



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
INGENIEROS EN ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL RIESGO

TEMA:

EVALUACIÓN DE AMENAZAS POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR
DIVINO NIÑO DEL CANTÓN CHIMBO

AUTORES:

GRIMANEZA ESTEFANÍA CARBALLO PAREDES

CÉSAR FELIPE DEL POZO ALDÁZ

TUTOR:

ING CIVIL. GINO NOBOA

GUARANDA – ECUADOR
2020

**I. CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO INVESTIGATIVO EMITIDO
POR EL TUTOR(A)**

Guaranda a, 30 de julio de 2020

El suscrito Ingeniero Civil Gino Noboa, director del proyecto de Investigación de pregrado de la Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano de la Universidad Estatal de Bolívar, en calidad de Docente – Tutor.

CERTIFICA:

En mi calidad de director del trabajo de titulación mediante la modalidad de proyecto de investigación titulado: “EVALUACIÓN DE AMENAZAS POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR DIVINO NIÑO DEL CANTÓN CHIMBO”. Realizado por: César Felipe Del Pozo Aldáz y Grimaneza Estefanía Carballo Paredes 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. CIV. GINO NOBOA FLORES

DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE PRE GRADO

II. DEDICATORIA I

Dios, tu amor y tu bondad no tienen fin, me permites sonreír ante mis logros que son resultados de tu ayuda y cuando caigo y me pones a prueba, aprendo de mis errores y me doy cuenta que pones en frente mío para que mejore como ser humano, y crezca de diversas maneras

Este trabajo de tesis ha sido una gran bendición en todo sentido y te agradezco a ti padre y madre por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años gracias a ustedes eh logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido el orgullo y privilegio de ser su hija ya que son los mejores padres que dios me pudo dar.

A mis hermanas (o) por estar siempre presentes acompañándome y por el apoyo moral que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

A mi hija y mi esposo por ser el motor de mi vida.

A todas las personas que me apoyaron y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos, gracias por estar presente no solo en esta etapa tan importante de mi vida.

Cada momento en vivido durante todos estos años, son simplemente únicos, cada oportunidad de corregir un error, la oportunidad de que cada mañana puedo empezar de nuevo, sin importar la cantidad de errores y fallas cometidas durante el día anterior.

Grimaneza Paredes

III. DEDICATORIA II

Dedico este trabajo a Dios por haberme permitido llegar a este momento tan importante en mi formación profesional. A mi madre Sonia Aldáz por haberme dado la vida, por ser el pilar fundamental siendo aquella persona cariñosa y amable que me acompañó durante toda mi vida, que me ha formado con buenos valores y sentimientos lo cual me ayudó a salir adelante en todo momento.

A mi padre Galo Del Pozo que me enseñó a luchar y a seguir mis metas y por ser esa persona recta que a pesar de no estar a mi lado me acompaña desde el cielo protegiéndome y guiándome por un buen camino para lograr mis objetivos.

A mi hermano y hermana por siempre estar a mi lado en los buenos y malos momentos aconsejándome y nunca dejarme solo en esta etapa de mi vida alentándome a seguir adelante.

A mi esposa que siempre ha permanecido a mi lado a pesar de las adversidades, siendo incondicional con su apoyo durante todos los años de mi carrera.

A mi hija por ser la razón y el motor de seguir adelante, superándome para que nunca le falte nada y poder verle feliz guiándole por un buen camino lleno de valores.

César Del Pozo Aldáz

IV. AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradecemos a la Universidad Estatal de Bolívar por habernos aceptado ser parte de ella y abierto las puertas de su seno científico para poder estudiar en esta distinguida carrera, así como también a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y apoyo para seguir adelante día a día.

Agradecemos también a nuestro Tutor de Tesis el Ing. Gino Noboa por habernos brindado las oportunidades de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así como también habernos tenido toda la paciencia del mundo para guiarnos durante todo el desarrollo de la tesis.

Nuestro agradecimiento también va dirigido al GAD Municipal del Cantón Chimbo principalmente al Director de Planificación el Arq. Roberto Arellano por ayudarnos y permitirnos tener información de dicho Cantón.

Además agradecer al Ing. Miguel Ángel Chávez Moncayo, profesor de la Escuela Politécnica del Litoral ESPOL.

Y para finalizar, también agradecemos a todos los que fueron nuestros compañeros de clase durante todos los niveles de Universidad ya que gracias al compañerismo, amistad y apoyo moral han aportado en un alto porcentaje a nuestras ganas de seguir adelante.

