca en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián del Sígsig, Guel y Cutchil, la zona se ubica dentro de la Hoja Geológica de Sígsig (Hoja 74, ÑVI-A; Serie IEJ62), que se constituye a procesos intrusivos, efectos de metamorfismo y potentes secuencias volcánicas que se asocian a eventos continentales como marinos. La topografía de esta zona es irregular, con desniveles pronunciados y pendientes fuertes.

En las parroquias Sígsig, Cutchil y Guel las formaciones geológicas principales se relacionan por bloques y rocas de origen volcánico y metamórfico con una matriz arcillosa producto de deslizamientos antiguos, proceso originado en la Edad Cuaternaria en donde se desarrollaron procesos de erosión, transporte y acumulación de material rocoso y sedimentario. Se evidencia que dentro de las parroquias afloran flujos de lava y brechas volcánicas que datan de la Edad del Eoceno. También la presencia de rocas metamórficas compuestos con venas de calcita y cuarzo que presentan alto grado de deformación que datan de la edad del Jurásico.

La geología se caracteriza por secuencias metamórficas relacionadas con el proceso de acreción, del lado occidental representado por un arco de islas que pertenece al Terreno Alao de origen marino en el Jurásico Tardío, dicha secuencia está intruida por plutones asociado al Magmatismo Triásico-Jurásico perteneciente al Terreno Loja de origen continental, estas unidades lito tectónicas están separadas por una Falla llamada el frente Baños, con dirección NE-SW. (PDOT del cantón Sígsig, 2015, pp. 48-49).

#### 5.2.5.1. Litoestratigráfica

- **Unidad Alao Paute (J<sub>Aa</sub>)**

Esta unidad pertenece al Terreno-Alao Paute está conformado de una extensa faja de milonitas, esquistos verdes micáceos, filitas verdes grafíticas y meta volcánicos verdes, masivas y cizalladas.

En el sector de Cutchil y cercano a la población de Sígsig limitando al este por el “Frente Baños”, aflora en menor proporción, metas aglomerados, metas tobas; todos de bajo grado metamórfico, el mismo que se admite como una zona tectónica que define el límite oriental de la subdivisión Alao-Paute de la propiamente Cordillera Real y que se reconoce como el paso o cambio de rocas verdes del tipo Alao-Paute a rocas de tipo metagranito con augens de cuarzo conocidas como Conjunto Tres Lagunas. Las geformas características de esta formación son los relieves colinados altos y muy altos, los cuales se encuentran ubicados al noreste de la superficie cantonal. (Cochrane, 2013, p. 1)

- **Unidad El Pan (JAe)**

Se categoriza como una secuencia volcano sedimentaria metamorfoseada perteneciente al Terreno Alao. La unidad forma una franja de menos de 3 Km limitada por fallas de dirección NNE y está ubicada en el sector norcentral de la zona de estudio. Está formada por intercalaciones métricas a centimétricas de filita grafitosa y esquisto moscovítico fuertemente deformados. Los fósiles de esporas identificados indicarían edades entre el Jurásico Medio al Cretácico Temprano. (Litherland et al., 1994, p.1).

- **Unidad Altar Urco (EAu)**

Aflora en el sector occidental de la zona de estudio. Se ubica a lo largo de los primeros kilómetros de la vía Sígsig – Chigüinda, están conformados por brechas monogenéticas y flujos de lava andesítica-basáltica. Se sugiere un contacto concordante con la Formación Chinchín y la Unidad Nonadel. Por su posición estratigráfica con respecto a depósitos terciarios y su posible relación con el mismo evento andesítico-basáltico de la Formación Chinchín, se le asigna una edad de Eoceno Temprano-Medio. (Litherland et al., 1994, p.1)

- **Deposito coluvial (Qc)**

Se forma al pie de una ladera como resultado del transporte gravitacional de los materiales resultantes de la desintegración de los relieves primarios, están compuestos por bloques métricos de rocas graníticas, gneis, con presencia de rodados de cuarzo; bloques métricos de rocas graníticas, gneis, con rodados de cuarzo, bloques métricos subangulares de material esquistoso fuertemente alterado formando coluviones

antiguos. El material varía dependiendo de la procedencia. (Litherland et al., 1994, p.1).

### **5.3. Procesamiento y análisis de datos**

#### **5.3.1. Metodología del 1er objetivo.**

*“Caracterizar las variables que intervienen en la susceptibilidad a deslizamientos en la zona de estudio.”*

Dentro del primer objetivo se recopiló toda la información de fuentes bibliográficas para la obtención de los datos y análisis de las variables. La recopilación bibliográfica se obtuvo de la Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológicas y del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Municipalidad del cantón Sígsig.

Para el desarrollo de la caracterización de las variables que intervienen a la susceptibilidad a deslizamientos en la zona de estudio; se empezó con la organización, análisis y evaluación de la información bibliográfica recopilada; justificando la caracterización de las variables: litología, geomorfológica, pendientes, cobertura vegetal y precipitación en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil, cantón Sígsig, provincia Azuay.

La elaboración de los mapas temáticos de las variables de: litología, geomorfología, pendientes, cobertura vegetal y precipitación consideradas para el análisis de la susceptibilidad a deslizamientos en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil, cantón Sígsig, provincia Azuay, se corroboraron previamente a la fase de campo, con el fin de obtener una base de estudio, a continuación, se explica la elaboración de cada mapa temático:

##### **5.3.1.1. Base topográfica.**

La base para la generación de los mapas temáticos de la zona de estudio es la topografía del sector. Para elaborarla se inició con el procesamiento del Modelo Digital del Terreno (MDT), en el software ArcGis 10.5, con tamaño de píxel 3x3 m, en formato TIFF con un Datum/UTM WGS1984 Zona 17 S, la información fue obtenida del Geo portal del Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica SIGTIERRAS-IGM levantada en el año 2012.

Para la obtención de los elementos complementarios de vialidad de primer, segundo o tercer orden, senderos, caminos de herradura, infraestructuras y la corroboración de la red hídrica. Se utilizaron las siguientes herramientas del software ArcGIS 10.5:

- ArcToolbox ==> 3D Analyst Tools ==> Raster Surface ==> Contour

El resultado obtenido de la base topográfica del sector de estudio se encuentra a una escala de 1:10.000 en Datum/UTM WGS 1984 Zona 17 S.

### 5.3.1.2. Mapa de pendientes.

El mapa de pendientes se generó a partir del Modelo Digital de Terreno (DEM) del área de estudio. Por medio de las herramientas del software ArcGis 10.5 se obtuvo el mapa de pendientes a escala 1:10.000 en Datum/UTM WGS 1984 Zona 17 S utilizando las siguientes herramientas:

- Generación de la pendiente (Slope): ArcToolbox ==> Spatial Analyst Tools ==> Surface ==> Slope.
- Reclasificación de pendiente: ArcToolbox ==> Spatial Analyst Tools ==> Reclass ==> Slope.

Para reclasificar el grado de pendiente se realizó en base a la clasificación de pendientes establecidas por Demek (1972), con respecto al grado de pendiente, detallada en la siguiente tabla:

**Tabla 3.** Clasificación de pendientes

<b>Término de la pendiente</b>	<b>Categoría (°)</b>
Ligeramente inclinado	0-5
Fuertemente inclinado	5-15
Muy inclinado	15-35
Empinado	35-55
Vertical	>55

*Nota:* Citado por Demek (1972)

- Conversión de Ráster a vector:
  - ArcToolbox ==> Conversion Tools ==> From Raster ==> Raster to Polygon
- Unir capas
  - ArcToolbox ==> Data Management Tools ==> Generalization ==> Dissolve

Tras obtener un solo polígono unido de todas las clases de pendientes de la zona de estudio se agregó en la tabla de atributos del shapefile final: clase, rango, área y porcentaje. Para categorizar a la clase y rango se identificó la clasificación de pendientes, en base a la tabla 3. Para obtener el área y porcentaje se utilizó las herramientas de la calculadora del software. Finalmente se otorgó el color correspondiente para cada clase de pendiente para un mejor reconocimiento visual.

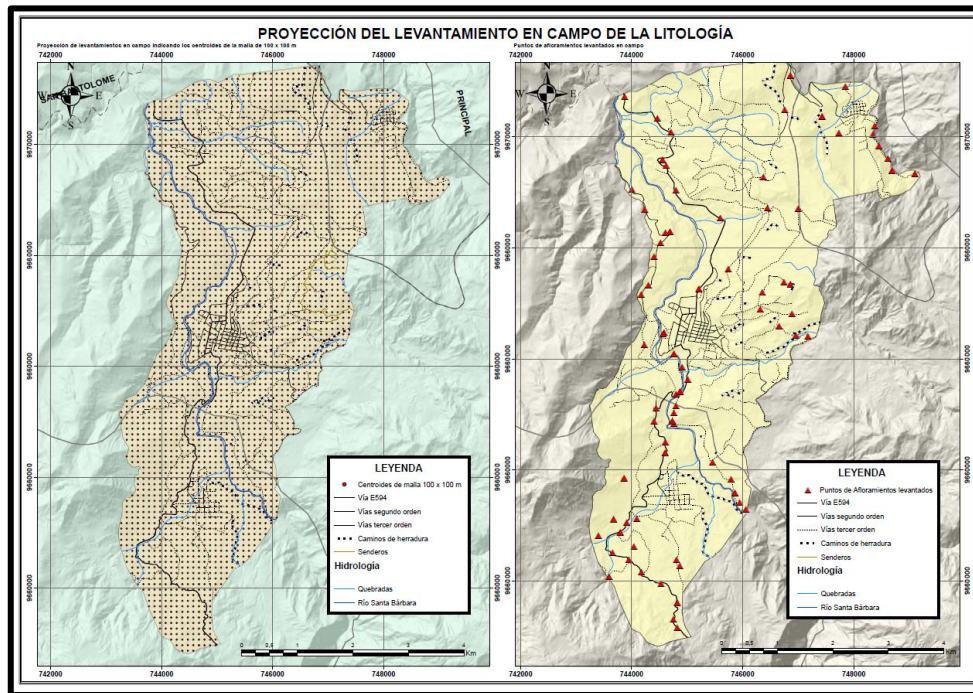
El resultado del mapa de pendientes a escala 1:10.000 en Datum/UTM WGS1984, Zona 17 Sur; tiene como fin determinar las zonas con mayor pendientes, y así relacionarla con las demas variables.

### **5.3.1.3.Mapeo litológico.**

El mapa de litología se elaboró en base a la hoja geológica Sígsig (Hoja 74, ÑVI-A), georreferenciada en el software ArcGis 10.5. Posteriormente se añadió el polígono de delimitación de la zona de estudio. Consiguiente se digitalizó las formaciones geológicas, presente en la Hoja Geológica Sígsig escala 1:100.000 (Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico, 2017), utilizando las herramientas del software para crear un shapefile de tipo polígono, polilínea y punto.

La información litológica se verificó y validó en la fase de visita de campo en donde se determinó la litología a partir de la descripción de los afloramientos accesibles en: vías pavimentadas, vías sin pavimentar, senderos, caminos de herraduras y algunas zonas accesibles dentro de las redes hídricas de la zona de estudio. Se tomó los datos estructurales con el uso de la brújula Brunton, se recolectaron muestras de rocas representativas (con su respectivo etiquetado y ubicación) y fotografías; utilizando el formato de registro de descripción de afloramientos (Ver Anexo 1). La información que se levantó en campo para la determinación de la litología; se basó en la malla elaborada en el software ArcGis 10.5 con el uso de la herramienta fishnet, que tiene unas dimensiones de 100m x 100m en consideración a la escala de trabajo 1:10.000. (Ver figura 9).

**Figura 9. Proyección del levantamiento de campo de la litología.**



*Nota.* a) Proyección de levantamientos en campo vías, caminos, senderos, quebradas y ríos, indicando que los centroides de la malla de 100 x 100 m en base a la escala de trabajo 1:10.000, serían los posibles puntos de levantamiento. b) Puntos de afloramientos levantados en campo, con un total de 79 afloramientos. Elaborado Por: La Autora (2023).

En total se realizó el levantamiento de información en 79 puntos de afloramientos naturales y artificiales en toda la zona de estudio, para la elaboración del mapa litológico. Para la descripción de las muestras recolectadas en fase de campo, fueron manipuladas para ser limpiadas mediante un lavado y cepillado superficial, eliminando impurezas de la roca. La descripción macroscópica tiene como objetivo el reconocimiento del tipo de roca y minerales que presenta en la zona de estudio, la cual se realizó en la fase de campo con ayuda del martillo geológico, lupa metálica, rayador, y el ácido clorhídrico. Seguidamente tras obtener las muestras de rocas se realizó el análisis macroscópico en el laboratorio de Petrografía y Mineralogía de la Facultad de las Energías y los Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja, con el fin de caracterizar ciertas rocas que en campo no se pudieron reconocer y así obtener una descripción macroscópica de las muestras de roca determinando su color, textura y composición mineralógica.

Tras obtener todos los datos de la tipología de roca presente en la zona de estudio, se realizó la georreferenciación de cada una de las muestras en el software ArcGis 10.5, indicando el tipo de roca y minerales que posee cada una, con el fin de correlacionar las rocas que poseen las mismas características, mediante la creación de shapefile de tipo polígono; de

esta forma se representan las unidades litológicas del sector de estudio en base al trabajo previo de gabinete y de la verificación y análisis de trabajo de campo.

Para representar el mapa litológico se realizó en base a la Agrupación de los Materiales geológicos, indicándose que para la representación de un mapa geológico se interpreta los materiales reconocibles de una determinada zona de la corteza terrestre, los cuales se pueden agrupar en *unidades características*, por lo que en la zona de estudio se utilizó el parámetro de diferenciación geológica denominado “*agrupaciones litológicas*”, en donde se realizó una identificación petrográfica y mineralógica que permitió identificarlos y diversificarlos en base a la clasificación de rocas (sedimentarias, ígneas y metamórficas). Esto con el objetivo de correlacionar las litologías similares presentes en la zona de estudio.

De esta manera se obtuvo el mapa litológico en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil a escala 1: 10.000, en Datum/UTM WGS1984, Zona 17 Sur, con curvas de nivel cada 25 m, en tamaño A2 para su impresión. En dicho mapa constarán la litología con su representación de color y tramado.

#### 5.3.1.3.1. *Elaboración de calicatas*

Tras analizar el mapa litológico de la zona de estudio se evidencia que la litología encontrada en campo se encuentra muy meteorizada y en ciertos sectores no se localizaron afloramientos visibles, por lo que no se identificó el material que se indica en la carta geológica regional. Para ello se prosiguió a utilizar un método directo para la corroboración y validación de la litología, elaborándose tres calicatas de 1m de largo x 1m de ancho y 1.5 m de profundidad, en las zonas que no se pudo identificar la descripción litológica por su alta meteorización; para la realización de las calicatas se lo hizo en base a la NTP 339.162 (ASTM D 420), con el fin de complementar la información con la descripción y caracterización de las columnas estratigráficas de cada calicata elaborada.

**Tabla 4.** *Ubicación de las calicatas elaboradas en campo*

Nro.	Coordenadas UTM/WGS84			Profundidad (m)	Formación Geológica
	X	Y	Z		
1	746992,74	9665647,32	2950	1.50 m	Deposito Coluvial
2	744381,39	9658528,59	2515	1.50 m	Unidad Altar Urco
3	744637,04	9663535,51	2728	1.50 m	Unidad Altar Urco

*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

El objetivo de realizar las calicatas se basa en la observación y descripción de la litología en una cierta profundidad, con el fin de conocer las características de la disposición de la columna



estratigráfica y verificar la litología in situ dentro de las zonas que no se encontraron información por alta de afloramientos.

Luego de realizar las calicatas en campo se realizaron las columnas estratigráficas de cada calicata y posteriormente se representaron gráficamente en base a la disposición de las capas del suelo en el programa Sed Log para caracterizar y describir a cada columna, considerando su ubicación y características.

#### **5.3.1.3.2. Elaboración de perfiles litológicos**

Tras la elaboración del mapa litológico se realizan los perfiles litológicos para determinar la posición de las litologías, la cronología y génesis que tiene cada unidad, considerando dos perfiles de forma vertical y horizontal, tratando de alcanzar en lo más posible la cantidad de estructuras y unidades.

#### **5.3.1.4. Mapa geomorfológico.**

Para la elaboración del mapa geomorfológico se realizó por medio de la fotointerpretación 3D geomorfológica en base a la guía metodológica: “Generación de información geo-espacial a escala 1:5.000 para la determinación de la aptitud física del territorio y desarrollo urbano mediante el uso de geo tecnologías”; con el fin de determinar parámetros morfológicos y morfométricos, y así conocer los diferentes procesos morfodinámicos y su morfogénesis, los cuales influyen al desarrollo de las zonas urbanas y sus periferias del cantón.

Los criterios que se consideraron para la fotointerpretación en 3D en el software ArcScene son: la ubicación a nivel regional, desnivel relativo, litología, génesis, morfología, drenaje, pendiente, cobertura vegetal y deslizamientos (como variable de la morfodinámica); el fin del procedimiento es obtener una superposición de capas, con el objetivo de generar las unidades geomorfológicas. Para clasificar las geoformas de la zona de estudio se consideró una adaptación de la clasificación de las Unidades de Geoformas en la cual se ha tomado como referencia utilizar la clasificación “Mesorelieve”, debido a que estas unidades se representan en escalas de 1 a 10 km, ajustándose a la escala de trabajo, que representan un paisaje tridimensional caracterizados por considerar los criterios: morfométrico y litológicos de la zona de estudio, con respecto a la consideración del Catálogo descriptivo de objetos geomorfológicos del Ecuador que clasifica a las geoformas según el grupo genético, mencionando que en la Memoria Técnica del cantón Sigsig en el proyecto “Generación de geoinformación para a gestión del territorio a nivel nacional. Escala 1:25.000 –

Geomorfología” del año 2013 se tomó como referencia la base de la clasificación de las unidades geomorfológicas, resultando que, en la tabla 5 se describen las geoformas a clasificar la zona de estudio en base al grupo genético. Además, se menciona que en base al inventario de deslizamientos se ha obtenido la geoforma de “depósito de deslizamiento” producto de la morfodinámica del sector.

**Tabla 5.** Leyenda de Unidades Geomorfológicas Fase 1 y Fase 2

Relieve General	Macrorrelieve	Mesorelieve
		Relieve montañoso
		Cimas
		Horns
		Crestas periglaciares
		Aristas
		Edificios volcánicos
		Caldera
		Cráter
		Colinas altas
		Colinas medianas
	Cordillera	Vertientes
		Crestas
		Horts
		Gargantas
		Cornisas
		Mesetas
		Escarpes
		Cuesta
		Laguna
		Cuerpo de agua
		Colinas altas
		Cuesta
De montaña		Vertientes
		Vertientes disectadas
		Estribaciones andinas
		Crestas
		Escarpes
		Cornisas
		Gargantas
		Domo volcánico
		Cono de escorias
		Depósitos lávicos
	Valle tectónico	Islote
		Glacis
		Morrenas
		Llanura subglaciar
		Llanuras de ablación
		Terrazas
		Terrazas de crioplanación
		Circo glaciar
		Drumlins
		Laguna
		Cuerpos de agua
		Terrazas
		Llanura aluvial

Relieve General	Macrorelieve	Mesorelieve
		Meseta
		Graben
		Relieve Apalachense
		Colinas altas
		Colinas medianas
		Colinas bajas
		Cono de derrubios
		Abanico aluvial
		Chevrones
	Piedemonte	Mesetas
		Cuesta
		Vertientes
		Terrazas
		Crestas
		Estribaciones andinas
		Llanura aluvial

Nota: Citado de MAE (2013)

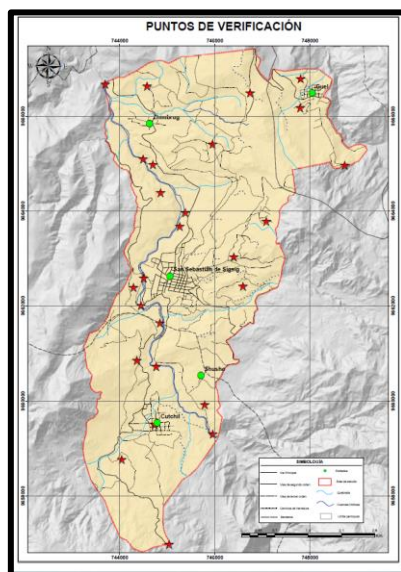
**Tabla 6.** Clasificación de geoformas

Unidad genética	Geoforma
Tectónico Erosivo	Relieve colinado muy alto
	Relieve colinado alto
	Relieve colinado medio
	Vertiente abrupta
	Vertiente heterogénea
Denudativo	Coluvión antiguo
Deposicional o Acumulativo	Garganta
	Terraza media
	Depósito de deslizamiento

Nota: Adaptación de MAE (2015) y Val (2014). Elaborado por la Autora (2023)

Finalmente se realizó la verificación en campo, en donde se corroboró la información fotointerpretada en campo, tomando fotografías en los puntos más estratégicos para una visualización de las geoformas de la zona de estudio, mencionando que se han tomado 25 puntos para la una correcta validación, obteniendo así el mapa de geomorfología de la zona de estudio a escala 1:10.000 Datum/UTM WGS1984 Zona 17 S, en tamaño A2 para su impresión. Ver figura 10.

**Figura 10.** Puntos de validación en campo.



*Nota:* 25 puntos de validación con registro fotográfico para corroborar información de la fotointerpretación.  
Elaborado por la Autora (2023)

### 5.3.1.5. Mapa de cobertura vegetal.

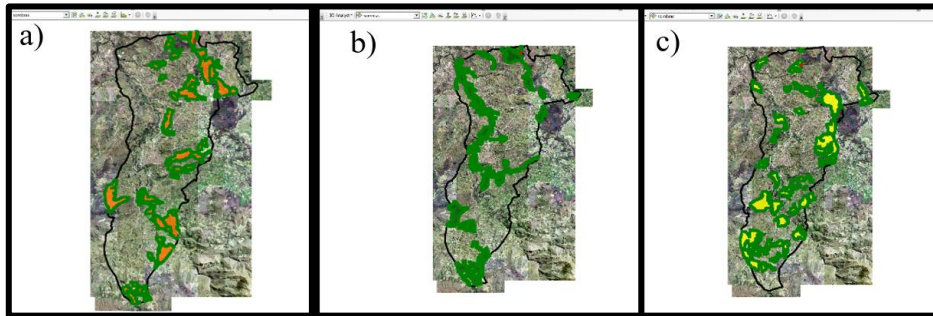
Para la obtención del mapa de cobertura vegetal se realizó por medio de la fotointerpretación en el software ArcGis 10.5, utilizando las imágenes satelitales de Google Earth y en base al levantamiento realizado por el GAD Municipal a escala 1:25.000 de “Cobertura y uso de la tierra del cantón Sigsig”, año 2015, e información base de la zona de estudio: ríos, lagos, cerros, áreas urbanas, curvas de nivel y vías.

Para la generación de la fotointerpretación de la cobertura vegetal se delimitó en base al tipo y distribución de la cobertura que presenta el área de estudio, se generó un nuevo shapefile de polígono para identificar el tipo de cobertura identificada, utilizando la clasificación establecida por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) en coordinación con el Ministerio del Ambiente del año 2015 (Ver tabla 7). Para la identificación de cada tipo de cobertura se utilizó la terminología del Nivel I y Nivel II, en la base de datos se agregó los siguientes atributos: área y porcentaje.

En el proceso de fotointerpretación visual se consideró las siguientes características: tamaño, forma, sombra, textura, color, tono, información topográfica, cuerpos de agua, para el adecuado reconocimiento e interpretación visual por medio del uso de imágenes satelitales mediante el Software ArcGIS 10.5, teniendo en cuenta la escala de trabajo para determinar el tipo de cobertura vegetal que predomine.

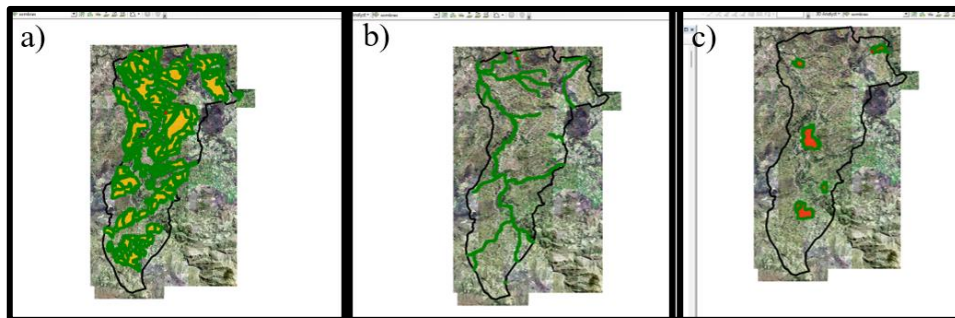
En las siguientes figuras se visualiza el proceso de fotointerpretación de las ortofotos de SAS Planet del área de estudio y la respectiva digitalización de todos los polígonos de cobertura vegetal elaborado en el software ArcGIS 10.5.

**Figura 11.** Fotointerpretación de ortofoto y digitalización de polígonos de cobertura vegetal en ArcGIS 10.5.



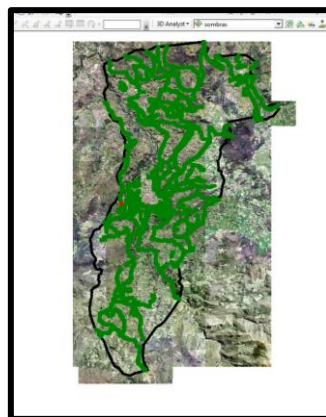
Nota: a) Vegetación herbácea b) Vegetación arbustiva. c) Pastizal. Elaborado por la Autora (2023)

**Figura 12.** Fotointerpretación de ortofoto y digitalización de polígonos de cobertura vegetal en ArcGIS 10.5.



Nota: a) Cultivos permanentes b) Cuerpo de agua. c) Área Poblada. Elaborado por la Autora (2023)

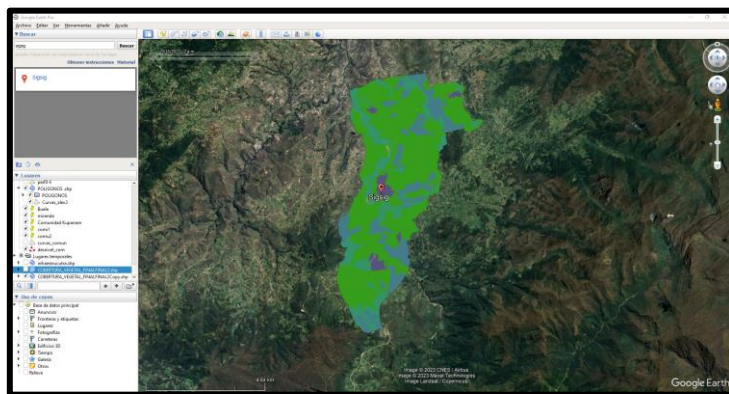
**Figura 13.** Fotointerpretación de ortofoto y digitalización de polígonos de cobertura vegetal en ArcGIS 10.5.



Nota: a) Infraestructura vial. Elaborado por la Autora (2023)

En la siguiente figura se verifica la fotointerpretación de la zona de estudio en el programa Google Earth Pro, donde se encuentran los polígonos de cada clase de cobertura vegetal con el fin de realizar una comparación con las imágenes y corregir los polígonos, de esta manera se obtiene la información más real.

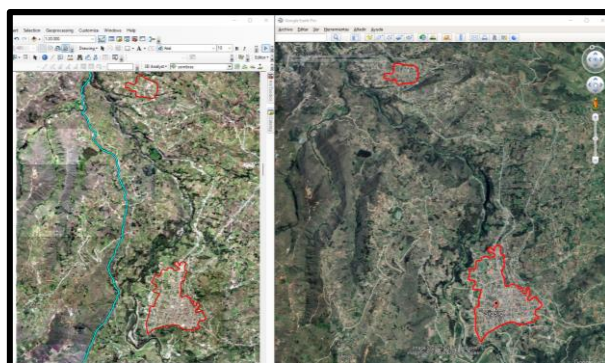
**Figura 14.** Visualización y fotointerpretación del área de estudio en Google Earth Pro para cobertura vegetal



*Nota:* Elaborado por la Autora (2023)

Se observa la comparación que se realiza con respecto a las imágenes de Google Earth Pro las cuales son más actualizadas que las ortofotos de SAS Planet.

**Figura 15.** Comparación de imágenes satelitales entre Google Earth Pro y ArcGIS 10.5.



*Nota:* Elaborado por la Autora (2023)

Finalmente se realizó la verificación en campo, en donde se corroboró la información fotointerpretada en campo, tomando fotografías en los puntos más estratégicos para una visualización de los tipos de cobertura vegetal de la zona de estudio.

Tras elaborar la determinación de la fotointerpretación de los tipos de cobertura vegetal en gabinete se realizó la salida técnica en campo para la verificación de los tipos de cobertura vegetal, considerando 25 puntos de validación con su respectivo registro fotográfico para corroborar a través de la observación directa. Obteniendo así el mapa de cobertura vegetal de la

zona de estudio a escala 1:10.000 Datum/UTM WGS1984 Zona 17 S, en tamaño A2 para su impresión.

**Tabla 7. Tipos de cobertura vegetal adaptado para el Ecuador**

<b>Nivel I</b>	<b>Nivel II</b>	<b>Definición</b>
Bosque	Bosque Nativo	Comunidad vegetal que se caracteriza por la dominancia de árboles.
	Plantación Forestal.	Comunidad vegetal que se caracteriza por la dominancia de árboles de diferentes especies nativas, edades y portes variados, con uno o más estratos
Tierras Agropecuaria	Cultivo Anual	Aquellas tierras dedicadas a cultivos agrícolas, cuyo ciclo vegetativo es estacional, pudiendo ser cosechados una o más veces al año.
	Cultivo Semipermanente	Comprenden aquellas tierras dedicadas a cultivos agrícolas, cuyo ciclo vegetativo dura entre uno y tres años.
	Cultivo Permanente.	Comprenden aquellas tierras dedicadas a cultivos agrícolas cuyo ciclo vegetativo es mayor a tres años, y ofrece durante este periodo varias cosechas.
	Pastizal	Vegetaciones herbáceas dominadas por especies de gramíneas y leguminosas introducidas, utilizadas con fines agropecuarios, que, para su establecimiento y conservación, requieren de labores de cultivo y manejo.
	Mosaico Agropecuario.	Son agrupaciones de especies cultivadas que se encuentran mezcladas entre sí y que no pueden ser individualizados; y excepcionalmente pueden estar asociadas con vegetación natural
Vegetación Arbustiva y Herbácea	Vegetación Arbustiva	Áreas con un componente substancial de especies leñosas nativas no arbóreas. Incluye áreas degradadas en transición a una cobertura densa del dosel
	Vegetación Herbácea	Áreas constituidas por especies herbáceas nativas con un crecimiento espontáneo, que no reciben cuidados especiales, utilizados con fines de pastoreo esporádico, vida silvestre o protección.
	Páramo	Vegetación tropical alto andino caracterizada por especies dominantes no arbóreas que incluyen fragmentos de bosque nativo propios de la zona.
Cuerpo de agua	Natural	Área que se encuentra cubierta o saturada de agua estática o en movimiento, natural o artificial que reposa sobre la superficie terrestre por todo o una parte del año.
	Artificial	
Zona antrópica	Área poblada Infraestructura	Asentamiento humano y la infraestructura que lo complementa.
Otras tierras	Glaciar	Áreas con poca o ninguna vegetación, afloramientos rocosos, glaciares y otras clases que no están incluidas en ninguna de las otras categorías.
	Área sin cobertura vegetal	
Sin información	Sin información	Corresponde a áreas que no han podido ser mapeadas.

*Nota:* Citado de MAE, MAGAP (2015)

Para la clasificación de la cobertura vegetal de la zona de estudio se realizó una adaptación de la tabla 7 utilizando los términos del Nivel I y del Nivel II, con el fin de obtener un mejor resultado de los factores que influyen en los deslizamientos. Ver tabla 8.

**Tabla 8. Tipos de cobertura vegetal adaptado para el Ecuador**

<b>Termino</b>	<b>Código</b>
Bosque	Bq

<b>Termino</b>	<b>Código</b>
Cultivo Permanente	Culp
Pastizal	Past
Vegetación herbácea	VegHe
Vegetación arbustiva	VegAr
Área Poblada	ArPo
Infraestructura vial	Infvi
Cuerpos de agua	Cps
Sin información	Sin

*Nota:* Adaptación de MAE, MAGAP (2015). Elaborado por la: Autora (2023).

### 5.3.1.6. Mapa de precipitaciones.

El mapa de precipitación “isoyetas” en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil, se elaboró a partir de la recopilación bibliográfica de los Anuarios Meteorológicos de los últimos 30 años (1989-2019) publicado por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), de los anuarios se obtuvo datos exactos de la precipitación media anual (mm/año), lluvias máximas registradas de las estaciones meteorológicas más cercanas al sector, mencionando las siguientes estaciones: Sígsig, Cochapamba-Quingeo, El Pan, San Juan Bosco, San Miguel de Cuyes, Gima y Dj Palmar Gualaceo.

Para la realización del mapa de isoyetas se empleó un valor promedio de las precipitaciones anuales para cada estación meteorológica. Dichos valores serán representados en una hoja de cálculo (xls) mediante tablas donde consta el nombre de la estación, y sus respectivas coordenadas geográfica (x, y, z). En el software ArcGis 10.5 se agrega el polígono de la zona de estudio en Datum/UTM WGS 1984, Zona 17 S, se ubicarán las estaciones meteorológicas más cercanas al área de interés.

Con el uso de las herramientas del software se interpoló los datos de lluvias máximas anuales de las estaciones meteorológicas, representándose cartográficamente la disminución de la influencia de las distancias de cada estación; a continuación, se indica la herramienta utilizada, en el software 10.5:

- ArcToolbox → Spatial Analyst Tools → Interpolation → IDW

Posteriormente se clasificó en 5 categorías, tomando en cuenta las lluvias máximas de la zona de estudio. El resultado del manejo de los datos en el software se grafica las zonas más representativas de precipitación.



Para la elaboración del mapa de isoyetas se utilizó como factor de interpolación los datos de precipitación media, en la tabla de atributos se agregó los atributos de clase, nombre, área y porcentaje, se asignó un rango y color respectivo para los valores registrados de precipitación. El resultado esperado es el mapa de isoyetas en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil a escala 1:10.000 en Datum/UTM WGS 1984, Zona 17 S, en tamaño A2 para su impresión.

### **5.3.2. Metodología del 2do Objetivo**

*“Elaborar el inventario de deslizamientos en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil, cantón Sígsig, provincia Azuay”*

Para la elaboración del inventario de deslizamientos en la zona de estudio en primer lugar se ejecutó la fotointerpretación de los deslizamientos, con el uso de las imágenes satelitales de Google Earth Pro, con el fin de obtener una zonificación previa para el correspondiente levantamiento de información en campo. La fotointerpretación se realizó en base a la representación visual de las imágenes comparando el cambio de coloración, la ausencia de vegetación con una gran extensión y la información histórica otorgado por el GAD Municipal del cantón del Sígsig, con el fin de tener un primer acercamiento de los deslizamientos ocurridos en la zona de estudio.

Para elaborar el inventario de los deslizamientos en el levantamiento de campo, se utilizó la Ficha de Inventarios de deslizamientos propuesto por el “Proyecto Multinacional Andino” (2000) (Ver Anexo 7), en donde se describió todas las características generales de cada deslizamiento encontrado. Para obtener las fotográficas y dimensiones de ancho y longitud total de cada deslizamiento se utilizó: el Drone DJI Mavic Mini 2.

Para la representación cartográfica del inventario final de deslizamientos en zonas urbanas en parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil a escala 1:10.000 en Datum/UTM WGS 1984 Zona 17 S, en tamaño A2 para su impresión. se empleó como base el mapa de sombras. Los deslizamientos se representaron mediante puntos y polígonos para la digitalización de sus respectivas formas y dimensiones levantadas en campo.

### 5.3.3. Metodología del 3er objetivo

*“Realizar el mapa de susceptibilidad a deslizamientos en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil, cantón Sígsig, provincia Azuay a escala 1:10.000”*

Para la obtención del mapa del mapa de susceptibilidad por deslizamientos, se implementó el método de multicriterio del Proceso Analítico Jerárquico (AHP) propuesta por Saaty en 1980, en la primera etapa se construyó un modelo que queden representados las variables más relevantes; la segunda etapa se incorporó las valoraciones (ponderaciones de los variables), considerando el análisis e influencia de los factores que generan los deslizamientos; y la tercera etapa constituyó a la relación entre todos los factores, por medio de la interpretación y análisis se obtuvo el mapa de susceptibilidad de deslizamientos. (Hervás et al, 2002). Esta metodología se basó en la ponderación de los factores, causantes de la ocurrencia de deslizamientos de ladera, utilizando la herramienta GIS, a través de operaciones matriciales y algebraicas de capas (operaciones de geoprocetamiento). De acuerdo al nivel de influencia en los deslizamientos, lo que otorgó mayor precisión en el modelo de susceptibilidad a deslizamientos. (Hervás et al, 2002)

Para determinar la susceptibilidad de deslizamientos se consideró la información generada a partir de las variables de la litología, inclinación de pendiente, unidades de geomorfología, cobertura vegetal y precipitación; este método se basó en el análisis de diversos factores, los cuales se ponderaron mediante una valoración numérica extraída de la metodología de las matrices de comparación por pares, en donde las filas y columnas se definen por el número de factores de inestabilidad que se va a ponderar.

