



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano

Escuela de Administración para Desastres y Gestión del Riesgo

Proyecto de Investigación Previo a la Obtención del Título de
Ingenieras en Administración para Desastres y Gestión del Riesgo.

Tema:

Análisis de los Factores de Susceptibilidad ante Deslizamientos en la vía
Guaranda-San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Durante el
Período 2017.

Autoras:

BONILLA MONTERO JESSICA ELIZABETH
CUNALATA PALATE ALICIA DEL CARMEN

Tutor:

ING.LUIS VILLACÍS. MSc.

GUARANDA - ECUADOR

2018

DEDICATORIA

El presente proyecto de investigación dedico con profundo amor y humildad a mi padre celestial Dios y a la Virgen del Guayco, por haberme cuidado y brindado muchas bendiciones en este largo camino, permitiéndome llegar hasta esta etapa, a mis queridos padres Rosa Montero y Adán Bonilla, por ser la fuente de inspiración con sus ejemplos de perseverancia que me han instruido desde que tengo uso de razón, además de su apoyo incondicional, amor y absoluta paciencia, a mis hermanos Freddy, Juan, Andrés, por estar siempre a mi lado con su motivación, apoyo y consejos para seguir adelante y no rendirme cumpliendo satisfactoriamente lo que me propuse.

Jessica Bonilla

Este presente trabajo lo dedico principalmente a Dios, por guiarme por el buen camino, A mi madre quien me acompaño durante toda mi vida estudiantil con su apoyo incondicional y por demostrarme su cariño para salir adelante en los momentos más difíciles, A mi padre por ser la persona quien con su amor, comprensión y consejos ha sabido guiarme para culminar mi carrera profesional, A mis hermanos que siempre han estado presente cuando los he necesitado brindándome su apoyo, A mi familia en general quienes con sus palabras de aliento me ayudaron en todo el trascurso de mi carrera Universitaria, Gracias a todos.

Alicia Cunalata

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios y a la Virgen del Guayco sobre todas las cosas quienes iluminaron mi camino y permitieron cumplir con este objetivo, a mis padres quienes me enseñaron a no rendirme jamás, que cuando uno se propone nada es imposible gracias a ustedes me permitieron llegar a esta etapa de mi vida.

A la Universidad Estatal de Bolívar principalmente a la Escuela de Gestión de Riesgos por permitirme crecer desde mis inicios como profesional, a mis queridos Docentes por brindarme sus conocimientos y experiencias, de manera especial al Ing. Luis Villacís, quién con su bondad y tiempo brindado supo guiarme durante el presente proyecto de Investigación.

Jessica Bonilla

Agradezco a Dios por su bendición infinita todos los días guiándome mi camino para culminar este proyecto de Investigación, A mis padres por la confianza y el apoyo incondicional con los recursos económicos, pues sin esto no hubiese llegado a culminar esta etapa de mi vida,

A la Universidad Estatal de Bolívar, por haberme aceptado ser parte de ello y convirtiéndose en mi segundo hogar, A los Docentes que comparten sus conocimientos para formar profesionales competentes, Un agradecimiento especialmente al Ing. Luis Villacís por haberme brindado la oportunidad de recurrir a sus conocimientos científicos, así también por la paciencia para guiarme durante este trabajo de Investigación.

Alicia Cunalata

TEMA:

ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE SUSCEPTIBILIDAD ANTE DESLIZAMIENTOS EN LA VÍA GUARANDA-SAN SIMÓN, CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR DURANTE EL PERÍODO 2017.

ÍNDICE GENERAL

PÁGINAS PRELIMINARES	Página
PORTADA	I
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO.....	III
TEMA:.....	IV
ÍNDICE GENERAL	V
CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO INVESTIGATIVO, EMITIDO POR EL TUTOR.....	VI
RESUMEN EJECUTIVO.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	XII
CAPÍTULO I	1
1. EL PROBLEMA.....	1
1.1. Planteamiento del Problema	1
1.2. Formulación del Problema.....	3
1.3. Objetivos:	4
1.3.1. Objetivo General.....	4
1.3.2. Objetivos Específicos periodo	4
1.4. Justificación	5
1.5. Limitaciones	7
CAPÍTULO II.....	8
2. MARCO TEÓRICO.....	8
2.2. Bases Teóricas	11
2.2.1. Conceptos de Movimientos en Masa	11
2.2.2. Tipos de Movimientos en Masa.....	11
2.2.3. Causas de los Movimientos en Masa	16
2.2.4. Dinámica de los Movimientos	16
2.2.5. Conceptos de Deslizamientos	19
2.2.6. Tipos de Deslizamientos	20
2.2.7. Partes de un Deslizamiento	22

2.2.8. Susceptibilidad.....	24
2.2.9. Método de Mora – Vahrson	25
2.3.0. Factores Condicionantes y Desencadenantes	28
2.3.1. Actividad Antrópica	42
2.3.2. Elementos Expuestos.....	44
2.3. Marco Referencial.....	46
2.4. Marco Legal	47
2.5. Definición de Términos (Glosario).....	51
2.6. Sistemas de Variables	54
CAPÍTULO III	58
3. DISEÑO METODOLÓGICO	58
3.1. Nivel de Investigación	58
3.2. Diseño	58
3.3. Población y muestra.....	59
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	59
3.5. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos, para cada uno de los objetivos específicos	66
3.6. Metodología según el objetivo 1	66
3.7. Metodología según el objetivo 2	76
3.8. Metodología según el objetivo 3	77
CAPITULO IV.....	79
4. RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	79
4.1. Resultados según objetivo 1.	79
4.2. Resultados según objetivo 2.	91
4.3. Resultados según objetivo 3	97
CAPITULO V	101
5. CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES	101
5.1. Conclusiones	101
5.2. Recomendaciones	103
BIBLIOGRAFIA	104

Índice de Gráficos

Página

Gráfico 1: Deslizamientos Rotacionales	12
Gráfico 2: Deslizamientos Traslacionales	13
Gráfico 3: Flujos.....	13
Gráfico 4: Desprendimientos.....	14
Gráfico 5: Vuelcos.....	14
Gráfico 6: Avalanchas	15
Gráfico 7: Desplazamientos Laterales.....	15
Gráfico 8: Deslizamiento.....	20
Gráfico 9: Deslizamiento Rotacional	20
Gráfico 10: Deslizamiento en suelos homogéneos o artificiales o naturales	21
Gráfico 11: Deslizamiento Traslacional.....	21
Gráfico 12: Partes de un Deslizamiento	22
Gráfico 13: Partes de un deslizamiento	23
Gráfico 14: Ladera Natural y Artificial	28
Gráfico 15: Geomorfología	34
Gráfico 16: Hidrología (aguas internas y externas).....	36
Gráfico 17: Cortes y rellenos de la ladera	38
Gráfico 18: Modificación del paisaje	39
Gráfico 19: Infiltración de agua lluvia	41
Gráfico 20: Construcción urbanística en ladera susceptible a deslizamientos	43
Gráfico 21: Pendientes Reclasificadas	80
Gráfico 22: Geomorfología Vía Guaranda-San Simón	82
Gráfico 23: Litología de la Vía Guaranda-San Simón	83
Gráfico 24: Uso y cobertura de suelo de la Vía Guaranda-San Simón	85
Gráfico 25: Sismicidad de la Vía Guaranda-San Simón	87
Gráfico 26: Precipitación de la Vía Guaranda-San Simón.....	88
Gráfico 27: Mapa de susceptibilidad.....	90
Gráfico 28: Mapa de exposición de la red vial.....	92
Gráfico 29: Mapa de Exposición de Edificaciones.	93
Gráfico 30: Mapa de susceptibilidad ante deslizamiento en la vía Guaranda-San Simón (Primer tramo).	94

Gráfico 31: Mapa de susceptibilidad ante deslizamiento en la vía Guaranda-San Simón (Segundo tramo).	95
Gráfico 32: Mapa de susceptibilidad ante deslizamiento en la vía Guaranda-San Simón (Tercer tramo).	96

Índice de Tablas

Página

Tabla 1: Dinámica de los movimientos	16
Tabla 2: Calificativo de susceptibilidad a deslizamiento	25
Tabla 3: Capacidad de intercambio catiónico de la arcilla.....	31
Tabla 4: Características de las rocas metamórficas	32
Tabla 5: Variable Independiente (Factores de Susceptibilidad).....	54
Tabla 6: Variable Dependiente (Nivel de susceptibilidad).....	56
Tabla 7: Variable Interviniente: Elementos expuestos (Red vial e infraestructura de edificaciones).....	57
Tabla 8: Valoración según la composición litológica ... ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 9: Valoración de la cobertura vegetal y uso de suelo	70
Tabla 10: Valoración de acuerdo a la geomorfología	71
Tabla 11: Valoración de acuerdo a la pendiente reclasificada	73
Tabla 12: Valoración de la precipitación.....	74
Tabla 13: Calificación de factores de sismicidad	74
Tabla 14: Categorización de los niveles de susceptibilidad	76
Tabla 15: Clasificación de los elementos expuestos	77
Tabla 16: Pendientes de la Vía Guaranda San Simón	79
Tabla 17: Geomorfología de la Vía Guaranda-San Simón.....	81
Tabla 18: Litología de la Vía Guaranda-San Simón	83
Tabla 19: Uso y cobertura del suelo de la Vía Guaranda-San Simón	84
Tabla 20: Sismicidad en la Vía Guaranda-San Simón	86
Tabla 21: Precipitación de la Vía Guaranda-San Simón	88
Tabla 22: Susceptibilidad de la vía Guaranda – San Simón.....	90
Tabla 23: Nivel de exposición de la vía Guaranda-San Simón	91
Tabla 24: Nivel de exposición de las edificaciones.....	93

CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO INVESTIGATIVO, EMITIDO POR EL TUTOR.

Guaranda, Martes 21 de Noviembre de 2017.

El suscrito Ingeniero Luis Villacís Taco MsC., Director de Proyecto de Investigación de Pre Grado de la Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano de la Universidad Estatal de Bolívar, en calidad de Docente – Tutor.

CERTIFICA:

Que el proyecto de investigación titulado: “ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE SUSCEPTIBILIDAD ANTE DESLIZAMIENTOS EN LA VÍA GUARANDA-SAN SIMÓN, CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR DURANTE EL PERIODO 2017”. Realizado por las Señoritas: **Jessica Elizabeth Bonilla Montero** y **Alicia Del Carmen Cunalata Palate**, ha sido debidamente revisado e incorporado las observaciones realizadas durante las asesorías; en tal virtud, autorizo su presentación para la aprobación respectiva de acuerdo al reglamento de la Universidad.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a verdad, facultando a los interesados dar al presente documento el uso legal que estimen conveniente.

ING. LUIS VILLACÍS TACO MSC.
DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE PRE GRADO

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo investigativo tiene como objetivo principal el analizar los factores de susceptibilidad en la Vía Guaranda-San Simón, que inciden en la formación de deslizamientos, para obtener la información primero se tuvo que identificar con el trabajo de campo las zonas más susceptibles a deslizamientos, así basándonos en la Metodología de Mora-Varhson, lineamientos de las tablas de rangos de la Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos, la estación meteorológica de Laguacoto y anuario meteorológico 2012, cabe indicar al interpolar los factores condicionantes (pendiente, geomorfología, litología y usos de suelo), más los factores desencadenantes (sismicidad y precipitación), permitieron determinar niveles de amenaza a deslizarse que se representan en un mapa escala 1:25.000. El área estudiada presenta niveles bajos de (0-30), medio de (30-60) y alto de (>60), por ende estas zonas con mayor susceptibilidad tienen que ser sometidas a estudios técnicos detallados.

Con respecto a la identificación de los elementos expuestos ante deslizamientos en la zona de estudio que abarca un área de 3,93 km², se identificaron la infraestructura de la edificaciones y la red vial, los mismo que fueron representados en el mapa de susceptibilidad, cada edificación muestra el grado de exposición, encontrándose la mayoría en el nivel bajo, mientras que con respecto a la red vial predomina el nivel medio

Finalmente, se establece recomendaciones para la reducción de la susceptibilidad y el riesgo ante deslizamientos, se proponen medidas estructurales y no estructurales para minimizar el riesgo de deslizamientos existentes, principalmente en la zona estudiada donde exista mayor susceptibilidad para poder implementar las medidas de mitigación según el sector.

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador los fenómenos de remoción en masa se ubican como el tercer riesgo natural después de los terremotos y las inundaciones, provocando importantes daños materiales, económicos, ambientales y humanos. Debido a su posición geográfica en el planeta presenta, pendientes pronunciadas, constantes actividades sísmicas y volcánicas, sumado a las intensas lluvias, aunque también tiene que ver mucho la actividad humana, conllevando a sufrir que estos factores causen la probabilidad que exista amenazas de fenómenos de remoción en masa, afectando con mayor impacto a la población más vulnerable.

La Vía Guaranda Conventillo y San Simón es la principal red vial de acceso a la Parroquia San Simón y también a las otras Parroquias como: San Lorenzo y Santiago; permite la comunicación de personas, servicios y bienes. En época de lluvias, más la combinación con otros procesos se genera inestabilidad en las laderas lo que conlleva al cierre o pérdida de la infraestructura vial afectando a la población, ya que esto ocasiona dificultades en la movilización de sus productos a los principales mercados, así como su normal traslado.

El presente proyecto de investigación se fundamentó principalmente en analizar los factores de susceptibilidad en la Vía Guaranda-San Simón que inciden en la formación de deslizamientos, para alcanzar este objetivo se caracterizaron los factores condicionantes y desencadenantes, así como se identificaron los elementos expuestos en una franja de 250 metros, la misma que corresponde tanto al flanco derecho e izquierdo de la vía de 8 kilómetros aproximadamente. Por medio de estas actividades se obtuvo como resultado la identificación de las áreas propensas a deslizamientos y los elementos expuestos más vulnerables, y por último se estableció recomendaciones para la reducción de la susceptibilidad y el riesgo ante deslizamientos que afectarían a los elementos expuestos en el área de estudio.

Por medio de este proyecto de investigación se pretende dar a conocer a la ciudadanía sobre las amenazas latentes a los cuales estamos enfrentados diariamente, que en gran parte el hombre ha participado como actor principal en la generación de estos fenómenos con acciones como deforestación, sobrepastoreo y construcciones de edificaciones en zonas propensas a deslizarse. Además se procura dar un instrumento a las autoridades competentes para evitar futuras amenazas. La recomendación sobre la construcción de estructuras de protección en las áreas consideradas propensas también es otro aporte para las autoridades los mismos que deben estar bajo supervisión técnica para minimizar en su mayor parte la erosión del suelo y por ende el deterioro de la carretera.

CAPÍTULO I

1. EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

La parroquia rural San Simón, está ubicada en el sector suroeste del cantón Guaranda, caracterizado por un relieve y topografía montañosa, con una altitud aproximada de 2.440 m.s.n.m. El relieve de cimas agudas con formas de vertiente irregular y colinas altas provoca que dichas pendientes sean susceptibles a derrumbos y deslizamientos, por otro lado la composición física del terreno guardando la humedad durante largo tiempo acentúa el problema, volviéndolo más inestable (PDOT San Simón, 2015, p. 21).

Dichas características presentes en la mayor parte del territorio de la parroquia se reproducen o se evidencian a lo largo de la vía que conecta Guaranda con San Simón, lo que sumado a las precipitaciones de la época invernal, provocan derrumbos pequeños y de grandes magnitudes que van deteriorando la carretera, destruyendo las cunetas de desfogue de aguas lluvias que forman parte de la sencilla estructura de la vía.

Los deslizamientos provocan interrupciones en la vía generando repercusiones para los sectores productivos, infraestructura (edificaciones, la red de tendido eléctrico de alumbrado público), así como afectaciones a la ciudadanía en general ya que es una de las vías más transitadas por los habitantes de las parroquias y comunidades aledañas que necesitan trasladarse a Guaranda con un corto tiempo de viaje y con facilidades en lo referente al flujo vehicular.

Adicionalmente, se ha observado que el tramo de aproximadamente 8 km de carretera, no cuenta con un sistema de alcantarillado y de desfogue de agua en donde existen vertientes naturales, lo que ha causado que estas a su paso vayan deteriorando aún más la vía. Esto nos muestra que existe poca inversión y mantenimiento por parte de autoridades y población aledaña.

Esta falta de inversión puede atribuirse al bajo presupuesto con que cuenta la parroquia. En el año 2016, el GAD Provincial designó \$33.547,78, los mismos que se destinaron a realizar arreglos pequeños de la vía, compra de insumos para dichos arreglos, realizar el mantenimiento de las maquinarias, compra de lubricantes, combustible, repuestos y el pago a operarios de la misma. (Entrevista personal a Arévalo & Agualongo, 2017).

Pese a toda la inversión que se menciona, se consideran que dichos recursos no han sido suficientes para solventar los graves daños sufridos en la vía, ya que los factores de influencia como las intensas lluvias y el desinterés de las autoridades competentes, y de la misma comunidad no permiten que se realicen las labores de mantenimiento a la vía, imposibilitando la construcción de muros de contención, filtración de vertientes y afirmamiento de la tierra, reforestación de taludes, entre otros.

Estas de obras de prevención o mitigación deben realizarse basado en el análisis de vulnerabilidad ante deslizamientos, determinando los factores de susceptibilidad que intervienen para que se produzcan estos fenómenos, donde se identifiquen cual es la función del hombre, de los agentes naturales, y sobre todo las medidas de prevención que pueden ser aplicados para disminuir los daños en los sectores más propensos y sujetos a ser intervenidos.

1.2. Formulación del Problema

¿Podría el análisis de los factores de susceptibilidad determinar el nivel de susceptibilidad en la vía Guaranda-San Simón, que afectará a la población e infraestructura situadas en el área de estudio?

1.3. Objetivos:

1.3.1. Objetivo General

Analizar los factores de susceptibilidad ante deslizamientos para el establecimiento de estrategias de medidas de reducción en la vía Guaranda-San Simón, cantón Guaranda, provincia Bolívar durante el período 2017.

1.3.2. Objetivos Específicos periodo

Caracterizar los factores de susceptibilidad que intervienen en la formación de deslizamientos.

Identificar los elementos expuestos ante deslizamientos, tales como infraestructura de edificaciones y red vial en el área de estudio.

Establecer recomendaciones para la reducción de la susceptibilidad ante deslizamientos que afectarían a los elementos expuestos en el área de estudio.

1.4. Justificación

Según la Constitución ecuatoriana del año 2008, en las políticas de Estado referentes a Gestión del Riesgo (Art. 389 - 390), se hace necesario identificar y localizar las amenazas naturales en el territorio ecuatoriano, especialmente en las zonas cercanas a asentamientos humanos que modifica y transforma los elementos físico naturales existentes, creando nuevas amenazas y, en muchos casos aumentando la intensidad de las ya existentes. (Asamblea Constituyente, 2008).

Por tal razón, la presente investigación es de gran importancia para la comunidad beneficiaria y la científica de la localidad, pues, a través del análisis de los factores de susceptibilidad que han producido los deslizamientos a lo largo de la vía Guaranda-San Simón se podrán proponer estrategias medio ambientales, de arreglos de la carretera, construcciones urbanísticas, planificación de control agrícola y pecuario, cultivos extensivos, y otros que permitan tomar decisiones acertadas en el diseño estructural de la vía para evitar su deterioro.

Considerando los factores ambientales por los que se ha visto afectado el país entero en este último año, por las fuertes precipitaciones que ha sobrepasado los porcentajes máximos en la zona, el uso de suelo en terrenos en procesos de erosión como consecuencia de las malas prácticas agrícolas, hace previsible el peligro al que está expuesta la vía, bienes materiales y las vidas humanas que transitan por ella, para lo que se propone encontrar una solución adecuada para el control de las áreas deslizadas identificadas con mayor porcentaje de susceptibilidad.

En los últimos años no se ha determinado un mapa de susceptibilidad de la zona ante deslizamientos considerados como altamente riesgosos para que sean considerados como materia de análisis y la consecuente implementación de medidas preventivas o de disminución de incidencia para disminuir y prevenir deslizamientos posteriores (PDOT San Simón, 2015).

Al analizar los factores de susceptibilidad, a través de los cuales se pretende mejorar la situación de la vía Guaranda-San Simón en cuanto a la afectación por deslizamientos, son aquellos que se define como condicionantes y desencadenantes. Los factores condicionantes como aquellos que inciden en el proceso de susceptibilidad de tierras, laderas, etc., y los desencadenantes como aquellos que activan el proceso (Sieron, 2015 p. 28).

Al realizar esta investigación los beneficiarios directos serían las personas y transporte terrestre que transitan por el lugar, por lo tanto aportaremos a solucionar el problema determinando los factores de susceptibilidad y elementos expuestos para establecer recomendaciones para reducir el riesgo de afectación.

Este trabajo tiene también como propósito conocer y difundir esta problemática, ya que actualmente es uno de los sucesos que se ha manifestado con mayor frecuencia en toda la provincia Bolívar, y sobre el cual no se han dado las acciones pertinentes por parte de las autoridades gubernamentales.

1.5. Limitaciones

- En la ejecución del presente proyecto de investigación, se realizó mediante la colaboración de las familias que están asentadas a lo largo de la vía quienes aportaron con información real sobre las formas de trabajo, lo cual resultó con cierto grado de resistencia a entrega dicha información.
- Otra principal limitación para poder desarrollarse el presente trabajo de investigación fue no disponer de recursos económicos suficientes para estudios de geometría en el área estudiada.
- La escasa colaboración de las autoridades tanto de los GAD's del Cantón Guaranda y el GAD de la parroquia San Simón, en relación a información referente a deslizamientos y mapas temáticos para realizar el presente trabajo de investigación.
- La poca disponibilidad de herramientas tecnológicas fueron limitantes determinantes para realización de ciertos análisis que requirió de mayor precisión y confiabilidad.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

El estudio de los movimientos de masa ha llamado la atención del mundo se han dedicado grandes esfuerzos a través de estudios específicos sobre el tema, en este sentido se citan algunos de relevancia nacional, regional y local para el presente proceso investigativo, entre los cuales se destacan:

El trabajo titulado “Movimientos en masa para la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas”, sus investigadores fue el Grupo de Estándares para Movimientos en Masa GEMMA. El propósito del estudio fue contribuir a mejorar la calidad de vida de los habitantes de los Andes reduciendo el impacto negativo de amenazas naturales.

Específicamente en el campo de la amenaza por movimientos en masa el Proyecto adoptó como objetivo agrupar a los especialistas de movimientos en masa de distintos países a efectos de revisar y promover los conocimientos y capacidades requeridas para reducir las pérdidas por estos procesos para beneficio de todos los ciudadanos. Para ello se estandarizó un lenguaje común entre los especialistas, que posibilitara entender los procesos de movimientos en masa y seleccionar los métodos apropiados para su estudio y control.

Entre los resultados más sobresalientes se destacan: 1) clasificación de movimientos en masa, (2) procedimientos para la selección de metodologías para análisis de amenazas, (3) simbología cartográfica, (4) levantamiento de inventarios, (5) terminología relativa al tema. Este documento ha sido discutido y deliberado por las directivas de nuestras instituciones y se constituyen en una guía, estándar y referencia para la evaluación de amenaza por movimientos en masa en la región andina, el cual adoptamos como instituciones (Grupo de Estándares para Movimientos en Masa, GEMMA, 2007).

En el siguiente trabajo investigativo titulado “Una revisión sobre el estudio de movimientos en masa detonados por lluvias”, sus investigadores fueron Edier Aristizábal, Hernán Martínez y Jaime Ignacio Vélez. Según el análisis de los datos históricos registrados hasta el año 2005 para la ciudad de Bucaramanga, se propone niveles de alerta por movimientos en masa utilizando un árbol de decisiones, a partir del cual obtiene como umbrales críticos de lluvia acumulada de 150 mm para 15 días, 55 mm para lluvias antecedentes de las 24 horas y magnitudes de 120 mm para un solo evento (Aristizábal & et.al, 2010)

En Colombia se han adelantado pocos estudios acerca de la precipitación como factor detonante de los movimientos en masa. Sobresalen los estudios realizados en la cuenca del Río Chinchiná y en la ciudad de Manizales, donde evalúan la estabilidad de las vertientes integrando un modelo hidrológico que evalúa la posición y fluctuación del nivel freático de acuerdo a la precipitación.

Dicho análisis revela que movimientos superficiales son detonados por lluvias diarias superiores a los 70 mm, mientras movimientos profundos son detonados por lluvias acumuladas antecedentes sobre 200 mm en 25 días, combinadas con lluvias diarias las cuales se reducen cuando la lluvia antecedente incrementa. En el departamento de Antioquia se estudió la relación entre lluvia y movimientos en masa para el periodo 1929-1999, y proponen umbrales de acuerdo a la lluvia antecedentes de 15 días y la lluvia precedente de 3 días, con valores de 150 mm y 75 mm respectivamente.

En la siguiente tesis titulada “Estudio de factores de susceptibilidad (topográfico, geológico, hidrológico, geomorfológico, desarrollo social y económico) de la quebrada situada al flanco este del Cerro Susanga, ante la posibilidad reactiva del macro deslizamiento, durante el periodo de noviembre 2011 a agosto 2012”, su investigadora fue Morayma Mesa.

Entre los factores de susceptibilidad relevantes e influyentes para el macro deslizamiento son la gran altura del cerro, fuertes pendientes, el mal uso del suelo, pastoreo indiscriminado, falta de mantenimiento al canal de riesgo, filtración de agua, intensas precipitaciones, construcciones de viviendas en

sitios susceptibles, movimientos de tierra por sismos, y la falta de preparación de la comunidad para enfrentar problemas.

En relación con la presente investigación, los factores susceptibles determinantes como resultado de ésta, servirán de soporte para el análisis pertinente ya que se tratan al mismo tipo de factores en otros contextos, cuyas características podrán ser similares pero requieren un tratamiento diferente.

El siguiente trabajo investigativo titulado “Metodología para la evaluación de riesgos en Corredores Viales”, sus investigadores fueron Sánchez calderón César Eduardo & Urrego Hoyos César Eduardo.

El comportamiento del modelo de susceptibilidad permitió identificar los sitios críticos en la carretera, en especial los que presentan problemas de estabilidad. La determinación de los rangos de susceptibilidad combinados se estableció modelos de comportamientos lineales, necesarios para elaborar mapas. El resultado alcanzado dice que los mayores peligros están en laderas, espesor de depósito con material arenoso, mientras las que menos incidencia son las de contextura rocosa y de deslizamientos superficiales determinó la lluvia como factor detonante en combinación con la baja porosidad y un valor alto de succión del terreno.

Los resultados alcanzados en la presente investigación, son replicables en cuanto a la estructura del terreno, nivel de porosidad, y textura blanda tendiente a los deslizamientos, lo que permitirá establecer un análisis similar a dichos procesos.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Conceptos de Movimientos en Masa

El movimiento de masa es el producto de las condiciones geológicas hidrológicas, geomorfológicas y la modificación de estas por procesos geodinámicas, actividad humana y antrópicos (Mesa, 2012, p. 22).

Los movimientos en masa son riesgos ambientales espontáneos o inducidos por la práctica humana presentada en áreas diversas, tiempo y de impactos variables, cuya susceptibilidad reúne varios elementos clave para su desencadenamiento (Naranjo, E. 2012, p. 24).

Los movimientos de masa se presentan en zonas de mayor susceptibilidad donde los procesos climáticos y geológicos afectan la superficie terrestre con el tiempo adaptan pendientes naturales, con este contexto los movimientos de masa son el reajuste de la ladera (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño y Oteo, 2002).

La consecuencia de los movimientos de masas estará relacionado con los factores que condicionan y desencadenan, los factores que condicionan son (geológico-litológico, geomorfológico, pendiente, hidrológico y ocupación del suelo), los que factores desencadenan sismicidad y precipitación todos estos fenómenos establecerán la magnitud de los deslizamientos.

2.2.2. Tipos de Movimientos en Masa

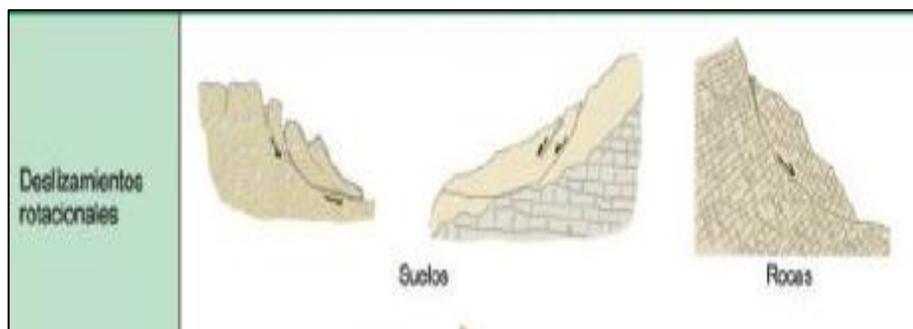
La clasificación de movimientos de masa puede ser según los mecanismos de tipo de material y rotura.

a) Deslizamientos Rotacionales

El terreno en movimiento experimenta un giro a lo largo de una superficie de rotura curvilínea y cóncava, y según un eje situado por encima del centro de

gravidad de la masa deslizada. El material de cabecera queda con una inclinación contra ladera, generando depresiones donde se acumula el agua e induciendo nuevas reactivaciones. En el pie, por el contrario, se presentan abombamientos o levantamientos del material con una superficie convexa. Suele producirse en suelos cohesivos homogéneos y en macizos intensamente diaclasados. En materiales arcillosos y, sobretodo, si hay presencia de agua, la parte baja deslizando puede evolucionar hacia un deslizamiento de tierras (Escobar & Duque, 2016, p. 58).

Gráfico 1: *Deslizamientos Rotacionales*



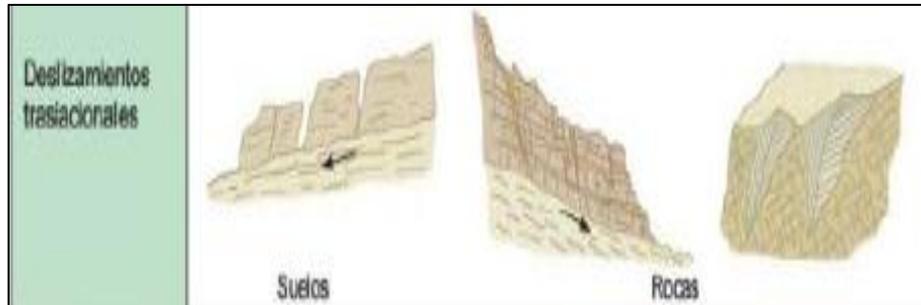
Fuente: (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño y Oteo, 2002)

b) Deslizamientos traslacionales

Las masas se desplazan a lo largo de una superficie de rotura plana u ondulada, pudiendo deslizar posteriormente sobre la superficie del terreno original. Los componentes de la masa desplazada se mueven inicialmente con la misma velocidad y trayectorias paralelas, pudiendo fragmentarse o disgregarse si posteriormente aumenta su velocidad, derivando en un flujo más que en deslizamiento. Los bloques de suelo o roca se deslizan sobre una superficie única se suele hablar de deslizamientos planos y cuando la superficie de rotura está formada por dos planos que obligan a la masa de roca desplazarse según la línea de intersección se habla de deslizamiento en cuña. Las masas rocosas que se desplazan sobre materiales más plásticos en los que se hunden por extrusión de estos y con movimientos muy lentos ladera abajo, se dice que lo hacen por desplazamientos concordantes. Cuando los mismos bloques se trasladan sobre una superficie donde el hundimiento de los estratos no coincide con el de la ladera, el hundimiento es escaso o inexistente y las laderas tienen mayor

pendiente, denominándose entonces deslizamientos discordantes (Escobar & Duque, 2016, p. 58).