Carballo Grimaneza y Del Pozo César

V. TEMA

EVALUACIÓN DE AMANAZAS POR DESLIZAMIENTO EN EL SECTOR DIVINO
NIÑO DEL CANTÓN CHIMBO

Índice de contenido

I. CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO INVESTIGATIVO EMITIDO POR EL TUTOR(A)	II
II. DEDICATORIA I.....	III
III. DEDICATORIA II.....	IV
IV. AGRADECIMIENTO	V
V. TEMA	VI
VI. SIGLAS INSTITUCIONALES	XIV
VII. RESUMEN EJECUTIVO.....	XV
VIII. ABSTRACT.....	XVI
IX. INTRODUCCIÓN	XVII
CAPÍTULO 1	1
EL PROBLEMA	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Formulación del problema	2
¿Cuáles son los niveles de susceptibilidad de deslizamiento y como mitigar sus posibles impactos en el sector Divino Niño, del cantón Chimbo?	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivos Específicos	2

1.4	Justificación de la investigación.....	3
1.5	Limitaciones	4
CAPÍTULO 2		5
MARCO TEÓRICO		5
2.1	Antecedentes de la investigación	5
2.2	Contextualización del estudio	7
2.3	Bases teóricas	8
2.3.1	Movimientos de remoción en masa	8
2.3.2	Tipos de movimientos por remoción en masa	11
2.3.3	Factores que provocan los movimientos en masa:	17
2.3.4	Método de evaluación MORA VARSHON	21
2.3.5	Software Galena.....	33
2.3.6	Soluciones basada en ecosistemas	34
2.4	Marco Legal	35
2.5	Definiciones	39
2.6	Sistema de variables	41
2.7	Matriz de operacionalización de variables	42
CAPÍTULO 3		43
MARCO METODOLÓGICO		43
3.1	Nivel de investigación.....	43

3.2	Diseño de la investigación.....	43
3.3	Población y Muestra.....	44
3.4	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	45
3.5	Técnicas de procesamiento de la información	45
CAPÍTULO 4.....		49
RESULTADOS.....		49
4.1	Resultados del objetivo 1: Identificación de zonas susceptibles a deslizamientos en el sector Divino Niño, del cantón Chimbo.	49
4.2	Resultados del objetivo 2: Estabilidad de taludes en el área de estudio con el software Galena.....	65
4.3	Resultados del objetivo 3: Medidas de mitigación a riesgos de deslizamientos a través del aprovechamiento de los servicios ecosistémicos.	73
	Evapotranspiración	77
CAPÍTULO 5.....		82
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		82
5.1	Conclusiones	82
5.2	Recomendaciones.....	84
BIBLIOGRAFÍA.....		85
ANEXOS.....		89
	Cronograma.....	89

Fotografía 1 Medición del corte de talud en al barrio Divino Niño	90
Fotografía 2 Talud en estudio – barrio Divino Niño.....	91
Fotografía 3 Trabajo en campo de los estudiantes	92
Fotografía 4 Medición del talud en estudio.....	93
Fotografía 5 Trabajo en escritorio.....	94
Fotografía 6 Revisiones de avances con el tutor.....	95
Mapa N° 1 Del área de estudio	96
Mapa N° 2 De cobertura y uso de suelo.....	97
Mapa N° 3 De geomorfología.....	98
Mapa N° 4 De litología.....	99
Mapa N° 5 De pendientes	100
Mapa N° 6 De precipitación.....	101
Mapa N° 7 De sismicidad	102
Mapa N° 8 De susceptibilidad a deslizamientos	103
Mapa N° 9 Zona de talud calculada	104
Procesamiento GALENA.....	105

Índice de cuadros

Cuadro 1 Clasificación de pendientes Mora Vahrson.....	23
Cuadro 2 Clasificación geológica Mora Vahrson	24
Cuadro 3 Clasificación litológica Mora Vahrson.....	25
Cuadro 4 Clasificación geomorfológica Mora Vahrson	27
Cuadro 5 Clasificación geomorfológica Mora Vahrson	28
Cuadro 6 Clasificación cobertura de suelo Mora Vahrson	30
Cuadro 7 Clasificación cobertura de suelo Mora Vahrson	31
Cuadro 8 Clasificación sismicidad de suelo Mora Vahrson	31
Cuadro 9 Clasificación sismicidad de suelo Mora Vahrson	32
Cuadro 10 Operación variable en estudio	42
Cuadro 12 Aplicación de Mora Vahrson	46
Cuadro 13 Ventajas resumidas de la vegetación.....	75
Cuadro 14 Prácticas para mitigar deslizamientos	80