El método de Proceso Analítico Jerárquico (AHP) plantea que la evaluación multicriterio se asignen valores que comprenda entre 4 “más importantes que”, a “igual de importante que” y  $\frac{1}{4}$  “menos importante que”.

En dependencia de la importancia de cada variable se apreció el peso ponderado, agrupada en pares, esta ponderación se analizó e interpretó en campo. La razón de comparar en pares los criterios, es con el de facilitar la comparación de todos los factores a la vez.

Cada variable analizada en la zona de estudio se analizó de forma jerárquica, considerando a las variables que tienen mayor influencia como más importante y las de menor influencia

como menos importantes. La matriz cuadrada (Ver Tabla 9), representa el orden de prioridad de los factores, determinando los pesos de cada variable.

Para determinar el eigenvector principal y el eigenvector normalizado, se realizó una operación aritmética (división) entre los valores asignados a cada par de variables (columna-fila) y el valor proveniente de la sumatoria total de dichos valores en su respectiva columna. En donde el eigenvector principal pertenecerá a la sumatoria total de los valores generados en cada fila de variables obtenidas en la operación. Por otra parte, el eigenvector normalizado es el resultado del cociente entre el valor de cada eigenvector principal y el número de variables.

**Tabla 9.** Matriz de comparación del Método de Jerarquías Analíticas para la Asignación de Pesos

Matriz de comparación por pares						
Factores	A	B	C	D	Normalización	Peso
A	$X_{AA}$	$X_{AB}$	$X_{AC}$	$X_{AD}$	$X_{AA-DA} * \sum A$	WA
W	$X_{BA}$	$X_{BB}$	$X_{BC}$	$X_{BD}$	$X_{BA-DB} * \sum B$	WB
C	$X_{CA}$	$X_{CB}$	$X_{CC}$	$X_{CD}$	$X_{CA-DC} * \sum C$	WC
D	$X_{DA}$	$X_{DB}$	$X_{DC}$	$X_{DD}$	$X_{DA-DD} * \sum D$	WD
$\sum$	$\sum A$	$\sum B$	$\sum C$	$\sum D$		

Nota: Citado de Saaty (1980)

En la siguiente tabla se indica el nivel de importancia considerada para  $X_{ij}$ :

**Tabla 10.** Escala de Saaty para determinar el valor de  $X_{ij}$ .

Nivel de importancia	Definición	Descripción del criterio i, al compararse con j
1	Igual preferencia	Los dos criterios (i,j) contribuyen de igual manera al proceso de deslizamiento
2	Moderada preferencia	Pasadas experiencias favorecen ligeramente al criterio (i) sobre el otro (j)
3	Moderada preferencia	Prácticamente la dominancia del criterio (i) sobre el otro (j) está demostrada
4	Absoluta preferencia	Existe evidencia que determina la supremacía

Nota: Citado de Saaty (1980)

La consistencia del juicio del experto, explica que el método del Proceso Analítico Jerárquico de Saaty, ha permitido medir el grado de consistencia entre la relación de los valores de los factores. La consistencia de los juicios del experto se calculó a partir del autovalor de máximo ( $\lambda_{máx}$ ), en donde se realizó la siguiente operación para obtener los valores de cada variable

$$\sum_{j=1}^n = X_{AA-DD} / \sum A - D$$

Explicando que cada valor de cada tipo de variable se divide para la sumatoria total de todas las columnas.

Finalmente se calculó la razón de consistencia (RC) partir del Índice de Consistencia (IC) y del Índice de Consistencia Aleatoria (ICA), utilizando las siguientes fórmulas:

$$IC = \frac{n_{m\acute{a}x} - n}{n - 1}$$

$$ICA = \frac{1,98(n - 2)}{n}$$

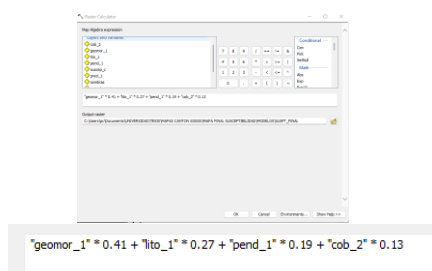
$$RC = \frac{IC}{ICA}$$

### 5.3.3.1. Mapa de susceptibilidad a deslizamientos

Tras analizar, ponderar e interpretar las variables que intervienen en la susceptibilidad a deslizamientos, se procesó la información al software ArcGis 10.5, donde se utilizó la herramienta “Raster Calculator” con el fin de dar la ponderación de los factores condicionantes y del factor desencadenante.

En la siguiente imagen se visualiza al ráster de cada factor con su respectivo peso, en base a su importancia para la generación a deslizamientos:

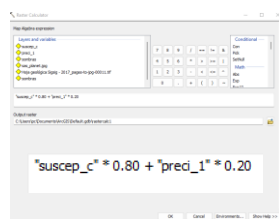
**Figura 16.** Suma de rasters de factores condicionantes, utilizando la herramienta “Raster Calculator”



Nota: Elaborado por: La Autora (2023)

En la siguiente imagen se visualiza al ráster generado de la suma de todos los factores condicionantes más el ráster de la variable de precipitación, como factor desencadenante considerando su peso, en base a su importancia para la generación a deslizamientos:

**Figura 17.** Suma de rasteres de factores condicionantes y el factor desencadenante utilizando la herramienta “Raster Calculator”



Nota: Elaborado por: La Autora (2023)

El resultado del mapa de susceptibilidad se clasifica en base a los siguientes criterios:

**Tabla 11.** Criterios para determinar la susceptibilidad a deslizamientos

Susceptibilidad	Criterio
Muy alta	Laderas con zonas de falla, masas de suelo altamente meteorizadas y saturadas y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe una alta posibilidad de que ocurran.
Alta	Laderas que tienen zonas de falla, meteorización alta a moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran.
Moderada	Laderas con algunas zonas de falla, erosión intensa o materiales parcialmente saturados, donde no han ocurrido deslizamientos, pero no existe completa seguridad de que no ocurran.
Baja	Laderas que tienen algunas fisuras, materiales parcialmente erosionados, no saturados, con discontinuidades favorables, donde no existen indicios que permitan predecir deslizamientos.
Muy baja	Laderas no meteorizadas con discontinuidades favorables que no presentan ningún síntoma de que puedan ocurrir deslizamientos.

Nota: Citado de Sarkar y Kanungo (2004)

Como resultado se obtuvo el mapa de susceptibilidad a deslizamientos de la zona de estudio a escala 1:10.000 Datum/UTM WGS1984 Zona 17 S, en tamaño A2 para su impresión.

Por otro lado, se realizó la correlación de los puntos y áreas de deslizamientos investigados en campo y las zonas de susceptibilidad a deslizamientos, utilizando la herramienta Intersect con el fin de conocer cuáles son los puntos de deslizamientos que se encuentra en cada zona de susceptibilidad a deslizamientos en la zona de estudio. Obteniendo finalmente el mapa de correlación de la zona de estudio a escala 1:10.000 Datum/UTM WGS1984 Zona 17 S.

Finalmente se realizó una comparación con el mapa de susceptibilidad a deslizamientos elaborado con la metodología que utiliza el Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias del Ecuador (2022), donde se indica que se debe desarrollar las siguientes fases:

1. Identificación de los factores condicionantes y recopilación de los insumos cartográficos.
2. Asignación de pesos a las variables según sus características.
3. Elaboración de la matriz de Saaty para la evaluación multicriterio y posterior asignación de pesos por variable.
4. Generación del modelo cartográfico mediante álgebra de mapas.
5. Clasificación de la susceptibilidad/amenaza. (SNGRE, 2022)

## 6. Resultados

### 6.1. Resultados del primer objetivo

**“Caracterizar las variables que intervienen en la susceptibilidad a deslizamientos en la zona de estudio”**

#### 6.1.1. Geología Local

La descripción litológica del área de estudio se elaboró por medio de la descripción de afloramientos naturales y artificiales (ver Anexo 1), mediante el levantamiento de información por sectores accesibles como: vías pavimentadas, vías sin pavimentar, senderos, caminos de herraduras y algunas zonas viables dentro de las redes hídricas de la zona de estudio. Con el fin de obtener información de la litología, obtención de datos de yacencia, toma de muestras de rocas representativas, a fin de realizar la descripción petrográfica macroscópica.

Se identificaron siete litologías diferentes desde rocas metamórficas, flujos de lavas volcánicas, bloques y cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa e intercalaciones de rocas sedimentarias, en donde se indica que las rocas más antiguas que forman el basamento de la zona, se compone de esquisto verde micáceo de la Unidad Alao-Paute, seguidamente se forman las rocas compuestas de esquisto moscovítico de la Unidad El Pan, las cuales se formaron por el mismo periodo Jurásico en la era Mesozoica hace 201.3 m.a. Seguidamente los flujos volcánicos constituidas de rocas intrusivas de composición porfirítica, se asigna una edad del Eoceno Temprano-Medio de la era Paleógena hace 56 m.a. Finalizando hasta los depósitos cuaternarios de la formación de depósitos coluviales compuesto de cantos de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa de la edad del Cuaternario de la era Cenozoica hace 0.01 m.a.

A continuación, se describe la litología de los afloramientos encontrados en cada formación geológica:

##### 6.1.1.1. Unidad Alao- Paute.

Las rocas de la Unidad Alao Paute datan del Jurásico, se estima que es el basamento del área de estudio, constituidos por rocas de esquisto verde micáceo con altas cantidades de óxidos de hierro, en algunas zonas se han encontrado vetillas de cuarzo de pocos centímetros de espesor.

La Unidad Alao Paute, se compone de dos diferentes litologías encontradas en campo: esquistos verde micáceo y esquistos verde micáceo con vetillas de cuarzo.

#### 6.1.1.1.1. Litología compuesta de Esquisto verde micáceo

- **Afloramiento 73. Ubicación: Palopamba, parroquia Cutchil; x: 744874.12; y: 9661407.33; z: 1095.61.**

**Figura 18.** Afloramiento perteneciente a la Unidad Alao-Paute por el barrio Palopamba



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

Se ubica en el margen izquierdo de la vía de primer orden Gualaceo-Gualaquiza E594 que se dirige a la parroquia Cutchil, se encuentra al norte de la parroquia Cutchil.

El afloramiento es de origen artificial intervenido antrópicamente con el fin de la abertura para la vía de primer orden que se dirige a la parroquia Cutchil. Tiene un relieve medio, con vegetación de tipo matorral en la cabecera del afloramiento con un espesor de 1.8 m.

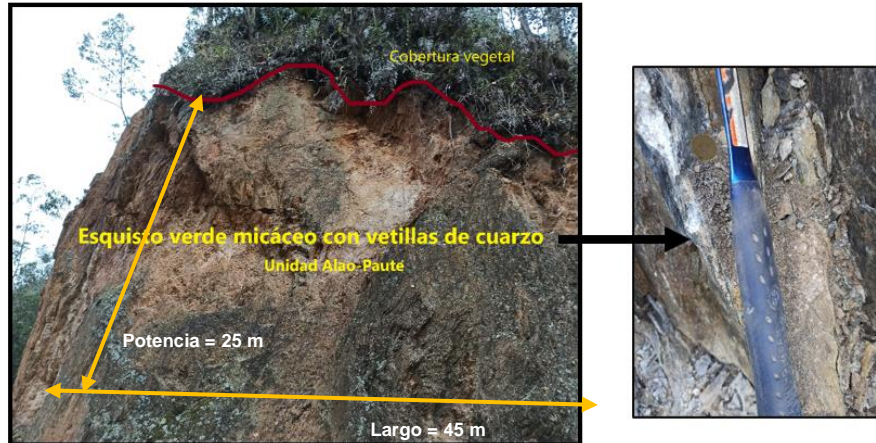
Se compone de rocas metamórficas foliadas de tipo esquistos verde micáceo compuesto por minerales moscovita, clorita y biotita; el afloramiento posee una capa fina de arcillas muy plásticas de coloración amarillenta con altos contenidos de óxidos. Se encuentra altamente fisurado, medianamente compactado y con baja meteorización. Los datos de yacencia que presentan son 141/51SW.

#### 6.1.1.1.2. Litología compuesta de esquistos verde micáceo con vetillas de cuarzo.

- **Afloramiento 18. Ubicación: barrio Curuncay, parroquia San Sebastián de Sigsig; x:748421.29 ; y: 9659288.70; z:1239.69.**



**Figura 19.** Afloramiento perteneciente a la Unidad Alao-Paute por el barrio Curuncay



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

Se ubica en el margen izquierdo de la vía de tercer orden que se dirige al barrio Curuncay, se encuentra al sur oeste de la parroquia San Sebastián de Sigsig.

El afloramiento es de origen artificial intervenido antrópicamente con el fin de la abertura para la vía de tercer orden que se dirige a los barrios Curuncay y Cachivado. Tiene un relieve alto, con vegetación de tipo matorral en la cabecera del afloramiento con un espesor de 1 m.

Se compone de rocas metamórficas foliadas de tipo esquistos verde micáceo compuesto por minerales de moscovita, clorita, biotita y cuarzo con vetillas de 1 a 5 cm de cuarzo blanco de textura masiva, con altas impurezas distribuidos en todas las rocas; el afloramiento posee una capa fina de arcillas muy plásticas de coloración amarillenta con altos contenidos de óxidos. El afloramiento se encuentra altamente fisurado, medianamente compactado y con baja meteorización. Los datos de yacencia que presentan son 135/45SW.

#### **6.1.1.2.Unidad El Pan.**

Las rocas de la Unidad El Pan datan del Jurásico, hacen contacto con la Unidad Alao-Paute, y solo representa un porcentaje mínimo del área de estudio, constituidos por rocas de esquisto moscovítico con granos de calcio con cantidades considerables de óxidos de hierro.

Dentro de la Unidad El Pan se evidencio la presencia de una litología compuesta de esquisto moscovítico con granos de calcio.

##### **6.1.1.2.1. Litología compuesta de esquisto moscovítico con granos de calcio**

- **Afloramiento 50. Ubicación: barrio Dudaloma, parroquia Guel; x: 748616.23 ; y: 9665603.26; z: 2553.46.**

**Figura 20.** Afloramiento perteneciente a la Unidad El Pan, por el barrio Dudaloma



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

Se ubica en el margen derecho de la vía de tercer orden que se dirige al barrio Rumimachay se encuentra al nor-este de la parroquia Guel

El afloramiento es de origen artificial intervenido antrópicamente con el fin de la abertura para la vía de tercer orden. Tiene un relieve medio, con vegetación de tipo matorral en la cabecera del afloramiento con un espesor de 1.3 m.

Se compone de rocas metamórficas foliadas de tipo esquisto moscovítico compuesto por minerales de sericita, moscovita, clorita y biotita con granos de calcio de 1 a 2 cm de diámetro compuesto de coloración blanca; el afloramiento posee una capa fina de arcillas muy plásticas con bajos contenidos de óxidos. El afloramiento se encuentra altamente fisurado, medianamente compactado y medianamente meteorización. Los datos de yacencia que presentan 330/60NE.

### **6.1.1.3.Unidad Altar Urco.**

Las rocas de la Unidad Altar Urco datan del Eoceno, hacen contacto con las formaciones de Depósito coluvial y la Unidad Alao-Paute en el sur y este de la zona de estudio, regionalmente se constituyen por lavas andesíticas porfirítica de coloración rojiza, morada y marrón. En base a la geología regional se encontró el material en un sector específico, en la zona sur-oeste, la litología de la Unidad Altar-Urco es variable y difícil de determinar, a consecuencia de que los afloramientos se encontraron altamente meteorizados, considerando que los contactos con las formaciones adyacentes son de materiales metamórficos y de depósito coluvial.

Dentro de la Unidad Altar Urco se evidencio la diferencia de tres litologías compuestas de: Flujos de lava de andesita porfirítica con capas de arcilla-limosa; Bloques y cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa; e Intercalaciones de lutitas y arcillolita.

Los flujos de lava se identificaron en un sector específico de la zona de estudio, al suroeste, en donde se encontraron flujos de lava de andesítica porfirítica, donde las plagioclasas se encontraban medianamente meteorizadas y se visualizó relictos de anfíboles, el depósito de flujo tiene una dirección preferencial SW. existían zonas con mayor meteorización con esta dirección, por otra parte, lo cual indicaría la paleo dirección del flujo.

Los bloques y cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa, son resultado de la meteorización química de los flujos volcánicos, en donde los minerales de plagioclasas de las andesitas porfirítica por producto de la descomposición de los componentes de las rocas y la estructura interna de los minerales han provocado la meteorización química de los materiales, causado por la hidrólisis y oxidación lo que ha provocado que los flujos se meteoricen y formen esta litología.

Los minerales más susceptibles de los flujos de lava se han meteorizado químicamente, de la siguiente manera: minerales de feldspatos se han transformado en minerales de arcilla; y los minerales de anfíbol se transformaron en hematites. Por otro lado, como esta unidad tiene contacto con los depósitos coluviales, evento que resulta más reciente y producto de antiguos deslizamiento, lo que ha producido localmente la acumulación de bloques y cantos de tipo volcánico y metamórfico en una matriz arcillo-limosa.

La intercalación de lutitas y arcillolita son resultado de la meteorización química por hidrólisis y oxidación, básicamente en estas zonas la presencia de óxidos es muy alta, producto de la meteorización del anfíbol que da resultado a las hematites, tonos rojizos, este proceso favorece a la alteración de minerales ferromagnesiano, una vez que el hierro se ha liberado de la estructura del silicato por procesos de hidrólisis. De igual forma las lutitas se han formado por el transporte, deposición y compactación de la arcillolita, resultado de los procesos geológicos regionales que se han suscitado en la zona, y ha provocado que se depositen en intercalaciones con arcillolita. Dentro de esta litología no se encontró bloques ni cantos de rocas.

### 6.1.1.3.1. Litología compuesta de flujos de lava de andesita porfírica con capas de arcilla-limosa

- **Afloramiento 79. Ubicación. Sector: El Chorro Huapuca, parroquia Cutchil x: 743861,13; y:9659846,84; z: 2692,53.**

**Figura 21.** Afloramiento perteneciente a la Unidad Altar Urco por el sector El Chorro Huapuca



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

Se ubica en el margen izquierdo de la vía que se dirige a la parroquia de Ludo, se encuentra al sur-oeste de la parroquia Cutchil.

El afloramiento es de origen artificial intervenido antrópicamente con el fin de la abertura para la vía de tercer orden. Tiene un relieve bajo, con vegetación de tipo matorral en la cabecera del afloramiento con un espesor de 0.50 cm. Se compone de flujos de lava andesítica porfírica de coloración marrón por la meteorización, se identifica minerales de plagioclasas, piroxenos y anfíboles; posee una capa de arcilla con baja concentración de óxido de hierro. El afloramiento se encuentra altamente meteorizado, medianamente compactado y medianamente fracturado. Los datos de yacencia que presentan 132/42 SW.

### 6.1.1.3.2. Bloques y cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa.

- **Afloramiento 43. Ubicación: barrio: Pucallpa parroquia San Sebastián de Sigsig; x: 747849.45; y: 9666900.96; z: 2607.640**

**Figura 22.** Afloramiento perteneciente a la Unidad Altar Urco, barrio Pucallpa



Nota: Elaborado por: La Autora (2023)

Se ubica en el barrio Pucallpa, en el margen izquierdo de la vía de segundo orden que se dirige a la parroquia Guel, se encuentra al nor-oeste de la parroquia Guel.

El afloramiento es de origen artificial intervenido antrópicamente con el fin de la abertura para la vía de segundo orden. Tiene un relieve medio, con vegetación de tipo matorral en la cabecera del afloramiento con un espesor de 2.5m.

Se compone por materiales altamente meteorizados compuesto de bloques de rocas volcánicas de tipo diorita con tamaños  $> 1\text{m}$  de coloración grisácea con minerales piroxeno y plagioclasas; y cantos rodados de rocas volcánicas de riolita porfirítica de coloración morada con minerales feldespato potásico, plagioclasas y caolín; dacita de coloración grisácea con minerales plagioclasa, biotita y anfíboles; y cantos subangulares de rocas metamórficas de tipo esquistos verdes micáceos compuesto por minerales de moscovita, clorita, biotita; todos los cantos alcanzan un diámetro  $< 1\text{m}$  en una matriz de arcilla-limosa de color rojiza por el alto contenido de óxido de hierro. El afloramiento se encuentra medianamente meteorizado, altamente compactado y medianamente fracturado. Los datos de yacencia que presentan 116/26SW.

- **Calicata 2**

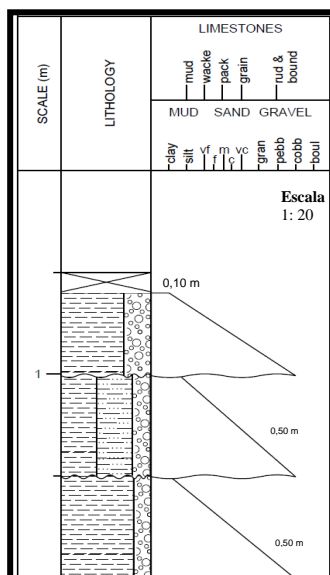
**Figura 23.** Calicata N. 2. Parroquia San Sebastián de Sígsig, barrio: Zhotor Alto



Nota: Elaborado por: La Autora (2023)

La Calicata 2 se localiza en la Parroquia San Sebastián de Sigsig, barrio: Zhotor Alto, en un sector específico donde anteriormente no ha sido removido por el ser humano, en las coordenadas tomadas en DATUM/WGS84: x:744381,39; y: 96585228,59; z:2515 m.s.n.m.

**Figura 24.** Columna de la calicata N. 2 de la Unidad Altar Urco



Nota: Elaborado por: La Autora (2023)

La columna estratigráfica de la Calicata 2 se ubica en un sector donde no existía información litológica, se elaboró la calicata dentro de la formación de Unidad Alta Urco, compuesta de flujos de lava y brechas volcánicas, sin embargo en campo se verificó que la litológica estaba compuesto por materiales altamente meteorizados, por lo que la calicata nos corrobora información de esta zona, en donde se indica que la disposición de los estratos está formada por materiales sedimentarios siguiendo el siguiente orden: primera capa de 0.10 m de cobertura vegetal de coloración marrón oscura, la segunda capa se compone de 70% arcillas con una coloración café y 30% de detritos de rocas ígneas extrusivas altamente meteorizadas, por lo que no se pueden reconocer sus minerales, sin embargo se identifica minerales: micas y piroxenos, poseen una coloración blanquecina; con una altura de 0.40 m, con mediana plasticidad, con contenido de humedad húmedo, su compactación natural es media y es de origen de rocas volcánicas y depósitos cuaternarios. La tercera capa se compone de 40% de arcillas y 40% limos de coloración amarillenta y con 20% de detritos de rocas ígneas extrusivas altamente meteorizadas, con una altura de 0.50 m, con baja plasticidad, con contenido de humedad húmedo, su compactación natural es media y es de origen es de rocas volcánicas y depósitos cuaternarios. Y la cuarta capa se compone de 80% de arcillas de coloración amarillenta y 20% de detritos de rocas ígneas extrusivas altamente

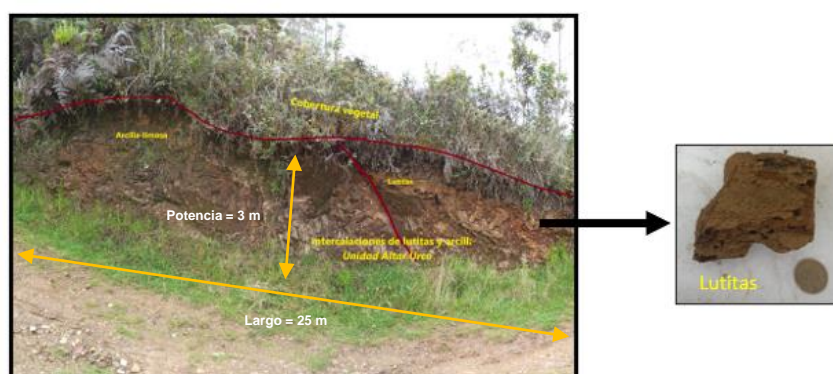
meteorizadas, con una altura de 0.50 m, con baja plasticidad, con contenido de humedad húmedo, su compactación natural es media y es de origen es de rocas volcánicas y depósitos cuaternarios

En base a la interpretación con respecto al mapa litológico los materiales encontrados en la zona de estudio coinciden con la litología compuesta de Bloques y cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa, mencionando que la geología regional menciona que en la zona hay flujos de lavas y brechas volcánicas, por lo que se interpreta que los materiales están altamente meteorizados, encontrándose solamente depósitos cuaternarios con una alta potencia, por lo que se expresa que las rocas volcánicas puede encontrarse a mayor profundidad.

#### 6.1.1.3.3. Intercalaciones de lutitas y arcillolita

- **Afloramiento 2. Ubicación: Barrio Curin Alto, parroquia San Sebastián de Sígsg; x:746887.16, y: 9662802.78: z: 2822.70.**

**Figura 25.** Afloramiento perteneciente a la Unidad Altar Urco por el barrio Satunsaray



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

Se ubica en la microcuenca Pucalá se extiende por la vía para el barrio Curín Alto, en el margen este del deslizamiento que se encuentra en la microcuenca, al nor-oeste de la parroquia San Sebastián de Sígsg.

El afloramiento es de origen artificial intervenido antrópicamente con el fin de la abertura de un camino de herradura que conduce a zonas ganaderas y a la subestación de agua. Tiene un relieve medio, con vegetación de tipo matorral en la cabecera del afloramiento con un espesor de 1 m. Se compone por un por materiales altamente meteorizados, compuesto de material arcillolita con óxidos, compuesto por lutitas laminadas y delgadamente estratificadas

de coloración blanquecina; el afloramiento se encuentra medianamente compactado, medianamente meteorizados y altamente fisurados. Los datos de yacencia que presentan 264/6NE.

- **Calicata 3**

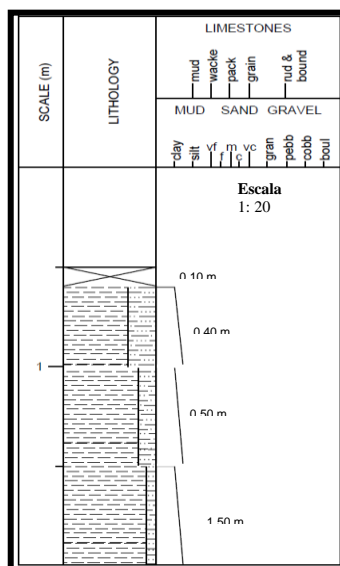
**Figura 26.** Calicata N. 2. Parroquia San Sebastián de Sígsg, barrio: Chobshi



Nota: Elaborado por: La Autora (2023)

La Calicata 3 se localiza en la parroquia de San Sebastián de Sígsg, en el barrio Chobshi, en las coordenadas tomadas en DATUM/WGS84: x: 744637,04; y: 9663535,51; z: 2728 m.s.n.m. Zona 17 S.

**Figura 27.** Columna de la calicata N. 3 de la Unidad Altar Urco



Nota: Elaborado por: La Autora (2023)

La columna estratigráfica de la Calicata 3 se ubica en un sector donde no existe información litológica, se elaboró la calicata dentro de la formación Unidad Altar Urco, compuesta de flujos de lava y brechas volcánicas, sin embargo en campo se verificó que la litológica está compuesto por materiales altamente meteorizados, por lo que la calicata nos corrobora información de esta zona, en donde se indica que la disposición de los estratos está formada por materiales



sedimentarios siguiendo el siguiente orden: primera capa de 0.10 m de cobertura vegetal de coloración marrón oscura, la segunda capa se compone de 70% arcillas y 30% de limos, con una coloración café-rojiza con una altura de 0.40 m, con mediana plasticidad, con contenido de humedad húmedo, su compactación natural es media y es de origen de depósitos cuaternarios. La tercera capa se compone 80% arcillas y 20% de limos, con una coloración café-rojiza, con una altura de 0.50 m, con alta plasticidad, con contenido de humedad húmedo, su compactación natural es alta y es de origen es de depósitos cuaternarios. Y la cuarta capa se compone de 90% arcillas y 10% de limos, con una coloración café-rojiza, con una altura de 0.50 m, con alta plasticidad, con contenido de humedad húmedo, su compactación natural es alta y es de origen es de depósitos cuaternarios.

#### **6.1.1.4. Depósito coluvial (Qc).**

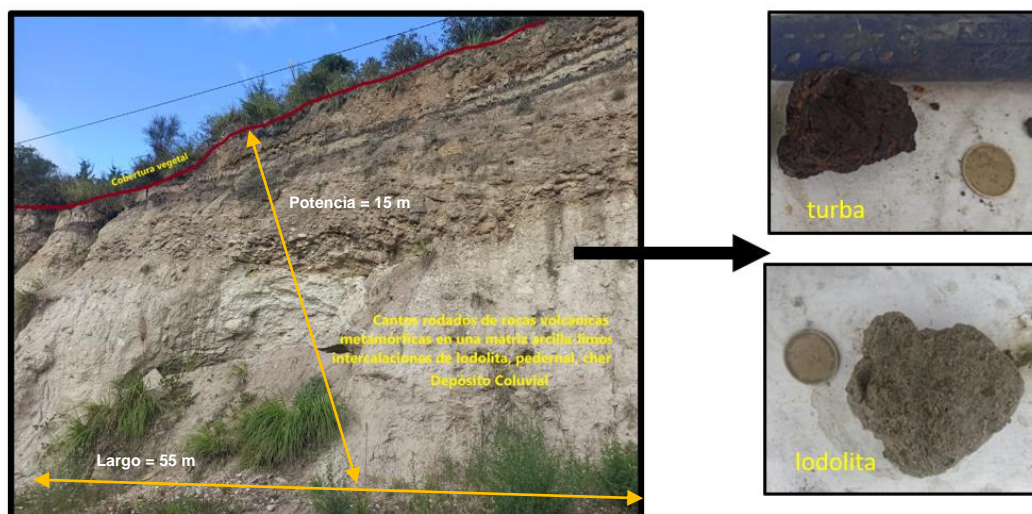
El Depósito Coluvial data del cuaternario, es resultado del transporte gravitacional de movimientos en masa antiguos, se ha encontrado: cantos subredondeados de rocas volcánicas, fragmentos subangulares de rocas metamórficas en una matriz arcillo-limosa con altos contenidos de óxidos, en otras zonas se encontraron intercalaciones de rocas sedimentarias de: lutitas, pedernal, chert, lodolita y turba.

Dentro de la formación de Depósito coluvial se encontró la presencia de 1 litología: Cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa, con intercalaciones de lodolita, pedernal, chert, turba.

##### ***6.1.1.4.1. Cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa, con intercalaciones de lodolita, pedernal, chert, turba.***

- **Afloramiento 10. Ubicación: barrio Toctehuayco, parroquia San Sebastián de Sígsg; x:744799.97; y: 9665031.37; z: 2652.45.**

**Figura 28.** Afloramiento perteneciente a la formación Depósito Coluvial por el barrio Toctehuayco



Nota: Elaborado por: La Autora (2023)

Se ubica en el margen derecho de la vía Colectora Gualaceo-Gualaquiza (E594), en el barrio Toctehuayco en dirección al barrio Piblia, se encuentra al nor-este de la parroquia San Sebastián de Sigsig.

El afloramiento es de origen artificial intervenido antrópicamente con el fin de la abertura para la vía de primer orden E594. Tiene un relieve alto, con vegetación de tipo matorral en la cabecera del afloramiento con un espesor de 1m.

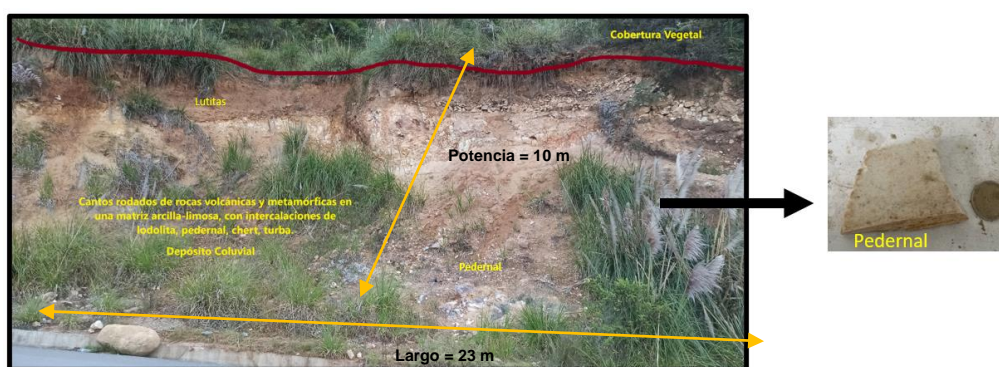
Se compone por un depósito coluvial antiguo, está depositado por estratos de cantos rodados en una matriz arcilla-limoso, con intercalaciones de rocas sedimentarias: chert, limos de coloración grisácea y lodolita de coloración grisácea.

El primer estrato se compone de cantos subredondeados de rocas volcánicas de tipo diorita de una coloración grisácea con cristales de hornblenda, piroxenos y plagioclasas con diámetros de 1-5 cm, y riolita porfírica de coloración morada con minerales de plagioclasas y caolín con diámetros de 5 a 10 cm en una matriz arcilla-limoso de coloración amarillenta con alto contenido de óxido de hierro. Continúa con un estrato de Chert de una coloración negra, con alto contenido de sílice, posterior se encuentra un estrato de materiales limosos de una coloración grisácea de grano medio fino. Seguidamente se deposita materiales compuesto cantos subredondeados de rocas volcánicas de tipo diorita de una coloración grisácea con cristales de hornblenda de coloración rojiza, los cantos alcanzan un diámetro de 5-10 cm, en una matriz arcilla limosa con concentración alta de óxido de hierro. Finalmente se depositan rocas lodolita de coloración blanquecina, con formación de cárcavas.

El afloramiento se encuentra medianamente meteorizado, medianamente compactado y altamente fracturado. Los datos de yacencia que presentan son 122/32SW.

- **Afloramiento 60. Ubicación: barrio: Satunsaray, parroquia Cutchil; x: 744175.28; y:9658152.13; z:2768.90.**

**Figura 29.** Afloramiento perteneciente a la formación Depósito Coluvial por el barrio Satunsaray



Nota: Elaborado por: La Autora (2023)

Se ubica en el barrio Satunsaray, en el margen derecho de la vía de primer orden Colectora Gualaceo-Gualaquiza (E594), se encuentra al sur-este de la parroquia Cutchil

El afloramiento es de origen artificial intervenido antrópicamente con el fin de la abertura para la vía de primer orden. Tiene un relieve bajo, con vegetación de tipo matorral en la cabecera del afloramiento con un espesor de 1.2m.

Se compone por un depósito coluvial antiguo con cantos de rocas volcánicas de tipo riolita porfirítica de una coloración grisácea con fenocristales de coloración negra siendo minerales principales caolín y plagioclasas, alcanzando un diámetro de 10 a 20cm, con matriz arcilla limosa de coloración amarillenta con contenido medio de óxido de hierro. Con intercalaciones de lutitas estratificadas de coloración amarillenta y pedernal blanco altamente silicificado. El afloramiento se encuentra medianamente meteorizado, medianamente compactado y medianamente fracturado. Los datos de yacencia se representan 56/36SE.

- **Calicata 1**

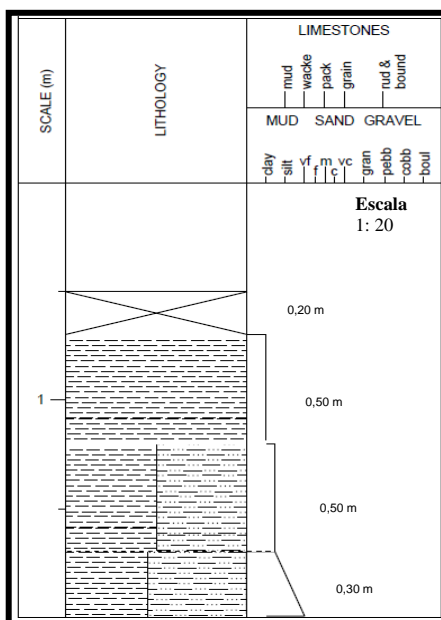
**Figura 30.** Calicata N. 1. Parroquia Cutchil, barrio: Satunsaray



Nota: Elaborado por: La Autora (2023)

La Calicata 1 se localiza en la parroquia de Cutchil, en el barrio Satunsaray en un sector específico donde anteriormente no ha sido removido por el ser humano, en las coordenadas tomadas en DATUM/WGS84: x:746992,74; y: 9665647,32; z:2950 m.s.n.m.