Gráfico 2: *Deslizamientos Traslacionales*

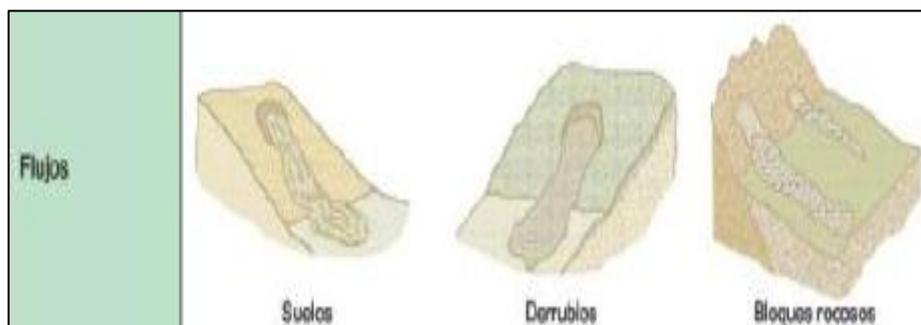


Fuente: (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño y Oteo, 2002)

c) Flujos

Son movimientos de tipo viscoso, la mayoría de los cuales involucra mezclas de agua y materiales sueltos, los cuales se desplazan lenta o rápidamente a lo largo de canales o depresiones naturales o artificiales generalmente angostas, provocando distintos tipos y grados de devastación. (Escobar & Duque, 2016, p. 60).

Gráfico 3: *Flujos*



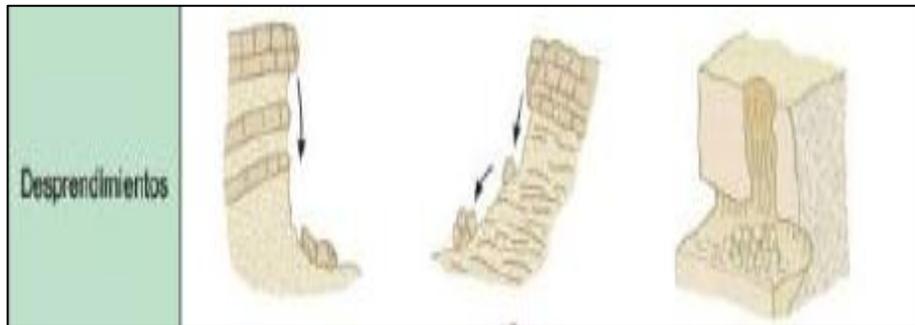
Fuente: (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño y Oteo, 2002)

d) Desprendimientos

Los desprendimientos o caídas se originan por el despegue de masa o roca de una pared empinada o acantilada y posterior descenso por caída libre, y rebote o rodadura final. Esta tiene lugar por deslizamiento o vuelco pequeño cuyo

movimiento es muy rápido o extremadamente rápido (Escobar & Duque, 2016, p. 56).

Gráfico 4: *Desprendimientos*

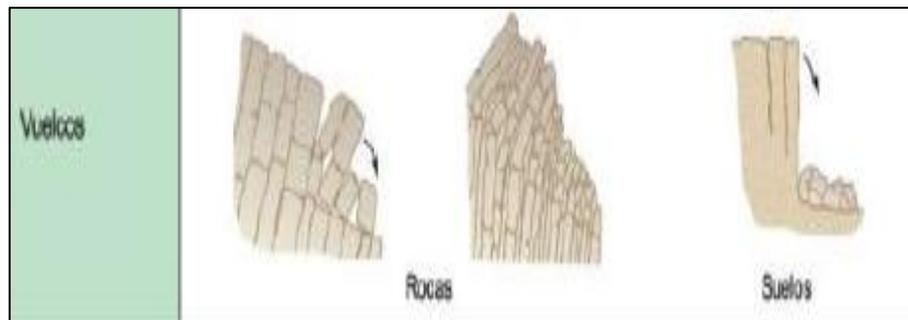


Fuente: (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño y Oteo, 2002)

e) Vuelcos

Rotación hacia adelante y el exterior de una ladera de una masa de suelo o roca alrededor de un eje por debajo de su centro de gravedad. Las fuerzas desestabilizadoras son la gravedad y fuerzas ejercidas por el terreno adyacente o por fluidos en las grietas (Escobar & Duque, 2016, p. 57).

Gráfico 5: *Vuelcos*



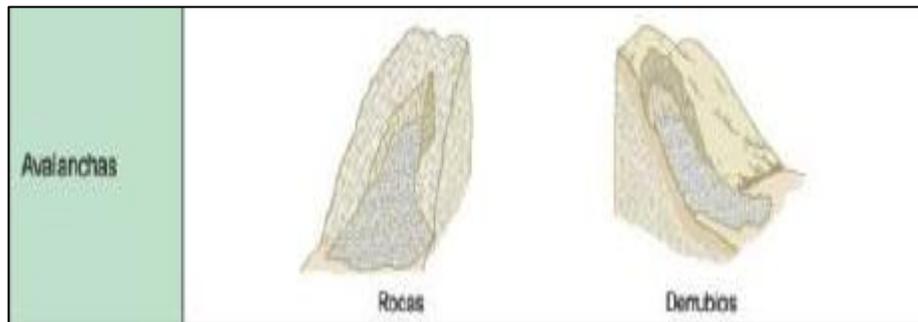
Fuente: (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño y Oteo, 2002)

f) Avalanchas

Según se ha investigado, la enorme velocidad (250 km/h y más) y el gran volumen de material desplazado se atribuye a la fluidificación de las masas involucradas en estos procesos, debido a bolsas de aire que quedan atrapadas entre los fragmentos, favoreciendo una acción de dispersión de las partículas

más finas entre los bloques mayores, y provocando un mecanismo de flotación o empuje de los materiales, que reduce la presión efectiva ejercida por los granos y proporciona al mismo tiempo un colchón de aire hacia la base de la zona en movimiento (Escobar & Duque, 2016, p. 60).

Gráfico 6: *Avalanchas*

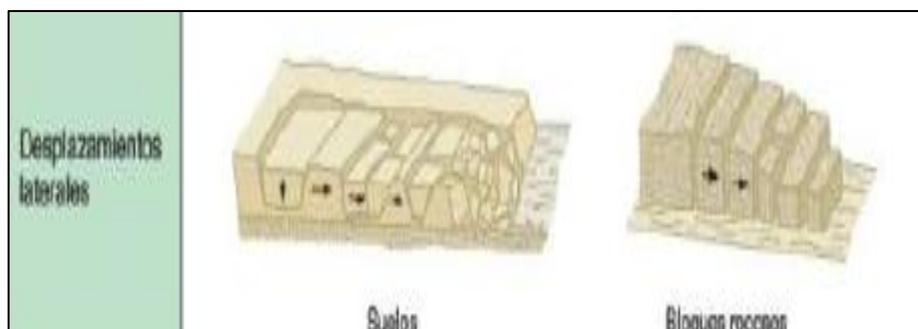


Fuente: (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño y Oteo, 2002)

g) Desplazamientos Laterales

Los movimientos de extensión lateral acompañado por fracturación cortante o tensional, de bloques rocosos o masas de suelo coherente y cementado sobre material blando y deformable que se desplazan muy lentamente en pendientes bajas debido a la pérdida del material adyacente que se deforma por su peso (Naranjo, 2012, p. 37).

Gráfico 7: *Desplazamientos Laterales*



Fuente: (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño y Oteo, 2002)

2.2.3. Causas de los Movimientos en Masa

Para que se produzcan los movimientos de masa de forma violenta y progresivamente se deben establecer ciertas condiciones o haber sido influenciados por fuerzas desestabilizantes que sobrepasan la resistencia del terreno y son arrastrados por corrientes adversas.

- a) **Factores inherentes:** son la causa real de la inestabilidad, pudiendo ser la estructura geológica y patrón de flujo de agua.
- b) **Factores externos de tipo natural:** por la influencia de agentes naturales como la lluvia, humedad del suelo, actividad sísmica por fallas geológicas y la actividad volcánica.
- c) **Factores externos de tipo antrópico:** es por la influencia de la mano del hombre, así por ejemplo la deforestación, mal manejo de los suelos, inadecuado manejo de las vertientes y drenajes, que incluso son considerados como detonantes de la inestabilidad (Escobar & Duque, 2016, p. 61).

2.2.4. Dinámica de los Movimientos

La dinámica de los movimientos de masa en una ladera de material rocosa o tierra se presenta a partir de las siguientes fases:

Tabla 1: *Dinámica de los movimientos*

FASE	DESARROLLO	ACTIVIDAD	DAÑOS POTENCIALES
Preparatoria o incipiente	Poco apreciable. Cambios en manantiales, fuentes, abombamientos	Activo, velocidad lenta o rápida. Intermitente o permanente. Puede ser inactivo luego	Daños lineales por la grietas en estructuras afectadas. Alto potencial según magnitud de la masa y

	locales, grietas de tracción en cabecera. Duración imprevisible.	tiempo antes de reactivarse.	distancia a zona de reposo.
Inicio	Apreciable: ruidos, abombamientos, extensión lateral de las grietas que delimitan desde coronación al pie. Hundimientos locales. Escarpe perimetral, destacado en cabecera y escarpes menores en la masa. Inicio del frente de acumulación de depósitos. Duración progresiva y continuidad variables.	Activo, velocidad muy variable y no siempre continua. Puede detenerse y permanecer inactivo largo tiempo antes de la reactivación o permanecer dormido indefinidamente.	Daños mayores en zonas del borde de la masa y algunos sobre el interior a lo largo de escarpes menores, frente y grietas transversales o longitudinales. Potencial de daños muy alto según magnitud de la masa y distancia a zona de reposo.
Desarrollo	Despliegue del escarpe de cabecera y avance de la	Activo, velocidad muy variable y no siempre continua. Puede detenerse y	Se extiende a toda la masa movilizada y a las zonas situadas bajo el frente y en la

	<p>masa ladera abajo. Hundimiento (rotacional) o elevación (traslacional) en cabecera de la masa y lo opuesto hacia el pie. Duración, progresión y continuidad variables.</p>	<p>permanecer inactivo largo tiempo antes de la reactivación o permanecer dormido indefinidamente.</p>	<p>trayectoria de la masa. Potencial destructivo limitado a la trayectoria posible hasta la zona de reposo y la posible extensión ladera arriba por remonte de la cabecera.</p>
<p>Avanza do</p>	<p>Desarrollo del escarpe principal y despliegue de escarpes menores y de la masa ladera abajo. Posible remonte del escarpe principal ladera arriba. Duración, progresión y continuidad variables.</p>	<p>Activo, velocidad muy variable y no siempre continua. Puede detenerse y permanecer inactivo largo tiempo antes de la reactivación o permanecer dormido indefinidamente.</p>	<p>Se agrava en toda la masa movilizada y en las zonas situadas bajo el frente y en la trayectoria de la masa. Potencial destructivo limitado a la trayectoria posible hasta la zona de reposo y la posible extensión ladera arriba por remonte de la cabecera.</p>
<p>Agotamiento</p>	<p>Masa acumulada en zona de reposo y reducción de la</p>	<p>Poco activo. Reactivación posible por obras civiles o por</p>	<p>Peligrosidad para transeúntes por derrumbes en toda la masa, depósitos y</p>

	pendiente media. Derrumbe de bloques en escarpes menores y cabecera.	erosión o excavación de ríos, terremotos o explosiones.	escarpes. Potencial mínimo salvo reactivaciones parciales por obras, terremotos, erosión inundaciones o explosiones. Reajustes parciales en los bloques y movimientos verticales asociados.
--	--	--	--

Fuente: (Chacón, J.; et al. 2007)

Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

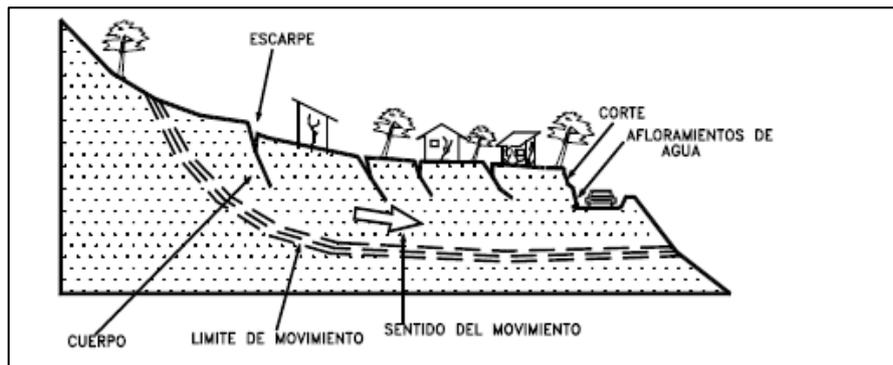
2.2.5. Conceptos de Deslizamientos

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 (González, citado por Mesa, 2013, p. 33)

Los deslizamientos son movimientos repentinos de tierra de forma rápida que no está saturado de humedad. Presentándose en la superficie provocando cambios notables en la estructura del suelo, por lo general se produce en laderas empinadas o mayores a 20°. Principalmente están la morfología de cáscara de naranja o caminos de vaca, con ondulaciones pequeñas rotacionales con diámetros de 1 a 2 m. (Abril, 2011, p. 25).

Los deslizamientos son desplazamientos de uno o varios cortes que pueden ser por procesos naturales o a desestabilización por deforestación, rellenos, etc. (Suárez Díaz, 1998).

Gráfico 8: Deslizamiento



Fuente: (Suárez Díaz, 1998)

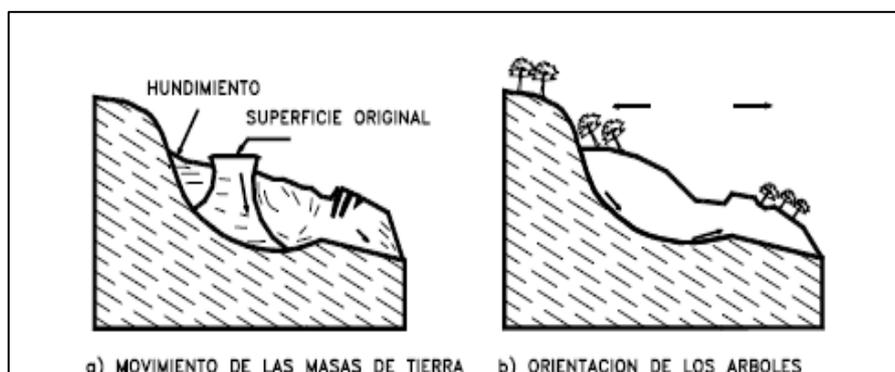
2.2.6. Tipos de Deslizamientos

Para establecer el tipo de deslizamiento se debe tomar en cuenta la influencia que tienen las diferentes condiciones examinadas en un área específica; es decir, las áreas de susceptibilidad determinadas para un sitio de estudio.

a) *Deslizamiento rotacional*

En este tipo de deslizamiento rotacional es no es aparentemente circular si no es semi-vertical formado por la superficie que posee varios agrietamientos cóncavos se asemeja a una cuchara, lo cual es común que la superficie original del terreno gire hacia la corona del talud y los otros bloques en dirección opuesta ya que este deslizamiento trata de auto estabilizarse (Suárez Díaz, 1998).

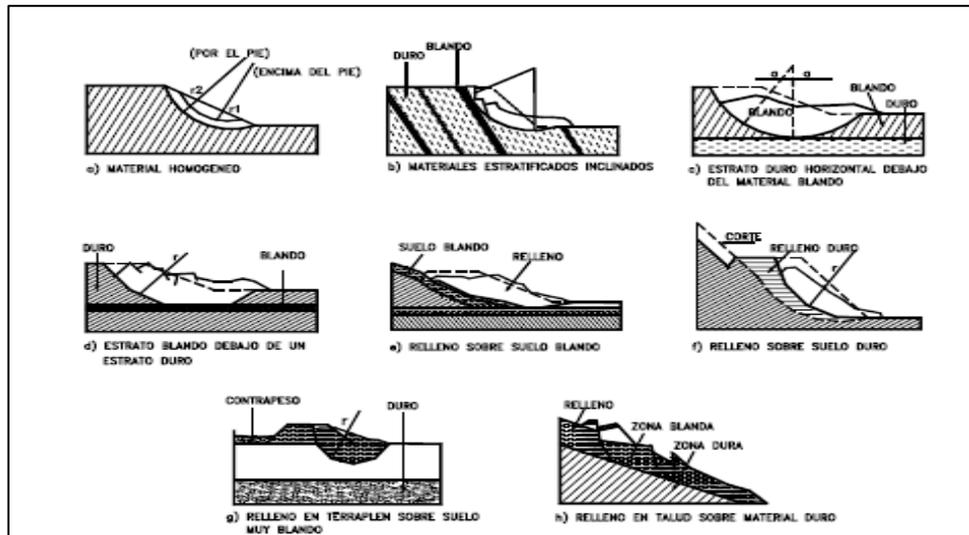
Gráfico 9: Deslizamiento Rotacional



Fuente: (Suárez Díaz, 1998)

Dentro del deslizamiento rotacional también encontramos los tipos de deslizamiento según la estructura, estos deslizamientos usualmente ocurren en suelos homogéneos o artificiales o naturales.

Gráfico 10: *Deslizamiento en suelos homogéneos o artificiales o naturales*

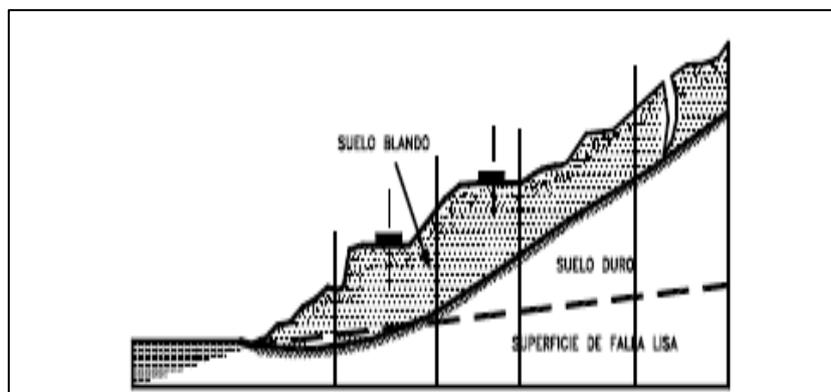


Fuente: (Suárez Díaz, 1998)

b) Deslizamiento de traslación

Este tipo de deslizamiento no suelen ser muy profundos pero puede ser indefinidamente extenso a lo largo de la ladera hacia abajo o la superficie plana y ligeramente ondulada y tiene poco movimiento rotación (Suárez Díaz, 1998).

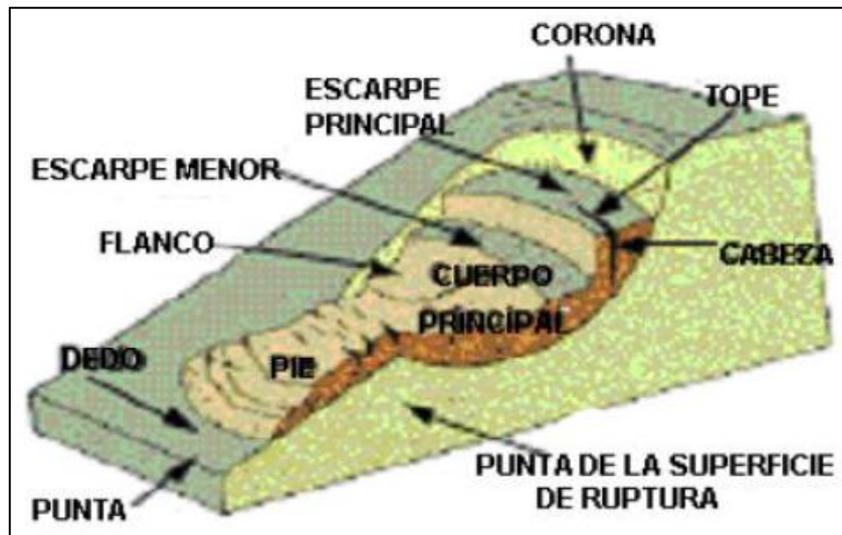
Gráfico 11: *Deslizamiento Traslacional*



Fuente: (Suárez Díaz, 1998)

2.2.7. Partes de un Deslizamiento

Gráfico 12: Partes de un Deslizamiento



Fuente: Mora (2014, p. 3)

Mora (2014), explica que las partes que se forman de un deslizamiento son:

- a) **Cabeza:** Es la parte superior del material que se mueve a lo largo del material de contacto con el escarpe principal.
- b) **Corona:** Es el material que se encuentra en lo más alto de la ladera o escarpe principal y no acido inalterado localizada arriba del deslizamiento.
- c) **Tope:** El punto más alto de contacto entre el material desplazado y el escarpe principal.
- d) **Cuerpo principal:** La parte del material desplazado que sobreyace la superficie de ruptura localizada entre el escarpe principal y la punta de la superficie de ruptura.
- e) **Flanco:** Lado del deslizamiento o perfil lateral.

- f) **Pie:** Es la línea de intercepción del material desplazado que descansa ladera abajo desde la punta de la superficie de ruptura.
- g) **Dedo:** El margen del material desplazado más distante del escarpe principal.
- h) **Escarpe principal:** Superficie de pendiente muy alta, causada por el desplazamiento de la ladera, si hay proyección bajo el nivel de superficie se produce la ruptura.
- i) **Escarpe secundario o menor:** Superficie de pendiente muy fuerte en el área desplazada.
- j) **Punta de la superficie de ruptura:** Es el punto de la parte baja de la superficie de ruptura y la superficie original del terreno. (Mora, 2014, p. 4).

Grafico 1: Partes de un deslizamiento



Fuente: (Comercio, 2017)

Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

Descripción: Este deslizamiento producto de las intensas lluvias sufridas en este último año, llevo a cabo en el sector de Ucubamba en Cuenca al sur del Ecuador, el material cayo de una parte de la ladera sobre la Avenida Panamericama Norte, dejando como resultado 2 personas fallecidas quienes se encontraban entre los escombros y cerrando el tránsito vehicular (Comercio, 2017).

2.2.8. Susceptibilidad

La susceptibilidad se define a la posibilidad que una zona quede afectada por la ocurrencia de un determinado proceso, depende de un serie de factores que controlan o detonan la ocurrencia de los procesos, pudiendo ser intrínsecos a los propios materiales geológicos o externos, expresada en diferentes grados cualitativos y cuantitativos (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño y Oteo, 2002).

La susceptibilidad a los deslizamientos, se manifiesta a la capacidad o posible ocurrencia de un determinado fenómeno a causa de la influencia de factores que condicionan y desencadenan la estabilidad del terreno, indicando que tan favorables o desfavorables son las condiciones de este, para que puedan ocurrir deslizamientos (Suárez Díaz, 1998) Dichos fenómenos se pueden presentar afectando suelos y rocas en diferentes taludes ya sean estos artificiales o naturales sin que se pueda predecir el tiempo y el lugar donde se manifestaría.

Actualmente este término se aplica para designar zonas vulnerables a sufrir deslizamientos u otro tipo de procesos de movimientos de masa detectados con anticipación o que han producido generalmente de forma inesperada, hoy por hoy con el avance de la tecnología se han implementado herramientas informáticas así como el uso de sistemas de información geográfica los cuales han servido de gran ayuda para realizar grandes avances en estas zonas vulnerables (Sánchez, C.; Urrego, L. 2011, p. 21).

2.2.9. Método de Mora – Vahrson

Este método de análisis de la susceptibilidad del terreno fue elaborado en Costa Rica por 2 expertos llamados Sergio Mora y Wilhelm Vahrson, que surgió a medida de realizar estudios de casos en taludes identificando zonas que presentan un estado crítico, los mismos que posteriormente implementaron una técnica para pronosticar sectores que presentan susceptibilidad a deslizamientos debiéndose someter a un análisis más detallado y profundo para lo cual se ven involucrados factores condicionantes y desencadenantes que constituye una importante referencia para clasificar la amenaza por deslizamientos, o lo que se denomina “movimientos de remoción en masa”, y ha sido ampliamente utilizado, principalmente en Centroamérica.

Sin embargo, éste sólo va a constituir una referencia para los modelos de susceptibilidad y amenaza, en la escala de valores que proponen, ya que ofrece una clasificación que va del 1 al 5, utilizando calificativos que van desde el nivel de susceptibilidad muy baja, baja, moderada, alta y muy alta, con sus respectivas características. Se considera válido utilizar esta clasificación para los modelos de amenaza final (Mesa, M. 2012, p. 39).

Tabla 2: *Calificativo de susceptibilidad a deslizamiento*

Clase	Calificativo de susceptibilidad al deslizamiento	Características
I	Muy Baja	Sectores estables, no se requieren medidas correctivas. Se debe considerar la influencia de los sectores aledaños con susceptibilidad de moderada a muy alta. Sectores aptos para usos urbanos de alta densidad y ubicación de edificios indispensables como hospitales, centros educativos, bomberos, etc.
II	Baja	Sectores estables que requieren medidas

		<p>correctivas menores, solamente en caso de obras de infraestructura de gran envergadura. Se debe considerar la influencia de los sectores aledaños con susceptibilidad de moderada a muy alta.</p> <p>Sectores aptos para usos urbanos de alta densidad y ubicación de edificios indispensables. Los sectores con rellenos mal compactados son de especial cuidado.</p>
III	Moderada	<p>No se debe permitir la construcción de infraestructura si no se realizan estudios geocéntricos y se mejora la condición del sitio.</p> <p>Las mejoras pueden incluir: movimientos de tierra, estructuras de retención, manejo de aguas superficiales y subterráneas, bioestabilización de terrenos, etc.</p> <p>Los sectores con rellenos mal compactados son de especial cuidado. Recomendable para usos urbanos de baja densidad.</p>
IV	Alta	<p>Probabilidad de deslizamiento alta (< 50 %) en caso de sismos de magnitud importante y lluvias de intensidad alta. Para su utilización se deben realizar estudios estabilidad a detalle y la implementación de medidas correctivas que aseguren la estabilidad del sector, en caso contrario, deben mantenerse como áreas de protección.</p>
V	Muy Alta	<p>Probabilidad de deslizamiento muy alta (> 50 %) en caso de sismos de magnitud importante y lluvias de intensidad alta.</p> <p>Prohibido su uso con fines urbanos, se recomienda usuarios como área de protección.</p>

Fuente: Mora, R. (2004). Evaluación de la susceptibilidad al deslizamiento del Cantón San José de Costa Rica

Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

La combinación de los tres primeros elementos pasivos, se realiza considerando que los FRM ocurren cuando una ladera adquiere un grado de susceptibilidad, debido a la interacción entre la pendiente, la litología y la humedad del suelo.

Bajo estas condiciones, los factores externos y dinámicos, como la sismicidad y las lluvias intensas que son elementos activos, actúan como elementos de disparo, que destruyen los equilibrios, la mayoría de las veces precarios, que mantienen las laderas, de esta forma se considera que el grado o nivel de amenaza es el producto de la susceptibilidad y de la acción de los elementos de disparo, tal como se relacionan en la siguiente ecuación.

Dicha metodología nos ayudó a determinar zonas influyentes determinando sus características de división por áreas asignándoles pesos según indicadores para este análisis hace posible utilizar el SIG, con esta herramienta de trabajo y la metodología utilizada nos ayudó de cierta forma a la toma de decisiones en cuanto a la planificación de ordenamiento territorial, infraestructura básica o esencial (energía, transporte) y la construcción urbanística en sectores propensos a deslizamientos.

De acuerdo con la información que se disponga esta metodología puede verse alterada al evaluar la susceptibilidad a deslizamiento ya que los datos obtenidos deben ser llevados al SIG asignándoles valores de acuerdo a las características presentes de los factores para finalmente concluir con el resultado final.

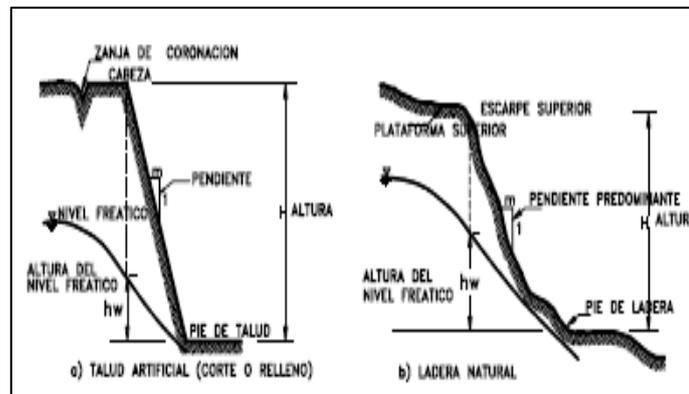
Esta metodología categoriza el sector que muestra cierto tipo de amenaza a deslizamiento permitiendo un análisis de los factores influyentes en la susceptibilidad, en un estudio geotécnico esta metodología no es la adecuada por lo que necesariamente deben ser realizados en campo y posteriormente ser llevados a un laboratorio para reducir y pronosticar la vulnerabilidad de un determinado sector. El método de Mora Vahrson, permitirá interrelacionar los factores de susceptibilidad, obtenidos, y el grado o nivel de amenaza, como producto de los factores de susceptibilidad presentes a lo largo de la Carretera Guaranda – San Simón.

2.3.0. Factores Condicionantes y Desencadenantes

Los factores condicionantes y desencadenantes son aquellos que contribuyen a originar inestabilidad de una ladera o talud formando deslizamientos generalmente están ligados directamente con la naturaleza aunque también tiene que ver mucho la actividad humana que pueden actuar en conjunto como individualmente que no es tan común.