Índice de figuras

Figura 1 Mapas de deslizamiento - Ecuador	6
Figura 2 Deslizamientos.....	10
Figura 3 Desprendimiento.....	11
Figura 4 Colapso	12
Figura 5 Deslizamiento rotacional - resbalamiento	13
Figura 6 Propagación	14
Figura 7 Flujo.....	15
Figura 8 Reptación - Soliflucción.....	16
Figura 9 Deformación gravitacional	17
Figura 10 Soluciones basadas en ecosistemas	74
Figura 11 Retención de agua por vegetación	76
Figura 12 Evapotranspiración	77
Figura 13 Erosión.....	78
Figura 14 Fijación de suelo.....	79

Índice de mapas

Mapa 1 Área de estudio.....	49
Mapa 2 Cobertura y uso de suelo.....	52
Mapa 3 Geomorfología	54
Mapa 4 Litología.....	56
Mapa 5 Pendientes	58
Mapa 6 Precipitación.....	60
Mapa 7 Sismología.....	62
Mapa 8 Susceptibilidad a deslizamientos	64
Mapa 9 Ubicación de la zona de talud calculada.....	66

VI. SIGLAS INSTITUCIONALES

AME	Asociación de Municipios del Ecuador
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
COOTAD	Código Orgánico de Organización Territorial y Autonomía
COPLAFIP	Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas
GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado
IGM	Instituto Geográfico Militar
MAE	Ministerio del Ambiente
NAU	Nueva Agenda Urbana
SNGRE	Servicio Nacional de Gestión de Riesgo
RRD	Reducción de Riesgo de Desastres
NU	Naciones Unidas
UEB	Universidad Estatal de Bolívar
UNISDR	Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción de Riesgos de Desastres

VII. RESUMEN EJECUTIVO

Los movimientos en masa son amenazas que limitan los procesos de desarrollo a diferentes tipos de escala, todo dependerá de la magnitud, intensidad y recurrencia con la cual estos se presenten, los factores que influyen en su desarrollo, se les ha denominado como desencadenantes asociados a factores externos como, la lluvia, el viento y sismos, los condicionantes son propios de su entorno natural, tales como textura del suelo, pendiente, geología, erosión y otros.

La importancia que remarca el proceso investigativo va asociado a lo social, económico, político y ambiental del sector Divino Niño del cantón Chimbo, el cual tiene como propósito identificar posibles zonas de susceptibilidad frente a deslizamientos, medidas para estabilización de talud de la zona de estudio, acciones a través de servicios ecosistémicos.

Para lo cual se aplicó la metodología de Mora Vahrson y Galena, en la primera se establece indicadores, los cuales tienen pesos de ponderación asignados, que permitió realizar la susceptibilidad y Galena el cálculo de la estabilidad del talud, como último apartado se incluyen soluciones basadas en ecosistemas para mitigar los impactos negativos de los deslizamientos.

Se identificó que las zonas más susceptibles a deslizamientos son aquellas que se encuentran con una pendiente pronunciada y la cobertura vegetal es mínima, la zona más expuesta es la vía y del cálculo del talud, el cálculo del coeficiente de seguridad muestra que basta la intensidad mínima de una precipitación o un sismo para activar el deslizamiento, para lo cual se estableció el uso de vegetación como una medida de mitigación debido a la fijación que le da al suelo, la infiltración y la humedad, esto como parte de los servicios que la naturaleza ofrece.

Palabras claves: Amenaza, Deslizamiento, Detonante, Desencadenante, Fijación, Talud.

VIII. ABSTRACT

Mass movements are threats that limit development processes to different types of scale, everything will depend on the magnitude, intensity and recurrence with which they appear, the factors that influence their development have been called as; triggers associated with external factors such as rain, wind and earthquakes, the determining factors are typical of their natural environment, such as soil texture, slope, geology, erosion and others.

The importance of the investigative process is associated with the social, economic, political and environmental aspects of the Divino Niño sector in the Chimbo canton, which aims to identify possible areas of susceptibility to landslides, measures to stabilize the slope of the study area, actions through ecosystem services.

For which the methodology of Mora Vahrson and Galena was applied, in the first, indicators are established, which have assigned weights, which allowed the susceptibility and Galena to calculate the stability of the slope, as a last section, solutions based on in ecosystems to mitigate the negative impacts of landslides.

It was identified that the most susceptible areas to landslides are those that are with a steep slope and the vegetation cover is minimal, the most exposed area is the road and the slope calculation, the resulting safety coefficient indicated that the minimum intensity of a precipitation or an earthquake to activate the landslide, for which the use of vegetation was established as a mitigation measure due to the fixation it gives to the soil, infiltration and humidity, this as part of the services that nature offers .