**Figura 31.** Columna de la calicata N. 1 de la formación Depósito Coluvial.



Nota: Elaborado por: La Autora (2023)

La columna estratigráfica de la Calicata 1 se ubica en un sector donde no existe información litológica, se elaboró la calicata dentro de la formación de Depósito Coluvial, indicándose que la disposición de estratos está formada por materiales sedimentarios siguiendo el siguiente orden: primera capa de 0.20 m de cobertura vegetal de coloración marrón oscura, la segunda capa se compone de arcillas de coloración café con una altura de 0.30 m, con media plasticidad, con contenido de humedad húmedo, su compactación natural es media y es de origen coluvial de depósitos cuaternarios. La tercera capa se compone de 50% de arcillas y 50% limos de coloración amarillenta con una altura de 0.50 m, con baja plasticidad, con contenido de humedad húmedo, su compactación natural es media y es de origen coluvial de depósitos cuaternarios. Y la cuarta capa

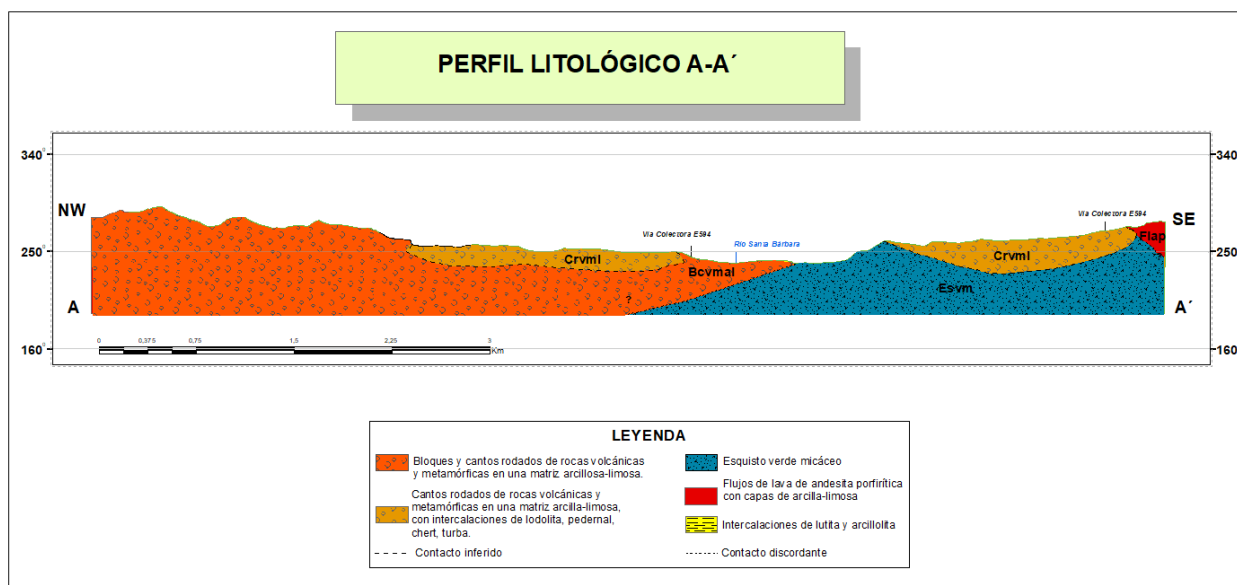
se compone de 45% de arcillas y 55% de limos de coloración amarillenta con una altura de 0.50 m, con baja plasticidad, con contenido de humedad húmedo, su compactación natural es media y es de origen coluvial de depósitos cuaternarios.

En base a la interpretación con respecto al mapa litológico los materiales encontrados en la zona de estudio coinciden con la litología compuesta de depósitos coluviales, que se encuentran dentro de la formación de depósitos cuaternarios, lo cual nos indica claramente que el espesor de estos depósitos tiene una significativa potencia.

Finalmente, al analizar el mapa geológico regional en campo se confirma que los materiales encontrados en la zona de estudio coinciden con la litología compuesta regionalmente, encontrando la litología de las Unidades El Pan y Alao-Paute compuestas de rocas metamórficas y del Depósito coluvial, sin embargo, se menciona que en la unidad Altar Urco se encontraron materiales altamente meteorizados y solamente se ubicó los flujos de lava en un sector específico del mapa, por lo que se deduce que las rocas volcánicas sanas se pueden encontrar a mayor profundidad. (Ver Anexo 3)

### 6.1.1.5. Perfiles litológicos

**Figura 32.** Perfil litológico “A” de las zonas urbanas de las parroquias San Sebastián de Sígsg, Guel y Cutchil.



Nota: Elaborado por: La Autora (2023)

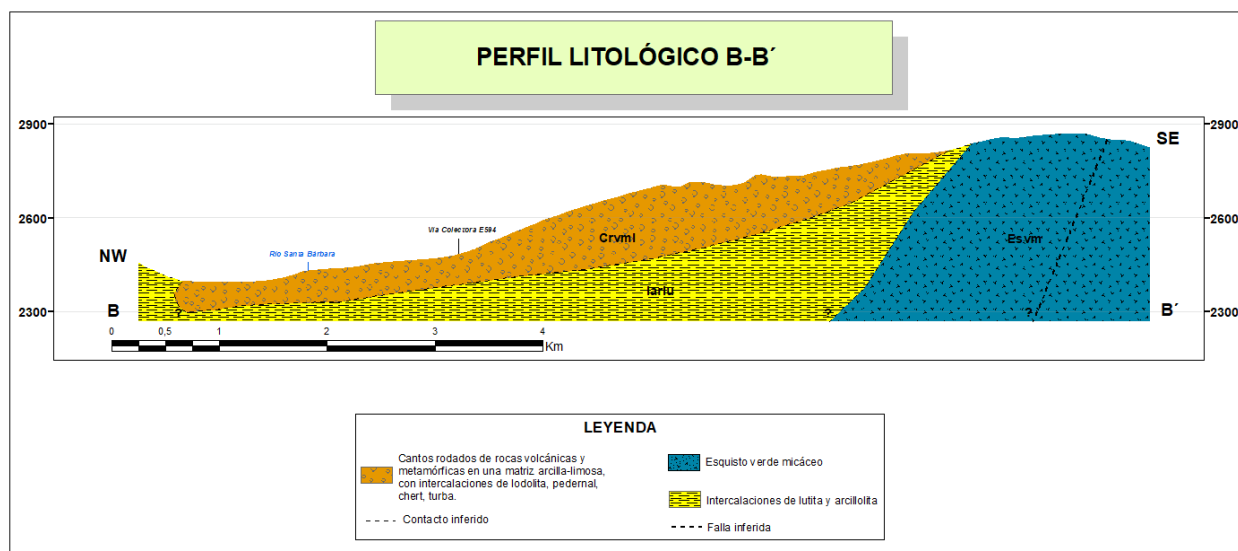
#### 6.1.1.5.1. Perfil litológico A-A'

El perfil litológico A-A' tiene una dirección NW-SE con una longitud topográfica 9936,22 m. Se compone como basamento Esquisto verde micáceo de edad Jurásica, seguidamente se

deposita la litología compuesta por bloques y cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa, que se deposita a una aproximación de 1700 m de profundidad, de edad Eoceno, considerado como un material altamente meteorizado, desconociendo su profundidad de meteorización; de igual manera se deposita la litología de flujos de lavas de andesita porfirítica, con capas de arcilla-limosa que de igual forma tienen una profundidad aproximada de 1700 m, de edad Eocena. Finalmente se depositan los cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa, con intercalaciones de lodolita, pedernal, chert, turba, posee una profundidad aproximada de 120 m, de edad cuaternaria.

#### 6.1.1.5.1. Perfil litológico B-B´

**Figura 33.** Perfil litológico “B” de las zonas urbanas de las parroquias San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil.



Nota: Elaborado por: La Autora (2023)

El perfil litológico B-B´ tiene una dirección NW-SE con una longitud topográfica 3235,35 m. Se compone como basamento Esquisto verde micáceo de edad Jurásica, que atraviesa una falla inferida que tiene una dirección inferida de buzamiento SW; seguidamente se compone de una litología compuesta por intercalaciones de lutitas y arcillolita, que se deposita a una aproximación de 1700 m de profundidad, de edad Eoceno, considerado como un material altamente meteorizado, desconociendo su profundidad de meteorización. Finalmente, se depositan la litología de cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa, con intercalaciones de lodolita, pedernal, chert, turba, posee una profundidad aproximada de 120 m, de edad cuaternaria.

**Tabla 12. Información de Litología en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sigsig, Guel y Cutchil**

Formación geológica	Litología	Código	Área (Km <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
Unidad Alao-Paute	Esquisto verde micáceo	Esvm	2,92	9,21
	Esquisto verde micáceo con vetillas de cuarzo	Esvmz	0,55	1,74
Unidad El Pan	Esquisto moscovítico con granos de calcio	Esmca	0,17	0,54
Unidad Altar Urco	Flujos de lavas de andesita porfírica, con capas de arcilla-limosa	Flap	1,11	3,50
	Bloques y cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa.	Bcvml	12,74	40,19
	Intercalaciones de lutitas y arcillolita	Ilal	0,74	2,33
Depósito Coluvial	Cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa, con intercalaciones de lodolita, pedernal, chert, turba	Crvml	13,47	42,49

### 6.1.1.6. Caracterización de la variable de litología

**Tabla 13. Caracterización de la variable de litología**

Formación geológica	Litología	Caracterización
Unidad Alao-Paute	Esquisto verde micáceo	Rocas metamórficas foliadas, medianamente meteorizadas, con fisuras sin relleno, con baja porosidad, alta resistencia a la edafización y mediano contenido de óxido de hierro. Con una capa fina de arcillas plásticas. En el caso de tener altas precipitaciones, el material no se satura, sin embargo, se identifica que las rocas tienden a agrandar el espaciamiento entre sí.
	Esquisto verde micáceo con vetillas de cuarzo.	Rocas metamórficas foliadas, altamente meteorizadas, con fisuras con relleno de cuarzo, con baja porosidad, mediana resistencia a la edafización y alto contenido de óxido de hierro. Con una capa fina de arcillas plásticas. Está expuesto a una falla inferida con dirección 32° SW. En el caso de tener altas precipitaciones, el material no se satura, sin embargo, se identifica que las rocas tienden a agrandar el espaciamiento entre sí.
Unidad El Pan	Esquisto moscovítico con granos de calcio	Rocas foliadas, medianamente meteorizadas, con fisuras con relleno de calcio, con baja porosidad, mediana resistencia a la edafización y contenido medio de óxido de hierro. Con una capa fina de arcillas plásticas. En el caso de tener altas precipitaciones, la matriz arcilla-limosa se satura de agua y se desplaza hacia la dirección SE. En el caso de tener altas precipitaciones, el material no se satura, sin embargo, se identifica que las rocas tienden a agrandar el espaciamiento entre sí.
Unidad Altar Urco	Flujos de lava de andesita porfírica con capas de arcilla-limosa	Flujo de lava de rocas volcánicas con textura porfírica, medianamente meteorizada, baja porosidad, media resistencia a la edafización. Dirección del flujo SW. En el caso de tener altas precipitaciones, el material no se satura, sin embargo, se identifica que las rocas tienden a agrandar el espaciamiento entre sí.
	Bloques y cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa.	Rocas volcánicas y metamórficas medianamente meteorizadas en proceso de descomposición. La matriz arcilla-limosa presenta alta porosidad, baja resistencia a la

		edafización, es expansiva y cohesiva, fisurada, capacidad de permeabilidad alta, medianamente húmeda y con contenido medio de óxido de hierro. En el caso de tener altas precipitaciones, la matriz arcilla-limosa se satura de agua y se desplaza hacia la dirección SW.
	Intercalaciones de lutitas y arcillolita	Rocas sedimentarias, medianamente fisuradas presenta alta porosidad, baja resistencia a la edafización, es expansiva y cohesiva, capacidad de permeabilidad alta, medianamente húmedas y con contenido alto de óxido de hierro. En el caso de tener altas precipitaciones, el material se satura de agua y se desplaza hacia la dirección SE.
Depósito Coluvial	Cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa, con intercalaciones de lodolita, pedernal, chert, turba.	Rocas volcánicas y metamórficas medianamente meteorizadas en proceso de descomposición, se encuentran en una matriz arcilla-limosa presenta alta porosidad, fisuras, baja resistencia a la edafización, son expansivos y cohesivos, capacidad de permeabilidad alta, medianamente húmedas y con medio contenido de óxido de hierro. Intercalación de rocas sedimentarias con estratificación maciza diamétrica y métrica de rocas de lodolita, pedernal, chert y turba. En el caso de tener altas precipitaciones, la matriz arcilla-limosa se satura de agua y se desplaza hacia la dirección SE.

### 6.1.2. Pendientes

El mapa de pendientes se generó a partir del Modelo Digital de Terreno del área de estudio, utilizando la clasificación de pendientes establecidas por Demek (Ver Anexo 4). En la siguiente tabla se explica la representación de información de las pendientes:

**Tabla 14.** Información de las Pendientes en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sigsig, Guel y Cutchil

Término de la pendiente	Categoría (°)	Área (Km <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
Ligeramente inclinado	0-5	2,04	6,43
Fuertemente inclinado	5-15	11,01	34,73
Muy inclinado	15-35	15,79	49,81
Empinado	35-55	2,70	8,50
Vertical	>55	0,16	0,51

Las pendientes ligeramente inclinadas con una categoría entre 0-5° posee un área de 2,04 km<sup>2</sup>, representando el 6,43% del área de estudio, su mayor distribución se encuentra en la zona sur oeste y este del área de estudio. Por otro lado, las pendientes fuertemente inclinadas tienen una categoría de 5-15° posee un área de 11,01 km<sup>2</sup>, representando el 34,73% del área de estudio, la distribución de esta categoría se distribuye por toda el área de estudio, a excepción de las zonas Sayarin y Tahual. Con respecto a las pendientes muy inclinado tienen una categoría de 15-35° posee un área de 15.79 km<sup>2</sup>, representando el 49,81% del área de estudio, siendo la terminología con mayor distribución en toda el área de estudio. El término de pendiente empinado tiene una categoría de 35-55° posee un área de 2,70 km<sup>2</sup>,



representando el 8,50 % del área de estudio, posee una mayor distribución en la zona nor-oeste y sur, en las poblaciones Guandug, Chobshi y Shabalula. Finalmente, la terminología de pendiente vertical tiene una categoría  $> 55^\circ$  posee un área de  $0.16 \text{ km}^2$ , representando el 0.51 % del área de estudio, indicándose que es la categoría con menor distribución en las parroquias, se manifiesta que su ubicación se encuentra en el nor-oeste del área en el cual se ubica el río Santa Bárbara.

### 6.1.2.1. Caracterización de la variable de pendientes

**Tabla 15.** Caracterización de la variable de litología

Término de la pendiente	Categoría (°)	Caracterización
Ligeramente inclinado	0-5	Pendientes donde es muy baja la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos, debido a que la inclinación no provoca que el material se desplace ladera abajo.
Fuertemente inclinado	5-15	Pendientes donde es baja la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos, debido a que la inclinación no provoca que el material se desplace ladera abajo.
Muy inclinado	15-35	Pendientes con mayor probabilidad de ocurrencia de deslizamiento, debido a que la inclinación provoca que el material se desplace ladera abajo.
Empinado	35-55	Pendientes con probabilidad de ocurrencia de deslizamiento, debido a que la inclinación provoca que el material se desplace ladera abajo.
Vertical	$>55$	Pendientes con cierta probabilidad de ocurrencia de deslizamiento, debido a que la inclinación provoca que el material se desplace ladera abajo.

### 6.1.3. Geomorfología

Para la zonificación de la geomorfología en zonas urbanas parroquias San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil, se realizó tomando en consideración los parámetros de morfogénesis, morfología y morfometría; en base a la correlación de factores ya determinados: mapa de pendiente, mapa de litología, mapa de cobertura vegetal en el software ArcGis 10.5 y con el uso del software ArcScene se empleó la información del mapa de sombreado en 3D y las ortofotos; con el fin de obtener las unidades geomorfológicas, también se tomó como referencia la Memoria Técnica del Cantón Sígsig para relacionar los diferentes procesos geodinámicos y origen de las unidades geomorfológicas.

En base al catálogo de descriptivo de objetos geomorfológicos del Ecuador, en las zonas urbanas de las parroquias San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil, se obtuvieron las unidades genéticas de: Tectónico Erosivo, Deposicional o Acumulativo, Denudativo. (Ver Anexo 2).

Finalmente, tras la determinación de las geoformas en gabinete se realizó la salida técnica en campo para la verificación de las geoformas, considerando 25 puntos de validación con su respectivo registro fotográfico para corroborar dicha información.

### 6.1.3.1. Geoformas

#### 6.1.3.1.1. Origen: Tectónico Erosivo.

- **Relieve colinado muy alto**

Esta unidad geomorfológica se encuentra ubicada al nor-oeste y sur-este del polígono de estudio, sus principales características morfométricas son: forma de la cima: aguda, forma de la vertiente: rectilínea, pendiente desde media (25 - 40%) hasta muy fuerte (70 - 100%), desnivel relativo de 200 a 300 metros, y una longitud de la vertiente mayor a 250 metros. Además, es relevante mencionar que se encuentra representado con un área aproximada de 5.28 km<sup>2</sup>, los poblados que se encuentran ubicados sobre el relieve en mención son: Rumimachay, Quinchote, Piblia y Rurcag. Las formaciones geológicas en donde se encuentran este tipo de relieves son: Unidad Alao Paute, Depósito Coluvial y Unidad El Pan. }

**Figura 34.** *Relieve colinado muy alto, sector Panzha*



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

**Figura 35.** *Relieve colinado muy alto, sector Tahual*



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

**Figura 36.** *Relieve colinado muy alto, sector Rumimachay*



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

- **Relieve colinado alto**

Esta unidad geomorfológica se encuentra ubicada al este y sur del polígono de estudio, sus principales características morfométricas son: forma de la cima: aguda, forma de la vertiente: rectilínea, pendiente desde 25 - 70%, desnivel relativo de 100 a 200 metros, y una longitud de la vertiente de 250 a 500 metros. Además, es relevante mencionar que se encuentra representado con un área aproximada de 5,28 km<sup>2</sup>. Las formaciones geológicas en donde se encuentran este tipo de relieves son: Unidad Alao Paute, Depósito coluvial y Unidad Altar Urco.

**Figura 37.** *Relieve colinado alto, sector Alcacay*



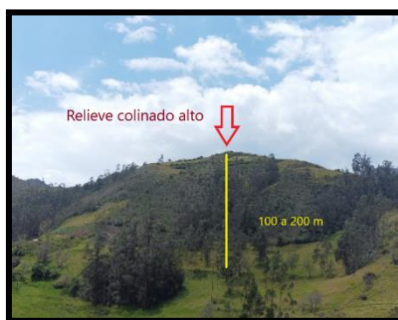
*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

**Figura 38.** *Relieve colinado alto, sector Curin Alto*



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

**Figura 39.** *Relieve colinado alto, sector Sitsay*

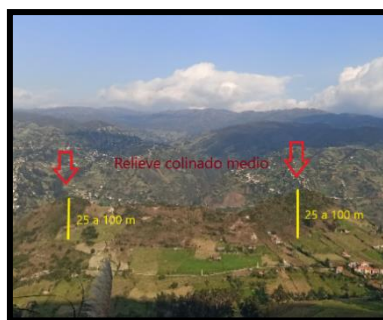


*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

- **Relieve colinado medio**

Esta unidad geomorfológica se encuentra distribuida en gran parte de la superficie del área de estudio, sus principales características morfométricas son: forma de la cima: aguda o redondeada, forma de la vertiente: cóncava, convexa o rectilínea, pendiente desde media (25 - 40%) hasta fuerte (40 - 70%), desnivel relativo de 25 a 100 metros, y una longitud de la vertiente de 50 a 250 metros. Además, es relevante mencionar que se encuentra representado con un área aproximada de 10,14 km<sup>2</sup>, en donde Chacopamba, Tasqui, Toctehuayco entre otros, son los poblados que se encuentran ubicados sobre el relieve en mención. Las formaciones geológicas en donde se encuentran este tipo de relieves dentro del cantón Sigsig son: Unidad Altar Urco y Depósito Coluvial.

**Figura 40.** *Relieve colinado medio, sector Guel*



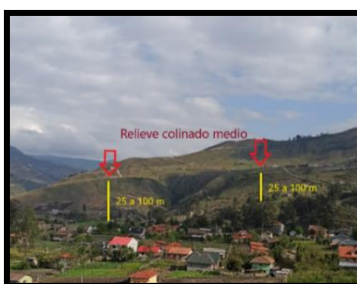
*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

**Figura 41.** Relieve colinado medio, sector Zhotor Alto



Nota: Elaborado por: La Autora (2023)

**Figura 42.** Relieve colinado medio, sector Pucallpa



Nota: Elaborado por: La Autora (2023)

- **Vertiente abrupta (Vab)**

Esta unidad geomorfológica se encuentra distribuida en la parte nor-este de la superficie del área de estudio, sus principales características morfométricas son: forma de la vertiente: rectilínea, pendiente: desde fuerte (40 - 70%) a muy fuerte (70 - 100%), un desnivel relativo predominante de 50 a 300 metros, y una longitud de la vertiente de los 50 hasta los 500 metros. Además, es importante mencionar que se encuentra representado con un área aproximada de 0.35km<sup>2</sup>. La formación geológica la cual se encuentran sobre este tipo de representación del terreno es Depósito Coluvial.

**Figura 43.** Vertiente abrupta, sector Chobshi



Nota: Elaborado por: La Autora (2023)

**Figura 44.** Vertiente abrupta, sector Chobshi



Nota: Elaborado por: La Autora (2023)

**Figura 45.** Vertiente abrupta, sector Shabalula

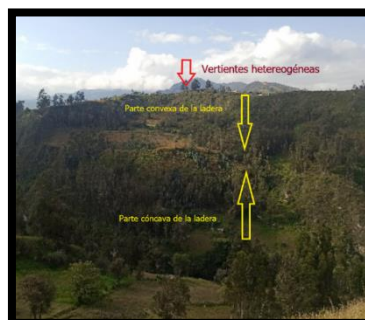


Nota: Elaborado por: La Autora (2023)

- **Vertiente heterogéneas**

Esta unidad geomorfológica se encuentra distribuida en la parte nor-este de la superficie del área de estudio, sus principales características morfométricas son: forma de la vertiente: rectilínea, convexa y cóncava, pendiente: desde media (25% - 35%) hasta fuerte (35 - 40%), un desnivel relativo predominante de 50 a 100 metros, y una longitud de la vertiente de los 50 hasta los 200 metros. Además, es importante mencionar que se encuentra representado con un área aproximada de 1.07km<sup>2</sup>. La formación geológica la cual se encuentran sobre este tipo de representación del terreno es Depósito Coluvial y Unidad Altar Urco.

**Figura 46.** Vertiente heterogénea, sector Shabalula



Nota: Elaborado por: La Autora (2023)

**Figura 47.** *Vertiente heterogénea, sector Pitagma*



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

**Figura 48.** *Vertiente heterogénea, sector Toctehuayco*



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

#### 6.1.3.1.2. *Origen denudativo.*

- **Coluvión antiguo (Can)**

Esta unidad geomorfológica se encuentra distribuida en gran parte de la superficie cantonal, sus principales características morfométricas son: forma de la vertiente: convexa, pendiente: desde media (12 - 25%) a media-fuerte (25 - 40%), un desnivel relativo predominante de 15 a 50 metros, y una longitud de la vertiente de los 50 hasta los 250 metros. Además, es relevante mencionar que se encuentra representado con un área aproximada de 9.77 km<sup>2</sup>, en donde se encuentran asentados los siguientes poblados: San Sebastián de Sígsg, Guel, Cutchil, Zhimbrug, entre otros. Los Depósitos Coluviales es la formación sobre la cual se encuentran este tipo de representación del terreno.

**Figura 49.** *Coluvión antiguo, sector Cutchil*



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

**Figura 50.** Coluvión antiguo, sector Quimandel



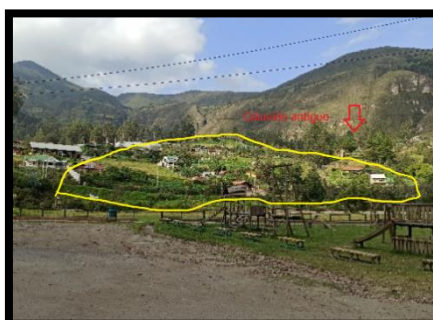
Nota: Elaborado por: La Autora (2023)

**Figura 51.** Coluvión antiguo, sector Guel



Nota: Elaborado por: La Autora (2023)

**Figura 52.** Coluvión antiguo, sector playas de Zhingate



Nota: Elaborado por: La Autora (2023)

### 6.1.3.1.3. Origen: Depositional o acumulativo.

- **Terraza media**

Esta unidad geomorfológica se encuentra representada en la parte sur del área de estudio, sus principales características morfométricas son: pendiente muy suave (2 - 5%), y un desnivel relativo de 0 a 5 metros. Además, es relevante mencionar que se encuentra representado con un área aproximada de 0.35 km<sup>2</sup>, ubicándose en las orillas del río Santa Bárbara.



**Figura 53.** *Terraza media, sector Tricos*



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

**Figura 54.** *Terraza media, sector Curuncay*



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

**Figura 55.** *Terraza media, sector Mal Paso*



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

**Figura 56.** *Terraza media, sector Tasqui*



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

• **Garganta**

Esta unidad geomorfológica se encuentra representada en la parte norte del área de estudio, sus principales características morfométricas son: pendiente muy medias (35- 55%) hasta muy fuerte (55-100%) y un desnivel relativo de > 15 metros. Además, es relevante mencionar que se encuentra representado con un área aproximada de 0.07 km<sup>2</sup>, se ubica entre una quebrada. La Unidad Altar Urco y Depósito Coluvial son la formación sobre la cual se encuentran este tipo de representación del terreno.

**Figura 57.** Garganta, sector Pucallpa



Nota: Elaborado por: La Autora (2023)

- **Depósito de deslizamiento**

Esta unidad geomorfológica se origina a consecuencia de deslizamientos que se han originado en un solo o varios episodios de descarga, producto de la morfodinámica del sector. Esta unidad se ha determinado por medio de la elaboración del inventario de deslizamientos.

**Figura 58.** Depósito de deslizamiento, sector Yanacocha



Nota: Elaborado por: La Autora (2023)

**Figura 59.** Depósito de deslizamiento, sector Pucalá



Nota: Elaborado por: La Autora (2023)

**Tabla 16.** Información de las Unidades Geomorfológicas en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sigsig, Guel y Cutchil

Unidad Genética	Unidad Geomorfológica	Código	Pendiente (°)	Desnivel (m)	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
Tectónico erosivo	Relieve Colinado muy Alto	Rcma	25-88,72	25-100	4,62	14,57
	Relieve Colinado Alto	Rca	25-70	200 a 300	7,29	23,00
	Relieve Colinado Medio	Rcm	25-40	100-200	9,66	30,47
	Vertiente Abrupta	Vea	40-88,72	50 a 300	0,35	1,10
	Vertiente Heterogénea	Veh	25-40	50-100	1,55	4,89
Denudativo	Coluvión Antiguo	Ca	12-15	15 a 50	7,76	24,48
Deposicional o acumulativo	Terraza media	Tem	2-5	0 a 5	0,36	1,14
	Garganta	Gar	55-88,72	>15	0,07	0,22
	Depósito de deslizamiento	Ded	2-88,72	100-300	0,04	0,13

### 6.1.3.2. Caracterización de la variable de geomorfología.

**Tabla 17.** Caracterización de la variable de geomorfología

Unidad Genética	Unidad Geomorfológica	Litología predominante	Caracterización
Tectónico erosivo	Relieve Colinado muy Alto	Bloques y cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa.	Geoformas que conserva rasgos evidentes de sus estructuras originales a pesar de ser afectadas por procesos erosivos, poseen pendientes altas que pueden afectar el volumen de las laderas, las cuales oscilan de 25 a 89° de pendiente. La probabilidad de ocurrencia de deslizamientos es alta por la inclinación y el tipo de material, que lo componen.
	Relieve Colinado Alto	Bloques y cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa.	Geoformas que han sido afectadas notablemente por procesos erosivos, los cuales conservan ciertos rasgos de su estructura original, poseen pendientes de 25 a 70° de pendiente. La probabilidad de ocurrencia de deslizamientos es alta por la inclinación y el tipo de material, que lo componen.
	Relieve Colinado Medio	Cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-	Geoformas que han sufrido procesos erosivos más fuertes, sin embargo, se evidencia que conservan pocos rasgos de la estructura original sus pendientes oscilan

Unidad Genética	Unidad Geomorfológica	Litología predominante	Caracterización
		limosa, con intercalaciones de lodolita, pedernal, chert, turba.	entre 25 a 40° de pendiente. La probabilidad de ocurrencia de deslizamientos es alta por la inclinación y el tipo de material, que lo componen.
	Vertiente Abrupta	Cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa, con intercalaciones de lodolita, pedernal, chert, turba.	Geoforma que tiene una forma casi vertical con pendientes que oscilan de 40 a 89°, las cuales se encuentran atravesadas por la red hídrica del río Santa Bárbara. Se evidencia una afectación mínima por procesos erosivos. La probabilidad de ocurrencia de deslizamientos es media por la pendiente y el tipo de material, que lo componen.
	Vertiente Heterogénea	Cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa, con intercalaciones de lodolita, pedernal, chert, turba.	Geoforma con pendientes que oscilan de 25 a 40°, se encuentra al final de las colinas, el cual posee perfiles de tipo cóncavo, convexo o rectilíneo. No se evidencia gran afectación por procesos erosivos, debido al uso de la cobertura vegetal. La probabilidad de ocurrencia de deslizamientos es media por la pendiente y el tipo de material, que lo componen.
Denudativo	Coluvión Antiguo	Cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa, con intercalaciones de lodolita, pedernal, chert, turba.	Geoforma formada por el desgaste de la superficie terrestre, identificándose que las zonas urbanas pobladas de las parroquias de San Sebastián de Sígsig, Cutchil y Guel se posicionan en esta zona, siendo una geoforma con pendientes de 12 a 15°, representando una inclinación baja para la generación de deslizamientos. La probabilidad de ocurrencia de deslizamientos es baja por la inclinación y el tipo de material, que lo componen.
Deposicional o acumulativo	Terraza media	Cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa, con intercalaciones de lodolita, pedernal, chert, turba.	Geoforma que resulta del transporte de agentes erosivos, los cuales se han depositados en pendientes relativamente bajas que oscilan de 2 a 5°, indicándose que en estas zonas la probabilidad de deslizamientos es baja. La probabilidad de ocurrencia de deslizamientos es baja por la inclinación y el tipo de material, que lo componen.
	Garganta	Bloques y cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa.	Geoforma que se caracteriza por tener relieves entre 55 a 88,72° de pendiente, se encuentra por medio de una quebrada. No posee erosión significativa, la cual demuestra una probabilidad baja para la generación de deslizamientos. La probabilidad de ocurrencia de deslizamientos es baja por la inclinación y el tipo de material, que lo componen.
	Depósito de deslizamiento	Cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa, con intercalaciones de lodolita, pedernal, chert, turba.	Geoformas producto de la geodinámica del terreno, donde se presentan deslizamientos que se encuentran en estado latente y activos. La probabilidad de ocurrencia de deslizamientos es alta por la pendiente y el tipo de material, que lo componen.

#### **6.1.4. Cobertura vegetal**

La Cobertura vegetal en las parroquias San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil, desempeña un factor importante en el estudio debido a su interacción entre los factores biótico y abióticos entre las parroquias, resultado del conjunto espacio-temporal de los elementos biológicos vegetales representativos, que intervienen al beneficio o afectación directa de la cobertura vegetal de la zona.

Ante ello dentro de las parroquias de estudio se han analizado cuatro tipos de coberturas que corresponden: cultivos permanentes, pastizal, vegetación herbácea, vegetación arbustiva, cuerpo de agua artificial y zona antrópica.

##### **6.1.4.1.Cultivos Permanentes.**

La cobertura vegetal de cultivos permanentes dentro de la zona de estudio se dedica a actividades agro representándose por cultivos de maíz, frejol, papa, cultivos de ciclo corto, variedad de hortalizas, manzana, tomate de árbol, mora y durazno. Se distribuye por todas las parroquias de las zonas de estudio.

**Figura 60.** *Cultivos permanentes, sector Rerón*



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

**Figura 61.** *Cultivos permanentes, sector Tasqui*



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

##### **6.1.4.2.Pastizal.**

La cobertura vegetal de tipo pastizal de la zona de estudio se caracteriza por la falta de manejo de parte de los habitantes; este tipo de cobertura se dedica principalmente a la

ganadería de producción de leche y en menor proporción para la producción de carne. El pasto principal que cultivan en las parroquias es el Ray-grass.

**Figura 62.** *Pastizal, sector Shabalula*



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

**Figura 63.** *Pastizal, sector Shotor alto*



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

#### **6.1.4.3. Vegetación herbácea.**

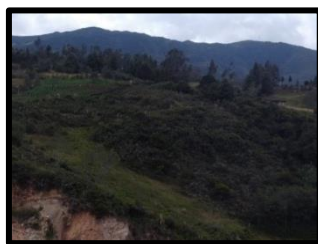
La vegetación herbácea dentro de las parroquias de estudio se demuestra que posee especies nativas no arbóreas, que no han tenido mayor intervención antrópica, en su mayoría crecen de forma natural sin necesidad de ser plantadas como Hesperomeles, Calamagrostis, Festuca, Cortadeira Nítida y Miconia.

**Figura 64.** *Vegetación herbácea , sector Yanacocha*



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

**Figura 65.** *Vegetación herbácea , sector Rascorral*



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

#### **6.1.4.4. Vegetación arbustiva.**

La vegetación arbustiva en la zona de estudio está dedicada en su mayoría a la plantación de pino, eucalipto que se encuentran en las riberas de los ríos, por otro lado, se encuentran arboles nativos de la zona rodamonte, huagramanza, pentacalia, clusia, entre otras especies nativas.

**Figura 66.** *Vegetación arbustiva, sector Chobshi*



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

**Figura 67.** *Vegetación arbustiva, sector Yanaocha*



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

#### **6.1.4.5. Cuerpo de agua.**

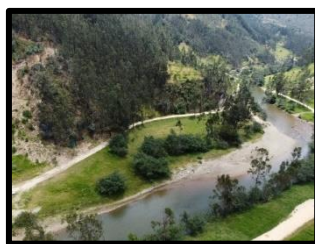
Dentro de la zona de estudio se encontraron cuerpos de agua artificiales que se dedican a la crianza de trucha, y cuerpos de agua de natural, considerando los ríos y quebradas siendo la cuenca hidrográfica del río Santa Bárbara la principal fuente hídrica.

**Figura 68.** *Cuerpo de agua, río Santa Bárbara.*



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

**Figura 69.** *Cuerpo de agua, sector Sitcay.*



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

#### **6.1.4.6. Área Poblada.**

Dentro de la zona de estudio se describen 3 zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil, encontrándose varios poblados dentro de los mismos, contemplando un total de 70 poblados dispersos dentro de las 3 parroquias.

**Figura 70.** *Área poblada, parroquia de Cutchil*



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

**Figura 71.** *Área poblada, parroquia de San Sebastián de Sígsig.*



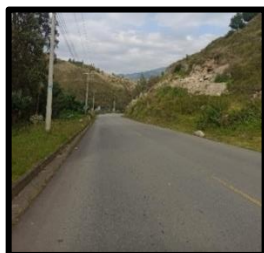
*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)



#### 6.1.4.7. Infraestructura vial.

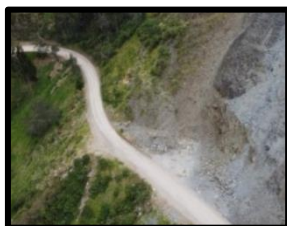
La zona de estudio cuenta con una vía principal E594 Vía Colectora Gualaceo-Gualaquiza, que cruza la parroquia de San Sebastián de Sígsig y llega hasta la parroquia de Cutchil, vías de segundo orden que conectan a la parroquia de Guel y vías de tercer orden que conectan a los sectores entre sí.

**Figura 72.** Infraestructura vial: Vía E594 Vía Colectora Gualaceo-Gualaquiza.



Nota: Elaborado por: La Autora (2023)

**Figura 73.** Infraestructura vial: Vía tercer orden, sector parroquia Guel.



Nota: Elaborado por: La Autora (2023)

A continuación, se presenta la tabla de resultados de la cobertura vegetal con su respectiva área y porcentaje. (Ver Anexo 5)

**Tabla 18.** Información de los Tipos de cobertura vegetal en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil

Cobertura vegetal	Código	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
Cultivos Permanentes	Culp	14,46	45,62
Pastizal	Past	5,78	18,23
Vegetación herbácea	Veghe	4,9	15,46
Vegetación arbustiva	Vegar	4,44	14,01
Cuerpo de agua	Cpa	0,33	1,04
Área Poblada	Arpo	1,11	3,50
Infraestructura vial	Infvi	0,68	2,15

Los cultivos permanentes son el tipo de cobertura vegetal con mayor porcentaje de extensión con un 45,62%, seguidamente la cobertura de pastizal con un 18,23%, posterior se encuentra vegetación herbácea que representando el 15,46%, sigue vegetación arbustiva con

14,01%, seguidamente se encuentra cuerpo de agua con 1,04%, posterior sigue área poblada que representa el 3,50%, finalmente la cobertura de infraestructura vial con un 2,15%.