Una ladera o también conocida como talud se define como una gran masa de tierra o roca que presenta una pendiente pronunciada, aunque en la literatura técnica se establece como ladera, cuando su estado actual se formó naturalmente y talud, cuando se formó artificialmente es decir trabajos antrópicos, estas con el pasar de los años pueden fallar de forma imprevista debido a factores que modificaran o influirán su estado natural (Suárez Díaz, 1998). Estos factores influyentes se clasifican en:

Gráfico 14: *Ladera natural y artificial*



Fuente: (Suárez Díaz, 1998)

Factores Condicionantes

La estabilidad de un talud está determinada por factores condicionantes o también llamados pasivos los cuales dependen en su totalidad de la propia naturaleza, estructura y forma del terreno (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño y Oteo, 2002). Son aquellos que generan una situación potencialmente inestable relacionada con la movilización de la masa de suelo sobre una

superficie debido a cambios en el estado de esfuerzos, a este grupo pertenecen la geomorfología, geología, geotecnia y vegetación que actuaran controlando la susceptibilidad de una zona a generar fenómenos de remoción en masa (Lara, M.; Sepúlveda, S. 2008, p. 8).

a) Factor Geológico-Litológico

El factor geológico-litológico, corresponde a la forma interna y externa de ver el suelo o roca sirviendo en gran parte el sostén de grandes extensiones, su formación y naturaleza de los materiales que lo componen, alteraciones o cambios que han experimentado desde su origen y ubicación en su estado actual, la misma que será considerado como factor influyente en mayor o menor grado a la generación de diversos eventos de remoción en masa.

El medio geológico está sufriendo continuas modificaciones debido a la presencia u ocurrencia de procesos afectando a suelos y rocas como al medio natural en conjunto estas van a reaccionar con un comportamiento diferente. Los suelos puede definirse como agregados naturales de granos minerales unidos por fuerzas de contacto normales, mientras, que una roca son agregados naturales duros y compactos de partículas minerales con fuertes uniones cohesivas permanentes, afectados por procesos geológicos y ambientales que dan lugar a su fracturación, alteración y meteorización (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño y Oteo, 2002).

Existen características que dependerán mucho en su comportamiento que otorgaran la estabilidad o inestabilidad, tales como el tipo de depósito y material, densidad, plasticidad, humedad, permeabilidad, rocas, estructura, alteración y meteorización (Lara, M.; Sepúlveda, S. 2008, p. 8). Cada formación geológica (suelo o roca) condicionara ciertas características diferentes en su comportamiento y por ende la susceptibilidad ante el deslizamiento.

Tipo de Depósito

Aluvi6n: es un material transportado por el agua en movimiento y depositados cuando la corriente del agua ha disminuido, compuestas de part6culas finas, gruesas o entremezcladas que pueden ser de origen fluvial o lacustre (r6os, lagos), son generalmente estratificados y la permeabilidad en la direcci6n horizontal es mayor que en la vertical, los suelos aluviales compuestos por arena tienen a ser suelos y los compuestos por arcilla tienen a ser blandos, debido a su poca cementaci6n son propensos a erosi6n y deslizamientos (Su6rez D6az, 1998).

Coluvi6n: es un tipo de material de suelo o fragmentos de roca que pueden ser sueltos o heterog6neos, depositados al pie de una ladera tras un corto recorrido producto de deslizamientos o desprendimientos pueden ser de fragmentos angulares y materiales finos, es muy frecuente por lo que son susceptibles a deslizamientos (Su6rez D6az, 1998)

Estos tipos de dep6sitos son los m6s comunes y por ende son m6s vulnerables a sufrir deslizamientos ya que son materiales permeables y por la acci6n del agua son movilizad6s y removilizad6s facilitando infiltraciones fuertes, produciendo la r6pida saturaci6n y escurrimiento de estos materiales.

Suelo Arcilloso

El suelo arcilloso en funci6n de su granulometr6a (tama6o de part6culas y composici6n qu6mica) est6n formados por part6culas tama6o gel con proporciones inferiores a los limos (0,002 mm), compuestos por minerales silicatados, constituidos por cadenas de elementos tetra6dricos y octa6dricos el ion silicio ocupa el centro de estas estructuras permitiendo entrar las mol6culas del agua entre estas cadenas, aumentando su volumen y recuperables cuando el agua se evapora permitiendo en gran capacidad la retenci6n del agua con peque6os huecos de gran superficie de absorci6n en las part6culas y una estructura que permite retener el agua (Gonz6lez de Vallejo, Ferrer, Ortu6o y Oteo, 2002).

Arcillas

Las arcillas son una de las partículas que conforman el suelo o roca formados químicamente por hidróxido de aluminio microcristalinos las cuales forman capas de silicatos, compuestas por partículas o capas estructurales, entre este tipo de arcillas que comúnmente podemos encontrar son las caolinitas, las illitas y montmorillonitas, el intercambio catiónico es una de sus propiedades de las arcillas controlan el comportamiento frente al agua y su inestabilidad, la arcilla puede convertirse en inestable si la capacidad del intercambio catiónico es mayor. Las montmorillonitas poseen la capacidad de absorber grandes cantidades de agua que influirán considerablemente en el comportamiento del suelo otras de las propiedades presente en la arcillas son la expansión contracción y plasticidad, el material presente entre más plástico sea su expansión es mayor y su resistencia al cortante en menor (Suárez Díaz, 1998).

Tabla 3: *Capacidad de intercambio catiónico de la arcilla*

Arcilla	Capacidad de intercambio catiónico en miliequivalentes por cien gramos
Caolinita	3-15
Aloisita-2H ₂ O	5-10
Aloisita-4H ₂ O	10-40
Illita	10-40
Montmorillonita	8-150

Fuente: (Suárez Díaz, 1998)

Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

Contenido de arcilla humedad y límite líquido

En un coluvión la cantidad de arcilla genera repercusiones en sus materiales haciéndoles que se comporten con una máxima cohesión y espesor a la vez que se presenten con una alta porosidad y permeabilidades bajas, en un coluvión con gran cantidad de arcilla al infiltrarse el agua absorbe incrementando su límite líquido conservando la humedad por algunos años facilitando que se produzcan flujos de lodo al encontrarse con un material

diferente por lo que las acillas se comportan distinto ante la presencia de agentes externos como la lluvia (Suárez Díaz, 1998).

Rocas metamórficas

Las rocas metamórficas son el resultado de las transformaciones químicas y físicas o metamorfismo en el interior de la corteza terrestre sometidas a cambios textuales y mineralógicos a consecuencia de la presión y temperatura. Entre sus características son alteradas siendo utilizadas en la ingeniería siendo utilizadas como materiales de construcción, en taludes naturales compuestas por rocas metamórficas sus características de comportamiento dependen de su fracturación y transformación en cuanto a su microestructura, textura y estructura. Entre estas rocas podemos mencionar la cuarcita, neiss, esquisto, serpentinita, pizarra, filita y el mármol, lo hacen susceptibles a la meteorización, la presencia de foliación y la esquistosidad (Suárez Díaz, 1998).

Tabla 4: Características de las rocas metamórficas

Textura	Roca	Características
Granular	Chert, Cuarcita	Grano fino con predominio de partículas de cuarzo.
	Mármol	Granos finos o gruesos, partículas de caliza o dolomita.
Bandeada	Neiss	Granos de minerales laminares elongados con bandeo composicional.
Foliada	Esquisto, Serpentinita Pizarra, Filita	Rocas foliadas finas con proporciones altas de filosilicatos.

Fuente: (Suárez Díaz, 1998)

Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

Estos tipos de materiales presentes en el suelo o roca son menos permeables ya que debido ya que están compuestos de grano fino, de consistencia densa o dura por lo general se le atribuye a las rocas ya que el escurrimiento del agua

superficial es rapido debido a su minima capacidad de infiltracion y a la poca rugosidad de sus estructuras.

Estratificación

La estructura de una masa corresponde a la estratificación que son productos de materiales que fueron depositados durante la formación de una piedra o roca es habitual encontrar en rocas sedimentarias residuos de arenisca formados de lutita (Suárez Díaz, 1998).

La permeabilidad es parte influyente en lo referente a la distribución de las aguas superficiales y subterráneas siendo parte involucrada de saturación del suelo un 100% de saturación generará una condición desfavorable para la ocurrencia de deslizamientos (Lara, M.; Sepúlveda, S. 2008, p. 9).

También la litología es parte de la geología que trata de las rocas o partículas mayores de un suelo el tamaño de las partículas y características químicas y físicas que influirá en la resistencia a la meteorización y alteración de la misma, dependiendo de su naturaleza se comportarán de una manera concreta ante agentes de erosión y transporte, empujes tectónicos, diferentes climas presentados.

Una de las características químicas de las rocas es la presencia de minerales secundarios tales como arcillas y clorita estos aceleran los procesos de meteorización los mismos que son producto de alteraciones hidrotermales, determinando la fácil incorporación de agua, pérdida de resistencia a degradarse y expansividad todos estos factores conllevan a sufrir inestabilidad (Jacoby, 2001. Citado por Lara, M.; Sepúlveda, S. 2008, p. 9).

En cuanto a las estructuras estas comprenden principalmente a la presencia de planos de estratificación, plegamientos o fisura, sets de diaclasas, grietas de tensión y fallas locales, los mismos que favorecerán a los procesos de deslizamientos viendo la necesidad de caracterizarlos en cuanto a su relleno, rugosidad y abertura. La orientación y condición de estas estructuras es muy

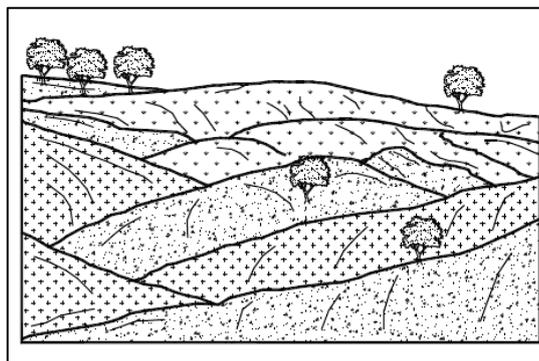
importante hallándose primeramente con estructuras poco rugosas o abiertas con rellenos de minerales blandos facilitando a conformar planos de debilidad en el macizo rocoso. En cuanto a la dirección también se podrán observar estas estructuras que se mantean en sentido opuesto a la ladera que se vuelan generando muchas veces condiciones inestables (Gonzales, 2002. Citado por Lara, M.; Sepúlveda, S. 2008, p. 9-10).

Dichas formas estructurales pueden presentarse de forma natural o por consecuencia de otros factores, a través de ellos se pueden observar macro estructuras en pendientes que pueden deslizarse de forma violenta o lenta (Abril, A. 2011, p. 25).

b) Factor Geomorfológico

Al hablar de la geomorfología se centra en el estudio de las formas del relieve o terreno enfocado a su génesis u origen y actual comportamiento, relacionados con la evolución del paisaje entre procesos constructivos y destructivos como resultado de un balance dinámico. Hay que tener en cuenta que los procesos pasados y actuales significaran mucho para predecir posteriormente fenómenos que van a ocurrir (Suárez Díaz, 1998).

Gráfico 15: *Geomorfología*



Fuente: (Suárez Díaz, 1998)

Para determinar los rasgos geomorfológicos del paisaje hay que tener en cuenta una serie de características de las laderas como la topografía, altura, extensión, pendientes y cambios fuertes de pendientes ya que al originarse movimientos

de remoción en masa todas estas características incidirán de acuerdo a su velocidad, volumen y energía modificando laderas de aparentemente estables a inestables (Popescu, 2002. Citado por Lara, M.; Sepúlveda, S. 2008, p. 9-10).

Pendiente

Como pendiente se define como el ángulo de declive del terreno e inclinación con respecto a la horizontal de una ladera o talud. Las pendientes mientras más pronunciadas se presenten, son muy susceptibles a la ocurrencia de inclinaciones generalmente aumentan las fuerzas que tratan de desestabilizar las laderas conllevando a la gran capacidad de energía, caídos, transporte de flujos de residuos disminuyen los factores de seguridad al deslizamiento ya que la curvatura de la superficie también se ve involucrada (Suárez Díaz, 1998).

En taludes de ángulos de declive $\geq 40^\circ$ se podrían darse desprendimientos a partir de rocas poco resistentes, meteorizadas y fracturadas como de suelos homogéneos siendo de material arenoso o arcillas no compactadas. (Keefer, 1984. Citado por Lara, M.; Sepúlveda, S. 2008, p.10).

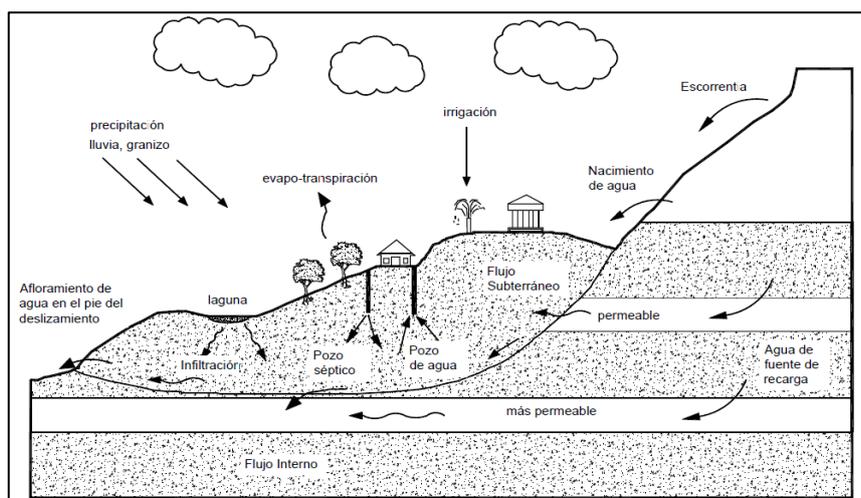
Entre los factores que condicionan la inestabilidad son la pendiente del terreno, el tipo de materiales, la actividad de los movimientos de ladera, los cambios de usos del suelo y las proximidades a fondos de barrancas y embalses. Según la función de la actividad de los movimientos observados en el campo son: a) activos.- que abarcan zonas con desprendimientos actuales, deslizamientos recientes y sectores de ladera grietas al pie de algunos deslizamientos; b) inactivos.- compuestos por todos los demás depósitos de deslizamientos, en su mayoría antiguos, y c) sin movimientos.- cuyas zonas no muestran señal alguna de movimientos ni pasados ni recientes (Ayala, F.; Corominas, J. 2003, p. 173 - 174).

La influencia del cambio en el terreno por uso de suelos se considera con menor riesgo a los que utilizan regadíos en terrazas artificiales, embalses y cultivos abandonados, lo contrario son de mayor riesgo (Ayala, F.; Corominas, J. 2003, p. 175).

c) Factor Hidrológico

El agua es un factor que se encuentra íntimamente relacionada con la influencia de inestabilidad de taludes encontrando a este elemento internamente (aguas subterráneas) y externamente (aguas superficiales, precipitaciones), actúa como un agente condicionante desestabilizador, la incorporación de agua en los suelos o macizos rocosos conllevan a la generación de deslizamientos de pequeñas, medianas y grandes magnitudes, generándose en periodos lluviosos o después de lluvias que por su infiltración saturan fuertemente el talud y la presión de los poros disminuirán su resistencia. La presencia de aguas subterráneas es un sistema positivo para generar inestabilidad así como la red de drenaje, posiciones y variaciones del nivel freático, caudales, escorrentía e infiltración (Suárez Díaz, 1998).

Grafico 2: *Hidrología (aguas internas y externas)*



Fuente: (Suárez Díaz, 1998).

La capacidad de almacenamiento y transmisión del agua está dada por 4 comportamientos de actuación del líquido estos son: la porosidad, coeficiente de almacenamiento, permeabilidad y transmisibilidad respecto del líquido del agua que puedan contener y transmitir (Gonzales de Vallejo, Ferrer, Ortuño. & Oteo, 2002).

La permeabilidad del agua dependerá mucho del tipo de material que contenga el suelo o roca, permitiéndole trasladar o acumular el agua como también en

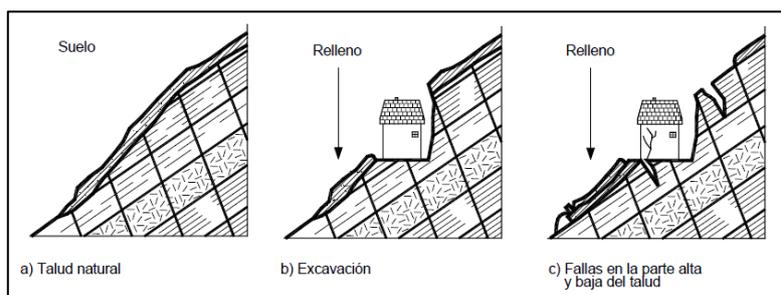
otros aspectos negarla, al igual que el tamaño de las partículas incrementara como disminuirá la penetración del líquido abriendo a su camino un espacio como consecuencia de la gravedad estos corresponden a 4 formaciones geológicas subterráneas permeables como son: acuíferos, acuitardos, acuicludos y acuífugos en donde sus capacidades para acumular y transmitir el agua tiene características propias (Gonzales de Vallejo, Ferrer, Ortuño. & Oteo, 2002).

Un acuífero es una formación geológica de un suelo o roca permeable localizado bajo la superficie donde se acumula y circula el agua subterránea, la parte más superficial del suelo se encuentra húmeda dependiendo del factor tiempo presenta una alta porosidad y acumulación de materia orgánica por lo que el movimiento del agua en el suelo está caracterizado por el almacenamiento, evaporación y transpiración, el suelo puede acumular una máxima cantidad de agua o reserva producto de las plantas dependiendo de la humedad del terreno si la humedad es mínima las plantas podrían vivir donde su profundidad radicular de las raíces es media y su consistencia es aparente, se puede nombrar zona de saturación la capa impermeable situada encima donde el agua rellena en su mayor parte los poros de las rocas (Gonzales de Vallejo, Ferrer, Ortuño. & Oteo, 2002).

d) Uso y Ocupación del suelo

Este factor está relacionado principalmente a las actividades humanas en conservación de la estabilidad de las laderas que han ido con el pasar del tiempo modificado o alterado artificialmente su firmeza con el único beneficio de satisfacer sus necesidades o tener intereses personales cuyo efecto ha sido como agente desestabilizador conllevando de forma decisiva a la activación de deslizamientos, una de las actividades de la muchas que lo involucran al hombre es el cortar la base de una ladera para abrir carreteras sin realizar sus respectivos controles por esta razón que comúnmente se dan deslizamiento en estas zonas, al igual de excavaciones para la colocación de red alcantarillado, en el diseño de construcción de viviendas y obras de infraestructura dejando vulnerables ante la presencia de fenómenos (Suárez Díaz, 1998).

Gráfico 17: Cortes y rellenos de la ladera



Fuente: (Suárez Díaz, 1998)

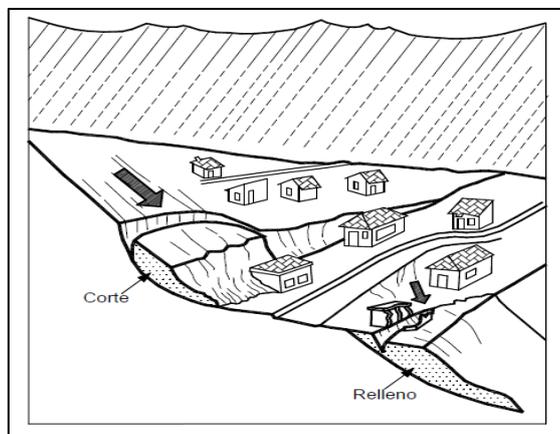
La vegetación también es un factor condicionante que contribuye a determinar la estabilidad de las laderas con respecto al clima, topografía y propiedades del suelo la misma que favorecerá a disminuir el efecto erosivo en los terrenos, la existencia de árboles permitirán la absorción de agua contribuyendo a minimizar el nivel de saturación del suelo al igual que sus raíces cumplen el papel de sostén de reforzamiento del suelo tejiéndose como una malla interna que fija y soporta la estructura del mismo para evitar su pérdida de nutrientes y componentes arcillosos (Selby, 1993. Citado por Lara, M.; Sepúlveda, S. 2008, p. 12).

La presencia de vegetación nativa en lugares susceptibles a deslizamientos puede favorecer o presentar resistencia a deslizamientos, rupturas o fisuras. Pero si esta es reforestada con especies que no cumplen dicha función podrían originar la presencia de deslizamientos. Por lo tanto es importa plantar cualquier especie vegetal para destinarle un objetivo específico en el área cultivada.

La ausencia de cobertura vegetal modifica drásticamente cambios del paisaje considerada como sostén de protección, el hombre para habitar en dicha área corta o abre el talud dejando a simple vista estratos de suelo o roca dejando descubierto en su totalidad a disposición del ambiente y humedad facilitando el proceso de meteorización sus materiales sufrirán cambios en su composición y por ende facilitara la inestabilidad sin medir las consecuencias. Al observar reforestación en una ladera o talud las probabilidades a sufrir deslizamientos es mucho mayor debido a la ausencia de sistemas de raíces y la pérdida de

resistencia por el daño, ya que la presencia de plantas incrementa en su mayor grado la estabilidad (Suárez Díaz, 1998).

Gráfico 18: *Modificación del paisaje*



Fuente: (Suárez Díaz, 1998).

Factores Desencadenantes

Los factores desencadenantes detonantes o activos son aquellos que activan de forma instantánea o progresiva los procesos de deslizamientos encontrándose expuestas las laderas ante la presencia de una serie de factores alterando su firmeza promoviendo un “aumento en los esfuerzos de corte... que actúan en una serie compleja de procesos que en ocasiones cubren con factores de deterioro” (Suárez Díaz, 1998).

Los factores desencadenantes se los ha considerado por su influencia externa a los fenómenos naturales y antrópicos, entre ellas las lluvias intensas que por el temporal, la intensidad de esta época invernal agravadas por las características del suelo; la erosión causada por las prácticas agrícolas tradicionales del sector en donde no se aplican medidas preventivas (cultivos en terrazas); el sobre pastoreo, deforestación y los sismos frecuentes han provocado los deslizamientos a lo largo de la vía.

Entre los más comunes correspondientes a estos factores se les atribuyen: las precipitaciones, sismicidad y actividad antrópica.

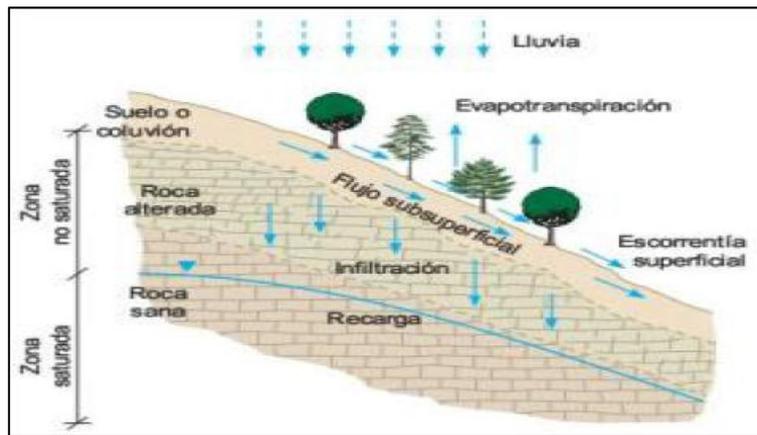
a) Precipitación

Se considera como precipitación a la suma o volumen de agua que desciende de la atmosfera y termina sobre una superficie en un periodo de tiempo determinado, esta al contacto directo con el material terreo prolongara una serie de procesos afectando la estabilidad de firmeza de la ladera o talud, la infiltración del agua dependerá de la resistencia de los materiales tipo de estructuras al igual que sus propiedades físicas y químicas mientras los materiales sean débiles mayor sea su capacidad a generar inestabilidad (Suárez Díaz, 1998).

Las laderas tienden a ser inestables por causas meteorológicas y climáticas, depende mucho de la respuesta del terreno frente a precipitaciones fuertes durante horas o días y la respuesta estacional por épocas lluviosas producidas durante semanas o meses, relacionado fundamentalmente con el volumen, intensidad y distribución de las precipitaciones que van de la mano con el régimen climático, la infiltración del agua lluvia depende de la intensidad y duración de las lluvias, características de la ladera y reserva de agua en el terreno produciendo flujos superficiales y subterráneas en las laderas, aumentando el volumen del agua en la zona donde no existe una máxima cantidad del agua y la elevación del nivel freático sobrecargando la zona saturada con máxima cantidad de agua (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño y Oteo, 2002).

La presencia de agua en el terreno alteran sus estados tensionales por el aumento de peso, procesos de erosión interna y externa, cambios mineralógicos todas estas condiciones conllevan a una constante modificación de la resistencia y propiedades de los materiales compuestos por los suelos (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño y Oteo, 2002).

Gráfico 19: *Infiltración de agua lluvia*



Fuente: (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño y Oteo, 2002)

De acuerdo al momento cuando se presenten así como la intensidad de los mismos puede actuar como agentes desestabilizadores, lo que importa es conocer sus características y el daño que provocan en la modificación del paisaje y de la población en general considerándoles vulnerables ante este proceso.

b) Sismicidad

La sismicidad está comúnmente involucrada como factor desencadenante que activa los procesos de deslizamientos en distintas laderas o taludes cuyas características geomorfológicas y geológicas facilitaran para poder predecir su estabilidad, las consecuentes aceleraciones sísmicas generan modificaciones del cambio del relieve producto de las lluvias o vientos sometiéndole a la ladera formada naturalmente o artificialmente a un régimen de esfuerzos que llegara el momento en el cual no resista y se produzca su colapso (Lara, M.; Sepúlveda, S. 2008, p. 16).

Existe un alto grado de sismicidad en las cadenas montañosas originadas por actividades volcánicas o procesos tectónicos que han ido modificando aspecto del paisaje del terreno y activando fenómenos que afectan su equilibrio, al suscitarse estos movimientos en el interior de la tierra liberan energía que se manifiesta en forma de ondas, al subir a la capa superficial de la corteza terrestre pasa por una serie de capas dentro de su interior presentando

conductas que consisten en: la magnitud y distancia donde se produjo en sismo relacionada con la velocidad de onda y características intrínsecas del material deformado.

Al presentarse un evento sísmico conlleva a la formación de avalanchas producto de deslizamientos cosísmicos, depende de la gran magnitud y poca profundidad del origen o nacimiento del sismo las características de las laderas vulnerables a deslizamientos y precipitaciones fuertes (Suárez Díaz, 1998).

Cuando se produce un sismo es necesario determinar la energía liberada mediante la utilización de dos escalas estas son:

Magnitud (Escala de Richter).- es la medida única cuantitativa que registra la energía liberada del tamaño del fenómeno durante el proceso de ruptura de falla brindando resultados independientemente del sitio de observación (Suárez Díaz, 1998).

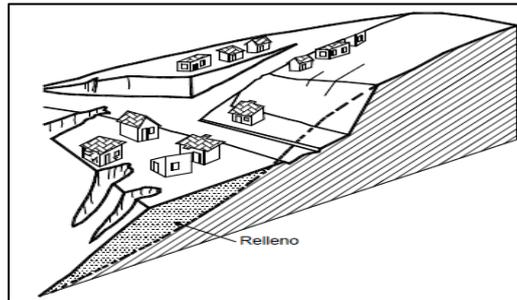
Intensidad (Escala de Mercalli).- es la medida relativa de un punto específico depende en cierta parte de la magnitud, profundidad, características del terreno y la distancia del epicentro. En sismos con magnitud de 6 o más aumenta en grado a la desestabilización del talud (Suárez Díaz, 1998).

2.3.1. Actividad Antrópica

Este factor desencadenante es el agente primordial en la generación de muchos eventos de remoción de masa. Las actividades humanas se han ido desarrollando a lo largo del tiempo, aproximadamente hace 2 millones el hombre ha formado parte activa alterando y modificando con su accionar el equilibrio natural de transformación geológica con la erosión, clima, alteración, resistencia, deformidad etc., las mismas que han formado parte de sus constantes modificaciones contribuyendo a la inestabilidad del terreno, muchas veces manteniendo el afán de satisfacer sus intereses personales (Gonzales de Vallejo, Ferrer, Otuño, & Oteo, 2002).

En 1995 en Kobe-Japón se produjeron deslizamientos a consecuencia de un terremoto en zonas urbanas donde fue evidente el mayor tamaño de afectación que los que se prolongaron en zonas donde no participo el hombre, el ser humano es acusando desde sus orígenes hasta en la actualidad como el agente transformador del paisaje y el efecto en taludes el agente desestabilizador.

Gráfico 20: *Construcción urbanística en ladera susceptible a deslizamientos*



Fuente: (Suárez Díaz, 1998)

A continuación se menciona algunos ejemplos de factores antrópicos y sus efectos por lo general e se refiere la ruptura, erosión y caída súbita de materia (Suárez Díaz, 1998).

a) Deforestación

La cobertura vegetal servirá de sostén para mantener el terreno estable ya que las raíces de los arboles cumplen el efecto estabilizar, la ausencia de la misma favorecerá a contribuir procesos de erosión y formación de cóncavas.

b) Cortes de taludes para construir carreteras mal diseñadas

El diseño empírico y poco estructurado por estudios técnicos, provoca que se corten taludes, fisuras en el terreno, construyan canales que sean del comienzo de fuertes vertientes de lluvia, etc., provocando daños inmediatos a la naturaleza.

c) Asentamiento humano en las laderas

La construcción anti técnica de sectores urbano marginales y urbanos inclusive, lleva en ciertos momentos de su edificación a deslizamientos de suelo con graves consecuencias para las personas, la ecología y naturaleza. Pese a estos riesgos la naturaleza es predecible y las zonas con más susceptibilidad sufren daños colaterales cuando las fuerza de ríos especialmente llevan en su correntada pedazos de montaña, carreteras, muros de contención, etc.

d) Rellenos mal diseñados

Como parte de la necesidad de las ciudades de crecer, se edifican estructuras poco técnicas, mal diseñadas y sobre rellenos sanitarios, tierra u otros materiales que con el paso del tiempo van degenerándose hasta que lo vuelven inestables.

e) Deficientes prácticas agrícolas y ganaderas

El desarrollo de la sociedad al igual que las necesidades alimenticias provoca que las extensiones de terrenos antes dedicadas a cultivos, se conviertan en áreas de pastoreo en donde los animales de casco van aflojando el terreno, rompiendo y matando la micro vegetación y volviéndolos propensos a erosión y escurrimiento.

2.3.2. Elementos Expuestos

A los elementos expuestos tanto en el contexto material y social se les atribuyen a las personas, infraestructura, recursos, producción, bienes y servicios por la presencia de un fenómeno pudiendo ser afectados de una forma u otra la vida de las comunidades, infraestructura y economía. Los elementos expuestos son estructuras presentes en una área determinada que dependiendo de las características del relieve estarán vulnerables estos pueden ser las personas, infraestructura, recursos económicos y sociales, servicios

ambientales y otros medios de subsistencia experimentando pérdidas potenciales.