#### 6.1.4.8. Caracterización de la variable de cobertura vegetal

**Tabla 19.** Caracterización de la variable de cobertura vegetal

<b>Cobertura vegetal</b>	<b>Caracterización</b>
Cultivos Permanentes	Zona donde continuamente se realizan cultivos de diversos tipos de alimentos, en el cual la afectación antrópica es evidente, debido a la constante remoción de la superficie terrestre que se realiza.
Pastizal	Zona dedicada a la actividad ganadera, se evidencia que existe una falta de manejo y cuidado de parte de los habitantes, el cual de manera antrópica se genera mayor erosión en las zonas.
Vegetación herbácea	Zonas donde han crecido especies nativas del sector de forma natural, el cual se encuentra sin mantenimiento y abandonadas.
Vegetación arbustiva	Zonas con abundancia de especies arbustivas, la cuales podrían ser un condicionante en el caso de ubicarse en ladera arriba, el cual aumentaría el peso de la ladera y el material llegaría a colapsar. Por otro lado, también existen especies que mantienen estables las laderas.
Cuerpo de agua	Áreas naturales y artificiales que provienen de fuentes hídricas de ríos, quebradas, cuerpos de agua para la piscicultura y cuerpos de agua destinados para reservorios.
Área Poblada	Zonas aparentemente seguras, debido a la organización territorial considerada para la construcción de viviendas, en la zona de estudio se encuentran 3 zonas céntricas pobladas y 73 zonas rurales donde se ubican pocas casas.
Infraestructura vial	Afectación directa provocada por la actividad antrópica, la cual puede desencadenar la generación de deslizamientos.

#### 6.1.5. Precipitación

Las precipitaciones en las parroquias: San Sebastián de Sígsg, Guel y Cutchil, presentan variaciones importantes, por ende, llega a ser un factor importante en la ocurrencia de deslizamientos en estas zonas, ya que cuando aumentan las precipitaciones en la zona de estudio, aumenta la probabilidad de una ocurrencia de deslizamientos, por lo que es importante considerar la intensidad de precipitaciones máximas registradas anuales en varias estaciones meteorológicas para obtener una mayor cantidad de información, en la tabla 16 se indican las estaciones meteorológicas utilizadas siendo estas: Sígsg, Cochapamba-Quingeo, El Pan, San Juan Bosco, San Miguel de Cuyes, Gima y Dj Palmar Gualaceo, considerando un período de 30 años desde el año 1989 al año 2019. (Ver Anexo 6).

**Tabla 20. Información de la Precipitación en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil**

Estación	Cod.	Prov.	X	Y	Z	Prec. (mm/año)
Sígsig	M424	Azuay	746065,45	9662811,48	2600	155.02
Cochabamba-Quingeo	M541	Azuay	731094,27	9667787,89	2760	77.61
El Pan	M416	Azuay	759378,10	9692006,88	2570	71.19
San Juan Bosco	M674	Morona Santiago	775519,90	9655555,87	1100	220.68
San Miguel de Cuyes	M670	Morona Santiago	752142,23	9630933,91	2080	130.92
Gima	M669	Azuay	727594,42	9646871,83	2770	104,93
Dj Palmar Gualaceo	MA69	Azuay	743983,53	9688011,31	2320	178.72

En el polígono de estudio solamente existe una estación meteorológica “Sígsig INAMHI”, que indica un valor de precipitación anual de 155.02 mm, las siguientes estaciones meteorológica se encuentran a diferentes distancias consideradas desde la ubicación de la estación meteorológica: la estación de Cochabamba-Quingeo se encuentra a 15.79 km de distancia, la estación de El Pan se ubica a 32,08 km de distancia, la estación de San Juan Bosco se encuentra a 30,31 km de distancia, la estación de San Miguel de Cuyes se ubica a 32,45 km de distancia, la estación de Gima se encuentra a 24,39 km de distancia y la estación de Dj Palmar Gualaceo se ubica a 25, 25 km de distancia.

Las precipitaciones se han clasificado en cinco categorías: el rango de 115.02-122.52 mm/anuales corresponde el 46.96% del territorio, es el rango con mayor porcentaje; seguidamente se encuentra el rango 122.52-130.02 mm/anuales con 32,48% de territorio, continua el rango de 130.02-137.51 mm/anuales con 14,97% del total del territorio, finalmente se encuentra el rango de 145.01-152.51 mm/anuales, que representa tan solo el 2,50% del territorio total.

**Tabla 21. Datos de las estaciones metereológicas**

Precipitaciones (mm)	Área (Km <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
115,02 - 122,52	14,25	44,96
122,52 - 130,02	10,30	32,48
130,02 - 137,51	4,74	14,97
137,51 - 145,01	1,62	5,11
145,01 - 152,51	0,79	2,49

## 6.2.Resultados del segundo objetivo

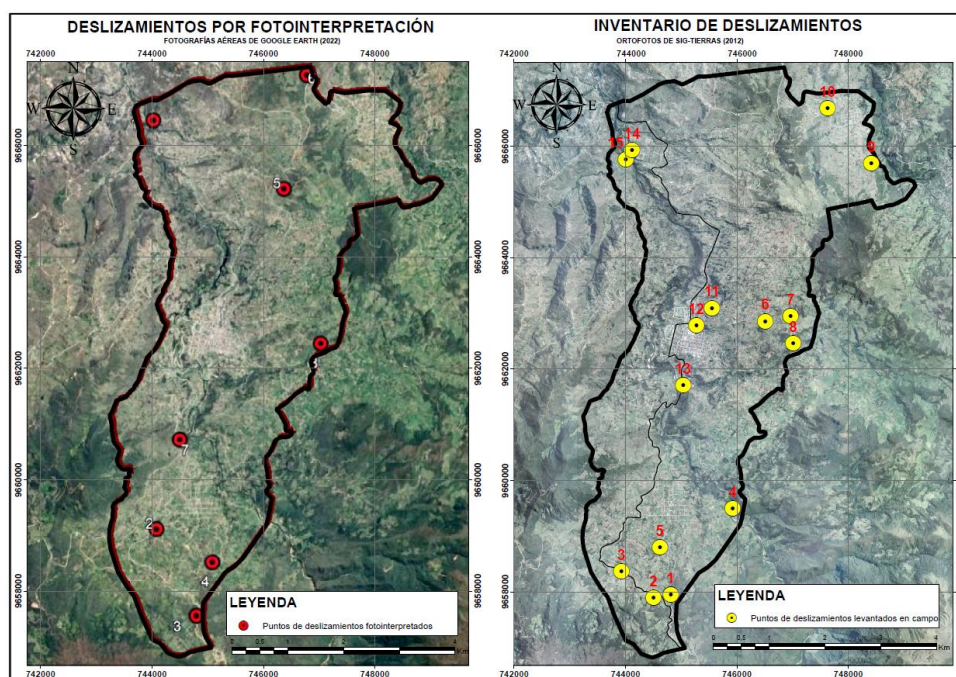
### “Elaborar el inventario de deslizamientos en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil, cantón Sígsig, provincia Azuay”

Para la elaboración del inventario de deslizamientos se consideró realizar una fotointerpretación con las imágenes satelitales obtenidas de Google Earth Pro, con el fin de

tener información previa para corroborar que los deslizamientos encontrados en gabinete, sean objeto de estudio en la fase de campo.

Para la descripción de cada deslizamiento descrita en campo se tomó como referencia los factores que intervienen en la generación de los mismos para identificar las características generales de cada uno. Usando el Drone DJI Mavic Mini 2 para obtener las dimensiones de ancho y longitud total de todos los deslizamientos encontrados en campo.

**Figura 74.** Deslizamientos fotointerpretados y el inventario de deslizamientos



*Nota.* a) Fotointerpretación de deslizamientos levantados en gabinete con el uso de las ortofotos a la escala de trabajo 1:10.000, serían 8 los posibles puntos de deslizamientos. b) Puntos del inventario de deslizamientos. Encontrados un total de 15 deslizamientos. Elaborado Por: La Autora (2023)

El levantamiento de información en gabinete con el uso de las imágenes satelitales de Google Earth Pro indican un total de 8 puntos de deslizamientos, los cuales fueron identificados en base al reconocimiento visual, las características del cambio de coloración, ausencia de vegetación con gran extensión y por registros históricos obtenidos del GAD Municipal del cantón Sigsig.

**Tabla 22.** Ubicación de los deslizamientos levantados en gabinete por fotointerpretación de las ortofotos, considerando las coordenadas centroides de cada polígono de deslizamiento

No. Deslizamiento	X	Y
1	744002	9666444
2	744070	9659104
3	744795	9657556
4	745080	9658513
5	746352	9665218

No. Deslizamiento	X	Y
6	746776	9667265
7	744500	9660705
8	747025	9662433

En el levantamiento en campo se caracterizaron 15 deslizamientos, con la aplicación de la ficha del “Proyecto Multinacional Andino” (2000). (Ver Anexo 7)

**Tabla 23.** Ubicación del inventario de deslizamientos

No. Deslizamiento	X	Y	Z	Área (m <sup>2</sup> )
1	744810,22	9657952,44	2834,61	12373,60
2	744503,60	9657899,56	2819,80	1945,12
3	743923,99	9658376,54	2739,35	309,86
4	745919,95	9659504,09	2450,42	3034,07
5	744614,21	9658801,68	2638,55	2723,12
6	746532,90	9662880,27	2811,05	1217,60
7	746961,53	9662951,97	2863,50	2190,73
8	747007,23	9662471,68	2768,00	750,72
9	748410,17	9665693,57	2595,52	7296,90
10	747626,04	9666685,92	2661,30	663,70
11	745552,83	9663097,01	2580,06	337,86
12	745269,91	9662790,65	2503,77	452,89
13	745034,97	9661713,74	2401,23	1202,00
14	744002,23	9665759,50	2381,80	848,07
15	744810,22	9657952,44	2834,61	1467,78

### 6.2.1. Inventario de deslizamientos.

En campo se corroboró la información que se levantó en gabinete con respecto a los 8 deslizamientos fotointerpretados, determinando que, ninguno de estos los puntos fotointerpretados corresponden a deslizamientos, ya que en su momento se identificó que: eran parte de un talud, zona minera de materiales de construcción o correspondían a taludes que se encontraban sin vegetación.

En la fase de campo se realizó el inventario de los 15 deslizamiento los cuales se describen a continuación:

- **Deslizamiento 1.**

**Figura 75.** Deslizamiento 1. x: 744810,226; y: 9657952,441; z:2834,61



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

El deslizamiento 1 se ubica en el barrio Tulaca, en la parroquia Cutchil, posee una dirección de movimiento hacia NE. Se ubica la parte inferior del carril derecho de la vía E954. Los flancos del deslizamiento se encuentran deformados y muy agrietados. Como información histórica se menciona que el deslizamiento ha provocado grandes afectaciones en el terreno del lugar, provocando un asentamiento y fisuras producto de las filtraciones de agua-lluvia, se manifiesta en la información que hace algunos años atrás el movimiento causó el colapso total de una vivienda y provocó el fallecimiento de una persona.

Actualmente el movimiento se encuentra en estado latente, por lo que se ha ejecutado medidas de estabilización en el sector, colocando un muro de gaviones en la corona y mantenimiento de las acequias para el drenaje de aguas lluvias en la parte alta del deslizamiento, los flancos se encuentran altamente agrietados en donde escurre agua-lluvia continuamente. Presenta un estilo múltiple, debido a que presenta movimientos repetidos del mismo tipo, provocando agrandamiento de la superficie de falla. Con respecto a su distribución se lo considera ensanchándose, debido a que la superficie de falla se está expandiendo en los dos flancos. El material se ha desplazado a lo largo de la superficie de falla cóncava, por lo que se lo clasifica como un deslizamiento rotacional con un mayor porcentaje de arenas de un material arcilloso-limoso de origen coluvial de plasticidad media y muy húmedo.

En base a la zonificación de los factores que intervienen en la generación de los deslizamientos, el deslizamiento analizado describe las siguientes características: en la litología se encuentra dentro de materiales compuestos de cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limoso, con intercalaciones de lodolita, pedernal, chert,

turba. Con respecto a la pendiente se describe que varía de 5 a 35°, la unidad geomorfología es de tipo depósito de deslizamiento, se evidencia que la cobertura vegetal está dedicada a vegetación arbustiva considerando también que existen viviendas cercanas al deslizamiento. Con respecto a la precipitación, en la zona las precipitaciones son altas que oscilan de 79,042 a 83,324 mm/año.

La deformación del terreno con respecto a su severidad, se considera como media, debido a que al caminar se puede apreciar el agrietamiento y hundimiento del terreno; con respecto al modo de deformación es de tipo escalonamiento.

Las dimensiones del deslizamiento se reconocieron por medio del dron DJI Mavic Mini 2, obteniendo datos muy aproximados de las dimensiones en donde la longitud de corona a punta es 159,68m, y el ancho es 155,53 m.

- **Deslizamiento 2**

**Figura 76.** Deslizamiento 2. x: 744503,60; y: 9657899,56; z: 2819,8



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

El deslizamiento 2 se ubica en el barrio Yanacocha, en la parroquia Cutchil, posee una dirección de movimiento hacia NE. Se ubica en el hemisferio este de la vía E954.

Actualmente el movimiento se encuentra en estado latente, por lo que se ha ejecutado medidas de estabilización en el sector, colocando un muro de gaviones en el pie del talud. Presenta un estilo único, debido a que su distribución consiste de un solo movimiento por la superficie de falla. Con respecto a su distribución se lo considera que es progresivo, debido a que el material desplazado se extiende en dirección de la superficie de falla. El material se ha desplazado a lo largo de la superficie de falla, por lo que se lo clasifica como un

deslizamiento traslacional con un mayor porcentaje de arenas de material en una matriz arcilla-limosa de origen coluvial de plasticidad media y con un estado de humedad muy húmeda.

En base a la zonificación de los factores que intervienen en la generación de los deslizamientos, el deslizamiento analizado describe las siguientes características: en la litología se encuentra dentro de materiales compuestos de Cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa, con intercalaciones de lodolita, pedernal, chert, turba. Con respecto a la pendiente se describe que varía de 15 a 35°, la unidad geomorfología es de tipo depósito de deslizamiento, se evidencia que la cobertura vegetal está de tipo pastizal, considerando también que existen viviendas cercanas al deslizamiento. Con respecto a la precipitación, en la zona las precipitaciones son altas que oscilan de 79,042 a 83,324 mm/año.

La deformación del terreno con respecto a su severidad, se considera como leve, debido que la deformación es apenas perceptible a simple vista; con respecto al modo de deformación es de tipo escalonamiento.

Las dimensiones del deslizamiento se reconocieron por medio del drone DJI Mavic Mini 2, obteniendo datos muy aproximados de las dimensiones en donde la longitud de corona a punta es 57,78 m y el ancho es 62,37 m.

- **Deslizamiento 3**

**Figura 77.** Deslizamiento 3. x: 743923,99; y: 9658376,54; z: 2739,35



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

El deslizamiento 3 se ubica en el barrio Satunsaray, en la parroquia Cutchil, posee una dirección de movimiento hacia NE. Se ubica en el hemisferio este de la vía E954.



Actualmente el movimiento se encuentra en estado activo, por la ejecución de una obra como medida de activo, debido a que el deslizamiento se encuentra actualmente moviéndose de manera continua y lenta. Presenta un estilo único, debido a que su distribución consiste de un solo movimiento por la superficie de falla. Con respecto a su distribución se lo considera ensanchándose, debido a que la superficie de falla se está expandiendo en los dos flancos. El material se ha desplazado a lo largo de la superficie de falla, por lo que se lo clasifica como un deslizamiento traslacional con un mayor porcentaje de material de finos compuesto por arcilla-limosa de origen coluvial de plasticidad media y con un estado de humedad seco.

En base a la zonificación de los factores que intervienen en la generación de los deslizamientos, el deslizamiento analizado describe las siguientes características: en la litología se encuentra dentro de materiales compuestos de Cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa, con intercalaciones de lodolita, pedernal, chert, turba. Con respecto a la pendiente se describe que varía de 15 a 35°, la unidad geomorfología es de tipo depósito de deslizamiento, se evidencia que la cobertura vegetal está dedicada a cultivos permanentes, considerando también que existen viviendas cercanas al deslizamiento. Con respecto a la precipitación, en la zona las precipitaciones son altas que oscilan de 79,042 a 83,324 mm/año.

La deformación del terreno con respecto a su severidad, se considera como media, debido que la deformación es evidente, por el colapso del material en la vía siendo apreciable al caminar; con respecto al modo de deformación es de tipo ondulación.

Las dimensiones del deslizamiento se reconocieron por medio del drone DJI Mavic Mini 2, obteniendo datos muy aproximados de las dimensiones en donde la longitud de corona a punta es 19,59 m y el ancho es 20,08 m.

- **Deslizamiento 4**

**Figura 78.** Deslizamiento 4. x: 745919,954; y: 9659504,096; z: 2450,42



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

El deslizamiento 4 se ubica en el barrio Curuncay, en la parroquia San Sebastián de Sígsig, posee una dirección de movimiento hacia NW. Se ubica al SW de la parroquia, en el margen de una vía de tercera vía cercana al río Santa Bárbara.

Actualmente el movimiento se encuentra en estado activo, debido a que el deslizamiento se encuentra actualmente moviéndose de manera continua y lenta. Presenta un estilo múltiple, debido a que presenta movimientos repetidos del mismo tipo, provocando agrandamiento de la superficie de falla. Con respecto a su distribución se lo considera ensanchándose, debido a que la superficie de falla se está expandiendo en los dos flancos. El material se ha desplazado a lo largo de la superficie de falla cóncava, por lo que se lo clasifica como un deslizamiento rotacional con un mayor porcentaje de material detritos compuesto de rocas metamórficas con capas de arcillas de plasticidad alta y con un estado de humedad húmedo.

En base a la zonificación de los factores que intervienen en la generación de los deslizamientos, el deslizamiento analizado describe las siguientes características: en la litología se encuentra dentro de materiales compuestos de esquisto verde micáceo con vetillas de cuarzo. Con respecto a la pendiente se describe que varía de 15 a 55°, la unidad geomorfología es de tipo depósito de deslizamiento, se evidencia que la cobertura vegetal está dedicada a vegetación herbácea. Con respecto a la precipitación, en la zona las precipitaciones son altas que oscilan de 79,042 a 83,324 mm/año.

La deformación del terreno con respecto a su severidad, se considera como media, debido que la deformación es evidente, por el colapso del material en la vía siendo apreciable al caminar; con respecto al modo de deformación es de tipo escalonamiento.

Las dimensiones del deslizamiento se reconocieron por medio del drone DJI Mavic Mini 2, obteniendo datos muy aproximados de las dimensiones en donde la longitud de corona a punta es 52,42 m y el ancho es 52,36 m.

- **Deslizamiento 5**

**Figura 79.** Deslizamiento 5. x: 744614,217; y: 9658801,687; z:2638,55



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

El deslizamiento 5 se ubica en el barrio Rascorral, en la parroquia Cutchil, posee una dirección de movimiento hacia NE. Se ubica al SW de la parroquia, en el margen de una vía de tercer orden.

Actualmente el movimiento se encuentra en estado activo, debido a que el deslizamiento se encuentra actualmente moviéndose de manera continua y lenta. Presenta un estilo múltiple, debido a que se presentan movimientos repetidos del mismo tipo, agrandando así la superficie de falla. Con respecto a su distribución se lo considera ensanchándose, debido a que la superficie de falla se está expandiendo en los dos flancos. El material se ha desplazado a lo largo de la superficie de falla cóncava, por lo que se lo clasifica como un deslizamiento rotacional con un mayor porcentaje de detritos en una matriz arcillo arenosa con plasticidad alta y con un estado de humedad seco.

En base a la zonificación de los factores que intervienen en la generación de los deslizamientos, el deslizamiento analizado describe las siguientes características: en la litología se encuentra dentro de materiales compuestos de Cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa, con intercalaciones de lodolita, pedernal, chert, turba. Con respecto a la pendiente se describe que varía de 5 a 55°, la unidad geomorfología es de tipo depósito de deslizamiento, se evidencia que la cobertura vegetal de tipo pastizal,

considerando también que existen viviendas cercanas al deslizamiento. Con respecto a la precipitación, en la zona las precipitaciones son medias que oscilan de 74,760 - 79,042 mm/año.

La deformación del terreno con respecto a su severidad, se considera como media, debido que la deformación es evidente, por el colapso del material en la vía siendo apreciable al caminar; con respecto al modo de deformación es de tipo ondulamiento.

Las dimensiones del deslizamiento se reconocieron por medio del drone DJI Mavic Mini 2, obteniendo datos muy aproximados de las dimensiones en donde la longitud de corona a punta es 58,71 m y el ancho es 101,95 m.

- **Deslizamiento 6**

**Figura 80.** Deslizamiento 6. x: 744810,226; y: 9657952,441



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

El deslizamiento 6 se ubica en el barrio Pucalá, en la parroquia San Sebastián de Sígsig, posee una dirección de movimiento hacia NE. Se ubica al este de la parroquia, en el margen de una vía de tercer orden. Como información histórica se menciona que el deslizamiento ha provocado grandes afectaciones en el terreno del lugar, provocando un asentamiento y fisuras producto de las filtraciones de agua-lluvia que se acumulan en la corona del deslizamiento por lo que afecta directamente a la vía y al sector de Pucalá con asentamientos.

Actualmente el movimiento se encuentra en estado activa, en donde se han ejecutado medidas de estabilización en el sector, se ha colocado un sistema de drenaje para el control de las aguas lluvias. Presenta un estilo que es enjambre, debido a que existen dos eventos similares en la misma ladera provocados por el mismo factor detonante. Con respecto a su distribución se lo considera ensanchándose, debido a que la superficie de falla se está

expandiendo en los dos flancos. El material se ha desplazado a lo largo de la superficie de falla cóncava, por lo que se lo clasifica como un deslizamiento rotacional con un mayor porcentaje de detritos en una matriz arcillo arenosa con plasticidad alta y con un estado de humedad húmeda.

En base a la zonificación de los factores que intervienen en la generación de los deslizamientos, el deslizamiento analizado describe las siguientes características: en la litología se encuentra dentro de materiales compuestos Cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa, con intercalaciones de lodolita, pedernal, chert, turba. Con respecto a la pendiente se describe que varía de 15 a 35°, la unidad geomorfología es de tipo depósito de deslizamiento, se evidencia que la cobertura vegetal es de tipo pastizal considerando también que existen viviendas cercanas al deslizamiento. Con respecto a la precipitación, en la zona las precipitaciones son bajas que oscilan de 70,478 - 74,7608 mm/año.

La deformación del terreno con respecto a su severidad, se considera como media, debido que la deformación es evidente, por la afectación y agrietamiento a las estructuras aledañas y e apreciable al caminar; con respecto al modo de deformación es de tipo escalonamiento.

Las dimensiones del deslizamiento se reconocieron por medio del drone DJI Mavic Mini 2, obteniendo datos muy aproximados de las dimensiones en donde la longitud de corona a punta es 26,63 m y el ancho es 65,78 m.

- **Deslizamiento 7**

**Figura 81.** Deslizamiento 7. x: 746961,531; y: 9662951,975; z:2863,5



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

El deslizamiento 7 se ubica en el barrio Pucalá, en la parroquia San Sebastián de Sígsg, posee una dirección de movimiento hacia NE. Se ubica al este de la parroquia, en el margen de una vía de tercer orden.

Actualmente el movimiento se encuentra en estado estabilizado, por lo que se ha ejecutado medidas de estabilización en el sector, se ha colocado un sistema de drenaje para el control de las aguas lluvias. Presenta un estilo que es enjambre, debido a que existen dos eventos similares en la misma ladera provocados por el mismo factor detonante. Con respecto a su distribución se lo considera progresivo, debido a que el material desplazado se extiende en dirección de la superficie de falla. El material se ha desplazado a lo largo de la superficie de falla, por lo que se lo clasifica como un deslizamiento traslacional con un mayor porcentaje de detritos en una matriz arcillo arenosa con plasticidad alta y con un estado de humedad húmeda.

En base a la zonificación de los factores que intervienen en la generación de los deslizamientos, el deslizamiento analizado describe las siguientes características: en la litología se encuentra dentro de materiales compuestos de Cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa, con intercalaciones de lodolita, pedernal, chert, turba. Con respecto a la pendiente se describe que varía de 15 a 55°, la unidad geomorfología es de tipo depósito de deslizamiento, se evidencia que la cobertura vegetal es de vegetación herbácea. Con respecto a la precipitación, en la zona las precipitaciones son bajas que oscilan de 70,478 - 74,7608 mm/año.

La deformación del terreno con respecto a su severidad, se considera como leve, debido a que la deformación es apenas perceptible; con respecto al modo de deformación es de tipo ondulación.

Las dimensiones del deslizamiento se reconocieron por medio del drone DJI Mavic Mini 2, obteniendo datos muy aproximados de las dimensiones en donde la longitud de corona a punta es 40,14 m y el ancho es 62,09 m.

- **Deslizamiento 8**

**Figura 82.** Deslizamiento 8. x: 747007,238; y: 9662471,682; z: 2768



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

El deslizamiento 8 se ubica en el barrio Portul, en la parroquia San Sebastián de Sígsg, posee una dirección de movimiento hacia SE. Se ubica al este de la parroquia, en el margen de una vía de tercer orden.

Actualmente el movimiento se encuentra en estado activo, debido a que el deslizamiento se encuentra actualmente moviéndose de manera continua y lenta. Presenta un estilo único, debido a que consiste de un solo movimiento que se desplaza en la dirección de la superficie de falla. Con respecto a su distribución se lo considera ensanchándose, debido a que la superficie de falla se está expandiendo en los dos flancos. El material se ha desplazado a lo largo de la superficie de falla, por lo que se lo clasifica como un deslizamiento traslacional con un mayor porcentaje de detritos de rocas metamórficas con capas finas de arcillas, las cuales son plásticamente altas y con un estado de humedad muy húmedo.

En base a la zonificación de los factores que intervienen en la generación de los deslizamientos, el deslizamiento analizado describe las siguientes características: en la litología se encuentra dentro de materiales compuestos de rocas esquisto moscovítico. Con respecto a la pendiente se describe que varía de 35 a 55°, la unidad geomorfología es de tipo depósito de deslizamiento, se evidencia que la cobertura vegetal es de tipo pastizal, dedicadas a la ganadería. Con respecto a la precipitación, en la zona las precipitaciones son bajas que oscilan de 70,478 - 74,7608 mm/año.

La deformación del terreno con respecto a su severidad, se considera como media, debido al colapso del material en la vía evidenciándose que la deformación es apreciable al caminar; con respecto al modo de deformación es de tipo ondulación.

Las dimensiones del deslizamiento se reconocieron por medio del drone DJI Mavic Mini 2, obteniendo datos muy aproximados de las dimensiones en donde la longitud de corona a punta es 29,28m y el ancho es 29,35 m.

- **Deslizamiento 9**

**Figura 83.** Deslizamiento 9. x: 748410,174; y: 9665693,575; z: 2595,52



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

El deslizamiento 9 se ubica en el barrio Dudaloma, en la parroquia Guel, posee una dirección de movimiento hacia NE. Se ubica al este de la parroquia, en el margen de una vía de tercer orden.

Actualmente el movimiento se encuentra en estado activo, debido a que el deslizamiento se encuentra actualmente moviéndose de manera continua y lenta. Presenta un estilo múltiple, debido a que presenta movimientos repetidos del mismo tipo, provocando agrandamiento de la superficie de falla. Con respecto a su distribución se lo considera, ensanchándose, debido a que la superficie de falla se está expandiendo en los dos flancos. El material se ha desplazado a lo largo de la superficie de falla, por lo que se lo clasifica como un deslizamiento traslacional con un mayor porcentaje de detritos de rocas metamórficas con capas finas de arcillas, las cuales son plásticamente altas y con un estado de humedad muy húmedo.

En base a la zonificación de los factores que intervienen en la generación de los deslizamientos, el deslizamiento analizado describe las siguientes características: en la litología se encuentra dentro de materiales compuestos de esquistos verdes micáceos con vetillas de cuarzo. Con respecto a la pendiente se describe que varía de 15 a 55°, la unidad geomorfológica es de tipo depósito de deslizamiento, se evidencia que la cobertura vegetal es



de tipo pastizal. Con respecto a la precipitación, en la zona las precipitaciones son medias que oscilan de 74,760 - 79,042 mm/año.

La deformación del terreno con respecto a su severidad, se considera como pronunciada, debido al colapso del material en la vía evidenciándose que la deformación es muy grande; con respecto al modo de deformación es de tipo escalonamiento.

Las dimensiones del deslizamiento se reconocieron por medio del dron DJI Mavic Mini 2, obteniendo datos muy aproximados de las dimensiones en donde la longitud de corona a punta es 127,87 m y el ancho es 133,29 m.

- **Deslizamiento 10**

**Figura 84.** Deslizamiento 10. x: 747626,049; y: 9666685,926; z: 2661,3



Nota: Elaborado por: La Autora (2023)

El deslizamiento 10 se ubica en el barrio Chorroloma, en la parroquia Guel, posee una dirección de movimiento hacia NE. Se ubica al este de la parroquia, en el margen de una vía de segundo orden que se dirige a la parroquia Guel. Como antecedente histórico se menciona que el deslizamiento produjo las siguientes consecuencias: colapso del tanque de agua potable desabasteciendo del líquido vital a varias familias del sector, afectación de los terrenos utilizados para la actividad de agricultura y afectación de la vía de ingreso a la parroquia Guel.

Actualmente el movimiento se encuentra en estado latente, se ha colocado un muro de gaviones en la corona y mejorando el sistema de drenaje de la zona. Presenta un estilo único, debido a que consiste de un solo movimiento que se desplaza en la dirección de la superficie de falla. Con respecto a su distribución se lo considera que es decreciente, debido a que el tipo de distribución del movimiento activo en el cual el volumen del material se ha desplazada está decreciendo con el tiempo. El material se ha desplazado a lo largo de la

superficie de falla, por lo que se lo clasifica como un deslizamiento traslacional con un mayor porcentaje de detritos una matriz arcilla-limosa, las cuales son plásticamente altas y con un estado de humedad muy húmedo.

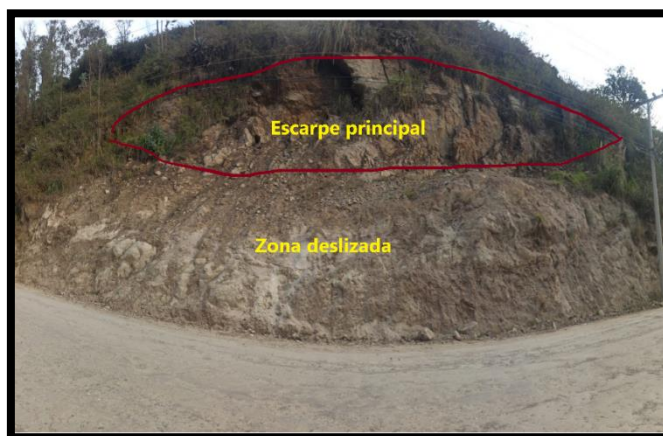
En base a la zonificación de los factores que intervienen en la generación de los deslizamientos, el deslizamiento analizado describe las siguientes características: en la litología se encuentra dentro de materiales compuestos de Bloques y cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa. Con respecto a la pendiente se describe que varía de 5 a 35°, la unidad geomorfología es de tipo depósito de deslizamiento, se evidencia que la cobertura vegetal es de cultivo permanente, dedicadas a la agricultura y considerando que se encuentran viviendas cercanas. Con respecto a la precipitación, en la zona las precipitaciones son altas que oscilan de 79,042 - 83,324 mm/año.

La deformación del terreno con respecto a su severidad, se considera como leve, debido a que la deformación de la actividad es apenas perceptible a simple vista; con respecto al modo de deformación es de tipo escalonamiento.

Las dimensiones del deslizamiento se reconocieron por medio del drone DJI Mavic Mini 2, obteniendo datos muy aproximados de las dimensiones en donde la longitud de corona a punta es 34,09 m y el ancho es 23,27 m.

- **Deslizamiento 11**

**Figura 85.** Deslizamiento 11. x: 745552,837; y: 9663097,016; z: 2580,06



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

El deslizamiento 11 se ubica en el barrio Mastola en la parroquia San Sebastián de Sígsg, posee una dirección de movimiento hacia NW. Se ubica al este de la parroquia, en el margen de una vía de segundo orden que se dirige a la parroquia Guel.

Actualmente el movimiento se encuentra en estado activo, debido a que el deslizamiento se encuentra actualmente moviéndose de manera continua y lenta. Presenta un estilo único, debido a que su distribución consiste de un solo movimiento por la superficie de falla. Con respecto a su distribución se lo considera, ensanchándose, debido a que la superficie de falla se está expandiendo en los dos flancos. El material se ha desplazado a lo largo de la superficie de falla, por lo que se lo clasifica como un deslizamiento traslacional con un mayor porcentaje de detritos en una matriz arcilla-limosa, las cuales son plásticamente medias y con un estado de humedad húmedo.

En base a la zonificación de los factores que intervienen en la generación de los deslizamientos, el deslizamiento analizado describe las siguientes características: en la litología se encuentra dentro de materiales compuestos de Cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa, con intercalaciones de lodolita, pedernal, chert, turba. Con respecto a la pendiente se describe que varía de 35 a 100°, la unidad geomorfología es de tipo depósito de deslizamiento, se evidencia que la cobertura vegetal cultivo permanente, dedicadas a la agricultura y considerando que se encuentran viviendas cercanas. Con respecto a la precipitación, en la zona las precipitaciones son medias que oscilan de 74,760 - 79,042 mm/año.

La deformación del terreno con respecto a su severidad, se considera como media, debido que la deformación es evidente, por el colapso del material en la vía siendo apreciable al caminar; con respecto al modo de deformación es de tipo escalonamiento.

Las dimensiones del deslizamiento se reconocieron por medio del drone DJI Mavic Mini 2, obteniendo datos muy aproximados de las dimensiones en donde la longitud de corona a punta es 12,61 m y el ancho es 34,36 m.

- **Deslizamiento 12**

**Figura 86.** Deslizamiento 12. x: 745269,914; y: 9662790,650; z: 2503,77



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

El deslizamiento 12 se ubica en la parroquia San Sebastián de Sígsig, posee una dirección de movimiento hacia SW. Se ubica a las afuera de la parroquia, en el margen de una vía de segundo orden que se dirige al cantón Gualaceo.

Actualmente el movimiento se encuentra en estado estabilizado por lo que se ha ejecutado medidas de estabilización en el sector, se ha colocado un sistema de mitigación con terraceo. Presenta un estilo único debido a que su distribución consiste de un solo movimiento por la superficie de falla. Con respecto a su distribución se lo considera que es decreciente, debido a que el tipo de distribución del movimiento estabilizado en el cual el volumen del material se ha desplazada está decreciendo con el tiempo. El material se ha desplazado a lo largo de la superficie de falla, por lo que se lo clasifica como un deslizamiento traslacional con un mayor porcentaje de finos de arcilla-limosa, las cuales son plásticamente medias y con un estado de humedad seco.

En base a la zonificación de los factores que intervienen en la generación de los deslizamientos, el deslizamiento analizado describe las siguientes características: en la litología se encuentra dentro de materiales compuestos de Cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa, con intercalaciones de lodolita, pedernal, chert, turba. Con respecto a la pendiente se describe que varía de 15 a 35°, la unidad geomorfología es de tipo depósito de deslizamiento, se evidencia que la cobertura vegetal es de cultivo permanente, dedicadas a la agricultura y considerando que se encuentran viviendas cercanas. Con respecto a la precipitación, en la zona las precipitaciones son medias que oscilan de 74,760 - 79,042 mm/año.

La deformación del terreno con respecto a su severidad, se considera como leve, debido a que la deformación de la actividad es apenas perceptible a simple vista; con respecto al modo de deformación es de tipo escalonamiento.

Las dimensiones del deslizamiento se reconocieron por medio del dron DJI Mavic Mini 2, obteniendo datos muy aproximados de las dimensiones en donde la longitud de corona a punta es 22,39 m y el ancho es 26,51 m.

- **Deslizamiento 13**

**Figura 87.** Deslizamiento 13. x: 745034,970; y: 9661713,744; z: 2401,23



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

El deslizamiento 13 se ubica en el barrio Alcacay, en la parroquia San Sebastián de Sígsg, posee una dirección de movimiento hacia NW. Se ubica en el margen de una vía de segundo orden que se dirige a la parroquia Cutchil.

Actualmente el movimiento se encuentra en estado activo, debido a que el deslizamiento se encuentra actualmente moviéndose de manera continua y lenta. Presenta un estilo múltiple, debido a que presenta movimientos repetidos del mismo tipo, provocando agrandamiento de la superficie de falla. Con respecto a su distribución se lo considera, ensanchándose, debido a que la superficie de falla se está expandiendo en los dos flancos. El material se ha desplazado a lo largo de la superficie de falla cóncava, por lo que se lo clasifica como un deslizamiento rotacional con un mayor porcentaje de detritos en una matriz arcilla-limosa, las cuales son plásticamente medias y con un estado de humedad húmedo.

En base a la zonificación de los factores que intervienen en la generación de los deslizamientos, el deslizamiento analizado describe las siguientes características: en la litología se encuentra dentro de un contacto entre materiales compuestos de Bloques y cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa. Con respecto a la

pendiente se describe que varía de 15 a 55°, la unidad geomorfología es de tipo depósito de deslizamiento, se evidencia que la cobertura vegetal es de tipo vegetación arbustiva. Con respecto a la precipitación, en la zona las precipitaciones son bajas que oscilan de 74,760 - 79,042 mm/año.

La deformación del terreno con respecto a su severidad, se considera como medio, debido que la deformación es evidente, por el colapso del material en la vía siendo apreciable al caminar; con respecto al modo de deformación es de tipo escalonamiento.

Las dimensiones del deslizamiento se reconocieron por medio del dron DJI Mavic Mini 2, obteniendo datos muy aproximados de las dimensiones en donde la longitud de corona a punta es 28,14 m y el ancho es 48,32 m.

- **Deslizamiento 14**

**Figura 88.** Deslizamiento 14. x: 744002,231; y: 9665759,501; z: 2381,8



**Nota:** Elaborado por: La Autora (2023)

El deslizamiento 14 se ubica en el barrio Zhimbrug, en la parroquia San Sebastián de Sígsig, posee una dirección de movimiento hacia NW. Se ubica a en el margen de una vía de tercer orden.

Actualmente el movimiento se encuentra en estado activo debido a que el deslizamiento se encuentra actualmente moviéndose de manera continua y lenta. Presenta un estilo múltiple, debido a que se presentan movimientos repetido del mismo tipo, provocando el agrandamiento de la superficie de falla. Con respecto a su distribución se lo considera que es progresivo, debido a que el material desplazado se extiende en dirección de la superficie de falla. El material se ha desplazado a lo largo de la superficie de falla, por lo que se lo clasifica

como un deslizamiento traslacional con un mayor porcentaje de detritos en una matriz arcilla-limosa, las cuales son plásticamente medias y con un estado de humedad húmeda.

En base a la zonificación de los factores que intervienen en la generación de los deslizamientos, el deslizamiento analizado describe las siguientes características: en la litología se encuentra dentro de materiales compuestos de Cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa, con intercalaciones de lodolita, pedernal, chert, turba. Con respecto a la pendiente se describe que varía de 5 a 35°, la unidad geomorfología es de tipo depósito de deslizamiento, se evidencia que la cobertura vegetal es de vegetación arbustiva. Con respecto a la precipitación, en la zona las precipitaciones son medias que oscilan de 74,760 - 79,042 mm/año.

La deformación del terreno con respecto a su severidad, se considera como media, debido que la deformación es evidente, por el colapso del material en la vía siendo apreciable al caminar; con respecto al modo de deformación es de tipo ondulamiento.

Las dimensiones del deslizamiento se reconocieron por medio del drone DJI Mavic Mini 2, obteniendo datos muy aproximados de las dimensiones en donde la longitud de corona a punta es 37,83 m y el ancho es 22,55 m.

- **Deslizamiento 15**

**Figura 89.** Deslizamiento 15. x: 744117,470; y: 9665938,794; z: 232822



*Nota:* Elaborado por: La Autora (2023)

El deslizamiento 15 se ubica en el, en la parroquia San Sebastián de Sígsg, posee una dirección de movimiento hacia SW. Se ubica dentro del parque arqueológico de Chobshi.

Actualmente el movimiento se encuentra en estado activo debido a que el deslizamiento se encuentra actualmente moviéndose de manera continua y lenta. Presenta un estilo único,

debido a que consiste en un solo movimiento del material desplazado. Con respecto a su distribución se lo considera, ensanchándose, debido a que la superficie de falla se está expandiendo en los dos flancos. El material se ha desplazado a lo largo de la superficie de falla, por lo que se lo clasifica como un deslizamiento traslacional con un mayor porcentaje de finos de arcilla-limosa, las cuales son plásticamente altas y con un estado de humedad húmeda.

En base a la zonificación de los factores que intervienen en la generación de los deslizamientos, el deslizamiento analizado describe las siguientes características: en la litología se encuentra dentro de materiales compuestos de Cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa, con intercalaciones de lodolita, pedernal, chert, turba. Con respecto a la pendiente se describe que varía de 0 a 100°, la unidad geomorfología es de tipo depósito de deslizamiento se evidencia que la cobertura vegetal es vegetación arbustiva. Con respecto a la precipitación, en la zona las precipitaciones son medias que oscilan de 74,760 - 79,042 mm/año.

La deformación del terreno con respecto a su severidad, se considera como media, debido que la deformación es evidente, por el colapso del material siendo apreciable al caminar; con respecto al modo de deformación es de tipo ondulamiento.

Las dimensiones del deslizamiento se reconocieron por medio del drone DJI Mavic Mini 2, obteniendo datos muy aproximados de las dimensiones en donde la longitud de corona a punta es 55,70 m y el ancho es 31,39 m.

- **Resultados de la elaboración del inventario de deslizamiento**

Como resultado final del levantamiento de los deslizamientos se realizó la respectiva modificación con los resultados finales de la variable de la geomorfología debido a que se evidencia que por producto de la morfodinámica se ha formado la geoforma de depósito de deslizamiento de origen deposicional o acumulativo.

### **6.3.Resultados de tercer Objetivo**

#### **6.3.1. Matrices de valoración y pesos**

Mediante la aplicación del Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty, que propone la respectiva asignación de pesos de cada factor condicionante, el cual se ha considerado las siguientes variables: ( $W_{Pendiente}$ ,  $W_{Litología}$ ,  $W_{Geomorfología}$  y  $W_{Cobertura\_vegetal}$ ), y el factor



desencadenante que se ha considerado la variable: ( $W_{\text{Precipitación}}$ ), donde se realizó la suma correspondiente de los factores en base a la ponderación que cada factor tiene en dependencia a su influencia.

En base es la escala de clasificación de Saaty se comparó cada criterio  $i$  con cada criterio  $j$ , seguidamente del resultado de una matriz normalizada se obtuvo el Eigenvector Principal o el valor promedio, de cada clase de variable.

### 6.3.1.1. Factores condicionantes.

Para valorizar a cada factor  $ij$  se consideró en base al análisis en campo dando una jerarquización a los factores de la siguiente forma: litología, unidades de geomorfología, pendiente y cobertura vegetal, en base a la tabla 8 que asigna los pesos por evaluación multicriterio en base a la orden de importancia de las variables. Por lo que este factor se la ha asignado una ponderación de 80% debido a la influencia que tienen los factores para la generación de deslizamientos.

**Tabla 24.** Valoración de las variables jerarquizadas de acuerdo a la clasificación de Saaty.

Variables	Unidades Geomorfológicas	Litología	Inclinación de pendientes	Cobertura vegetal	Normalización					Peso	$n_{\text{máx}}$	Ponderación
<b>Unidades Geomorfológicas</b>	1,00	2,00	2,00	3,00	0,40	0,50	0,36	0,38	0,40	0,41	1,04	41%
<b>Litología</b>	0,50	1,00	2,00	2,00	0,20	0,25	0,36	0,25	0,20	0,27	1,06	27%
<b>Inclinación de pendientes</b>	0,50	0,50	1,00	2,00	0,20	0,13	0,18	0,25	0,20	0,19	1,03	19%
<b>Cobertura vegetal</b>	0,50	0,50	0,50	1,00	0,20	0,13	0,09	0,13	0,20	0,13	1,06	13%
<b>Sumatoria</b>	2,50	4,00	5,50	8,00	<b>Sumatoria</b>					1,00	4,19	100%

Con respecto al análisis de la Razón de consistencia (RC), a partir del Índice de Consistencia (IC) y del Índice de Consistencia Aleatoria (ICA), los resultados se obtienen con las siguientes fórmulas:

- **Índice de Consistencia (IC)**

$$IC = \frac{n_{\text{máx}} - n}{n - 1}$$

$$IC = \frac{4,19 - 4}{4 - 1}$$

$$IC = 0,063$$

- **Consistencia Aleatoria (ICA)**

$$ICA = \frac{1,98(n - 2)}{n}$$

$$ICA = \frac{1,98(4 - 2)}{4}$$

$$ICA = 0.99$$

- **Razón de consistencia (RC)**

$$RC = \frac{IC}{ICA}$$

$$RC = \frac{0,063}{0.99}$$

$$RC = 0,06$$

**Tabla 25.** Cálculo Razón de Consistencia de las variables

Cálculo de Razón de Consistencia	
N. Máximo	4,19
Número de Variables	4
Índice de Consistencia	0,063
Consistencia Aleatoria	0.99
Razón de Consistencia	0,06
RC= 0.074 < 0.1 <b>CONSISTENTE</b>	

### 6.3.1.1.1. Variable unidades de geomorfología.

Las unidades de geomorfología se las consideró en orden 1, debido a que delimitan la disposición de los materiales de cada unidad litológica, configuran estrictamente el relieve y los volúmenes de cada geoforma depositada o formada, por lo que las unidades geomorfológicas llegan a ser un factor importante y clave para la generación de deslizamientos debido a la geodinámica de la corteza terrestre.

En base a ello se realizó la jerarquización en función del origen que tienen, en este caso existen geoformas que han tenido procesos tectónicos erosivos, los cuales han tenido rasgos importantes de meteorización pero conservan su estructura original, de igual forma existen geoformas de origen deposicional y denudativo que son resultado de procesos de arrastre o acumulación de material, pero a diferencia del origen tectónico erosivo, estas geoformas

poseen pendientes bajas, por lo que las unidades de geomorfología se han priorizado de la siguiente manera: depósito de deslizamiento, relieve colinado medio, relieve colinado alto, relieve colinado muy alto, vertiente heterogénea, vertiente abrupta, coluvión antiguo, garganta. terraza media.

Para determinar la priorización de las unidades geomorfológicas se analizó qué, los deslizamientos se producen en los depósitos de deslizamientos, continúan las geoformas que se han localizado es al análisis de generación de deslizamientos, mencionando que en base a la información levantada se asigna los pesos de acuerdo a lo que se ha encontrado en campo.

**Tabla 26.** Variable de Unidades de geomorfología, valorizada y normalizada de acuerdo a la clasificación de Saaty (1980)

	Depósito de deslizamiento medio	Relieve Colinado Medio	Relieve Colinado Alto	Relieve Colinado muy Alto	Vertiente Heterogénea	Vertiente Abrupta	Coluvión Antiguo	Garganta	Terraza media	Normalización								Peso	$n_{máx}$	Ponderación
Depósito de deslizamiento	1,00	1,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	0,22	0,19	0,32	0,23	0,26	0,21	0,17	0,16	0,22	1,00	22%
Relieve Colinado Medio	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	3,00	3,00	4,00	4,00	0,22	0,19	0,16	0,23	0,17	0,21	0,17	0,16	0,18	0,93	18%
Relieve Colinado Alto	0,50	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	3,00	4,00	4,00	0,22	0,19	0,16	0,23	0,17	0,14	0,17	0,16	0,16	1,01	16%
Relieve Colinado muy Alto	0,50	0,50	0,50	1,00	2,00	2,00	3,00	4,00	4,00	0,11	0,10	0,08	0,11	0,17	0,14	0,17	0,16	0,13	1,12	13%
Vertiente Heterogénea	0,33	0,50	0,50	0,50	1,00	2,00	2,00	3,00	4,00	0,11	0,10	0,08	0,06	0,09	0,14	0,11	0,12	0,10	1,12	10%
Vertiente Abrupta	0,33	0,33	0,50	0,50	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	0,07	0,06	0,08	0,06	0,04	0,07	0,11	0,12	0,08	1,11	8%
Coluvión Antiguo	0,33	0,33	0,33	0,33	0,50	0,50	1,00	2,00	3,00	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	0,06	0,08	0,06	1,06	6%
Garganta	0,25	0,25	0,25	0,25	0,33	0,33	0,50	1,00	2,00	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,03	0,04	0,04	1,04	4%
Terraza media	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,33	0,50	1,00	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	1,02	3%
Sumatoria	5,17	6,33	8,83	11,58	14,08	17,83	25,50	30,00	5,17	Sumatoria								1,00	9,42	100%

- **Índice de Consistencia (IC)**

$$IC = \frac{n_{máx} - n}{n - 1}$$

$$IC = \frac{9,42 - 9}{9 - 1}$$

$$IC = 0,05$$

- **Consistencia Aleatoria (ICA)**

$$ICA = \frac{1,98(n - 2)}{n}$$

$$ICA = \frac{1.98 (9 - 2)}{9}$$

$$ICA = 1,54$$

- **Razón de consistencia (RC)**

$$RC = \frac{IC}{ICA}$$

$$RC = \frac{0,05}{1,54}$$

$$RC = 0,03$$

**Tabla 27.** Cálculo Razón de Consistencia de la variable de Unidades de geomorfología

Cálculo de Razón de Consistencia	
N. Máximo	9,42
Número de Variables	9
Índice de Consistencia	0,05
Consistencia Aleatoria	1,54
Razón de Consistencia	0,03
RC= 0,002 < 0.1 <b>CONSISTENTE</b>	

### 6.3.1.1.2. Variable Litología.

La litología se la consideró en orden 2, por delimitarse en base a las características intrínsecas únicas de la zona de estudio, explicándose que la generación de deslizamientos se provoca por materiales sensibles, meteorizados química y físicamente, colapsable y fisurados; mencionando que en la zona de estudio el tipo de material en su mayoría es de depósitos coluviales de antiguos deslizamientos, lo que significa que influye directamente a la generación de deslizamientos.

En base a ello se realizó la jerarquización en función a los materiales que son más propensos para la generación de deslizamientos en base a la caracterización que posee cada uno: Cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa, con intercalaciones de lodolita, pedernal, chert, turba; Bloques y cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa; Intercalaciones de lutitas y arcillolita; Esquisto verde micáceo con vetillas de cuarzo; Esquisto verde micáceo; Esquisto moscovítico con granos de calcio y Flujos de lava de andesita porfirítica con capas de arcilla-limosa.

Para la determinación de la priorización de la litología se consideran en orden los materiales con altos grados de meteorización, capacidad de resistencia y consolidación, capacidad de absorción de aguas lluvia, información levantada y verificada en campo, por lo que se dedigna de la siguiente forma los pesos de cada tipo:

**Tabla 28.** Variable de Litología, valorizada y normalizada de acuerdo a la clasificación de Saaty (1980)

	Cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa, con intercalaciones de lodolita, pedernal, chert, turba, ...	Bloques y cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa	Intercalaciones de lutitas y arcillolita.	Esquistos verde micáceo con vetillas de cuarzo	Esquistos verde micáceo	Esquistos moscovítico con granos de calcio	Flujos de lava de andesita porfírica con capas de arcilla-limosa	Normalización							Peso	$n_{máx}$	Ponderación
Cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa, con intercalaciones de lodolita, pedernal, chert, turba.	1,00	2,00	2,00	3,00	3,00	4,00	4,00	0,27	0,43	0,38	0,31	0,24	0,21	0,20	0,29	1,06	29%
Bloques y cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa.	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	4,00	0,27	,21	0,19	0,21	0,24	0,21	0,20	0,22	1,05	20%
Intercalaciones de lutitas y arcillolita.	0,50	0,33	1,00	2,00	3,00	4,00	4,00	0,14	0,07	0,19	0,21	0,24	0,21	0,20	0,17	0,93	17%
Esquistos verde micáceo con vetillas de cuarzo	0,33	0,50	0,50	1,00	1,00	3,00	3,00	0,09	0,11	0,09	0,10	0,08	0,16	0,15	0,11	1,08	11%
Esquistos verde micáceo	0,33	0,33	0,33	1,00	1,00	2,00	2,00	0,09	0,07	0,06	0,10	0,08	0,11	0,10	0,09	1,11	9%
Esquistos moscovítico con granos de calcio	0,25	0,25	0,25	0,33	1,00	1,00	2,00	0,07	0,05	0,05	0,03	0,08	0,05	0,10	0,06	1,16	6%
Flujos de lava de andesita porfírica con capas de arcilla-limosa	0,25	0,25	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	0,07	0,05	0,05	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	1,00	5%
<b>Sumatoria</b>	<b>3,67</b>	<b>4,67</b>	<b>5,33</b>	<b>9,67</b>	<b>12,50</b>	<b>19,00</b>	<b>20,00</b>	<b>Sumatoria</b>							<b>1,00</b>	<b>7,39</b>	<b>100%</b>

- **Índice de Consistencia (IC)**

$$IC = \frac{n_{máx} - n}{n - 1}$$

$$IC = \frac{7,39 - 7}{7 - 1}$$

$$IC = 0,06$$

- **Consistencia Aleatoria (ICA)**

$$ICA = \frac{1,98(n - 2)}{n}$$

$$ICA = \frac{1,98(7 - 2)}{7}$$

$$ICA = 1,41$$

- **Razón de consistencia (RC)**

$$RC = \frac{IC}{ICA}$$

$$RC = \frac{0,06}{1,41}$$

$$RC = 0,04$$

**Tabla 29.** Cálculo Razón de Consistencia de la variable de Litología

<b>Cálculo de Razón de Consistencia</b>	
N. Máximo	7,39
Número de Variables	7
Índice de Consistencia	0,06
Consistencia Aleatoria	1,41
Razón de Consistencia	0,04
RC= 0,02 < 0.1 <b>CONSISTENTE</b>	

### 6.3.1.1.3. Variable de inclinación de pendiente.

La inclinación de la pendiente se la consideró en orden 3, la cual se ha clasificado en base a la clasificación de Demek (1972), indicando que su importancia se relaciona al estado natural de reposo de los materiales y unidades en relación a la gravedad, indicándose además que las pendientes que son >30° son más susceptibles para la generación de deslizamientos, mencionando que existe diferentes tipos de inclinación de pendientes que son exclusivas de algunas unidades de geomorfología. El rango de pendiente establecida está basado en la normativa del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda “Programa Casa para Todos” (2018), donde se menciona que en base a la clasificación de pendientes está permitido la construcción de casa en pendientes no mayores a 30° como medida de prevención en el diseño.

En base a ello se realizó la jerarquización en función a inclinación de la pendiente: Muy inclinado; Empinado; Vertical; Fuertemente inclinado; Ligeramente inclinado.

Para la determinación de la priorización de la pendiente se considera que, los deslizamientos se generan en pendientes muy inclinado, empinados o fuertemente e inclinados, por lo que se dedigna de la siguiente forma los pesos de cada tipo:

**Tabla 30.** Variable de Pendiente, valorizada y normalizada de acuerdo a la clasificación de Saaty (1980)

	Muy inclinado	Empinado	Vertical	Fuertemente inclinado	Ligeramente inclinado	Normalización					Peso	$n_{máx}$	Ponderación
Muy inclinado	1,00	2,00	2,00	3,00	4,00	0,39	0,44	0,41	0,32	0,29	0,37	0,95	37%
Empinado	0,50	1,00	1,00	3,00	4,00	0,19	0,22	0,21	0,32	0,29	0,24	1,11	24%
Vertical	0,50	1,00	1,00	2,00	3,00	0,19	0,22	0,21	0,21	0,21	0,21	1,02	21%
Fuertemente inclinado	0,33	0,33	0,50	1,00	2,00	0,13	0,07	0,10	0,11	0,14	0,11	0,53	11%
Ligeramente inclinado	0,25	0,25	0,33	0,50	1,00	0,10	0,05	0,07	0,05	0,07	0,07	0,95	7%
Sumatoria	2,58	4,58	4,83	9,50	14,00	Sumatoria					1,00	4,57	100%

- **Índice de Consistencia (IC)**

$$IC = \frac{n_{máx} - n}{n - 1}$$

$$IC = \frac{4,57 - 5}{5 - 1}$$

$$IC = - 0,10$$

- **Consistencia Aleatoria (ICA)**

$$ICA = \frac{1,98(n - 2)}{n}$$

$$ICA = \frac{1,98 (5 - 2)}{5}$$

$$ICA = 1,19$$

- **Razón de consistencia (RC)**

$$RC = \frac{IC}{ICA}$$

$$RC = \frac{-0,10}{1,19}$$

$$RC = -0,09$$

**Tabla 31.** Cálculo Razón de Consistencia de la variable de pendiente

Cálculo de Razón de Consistencia	
N. Máximo	4,57
Número de Variables	5
Índice de Consistencia	-0,10

Consistencia Aleatoria	1,19
Razón de Consistencia	-0,09
RC= 0,02 < 0.1 <b>CONSISTENTE</b>	

#### 6.3.1.1.4. Variable de cobertura vegetal

La cobertura vegetal se la consideró en orden 4, llega a ser un factor también muy importante debido a que influye directa o indirectamente a la generación de deslizamientos, ya que es el manto superficial de los diferentes materiales, siendo un indicador para definir el grado de meteorización, erosión de los suelos y el nivel de intervención antrópica que tiene cada zona.

Para la determinación de la priorización de la cobertura vegetal se considera la modificación antrópica y la influencia directa e indirecta que han ocasionado para la generación de deslizamientos.

En base a ello se realizó la jerarquización en función a la cobertura vegetal: infraestructura vial, cultivos permanentes, pastizal, cuerpos de agua, vegetación herbácea, vegetación arbustiva, zona antrópica, por lo que se dedigna de la siguiente forma los pesos de cada tipo:

**Tabla 32.** Variable de cobertura vegetal, valorizada y normalizada de acuerdo a la clasificación de Saaty (1980)

	Infraestructura vial	Cultivos Permanentes	Pastizal	Cuerpos de agua	Vegetación Herbácea	Vegetación Arbustiva	Zona urbana	Normalización						Peso	$n_{máx}$	Ponderación
<b>Infraestructura vial</b>	1,00	2,00	2,00	3,00	4,00	4,00	4,00	0,32	0,42	0,30	0,29	0,24	0,19	0,30	0,92	30%
<b>Cultivos permanentes</b>	0,50	1,00	2,00	3,00	3,00	4,00	4,00	0,16	0,21	0,30	0,29	0,24	0,19	0,24	1,10	24%
<b>Pastizal</b>	0,50	0,50	1,00	2,00	2,00	3,00	4,00	0,16	0,10	0,15	0,19	0,18	0,19	0,17	1,09	17%
<b>Cuerpos de agua</b>	0,33	0,33	0,50	1,00	2,00	2,00	3,00	0,11	0,07	0,08	0,10	0,12	0,14	0,11	1,13	11%
<b>Vegetación herbácea</b>	0,25	0,33	0,50	0,50	1,00	2,00	3,00	0,08	0,07	0,08	0,05	0,12	0,14	0,09	1,11	9%
<b>Vegetación arbustiva</b>	0,25	0,25	0,33	0,50	0,50	1,00	2,00	0,08	0,05	0,05	0,05	0,06	0,10	0,06	1,00	6%
<b>Zona urbana</b>	0,25	0,25	0,25	0,33	0,33	0,50	1,00	0,08	0,05	0,04	0,03	0,03	0,05	0,04	0,89	4%
<b>Sumatoria</b>	3,08	4,67	6,58	10,33	12,83	16,50	21,00	<b>Sumatoria</b>						1,00	7,24	100%

- **Índice de Consistencia (IC)**

$$IC = \frac{n_{máx} - n}{n - 1}$$

$$IC = \frac{7,24 - 7}{7 - 1}$$



$$IC = 0,04$$

- **Consistencia Aleatoria (ICA)**

$$ICA = \frac{1,98(n - 2)}{n}$$

$$ICA = \frac{1.98 (7 - 2)}{7}$$

$$ICA = 1,41$$

- **Razón de consistencia (RC)**

$$RC = \frac{IC}{ICA}$$

$$RC = \frac{0,04}{1,41}$$

$$RC = 0,03$$

**Tabla 33.** Cálculo Razón de Consistencia de la variable de pendiente

Cálculo de Razón de Consistencia	
N. Máximo	7,24
Número de Variables	7
Índice de Consistencia	0,04
Consistencia Aleatoria	1,41
Razón de Consistencia	0,03
RC= 0,06 < 0.1 <b>CONSISTENTE</b>	

### 6.3.1.2. Factor desencadenante

Para valorizar al factor ij se consideró en base a la influencia que tiene con las variables condicionantes, por lo que a este factor se le ha proporcionado una ponderación de 20%, justificando que al no tener precipitaciones muy altas pues la influencia oscila en dicho valor.

#### 6.3.1.2.1. Variable de Precipitación

La variable de precipitación es considerada como factor desencadenante, tomando en cuenta la intensidad de precipitaciones máximas registradas de siete estaciones meteorológicas aledañas al sector, donde se categorizo en cinco clases para obtener una mejor clasificación de las precipitaciones, priorizando su importancia en consideración a las precipitaciones más altas hacia las más bajas, por la incidencia que tienen al registrar mayor

a menor cantidad de lluvia y por ende la cantidad de aguas superficiales que pueden saturar a los materiales litológicos.

En base a ello se realizó la jerarquización en función a la clase de precipitación: 145,01 - 152,51 mm/anales; 137,51 - 145,01 mm/anales; 130,02 - 137,51 mm/anales; 122,52 - 130,02 mm/anales y 115,02 - 122,52 mm/anales. Para la determinación de la priorización de la precipitación se considera que, es un factor desencadenante muy importante que por lo general es un factor que genera deslizamientos, por ello se lo ha considerado por el grado de importancia que tiene y la influencia con las demás variables condicionantes.

**Tabla 34.** Variable de Precipitación, valorizada y normalizada de acuerdo a la clasificación de Saaty (1980)

	145,01 - 152,51	145,01 - 152,51	145,01 - 152,51	145,01 - 152,51	145,01 - 152,51	Normalización					Peso	$n_{máx}$	Ponderación
<b>145,01 - 152,51</b>	1,00	2,00	2,00	3,00	4,00	0,39	0,48	0,34	0,32	0,31	0,37	0,95	37%
<b>137,51 - 145,01</b>	0,50	1,00	2,00	3,00	3,00	0,19	0,24	0,34	0,32	0,23	0,26	1,10	26%
<b>130,02 - 137,51</b>	0,50	0,50	1,00	2,00	3,00	0,19	0,12	0,17	0,21	0,23	0,19	1,08	19%
<b>122,52 - 130,02</b>	0,33	0,33	0,50	1,00	2,00	0,13	0,08	0,09	0,11	0,15	0,11	0,64	11%
<b>115,02 - 122,52</b>	0,25	0,33	0,33	0,50	1,00	0,10	0,08	0,06	0,05	0,08	0,07	0,94	7%
<b>Sumatoria</b>	2,58	4,17	5,83	9,50	13,00	<b>Sumatoria</b>					1,00	4,71	100%

- **Índice de Consistencia (IC)**

$$IC = \frac{n_{máx} - n}{n - 1}$$

$$IC = \frac{4,71 - 5}{5 - 1}$$

$$IC = -0,07$$

- **Consistencia Aleatoria (ICA)**

$$ICA = \frac{1,98(n - 2)}{n}$$

$$ICA = \frac{1,98 (5 - 2)}{5}$$

$$ICA = 1.18$$

- **Razón de consistencia (RC)**

$$RC = \frac{IC}{ICA}$$

$$RC = \frac{-0,07}{1,18}$$

$$RC = -0,06$$

**Tabla 35.** Cálculo Razón de Consistencia de la variable de Precipitación

Cálculo de Razón de Consistencia	
N. Máximo	4,71
Número de Variables	5
Índice de Consistencia	-0,07
Consistencia Aleatoria	1,18
Razón de Consistencia	-0,06
RC= -0,38 < 0.1 <b>CONSISTENTE</b>	

### 6.3.2. Mapa de susceptibilidad

Para realizar el mapa de susceptibilidad a deslizamientos en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil a escala 1:10.000 se obtuvo por medio de los rasters de las 5 variables que intervienen en las susceptibilidad a deslizamientos utilizando el software ArcGis 10.5, en consideración de los pesos ponderados de cada variable, el resultado obtenido se reclasificó en 5 intervalos iguales, de acuerdo a los criterios de susceptibilidad a deslizamientos de Sarkar y Kanungo (2004). (Ver Anexo 8)






A continuación, se evidencia el resumen de las variables con sus pesos correspondientes, ubicándose en orden de priorización tanto las variables como sus respectivas clasificaciones:

**Tabla 36.** Resumen de las variables y sus respectivos pesos calculados.

Factor	Ponderación	Variable	Peso	Clasificación	Peso
Condicionantes	80%	Geomorfología	0,41	Depósito de deslizamiento	0,22
				Relieve Colinado Medio	0,18
				Relieve Colinado Alto	0,16
				Relieve Colinado muy Alto	0,13
				Vertiente Heterogénea	0,10
				Vertiente Abrupta	0,08
				Coluvión Antiguo	0,06
				Garganta	0,04
				Terraza media	0,03
		Litología	0,27	Cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa, con intercalaciones de lodolita, pedernal, chert, turba.	0,29
				Bloques y cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa.	0,22
				Intercalaciones de lutitas y arcillolita	0,17
				Esquisto verde micáceo con vetillas de cuarzo	0,11

Factor	Ponderación	Variable	Peso	Clasificación	Peso				
				Esquisto verde micáceo	0,09				
				Esquisto moscovítico con granos de calcio	0,06				
				Flujos de lava de andesita porfirítica con capas de arcilla-limosa	0,05				
				Pendiente	0,19	Muy inclinado	0,37		
						Empinado	0,24		
						Vertical	0,21		
						Fuertemente inclinado	0,11		
						Ligeramente inclinado	0,07		
						Cobertura vegetal	0,13	Infraestructura vial	0,30
								Cultivos permanentes	0,24
				Pastizal	0,17				
				Cuerpo de agua	0,11				
				Vegetación arbustiva	0,09				
				Vegetación herbácea	0,06				
				Desencadenante	20%	Precipitaciones	0,20	Zona urbana	0,04
145,01 - 152,51	0,37								
137,51 - 145,01	0,26								
130,02 - 137,51	0,18								
122,52 - 130,02	0,11								
115,02 - 122,52	0,07								

**Tabla 37.** Clases de susceptibilidad a deslizamientos en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sigsig, Guel y Cutchil

Susceptibilidad	Simbología	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
Muy baja		4,88	15,39
Baja		7,12	22,46
Moderada		13,03	41,10
Alta		5,32	16,78
Muy Alta		1,35	4,26

### 6.3.2.1. Susceptibilidad muy baja

Laderas no meteorizadas con discontinuidad favorables que no presentan ningún tipo de síntoma en donde pueda ocurrir deslizamientos, por lo que son zonas seguras.

La zona de Muy baja susceptibilidad a deslizamientos tiene un porcentaje de 15.39 %, en donde se evidencian las siguientes características:

- Litología: bloques y cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa; cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa, con intercalaciones de lodolita, pedernal, chert, turba;

Intercalaciones de lutitas y arcillolita; flujos de lava de andesita porfirítica con capas de arcilla-limosa, esquisto verde micáceo

- Unidades geomorfológicas: coluvión antiguo.
- Pendiente: oscilan 0-15° de inclinación
- Cobertura vegetal: área poblada, vegetación arbustiva, cultivos permanentes, pastizal, cuerpo de agua
- Precipitación: que oscilan entre 115.02 a 137.51 mm/anuales.

#### **6.3.2.2.Susceptibilidad baja.**

Laderas que tienen algunas fisuras, materiales parcialmente erosionados, no saturados, donde no existen indicios que permitan predecir deslizamientos.

La zona de baja susceptibilidad a deslizamientos tiene un porcentaje de 22.46 %, en donde se evidencian las siguientes características:

- Litología: Intercalaciones de lutitas y arcillolita; esquisto verde micáceo; cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa, con intercalaciones de lodolita, pedernal, chert, turba; bloques y cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa; esquisto verde micáceo y esquisto verde micáceo con vetillas de cuarzo.
- Unidades geomorfológicas: relieve colinado alto, coluvión antiguo, vertiente heterogénea, garganta, relieve colinado medio y relieve colinado muy alto.
- Pendiente: oscilan 0 °- 55 de inclinación
- Cobertura vegetal: cultivos permanentes, vegetación herbácea, pastizal, infraestructura vial,
- Precipitación: que oscilan entre 115.02 a 145.01 mm /anuales.

#### **6.3.2.3.Susceptibilidad moderada**

Laderas con erosión intensa o materiales parcialmente saturados, donde no han ocurrido deslizamientos, pero no existe completa seguridad de que no ocurran

La zona de media en susceptibilidad a deslizamientos tiene un porcentaje de 41.10%, en donde se evidencian las siguientes características:

- Litología: Bloques y cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa; esquisto verde micáceo con vetillas de cuarzo; cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa, con intercalaciones de lodolita, pedernal, chert, turba; intercalaciones de lutitas y arcillolita; y esquisto verde micáceo con vetillas de cuarzo; esquisto verde micáceo; y esquisto moscovítico con granos de calcio.
- Unidades geomorfológicas: relieve colinado alto, coluvión antiguo, vertiente heterogénea, garganta, relieve colinado muy alto, vertiente abrupta, relieve colinado medio y terraza media.
- Pendiente: varía de 5° a 88.72° de inclinación.
- Cobertura vegetal: cultivos permanentes, vegetación arbustiva, pastizal, vegetación herbácea, infraestructura vial y cuerpo de agua.
- Precipitación: que oscilan entre 115.02 a 152.51mm/anuales.

#### **6.3.2.4.Susceptibilidad alta**

Laderas que tienen meteorización alta a moderada donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran.

La zona de alta en susceptibilidad a deslizamientos tiene un porcentaje de 16.78 %, en donde se evidencian las siguientes características:

- Litología: Cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa, con intercalaciones de lodolita, pedernal, chert, turba; esquisto verde micáceo con vetillas de cuarzo; bloques y cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa; esquisto moscovítico con granos de calcio; esquisto verde micáceo; esquisto verde micáceo y flujos de lava de andesita porfirítica con capas de arcilla-limosa.
- Unidades geomorfológicas: relieve colinado medio, vertiente abrupta, vertiente heterogénea, relieve colinado muy alto, relieve colinado alto y depósito de deslizamiento.

- Pendiente: oscilan 15 ° a 88,72° de inclinación
- Cobertura vegetal: cultivos permanentes, vegetación arbustiva, vegetación herbácea, pastizal, cuerpo de agua, infraestructura vial, pastizal, infraestructura vial y cuerpos de agua.
- Precipitación: que oscilan entre 115.02 a 152.51mm/anales.

#### **6.3.2.5. Susceptibilidad muy alta**

Laderas que tienen meteorización alta a muy alta donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran.

La zona de muy alta en susceptibilidad a deslizamientos tiene un porcentaje de 4.26 %, en donde se evidencian las siguientes características:

- Litología: Cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa, con intercalaciones de lodolita, pedernal, chert, turba; bloques y cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa; esquisto verde micáceo; esquisto verde micáceo con vetillas de cuarzo y flujos de lava de andesita porfirítica con capas de arcilla-limosa
- Unidades geomorfológicas: relieve colinado muy alto, relieve colinado medio, depósito de deslizamiento, relieve colinado alto, vertiente heterogénea y vertiente abrupta.
- Pendiente: varía de 15° a 88,72° de inclinación
- Cobertura vegetal: vegetación arbustiva, cultivos permanentes, vegetación herbácea, pastizal, infraestructura vial.
- Precipitación: que oscilan entre 115.02 a 152.51mm/anales.

#### **6.3.3. Correlación entre los puntos de deslizamientos y las zonas de susceptibilidad de deslizamientos**

Las zonas de susceptibilidad a deslizamientos en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil, se clasifican en: susceptibilidad muy baja, susceptibilidad baja, susceptibilidad moderada, susceptibilidad alta y susceptibilidad muy alta, por otro lado, se han identificado 15 deslizamientos en la zona de estudio.

La correlación se analizó en base al área total del inventario de deslizamientos sobre el mapa de susceptibilidad de deslizamiento de la presente investigación. En la siguiente tabla de demuestra la distribución del inventario de deslizamientos en campo dentro del mapa de susceptibilidad en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsg, Guel y Cutchil, utilizando la herramienta Intersect del software ArcGis 10.5. (Ver Anexo 9)

**Tabla 38.** Correlación entre el inventario de deslizamientos y las zonas susceptibilidad a deslizamientos en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsg, Guel y Cutchil

No. Deslizamiento	Clase de susceptibilidad a deslizamientos
1	Susceptibilidad muy alta
2	Susceptibilidad moderada
3	Susceptibilidad alta
4	Susceptibilidad muy alta
5	Susceptibilidad alta
6	Susceptibilidad muy alta
7	Susceptibilidad moderada
8	Susceptibilidad alta
9	Susceptibilidad muy alta
10	Susceptibilidad alta
11	Susceptibilidad moderada
12	Susceptibilidad moderada
13	Susceptibilidad muy alta
14	Susceptibilidad alta
15	Susceptibilidad muy alta

**Tabla 34.** Clasificación de zonas de susceptibilidad a deslizamientos

Zonas de Susceptibilidad a deslizamientos		
Clase de susceptibilidad	Área (m <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
Susceptibilidad muy alta	26591,95	72,23
Susceptibilidad alta	5633,33	15,30
Susceptibilidad moderada	4588,74	12,46
Total	36814,02	100%

**Tabla 39.** Eficiencia del proceso de valoración entre el inventario de deslizamientos y las zonas susceptibles a deslizamientos del área de estudio.

Clases de susceptibilidad a deslizamientos	Área de deslizamientos (m <sup>2</sup> )	Eficiencia total (%)
Muy alta susceptibilidad	32225,28	88%
Alta susceptibilidad		



### 6.3.4. Mapa de susceptibilidad con la metodología de la Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias del Ecuador.