Los elementos expuestos básicamente se refieren al ambiente social, material y ambiental en una zona representado por personas, recursos naturales servicios y ecosistemas los mismos que pueden verse afectados por la presencia inesperada de un fenómeno (SINAGERD, Perú). Se agrupan en cuatro categorías estos son:

- ✓ Poblaciones
- ✓ Infraestructura vital
- ✓ Infraestructura económica productiva
- ✓ Recursos bióticos (Bosques y pasturas naturales)

Los elementos expuestos se les atribuyen a las personas, bienes, propiedades, infraestructura, servicios, actividades económica se les considera vulnerables mediante la presencia de fenómenos o procesos geológicos, conllevando a sufrir consecuencias directas o indirectas en los mismos suscitándose en una determinada zona, el costo o valor de estos elementos se expresan mediante criterios como por el ejemplo el costo de construcción de edificios o reparación de los daños causados, con un valor agregado, además también se pueden considerar los costos derivados en caso de ser afectados la infraestructura de las vías así como los de servicios y actividades económicas (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño y Oteo, 2002).

Los elementos expuestos se le considera a la “población, los edificios y obras civiles, las actividades económicas, los servicios públicos las utilidades y la infraestructura expuesta en un área determinada” Según (UNDRO, 1979).

2.3. Marco Referencial

Características generales

San Simón es una de las ocho parroquias rurales del cantón Guaranda, provincia Bolívar; que se encuentra ubicada al sur este de la ciudad de Guaranda y al margen derecho del río Chimbo (Consejo Municipal Guaranda, 1998, p. 4).

Está limitado al norte: Comenzando en la loma Niño Rumí, al sur: De la "suma del cerro Yanacocha, la línea de cumbre hacia el sur oeste, que pasa por los cerros Pucasisa y Portachuela, origen este último de la quebrada Rumtchaca; la quebrada Rumichaca aguas abajo, al este: por la afluencia indicada, el curso del río Tililag aguas arriba hasta los nacientes de su formador oriental en el cerro Shuyorumi, y al oeste la confluencia indicada, el curso del río Chimbo (PDOT San Simón, 2015, p. 13).

Reseña histórica y fundación da la Parroquia

En 1843 el señor Mariano Espinosa (sacerdote) de la parroquia entrego como donación sus tierras a favor de la Comuna indígena "Shacundo". Siendo presidente de la Comuna el Sr. Lorenzo Lema entregó el terreno para el centro poblado de Yacoto. No existía cabecera parroquial hasta cuando el Gobernador Dr. Ángel Polibio Chávez obtuvo de los comuneros el terreno para la iglesia, plaza, locales escolares y cárcel, por escritura pública. Según datos del archivo se constata que la institución de la tenencia política existió desde el 5 de marzo de 1901, fecha en que se eligió la primera junta parroquial Dr. Ángel Polibio Chávez visita esta parroquia y se da cuenta que nada o poco había adelantado. Solo encontró construida la iglesia y por eso procedió nuevamente a la apertura de caites y plaza. El desarrollo histórico de la parroquia San Simón, han llevado adelante la Administración Política por las y los Tenientes Políticos. (PDOT San Simón, 2015, p. 14).

2.4. Marco Legal

Este proyecto de investigación se sustenta en:

Constitución de la República del Ecuador 2008

En este artículo menciona que, Ecuador con respecto a otros países es uno de los pocos que tiene establecido la gestión de riesgo de desastres dentro de la Constitución, la misma que realizará actividades de gestión transversal y a todo nivel, donde se establecen pautas a la legislación del tema, como la necesidad de tener un ente rector en este caso la secretaria nacional de gestión de riesgos, con el objetivo de minimizar la vulnerabilidad mediante la prevención y mitigación de los eventos adversos. A continuación se establece el siguiente artículo:

Art. 389.-El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad. El sistema nacional descentralizado de gestión de riesgo está compuesto por las unidades de gestión de riesgo de todas las instituciones públicas y privadas en los ámbitos local, regional y nacional. El Estado ejercerá la rectoría a través del organismo técnico establecido en la ley. Tendrá como funciones principales, entre otras:

1. Identificar los riesgos existentes y potenciales, internos y externos que afecten al territorio ecuatoriano.
2. Generar, democratizar el acceso y difundir información suficiente y oportuna para gestionar adecuadamente el riesgo.

3. Asegurar que todas las instituciones públicas y privadas incorporen obligatoriamente, y en forma transversal, la gestión de riesgo en su planificación y gestión.

4. Fortalecer en la ciudadanía y en las entidades públicas y privadas capacidades para identificar los riesgos inherentes a sus respectivos ámbitos de acción, informar sobre ellos, e incorporar acciones tendientes a reducirlos.

5. Articular las instituciones para que coordinen acciones a fin de prevenir y mitigar los riesgos, así como para enfrentarlos, recuperar y mejorar las condiciones anteriores a la ocurrencia de una emergencia o desastre.

6. Realizar y coordinar las acciones necesarias para reducir vulnerabilidades y prevenir, mitigar, atender y recuperar eventuales efectos negativos derivados de desastres o emergencias en el territorio nacional.

7. Garantizar financiamiento suficiente y oportuno para el funcionamiento del Sistema, y coordinar la cooperación internacional dirigida a la gestión de riesgo.

Dada la influencia de eventos catastróficos de origen natural y antrópico en el país, surge la necesidad de establecer el Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgo los mismos que actuarán dentro de su campo geográfico atribuyéndoles responsabilidad directa a lo que llamaremos Gobiernos Autónomos Descentralizados.

Art. 390.- Los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implicará la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico. Cuando sus capacidades para la gestión del riesgo sean insuficientes, las instancias de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera brindarán el apoyo necesario con respeto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos de su responsabilidad. (Asamblea Constituyente. 2008, p. 120)

Ley de Seguridad Pública y del Estado

Capítulo III: Art. 11: De los Órganos Ejecutores

En este artículo señala que la gestión del riesgo incluye la preparación, mitigación y reducción de amenazas y vulnerabilidades por lo que la gestión de riesgo va más allá ante la preparación de respuesta a lo que le atribuye responder en caso de que se presente eventos adversos siendo los principales actores los gobiernos locales conjuntamente con la Secretaría de Gestión de Riesgo.

d) De la gestión de riesgos.- La prevención y las medidas para contrarrestar, reducir y mitigar los riesgos de origen natural y antrópico o para reducir la vulnerabilidad, corresponden a las entidades públicas y privadas, nacionales, regionales y locales. La rectoría la ejercerá el Estado a través de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos.

Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomías y Descentralización (COOTAD)

En este artículo pone énfasis las competencias para el respectivo ejercicio de la gestión de riesgo a los cuales se les atribuirá a los Gobiernos Autónomos Descentralizados con todo lo referente en lo que se trata de prevención, mitigación así como las acciones posteriores en lo que se trata de reconstrucción esto se da especial énfasis en territorio cantonal por lo que deberían actuar con mayor responsabilidad los municipios y juntas parroquiales. Además para la capacidad de respuesta es necesario contar con personal especializado debidamente capacitados que conforme el sistema de respuesta y equipos de emergencia dentro de su ámbito de competencia.

Con respecto, a la constitución hace primordial contar con una Unidad de Gestión de riesgo que actúe como ente técnico de definan ordenanzas en temas de gestión de riesgo, de manea que se evite la construcción de viviendas en zonas vulnerables y evitar inversamente como se ha realizado y realiza en

nuestro país, por lo que hace necesario contar con 2 elementos importantes como la implementación de sistemas de alerta temprana así como el monitoreo de las amenazas existentes en la zona.

Art. 140.- La gestión de riesgos que incluye las acciones de prevención, reacción, mitigación, reconstrucción y transferencia, para enfrentar todas las amenazas de origen natural o antrópico que afecten al cantón se gestionarán de manera concurrente y de forma articulada con las políticas y los planes emitidos por el organismo nacional responsable, de acuerdo con la Constitución y la ley. Los gobiernos autónomos descentralizados municipales adoptarán obligatoriamente normas técnicas para la prevención y gestión de riesgos sísmicos con el propósito de proteger las personas, colectividades y la naturaleza.

La gestión de los servicios de prevención, protección, socorro y extinción de incendios, que de acuerdo con la constitución corresponde a los gobiernos autónomos descentralizados municipales, se ejercerá con sujeción a la ley que regule la materia. Para tal efecto, los cuerpos de bomberos del país serán considerados como entidades adscritas a los gobiernos autónomos descentralizados municipales, quienes funcionarán con autonomía administrativa y financiera, presupuestaria y operativa, observando la ley especial y normativas vigentes a las que estarán sujetos.

Constitución de la República del Ecuador 2008

Capítulo IV: Régimen de Competencias

En el artículo 264 se refiere a las competencias exclusivamente de los gobiernos municipales sobre el mejoramiento de la vialidad y servicios públicos.

Art. 264.- Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley:

3. Planificar, construir y mantener la vialidad urbana.

4. Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley (Constitución del Ecuador 2008).

2.5. Definición de Términos (Glosario)

Amenaza: La amenaza es la probabilidad de que ocurra un fenómeno potencialmente de causar una consecuencia indeseable en un tiempo determinado. Las condiciones para la amenaza a deslizamientos pueden ser naturales, socio-natural o antrópicas (Escobar & Duque, 2016).

Amenaza natural: Su origen es propia de la naturaleza no intervienen los seres humanos. Estas amenazan según su origen se clasifican en Geológicas o Hidrometeorológicas (Naranjo, 2012).

Amenaza Socio-natural: Son fenómenos de la naturaleza en cuya fuerza interviene la acción humana, los deslizamientos por la tala de árboles (Naranjo, 2012).

Amenaza Antrópico: Son actividades generadas por el ser humano como: excavaciones o cortes (Escobar & Duque, 2016).

Avalanchas: Las avalanchas son movimientos complejos muy rápido, que se despenden por lo elevado de las pendientes y pueden ser acompañadas de nieve y hielo, también las avalanchas de derrubios es de material rocoso puede ser generado por erupciones volcánicas y sismicidad (Abril, A. 2011).

Bloques: La caída de los bloques puede ser de grandes tamaños bajan rodando o saltándola cual producen el deterioro del talud (Naranjo, 2012).

Cunetas de desfogue: Las cunetas tiene como función conducir el agua lluvia o de vertientes hacia las alcantarillas (Gonzales, 2002).

Curvas nivel: Las curvas de nivel representan la superficie del terreno mediante intervalos de altura, son líneas que marcadas con trayectoria horizontal del plano de referencia (Abril, A. 2011).

Densidad: La densidad del suelo es la cantidad de materia orgánica y partículas de los minerales, esta densidad del suelo se utiliza para la medida de la estructura del suelo (Lara, M.; Sepúlveda, S. 2008).

Deslizamiento: Es un tipo de movimiento de masa de tierra, provocado por la inestabilidad de un talud. Se produce cuando una gran masa de terreno se convierte en zona inestable y desliza con respecto a una zona estable (Gonzales, 2002).

Derrumbes: Son movimientos de masa de tierra fina de arenas, limos y arcilla son más propensas a generarse en laderas no consolidadas o en morrenas glaciales y donde no existe cobertura vegetal (Lara, M.; Sepúlveda, S. 2008).

Deterioro: Es la necesidad de mantenimiento de las obras ya que con el tiempo las construcciones se van deteriorando, así comienza la alteración en los materiales químicos y físicos y su subsecuente desprendimiento (Suárez Díaz, 1998).

Diaclasa: Es la fractura que surge en una roca causada por los esfuerzos tectónicos, más conocido como sistema de diaclasas este sistema ayuda a la erosión (Lara, M.; Sepúlveda, S. 2008).

Erosión: Son acciones generadas por los desprendimientos, transporte de partículas o pequeñas masas de suelo o roca (Suárez Díaz, 1998).

Escorrentía: Se denomina escorrentía a la corriente de agua que se desborda el cauce natural o artificial (Suárez Díaz, 1998).

Epicentro: Se denomina epicentro al punto en la superficie terrestre donde está situado el foco o hipocentro de un movimiento sísmico (Gonzales, 2002).

Época invernal: Se la conoce como el invierno se caracteriza por noches más largas días más cortos y temperaturas más bajas de todo el año (Gonzales, 2002).

Factor condicionante: Los factores condicionantes o pasivos dependen de la naturaleza y la forma del terreno (Suárez Díaz, 1998).

Factor detonante: Los factores detonantes o activos depende de los factores externos que provocan la inestabilidad (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño y Oteo, 2002).

Fisuras: Las fisuras son los rompimientos de las rocas, se pueden generar por fuerzas tectónicas o la formación de las rocas (Gonzales, 2002).

Flujos: Los flujos son movimientos de masa de tierra de bloques pequeños se desliza sobre la superficie terrestre generalmente se don en suelos muy sensitivos o no consolidados, estos puede ser lentos o rápidos (Suárez Díaz, 1998).

Geología: Es la ciencia de la ingeniería del medio ambiente y se dedica a la solución de los problemas de la interacción entre el medio geológico y actividades humanas, también es un factor condicionante que se toma en cuenta en los riesgos geológicos (Suárez Díaz, 1998).

Geomorfología: Estudia las formas o relieves del terreno y su formación que puede haber sido por fuerzas endógenas o tectónicas, también estudia la corteza de la tierra y las influencias de los seres humanos (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño y Oteo, 2002).

Geodinámicas: La Geodinámica es parte de la ciencia de la tierra que se dedica al estudio de las fuerzas o agentes que intervienen en los procesos dinámicos (Suárez Díaz, 1998).

Hidrología: Es la ciencia que dedica al estudio del agua su distribución y disponibilidad en la tierra, pues la hidrología es fundamental para el estudio de los recursos hídricos (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño y Oteo, 2002).

Humedad: Es un factor climatológico que contiene la atmosfera el vapor de agua, permite la formación de nubes y así ayudan a la humedad del ambiente (Gonzales, 2002).

Hundimiento: Los hundimientos de tierra son movimientos de la superficie terrestre se dan en lugares de muy bajas pendiente, los hundimientos pueden ser lentos o rápidos según la inestabilidad del lugar (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño y Oteo, 2002).

Litología: Es la ciencia que estudia a las rocas, su tamaño y sus características físicas y químicas igualmente su textura, composición y la mineralógica (Suárez Díaz, 1998).

Mitigación: Se define mitigación a la disminución de los daños y pérdidas de los elementos expuestos mediante la reducción de la vulnerabilidad (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño y Oteo, 2002).

Pendiente: La pendiente en un desnivel del terreno con una inclinación de 45° con respecto al horizontal de una vertiente aunque variable de la roca (Suárez Díaz, 1998).

Precipitación: Es parte fundamental del ciclo hidrológico que cae de la atmosfera en forma de lluvia, nieve y granizo a la corteza terrestre y favorece a la vida del planeta (Suárez Díaz, 1998).

Relieve: Es el objetivo de la geomorfología que determina las formas de la corteza terrestre pues los cambios de los relieves con lentos y son visible en varios años (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño y Oteo, 2002).

Riesgo: El riesgo es la probabilidad de la amenaza que puede tener efectos adversos a la salud, vida y al ambiente (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño y Oteo, 2002).

Sismicidad: La sismicidad se define al estudio de los sismos que ocurren en lugares de alta o baja sismicidad (Suárez Díaz, 1998).

Susceptibilidad: La susceptibilidad generalmente, expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño y Oteo, 2002).

Suelo: Es la capa superficial de la tierra donde habitan organismos y crece la vegetación ya que es vital para el desarrollo de la vida, el suelo está formado por cambios de temperatura, la descomposición de rocas y la humedad (Lara, M.; Sepúlveda, S. 2008).

Topografía: Es la representación en un plano los detalles del paisajes de zonas determinadas al estudio del relieve (Suárez Díaz, 1998).

Vegetación: La vegetación abarca la cobertura de plantas que están sobre la superficie de los suelos (Suárez Díaz, 1998).

Vertiente: Se denomina vertiente al lugar donde declive o corre el agua, puede tener distintas formas como: la erosión, desnivel y la vegetación (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño y Oteo, 2002).

Vulnerabilidad: El grado de pérdida de un elemento dado o de un conjunto de elementos dentro del área que como consecuencia de un fenómeno de intensidad determinada (Lara, M.; Sepúlveda, S. 2008).

2.6. Sistemas de Variables

Variable Independiente: Factores de Susceptibilidad

Tabla 5: Variable Independiente (Factores de susceptibilidad)

Variable	Concepto	Dimensión	Indicadores	Escala Cualitativa	Escala Cuantitativa	Instrumentos
Variable Independiente: Factores de susceptibilidad	Los factores condicionantes y desencadenantes son aquellos que contribuyen a originar inestabilidad de una ladera o talud formando deslizamientos generalmente están ligados directamente con la naturaleza aunque también tiene que ver mucho la actividad humana que pueden actuar en conjunto como individualmente que no es tan común.	Condicionantes	Litología	Arenas, limos, arcillas y conglomerados	5	Visitas de campo Análisis de suelo Ortofoto y Curvas de Nivel
				Limos, arcillas, arenas, gravas y bloques	5	
				Tobas andesíticas de grano fino	3	
			Uso de Suelo	Área urbana	1	
				Bosque intervenido	1	
				Cuerpos de agua	1	
				Cultivos de maíz suave	5	
				Suelo desnudo	5	
				Vegetación arbustiva	3	
				Vegetación herbácea	3	
			Pastos	3		
Geom	Abrupto de superficie horizontal	5				

			Morfología	Coluvio-aluvial antiguo	5	Visitas de campo Estación meteorológica Sismicidad del Ecuador	
				Relieve volcánico colinado alto	5		
				Relieves escalonados	5		
				Superficie inclinada	3		
				Valle fluvial, llanura de inundación	3		
				Vertiente rectilínea	3		
				Pendiente	0-15		1
			15-30		2		
			30-50		3		
			50-70		4		
			> 70		5		
			Desencadenantes	Precipitación	<200mm		1
					201-300mm		3
					>301mm		5
				Sismicidad	I-V (Escala MSK)		1
VI-VII (Escala MSK)	2						
>VIII (Escala MSK)	5						

Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

Variable Dependiente: Nivel de susceptibilidad

Tabla 6: *Variable Dependiente (Nivel de susceptibilidad)*

Variable	Concepto	Dimensión	Indicadores	Escala	Instrumentos
Variable Dependiente: Nivel de susceptibilidad	Factor interno de riesgo corresponde al grado de exposición a sufrir algún daño por la manifestación de una amenaza específica, ya sea de origen natural o antrópico, debido a su disposición intrínseca de ser dañado. Tienen un carácter multidimensional, el cual se expresa a través de diversas dimensiones: físico, cultural, social, ambiental, económico, político e institucional.	Rangos de niveles	Alta	>60	Observación de campo Ortofoto ArcGis
			Media	(30-60)	
			Baja	(1-30)	

Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

Variable Interviniente: Elementos expuestos (Red vial e infraestructura de edificaciones)

Tabla 7: *Variable Interviniente: Elementos expuestos (Red vial e infraestructura de edificaciones)*

Variable	Concepto	Dimensión	Indicadores	Escala
Variable Interviniente: Elementos expuestos (Red vial e infraestructura de edificaciones)	Los elementos expuestos tanto en el contexto material y social se les atribuyen a las personas, infraestructura, recursos, producción, bienes y servicios por la presencia de un fenómeno pudiendo ser afectados de una forma u otra la vida de las comunidades, infraestructura y economía.	Red vial	Alta	Longitud en kilómetros por nivel de exposición
			Media	
			Baja	
		Edificaciones	Alta	Número de casas por nivel de exposición
			Media	
			Baja	

Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

CAPÍTULO III

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Nivel de Investigación

En el presente trabajo investigativo, se fundamenta en la investigación Descriptiva basando en la metodología de Mora-Vahrson, misma que define los factores que condicionan y desencadenan los movimientos de masa, la cual puede presentar valores cualitativos y cuantitativos que influyen en el análisis de los factores de susceptibilidad ante deslizamientos.

La metodología de Mora-Vahrson es de gran ayuda para este trabajo de investigación, ya que se puede utilizar en diferentes zonas y escalas, la información obtenida de los valores cualitativos y cuantitativos de los factores condicionantes y detonantes determinan el nivel de susceptibilidad en la zona de estudio, mediante pesos de ponderación e indicadores de valores y así se pudo categorizar la susceptibilidad.

3.2. Diseño

El diseño de la presente investigación se basa en el método Analítico, Descriptivo, De Campo y Transversal.

Analítica y Descriptiva. Se analizó y se describió los factores de susceptibilidad que condicionan y desencadenan un deslizamiento. Los factores que condicionan son (geológico-litológico, geomorfológico, pendiente, hidrológico y ocupación del suelo), los que factores que desencadenan son sismicidad y precipitación, así como los elementos expuestos tales como: infraestructura de edificaciones y red vial en el área de estudio.

De Campo. Se realizó la ejecución del trabajo de campo mediante la utilización de una muestra de tierra directamente extraída en donde ocurrió más grande

deslizamiento de la zona de estudio, y así llegar a la obtención de información y datos necesarios. Se hizo trabajo de comprobación de cartografía principalmente para el mapa de uso de suelo. Se identificaron los elementos expuestos, se visitaron las zonas donde se recomiendan las medidas estructurales y no estructurales

Transversal. Este tipo investigación se utilizó con la finalidad de determinar información recolectada y sistematiza en los últimos años.

3.3. Población y muestra

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación de la carretera Guaranda- San Simón, se determinó que la distancia a cada lado del eje de la vía sea de 250 metros, porque abarca pendientes pronunciadas y elementos expuestos lo que combinado con la longitud de la misma, nos dé un área de trabajo de 3,93 km². En el Anexo 1 se representa el área de estudio.

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Para el presente trabajo investigativo, se recolectó e información disponible de instituciones como: GAD municipal de Guaranda, donde nos dieron información de los Shp de usos de suelo, en el GAD parroquial de San Simón, nos brindaron información de la vía Guaranda-San Simón, la estación meteorológica de Laguacoto se obtuvieron los datos meteorológicos de las precipitaciones de los meses de Marzo a Junio, también el laboratorio de Facultad de Ciencia Agropecuarias se realizó el análisis de suelo, artículos relacionados al tema de estudio y entrevistas a la población objetiva con la finalidad de obtener información previa a la zona estudiada. A continuación detallaremos.

Técnicas:

Observación Directa

Una de las técnicas aplicadas para el análisis del presente trabajo investigativo fue la observación directa la cual nos permitió ver la realidad del sector y así entender las causas porque se da el problema de los deslizamientos y como incide esto en los elementos expuestos, este proceso nos ayudó a nosotros como investigadores a involucrarnos directamente con la población.

Entrevista:

Otra de las técnicas aplicadas para obtener información de la población fue la aplicación de entrevistas al GAD parroquial de San Simón, cooperativas de transporte del sector, esta información nos ayudó al análisis de los factores de susceptibilidad ante deslizamientos y los elementos expuestos en toda la zona de estudio.

Instrumento

Experimento:

Uno de los instrumentos utilizados para el presente proyecto de investigación fue la realización de un análisis de suelo que consistió en determinar el tipo de suelo, porcentaje de humedad, densidad, grado de acidez (PH) y materia orgánica el mismo que fue extraído de la zona más influyente de un deslizamiento reciente producto de la época invernal anualmente lluvia de la vía Guaranda-San Simón. A continuación detallaremos como se realizó el respectivo análisis desde su toma de muestra.

Realizamos una perforación de aproximadamente 15 cm de profundidad y tomamos una muestra de suelo el mismo que al día siguiente luego de estar seco se lo llevó a analizar para determinar la densidad, grado de acidez, materia orgánica y humedad.

La muestra de suelo seco consistió en colocar sobre un papel de despacho esparciéndole suavemente que llegue a cubrir todo el espacio y dejándolo a medio ambiente con una duración de aproximadamente 24 horas. Mientras que la muestra de suelo húmedo no fue sometida a ningún procedimiento permaneció en el recipiente que fue colocada, pasadas las horas y con las respectivas muestras acudimos al laboratorio general de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Estatal de Bolívar con la asesoría del Lcdo. Fabián Montes llegamos a determinar lo siguiente:

Tipo de suelo

Se llegó a determinar que el suelo de esa área influyente es de tipo arcilloso ya que posee gran cantidad de arcilla de textura pesada, pegajosa y consistencia plástica de color marrón oscuro. Este procedimiento consistió en tomar una pequeña porción de suelo seco ya tamizado y se llegó a humedecer con agua hasta obtener una especie de masa flotándole suavemente con el dedo pulgar e índice.

Densidad

Llegamos a determinar que el suelo posee mayor cantidad de masa en comparación con su volumen ya que posee un importante nivel de minerales lo que se demuestra que existen elementos pesados pero pequeños y elementos livianos pero muy grandes. Para este procedimiento utilizamos una probeta de 25 ml, la misma pesamos en la balanza teniendo un peso de 46,5 gr. luego procedimos a introducir la muestra de suelo seco tamizado en la probeta pesada compactando poco a poco hasta llegar al excedente de 25 ml para posteriormente ser pesados en la balanza teniendo un valor de 67,9 ml.

Fórmula:

$$D = \frac{M}{V}$$

$$D = \frac{\text{Peso del suelo seco} - \text{Peso de la probeta}}{\text{Probeta con el exedente}}$$

$$D = \frac{67,9 \text{ ml} - 46,5 \text{ gr}}{25 \text{ ml}}$$

$$D = \frac{67,9 \text{ ml} - 46,5 \text{ gr}}{25 \text{ ml}}$$

$$D = \frac{21,4 \text{ gr}}{25}$$

$$D = 0,856 \text{ gr}$$

Fotografía 1: *Peso del suelo seco para determinar su densidad*



Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

Grado de acidez (PH)

En cuanto a la acidez del suelo determinamos un valor 5,6 que corresponde según la escala de valores a un grado de acidez moderado. Para este análisis procedimos a pesar 10 gr de muestra seca y colocamos en un vaso de precipitación añadimos 50 ml de agua destilada a continuación agitamos con el

agitador de vidrio de 1 a 3 minutos luego la preparación dejamos en reposo de aproximadamente 30 minutos en un sitio de preferencia madera. Pasado los 30 minutos de reposo utilizamos un instrumento llamado potenciómetro o pH-metro, introducimos en la mezcla y medimos de forma precisa.

Fotografía 2: *Grado de acidez del suelo*



Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

Porcentaje de humedad

Se llegó a determinar que el suelo está húmedo debido a las altas precipitaciones sufridas por la época invernal del presente año sumado al tipo de suelo que posee esta área los mismos que son poco permeables y suelos generan que el suelo reciba humedad y saturación. Para este procedimiento pesamos un crisol vacío en la balanza con un valor de 49,6 luego colocamos en el crisol vacío la muestra de suelo húmedo y pesamos con un valor de 91,5 gr.

A continuación llevamos a la estufa la muestra de suelo húmedo ya pesado y dejamos en un lapso de duración de 24 horas una temperatura de 105 ° C.

Pasada las 24 horas de espera procedimos a sacar y nuevamente pesamos teniendo un valor de 77,1 gr.

Suelo húmedo (45,5 gr) - Crisol vacío (49,6 gr) = 95,1 gr

Suelo seco (27,5 gr) - Crisol vacío (49,6 gr) = 77,1 gr

Fórmula:

$$\% H = \frac{\text{Peso crisol muestra húmeda} - \text{Peso crisol muestra seca}}{\text{Peso crisol muestra seca} - \text{Peso crisol vacío}} * 100$$

$$\% H = \frac{95,1 \text{ gr} - 77,1 \text{ gr}}{77,1 \text{ gr} - 49,6 \text{ gr}} * 100$$

$$\% H = \frac{18}{27,5} * 100$$

$$\% H = 65,45$$

Fotografía 3: *Peso de la muestra seca para determinar el % de humedad*



Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

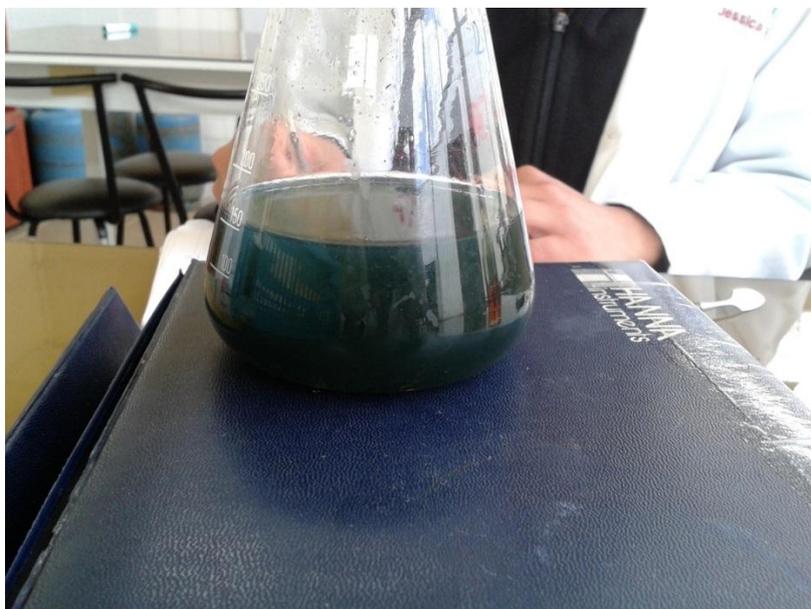
Materia orgánica

Determinamos que este tipo de suelo es pobre en materia orgánica ya que no posee los nutrientes necesarios para realizar cualquier tipo de cultivo. Para lo cual colocamos 1 gr de muestra seca en un recipiente adicionamos 10 ml de dicromato de potasio agitamos por 1 minuto, luego con una probeta añadimos 10 ml de ácido sulfúrico concentrado y agitamos.

En el momento pudimos observar que se produjo una reacción isotérmica ya que la parte baja del erlenmeyer¹ estaba caliente posteriormente dejamos en reposo de aproximadamente 30 minutos en un sitio que sea madera.

Después del transcurso de 30 minutos adicionamos a la mezcla 100 ml de agua destilada, agitamos añadiéndole 10 ml de ácido sulfúrico que nos dio una coloración de azul violeta en el instante a una coloración verde agua y el volumen de la sal de Morh ha consumido un 20,9 lo que indica que existe escases de nutrientes.

Fotografía 4: Coloración de la materia orgánica



Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

¹ Erlenmeyer: recipiente de vidrio de forma de cono y base plana, ideal para agitar soluciones, utilizado ampliamente en laboratorios para hacer reaccionar sustancias que necesitan calentamiento o conservar líquidos por mucho tiempo que no se encuentran afectados directamente con la luz solar.

3.5. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos, para cada uno de los objetivos específicos

Para cumplir los objetivos planteados utilizamos el Sistema de Información Geográfica (SIG), con la información obtenida será analizada y procesada en el software de ArcGis para la elaboración del mapa de susceptibilidad a deslizamientos e identificación de los elementos expuestos en el área de estudio.

Este Sistema de Información Geográfica (ArcGis) nos ayudó a organizar, almacenar y manipular la información cartográfica con el fin de elaborar mapas que represente la situación de la zona de estudio, además en cuanto al análisis de información de cada factor se dio valores cuantitativos y cualitativos para luego interpolar los resultados y así obtener los niveles de susceptibilidad.

También para el análisis de suelo se realizó mediante instrumentos facilitados por el Laboratorio de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, con la finalidad de obtener resultados que nos ayuden a identificar según los resultados de la densidad nos da que son suelos de origen volcánicos como lo indica en el factor condicionante geomorfológico en cambio al porcentaje de humedad es un suelo húmedo, el grado de acidez corresponde a un suelo moderado y la materia orgánica indica que es un suelo pobre no apto para cultivos.

3.6. Metodología según el objetivo 1

Caracterizar los factores de susceptibilidad que intervienen en la formación de deslizamientos.

Para caracterizar cada uno de los factores de susceptibilidad que intervienen en la formación de deslizamientos y obtener el mapa de susceptibilidad final se utilizó la metodología de Mora-Vahrson con la cual se aplica las siguientes fórmulas con los siguientes factores:

Factores Condicionantes:

✓ *Litológico:*

Para este factor litológico se determinó mediante visitas de campo e información cartográfica formato shp disponible, ya que dicho factor es considerado un agente muy importante para la identificación de deslizamientos y se debe describir la composición del suelo, según las tablas de valoración de la Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos. A continuación detallamos cada uno de la composición litológica.

Tabla 8: *Valoración según la composición litológica*

Descripción	Peso
Abanico Aluvial	5
Andesita Anfibolica, Riodacita	1
Bandesita, Brecha, Aglomerado	3
Andesita, Piroxenica, Piroclastos	3
Andesitas, Piroxenicas, Basalto	1
Andesitas, Piroxenicas, Basalto-Brecha Lahar	3
Arcilla Roja, Arenisca Fina	5
Arcillas	5
Arcillas, Abigarradas, Lutitas	5
Arcillas Abigarradas, Areniscas Arcillosas	5
Arcillas, Limolitas, Areniscas	5
Arcillas, Lutitas, Tobaceas, Yeso	5
Arcillas LutitasTobaceas, Yeso,Areniscas Finas	5
Arcillolita Roja, Limonita, Arenisca	5
Arcillolita, Roja, Limolita, Arenisacas	5
Arcillolitas, Limolitas, Areniscas, Conglomerados	5
Arenas de Erocion Glaciar	5
Arenisca, Arcilla Roja	5
Arenisca, AreniscaConglomeratica, Conglomerado	4
Arenisaca Caliza, Lutita	1

Arenisca Conglomerado De Cuarzo, Arcilla Roja	3
Areniscas	1
Areniscas Conglomeraticas, Lutitas, Conglomerados	4
Areniscas Cuarzosas De Grano Fino Amedio	1
Arenisacas Cuarzosas De Grano Fino Amedio, Lutitas	1
Areniscas Fina, Conglomerados, Arcillas, Lignitas	3
Areniscas Tobaceas, Areniscas Conglomeraticas, Conglomerados	4
Areniscas Conglomerados, Horizontes de Guijarros De Arcillas, Arcillas Bentoniticas, Areniscas Toba	4
Areniscas Conglomerados, Horizontes de Guijarros De Arcillas, Arcillas Bentoniticas, Areniscas Toba, Lutita	4
Areniscas, Lignitas	1
Brechas, Tobas Adesiticas, Riolitas	3
Brechas, Tobas Metamorfizadas	4
Caliza, Lutita, Areniscas	1
Calizas, Lutitas Negras, Areniscas Calcareas	1
Calizas, Lutitas Negras, Areniscas	1
Ceniza, Lapilli	5
Cenizas Volcánicas	5
Conglomerado, Areniscas Volcanoclasticas	4
Conglomerados Gruesos, Tobas, Arenas, Arcillas	5
Conglomerados, Areniscas	4
Conglomerado, Areniscas Volcanoclasticas	4
Conglomerados , Areniscas, Lutitas	4
Conglomerados, Tobas, Brechas, Basaltos, Lutitas, Areniscas	4
Conglomerados, areniscas, (Terrazas Disectadas)	3
Cono de Deyección	5
Cuarcita, Filita, Esquistos, Grafita, Metavolcanica	1
Cuarcitas, Pizarras, Filitas, Esquistos	2
Deposito Aluvial	5
Deposito Coluvial	5
Deposito Coluvial (Primero-Cuarto)	5
Depósito De Terrazas	4

Deposito Fluvio-Glacial	5
Deposito Lagunar	5
Deposito Laharítico	5
Depósitos Clásticos De Grano Medio A Grueso, Arenas, Arcillas	5
Depósitos Fluvio-Galciars, Piroclastos	5
Depósitos Galciars	5
Depósitos Galciars, Morrenas	5
Derrumbe	5
Esquistos Verdes, Anfibolitas, Cuarzitas	3
Esquistos Verdes, Esquistos Muscovíticos, Cuarzo	3
Esquistos Gneis	3
Granito	2
Granito Rosado, Grano Diorita, Diques	2
Lahares	5
Lahares, Arcillas, Limo Aglomerados	5
Lava Andesítica, Basalto	1
Lava Basáltica	1
Lava Piroclásticos	2
Lavas Basálticas, Lahar, Piroclastos	3
Lavas, Brecha, Dacita, Toba	3
Limolitas, Areniscas, Conglomerados Cuarzosos	4
Limolita, Arenisca, Arenisca Conglomerados Cuarzosos	4
Limolita, Arenisca, Arenisca Conglomerático Conglomerado	4
Lutita Negra, Chert, Caliza Negra, Caliza Fosilífera, Arenisca Bituminosa, Arenisca Calcarea	4
Lutita Arenisca, Cuarzosa, Pizarra Grafítica, Arenisca, Limonita	3
Lutita, Arenisca Cuarzosa	3
Lutitas Abigarradas, Limo Yeso, Areniscas	4
Lutitas Abigarradas, Yeso, Limo Areniscas	4
Lutitas Carbonosas, Areniscas Arcillosas, Areniscas Cuarcíferas	4
Lutitas Negras, Calizas Negras, Chert Negro, Arenisca Calcárea	2
Piroclastos	3
Piroclastos, Lavas	2

Piroclastos, Andesita	2
Piroclastos, Andesita, Aglomerado, Lavas	2
Porfíricos y Extrusivos Indiferenciados	1

Fuente: Secretaria de Gestión de Riesgos, 2013.

Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017

✓ *Uso de suelo*

Para este factor de cobertura vegetal o uso de suelo se determinó con la observación directa el tipo de vegetación del sector más el uso de cartografía formato shp y nos ayudó a identificar la inestabilidad de toda el área de estudio.

Tabla 9: *Valoración de la cobertura vegetal y uso de suelo*

Descripción	Peso	Ponderación
Área urbana	1	Muy baja
Bosque intervenido	2	Baja
Cuerpos de agua	1	Muy baja
Cultivos de maíz suave	4	Alto
Suelo desnudo	5	Muy alto
Vegetación arbustiva	3	Medio
Vegetación herbácea	3	Medio

Fuente: Secretaria de Gestión de Riesgos, 2013.

Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017

También para este factor se realizó el análisis de suelo extrayendo una muestra seca y húmeda de la zona de mayor influencia a deslizamientos, la cual fue analizada en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Agropecuarias con la ayuda del Lcdo. Fabián Montes nos ayudó con cada análisis (porcentaje de humedad, densidad, grado de acidez y materia orgánica).

✓ **Geomorfología**

Para este factor geomorfológico se obtuvo de información cartográfica formato .shp la formación de los relieves montañosos, valles y llanuras que nos ayudó a establecer las unidades geomorfológicas al igual que los valores según la tabla de la Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos.

Tabla 10: Valoración de acuerdo a la geomorfología

Descripción	Peso_mm
Abuptos de Conos de Deyección	4
Bancos Y Diques Aluviales	1
Barreras De Escalonamiento	2
Camaroneras	1
Causes Abandonados	1
Chevrones	5
Colinas Altas	4
Colinas Bajas	3
Colinas Medianas	3
Conos De Deyección Muy Disectados	4
Conos De Deyección Y Esparcimiento	3
Cordones Litorales	3
Cuerpos De Agua	1
Cuestas	3
Cuestas Muy Disectadas	4
Laderas Coluviales	5
Llanuras Aluviales De Depositacion	1
Manglar	1
Mesas	3
Mesas Disectadas	3
Mesas Marinas	2
Mesas Muy Disectadas	3
Nieve	4
Nivel Aluvial Alto	1

Nivel Aluvial Bajo	1
Pantanos	1
Piedemonte Coluvial	4
Planicies Costaneras	1
Playas	1
Playas Emergidas Antiguas	1
Relieve Escarpado	4
Relieve Montañoso	4
Salitrales Y Zonas Salinas	1
Superficies De Aplanamiento	3
Talud De Derrubios	5
Terraza Alta	2
Terraza Aluvial	1
Terraza Baja	1
Terraza Colgada	3
Terraza Indiferenciada	3
Terraza Muy Alta	2
Valles Interandinos	3
Valles Encañonados	4
Valles Glaciaricos	3
Valles Y Llanuras Fluvio-Marinas	2
Vertientes Convexas	3
Vertientes Concavas	4
Vertientes Irregulares	4
Vertientes Regulares	3
Zonas Urbanas	1
Zonas Deprimidas	3

Fuente: Secretaria de Gestión de Riesgos, 2013.

Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

✓ *Pendiente*

Para este factor de la pendiente se determinó mediante una observación el grado de inclinación del terreno de la zona de estudio, mediante la herramienta software ArcGis nos ayudó a identificar el rangos de las pendientes una vez obtenido estos rangos los ponderamos según las tablas de la Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos.

Descripción:

Muy Baja: Niveles complemente planos o casi planos ligeramente ondulados.

Baja: Corresponden a relieves mediatamente ondulados a moderadamente, disectados.

Media: Relieves mediana a fuertemente disectados.

Alta: Relieves fuertemente disectados.

Muy Altas: Muy fuertemente disectados.

Tabla 11: *Valoración de acuerdo a la pendiente reclasificada*

Clase	Rango	Ponderación
Muy Baja	0 – 15	1
Baja	15 – 30	2
Media	30 – 50	3
Alta	50 – 70	4
Muy Alta	>70	5

Fuente: Secretaria de Gestión de Riesgos, 2013.

Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

Factores Desencadenantes

✓ *Precipitación*

Para obtener este factor de precipitación se determinó mediante la información meteorológica 2012 y la entrevista a la estación meteorológica del Laguacoto, cuyos resultados nos ayudaron a obtener información del balance hídrico y la humedad del suelo.

Tabla 12: Valoración de la precipitación

Rango (mm)	Valor
<200mm	1
201-300mm	3
>301mm	5

Fuente: Secretaria de Gestión de Riesgos, 2013.

Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

✓ *Sismicidad*

Para este factor de sismicidad se determinó que el Ecuador al ser parte del cinturón del fuego del pacifico y de la cordillera de los Andes y estar ubicado en las placas Sudamericana y del Pacifico existe el proceso de subducción, al igual que las fallas regionales y locales, todo esto hace que esto hace que la actividad sísmica sea de categoría alta.

Tabla 13: Calificación de factores de sismicidad

Intensidad Mercalli modificada	Calificativo	Magnitud de Richter	Ponderación
III	Leve	3.5	1
IV	Muy Bajo		
V	Bajo		
VI	Moderado	4.5	
VII	Medio		

VIII	Elevado	6.0	3
IX	Fuerte		
X	Bastante Fuerte	7.0	5
XI	Muy Fuerte	8.0	
XII	Extremadamente Fuerte		

Fuente: Secretaria de Gestión de Riesgos, 2013.

Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

Con estos factores condicionantes y desencadenantes se puede realizar la valoración de la susceptibilidad de la zona de estudio basándose en las fórmulas de Mora-Vahrson.

$$S = EP * D$$

Dónde

S: Grado de susceptibilidad

EP: Producto de la suma de los elementos condicionantes

D: Valor de la suma de los factores desencadenantes

$$EP = S_l + S_g + S_p + S_v + S_u$$

Dónde:

S_l: Valor del parámetro de litología

S_g: Valor del parámetro de la geomorfología

S_p: Valor del parámetro de la pendiente

S_v: Valor de la cobertura vegetal

S_u: Valor del parámetro de uso de suelo

$$D = D_s + D_l$$

Dónde:

D_s: Valor del parámetro de sismicidad

D_l: Valor del parámetro de precipitación

Ecuación Final

$$H = (S_l + S_g + S_p + S_v + S_u) * (D_s + D_l)$$

Con estos factores condicionantes y desencadenantes se realizó el mapa de susceptibilidad ante deslizamiento para lo cual primeramente se crearon los respectivos Shp, con los pesos de cada uno de los factores condicionantes (pendiente, geomorfología, geológico y uso de suelo) y factores desencadenantes (sismicidad y precipitación), cuyos valores nos ayudaron a determinar el índice y el nivel de susceptibilidad de acuerdo a los rangos que se detalla a continuación:

Tabla 14: *Categorización de los niveles de susceptibilidad*

Clase	Rango	Clasificación
I	0 a 30	Bajo
II	30 a 60	Medio
III	> 60	Alto

Fuente: Secretaria de Gestión de Riesgos, 2013.

Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

3.7. Metodología según el objetivo 2

Identificar los elementos expuestos ante deslizamientos, tales como infraestructura de edificaciones, red vial en el área de estudio.

Para identificar los elementos expuestos ante deslizamientos se utilizó la metodología de la Secretaria de Gestión de Riesgo, también el mapa de susceptibilidad y una ortofoto en donde procedimos a identificar las infraestructuras de las edificaciones con sus respectivas coordenadas dando el nivel de vulnerabilidad según corresponda al mapa de susceptibilidad que incluye las siguientes etapas:

✓ ***Observación directa***

Una de las técnicas para la obtención de los elementos expuestos fue la observación de campo en el área de estudio se pudo observar e identificar los elementos expuestos y las condiciones en que se encuentran las infraestructuras de edificaciones y el estado de la vía.

✓ **Recopilación de información cartográfica (Ortofoto)**

Se obtuvo la ortofoto facilitada por SIG TIERRAS 2015 y documentos disponibles con información que nos ayudó a una observación más precisa de las edificaciones en el área de estudio.

✓ **Obtención del mapa final**

Se obtuvo el mapa final de los elementos expuestos según el mapa de susceptibilidad se dio niveles de vulnerabilidad alto, medio y bajo con la finalidad de identificar los sectores susceptibles en la zona de estudio. A continuación detallamos la clasificación de susceptibilidad de las edificaciones.

Tabla 15: *Clasificación de los elementos expuestos*

Clase	Clasificación de la susceptibilidad según los elementos expuestos	Descripción de la Susceptibilidad
I	Bajo	Son áreas estables con probabilidad escasa a deslizamientos, no afectan a elementos expuestos.
II	Medio	Son áreas con probabilidad de presentar deslizamientos que causen posibles daños y alteraciones.
III	Alto	Son áreas que se produzcan deslizamientos que causan consecuencias perjudiciales

Fuente: Secretaria de Gestión de Riesgos, 2013.

Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

3.8. Metodología según el objetivo 3

Establecer recomendaciones para la reducción de la susceptibilidad ante deslizamientos en el área de estudio.

Una vez caracterizados los factores de susceptibilidad e identificados los elementos expuestos a lo largo de la vía Guaranda – San Simón, la presente

metodología trató de establecer recomendaciones para la reducción de la susceptibilidad ante deslizamientos en el área estudiada mediante las medidas estructurales y no estructurales.

Para establecer las medidas estructurales y no estructurales nos basamos en la metodología de estabilización de taludes del libro Ingeniería Geológica conjuntamente con la observación de campo, que nos permitió determinar qué medidas estructurales van acorde al lugar donde se presentan zonas susceptibles a deslizarse.

✓ *Medidas estructurales*

La medida de la modificación de la geometría de los taludes es disminuir la inclinación de la ladera mediante la eliminación del peso de la cabecera y poder construir bermas y bancos (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño y Oteo, 2002).

Otra medida es la construcción de trincheras, barreras y malas estos ayudarán a la eliminación de los problemas de caída de rocas y aumentarán la seguridad del talad frente a rupturas superficiales (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño y Oteo, 2002).

✓ *No medidas estructurales*

Una de las metodologías para la identificación de las zonas más susceptibles a deslizarse fue la elaboración del mapa de susceptibilidad que nos ayudó a establecer medidas correctivas en el área de estudio.

Los deslizamientos son eventos que no se puede predecir pero se puede pronosticar en el futuro para la cual existe una técnica en clavar estacas en el terreno de forma vertical con profundidad considerable y poder establecer estrategias ante que ocurra de fenómeno (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño y Oteo, 2002).

CAPITULO IV

4. RESULTADOS O LOGROS ALCANZADOS SEGÚN LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

4.1. Resultados según objetivo 1.

4.1.1. Caracterizar los factores de susceptibilidad que intervienen en la formación de deslizamientos.

Para caracterizar los factores de susceptibilidad se utilizó la herramienta de software ArcGis 10.2.1 en la cual se procedió a realizar la creación de Shp de cada uno de los factores condicionantes y desencadenantes, con la metodología utilizada de Mora- Vahrson asignándoles valores según las tablas de la Secretaria de Gestión de Riesgos, con la finalidad de obtener el mapa de susceptibilidad.

4.1.2. Factores Condicionantes

Pendiente

Con la información obtenida de diversas fuentes disponibles, Cartografía Base (IGM, 2007), MDE de (40 m), una vez obtenida la información de las cotas presentes de la zona de estudio se procedió a realizar en ArcGis con las siguientes aplicaciones (3D Analyst, Spatial Analysis Tools y Slope) nos ayudó a obtener los niveles de las pendiente, según los niveles calificativos de ponderación de la Secretaria de Gestión de Riesgos.

Tabla 16: *Pendientes de la Vía Guaranda San Simón*

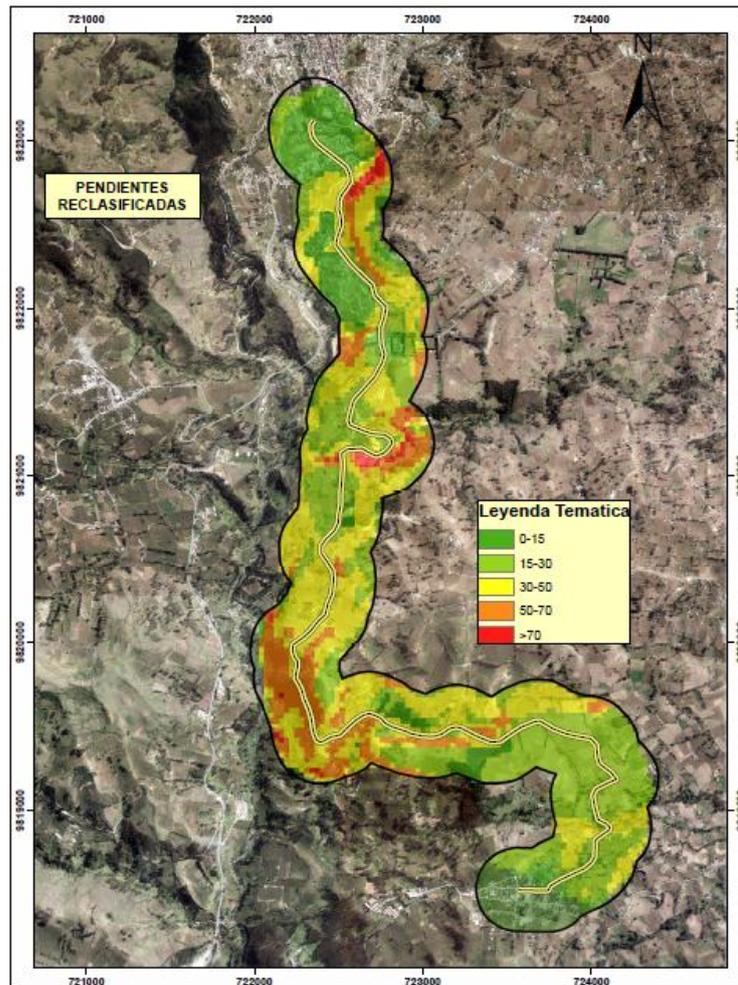
Clase	Rango	Ponderación	Área (ha)	%
Muy Baja	0-15	1	4,78	1,22
Baja	15-30	2	269,41	68,51
Media	30-50	3	73,89	18,79

Alta	50-70	4	8,16	2,08
Muy Alta	> 70	5	37,01	9,41
TOTAL			393,25	100,00

Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

La Vía Guaranda-San Simón presenta una topografía de pendientes de (0-15) que son pendientes muy suaves en algunos sectores, también presenta pendientes de (15-30), correspondientes a pendientes con inclinación poco pronunciadas, al igual existen pendientes de (30-50) en la mayor parte de la vía que son pendientes pronunciadas, de (50-70) son pendientes muy pronunciadas y las de (>70) son pendientes muy fuertes y escarpadas que aumente en un futuro la susceptibilidad a deslizamientos causando modificaciones en el paisaje.

Gráfico 3: *Pendientes Reclasificadas*



Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

Geomorfológico

Mediante SIG TIERRAS 2015 se obtuvo la cartografía digital más el trabajo de campo logramos identificar grietas, escarpes y geo formas presentes en la zona de estudio que corresponden a zonas de abrupto de superficie horizontal, coluvio-aluvial antiguo, relieve volcánico colinado alto, relieves escalonados, superficie inclinada, valle fluvial, llanura de inundación y vertiente rectilínea a los cuales hemos asignado sus respectivos pesos para poder crear los Shp geomorfológicos.

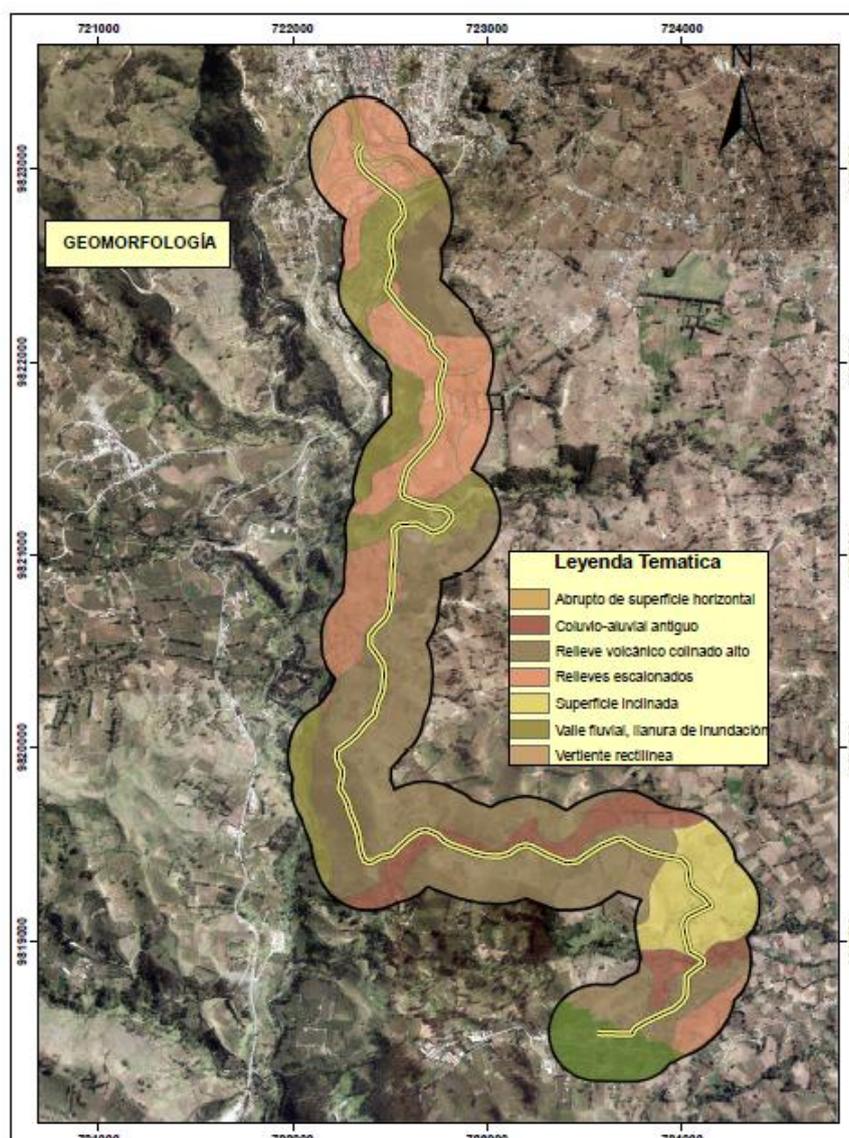
Tabla 17: *Geomorfología de la Vía Guaranda-San Simón*

Descripción	Peso	Ponderación	Área (ha)	%
Abrupto de superficie horizontal	5	Alto	3	0,81
Coluvio-aluvial antiguo	5	Alto	30,08	8,15
Relieve volcánico colinado alto	5	Alto	184,5	49,96
Relieves escalonados	5	Alto	63,76	17,27
Superficie inclinada	3	Medio	29,87	8,09
Valle fluvial, llanura de inundación	3	Medio	55,1	14,92
Vertiente rectilínea	3	Medio	2,97	0,80
TOTAL			369,28	100,00

Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

La geomorfología de la Vía Guaranda-San Simón en la mayoría del sector presenta un relieve volcánico colinado alto que corresponde a los sectores de Conventillo y la Cruz con una ponderación alto, también presenta relieves escalonados que de acuerdo a su ponderación es alto en el sector de la Universidad y parte del Laguacoto Bajo.

Gráfico 4: Geomorfología Vía Guaranda-San Simón



Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

Litológico

Con respecto a la litología y la información obtenida de SIG TIERRAS 2015 que es la cartografía digital y con las salidas de campo a la zona estudiada que corresponde a la Vía Guaranda- San Simón permitió la creación de Shp litológicos que nos ayudó a identificar tales como arenas, linos, arcillas y conglomerados, linos, arcillas, arenas, gravas y bloques, tobas andesíticas de grano fino.

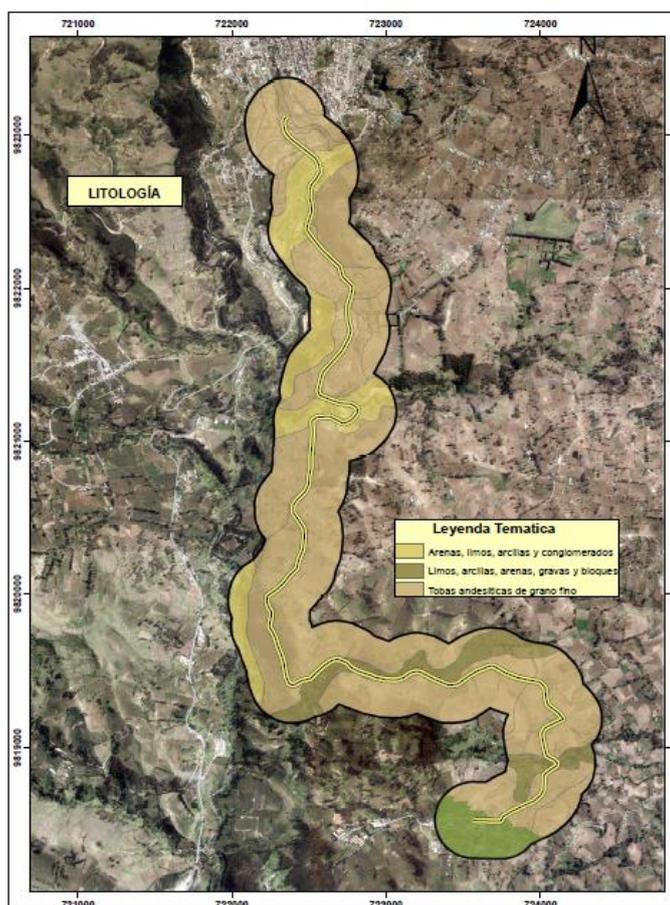
Tabla 18: *Litología de la Vía Guaranda-San Simón*

Descripción	Peso	Ponderación	Área (ha)	%
Arenas, limos, arcillas y conglomerados	5	Alto	55,1	14,01
Limos, arcillas, arenas, gravas y bloques	5	Alto	30,08	7,65
Tobas andesíticas de grano fino	3	Medio	308	78,34
TOTAL			393,18	100,00

Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

La litología de la Vía Guaranda San Simón presenta una formación de tobas andesíticas de grano fino en la mayor parte de la zona de estudio como: el sector de la Universidad, Laguacoto Bajo, Conventillo, La Cruz y parte de Parroquia San Simón.

Gráfico 5: *Litología de la Vía Guaranda-San Simón*



Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

El estudio de suelo para el aporte litológico según la información obtenida de la densidad es de carácter volcánico presentes en suelos arcillosos de contextura media a fina y el porcentaje de humedad más la época invernal nos indica que son suelos inestables que podrían en un futuro deslizarse.

Uso y cobertura de Suelo

Con respecto al uso y cobertura de suelo se realizó visitas de campo y mediante una ortofoto facilitado por SIG TIERRAS 2015 logramos una fotointerpretación de la cobertura y uso de suelo de la zona de estudio identificando como: área urbana, bosque intervenido, cuerpos de agua, cultivos de maíz suave, suelo desnudo, vegetación arbustiva, vegetación herbácea y pastos para crear su respectivo Shp.