Para elaborar el mapa de comparación de susceptibilidad a deslizamientos se realizó con la metodología utilizada por el Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias del Ecuador, donde se consideran la importancia de las variables de la siguiente manera: pendientes, litología, cobertura vegetal, geomorfología y precipitaciones.

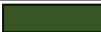




El mapa de comparación se realizó a escala 1:10.000, obtenido por medio de los rasters de las 5 variables que intervienen en la susceptibilidad a deslizamientos utilizando el software ArcGis 10.5, en consideración de los pesos ponderados de cada variable, el resultado obtenido se reclasificó en 5 intervalos iguales, de acuerdo a los criterios de susceptibilidad a deslizamientos de Sarkar y Kanungo (2004). (Ver Anexo 9)

A continuación, se evidencia el resumen de las variables con sus pesos correspondientes, ubicándose en orden de priorización tanto las variables como sus respectivas clasificaciones:

**Tabla 40.** Resumen de las variables y sus respectivos pesos calculados. Utilizando la metodología de la SNGRE y parámetros basados por el MIDUVI.

Variable	Peso	Ponderación
Pendiente	0,37	37%
Litología	0,24	24%
Cobertura vegetal	0,18	18%
Geomorfología	0,13	13%
Precipitaciones	0,07	7%

**Tabla 41.** Clases de susceptibilidad a deslizamientos en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsg, Guel y Cutchil. Utilizando la metodología de la SNGRE.

Susceptibilidad	Simbología	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
Muy baja		1,73	5,46
Baja		12,31	38,83
Moderada		12,98	40,95
Alta		4,42	13,94
Muy Alta		0,26	0,82

### 6.3.5. Correlación entre los puntos de deslizamientos y las zonas de susceptibilidad de deslizamientos, del mapa de comparación.

La correlación se analizó en base al área total del inventario de deslizamientos sobre el mapa de susceptibilidad de deslizamiento de la presente investigación. En la siguiente tabla de demuestra la distribución del inventario de deslizamientos en campo dentro del mapa de

susceptibilidad en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil, utilizando la herramienta “*Intersect*” del software ArcGis 10.5. (Ver Anexo 10)

**Tabla 42.** *Correlación entre el inventario de deslizamientos y las zonas susceptibilidad del mapa de comparación, usando la metodología de la SNGRE.*

No. Deslizamiento	Clase de susceptibilidad a deslizamientos
1	Susceptibilidad alta
2	Susceptibilidad moderada
3	Susceptibilidad moderada
4	Susceptibilidad alta
5	Susceptibilidad baja
6	Susceptibilidad alta
7	Susceptibilidad baja
8	Susceptibilidad alta
9	Susceptibilidad muy alta
10	Susceptibilidad moderada
11	Susceptibilidad moderada
12	Susceptibilidad baja
13	Susceptibilidad alta
14	Susceptibilidad moderada
15	Susceptibilidad muy alta

**Tabla 34.** *Clasificación de zonas de susceptibilidad a deslizamientos, del mapa de comparación usando la metodología de la SNGRE.*

Zonas de Susceptibilidad a deslizamientos		
Clase de susceptibilidad	Área (m <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
Susceptibilidad muy alta	8764,68	23,81
Susceptibilidad alta	18577,99	50,46
Susceptibilidad moderada	4104,61	11,15
Susceptibilidad baja	5366,74	14,58
Total	36814,02	100%






**Tabla 43.** *Eficiencia del proceso de valoración entre el inventario de deslizamientos y las zonas susceptibles a deslizamientos, del mapa de comparación usando la metodología de la SNGRE.*

Clases de susceptibilidad a deslizamientos	Área de deslizamientos (m <sup>2</sup> )	Eficiencia total (%)
Muy alta susceptibilidad		
Alta susceptibilidad	27342,67	74.27%

### 6.3.6. Comparación entre metodología de Saaty y metodología de la SNGRE.

En la siguiente table se puede evidenciar claramente el área y porcentaje de susceptibilidad a deslizamientos utilizando la metodología de Saaty propuesta en el área de estudio y la metodología que utiliza la SNGRE.

**Tabla 44.** Comparación de mapa de susceptibilidad con metodología de Saaty y metodología de la SNGRE.

Susceptibilidad	Simbología	Metodología Saaty		Metodología SNGRE	
		Área (km <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
Muy baja		4,88	15,39	1,73	5,46
Baja		7,12	22,46	12,31	38,83
Moderada		13,03	41,10	12,98	40,95
Alta		5,32	16,78	4,42	13,94
Muy Alta		1,35	4,26	0,26	0,82

De igual forma se compara la correlación entre los puntos de deslizamientos y las zonas de susceptibilidad de deslizamientos, del mapa de comparación, utilizando la metodología de Saaty y la metodología usada por la SNGRE donde se obtiene un porcentaje de coincidencia de 40%

**Tabla 45.** Comparación de la correlación del inventario de deslizamientos y los mapas de susceptibilidad con metodología de Saaty y metodología de la SNGRE.

No. Deslizamiento	Clase de Susceptibilidad M. Saaty	Clase de Susceptibilidad M. SNGRE
1	Susceptibilidad muy alta	Susceptibilidad alta
2	Susceptibilidad moderada	Susceptibilidad moderada
3	Susceptibilidad alta	Susceptibilidad moderada
4	Susceptibilidad muy alta	Susceptibilidad alta
5	Susceptibilidad alta	Susceptibilidad baja
6	Susceptibilidad muy alta	Susceptibilidad alta
7	Susceptibilidad moderada	Susceptibilidad baja
8	Susceptibilidad alta	Susceptibilidad alta
9	Susceptibilidad muy alta	Susceptibilidad muy alta
10	Susceptibilidad alta	Susceptibilidad moderada
11	Susceptibilidad alta	Susceptibilidad moderada
12	Susceptibilidad moderada	Susceptibilidad baja
13	Susceptibilidad muy alta	Susceptibilidad alta
14	Susceptibilidad moderada	Susceptibilidad moderada
15	Susceptibilidad muy alta	Susceptibilidad muy alta

## 7. Discusión

En la actualidad es primordial obtener información cartográfica actualizada para enriquecer el proceso de planificación y un buen manejo del ordenamiento territorial que se encamine hacia el desarrollo físico y espacial de las parroquias de una región, especialmente de las zonas urbanas; con el fin de prever ante cualquier riesgo o amenaza que suscite en una zona específica y a la mejora, mantenimiento y construcción de nuevas infraestructuras o expansión urbanística.

La zonificación de la susceptibilidad a deslizamientos en las zonas urbanas de las parroquias San Sebastián, Guel y Cutchil, área de 31,70 km<sup>2</sup>, se evaluó en base al método de Proceso de Análisis Jerárquico de Saaty (1980), por medio de la ponderación agrupadas en pares de las cinco variables que generan la ocurrencia de deslizamientos, considerando la importancia del factor condicionante que se considera las siguientes variables: unidades geomorfológicas, litología, pendientes y cobertura vegetal; y el factor desencadenante considerando solamente al variable de precipitaciones, excluyendo la sismología porque no es un factor relevante en la zona de estudio; la importancia de cada factor y variable van en dependencia de la importancia e influencia que tienen para la generación de este fenómeno en la zona de estudio, mencionando el orden de prioridad del factor condicionante: geomorfología, litología, pendiente, cobertura vegetal, el cual tiene una ponderación del 80%; mientras que el factor desencadenante con la precipitación tiene una ponderación del 20%.

La zona de estudio se encuentra dentro de cuatro formaciones geológicas, por medio del levantamiento litológico en campo se describe siete litologías; en primera instancia se localiza el basamento de la zona formado por rocas metamórficas de la Unidad Alao-Paute, de edad Jurásico, del cual se desglosa dos litologías: esquisto verde micáceo y esquisto verde micáceo con vetillas de cuarzo lechoso de 3 a 5 cm de espesor; continuamente se depositan las rocas metamórficas de la Unidad El Pan, de edad Jurásico, compuesta de esquisto moscovítico con granos de calcio dispersos en las rocas; seguidamente se ubican los flujos de lava de la Unidad Altar-Urco, de edad Eoceno Temprano-Medio, evidenciando que gran parte de la litología se encuentra altamente meteorizado producto de la disolución de los minerales y por procesos recientes que se han depositado dentro de la unidad obteniendo tres litologías: flujos de lava de andesita porfirítica con capas de arcilla-limosa; bloques y cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa; e Intercalaciones de lutitas y arcillolita; finalmente se analiza los depósitos coluviales, de edad Cuaternario, compuestos de

cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa, con intercalaciones de lodolita, pedernal, chert, turba; siendo resultado de depósitos cuaternarios de antiguos deslizamientos. La fase de levantamiento en campo se relaciona con la Hoja geológica de Sígsig escala 1:100.000 del Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico, (2017)

La geomorfología en la zona de investigación tiene tres orígenes: tectónico erosivo, denudativo y deposicional o acumulativo, obteniendo nueve unidades geomorfológicas en total: relieve colinado muy alto con pendientes de 25° - 89°, relieve colinado alto con pendientes de 25° a 70°, relieve colinado medio con pendientes de 25° a 70°, vertiente abrupta con pendientes de 40° a 70°, coluvión antiguo con pendientes de 12° a 15°, terraza media con pendiente de 2° a 5°, garganta con pendiente entre 55° a 89°, finalmente al realizar el inventario de deslizamiento se analiza y corrobora que existe el cambio en la morfodinámica del sector, lo que incide a la obtención de una unidad geomorfológica depósito de deslizamiento que posee pendientes entre 2° a 89°.

En cuanto a la cobertura vegetal, se realizó una adaptación de terminologías obtenidas del MAGAP (2015), como resultado se identificaron seis clases de cobertura vegetal: pastizal, cultivos permanentes, vegetación arbustiva, vegetación herbácea, área poblada, infraestructura vial y cuerpos de agua; y finalmente para el caso de las precipitaciones utilizando los datos meteorológicos de 7 estaciones en un periodo de 30 años desde el año 1989 hasta el año 2019, considerando la intensidad de precipitaciones máximas registradas anualmente, obteniendo precipitaciones que oscilando desde los 115,02 mm/anuales a 152,51 mm/anuales.

En la presente investigación, la zonificación a deslizamientos de las zonas urbanas de las parroquias San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil, se basó de acuerdo a los criterios de susceptibilidad a deslizamientos de Sarkar y Kanungo (2004) que categoriza a la susceptibilidad en 5 clases: susceptibilidad muy baja con un total de 4.88 km<sup>2</sup> que representa el 15.39%; susceptibilidad baja con 7.12 km<sup>2</sup> que representa 22.46%; susceptibilidad moderada con 13.03 km<sup>2</sup> que representa el 41.10%; susceptibilidad altas con 5.32 km<sup>2</sup> que representa el 16.78%; y susceptibilidad muy alta con 1.35 km<sup>2</sup> que representa el 4.26%.

A continuación, se describirá los sectores de cada parroquia que presentan los diferentes tipos de susceptibilidad:

En la parroquia de San Sebastián de Sígsig, tiene un área de extensión de 19.15 km<sup>2</sup> representando el 60,41% del territorio total; donde la susceptibilidad muy baja se ubica en los sectores: San Sebastián de Sígsig, Palopamba, Descanso y Zhimbrug; la susceptibilidad baja se ubica en los siguientes sectores: Shusho, Caparcag, Cuchipar, Dota, Tricos, Narig, Pileo, Puchun Alto, Shabalula, Malpad, Cruzloma, Shusho y Bigsol; la susceptibilidad moderada se ubica en los siguientes sectores: Pitagma, Puchun Alto, Piblia, Toctehuayco, Ubincay, Chacopamba, Rurcag, Pucallpa, Algarrobo, Panzha, Burinhuayco y Chagracazho; la susceptibilidad alta se ubica en el siguientes sector: Alcacay; y la susceptibilidad muy alta se localiza en los sectores: Chobshi y Piblia.

En la parroquia Cutchil tiene un área de extensión de 8.75 km<sup>2</sup> representando el 27.62% del territorio total; donde la susceptibilidad muy baja se ubica en los sectores: Cutchil y Quinchote; la susceptibilidad baja se ubica en los sectores: Rascorral, Quinandel y Pungala; la susceptibilidad moderada se ubica en los siguientes sectores: Yanacocha, Satunsaray, Chacapata y Shipir; la susceptibilidad alta se localiza en los siguientes sectores: Hashaputo, Sayarin y Tاهual; y la susceptibilidad muy alta se localiza en los sectores: Mal Paso, Chorrohuapuca y Sitcay.

En la parroquia Guel tiene un área de extensión de 3.80 km<sup>2</sup> representando el 11.98 % del territorio total; donde la susceptibilidad muy baja se ubica en los siguientes sectores: Chorro y Rodeo; la susceptibilidad baja se ubica en el sector: Guel, Cuchiguso y Talanquera; la susceptibilidad moderada se ubica en el sector: Chorroloma; la susceptibilidad alta se ubica en los siguientes sectores: Condorsaman y Rumimachay; y la susceptibilidad muy alta, se ubica en las zonas: Dudaloma.

Al realizar la zonificación a susceptibilidad a deslizamientos con la metodología de Saaty se realizó un mapa de comparación basada en la metodología del Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, el cual utiliza la misma metodología, pero priorizando a los factores de la siguiente manera: pendiente, geología, cobertura de suelos, geomorfología y precipitaciones.

Analizando los datos comparados de las dos metodologías se indica que existe una diferencia en cada tipo de susceptibilidad indicándose que: en susceptibilidad muy baja se tiene una diferencia de 9.93%, en susceptibilidad baja se tiene una diferencia de 16.37%, en susceptibilidad moderada se tiene una diferencia de 0.15%, en susceptibilidad alta se tiene una diferencia de 2.84% y en susceptibilidad muy alta se tiene una diferencia de 3.44%. esta

diferencia se da porque el SNGRE considera a las variables con un orden de prioridad diferente.

El GAD Municipal del cantón Sígsig, desarrolló una investigación para el Plan de Ordenamiento Territorial en el año 2015 del “Análisis del grado de amenaza para deslizamientos” a escala 1:50.000, categorizando cuatro niveles de amenaza: alto, medio, bajo y nulo, considerando los siguientes factores: unidades geomorfológicas, cobertura vegetal, formaciones geológicas regionales con escala de 1:50.000, precipitaciones medias de 3 estaciones meteorológicas: M424 SIGSIG INAMHI; M664 SIGSIG INECEL y M669 GIMA; y sismicidad; resultando que los sectores de: Chobshi, Zhimbrug, Tricos, Pucallpa, Piblia, Tasqui y Chorrohuapuca, se evidencia una amenaza alta; mientras que en las zonas pobladas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y los sectores de Satunsaray y Zhotor alto presentan una media amenaza a deslizamiento, por otro lado en los sectores: Dudaloma y Cuchiguso se presenta una baja amenaza a deslizamientos; finalmente, en los sectores: Sitcay, Shusho, Chacapata, Caparcag, Shirir, Shabalula y Cutchil tienen una amenaza nula.

Analizando los datos obtenidos del Análisis del grado de amenaza por deslizamientos, se compara con los datos generados de la presente investigación, indicando que las zonas con alta susceptibilidad como: Chobshi y Tricos sectores de la parroquia de San Sebastián de Sígsig, y la zona de Tasqui de la parroquia de Cutchil, coinciden con la susceptibilidad alta de las dos investigaciones; con respecto a las zonas con susceptibilidad media las zonas de Chorroloma, Chorro y Cuchiguso de la parroquia de Guel y la zona de Satunsaray de la parroquia de Cutchil; coinciden con la susceptibilidad media de las dos investigaciones.

Se considera que la investigación generada por el GAD Municipal del Sígsig (2015), posee algunas características que diferencian a la presente investigación: existe una gran diferencia de escala debido a que el GAD Municipal realizó la investigación con una escala 1:50.000 y en la presente investigación se realizó a 1:10.000, lo cual nos brinda mayor detalle, también se analiza el área de estudio, ya que se ha considerado solamente 31,70 km<sup>2</sup> de los 674,53 km<sup>2</sup> de área total que posee el cantón Sígsig; el tiempo que se ha realizado la investigación es muy significativa debido a que ha pasado 7 años de diferencia entre las dos investigaciones; finalmente, las variables del presente estudio se han analizado a mayor detalle y corroborado en campo, mientras que la investigación generada por el GAD Municipal fue un trabajo de gabinete y a menor detalle.

De la correlación entre el inventario de deslizamientos en campo con el mapa de susceptibilidad a deslizamientos, se obtiene un total de 36814,02 m<sup>2</sup>, se determina que seis deslizamientos se encuentran dentro de las zonas de susceptibilidad muy alta con un área total de 26591,95 m<sup>2</sup> representando 72.23 %, así mismo, en susceptibilidad alta se encuentran cuatro deslizamientos que tienen un área total de 5633,33 m<sup>2</sup>, que representa el 15.30 %, finalmente en la susceptibilidad moderada existen cuatro deslizamientos que poseen un área de 4588,74 m<sup>2</sup>, representando el 12.46 %. Se indica que, en base a los resultados de la correlación la eficacia del método tiene un valor de 88%. Con respecto a la correlación entre los puntos de deslizamientos y las zonas de susceptibilidad de deslizamientos de las dos metodologías se indica que existe un porcentaje de coincidencia de 40%.

Por otro lado, al realizar la correlación entre el inventario de deslizamientos en campo con el mapa de susceptibilidad a deslizamientos, basado en la metodología del SNGRE se tiene que: dos deslizamientos se encuentran dentro de las zonas de susceptibilidad muy alta con un área total de 8764,68 m<sup>2</sup> representando 23.81%, así mismo, en susceptibilidad alta se encuentran cinco deslizamientos que tienen un área total de 4104,61 m<sup>2</sup> representando 50.46 %, en la susceptibilidad moderada existen cinco deslizamientos que poseen un área de 6735,48 m<sup>2</sup>, representando el 11.15%, finalmente en la susceptibilidad baja existen tres deslizamiento que posee un área de 5366,74 m<sup>2</sup>, representando el 14.58%. Se indica que, en base a los resultados de la correlación la eficacia del método tiene un valor de 74.27%.



## 8. Conclusiones

- La caracterización de las variables que intervienen en la susceptibilidad a deslizamientos se priorizaron en base a la importancia que presentan en la zona de estudio, donde el factor desencadenante tiene una ponderación de 80% priorizando a las variables de la siguiente manera: en primer lugar, se prioriza la geomorfología donde tiene mayor peso la unidad geomorfológica de “depósito de deslizamiento”; en segundo lugar la litología, con mayor peso en los materiales de “cantos rodados de rocas volcánicas y metamórficas en una matriz arcilla-limosa, con intercalaciones de lodolita, pedernal, chert, turba”; en tercer lugar la pendiente, que tiene mayor peso la categoría “Muy inclinado (15- 35°)”; en cuarto lugar a la cobertura vegetal, que tiene mayor peso la clasificación de “pastizal”; por otro lado el factor condicionante que tiene una ponderación de 20% se considera a la variable de la precipitación, el cual tiene mayor las precipitaciones con mayor rango de precipitación que oscilan entre 145,01 - 152,51 mm/anales.
- Del inventario de deslizamientos se obtuvo un total de 15 deslizamientos traslacionales con un área total de 36814,02 m<sup>2</sup>; distribuidos en las tres parroquias, mencionando que en la parroquia de San Sebastián de Sígsig se localizan 9 deslizamientos dentro de las zonas Curuncay, Pucal, Portul, Mastola, San Sebastián de Sígsig, Alcacay, Zhimbrug y Chobshi; en la parroquia de Cutchil se ubican 4 deslizamientos en las siguientes zonas: Tulaca, Yanacocha, Satunsaray, Rascorral; y en la parroquia de Guel deslizamientos se localizan 2 deslizamientos en los sectores: Dudaloma y Chorroloma. Tras la obtención de la zonificación de cada deslizamiento se corrigió el mapa geomorfológico tomando en consideración la unidad geomorfológica “depósito de deslizamiento”, producto de la geodinámica de cada sector.
- El mapa de susceptibilidad a deslizamientos en las zonas urbanas de las parroquias San Sebastián de Sígsig se clasifican en: susceptibilidad muy baja, susceptibilidad baja, susceptibilidad moderada, susceptibilidad alta y susceptibilidad muy alta; indicando que las zonas con susceptibilidad moderada representa el 41.10% del área total ubicándose en la parroquia de San Sebastián de Sígsig dentro de las zonas de Pitagma, Puchun Alto, Piblia, Toctehuayco, Ubincay, Chacopamba, Rurcag, Pucallpa, Algarrobo, Panzha, Burinhuayco y Chagracazho; en la parroquia de Cutchil se ubican en las zonas: Yanacocha, Satunsaray, Chacapata y Shipir; y en

la parroquia de Guel se localizan en el sector: Chorroloma. Por otro lado, la susceptibilidad alta representa el 16.78 % del área total ubicándose en la parroquia de San Sebastián de Sígsg dentro en la zona de Alcacay; en la parroquia de Cutchil se ubica en las siguientes zonas: Piblia, Hashaputo, Sayarin y Tatural; y en la parroquia de Guel dentro de los sectores Rumimachay y Condorsaman. La susceptibilidad muy alta representa el 4.26% del área total ubicándose en la parroquia de Sebastián de Sígsg dentro de las zonas de Chobshi y Piblia; en la parroquia de Cutchil se ubican en las siguientes zonas: Mal Paso, Chorrohuapuca y Sitcay; y en la parroquia de Guel se localiza en el sector: Dudaluma.

- De la corroboración del inventario de deslizamientos con el mapa de susceptibilidad a deslizamientos en la zona de estudio, se obtiene que en la susceptibilidad moderada existe cuatro deslizamientos con un área total de 4588,74 m<sup>2</sup>; en la susceptibilidad alta se tiene cinco deslizamientos con un área total de 5633,33 km<sup>2</sup>; y en la susceptibilidad muy alta se presentan seis deslizamientos con un total de área de 26591,95 km<sup>2</sup>, dando como resultado una eficiencia de 88%.
- La metodología para la caracterización de las variables que intervienen en la susceptibilidad a deslizamientos en la zona de estudio, se realizó lo siguiente: recolección bibliográfica, confección de mapas con fotointerpretación, levantamiento de información en campo, corroboración y corrección de mapas temáticos, obteniendo de esta manera los mapas temáticos a escala 1:10.000 de las variables condicionantes y desencadenantes, con su respectiva ponderación; las variables condicionantes tiene el siguiente orden de priorización: geomorfología, litología, pendientes y cobertura vegetal. En la variable de geomorfología se considera el análisis de la génesis, morfología, morfometría y morfodinámica en base a una fotointerpretación y corroboración de información en campo; la litología se realizó en base al levantamiento de afloramientos en campo, agrupando la litología encontrada en base a sus unidades características litológicas; la variable pendiente se elaboró en el con el uso del Modelo Digital de Terreno de 3 pixel/m; y la precipitación se elaboró; la cobertura vegetal se confeccionó en base a la fotointerpretación y corroboración de información en campo, considerando la forma, textura, color e información topográfica; y la variable del factor detonante se obtuvo por medio de una triangulación de la precipitación media anual de 7 estaciones metereológicas de los últimos 30 años desde 1989 hasta 2019.

- Al comparar el mapa de susceptibilidad a deslizamientos aplicando la metodología de Saaty y la metodología que utiliza la SNGRE se evidencia que la diferencia entre los tipos de susceptibilidad no supera 20% de diferencia entre porcentajes, y la correlación entre inventario de deslizamientos y zonas con susceptibilidad tiene un porcentaje de coinciden de 40%, esto se debe que se ha usado las mismas variables, pero considerando como priorización las “pendientes” debido a la metodología que aplica la SNGRE.

## **9. Recomendaciones**

- Considerar que la elección y ponderación de las variables está en dependencia de las condiciones y características de la zona de estudio.
- Utilizar imágenes satelitales u ortofotos actuales o recientes para el proceso de fotointerpretación, para evitar la generación de información desactualizada o errada.
- Realizar la caracterización morfométrica de los deslizamientos, con el fin de obtener a detalle la información de todos los deslizamientos generados en las zonas urbanas de las tres parroquias y determinar las posibles medidas de mitigación.
- Tomar como fundamento base para futuros trabajos ingenieriles el estudio de la zonificación de susceptibilidad a deslizamientos en las tres parroquias con el fin de reducir afectaciones en la población e infraestructura por la ocurrencia de los deslizamientos en la zona de estudio.
- Incluir la investigación en la actualización del Plan de Ordenamiento Territorial, debido a que se concentra en las zonas urbanas de las parroquias San Sebastián de Sígsig, Cutchil y Guel, con el fin de tener la iniciativa de una toma de decisión para la planificación y ordenamiento del territorio.

## 10. Bibliografía

Abad, F. (2006). Ensayo Metodológico para la Evaluación y Zonificación de la Amenaza por Fenómenos de Remoción en Masa, Cuenca de Loja. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

Colombiano, S. G. (2013). Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:1000. Bogotá.

Copons, R. (2007). Avaluació de la perillositat de Cargudes de blocs rocosos al Sola d' Andorra la Vella. En R. Copons, Avaluació de la perillositat de Cargudes de blocs rocosos al Sola d' Andorra la Vella (pág. 213). Fracia: CENMA.

Corominas. (2003). Integrated Landslide Susceptibility Analysis and hazard assessment in the Principality of Andorra. En Corominas, Integrated Landslide Susceptibility Analysis and hazard assessment in the Principality of Andorra (págs. 30, 421 - 435). Andorra.

Demek. (1972). Clasificación de pendientes.

Díaz, J. S. (1998). Deslizamientos y Estabilidad de Taludes. En J. S. Díaz, Deslizamientos y Estabilidad de Taludes. Bucaramanga: Publicaciones UIS.

Guzmán, J. E. (2012). Topografía. Estado de México: Red Tercer Milenio. Hervás, J., Barredo, J., & Lomoschitz, A. (2002). Elaboración de mapas de susceptibilidad de deslizamientos mediante SIG, Teledetección y Métodos de evaluación multicriterio Aplicación a la depresión de Tirajana (Gran Canaria). España: Biblioteca Universitaria, 2007.

José M., M., Juan Carlos, B., & María Teresa, G. (2008). Itinerarios geológicos por Sierra Nevada. España: Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.

Matera, L. C. (2002). Topografía. Venezuela: Hecho el depósito de Ley.

Morales, W. R. (2015). Texto Básico Autoformativo de Topografía General. Managua: © Universidad Nacional Agraria.

Rivero, D. S. (1998). Metodología de la Investigación. Estados Unidos: A. Rubeira.

SNGRE (2022). Procedimiento metodológico preliminar. Susceptibilidad/amenaza, exposición y vulnerabilidad ante movimientos en masa, Ecuador.

Sígsg, M. d. (2019). Caso Cerro Pucalá, Sector Curín. Sígsg.

Suárez, J. (2009). Análisis Geotécnico. Colombia: © 1998, Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos.

Vallejo, L. G. (2001). Ingeniería Geológica. Madrid: Pearson.

Varnes. (1978). Slope movement types and processes. In Landslides, analysis and control. En H. Varnes, Slope movement types and processes. In Landslides, analysis and control (págs. 176, 11-33). Washington: National Academy of Sciences.


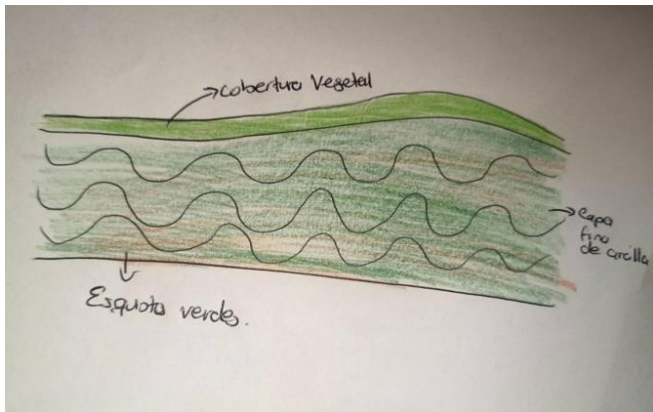
## 11. Anexos

- Anexo 2.** Mapa geomorfológico en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil
- Anexo 3.** Mapa litológico en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil
- Anexo 4.** Mapa de Pendientes en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil
- Anexo 5.** Mapa de Cobertura Vegetal en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil
- Anexo 6.** Mapa de Precipitaciones en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil
- Anexo 8.** Mapa de Susceptibilidad en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil
- Anexo 9.** Mapa de correlación del inventario de deslizamiento y las zonas de susceptibilidad a deslizamientos
- Anexo 10.** Mapa de Susceptibilidad en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil, utilizando la metodología del Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias.
- Anexo 11.** Mapa de correlación del inventario de deslizamiento y las zonas de susceptibilidad a deslizamientos, utilizando la metodología del Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias.

*Ubicados en el CD-R No.1*

Anexo 10. Registro de descripción de afloramientos


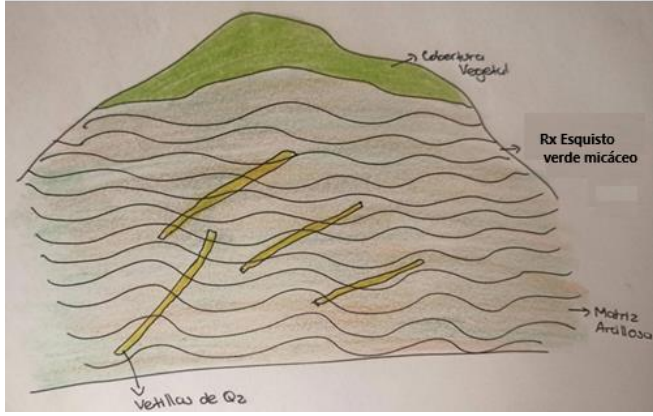
Registro de afloramiento AF-PP-73

REGISTRO DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS												
Tipo de afloramiento	Natural		Código	AF-PP-73	Fecha	22/12/2021						
	Artificial	X										
Ubicación geográfica												
Provincia	Azuay	Cantón	Sigsig	Parroquia	Cutchil							
DATUM: UTM/WGS84 Zona 17S		X:	744874.123						Dirección: SW			
		Y:	9661407.331									
		Z:	1095.610									
Dimensiones	Largo (m)	25 m		Potencia(m)	10 m							
Formación geológica	Unidad Alao-Paute			Vegetación	Herbáceo, Arbustivo.							
Descripción del afloramiento												
Rocas metamórficas foliada de tipo esquistos verde micáceo, con una dominancia de minerales de moscovita, clorita y biotita, se encuentra altamente meteorizado y con una capa fina arcilloso de coloración amarilla.												
Fotografía						Perfil Litológico						
												
Descripción Litología												
Potencia (m)	No Estr.	EMR	GF	GM	GP	HUM	DS	ED	AD	MR	AZ	BUZ
	1	La	M	A	M	Hu	Fo	0.06-0.2mm	0.5-1mm	Ar	141	51SSW

Nota: Elaborado por: La Autora (2023)


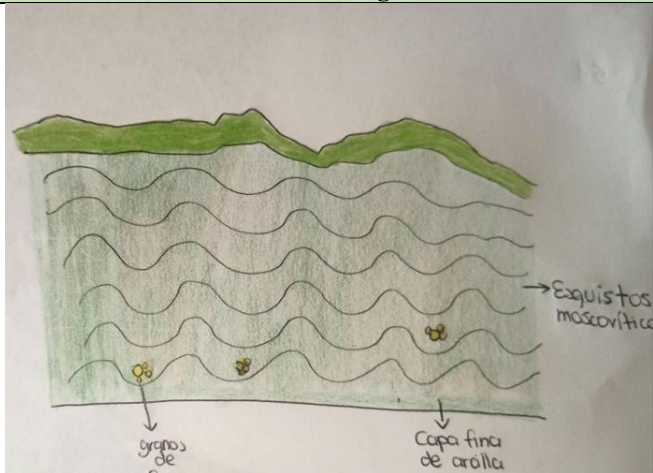


Registro de afloramiento AF-PP-18

REGISTRO DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS												
Tipo de afloramiento	Natural		Código	AF-PP-18	Fecha	11/12/2021						
	Artificial	X										
Ubicación geográfica												
Provincia	Azuay	Cantón	Sigsig	Parroquia	San Sebastián de Sigsig							
DATUM: UTM/WGS84 Zona 17S		X:	748421.297						Dirección: SW			
		Y:	9659288.704									
		Z:	1239.690									
Dimensiones	Largo (m)	45 m		Potencia(m)	25 m							
Formación geológica	Unidad Alao Paute			Vegetación	Matorral							
Descripción del afloramiento												
Rocas metamórficas foliadas de tipo esquisto micáceo con vetillas de 1 a 5 cm de cuarzo, medianamente meteorizadas con alto contenido de óxido de hierro, con fracturación de 5 a 10 cm entre rocas foliadas. Posee una capa fina de arcillas muy plásticas.												
Fotografía						Perfil Litológico						
												
Descripción Litológica												
Potencia (m)	No Estr.	EMR	GF	GM	GP	HUM	DS	ED	AD	MR	AZ	BUZ
24	1	Lam	A	B	M	Hum	Fo	0.2 a 0.5	>5 mm	Ar, Ox	135	45SW


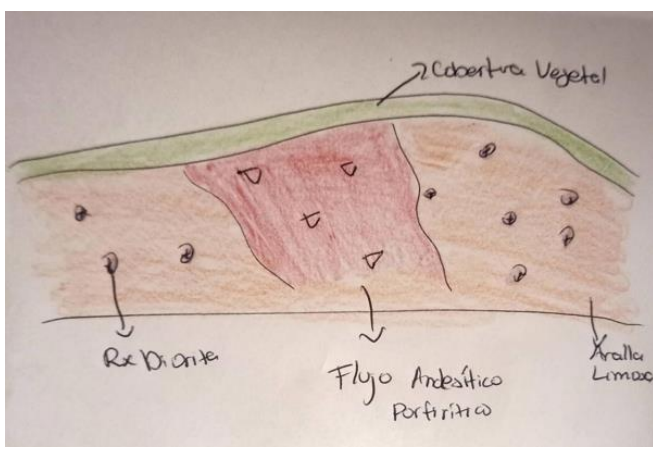
Nota: Elaborado por: La Autora (2023)

Registro de afloramiento AF-PP-50

REGISTRO DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS												
Tipo de afloramiento	Natural		Código	AF-PP-50	Fecha	6/1/2023						
	Artificial	X										
Ubicación geográfica												
Provincia	Azuay	Cantón	Sigsig	Parroquia	Guel							
DATUM: UTM/WGS84 Zona 17S		X:	748616.238						Dirección: NE			
		Y:	9665603.268									
		Z:	2553.460									
Dimensiones	Largo (m)	16 m			Potencia(m)	15 m						
Formación geológica	Unidad Alao Paute			Vegetación	Matorral							
Descripción del afloramiento												
Rocas metamórficas foliadas de tipo esquistos moscovíticos con grano de calcita, medianamente meteorizadas con alto contenido de óxido de hierro, con fracturación de 2cm entre rocas foliadas. Posee una capa fina de arcilla muy plástica.												
Fotografía						Perfil Litológico						
												
Descripción Litología												
Potencia (m)	No Estr.	EMR	GF	GM	GP	HUM	DS	ED	AD	MR	AZ	BUZ
6.5	1	La	M	M	M	Hu	Fo	0.06-0.2mm	0.5-1mm	Ar	330	60NE


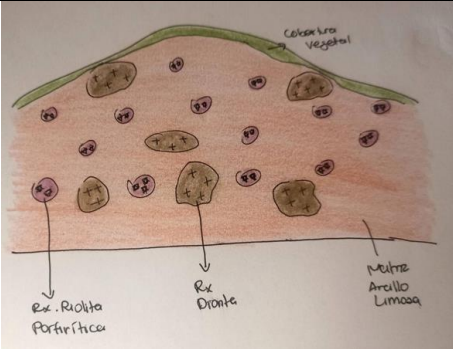
Nota: Elaborado por: La Autora (2023)

Registro de afloramiento AF-PP-79

REGISTRO DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS												
Tipo de afloramiento	Natural		Código	79	Fecha	07/01/2023						
	Artificial	X										
Ubicación geográfica												
Provincia	Azuay	Cantón	Sigsig	Parroquia	Cutchil							
DATUM: UTM/WGS84 Zona 17S		X:	743861,137						Dirección:			
		Y:	9659846,845						SW			
		Z:	2692,53									
Dimensiones	Largo (m)	15 m			Potencia(m)	5 m						
Formación geológica	Unidad Altar Urco			Vegetación	Matorral							
Descripción del afloramiento												
Afloramiento compuesto de flujos de lava de composición andesita porfírica de coloraciones rojizas a marrón por la meteorización, Presentan cantos rodados subredondeados de tipo riolita porfírica de tamaños < 1 m de coloración grisácea. Se encuentran con una matriz arcillosa de coloración amarillenta y se encuentra altamente fisurado.												
Fotografía						Perfil Litológico						
												
Descripción Litológica												
Potencia (m)	No Estr.	EMR	GF	GM	GP	HUM	DS	ED	AD	MR	AZ	BUZ
		Ma	M	A	M	Hse	No	0.06-0.2mm	0.5-1mm	Ar	132	42SW