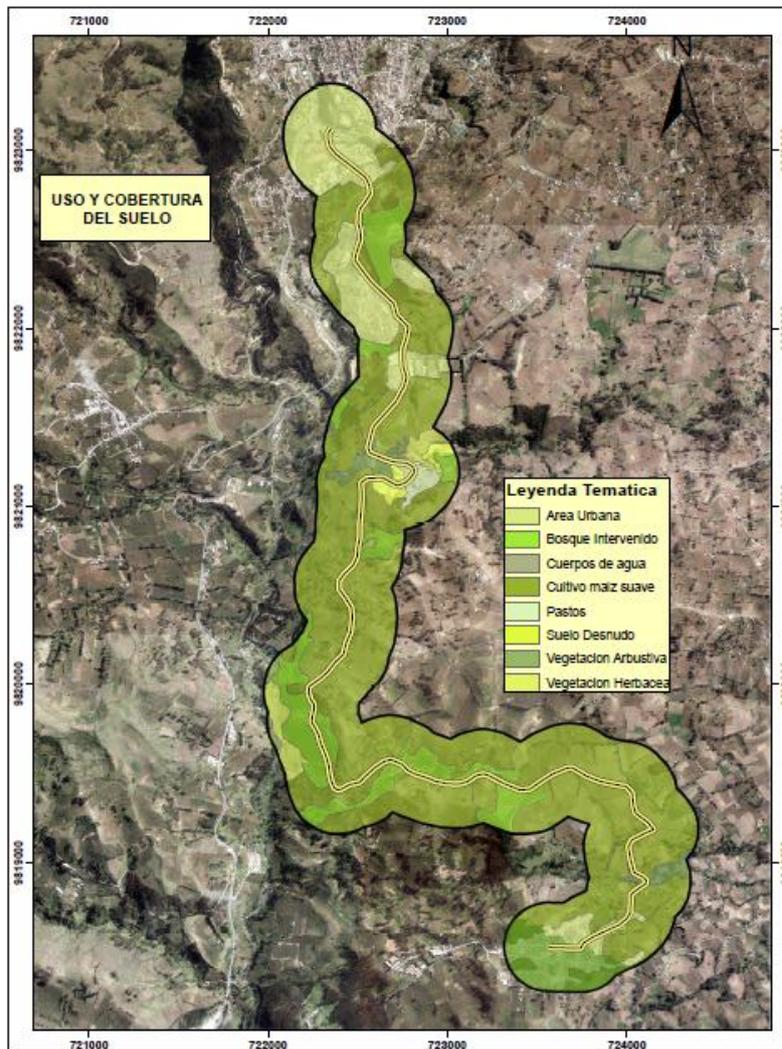
Tabla 19: *Uso y cobertura del suelo de la Vía Guaranda-San Simón*

Descripción	Peso	Ponderación	Área (ha)	%
Área urbana	1	Baja	67,36	21,04
Bosque intervenido	1	Baja	44,23	13,82
Cuerpos de agua	1	Baja	0,82	0,26
Cultivos de maíz suave	5	Alto	186,18	58,16
Suelo desnudo	5	Alto	3,64	1,14
Vegetación arbustiva	3	Medio	7,78	2,43
Vegetación herbácea	3	Medio	6,68	2,09
Pastos	3	Medio	3,41	1,07
TOTAL			320,1	100,00

Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

El uso y cobertura del suelo de la vía Guaranda-San Simón la mayoría de la zona de estudio está constituido por cultivos de maíz suave que corresponde a cultivos de ciclo corto.

Gráfico 6: *Uso y cobertura de suelo de la Vía Guaranda-San Simón*



Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

El análisis de suelo para el aporte de uso y cobertura de suelo, nos indica que es un suelo pobre en materia orgánica por ende son suelos erosionados por cultivos masivos de ciclo corto como maíz, cebada y trigo la cual hacen inestables propensos a futuros deslizamientos en este caso la mejor opción sería una reforestación en los sectores más críticos de la vía. El grado de acidez nos indica que es un suelo moderado la cual nos indica que sus cultivos no son de mayor calidad.

4.1.3. Factores desencadenantes

Sismicidad

Con respecto a la sismicidad según investigaciones realizadas por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (2012), se han registrado en los años (1797, 1911 y 1942), el evento de mayor importancia que tuvo sobre la región de la Provincia Bolívar fue el sismo de 1942 en cual se suscitó en la zona de subducción frente a las costa de Manabí y de Esmeraldas, las localidades más cercanas a la zona del epicentro experimentaron aceleración de valores menores lo que produjera una amplificación de onda sísmicas en la zona de estudio. Los otros dos eventos registrados con intensidad de VIII (escala MSK) fueron los producidos en el año de 1797 y 1911 los cuales están relacionados con la actividad de la Falla de Pallatanga siendo el terremoto de 1797 el evento de mayor destrucción que se ha suscitado históricamente en el valle interandino.

El área estudiada se encuentra ubicado en la zona alta de intensidad sísmica V según la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC), 2015 al igual está localizada cerca de falla local denominada falla del río Guaranda así creamos un Shp sísmico con una ponderación y peso alto.

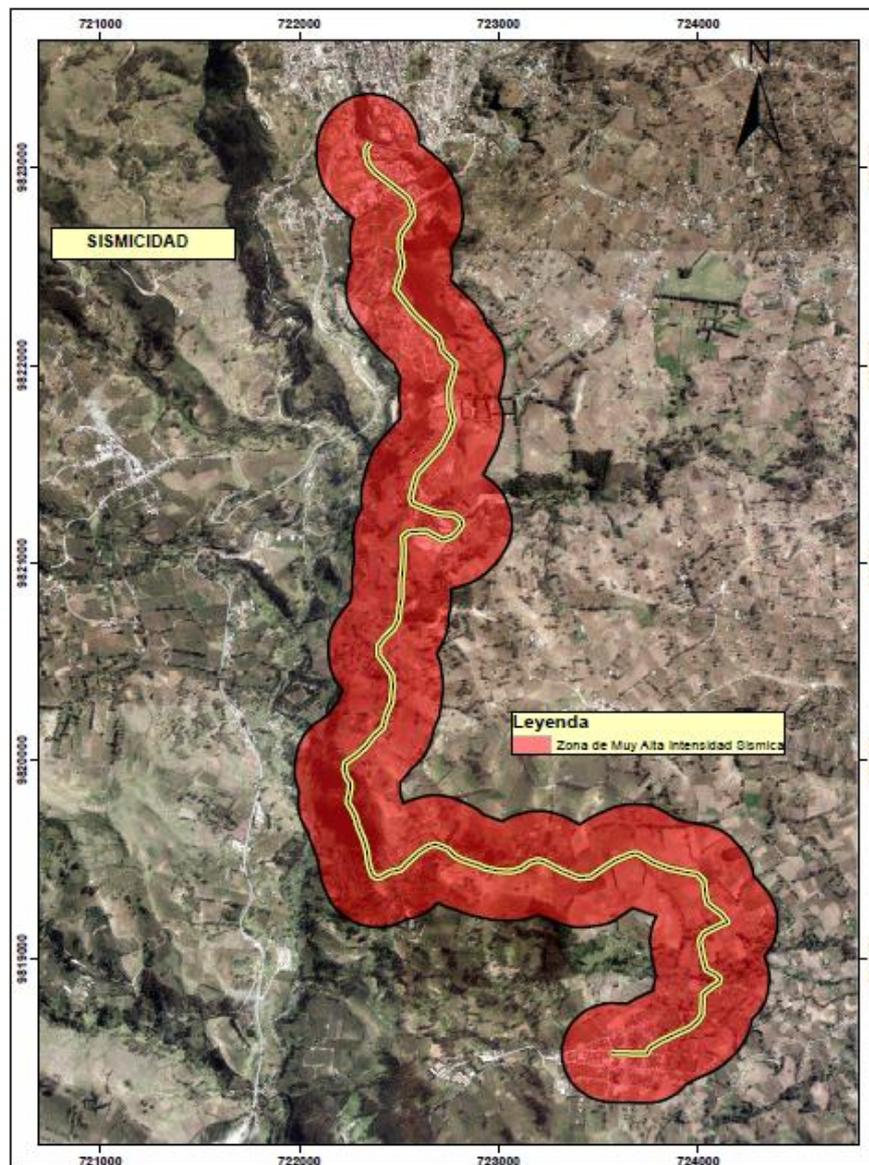
Tabla 20: *Sismicidad en la Vía Guaranda-San Simón*

Descripción	Peso	Ponderación	Área (ha)	%
Intensidad sísmica alta	5	Alto	393,24	100
TOTAL			393,24	100

Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

La sismicidad de la Vía Guaranda-San Simón en toda la zona de estudio su ponderación es alto debido a la influencia de fallas.

Gráfico 7: *Sismicidad de la Vía Guaranda-San Simón*



Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

Precipitación

Con respecto a la precipitación la información obtenida se realizó mediante una entrevista al encargado de la estación meteorológica localizada en el Sector del Laguacoto del año 2017 de marzo a junio y también del anuario meteorológico INAMHI (2012) obteniendo precipitaciones con rangos de <200mm, 201-300mm, >301mm, la cual ayudaron a generar un Shp de precipitación.

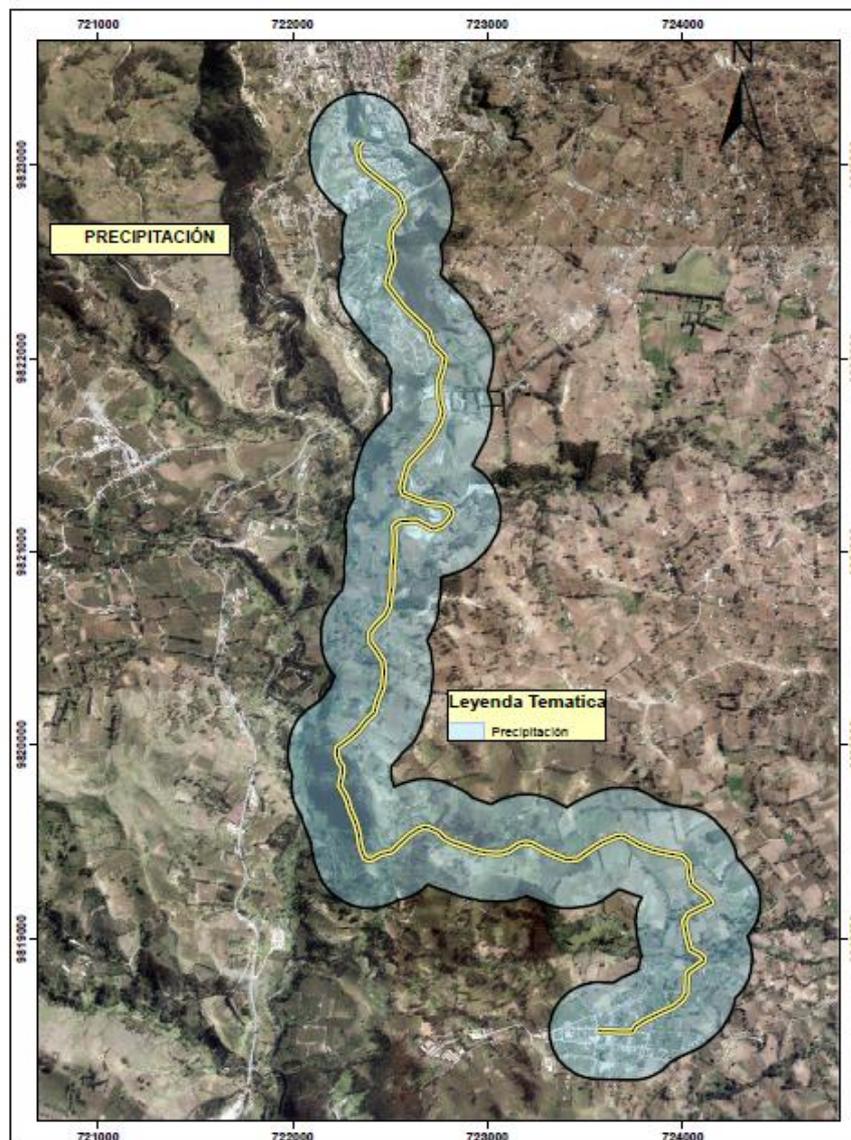
Tabla 21: Precipitación de la Vía Guaranda-San Simón

Rango (mm)	Peso	Ponderación	Área (ha)	%
1750	3	Medio	393,24	100
TOTAL			393,24	100

Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

La precipitación de la Vía Guaranda-San Simón posee una ponderación media más la época invernal hace inestables a las laderas.

Gráfico 8: Precipitación de la Vía Guaranda-San Simón



Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

Amenaza ante deslizamientos

Para la creación del mapa de amenaza de susceptibilidad ante deslizamiento se generó una relación tanto de los factores condicionantes y desencadenantes en el cual logramos identificar los niveles de susceptibilidad con la herramienta ArcGis 10.2.1 se procedió a realizar la unión de los Shp creados (pendiente, litología, uso y cobertura de suelo, geomorfología, sismicidad y precipitación), con la ayuda de la aplicación Field Calculator obtuvimos la sumatoria total de los pesos asignados de cada uno de las factores creados con sus respectivos Shp y al obtener todos los resultados finales de esta operación se forma un mapa de susceptibilidad a deslizamientos llegando a clasificar en tres niveles bajo, medio y alto.

Factores condicionantes

$(\text{Peso de la Pendiente}) * (\text{Peso Geomorfológico}) * (\text{Peso Litológico}) * (\text{Peso de Uso de Suelos}) / 4$

Factores desencadenantes

$(\text{Peso Sísmico}) + (\text{Peso de precipitaciones}) / 2$

Los resultados de la sumatoria de los siguientes factores corresponden a:

$(\text{Factores condicionantes}) * (\text{Factores desencadenantes}) / 2$

Para realizar el mapa de susceptibilidad ante deslizamientos se realizó mediante la metodología modificada de Mora Vahrson tomando los factores condicionantes y desencadenantes.

Los parámetros que asignamos para el mapa de susceptibilidad fueron ponderados de acuerdo a la Secretaria Nacional de Gestión de Riesgo para así poder determinar los niveles de susceptibilidad de la zona de estudio como resultado se obtuvo zonas categorizadas en 3 niveles (bajo, medio, alto).

Las clases fueron de (0-30), la susceptibilidad baja de (30-60) con una susceptibilidad media y de (>60), con una susceptibilidad alta correspondiente a I, II, III las cuales corresponden a I las mejores condiciones, II corresponde a una media estabilidad del suelo, III correspondiendo a las condiciones desfavorables del sector.

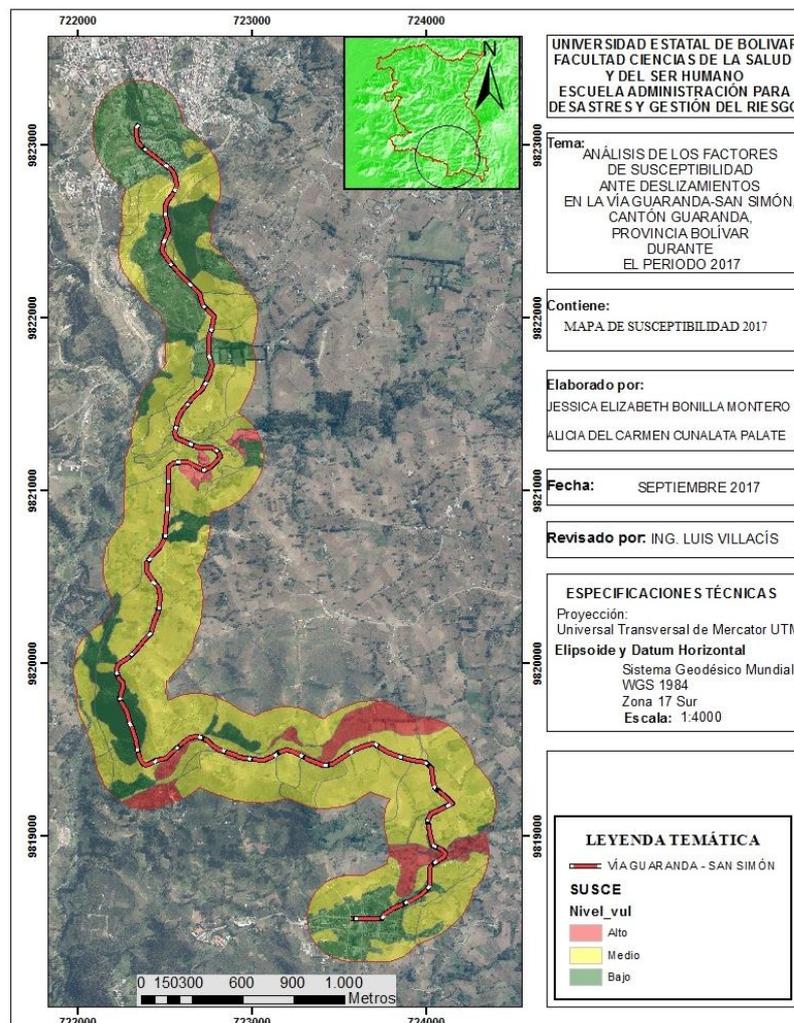
Tabla 22: Susceptibilidad de la vía Guaranda – San Simón

Nivel de susceptibilidad	Área (ha)	%
Alto	8,16	2,08
Medio	359,08	91,31
Bajo	26,01	6,61
Total	393,25	100,00

Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

En el mapa de susceptibilidad antes deslizamientos predomina el nivel medio seguido del bajo y finalmente el nivel alto de susceptibilidad.

Gráfico 9: Mapa de susceptibilidad.



Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

4.2. Resultados según objetivo 2.

4.2.1. Identificar los elementos expuestos ante deslizamientos, tales como infraestructura de edificaciones, red vial en el área de estudio.

Una vez identificado los elementos expuestos de la zona de estudio con una ortofoto y con el trabajo de campo se puede observar los elementos más relevantes de la vía que abarca un área de 9,93 km².

Exposición de la red vial ante deslizamientos

Para la obtención del mapa de la red vial hemos utilizado una ortofoto y la observación directa de campo la información obtenida fue procesada en la herramienta software ArcGis 10.2.1, la cual nos ayudó a identificar los siguientes elementos existentes en el área de estudio.

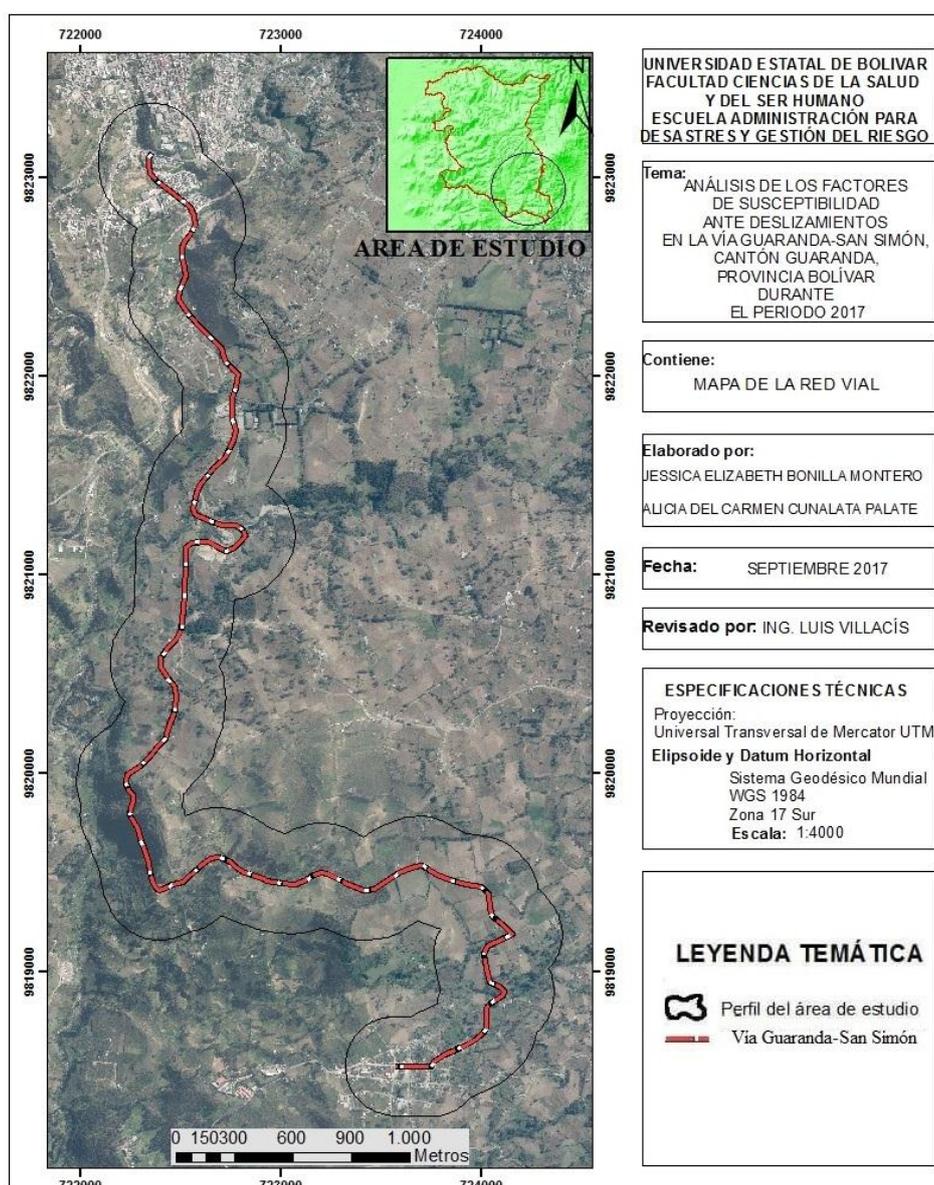
Tabla 23: Nivel de exposición de la vía Guaranda-San Simón

Nivel de exposición	Área en km	Porcentaje
Alto	0,8	10,12
Medio	5,04	63,79
Bajo	2,06	26,07
TOTAL	8	100

Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

Con respecto a la tabla: 20 el nivel de vulnerabilidad ante deslizamientos en la vía Guaranda-San Simón es medio, esto debido a que el cumple con las normas de construcción establecidas por la Dirección Provincial de Ministerio de Transporte y Obras Públicas-MTOP, sin embargo el nivel de amenaza de deslizamiento es medio y bajo para el área de influencia del proyecto.

Gráfico 28: *Mapa de exposición de la red vial*



Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

Exposición de edificaciones ante deslizamientos

Para la ponderación de nivel de vulnerabilidad de las edificaciones asentadas en la vía Guaranda- San Simón se basó según los niveles del mapa de susceptibilidad ante deslizamientos.

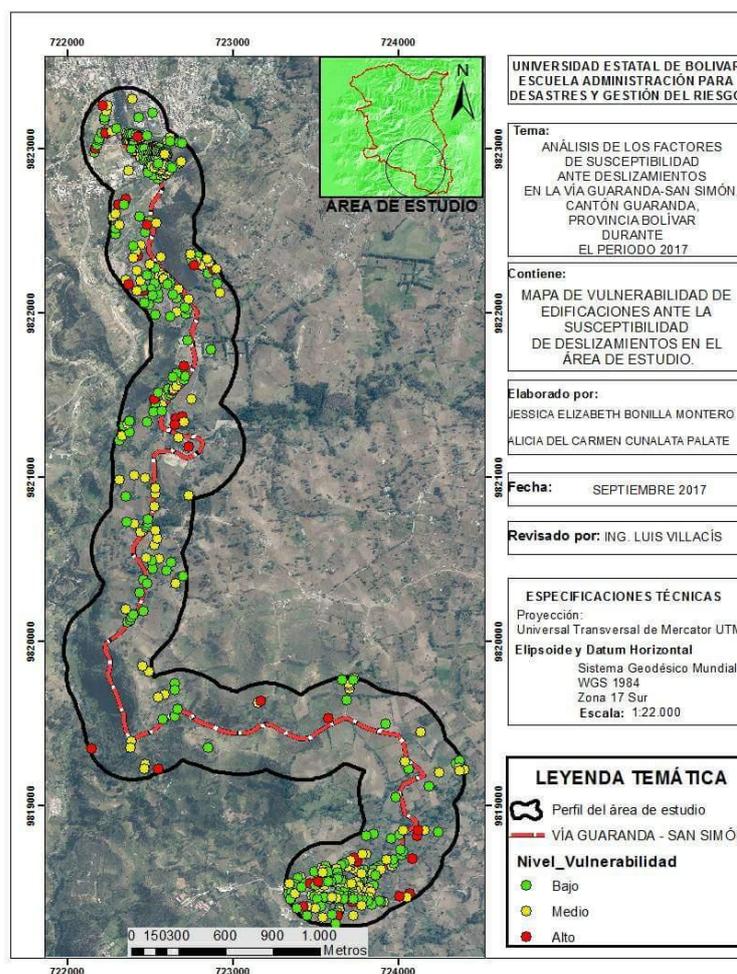
Tabla 24: Nivel de exposición de las edificaciones

Nivel de exposición	Número de casas	Porcentaje
Alto	43	9,32
Medio	175	37,96
Bajo	243	52,71
TOTAL	461	100

Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

Se obtuvo como resultado que la mayoría de las edificaciones tiene un nivel bajo de vulnerabilidad, debido a que están ubicados sobre terrenos firmes y secos. Seguida de un nivel de vulnerabilidad media y con un mínimo porcentaje se puede apreciar edificaciones con un nivel alto de vulnerabilidad las cuales están es zonas propensas a deslizarse.

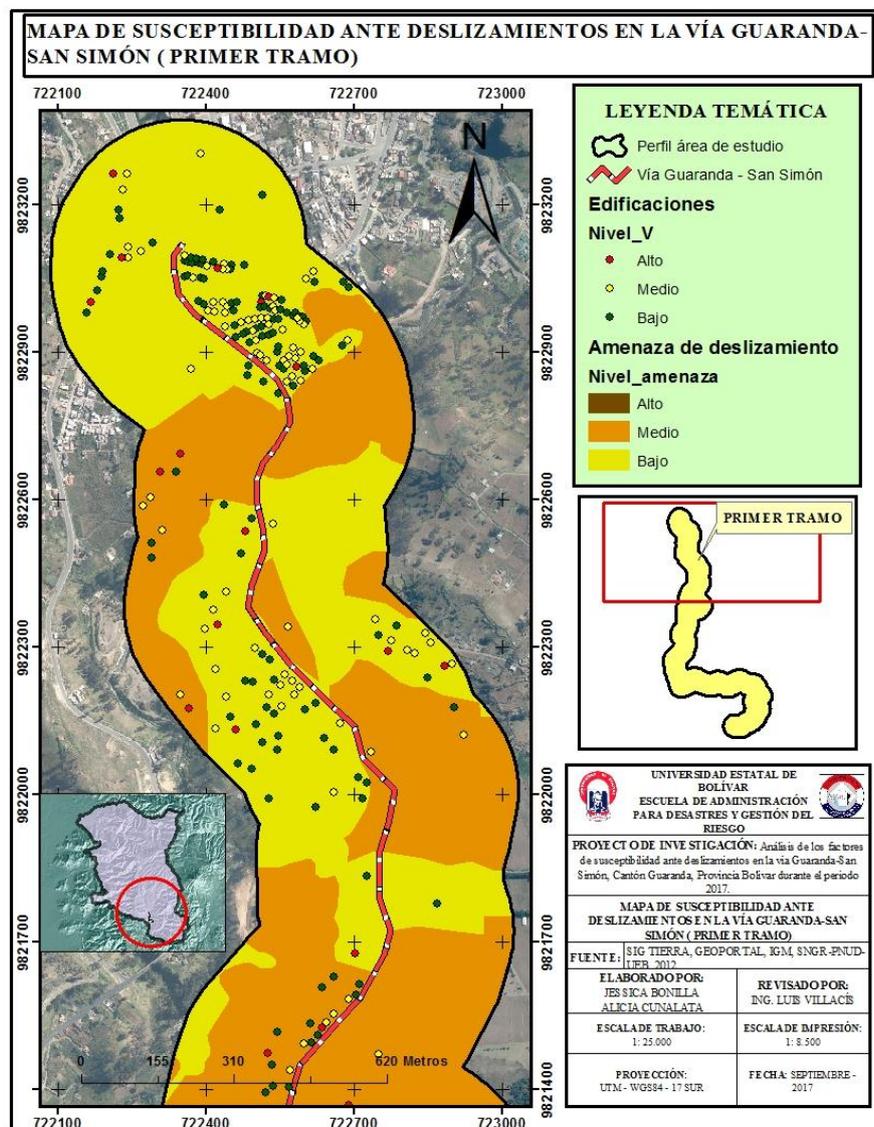
Gráfico 29: Mapa de Exposición de Edificaciones.



Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

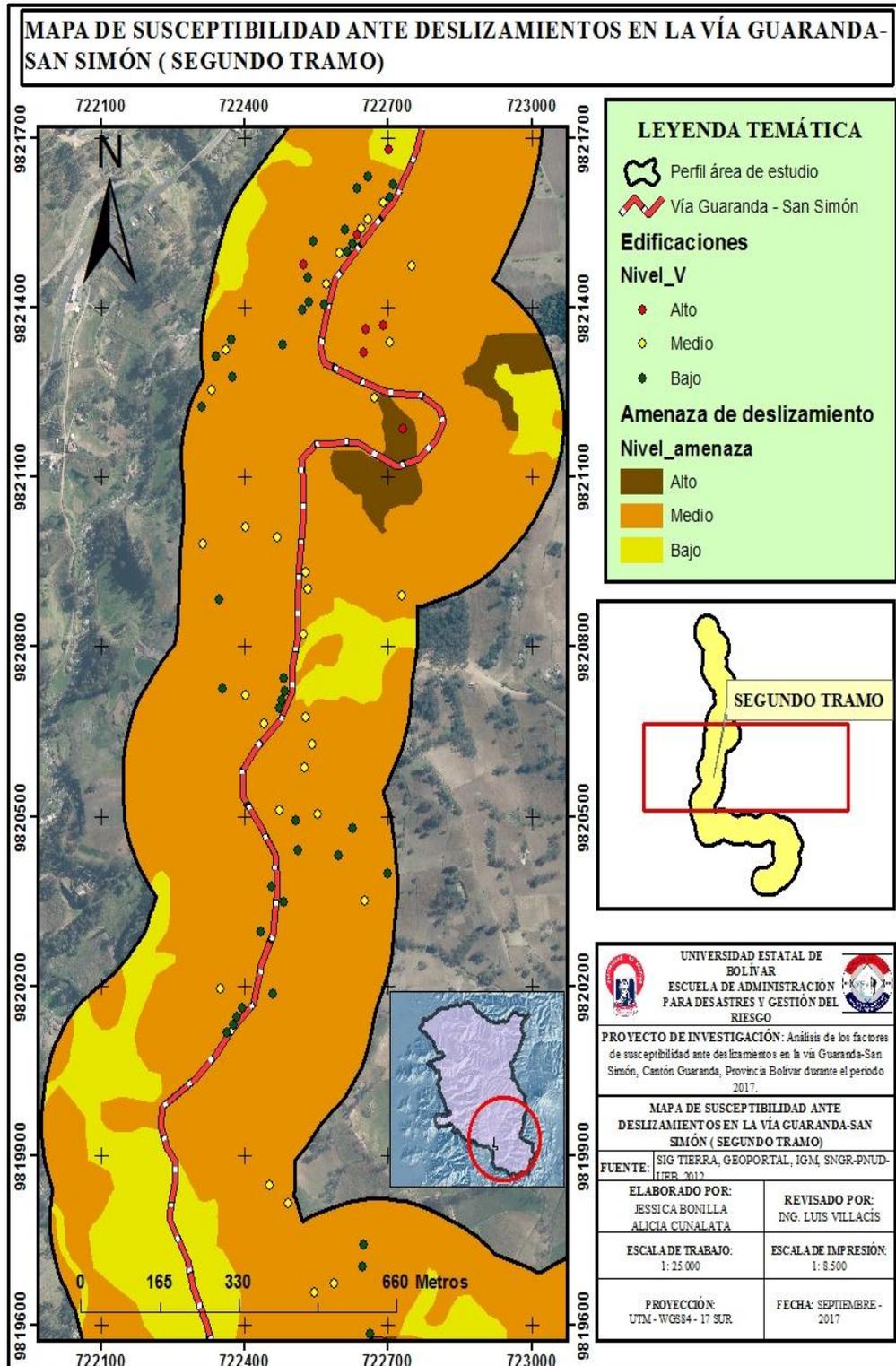
Mediante las intersecciones de los mapas de exposición de edificaciones y el mapa de susceptibilidad ante deslizamiento, se obtuvo como resultado los niveles de exposición de las edificaciones ante este tipo de amenaza, se puede apreciar con mayor visibilidad las edificaciones en el mapa por tramos que tiene un nivel de exposición bajo seguida de un nivel medio, esto debido a que se encuentra ubicadas sobre pendientes fuertes con terrenos inestables y con un mínimo porcentaje se puede apreciar edificaciones con un nivel alto

Gráfico 30: Mapa de susceptibilidad ante deslizamiento en la vía Guaranda-San Simón (Primer tramo).