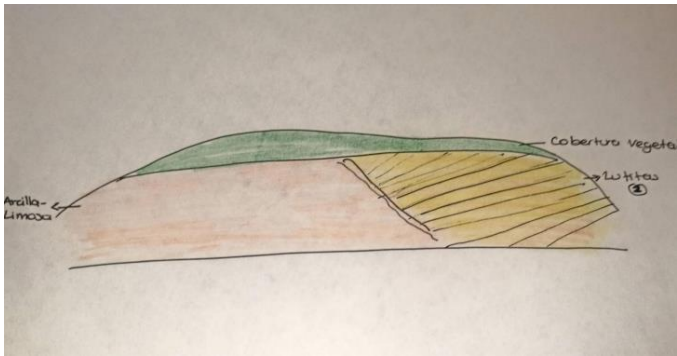
Nota: Elaborado por: La Autora (2023)

Registro de afloramiento AF-PP-43

REGISTRO DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS												
Tipo de afloramiento	Natural		Código	AF-PP-43	Fecha	13/12/2021						
	Artificial											X
Ubicación geográfica												
Provincia	Azuay		Cantón	Sigsig		Parroquia	Guel					
DATUM: UTM/WGS84 Zona 17S			X:	747849.453						Dirección: SW		
			Y:	9666900.963								
			Z:	2607.640								
Dimensiones	Largo (m)		35 m			Potencia(m)	15 m					
Formación geológica	Unidad Altar Urco			Vegetación			Matorral					
Descripción del afloramiento												
Depósito coluvial antiguo compuesto cantos rodados de rocas volcánicas de tipo riolita porfírica altamente meteorizada con tamaños < 1 m y con rocas de tipo diorita con tamaños > 1m con una matriz de arcilla-limosa de grano fino con coloración rojiza, con contenido medio de óxido de hierro.												
Fotografía						Perfil Litológico						
												
Descripción Litología												
Potencia (m)	No Estr.	EMR	GF	GM	GP	HUM	DS	ED	AD	MR	AZ	BUZ
	1	Ma	M	A	M	Hu	NA	0.06-0.2mm	0.5-1mm	Ox	116	26SW

Nota: Elaborado por: La Autora (2023)


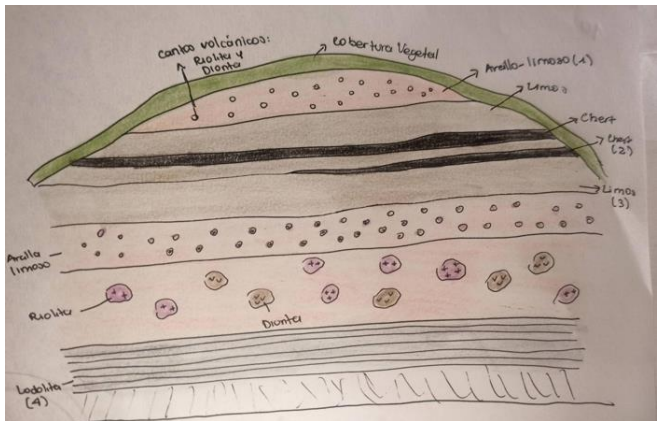
Registro de afloramiento AF-PP-02

REGISTRO DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS														
Tipo de afloramiento	Natural		x	Código	AF-PP-02	Fecha	11/12/2021							
	Artificial													
Ubicación geográfica														
Provincia	Azuay		Cantón	Sígsig		Parroquia	San Sebastián de Sígsig							
DATUM: UTM/WGS84 Zona 17S			X:	746887.162							Dirección: NE			
			Y:	9662802.785										
			Z:	2822.700										
Dimensiones	Largo (m)		35 m			Potencia(m)	3 m							
Formación geológica	Unidad Altar Urco				Vegetación		Matorral							
Descripción del afloramiento														
Depósitos coluviales compuesto de arcillolita con óxido de hierro, meteorizado y fisurado, con lutitas de grano fino laminadas y delgadamente estratificadas, con un bajo a medio contenido de óxido de hierro.														
Fotografía							Perfil Litológico							
														
Descripción Litología														
Potencia (m)	No Estr.	EMR	GF	GM	GP	HUM	DS	ED	AD	MR	AZ	BUZ		
2.75 m	1	Lam	M	M	M	B	Et	0.06-0.2mm	0.5-1mm	Ox	264	6NE		


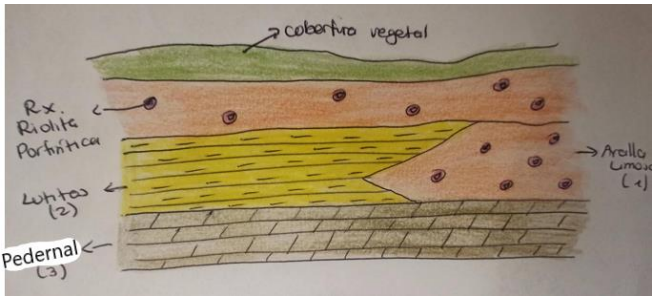
Nota: Elaborado por: La Autora (2023)

Registro de afloramiento AF-PP-10

Nota: Elaborado por: La Autora (2023)

REGISTRO DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS														
Tipo de afloramiento	Natural			Código	AF-PP-10	Fecha	17/12/2021							
	Artificial													
Ubicación geográfica														
Provincia	Azuay	Cantón	Sígsig	Parroquia	San Sebastián de Sígsig									
DATUM: UTM/WGS84 Zona 17S			X:	744799.972							Dirección: SW			
			Y:	9665031.372										
			Z:	2652.454										
Dimensiones	Largo (m)	55 m			Potencia(m)	15 m								
Formación geológica	Depósito Coluvial			Vegetación	Matorral y Herbácea									
Descripción del afloramiento														
Depósito coluvial antiguo compuesto de cantos subredondeados de rocas volcánicas de tipo diorita con diámetros de 1-10cm, el depósito esta estratificado con alternancia de materiales arcilla-limoso con contenido de óxido de hierro, con coloración amarillenta; material limoso de grano fino con coloración marrón, los materiales se encontraron meteorizados y en algunas zonas se encontraron socavones en forma de cárcavas y capas de rocas sedimentarias silíceas, denominado chert. En la parte baja se encontró bloques de roca de tipo lodolita.														
Fotografía							Perfil Litológico							
														
Descripción Litología														
Potencia (m)	No Estr.	EMR	GF	GM	GP	HUM	DS	ED	AD	MR	AZ	BUZ		
3	1	Ma	A	M	M	Hum	Et	0.06-0.2mm	0.5-1mm	Ox				
0.5	2	Et	B	B	B	Hse	Et	<0.06 m	<0.01mm	Si				
2.5	3	Ma	M	M	M	Hum	Et	0.06-0.2mm	0.5-1mm	Ar				
1.5	4	Ma	M	M	M	Hum	Et	0.06-0.2mm	0.5-1mm	Ar	122	32SW		

Registro de afloramiento AF-PP-60

REGISTRO DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS												
Tipo de afloramiento	Natural		Código	AF-PP-60	Fecha	14/12/2021						
	Artificial	X										
Ubicación geográfica												
Provincia	Azuay	Cantón	Sigsig	Parroquia	Cutchil							
DATUM: UTM/WGS84 Zona 17S		X:	744175.282							Dirección:		
		Y:	9658152.130									
		Z:	2768.900							SE		
Dimensiones	Largo (m)	23 m			Potencia(m)	10 m						
Formación geológica	Depósito Coluvial			Vegetación	Herbáceo, Matorral							
Descripción del afloramiento												
Depósito coluvial antiguo compuesto de cantos rodados de rocas volcánicas de tipo riolita porfírica altamente meteorizada con tamaños 10 a 20 cm, con una matriz de arcillo-limosa de grano fino con coloración amarillenta, con contenido medio de óxido de hierro, capas de lutitas, de coloración amarillenta, en la zona más baja se encuentran capas de pedernal blanco muy compactadas con tamaños de 50 a 70 cm.												
Fotografía						Perfil Litológico						
												
Descripción Litológica												
Potencia (m)	No Estr.	EMR	GF	GM	GP	HUM	DS	ED	AD	MR	AZ	BUZ
	1	Ma	M	A	M	Hum	Na	0.06-0.2mm	0.5-1mm	Ox		
	2	Lam	M	M	A	Hse	Est	<0.06 m	<0.1 mm	Ox		
	3	Lam	B	B	A	Hse	Est	<0.06 m	<0.1 mm		56	36SE

Nota: Elaborado por: La Autora (2023)

Anexo 7. Inventario de deslizamientos.

Ficha de inventario del deslizamiento 1

FICHA DE INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS							
Proyecto de investigación	Zonificación de susceptibilidad a deslizamientos en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sigsig, Guel y Cutchil, cantón Sigsig, provincia Azuay			LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			
				DIVISIÓN POLÍTICA		COORDENADAS	
Nombre del encuestador	Plasencia P. (2023)	ORIENTACIÓN DEL DESLIZAMIENTO	NE	Provincia	Azuay	Proyección	UTM WGS 84/ Zona 17 S
# Deslizamiento	1			Cantón	Sigsig	x	744810,22
Fecha	19/02/2023			Parroquia	Cutchil	y	9657952,44
				Barrio	Tulaca	z	2834,61
DESCRIPCIÓN DE LOS DESLIZAMIENTOS							
ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO			CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO				
ESTADO	ESTILO	DISTRIBUCIÓN	TIPO DE MOVIMIENTO	HUM. DEL SUELO	MATERIAL	VELOCIDAD	Otras características
Activo ( )	Único ( )	Retrogresivo ( )	Deslizamiento Rotacional ( x )	Seco ( )	Roca ( )	Extr. Rápido (>5 m/s) ( )	Movim. canalizado ( )
Reactivo ( )	Sucesivo ( )	Progresivo ( )	Deslizamiento Traslacional ( )	Húmedo ( x )	Detritos ( x )	Muy Rápido (> 3 m/s) ( )	Movim.no canalizado ( x )
Latente ( x )	Múltiple ( x )	Ensanchándose ( x )	Deslizamiento Compuesto ( )	Muy Húmedo ( )	Arena ( )	Rápido (>1,8 m/hr) ( )	Licuefacción ( )
Abandonado ( )	Sencillo ( )	Confinado ( )		Mojado ( )	Finos ( )	Lento (> 1,6 m/año) ( x )	
Estabilizado ( )	Complejo ( )	Creciente ( )			M.O ( )	Ext. Lento (< 16 mm/año) ( )	
Relicto ( )	Compuesto ( )	Avanzado ( )					
Suspendido ( )	Enjambre ( )	Decreciente ( )					
FACTORES DETONANTES Y CONDICIONANTES	Material Plástico Débil ( x )		TIPO DE COBERTURA	Veg Herbácea ( ) Bosque Selva ( ) Matorral ( x ) Cultivos ( ) Construcciones ( x ) Sin cobertura ( )			
	Material sensitivo ( ) Material colapsible ( x ) Material meteorizado físicamente ( x ) Material meteorizado químicamente ( ) Material fallado por corte ( ) Material fisurado o agrietado ( )		TIPO DE USO	Ganadería ( ) Área protegida ( ) Agrícola ( ) Zona arqueológica ( ) Vivienda ( ) Vías ( ) Minería ( )			
	Orientación desfavorable de discontinuidades ( ) Contrastes de permeabilidad de materiales ( ) Meteorización por expansión/contracción ( ) Deforestación o ausencia de vegetación ( )			Movimiento Tectónico ( ) Sismo ( ) Erupción Volcánica ( ) Viento ( ) Lluvias ( x ) Erosión superficial ( ) Modificación del Talud ( ) Socavación del pie del talud por corriente agua ( x )			
Excavación del pie del talud ( ) Carga en la corona del talud ( x ) Erosión Subterránea ( ) Escapes de agua de tubería ( ) Disposición deficiente de estériles/escombros ( ) Vibración Artificial ( x )							
DAÑOS			DIMENSIONES				
POBLACIÓN	Número de muertos	1	Longitud Total		159,68 m	Área	1,34 Ha
	Número de damnificados		Ancho del deslizamiento		155,53 m	Perímetro	0,09 Km
REGISTRO FOTOGRAFICO			DEFORMACIÓN DEL TERRENO				
			MODO	Ondulamiento ( ) Escalonamiento ( x )	SEVERIDAD	Leve ( ) Media ( x ) Pronunciada ( ) Severa ( ) Muy severa ( )	

Nota: Formato modificado del: (Proyecto Multinacional Andino, 2000). Elaborado por: La Autora (2023)



Ficha de inventario del deslizamiento 2

FICHA DE INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS								
<b>Proyecto de investigación</b>	Zonificación de susceptibilidad a deslizamientos en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sigsig, Guel y Cutchil, cantón Sigsig, provincia Azuay			<b>LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA</b>				
<b>Nombre del encuestador</b>	Plasencia P. (2023)	<b>ORIENTACIÓN DEL DESLIZAMIENTO</b>	NE	<b>DIVISIÓN POLÍTICA</b>		<b>COORDENADAS</b>		
<b># Deslizamiento</b>				2	<b>Provincia</b>	Azuay	<b>Proyección</b>	UTM WGS 84/ Zona 17 S
<b>Fecha</b>				19/02/2023	<b>Cantón</b>	Sigsig	<b>Y</b>	744503,606
					<b>Parroquia</b>	Cutchil	<b>Z</b>	9657899,566
				<b>Barrio</b>	Yanacocha		2819,8	
DESCRIPCIÓN DE LOS DESLIZAMIENTOS								
<b>ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO</b>			<b>CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO</b>					
<b>ESTADO</b>	<b>ESTILO</b>	<b>DISTRIBUCIÓN</b>	<b>TIPO DE MOVIMIENTO</b>	<b>HUM. DEL SUELO</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>VELOCIDAD</b>	<b>Otras características</b>	
Activo ( )	Único (x)	Retrogresivo ( )	Deslizamiento Rotacional ( )	Seco ( )	Roca ( )	Extr. Rápido (>5 m/s) ( )	Movim. canalizado (x)	
Reactivo ( )	Sucesivo ( )	Progresivo ( )	Deslizamiento Traslacional (x)	Húmedo ( )	Detritos ( )	Muy Rápido (> 3 m/s) ( )	Movim.no canalizado ( )	
Latente (x)	Múltiple ( )	Ensanchándose (x)	Deslizamiento Compuesto ( )	Muy Húmedo (x)	Arena (x)	Rápido (>1,8 m/hr) ( )	Licuefacción ( )	
Abandonado ( )	Sencillo ( )	Confinado ( )		Mojado ( )	Finos ( )	Lento (> 1,6 m/año) ( )		
Estabilizado ( )	Complejo ( )	Creciente ( )			M.O ( )	Ext. Lento (< 16 mm/año) (x)		
Relicto ( )	Compuesto ( )	Avanzado ( )	<b>COBERTURA VEGETAL</b>					
Suspendido ( )	Enjambre ( )	Decreciente ( )	<b>TIPO DE COBERTURA</b>	Veg Herbácea ( ) Bosque Selva ( ) Matorral (x) Cultivos (x) Construcciones (x) Sin cobertura (x)				
<b>FACTORES DETONANTES Y CONDICIONANTES</b>	Material Plástico Débil (x)		<b>TIPO DE USO</b>	Ganadería ( ) Área protegida ( ) Agrícola (x) Zona arqueológica ( ) Vivienda (x) Vías (x) Minería ( )				
	Material sensitivo ( ) Material colapsable (x) Material meteorizado físicamente (x) Material meteorizado químicamente ( ) Material fallado por corte ( ) Material fisurado o agrietado (x) Orientación desfavorable de discontinuidades ( ) Contrastes de permeabilidad de materiales ( ) Meteorización por expansión/contracción ( ) Deforestación o ausencia de vegetación ( ) Movimiento Tectónico ( ) Sismo ( ) Erupción Volcánica ( ) Viento ( ) Lluvias (x) Erosión superficial ( ) Modificación del Talud ( ) Socavación del pie del talud por corriente agua (x) Excavación del pie del talud (x) Carga en la corona del talud ( ) Erosión Subterránea ( ) Escapes de agua de tubería ( ) Disposición deficiente de estériles/escombros ( ) Vibración Artificial ( )							
<b>DAÑOS</b>			<b>DIMENSIONES</b>					
<b>POBLACIÓN</b>	Número de muertos		Longitud Total		57,78 m	Área	0,08 Ha	
	Número de damnificados		Ancho del deslizamiento		55,49 m	Perímetro	0,16 Km	
<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>			<b>DEFORMACIÓN DEL TERRENO</b>					
			<b>MODO</b>	Ondulamiento ( ) Escalonamiento (x)	<b>SEVERIDAD</b>	Leve (x) Media ( ) Pronunciada ( ) Severa ( ) Muy severa ( )		

Nota: Formato modificado del: (Proyecto Multinacional Andino, 2000). Elaborado por: La Autora (2023)

Ficha de inventario del deslizamiento 3

FICHA DE INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS							
<b>Proyecto de investigación</b>	Zonificación de susceptibilidad a deslizamientos en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sigsig, Guel y Cutchil, cantón Sigsig, provincia Azuay			<b>LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA</b>			
<b>Nombre del encuestador</b>	Plasencia P. (2023)	<b>ORIENTACIÓN DEL DESLIZAMIENTO</b>	NE	<b>DIVISIÓN POLÍTICA</b>		<b>COORDENADAS</b>	
<b># Deslizamiento</b>				3	<b>Provincia</b>	Azuay	<b>Proyección</b>
<b>Fecha</b>	19/02/2023			<b>Cantón</b>	Sigsig	<b>X</b>	743923,999
				<b>Parroquia</b>	Cutchil	<b>Y</b>	9658376,549
				<b>Barrio</b>	Satunsaray	<b>Z</b>	2739,35
DESCRIPCIÓN DE LOS DESLIZAMIENTOS							
<b>ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO</b>			<b>CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO</b>				
<b>ESTADO</b>	<b>ESTILO</b>	<b>DISTRIBUCIÓN</b>	<b>TIPO DE MOVIMIENTO</b>	<b>HUM. DEL SUELO</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>VELOCIDAD</b>	<b>Otras características</b>
Activo (x)	Único (x)	Retrogresivo ( )	Deslizamiento Rotacional ( )	Seco (x)	Roca ( )	Extr. Rápido (>5 m/s) ( )	Movim. canalizado (x)
Reactivo ( )	Sucesivo ( )	Progresivo ( )	Deslizamiento Traslacional (x)	Húmedo ( )	Detritos ( )	Muy Rápido (> 3 m/s) ( )	Movim.no canalizado ( )
Latente ( )	Múltiple ( )	Ensanchándose (x)	Deslizamiento Compuesto ( )	Muy Húmedo ( )	Arena ( )	Rápido (>1,8 m/hr) ( )	Licuefacción ( )
Abandonado ( )	Sencillo ( )	Confinado ( )		Mojado ( )	Finos (x)	Lento (> 1,6 m/año) (x)	
Estabilizado ( )	Complejo ( )	Creciente ( )			M.O ( )	Ext. Lento (< 16 mm/año) ( )	
Relicto ( )	Compuesto ( )	Avanzado ( )	<b>COBERTURA VEGETAL</b>				
Suspendido ( )	Enjambre ( )	Decreciente ( )	<b>TIPO DE COBERTURA</b>	Veg Herbácea ( ) Bosque Selva ( ) Matorral (x) Cultivos (x) Construcciones ( ) Sin cobertura (x)			
<b>FACTORES DETONANTES Y CONDICIONANTES</b>	Material Plástico Débil (x)		<b>TIPO DE USO</b>	Ganadería ( ) Área protegida ( ) Agrícola (x) Zona arqueológica ( ) Vivienda ( ) Vías (x) Minería ( )			
	Material sensitivo ( ) Material colapsable (x) Material meteorizado físicamente (x) Material meteorizado químicamente ( ) Material fallado por corte( ) Material fisurado o agrietado (x) Orientación desfavorable de discontinuidades ( ) Contrastes de permeabilidad de materiales ( ) Meteorización por expansión/contracción ( ) Deforestación o ausencia de vegetación ( ) Movimiento Tectónico ( ) Sismo ( ) Erupción Volcánica ( ) Viento ( ) Lluvias (x) Erosión superficial ( ) Modificación del Talud ( ) Socavación del pie del talud por corriente agua ( ) Excavación del pie del talud ( ) Carga en la corona del talud( ) Erosión Subterránea( ) Escapes de agua de tubería( ) Disposición deficiente de estériles/escombros( ) Vibración Artificial(x)						
<b>DAÑOS</b>			<b>DIMENSIONES</b>				
<b>POBLACIÓN</b>	Número de muertos		Longitud Total		19,59 m	Área	0,21 Ha
	Número de damnificados		Ancho del deslizamiento		15,63 m	Perímetro	0,16 Km
<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>			<b>DEFORMACIÓN DEL TERRENO</b>				
			<b>MODO</b>	Ondulamiento (x) Escalonamiento( )	<b>SEVERIDAD</b>	Leve ( ) Media (x) Pronunciada ( ) Severa ( ) Muy severa( )	


Nota: Formato modificado del: (Proyecto Multinacional Andino, 2000). Elaborado por: La Autora (2023)

Ficha de inventario del deslizamiento 4

FICHA DE INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS								
<b>Proyecto de investigación</b>	Zonificación de susceptibilidad a deslizamientos en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sigsig, Guel y Cutchil, cantón Sigsig, provincia Azuay			<b>LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA</b>				
<b>Nombre del encuestador</b>	Plasencia P. (2023)	<b>ORIENTACIÓN DEL DESLIZAMIENTO</b>	NW	<b>DIVISIÓN POLÍTICA</b>		<b>COORDENADAS</b>		
<b># Deslizamiento</b>				4	<b>Provincia</b>	Azuay	<b>Proyección</b>	UTM WGS 84/ Zona 17 S
<b>Fecha</b>				19/02/2023	<b>Cantón</b>	Sigsig	<b>X</b>	745919,954
					<b>Parroquia</b>	San Sebastián de Sigsig	<b>Y</b>	9659504,096
				<b>Barrio</b>	Curuncay	<b>Z</b>	2450,42	
DESCRIPCIÓN DE LOS DESLIZAMIENTOS								
<b>ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO</b>			<b>CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO</b>					
<b>ESTADO</b>	<b>ESTILO</b>	<b>DISTRIBUCIÓN</b>	<b>TIPO DE MOVIMIENTO</b>	<b>HUM. DEL SUELO</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>VELOCIDAD</b>	<b>Otras características</b>	
Activo (x)	Único ( )	Retrogresivo ( )	Deslizamiento Rotacional (x)	Seco ( )	Roca ( )	Extr. Rápido (>5 m/s) ( )	Movim. canalizado ( )	
Reactivo ( )	Sucesivo ( )	Progresivo ( )	Deslizamiento Traslacional ( )	Húmedo (x)	Detritos (x)	Muy Rápido (> 3 m/s) ( )	Movim.no canalizado (x )	
Latente ( )	Múltiple (x)	Ensanchándose (x )	Deslizamiento Compuesto ( )	Muy Húmedo ( )	Arena ( )	Rápido (>1,8 m/hr) ( )	Licuefacción ( )	
Abandonado ( )	Sencillo ( )	Confinado ( )		Mojado ( )	Finos ( )	Lento (> 1,6 m/año) (x)		
Estabilizado ( )	Complejo ( )	Creciente ( )			M.O ( )	Ext. Lento (< 16 mm/año) ( )		
Relicto ( )	Compuesto ( )	Avanzado ( )	<b>COBERTURA VEGETAL</b>					
Suspendido ( )	Enjambre ( )	Decreciente ( )	<b>TIPO DE COBERTURA</b>	Veg Herbácea ( ) Bosque Selva ( ) Matorral ( x ) Cultivos ( ) Construcciones ( ) Sin cobertura ( )				
<b>FACTORES DETONANTES Y CONDICIONANTES</b>	Material Plástico Débil ( )		<b>TIPO DE USO</b>	Ganadería ( ) Área protegida ( ) Agrícola ( ) Zona arqueológica ( ) Vivienda ( ) Vías (x) Minería ( )				
	Material sensitivo ( ) Material colapsable (x) Material meteorizado físicamente ( x) Material meteorizado químicamente ( ) Material fallado por corte( ) Material fisurado o agrietado (x)		Orientación desfavorable de discontinuidades ( ) Contrastes de permeabilidad de materiales ( ) Meteorización por expansión/contracción ( ) Deforestación o ausencia de vegetación ( ) Movimiento Tectónico ( ) Sismo ( ) Erupción Volcánica ( ) Viento ( ) Lluvias ( x) Erosión superficial ( ) Modificación del Talud ( ) Socavación del pie del talud por corriente agua (x) Excavación del pie del talud ( ) Carga en la corona del talud( ) Erosión Subterránea( ) Escapes de agua de tubería( ) Disposición deficiente de estériles/escombros( ) Vibración Artificial( )					
<b>DAÑOS</b>			<b>DIMENSIONES</b>					
<b>POBLACIÓN</b>	Número de muertos		Longitud Total		52,42 m	Área	0,13 Ha	
	Número de damnificados		Ancho del deslizamiento		52,36 m	Perímetro	0,16 Km	
<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>			<b>DEFORMACIÓN DEL TERRENO</b>					
			<b>MODO</b>	Ondulamiento ( ) Escalonamiento(x)	<b>SEVERIDAD</b>	Leve ( ) Media (x) Pronunciada ( ) Severa ( ) Muy severa( )		


Nota: Formato modificado del: (Proyecto Multinacional Andino, 2000). Elaborado por: La Autora (2023)

Ficha de inventario del deslizamiento 5

FICHA DE INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS							
Proyecto de investigación	Zonificación de susceptibilidad a deslizamientos en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sigsig, Guel y Cutchil, cantón Sigsig, provincia Azuay			LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA			
				DIVISIÓN POLÍTICA		COORDENADAS	
Nombre del encuestador	Plasencia P. (2023)	ORIENTACIÓN DEL DESLIZAMIENTO	NE	Provincia	Azuay	Proyección	UTM WGS 84/ Zona 17 S
# Deslizamiento	5			Cantón	Sigsig	X	744614,217
Fecha	19/02/2023			Parroquia	Cutchil	Y	9658801,687
				Barrio	Rascorral	Z	2638,55
DESCRIPCIÓN DE LOS DESLIZAMIENTOS							
ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO			CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO				
ESTADO	ESTILO	DISTRIBUCIÓN	TIPO DE MOVIMIENTO	HUM. DEL SUELO	MATERIAL	VELOCIDAD	Otras características
Activo (x)	Único ( )	Retrogresivo ( )	Deslizamiento Rotacional (x)	Seco (x)	Roca ( )	Extr. Rápido (>5 m/s) ( )	Movim. canalizado ( )
Reactivo ( )	Sucesivo ( )	Progresivo ( )	Deslizamiento Traslacional ( )	Húmedo ( )	Detritos (x)	Muy Rápido (> 3 m/s) ( )	Movim.no canalizado (x)
Latente ( )	Múltiple (x)	Ensanchándose (x)	Deslizamiento Compuesto ( )	Muy Húmedo ( )	Arena ( )	Rápido (>1,8 m/hr) ( )	Licuefacción ( )
Abandonado ( )	Sencillo ( )	Confinado ( )		Mojado ( )	Finos ( )	Lento (> 1,6 m/año) (x)	
Estabilizado ( )	Complejo ( )	Creciente ( )			M.O ( )	Ext. Lento (< 16 mm/año) ( )	
Relicto ( )	Compuesto ( )	Avanzado ( )					
Suspendido ( )	Enjambre ( )	Decreciente ( )					
FACTORES DETONANTES Y CONDICIONANTES	Material Plástico Débil (x)		TIPO DE COBERTURA	Veg Herbácea (x) Bosque Selva ( ) Matorral (x) Cultivos (x) Construcciones ( ) Sin cobertura ( )			
	Material sensitivo ( ) Material colapsable (x) Material meteorizado físicamente (x) Material meteorizado químicamente ( ) Material fallado por corte ( ) Material fisurado o agrietado (x)		TIPO DE USO	Ganadería ( ) Área protegida ( ) Agrícola ( ) Zona arqueológica ( ) Vivienda (x) Vías ( ) Minería ( )			
	Orientación desfavorable de discontinuidades ( ) Contrastes de permeabilidad de materiales ( ) Meteorización por expansión/contracción ( ) Deforestación o ausencia de vegetación ( ) Movimiento Tectónico ( ) Sismo ( ) Erupción Volcánica ( ) Viento ( ) Lluvias (x) Erosión superficial ( ) Modificación del Talud ( ) Socavación del pie del talud por corriente agua (x) Excavación del pie del talud ( ) Carga en la corona del talud ( ) Erosión Subterránea ( ) Escapes de agua de tubería ( ) Disposición deficiente de estériles/escombros ( ) Vibración Artificial ( )						
DAÑOS			DIMENSIONES				
POBLACIÓN	Número de muertos		Longitud Total		58,71 m	Área	0,41 Ha
	Número de damnificados		Ancho del deslizamiento		101,95 m	Perímetro	0,06 Km
REGISTRO FOTOGRÁFICO			DEFORMACIÓN DEL TERRENO				
			MODO	Ondulamiento (x) Escalonamiento ( )	SEVERIDAD	Leve ( ) Media (x) Pronunciada ( ) Severa ( ) Muy severa ( )	

Nota: Formato modificado del: (Proyecto Multinacional Andino, 2000). Elaborado por: La Autora (2023)

Ficha de inventario del deslizamiento 6

FICHA DE INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS								
<b>Proyecto de investigación</b>	Zonificación de susceptibilidad a deslizamientos en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sigsig, Guel y Cutchil, cantón Sigsig, provincia Azuay			<b>LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA</b>				
<b>Nombre del encuestador</b>	Plasencia P. (2023)	<b>ORIENTACIÓN DEL DESLIZAMIENTO</b>	NE	<b>DIVISIÓN POLÍTICA</b>		<b>COORDENADAS</b>		
<b># Deslizamiento</b>				6	<b>Provincia</b>	Azuay	<b>Proyección</b>	UTM WGS 84/ Zona 17 S
<b>Fecha</b>				19/02/2023	<b>Cantón</b>	Sigsig	<b>X</b>	746532.905
					<b>Parroquia</b>	San Sebastián de Sigsig	<b>Y</b>	9662880.273
				<b>Barrio</b>	Pucalá	<b>Z</b>	2811.05	
DESCRIPCIÓN DE LOS DESLIZAMIENTOS								
<b>ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO</b>			<b>CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO</b>					
<b>ESTADO</b>	<b>ESTILO</b>	<b>DISTRIBUCIÓN</b>	<b>TIPO DE MOVIMIENTO</b>	<b>HUM. DEL SUELO</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>VELOCIDAD</b>	<b>Otras características</b>	
Activo (x)	Único ( )	Retrogresivo ( )	Deslizamiento Rotacional (x)	Seco ( )	Roca ( )	Extr. Rápido (>5 m/s) ( )	Movim. canalizado (x)	
Reactivo ( )	Sucesivo ( )	Progresivo ( )	Deslizamiento Traslacional ( )	Húmedo (x)	Detritos (x)	Muy Rápido (> 3 m/s) ( )	Movim.no canalizado ( )	
Latente ( )	Múltiple ( )	Ensanchándose (x)	Deslizamiento Compuesto ( )	Muy Húmedo ( )	Arena ( )	Rápido (>1,8 m/hr) ( )	Licuefacción ( )	
Abandonado ( )	Sencillo ( )	Confinado ( )		Mojado ( )	Finos ( )	Lento (> 1,6 m/año) (x)		
Estabilizado ( )	Complejo ( )	Creciente ( )			M.O ( )	Ext. Lento (< 16 mm/año) ( )		
Relicto ( )	Compuesto ( )	Avanzado ( )						
Suspendido ( )	Enjambre (x)	Decreciente ( )	<b>TIPO DE COBERTURA</b>	<b>COBERTURA VEGETAL</b>				
				Veg Herbácea( ) Bosque Selva( ) Matorral (x) Cultivos (x) Construcciones ( ) Cuerpos de Agua (x)				
<b>FACTORES DETONANTES Y CONDICIONANTES</b>	Material Plástico Débil (x)		<b>TIPO DE USO</b>	Ganadería (x) Área protegida ( ) Agrícola (x) Zona arqueológica ( ) Vivienda ( ) Vías (x) Minería ( )				
	Material sensitivo ( ) Material colapsable (x) Material meteorizado físicamente ( x) Material meteorizado químicamente ( ) Material fallado por corte( ) Material fisurado o agrietado (x) Orientación desfavorable de discontinuidades ( ) Contrastes de permeabilidad de materiales ( ) Meteorización por expansión/contracción ( ) Deforestación o ausencia de vegetación ( ) Movimiento Tectónico ( ) Sismo ( ) Erupción Volcánica ( ) Viento ( ) Lluvias ( x) Erosión superficial ( ) Modificación del Talud ( ) Socavación del pie del talud por corriente agua (x) Excavación del pie del talud (x) Carga en la corona del talud( ) Erosión Subterránea( ) Escapes de agua de tubería( ) Disposición deficiente de estériles/escombros( ) Vibración Artificial( )							
<b>DAÑOS</b>			<b>DIMENSIONES</b>					
<b>POBLACIÓN</b>	Número de muertos	1	Longitud Total		26,63 m	Área	0,24 Ha	
	Número de damnificados	20	Ancho del deslizamiento		65,78 m	Perímetro	0,06 Km	
<b>REGISTRO FOTOGRAFICO</b>			<b>DEFORMACIÓN DEL TERRENO</b>					
			<b>MODO</b>	Ondulamiento (x) Escalonamiento( )	<b>SEVERIDAD</b>	Leve ( ) Media (x) Pronunciada ( ) Severa ( ) Muy severa( )		

Nota: Formato modificado del: (Proyecto Multinacional Andino, 2000). Elaborado por: La Autora (2023)

Ficha de inventario del deslizamiento 7

FICHA DE INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS								
<b>Proyecto de investigación</b>	Zonificación de susceptibilidad a deslizamientos en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sigsig, Guel y Cutchil, cantón Sigsig, provincia Azuay			<b>LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA</b>				
<b>Nombre del encuestador</b>	Plasencia P. (2023)	<b>ORIENTACIÓN DEL DESLIZAMIENTO</b>	NE	<b>DIVISIÓN POLÍTICA</b>		<b>COORDENADAS</b>		
<b># Deslizamiento</b>	7			<b>Provincia</b>	Azuay	<b>Proyección</b>	UTM WGS 84/ Zona 17 S	
<b>Fecha</b>	19/02/2023			<b>Cantón</b>	Sigsig	<b>X</b>	746961,531	
				<b>Parroquia</b>	San Sebastián de Sigsig	<b>Y</b>	9662951,975	
				<b>Barrio</b>	Pucalá	<b>Z</b>	2863,50	
DESCRIPCIÓN DE LOS DESLIZAMIENTOS								
<b>ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO</b>			<b>CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO</b>					
<b>ESTADO</b>	<b>ESTILO</b>	<b>DISTRIBUCIÓN</b>	<b>TIPO DE MOVIMIENTO</b>	<b>HUM. DEL SUELO</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>VELOCIDAD</b>	<b>Otras características</b>	
Activo ( )	Único ( )	Retrogresivo (x)	Deslizamiento Rotacional ( )	Seco ( )	Roca ( )	Extr. Rápido (>5 m/s) ( )	Movim. canalizado (x)	
Reactivo ( )	Sucesivo ( )	Progresivo ( )	Deslizamiento Traslacional (x)	Húmedo (x)	Detritos (x)	Muy Rápido (> 3 m/s) ( )	Movim.no canalizado ( )	
Latente ( )	Múltiple ( )	Ensanchándose ( )	Deslizamiento Compuesto ( )	Muy Húmedo ( )	Arena ( )	Rápido (>1,8 m/hr) ( )	Licuefacción ( )	
Abandonado ( )	Sencillo ( )	Confinado ( )		Mojado ( )	Finos ( )	Lento (> 1,6 m/año) ( )		
Estabilizado (x)	Complejo ( )	Creciente ( )			M.O ( )	Ext. Lento (< 16 mm/año) (x)		
Relicto ( )	Compuesto ( )	Avanzado ( )	<b>COBERTURA VEGETAL</b>					
Suspendido ( )	Enjambre (x)	Decreciente ( )	<b>TIPO DE COBERTURA</b>	Veg Herbácea (x) Bosque Selva ( ) Matorral (x) Cultivos ( ) Construcciones ( ) Sin cobertura ( )				
<b>FACTORES DETONANTES Y CONDICIONANTES</b>	Material Plástico Débil ( )		<b>TIPO DE USO</b>	Ganadería ( ) Área protegida ( ) Agrícola ( ) Zona arqueológica ( ) Vivienda ( ) Vías ( ) Minería ( )				
	Material sensitivo ( ) Material colapsable (x) Material meteorizado físicamente (x) Material meteorizado químicamente ( ) Material fallado por corte ( ) Material fisurado o agrietado ( )		Orientación desfavorable de discontinuidades ( ) Contrastes de permeabilidad de materiales ( ) Meteorización por expansión/contracción ( ) Deforestación o ausencia de vegetación ( )					
		Movimiento Tectónico ( ) Sismo ( ) Erupción Volcánica ( ) Viento ( ) Lluvias (x) Erosión superficial ( ) Modificación del Talud ( ) Socavación del pie del talud por corriente agua (x)		Excavación del pie del talud ( ) Carga en la corona del talud ( ) Erosión Subterránea ( ) Escapes de agua de tubería ( ) Disposición deficiente de estériles/escombros ( ) Vibración Artificial ( )				
<b>DAÑOS</b>			<b>DIMENSIONES</b>					
<b>POBLACIÓN</b>	Número de muertos		Longitud Total		40,14 m	Área	0,03 Ha	
	Número de damnificados		Ancho del deslizamiento		62,09 m	Perímetro	0,06 Km	
<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>			<b>DEFORMACIÓN DEL TERRENO</b>					
			<b>MODO</b>	Ondulamiento (x) Escalonamiento ( )	<b>SEVERIDAD</b>	Leve (x) Media ( ) Pronunciada ( ) Severa ( ) Muy severa ( )		