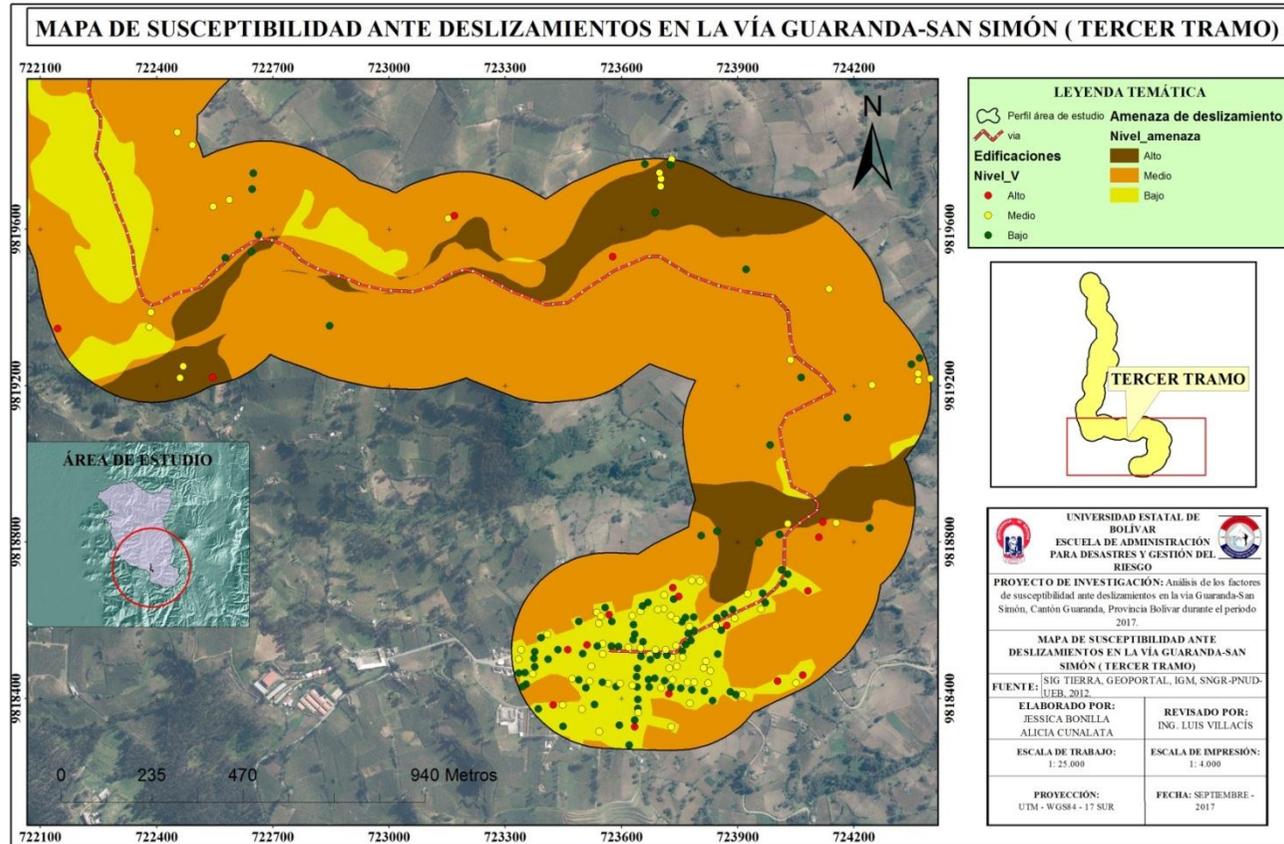
Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

Gráfico 31: Mapa de susceptibilidad ante deslizamiento en la vía Guaranda-San Simón (Segundo tramo).



Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

Gráfico 32: Mapa de susceptibilidad ante deslizamiento en la vía Guaranda-San Simón (Tercer tramo).



Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

En el gráfico: 30 se puede observar el mapa de susceptibilidad antes deslizamientos del primer tramo de la vía Guaranda-San Simón los sectores identificados son los siguientes: Marcopamba, Unidad Educativa Guaranda, sector del laboratorio de la UEB, ciudadela Coloma Román sur; ubicadas en dichas zonas se puede apreciar que la mayor parte de este tramo tiene nivel medio y bajo de amenaza debido a que estas áreas el uso del suelo la mayor parte no tienen cobertura vegetal y además tienen pendientes pronunciadas.

En el gráfico: 31 se puede apreciar el mapa de susceptibilidad ante deslizamientos correspondiente al segundo tramo de la vía Guaranda-San Simón donde se encuentran ubicados los siguientes sectores: Universidad Estatal de Bolívar, Comisión de tránsito de la provincia Bolívar, Laguacoto bajo, Sector de la mina y Conventillo la mayoría de estos sectores son destinados a cultivos de ciclo corto, actividades antrópicas y tiene un poco cobertura vegetal en la mayoría de la vía se evidencia un nivel de amenaza media, también muestran niveles altos y bajos pero en menor grado.

En el gráfico: 32 se puede apreciar el mapa de susceptibilidad ante deslizamientos correspondiente al tercer tramo de la vía Guaranda-San Simón donde se encuentran ubicados los siguientes sectores: Cerro Hualkurrumi, Sector de la cruz estas áreas están caracterizadas por tener pendientes muy fuertes y poca cobertura vegetal la entrada a San Simón son áreas destinadas a cultivos de ciclo corto, se puede evidenciar que el nivel de amenaza es media en la mayor parte existiendo también niveles bajos y altos.

4.3. Resultados según objetivo 3

4.3.1. Establecer recomendaciones para la reducción de la susceptibilidad ante deslizamientos que afectarían a los elementos expuestos en el área de estudio.

Como resultado del trabajo realizado tanto en campo, como a través del SIG hemos obtenido el objetivo uno y dos lo cual nos ha permitido obtener el resultado que es el mapa de susceptibilidad donde podemos identificar las

zonas más susceptibles a deslizarse y la ubicación de los elementos expuestos. Esto nos ha permitido plantear medidas estructurales y no estructurales para la reducción de la susceptibilidad y el riesgo ante deslizamientos en la zona de estudio tal como se muestra a continuación.

Medidas estructurales

- Uno de los métodos de estabilización para la reducción de la susceptibilidad ante deslizamientos es la modificación de la geometría de los taludes en el sector de la Mina primer km del segundo tramo y también el sector de la Cruz del primer km del tercer tramo esta forma se disminuirá la inclinación de la ladera, la misma que evitará nuevos deslizamientos.
- Construir estructuras de protección al pie del talud con supervisión técnica adecuada como trincheras, barreras y mallas al frente del Laboratorio de Ciencias Agropecuarias en el primer km del primer tramo, también en el sector del Cerro de Hualkurrumi en el primer km del tercer tramo para evitar interrupciones en la vía ya que evita la caída de la roca.
- Una de las alternativas es fortalecer medidas de mantenimiento de bordillos y cunetas en toda la carretera con el fin de controlar las aguas lluvias y escorrentías superficiales y así de esta manera evitar la erosión del suelo y el deterioro de la carretera.
- Evitar las construcciones de infraestructuras de edificaciones en los sectores de mayor susceptibilidad en toda la vía ya que aumenta la carga del peso esto incrementa la pérdida de resistencia del suelo provocando la inestabilidad del talud y generando deslizamientos.
- Controlar la actividad agrícola en los flancos de toda la vía y evitar el sobrepastoreo ya que son agentes influyentes en provocar el

desequilibrio del suelo mediante este control disminuirá el grado de erosión por ende ayudará a la resistencia.

- Una técnica para la reducción y estabilización de talud es el aumento de la cobertura vegetal en el sector de conventillo en el tercer km del segundo tramo, también a la entrada de San Simón en el primer km del tercer tramo mediante plantas de especies nativas como: plantas rastreras y arbustos con la finalidad de minimizar la susceptibilidad de estas áreas a deslizarse y así de esta manera incrementar la resistencia del suelo de la ladera.

Medidas no estructurales

- En las áreas propensas a sufrir deslizamientos se puede establecer instrumentos de alerta temprana para minimizar el impacto del fenómeno, los deslizamientos son eventos adversos que no se pueden predecir pero se puede pronosticar en un futuro su ocurrencia para lo cual existe una técnica que consiste en clavar estacas en el terreno de forma vertical con una profundidad considerable esta medición se debe hacer con la finalidad de volver a medir para comprobar si hay variación si hay actividad no tendrá la misma distancia la cual nos dice que el terreno se está desplazando, mediante esto se puede dar un pronóstico de información a las autoridades que garantice la seguridad y no generar falsas alertas en los habitantes para establecer la situación dependiendo el estado que se encuentra el fenómeno.
- Controlar que no se construyan edificaciones en las áreas propensas a deslizarse para evitar pérdidas materiales y humanos.
- La elaboración de mapas de amenazas las cuales ayudarán a identificar zonas susceptibles a deslizar estos posteriormente ayudaran a regular las construcciones futuras por ende estos mapas deben ser precisos

para evitar zonas de alta influencia de susceptibilidad puedan aparecer como un nivel mínimo de riesgo.

- Implementar señaléticas en los sectores de alta susceptibilidad a deslizamientos ya que su aplicación otorgara que los habitantes puedan tener mayor información.
- Realizar estudios de vulnerabilidad de los elementos expuestos en las zonas de alta susceptibilidad con la finalidad de evitar pérdidas materiales.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES

5.1. Conclusiones

A continuación se detallan las siguientes conclusiones:

- Con este trabajo de investigación pudimos identificar las zonas que presentan alta susceptibilidad ante deslizamientos basándonos en la metodología de Mora Vahrson, mediante la cual se caracterizan los factores condicionantes (geológico, geomorfológico, uso de suelo y pendientes), siendo los más influyentes para el nivel alto, medio y bajo, en la generación de la susceptibilidad deslizamientos el uso y cobertura del suelo con los cultivos de ciclo corto (maíz, trigo, cebado): estas siembras duran pocos meses las cuales generan erosión volviéndolos a los terrenos más propensos a deslizarse. El otro factor influyente es la pendiente que corresponde a terrenos montañosos pronunciados, lo que sumado al factor detonante de precipitación de la época de lluvia originaron las condiciones propicias para que se produzca los deslizamientos.

En el área estudiada se puede evidenciar en el mapa de susceptibilidad predomina en nivel medio seguido del bajo y finalmente el nivel alto de susceptibilidad.

- Con el trabajo de campo identificamos los elementos expuestos (infraestructura de edificaciones y la red vial), los mismos que fueron representados en el mapa de susceptibilidad, cada una de estas edificaciones muestran el grado de exposición correspondiente; la mayoría está en niveles bajos ya que sus construcciones no se encuentran en pendientes pronunciadas por lo cual no podrían ser afectadas por deslizamientos.

Con respecto a la infraestructura de la red vial Guaranda-San Simón los resultados indican que predomina el nivel medio de exposición, debido a que se encuentran en buenas condiciones al cumplir con las normas de construcción establecidas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas-MTOP. Se evaluó una longitud de 8 km de vía en donde se pudo identificar las zonas críticas con un nivel alto de susceptibilidad que se han visto afectadas por deslizamientos, siendo las más recuente en el sector del cerro Wualkurrumi.

- En la zona estudiada no se evidencia ninguna medida de reducción de riesgo ante deslizamientos; es por ello que se debería implementar medidas de mitigación estructurales y no estructurales, para minimizar el impacto negativo predominante en los sectores de la Mina en el primer kilómetro del segundo tramo; también en el sector de la Iglesia en el primer kilómetro del tercer tramo los mismos que han sido afectados por deslizamientos. Se debe tener en cuenta que estas medidas aportan a la mitigación, sin embargo no solucionan totalmente el problema.

5.2. Recomendaciones

- Se debería socializar el mapa de susceptibilidad con las autoridades del GAD parroquial de San Simón, GAD's Guaranda, Ministerio de Transporte y Obras Públicas-MTOP-Bolívar y la población involucrada en el área estudiada, para dar a conocer las áreas con mayor grado de susceptibilidad ante deslizamientos.

De igual forma en zonas donde existen cultivos de ciclo corto se mejore las prácticas agrícolas, lo que contribuirá a la reducir la debilidad del suelo, minimizando la vulnerabilidad de los fenómenos de deslizamientos.

- Para poder reducir los niveles de vulnerabilidad de las edificaciones de la zona estudio las autoridades GAD parroquial de San Simón, GAD's Guaranda, deberían crear ordenanzas que eviten las construcciones en sitios propensos a deslizarse; con respecto a la red vial debería actualizar información con relación al estado actual de la vía
- Realizar estudios técnicos más detallados en donde se muestran ubicados los elementos expuestos con alta susceptibilidad a sufrir deslizamientos para implementar medidas que ayuden a reducir el problema, y así evitando pérdidas humanas, económicas y materiales.
- Realizar estudios técnicos en la zona sobre la red de alumbrado eléctrico, sistemas de alcantarillado y agua que muestran susceptibles a sufrir fenómenos de remoción en masa
- Las autoridades competentes en conjunto con la población involucrada deberían implementar un plan de mantenimiento y limpieza de cunetas en toda la carretera con la finalidad de controlar las aguas lluvias y escorrentías superficiales al igual que otra alternativa son las mallas en donde existen caídas de roca que afectan a la infraestructura de la vía, para así poder reducir el riesgo ante deslizamiento.

BIBLIOGRAFIA

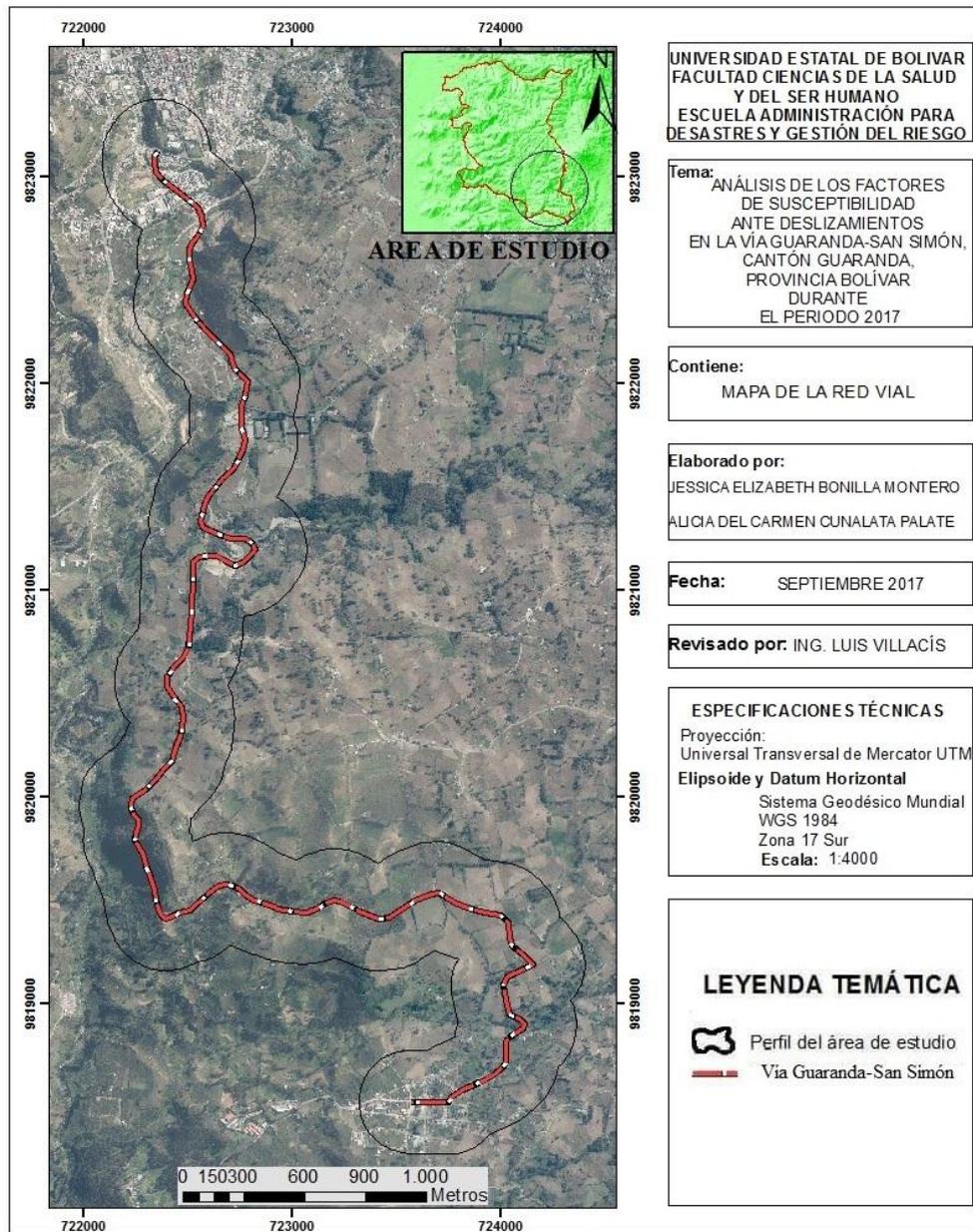
1. Abril, A. (2011). Estudio e implementación de un modelo para la zonificación de áreas susceptibles a deslizamiento mediante el uso de sistemas de información geográfica: caso de estudio sector Quimsacocha. Cuenca: Universidad de Cuenca.
2. Altamirano, J. (2015). El Examen Complexivo: una modalidad de titulación. Disponible en <http://www.geoinstitutos.com/>
3. Arévalo, A., & Agualongo, K. (16 de junio de 2017). Información sobre presupuesto y mantenimiento dado por la Junta Parroquial de San Simón. (J. Bonilla, & A. Cunalata, Entrevistadores)
4. Aristizábar, E., & et.al. (2010). UNa revisión sobre el estudio de movimientos en masa detonados por lluvias. Revista Académica Colombia Cienci., XXXIV(No. 131).
5. Asamblea Constituyente. (2008). Constitución de la República. Disponible en www.asambleanacional.gov.ec/documentos/constitucion_de_bolsillo.pdf
6. Ayala, A. (2000). Reducción de Riesgos Geológicos en España. Madrid - España: Editorial DIRDN.
7. Ayala, F., & Corominas, J. (2003). Mapa de susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas SIG. Madrid - España: With English Abstracts.
8. Chacón, J., Irigaray, G., & Fernández, T. (2007). Los movimientos de ladera de la provincia de Granada. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/258857650_LOS_MOVIMIENTOS_DE_LADERA_DE_LA_PROVINCIA_DE_GRANADA
9. Comercio, E. (8 de Abril de 2017). Dos personas fallecen dentro de un vehículo sepultado por un derrumbe en Cuenca.
10. Dias Suarez, J. (1998). Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales. Colombia: 2.

11. Escobar, C., & Duque, G. (2016). Cap. 3: Procesos de degradación. En Geotécnica para el trópico andino (págs. 56 - 60). Manizales - Colombia: Universidad El Rey Juan Carlos.
12. García, A. (2008). Poemas y cuentos con pictogramas como recurso para la lectura, escritura y otras habilidades comunicativas. *Glosas Didácticas*, 49 - 62.
13. Grupo de Estándares para Movimientos en Masa, GEMMA. (2007). Movimientos en masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería. *Publicación Geológica Multinacional*(No. 4), 432.
14. Ibáñez, J. (2006). Erosión del suelo: tipos de procesos erosivos. Disponible en <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/03/11/15557>
15. Idrovo, A., & Plaza, G. (2004). Zonificación de la Amenaza por Deslizamientos por el Método de MOra - Vahrson en Pimampiro de Imbabura, Proyectos Geológicos, Carrera de Ingeniería Geológica, Escuela Politécnica Nacional . Quito - Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
16. Lara, M., & Sepúlveda, S. (2008). Remosiones en masa. Santiago de Chile - Chile: Universidad de Chile - Departamento de Geología.
17. Marisol, L., & Sepúlveda, S. (2008). Remosiones en masa. Santiago de Chile - Chile: Universidad de Chile - Departamento de Geología.
18. Mesa, M. (2012). Estudio de factores de susceptibilidad (topográfico, geológico, hidrológico, geomorfológico, desarrollo social y económico) de la quebrada situada al flanco este del Cerro Susanga, ante la posibilidad reactiva del macro deslizamiento... 2012. Guaranda - Ecuador: Universidad Estatal de Bolívar.
19. Mora, C. (2004). Fundamentos sobre deslizamientos. Disponible en https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&cad=rja&uact=8&sqi=2&ved=0ahUKEwjipNqwluzUAhVHHD4KHcQJCFcQFggvMAU&url=http%3A%2F%2Fwww.bvsde.paho.org%2Fbvsade%2F%2Ffulltext%2Funi%2Fconf15.pdf&usg=AFQjCNEb_9k1r55nxGBUuZWl8aZdpzRUzQ.

20. Naranjo, E. (2012). Estudio de factores de susceptibilidad (Topográfico, Geológico, Hidrológico, Geomorfológico, desarrollo social y económico) de la quebrada situada al flanco suroeste del Cerro Susanga, ante la posible reactivación del macro deslizamiento... 2012. Guaranda - Ecuador: Universidad Estatal de Bolívar.
21. PDOT San Simón. (2011). PPlan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial PD y OT. 2011. San Simón - Guaranda - Ecuador: s/e.
22. Ruiz, A. (2012). El uso de los pictogramas. Disponible en http://www.ponceleon.org/logopedia/index.php?option=com_content&view=article&id=110
23. Sánchez, A. (2015). Pictogramas, lenguaje en imágenes. Disponible en <http://www.educapeques.com/estimulapeques/pictogramas-lenguaje-imagenes-ninos.html>
24. Sánchez, C., & Urrego, L. (2011). Metodología para la Evaluación de Riesgo en Corredores Viales. Bogotá - Colombia: Universidad Javeriana.
25. Sieron, K. (2015). Mecanismos asociados a la inestabilidad de laderas: factores que condicionan y desencadenan los deslizamientos. Veracruz - México: Centro de Ciencias de la Tierra - Universidad Veracruzana.
26. SINAGER. (2009). Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. Ginebra, Suiza.
27. UNDRO. “Susceptibilidad y amenaza de movimientos de ladera mediante SIG, en el municipio de Berlín el Salvador de Madrid”. Tesis de Grado, Universidad Complutense. España - Madrid.

ANEXOS

ANEXO 1: Mapa de delimitación del área estudio



Elaborado por: Bonilla y Cunalata'2017.

ANEXO 2: Tablas de rangos de la secretaria de gestión de riesgos

Tabla 1: Isoyetas	
Rango (mm)	Valor
1250	1
1750	2
2250	3
2750	4
3500	5
Tabla 2: Litología	
Descripción	Peso
Abanico Aluvial	5
Andesita Anfibolica, Riodacita	1
Bandesita, Brecha, Aglomerado	3
Andesita, Piroxenica, Piroclastos	3
Andesitas, Piroxenicas, Basalto	1
Andesitas, Piroxenicas, Basalto-Brecha Lahar	3
Arcilla Roja, Arenisca Fina	5
Arcillas	5
Arcillas, Abigarradas, Lutitas	5
Arcillas Abigarradas, Areniscas Arcillosas	5
Arcillas, Limolitas, Areniscas	5
Arcillas, Lutitas, Tobaceas, Yeso	5
Arcillas LutitasTobaceas, Yeso,Areniscas Finas	5
Arcillolita Roja, Limonita, Arenisca	5
Arcillolita, Roja, Limolita, Arenisacas	5
Arcillolitas, Limolitas, Areniscas, Conglomerados	5
Arenas de Erocion Glaciar	5
Arenisca, Arcilla Roja	5
Arenisca, AreniscaConglomeratica, Conglomerado	4
Arenisaca Caliza, Lutita	1
Arenisca Conglomerado De Cuarzo, Arcilla Roja	3
Areniscas	1
Areniscas Conglomeraticas, Lutitas, Conglomerados	4

Areniscas Cuarzosas De Grano Fino Amedio	1
Arenisacas Cuarzosas De Grano Fino Amedio, Lutitas	1
Areniscas Fina, Conglomerados, Arcillas, Lignitas	3
Areniscas Tobaceas, Areniscas Conglomeraticas, Conglomerados	4
Areniscas Conglomerados, Horizontes de Guijarros De Arcillas, Arcillas Bentoniticas, Areniscas Toba	4
Areniscas Conglomerados, Horizontes de Guijarros De Arcillas, Arcillas Bentoniticas, Areniscas Toba, Lutita	4
Areniscas, Lignitas	1
Conglomerados Gruesos, Tobas, Arenas, Arcillas	5
Conglomerados, Areniscas	4
Conglomerado, Areniscas Volcanoclasticas	4
Conglomerados , Areniscas, Lutitas	4
Conglomerados, Tobas, Brechas, Basaltos, Lutitas, Areniscas	4
Conglomerados, areniscas, (Terrazas Disectadas)	3
Cono de Deyección	5
Cuarcita, Filita, Esquistos, Grafita, Metavolcanica	1
Cuarcitas, Pizarras, Filitas, Esquistos	2
Deposito Aluvial	5
Deposito Coluvial	5
Deposito Coluvial (Primero-Cuarto)	5
Depósito De Terrazas	4
Deposito Fluvio-Glaciario	5
Deposito Lagunar	5
Deposito Laharítico	5
Depósitos Clásticos De Grano Medio A Grueso, Arenas, Arcillas	5
Depósitos Fluvio-Galciarios, Piroclastos	5
Depósitos Galciarios	5
Depósitos Galciarios, Morrenas	5
Derrumbe	5
Esquistos Verdes, Anfibolitas, Cuarcitas	3
Esquistos Verdes, Esquistos Muscovíticos, Cuarzo	3
Esistos Gneis	3

Granito	2
Granito Rosado, Grano Diorita, Diques	2
Lahares	5
Lahares, Arcillas, Limo Aglomerados	5
Lava Andesítica, Basalto	1
Lava Basáltica	1
Lava Piroclásticos	2
Lavas Basálticas, Lahar, Piroclastos	3
Lavas, Brecha, Dacita, Toba	3
Limolitas, Areniscas, Conglomerados Cuarzosos	4
Limolita, Arenisca, Arenisca Conglomerados Cuarzosos	4
Limolita, Arenisca, Arenisca Conglomerático Conglomerado	4
Lutita Negra, Chert, Caliza Negra, Caliza Fosilífera, Arenisca Bituminosa, Arenisca Calcarea	4
Lutita Arenisca, Cuarzosa, Pizarra Grafítica, Arenisca, Limonita	3
Lutita, Arenisca Cuarzosa	3
Lutitas Abigarradas, Limo Yeso, Areniscas	4
Lutitas Abigarradas, Yeso, Limo Areniscas	4
Lutitas Carbonosas, Areniscas Arcillosas, Areniscas Cuarcíferas	4
Lutitas Negras, Calizas Negras, Chert Negro, Arenisca Calcarea	2
Piroclastos	3
Piroclastos, Lavas	2
Piroclastos, Andesita	2
Piroclastos, Andesita, Aglomerado, Lavas	2
Porfíricos Y Extrusivos Indiferenciados	1

Tabla 3: Geomorfología

Descripción	Peso_mm	Peso_Inund
Abruptos de Conos de Deyección	4	1
Bancos Y Diques Aluviales	1	4
Barreras De Escalonamiento	2	3
Camaroneras	1	5
Causes Abandonados	1	5
Chevrones	5	1

Colinas Altas	4	1
Colinas Bajas	3	3
Colinas Medianas	3	2
Conos De Deyección Disectados	4	2
Conos De Deyección Muy Disectados	4	2
Conos De Deyección Y Esparcimiento	3	1
Cordones Litorales	3	1
Cuerpos De Agua	1	5
Cuestas	3	1
Cuestas Muy Disectadas	4	1
Laderas Coluviales	5	1
Llanuras Aluviales De Depositacion	1	5
Manglar	1	5
Mesas	3	2
Mesas Disectadas	3	1
Mesas Marinas	2	3
Mesas Muy Disectadas	3	1
Nieve	4	1
Nivel Aluvial Alto	1	4
Nivel Aluvial Bajo	1	4
Pantanos	1	5
Piedemonte Coluvial	4	1
Planicies Costaneras	1	5
Playas	1	2
Playas Emergidas Antiguas	1	2
Relieve Escarpado	4	1
Relieve Montañoso	4	1
Salitrales Y Zonas Salinas	1	4
Superficies De Aplanamiento	3	1
Talud De Derrubios	5	1
Terraza Alta	2	3
Terraza Aluvial	1	4
Terraza Baja	1	5

Terraza Colgada	3	2
Terraza Indiferenciada	3	3
Terraza Muy Alta	2	3
Valles Interandinos	3	1
Valles Encañonados	4	1
Valles Glaciáricos	3	1
Valles Y Llanuras Fluvio-Marinas	2	3
Vertientes Convexas	3	1
Vertientes Cóncavas	4	1
Vertientes Irregulares	4	1
Vertientes Regulares	3	1
Zonas Urbanas	1	3
Zonas Deprimidas	3	1

Tabla 4 : Pendientes

Clase	Rango	Ponderación
Muy Baja	0 – 15	1
Baja	15 – 30	2
Media	30 – 50	3
Alta	50 – 70	4
Muy Alta	>70	5

Tabla 5 : Uso y cobertura del suelo

Descripción	Peso	Ponderación
Área urbana	1	Muy baja
Bosque intervenido	2	Baja
Cuerpos de agua	1	Muy baja
Cultivos de maíz suave	4	Alto
Suelo desnudo	5	Muy alto
Vegetación arbustiva	3	Medio
Vegetación herbácea	3	Medio

Fuente: Secretaria de Gestión de Riesgos, 2013.

Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

ANEXO 3: Presupuesto y Recursos

El presente proyecto de investigación de análisis de los factores de susceptibilidad ante deslizamientos en la Vía Guaranda-San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar se llevó a cabo desde el mes de Mayo 2017, hasta la presente fecha.

Talento Humano

Director del proyecto de Titulación Ing. Luis Villacis.

Srta. Jessica Bonilla

Srta. Alicia Cunalata

Alquiler y Servicios	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Transporte Local	Viajes	10	\$0,50	5,00
Internet	Mes	4	\$20,00	80,00
Impresiones para trámites	Hoja	25	\$0,50	12,50
Impresiones	Hoja	480	\$0,20	96,00
Empastado y Anillado	Documento	4	\$4,50	18,00
Equipos y Materiales				
Software ArcGis 10.3	Mapas	9	\$20,00	180,00
Flash Memory	Unidad	2	\$12,00	24,00
Otros Costos, servicios				
Instalación del programa de (ArcGis 10.3)	Unidad	2	\$10,00	20,00
Total				434,50

Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

ANEXO 4: Cronograma y Actividades

Proyecto de investigación

Tema: “Análisis de los factores de susceptibilidad ante deslizamientos en la Vía Guaranda-San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar durante el periodo 2017”

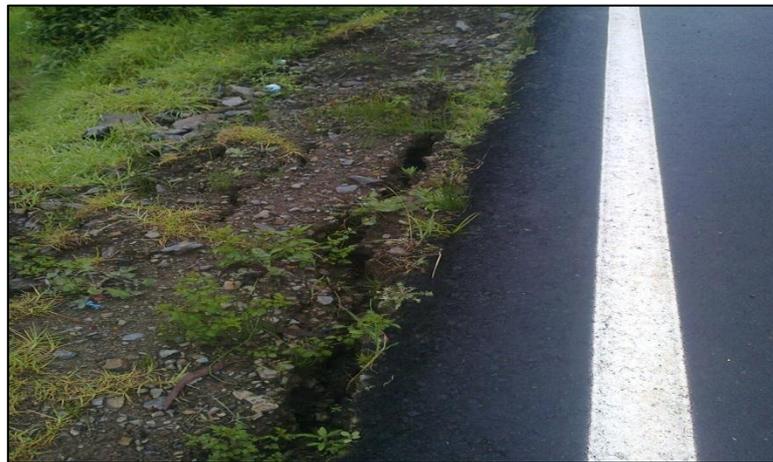
ACTIVIDADES DE TRABAJO	MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				RESPONSABLES
	Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas								
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1. Presentación del tema de investigación																									Srta. Jessica Bonilla Srta. Alicia Cunalata
2. Nominación del tutor encargado																									Ing. Luis Villacís
CAPITULO 1: EL PROBLEMA																									
3. Planteamiento del problema																									Srta. Jessica Bonilla Srta. Alicia Cunalata
4. Formulación del problema																									
5. Objetivos																									
6. Justificación																									
7. Limitaciones																									
CAPITULO 2: MARCO TEORICO																									
8. Antecedentes de la investigación																									Srta. Jessica Bonilla Srta. Alicia Cunalata
9. Bases teóricas																									
10. Definición de términos																									
11. Sistema de variables																									
CAPITULO 3: MARCO METODOLOGICO																									
12. Nivel de investigación																									Srta. Jessica Bonilla Srta. Alicia Cunalata
13. Diseño																									
14. Población y muestra																									
15. Técnicas e instrumentos de recolección de datos																									

ANEXO 5: Fotografías

Observación de campo en la Vía Guaranda-San Simón



Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.



Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.



Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

Extracción de la muestra en la vía Guaranda-San Simón



Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.



Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.



Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

Analisis de la muestra fisica en el laboratorio Ciencias Agropecuarias



Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

La densidad del suelo y su tamización de la muestra seca al ambiente, y colocación en la probeta para su respectivo análisis



Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.



Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

Para el Grado de acidez (PH), pesamos la muestra de suelo a continuación añadimos agua destilada y reposo de 30min para los resultados.



Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.



Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.



Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

Para la humedad del suelo, colocamos en el crisol la muestra del suelo húmedo y lo colocamos en la estufa durante 24 horas para sus resultados.



Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.



Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.



Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

Para la materia orgánica, colocamos en el Erlenmeyer añadimos ácidos para su respectivo procedimiento y dejamos 30min para sus resultados.



Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

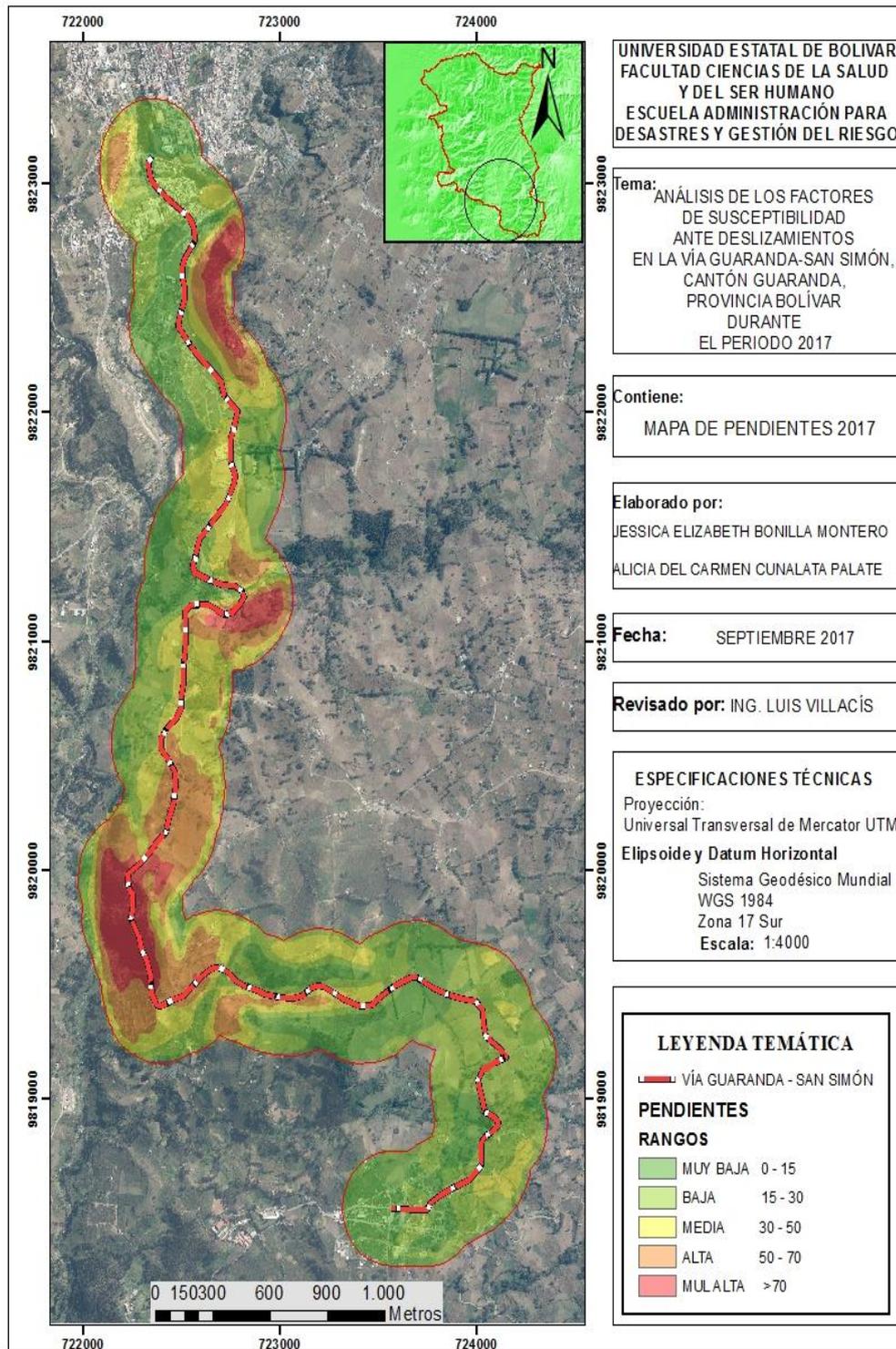


Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.



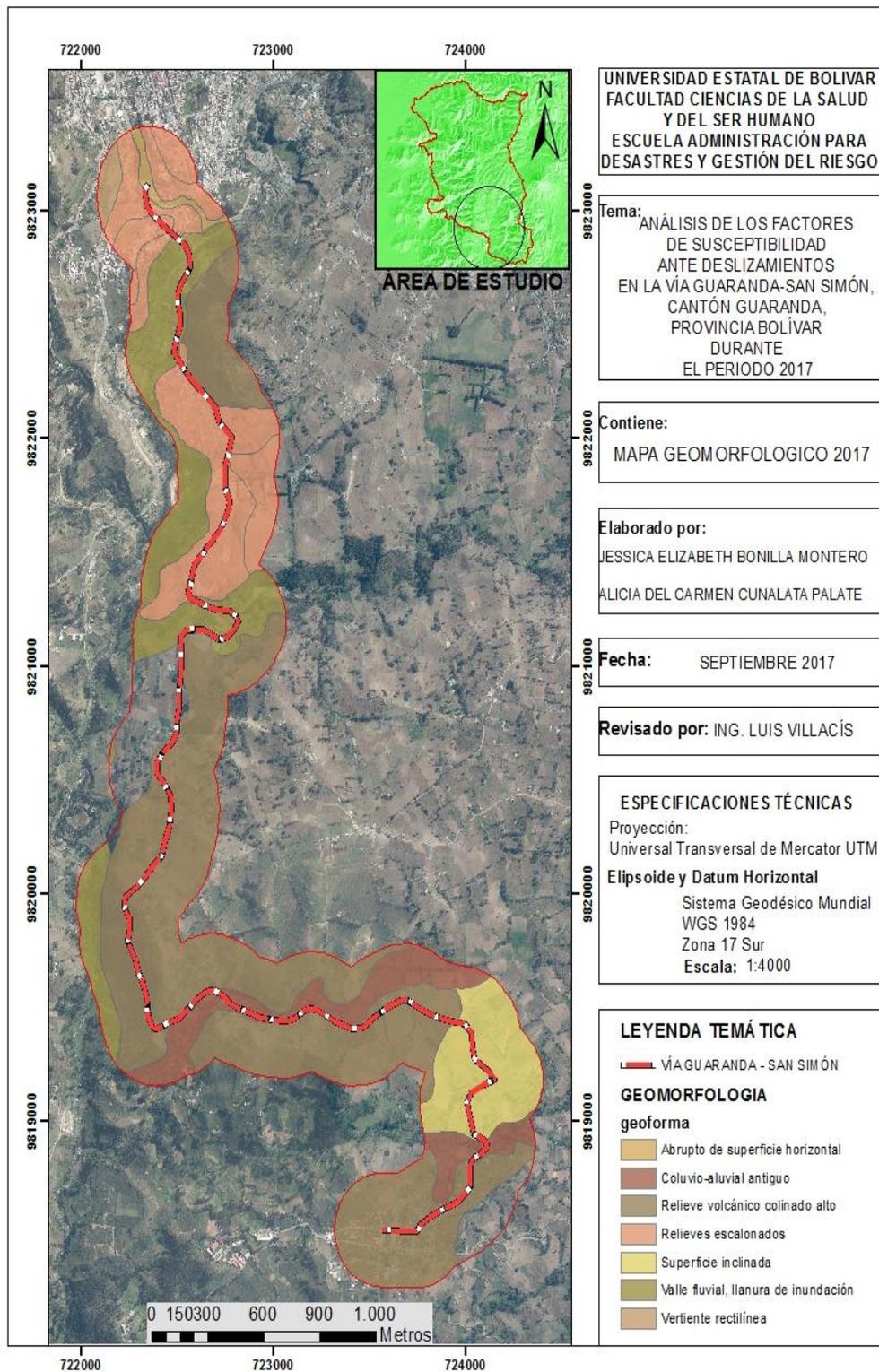
Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

ANEXO 6: Mapa de Pendiente.



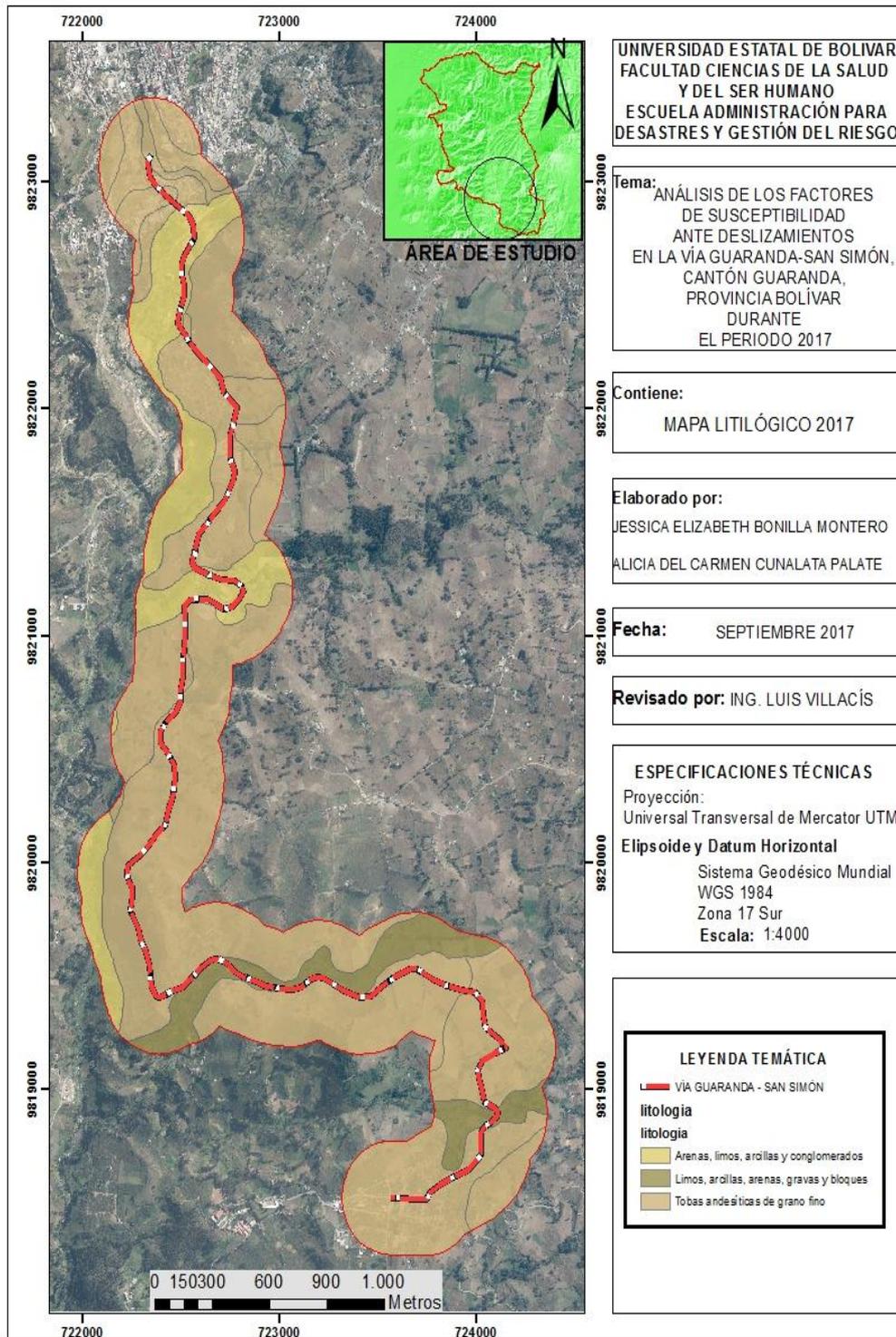
Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

ANEXO 7: Mapa Geomorfológico.



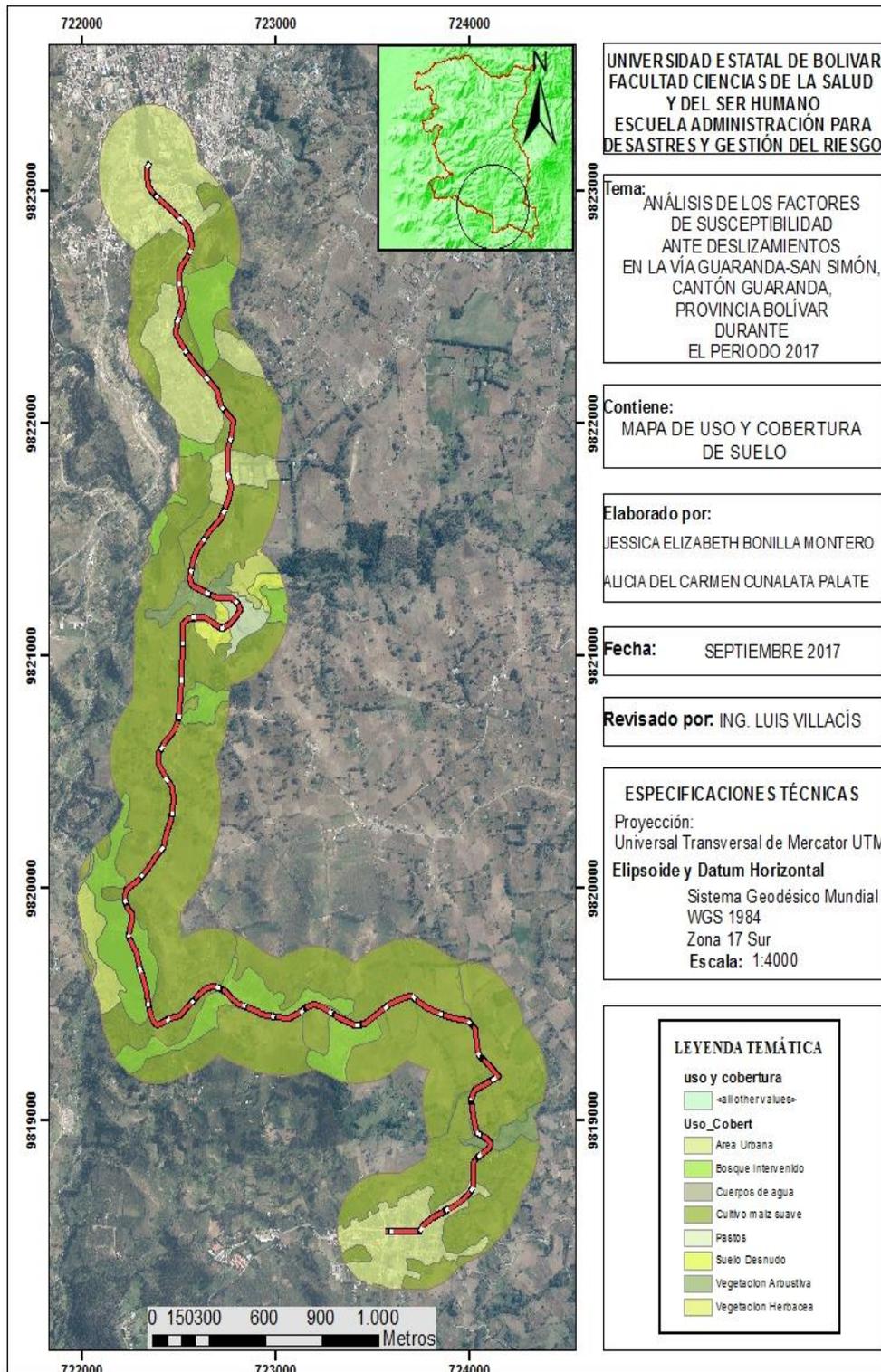
Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

ANEXO 8: Mapa Litológico.



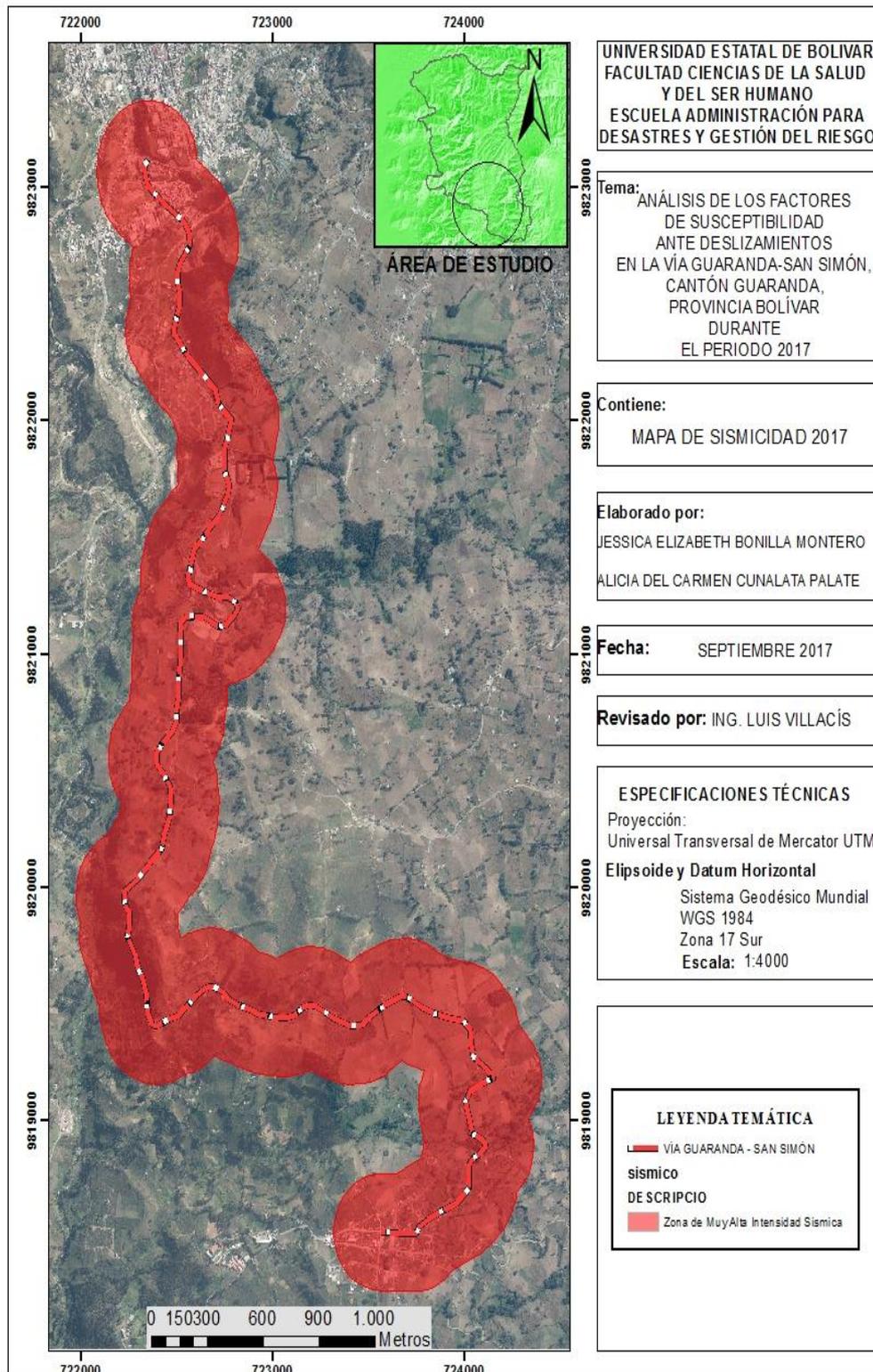
Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

ANEXO 9: Mapa de Uso y Cobertura de Suelo



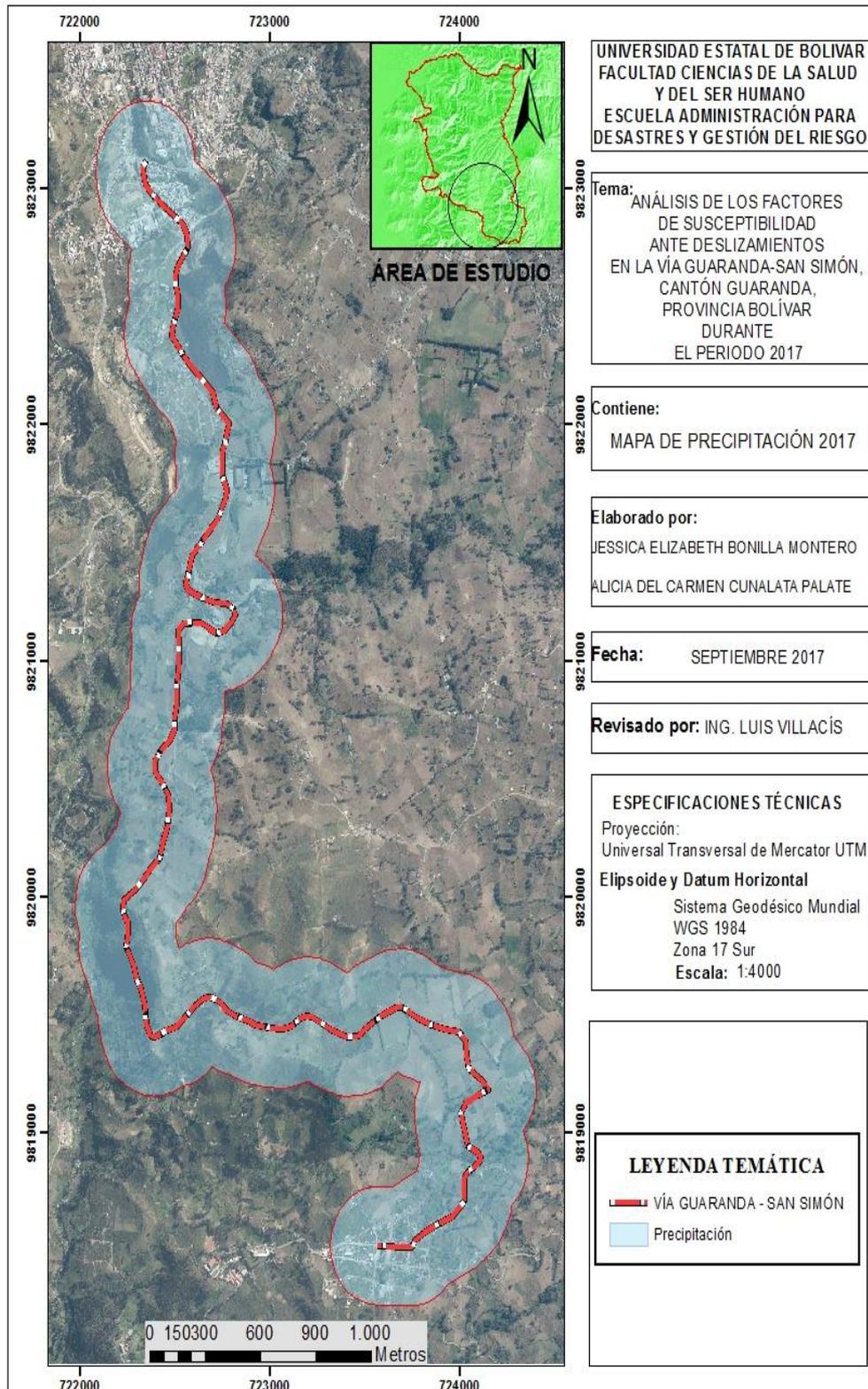
Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

ANEXO 10: Mapa de Sismicidad.



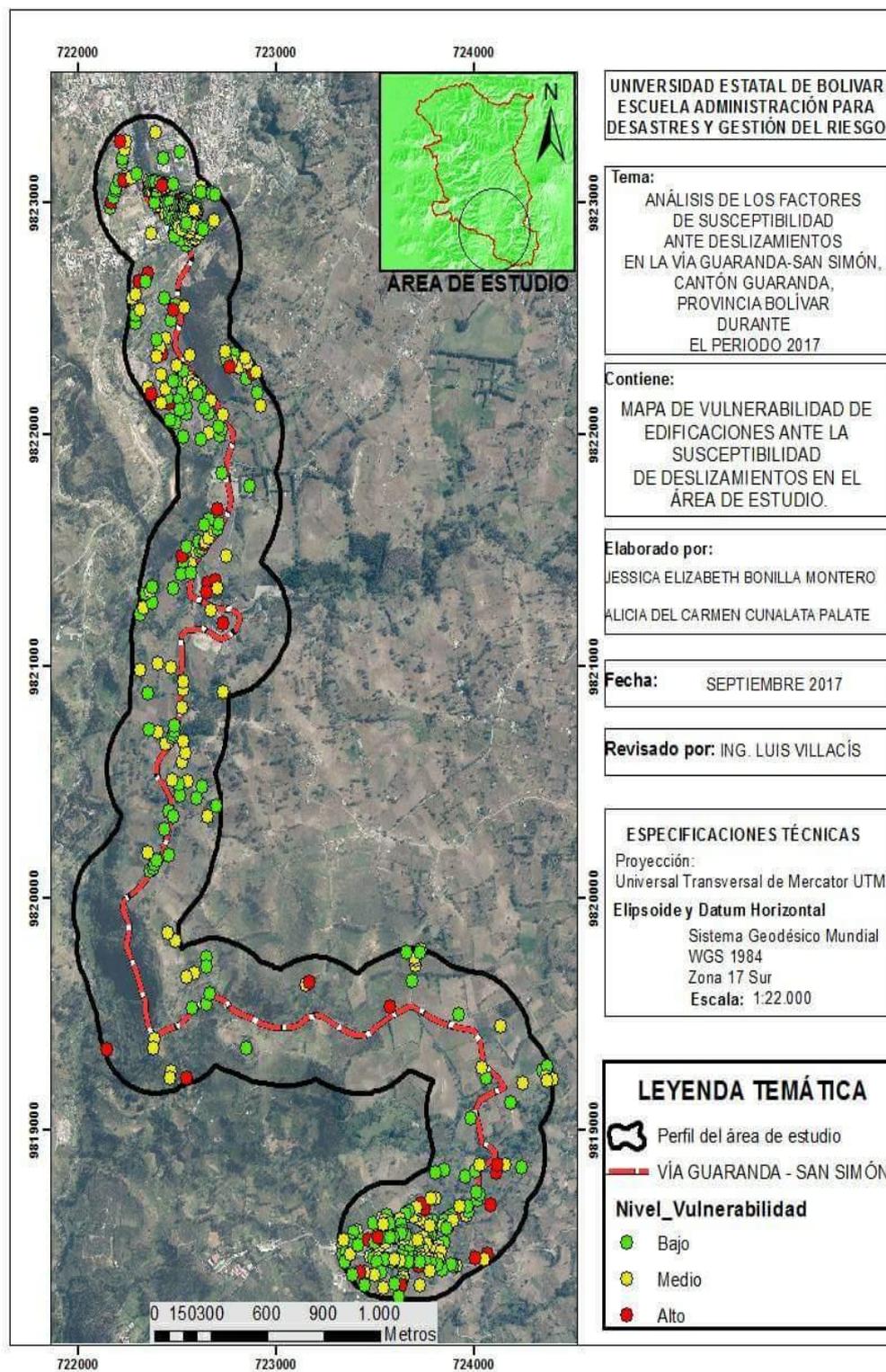
Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

ANEXO 11: Mapa de Precipitación.



Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.

ANEXO 12: Mapa de vulnerabilidad de edificaciones



Elaborado por: Bonilla y Cunalata, 2017.