Nota: Formato modificado del: (Proyecto Multinacional Andino, 2000). Elaborado por: La Autora (2023)

Ficha de inventario del deslizamiento 8

FICHA DE INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS								
<b>Proyecto de investigación</b>	Zonificación de susceptibilidad a deslizamientos en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sígsig, Guel y Cutchil, cantón Sígsig, provincia Azuay			<b>LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA</b>				
<b>Nombre del encuestador</b>	Plasencia P. (2023)	<b>ORIENTACIÓN DEL DESLIZAMIENTO</b>	SE	<b>DIVISIÓN POLÍTICA</b>		<b>COORDENADAS</b>		
<b># Deslizamiento</b>				8	<b>Provincia</b>	Azuay	<b>Proyección</b>	UTM WGS 84/ Zona 17 S
<b>Fecha</b>				19/02/2023	<b>Cantón</b>	Sígsig	<b>X</b>	746961,531
					<b>Parroquia</b>	San Sebastián de Sígsig	<b>Y</b>	9662951,975
				<b>Barrio</b>	Cuchipar	<b>Z</b>	2863,50	
DESCRIPCIÓN DE LOS DESLIZAMIENTOS								
<b>ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO</b>			<b>CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO</b>					
<b>ESTADO</b>	<b>ESTILO</b>	<b>DISTRIBUCIÓN</b>	<b>TIPO DE MOVIMIENTO</b>	<b>HUM. DEL SUELO</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>VELOCIDAD</b>	<b>Otras características</b>	
Activo (x)	Único (x)	Retrogresivo ( )	Deslizamiento Rotacional ( )	Seco ( )	Roca ( )	Extr. Rápido (>5 m/s) ( )	Movim. canalizado (x)	
Reactivo ( )	Sucesivo ( )	Progresivo ( )	Deslizamiento Traslacional (x)	Húmedo ( )	Detritos (x)	Muy Rápido (> 3 m/s) ( )	Movim.no canalizado ( )	
Latente ( )	Múltiple ( )	Ensanchándose (x)	Deslizamiento Compuesto ( )	Muy Húmedo (x)	Arena ( )	Rápido (>1,8 m/hr) ( )	Licuefacción ( )	
Abandonado ( )	Sencillo ( )	Confinado ( )		Mojado ( )	Finos ( )	Lento (> 1,6 m/año) ( )		
Estabilizado ( )	Complejo ( )	Creciente ( )			M.O ( )	Ext. Lento (< 16 mm/año) (x)		
Relicto ( )	Compuesto ( )	Avanzado ( )	<b>COBERTURA VEGETAL</b>					
Suspendido ( )	Enjambre ( )	Decreciente ( )	<b>TIPO DE COBERTURA</b>	Veg Herbácea (x) Bosque Selva ( ) Matorral (x) Cultivos (x) Construcciones ( ) Sin cobertura ( )				
<b>FACTORES DETONANTES Y CONDICIONANTES</b>	Material Plástico Débil (x)		<b>TIPO DE USO</b>	Ganadería ( ) Área protegida ( ) Agrícola ( ) Zona arqueológica ( ) Vivienda ( ) Vías (x) Minería ( )				
	Material sensitivo (x) Material colapsable (x) Material meteorizado físicamente (x) Material meteorizado químicamente ( ) Material fallado por corte ( ) Material fisurado o agrietado ( )		Orientación desfavorable de discontinuidades ( ) Contrastes de permeabilidad de materiales (x) Meteorización por expansión/contracción ( ) Deforestación o ausencia de vegetación ( )					
		Movimiento Tectónico ( ) Sismo ( ) Erupción Volcánica ( ) Viento ( ) Lluvias (x) Erosión superficial ( ) Modificación del Talud ( ) Socavación del pie del talud por corriente agua (x)		Excavación del pie del talud ( ) Carga en la corona del talud ( ) Erosión Subterránea ( ) Escapes de agua de tubería ( ) Disposición deficiente de estériles/escombros ( ) Vibración Artificial ( )				
		Excavación del pie del talud ( ) Carga en la corona del talud ( ) Erosión Subterránea ( ) Escapes de agua de tubería ( ) Disposición deficiente de estériles/escombros ( ) Vibración Artificial ( )						
<b>DAÑOS</b>			<b>DIMENSIONES</b>					
<b>POBLACIÓN</b>	Número de muertos		Longitud Total		40,14 m	Área	0,03 Ha	
	Número de damnificados		Ancho del deslizamiento		62,09 m	Perímetro	0,06 Km	
<b>REGISTRO FOTOGRAFICO</b>			<b>DEFORMACIÓN DEL TERRENO</b>					
			<b>MODO</b>	Ondulamiento (x) Escalonamiento ( )	<b>SEVERIDAD</b>	Leve ( ) Media (x) Pronunciada ( ) Severa ( ) Muy severa ( )		

Nota: Formato modificado del: (Proyecto Multinacional Andino, 2000). Elaborado por: La Autora (2023)


Ficha de inventario del deslizamiento 9

FICHA DE INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS								
<b>Proyecto de investigación</b>	Zonificación de susceptibilidad a deslizamientos en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sigsig, Guel y Cutchil, cantón Sigsig, provincia Azuay			<b>LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA</b>				
<b>Nombre del encuestador</b>	Plasencia P. (2023)	<b>ORIENTACIÓN DEL DESLIZAMIENTO</b>	NE	<b>DIVISIÓN POLÍTICA</b>		<b>COORDENADAS</b>		
<b># Deslizamiento</b>	9			<b>Provincia</b>	Azuay	<b>Proyección</b>	UTM WGS 84/ Zona 17 S	
<b>Fecha</b>	19/02/2023			<b>Cantón</b>	Sigsig	<b>X</b>	748410,174	
				<b>Parroquia</b>	Guel	<b>Y</b>	9665693,575	
				<b>Barrio</b>	Dudaluma	<b>Z</b>	2595,52	
DESCRIPCIÓN DE LOS DESLIZAMIENTOS								
<b>ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO</b>			<b>CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO</b>					
<b>ESTADO</b>	<b>ESTILO</b>	<b>DISTRIBUCIÓN</b>	<b>TIPO DE MOVIMIENTO</b>	<b>HUM. DEL SUELO</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>VELOCIDAD</b>	<b>Otras características</b>	
Activo (x)	Único ( )	Retrogresivo ( )	Deslizamiento Rotacional ( )	Seco ( )	Roca ( )	Extr. Rápido (>5 m/s) ( )	Movim. canalizado ( )	
Reactivo ( )	Sucesivo ( )	Progresivo ( )	Deslizamiento Traslacional (x)	Húmedo ( )	Detritos (x)	Muy Rápido (> 3 m/s) ( )	Movim.no canalizado (x)	
Latente ( )	Múltiple (x)	Ensanchándose (x)	Deslizamiento Compuesto ( )	Muy Húmedo (x)	Arena ( )	Rápido (>1,8 m/hr) ( )	Licuefacción ( )	
Abandonado ( )	Sencillo ( )	Confinado ( )		Mojado ( )	Finos ( )	Lento (> 1,6 m/año) (x)		
Estabilizado ( )	Complejo ( )	Creciente ( )			M.O ( )	Ext. Lento (< 16 mm/año) ( )		
Relicto ( )	Compuesto ( )	Avanzado ( )	<b>COBERTURA VEGETAL</b>					
Suspendido ( )	Enjambre ( )	Decreciente ( )	<b>TIPO DE COBERTURA</b>	Veg Herbácea (x) Bosque Selva ( ) Matorral (x) Cultivos ( ) Construcciones ( ) Sin cobertura ( )				
<b>FACTORES DETONANTES Y CONDICIONANTES</b>	Material Plástico Débil ( )		<b>TIPO DE USO</b>	Ganadería ( ) Área protegida ( ) Agrícola ( ) Zona arqueológica ( ) Vivienda ( ) Vías (x) Minería ( )				
	Material sensitivo ( ) Material colapsable (x) Material meteorizado físicamente (x) Material meteorizado químicamente ( ) Material fallado por corte ( ) Material fisurado o agrietado ( )		Orientación desfavorable de discontinuidades ( ) Contrastes de permeabilidad de materiales ( ) Meteorización por expansión/contracción ( ) Deforestación o ausencia de vegetación ( )					
		Movimiento Tectónico ( ) Sismo ( ) Erupción Volcánica ( ) Viento ( ) Lluvias (x) Erosión superficial ( ) Modificación del Talud ( ) Socavación del pie del talud por corriente agua (x)		Excavación del pie del talud ( ) Carga en la corona del talud ( ) Erosión Subterránea ( ) Escapes de agua de tubería ( ) Disposición deficiente de estériles/escombros ( ) Vibración Artificial ( )				
<b>DAÑOS</b>			<b>DIMENSIONES</b>					
<b>POBLACIÓN</b>	Número de muertos		Longitud Total		127,87 m	Área	0,15 Ha	
	Número de damnificados		Ancho del deslizamiento		133,29 m	Perímetro	0,02 Km	
<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>			<b>DEFORMACIÓN DEL TERRENO</b>					
			<b>MODO</b>	Ondulamiento ( ) Escalonamiento (x)	<b>SEVERIDAD</b>	Leve ( ) Media ( ) Pronunciada (x) Severa ( ) Muy severa ( )		

Nota: Formato modificado del: (Proyecto Multinacional Andino, 2000). Elaborado por: La Autora (2023)



Ficha de inventario del deslizamiento 10

FICHA DE INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS								
<b>Proyecto de investigación</b>	Zonificación de susceptibilidad a deslizamientos en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sigsig, Guel y Cutchil, cantón Sigsig, provincia Azuay			<b>LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA</b>				
<b>Nombre del encuestador</b>	Plasencia P. (2023)	<b>ORIENTACIÓN DEL DESLIZAMIENTO</b>	NE	<b>DIVISIÓN POLÍTICA</b>		<b>COORDENADAS</b>		
<b># Deslizamiento</b>	10			<b>Provincia</b>	Azuay	<b>Proyección</b>	UTM WGS 84/ Zona 17 S	
<b>Fecha</b>	19/02/2023			<b>Cantón</b>	Sigsig	<b>X</b>	747626,049	
				<b>Parroquia</b>	Guel	<b>Y</b>	9666685,926	
				<b>Barrio</b>	Chorroloma	<b>Z</b>	2661,30	
DESCRIPCIÓN DE LOS DESLIZAMIENTOS								
<b>ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO</b>			<b>CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO</b>					
<b>ESTADO</b>	<b>ESTILO</b>	<b>DISTRIBUCIÓN</b>	<b>TIPO DE MOVIMIENTO</b>	<b>HUM. DEL SUELO</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>VELOCIDAD</b>	<b>Otras características</b>	
Activo ( )	Único (x)	Retrogresivo ( )	Deslizamiento Rotacional ( )	Seco ( )	Roca ( )	Extr. Rápido (>5 m/s) ( )	Movim. canalizado ( )	
Reactivo ( )	Sucesivo ( )	Progresivo ( )	Deslizamiento Traslacional (x)	Húmedo ( )	Detritos (x)	Muy Rápido (> 3 m/s) ( )	Movim.no canalizado (x)	
Latente (x)	Múltiple ( )	Ensanchándose ( )	Deslizamiento Compuesto ( )	Muy Húmedo (x)	Arena ( )	Rápido (>1,8 m/hr) ( )	Licuefacción ( )	
Abandonado ( )	Sencillo ( )	Confinado ( )		Mojado ( )	Finos ( )	Lento (> 1,6 m/año) ( )		
Estabilizado ( )	Complejo ( )	Creciente ( )			M.O ( )	Ext. Lento (< 16 mm/año) (x)		
Relicto ( )	Compuesto ( )	Avanzado ( )						
Suspendido ( )	Enjambre ( )	Decreciente (x)	<b>TIPO DE COBERTURA</b>	<b>COBERTURA VEGETAL</b>				
				Veg Herbácea (x) Bosque Selva ( ) Matorral (x) Cultivos ( ) Construcciones ( ) Sin cobertura ( )				
<b>FACTORES DETONANTES Y CONDICIONANTES</b>	Material Plástico Débil ( )		<b>TIPO DE USO</b>	Ganadería ( ) Área protegida ( ) Agrícola (x) Zona arqueológica ( ) Vivienda ( ) Vías ( ) Minería ( )				
	Material sensitivo ( ) Material colapsable (x) Material meteorizado físicamente (x) Material meteorizado químicamente ( ) Material fallado por corte ( ) Material fisurado o agrietado ( ) Orientación desfavorable de discontinuidades ( ) Contrastes de permeabilidad de materiales ( ) Meteorización por expansión/contracción ( ) Deforestación o ausencia de vegetación ( ) Movimiento Tectónico ( ) Sismo ( ) Erupción Volcánica ( ) Viento ( ) Lluvias (x) Erosión superficial ( ) Modificación del Talud ( ) Socavación del pie del talud por corriente agua (x) Excavación del pie del talud ( ) Carga en la corona del talud ( ) Erosión Subterránea ( ) Escapes de agua de tubería ( ) Disposición deficiente de estériles/escombros ( ) Vibración Artificial (x)							
<b>DAÑOS</b>			<b>DIMENSIONES</b>					
<b>POBLACIÓN</b>	Número de muertos		Longitud Total		34,09 m	Área	0,07 Ha	
	Número de damnificados	30	Ancho del deslizamiento		23,27m	Perímetro	0,02 Km	
<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>			<b>DEFORMACIÓN DEL TERRENO</b>					
			<b>MODO</b>	Ondulamiento ( ) Escalonamiento (x)	<b>SEVERIDAD</b>	Leve (x) Media ( ) Pronunciada ( ) Severa ( ) Muy severa ( )		


Nota: Formato modificado del: (Proyecto Multinacional Andino, 2000). Elaborado por: La Autora (2023)

Ficha de inventario del deslizamiento 11

FICHA DE INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS							
<b>Proyecto de investigación</b>	Zonificación de susceptibilidad a deslizamientos en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sigsig, Guel y Cutchil, cantón Sigsig, provincia Azuay			<b>LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA</b>			
<b>Nombre del encuestador</b>	Plasencia P. (2023)	<b>ORIENTACIÓN DEL DESLIZAMIENTO</b>	NW	<b>DIVISIÓN POLÍTICA</b>		<b>COORDENADAS</b>	
				<b>Provincia</b>	Azuay	<b>Proyección</b>	UTM WGS 84/ Zona 17 S
<b># Deslizamiento</b>	11			<b>Cantón</b>	Sigsig	<b>X</b>	745552,837
<b>Fecha</b>	19/02/2023			<b>Parroquia</b>	San Sebastián de Sigsig	<b>Y</b>	9663097,016
				<b>Barrio</b>	Mastola	<b>Z</b>	2580,06
DESCRIPCIÓN DE LOS DESLIZAMIENTOS							
<b>ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO</b>			<b>CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO</b>				
<b>ESTADO</b>	<b>ESTILO</b>	<b>DISTRIBUCIÓN</b>	<b>TIPO DE MOVIMIENTO</b>	<b>HUM. DEL SUELO</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>VELOCIDAD</b>	<b>Otras características</b>
Activo (x)	Único (x)	Retrogresivo ( )	Deslizamiento Rotacional ( )	Seco ( )	Roca ( )	Extr. Rápido (>5 m/s) ( )	Movim. canalizado (x)
Reactivo ( )	Sucesivo ( )	Progresivo ( )	Deslizamiento Traslacional (x)	Húmedo (x)	Detritos (x)	Muy Rápido (> 3 m/s) ( )	Movim.no canalizado ( )
Latente ( )	Múltiple ( )	Ensanchándose (x)	Deslizamiento Compuesto ( )	Muy Húmedo ( )	Arena ( )	Rápido (>1,8 m/hr) ( )	Licuefacción ( )
Abandonado ( )	Sencillo ( )	Confinado ( )		Mojado ( )	Finos ( )	Lento (> 1,6 m/año) (x)	
Estabilizado ( )	Complejo ( )	Creciente ( )			M.O ( )	Ext. Lento (< 16 mm/año) ( )	
Relicto ( )	Compuesto ( )	Avanzado ( )					
Suspendido ( )	Enjambre ( )	Decreciente ( )	<b>TIPO DE COBERTURA</b>	Veg Herbácea (x) Bosque Selva ( ) Matorral (x) Cultivos ( ) Construcciones ( ) Sin cobertura ( )			
<b>FACTORES DETONANTES Y CONDICIONANTES</b>	Material Plástico Débil ( )		<b>TIPO DE USO</b>	Ganadería ( ) Área protegida ( ) Agrícola (x) Zona arqueológica ( ) Vivienda (x) Vías ( ) Minería ( )			
	Material sensitivo ( ) Material colapsable ( ) Material meteorizado físicamente (x) Material meteorizado químicamente ( ) Material fallado por corte ( ) Material fisurado o agrietado (x)		Orientación desfavorable de discontinuidades ( ) Contrastes de permeabilidad de materiales ( ) Meteorización por expansión/contracción ( ) Deforestación o ausencia de vegetación ( )				
		Movimiento Tectónico ( ) Sismo ( ) Erupción Volcánica ( ) Viento ( ) Lluvias (x) Erosión superficial ( ) Modificación del Talud ( ) Socavación del pie del talud por corriente agua (x)		Excavación del pie del talud ( ) Carga en la corona del talud ( ) Erosión Subterránea ( ) Escapes de agua de tubería ( ) Disposición deficiente de estériles/escombros ( ) Vibración Artificial (x)			
<b>DAÑOS</b>			<b>DIMENSIONES</b>				
<b>POBLACIÓN</b>	Número de muertos		Longitud Total		12,61 m	Área	0,12 Ha
	Número de damnificados		Ancho del deslizamiento		34,36 m	Perímetro	0,02 Km
<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>			<b>DEFORMACIÓN DEL TERRENO</b>				
			<b>MODO</b>	Ondulamiento ( ) Escalonamiento (x)	<b>SEVERIDAD</b>	Leve ( ) Media (x) Pronunciada ( ) Severa ( ) Muy severa ( )	


Nota: Formato modificado del: (Proyecto Multinacional Andino, 2000). Elaborado por: La Autora (2023)

Ficha de inventario del deslizamiento 12

FICHA DE INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS								
<b>Proyecto de investigación</b>	Zonificación de susceptibilidad a deslizamientos en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sigsig, Guel y Cutchil, cantón Sigsig, provincia Azuay			<b>LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA</b>				
<b>Nombre del encuestador</b>	Plasencia P. (2023)	<b>ORIENTACIÓN DEL DESLIZAMIENTO</b>	SW	<b>DIVISIÓN POLÍTICA</b>		<b>COORDENADAS</b>		
<b># Deslizamiento</b>	12			<b>Provincia</b>	Azuay	<b>Proyección</b>	UTM WGS 84/ Zona 17 S	
<b>Fecha</b>	19/02/2023			<b>Cantón</b>	Sigsig	<b>Y</b>	745269,914	
				<b>Parroquia</b>	San Sebastián de Sigsig	<b>Z</b>	9662790,650	
				<b>Barrio</b>		2503,77		
DESCRIPCIÓN DE LOS DESLIZAMIENTOS								
<b>ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO</b>			<b>CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO</b>					
<b>ESTADO</b>	<b>ESTILO</b>	<b>DISTRIBUCIÓN</b>	<b>TIPO DE MOVIMIENTO</b>	<b>HUM. DEL SUELO</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>VELOCIDAD</b>	<b>Otras características</b>	
Activo ( )	Único (x)	Retrogresivo ( )	Deslizamiento Rotacional ( )	Seco (x)	Roca ( )	Extr. Rápido (>5 m/s) ( )	Movim. canalizado (x)	
Reactivo ( )	Sucesivo ( )	Progresivo ( )	Deslizamiento Traslacional (x)	Húmedo ( )	Detritos ( )	Muy Rápido (> 3 m/s) ( )	Movim.no canalizado ( )	
Latente ( )	Múltiple ( )	Ensanchándose ( )	Deslizamiento Compuesto ( )	Muy Húmedo ( )	Arena ( )	Rápido (>1,8 m/hr) ( )	Licuefacción ( )	
Abandonado ( )	Sencillo ( )	Confinado ( )		Mojado ( )	Finos (x)	Lento (> 1,6 m/año) ( )		
Estabilizado (x)	Complejo ( )	Creciente ( )			M.O ( )	Ext. Lento (< 16 mm/año) (x)		
Relicto ( )	Compuesto ( )	Avanzado ( )	<b>COBERTURA VEGETAL</b>					
Suspendido ( )	Enjambre ( )	Decreciente (x)	<b>TIPO DE COBERTURA</b>	Veg Herbácea (x) Bosque Selva ( ) Matorral (x) Cultivos ( ) Construcciones (x) Sin cobertura ( )				
<b>FACTORES DETONANTES Y CONDICIONANTES</b>	Material Plástico Débil ( )		<b>TIPO DE USO</b>	Ganadería ( ) Área protegida ( ) Agrícola ( ) Zona arqueológica ( ) Vivienda (x) Vías (x) Minería ( )				
	Material sensitivo ( ) Material colapsable (x) Material meteorizado físicamente (x) Material meteorizado químicamente ( ) Material fallado por corte ( ) Material fisurado o agrietado (x) Orientación desfavorable de discontinuidades ( ) Contrastes de permeabilidad de materiales ( ) Meteorización por expansión/contracción ( ) Deforestación o ausencia de vegetación ( ) Movimiento Tectónico ( ) Sismo ( ) Erupción Volcánica ( ) Viento ( ) Lluvias (x) Erosión superficial ( ) Modificación del Talud ( ) Socavación del pie del talud por corriente agua (x) Excavación del pie del talud ( ) Carga en la corona del talud(x) Erosión Subterránea( ) Escapes de agua de tubería( ) Disposición deficiente de estériles/escombros( ) Vibración Artificial( )							
<b>DAÑOS</b>			<b>DIMENSIONES</b>					
<b>POBLACIÓN</b>	Número de muertos		Longitud Total		22,39 m	Área	0,05 Ha	
	Número de damnificados		Ancho del deslizamiento		26,51 m	Perímetro	0,02 Km	
<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>			<b>DEFORMACIÓN DEL TERRENO</b>					
			<b>MODO</b>	Ondulamiento ( ) Escalonamiento (x)	<b>SEVERIDAD</b>	Leve (x) Media ( ) Pronunciada ( ) Severa ( ) Muy severa ( )		

Nota: Formato modificado del: (Proyecto Multinacional Andino, 2000). Elaborado por: La Autora (2023)

Ficha de inventario del deslizamiento 13

FICHA DE INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS							
<b>Proyecto de investigación</b>	Zonificación de susceptibilidad a deslizamientos en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sigsig, Guel y Cutchil, cantón Sigsig, provincia Azuay			<b>LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA</b>			
<b>Nombre del encuestador</b>	Plasencia P. (2023)	<b>ORIENTACIÓN DEL DESLIZAMIENTO</b>	NW	<b>DIVISIÓN POLÍTICA</b>		<b>COORDENADAS</b>	
				<b>Provincia</b>	Azuay	<b>Proyección</b>	UTM WGS 84/ Zona 17 S
<b># Deslizamiento</b>	13			<b>Cantón</b>	Sigsig	<b>X</b>	745034,970
<b>Fecha</b>	19/02/2023			<b>Parroquia</b>	San Sebastián de Sigsig	<b>Y</b>	9661713,744
				<b>Barrio</b>	Alcayay	<b>Z</b>	2401,23
DESCRIPCIÓN DE LOS DESLIZAMIENTOS							
<b>ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO</b>			<b>CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO</b>				
<b>ESTADO</b>	<b>ESTILO</b>	<b>DISTRIBUCIÓN</b>	<b>TIPO DE MOVIMIENTO</b>	<b>HUM. DEL SUELO</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>VELOCIDAD</b>	<b>Otras características</b>
Activo (x)	Único (x)	Retrogresivo ( )	Deslizamiento Rotacional (x)	Seco ( )	Roca ( )	Extr. Rápido (>5 m/s) ( )	Movim. canalizado (x)
Reactivo ( )	Sucesivo ( )	Progresivo ( )	Deslizamiento Traslacional ( )	Húmedo (x)	Detritos (x)	Muy Rápido (> 3 m/s) ( )	Movim.no canalizado ( )
Latente ( )	Múltiple ( )	Ensanchándose (x)	Deslizamiento Compuesto ( )	Muy Húmedo ( )	Arena ( )	Rápido (>1,8 m/hr) ( )	Licuefacción ( )
Abandonado ( )	Sencillo ( )	Confinado ( )		Mojado ( )	Finos ( )	Lento (> 1,6 m/año) (x)	
Estabilizado ( )	Complejo ( )	Creciente ( )			M.O ( )	Ext. Lento (< 16 mm/año) ( )	
Relicto ( )	Compuesto ( )	Avanzado ( )	<b>COBERTURA VEGETAL</b>				
Suspendido ( )	Enjambre ( )	Decreciente ( )	<b>TIPO DE COBERTURA</b>	Veg Herbácea (x) Bosque Selva ( ) Matorral (x) Cultivos ( ) Construcciones ( ) Sin cobertura ( )			
<b>FACTORES DETONANTES Y CONDICIONANTES</b>	Material Plástico Débil ( )		<b>TIPO DE USO</b>	Ganadería ( ) Área protegida ( ) Agrícola ( ) Zona arqueológica ( ) Vivienda ( ) Vías ( ) Minería ( )			
	Material sensitivo ( ) Material colapsable (x) Material meteorizado físicamente (x) Material meteorizado químicamente ( ) Material fallado por corte ( ) Material fisurado o agrietado ( )		Orientación desfavorable de discontinuidades ( ) Contrastes de permeabilidad de materiales ( ) Meteorización por expansión/contracción ( ) Deforestación o ausencia de vegetación ( )				
		Movimiento Tectónico ( ) Sismo ( ) Erupción Volcánica ( ) Viento ( ) Lluvias (x) Erosión superficial ( ) Modificación del Talud ( ) Socavación del pie del talud por corriente agua (x)					
		Excavación del pie del talud ( ) Carga en la corona del talud ( ) Erosión Subterránea ( ) Escapes de agua de tubería ( ) Disposición deficiente de estériles/escombros ( ) Vibración Artificial ( )					
<b>DAÑOS</b>			<b>DIMENSIONES</b>				
<b>POBLACIÓN</b>	Número de muertos		Longitud Total		28,14 m	Área	0,04 Ha
	Número de damnificados	2	Ancho del deslizamiento		48,32m	Perímetro	0,05 Km
<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>			<b>DEFORMACIÓN DEL TERRENO</b>				
			<b>MODO</b>	Ondulamiento ( ) Escalonamiento (x)	<b>SEVERIDAD</b>	Leve ( ) Media (x) Pronunciada ( ) Severa ( ) Muy severa ( )	


Nota: Formato modificado del: (Proyecto Multinacional Andino, 2000). Elaborado por: La Autora (2023)

Ficha de inventario del deslizamiento 14

FICHA DE INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS								
<b>Proyecto de investigación</b>	Zonificación de susceptibilidad a deslizamientos en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sigsig, Guel y Cutchil, cantón Sigsig, provincia Azuay			<b>LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA</b>				
<b>Nombre del encuestador</b>	Plasencia P. (2023)	<b>ORIENTACIÓN DEL DESLIZAMIENTO</b>	NW	<b>DIVISIÓN POLÍTICA</b>		<b>COORDENADAS</b>		
<b># Deslizamiento</b>	14			<b>Provincia</b>	Azuay	<b>Proyección</b>	UTM WGS 84/ Zona 17 S	
<b>Fecha</b>	20/02/2023			<b>Cantón</b>	Sigsig	<b>X</b>	744002,231	
				<b>Parroquia</b>	San Sebastián de Sigsig	<b>Y</b>	9665759,501	
				<b>Barrio</b>	Zhimbrug	<b>Z</b>	2381,80	
DESCRIPCIÓN DE LOS DESLIZAMIENTOS								
<b>ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO</b>			<b>CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO</b>					
<b>ESTADO</b>	<b>ESTILO</b>	<b>DISTRIBUCIÓN</b>	<b>TIPO DE MOVIMIENTO</b>	<b>HUM. DEL SUELO</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>VELOCIDAD</b>	<b>Otras características</b>	
Activo (x)	Único ( )	Retrogresivo ( )	Deslizamiento Rotacional ( )	Seco ( )	Roca ( )	Extr. Rápido (>5 m/s) ( )	Movim. canalizado ( )	
Reactivo ( )	Sucesivo ( )	Progresivo (x)	Deslizamiento Traslacional (x)	Húmedo (x)	Detritos (x)	Muy Rápido (> 3 m/s) ( )	Movim.no canalizado (x)	
Latente ( )	Múltiple (x)	Ensanchándose ( )	Deslizamiento Compuesto ( )	Muy Húmedo ( )	Arena ( )	Rápido (>1,8 m/hr) ( )	Licuefacción ( )	
Abandonado ( )	Sencillo ( )	Confinado ( )		Mojado ( )	Finos ( )	Lento (> 1,6 m/año) ( )		
Estabilizado ( )	Complejo ( )	Creciente ( )			M.O ( )	Ext. Lento (< 16 mm/año) (x)		
Relicto ( )	Compuesto ( )	Avanzado ( )	<b>COBERTURA VEGETAL</b>					
Suspendido ( )	Enjambre ( )	Decreciente ( )	<b>TIPO DE COBERTURA</b>	Veg Herbácea (x) Bosque Selva ( ) Matorral (x) Cultivos ( ) Construcciones ( ) Sin cobertura ( )				
<b>FACTORES DETONANTES Y CONDICIONANTES</b>	Material Plástico Débil ( )		<b>TIPO DE USO</b>	Ganadería ( ) Área protegida ( ) Agrícola (x) Zona arqueológica ( ) Vivienda ( ) Vías (x) Minería ( )				
	Material sensitivo ( ) Material colapsable (x) Material meteorizado físicamente (x) Material meteorizado químicamente ( ) Material fallado por corte ( ) Material fisurado o agrietado (x) Orientación desfavorable de discontinuidades ( ) Contrastes de permeabilidad de materiales ( ) Meteorización por expansión/contracción ( ) Deforestación o ausencia de vegetación ( ) Movimiento Tectónico ( ) Sismo ( ) Erupción Volcánica ( ) Viento ( ) Lluvias (x) Erosión superficial ( ) Modificación del Talud ( ) Socavación del pie del talud por corriente agua (x) Excavación del pie del talud ( ) Carga en la corona del talud ( ) Erosión Subterránea ( ) Escapes de agua de tubería ( ) Disposición deficiente de estériles/escombros ( ) Vibración Artificial ( )							
<b>DAÑOS</b>			<b>DIMENSIONES</b>					
<b>POBLACIÓN</b>	Número de muertos		Longitud Total		37,83 m	Área	0,07 Ha	
	Número de damnificados		Ancho del deslizamiento		22,55 m	Perímetro	0,03 Km	
<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>			<b>DEFORMACIÓN DEL TERRENO</b>					
			<b>MODO</b>	Ondulamiento ( ) Escalonamiento (x)	<b>SEVERIDAD</b>	Leve ( ) Media (x) Pronunciada ( ) Severa ( ) Muy severa ( )		

Nota: Formato modificado del: (Proyecto Multinacional Andino, 2000). Elaborado por: La Autora (2023)

Ficha de inventario del deslizamiento 15

FICHA DE INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS								
<b>Proyecto de investigación</b>	Zonificación de susceptibilidad a deslizamientos en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sigsig, Guel y Cutchil, cantón Sigsig, provincia Azuay			<b>LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA</b>				
<b>Nombre del encuestador</b>	Plasencia P. (2023)	<b>ORIENTACIÓN DEL DESLIZAMIENTO</b>	SW	<b>DIVISIÓN POLÍTICA</b>		<b>COORDENADAS</b>		
<b># Deslizamiento</b>	15			<b>Provincia</b>	Azuay	<b>Proyección</b>	UTM WGS 84/ Zona 17 S	
<b>Fecha</b>	19/02/2023			<b>Cantón</b>	Sigsig	<b>X</b>	744117,470	
				<b>Parroquia</b>	San Sebastián de Sigsig	<b>Y</b>	9665938,794	
				<b>Barrio</b>	Chobshi	<b>Z</b>	232822,00	
DESCRIPCIÓN DE LOS DESLIZAMIENTOS								
<b>ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO</b>			<b>CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO</b>					
<b>ESTADO</b>	<b>ESTILO</b>	<b>DISTRIBUCIÓN</b>	<b>TIPO DE MOVIMIENTO</b>	<b>HUM. DEL SUELO</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>VELOCIDAD</b>	<b>Otras características</b>	
Activo (x)	Único (x)	Retrogresivo ( )	Deslizamiento Rotacional ( )	Seco ( )	Roca ( )	Extr. Rápido (>5 m/s) ( )	Movim. canalizado (x)	
Reactivo ( )	Sucesivo ( )	Progresivo ( )	Deslizamiento Traslacional (x)	Húmedo (x)	Detritos ( )	Muy Rápido (> 3 m/s) ( )	Movim.no canalizado ( )	
Latente ( )	Múltiple ( )	Ensanchándose (x)	Deslizamiento Compuesto ( )	Muy Húmedo ( )	Arena ( )	Rápido (>1,8 m/hr) ( )	Licuefacción ( )	
Abandonado ( )	Sencillo ( )	Confinado ( )		Mojado ( )	Finos (x)	Lento (> 1,6 m/año) (x)		
Estabilizado ( )	Complejo ( )	Creciente ( )			M.O ( )	Ext. Lento (< 16 mm/año) ( )		
Relicto ( )	Compuesto ( )	Avanzado ( )	<b>COBERTURA VEGETAL</b>					
Suspendido ( )	Enjambre ( )	Decreciente ( )	<b>TIPO DE COBERTURA</b>	Veg Herbácea (x) Bosque Selva ( ) Matorral (x) Cultivos ( ) Construcciones ( ) Sin cobertura ( )				
<b>FACTORES DETONANTES Y CONDICIONANTES</b>	Material Plástico Débil (x)		<b>TIPO DE USO</b>	Ganadería ( ) Área protegida ( ) Agrícola (x) Zona arqueológica (x) Vivienda ( ) Vías ( ) Minería ( )				
	Material sensitivo ( ) Material colapsable (x) Material meteorizado físicamente (x) Material meteorizado químicamente ( ) Material fallado por corte ( ) Material fisurado o agrietado ( )		Orientación desfavorable de discontinuidades ( ) Contrastes de permeabilidad de materiales ( ) Meteorización por expansión/contracción ( ) Deforestación o ausencia de vegetación ( )					
		Movimiento Tectónico ( ) Sismo ( ) Erupción Volcánica ( ) Viento ( ) Lluvias (x) Erosión superficial ( ) Modificación del Talud ( ) Socavación del pie del talud por corriente agua (x)		Excavación del pie del talud ( ) Carga en la corona del talud ( ) Erosión Subterránea ( ) Escapes de agua de tubería ( ) Disposición deficiente de estériles/escombros ( ) Vibración Artificial ( )				
<b>DAÑOS</b>			<b>DIMENSIONES</b>					
<b>POBLACIÓN</b>	Número de muertos		Longitud Total		55,70 m	Área	2,25 Ha	
	Número de damnificados		Ancho del deslizamiento		31,39 m	Perímetro	0,05 Km	
<b>REGISTRO FOTOGRÁFICO</b>			<b>DEFORMACIÓN DEL TERRENO</b>					
			<b>MODO</b>	Ondulamiento (x) Escalonamiento ( )	<b>SEVERIDAD</b>	Leve ( ) Media (x) Pronunciada ( ) Severa ( ) Muy severa ( )		

Nota: Formato modificado del: (Proyecto Multinacional Andino, 2000). Elaborado por: La Autora (2023)

Anexo 12. Certificación de traducción del resumen

Loja, 04 de enero de 2023

Yo, Jenny Lorena Collaguazo Narváez, con cédula de identidad 1103431399, Licenciada en Ciencias de la Educación, Mención Ingles.

**CERTIFICO:**

Que, he realizado la traducción al idioma inglés de el resumen del proyecto de titulación denominado “**Zonificación de susceptibilidad a deslizamientos en zonas urbanas de las parroquias: San Sebastián de Sigsig, Guel y Cutchil, cantón Sigsig, provincia del Azuay**”, elaborado por la Srta. Pamela Carolina Plasencia Chullca, con CI: 0104912936, egresada de la carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial de la Universidad Nacional de Loja.

El traductor es competente para realizar traducciones al idioma inglés.

Certifico en honor a la verdad, facultando al portador del presente documento, hacer el uso legal pertinente.

Atentamente:



Lic. Jenny Lorena Collaguazo Narváez

0995639722

**REGISTRO SENESCYT: 1006-2016-1754330**