Key words: Hazard, Slip, Detonating, Trigger, Fixation, Slope

IX. INTRODUCCIÓN

La Reducción de Riesgo de Desastres, forma parte de la estrategia mundial para garantizar los procesos de desarrollo local, regional, estatal y global hasta el año 2030, la definición de siete objetivos mundiales y cuatro prioridades de acción, determinan la responsabilidad que deben asumir los administradores territoriales; la finalidad es, garantizar resiliencia económica, social y estructural en cada uno de sus espacios geográficos (ONU., 2015).

En las circunscripciones territoriales, se identifican diferentes tipos de actores locales, los cuales deben favorecer positivamente para alcanzar los objetivos mundiales y las prioridades de acción, somos conscientes que uno de estos actores fundamentales es la academia, quienes a través de sus procesos de formación, gestión e investigación, deben contribuir efectivamente al conocimiento sobre gestión de riesgos, el cual coadyuva a minimizar los impactos negativos que se generan de los eventos peligrosos.(Reyes Rivero et al., 2017)

La Universidad Estatal de Bolívar, a través de sus profesionales en Gestión de Riesgo de Desastres, constantemente genera productos investigativos como parte final de su proceso académico, los cuales se han desarrollado en distintas parte del país, especialmente en la provincia Bolívar.

El conocimiento teórico y práctico adquirido en nuestro proceso de formación, nos lleva a identificar, la necesidad imperante de investigar aquellas amenazas que ponen en peligro la vida de las personas, los ecosistemas, los medios de vida y demás situaciones de desarrollo,(Martínez-Bernal et al., 2018) identificadas como posible prioridades de acción local, son muchas las razones

por las que seleccionamos el sector Divino Niño, ubicado en el cantón Chimbo, de la provincia Bolívar.

Aspectos como ubicación geográfica, recurrencia de eventos a escala local, condiciones litológico, vegetación, condiciones climáticas entre otros; son algunas de las características que se pueden describir de una primera aproximación bibliográfica (L. Gómez, 2008) y visual de la zona de estudio.

La descripción anterior nos permite entender a los deslizamientos como fenómenos de origen socio natural, que según sus características y factores pueden desarrollarse negativamente sobre su espacio geográfico, limitando así procesos de desarrollo local (Borsdorf, 2003).

Nuestro interés investigativo va más allá de nuestro proceso de culminación académica, queremos dejar sentado una herramienta que se considere para un análisis interpretativo y de intervención en la localidad,(Bustos Aguayo et al., 2017) para lo cual se realizará una evaluación a deslizamientos utilizando la metodología de Mora-Vahrson, con indicadores morfodinámicos, los mismos que estén definidos por índice de influencia, su forma de impacto y sus niveles de exposición, el modelado e interpretación cartográfico (Mora, R., 2004) será con la utilización de sistemas de información geográfica y por otro lado se utilizara Galena que es un software de análisis Geotécnico basándose específicamente en el comportamiento de taludes según su condición característica tales como tipos de suelo, altura, inclinación y carga aplicada.

Los diferentes análisis permitirán establecer diferente rango de estimación y susceptibilidad de la amenaza estudiada, será un cuadro relevante y valorativo para la

administración local como parte del desarrollo y la planificación territorial (Mateo Rodríguez, 2016) motivo por el cual el tema investigativo se ha dividido en cinco capítulos

El primer capítulo plantea el análisis del problema de investigación. Se establecen los antecedentes del problema y su formulación, así como la justificación del estudio y los objetivos propuestos. De igual manera, se presenta la delimitación del estudio y el alcance propuesto por los autores.

En el segundo capítulo se analizan las bases teóricas de la investigación. En este punto se abordan las teorías de riesgos, indicadores, organismos de control en el país y estudios previos realizados que puedan servir de base para una mejor definición de la metodología del estudio.

El tercer capítulo se encarga de la descripción metodológica de la investigación. Se plantea el tipo de investigación, instrumentos utilizados, variables de análisis y tratamiento de los datos.

El capítulo 4 se presenta el análisis de resultados que se estructura en base a los objetivos planteados al inicio del trabajo

Finalmente se presenta el capítulo 5 en la cual se establece claramente las conclusiones generales y recomendaciones que se consideran pertinentes en el abordaje de la investigación.

CAPÍTULO 1

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

Los deslizamientos o aludes, es el nombre característico que se otorga a los movimientos de tierra por su inestabilidad y diversas situaciones que generan los mismos; aquí mencionamos algunas de ellas, la tala indiscriminada de árboles, la cual deja el suelo desprotegido; el clima, como la lluvia y el viento, los cuales erosionan la tierra; el mismo suelo debilitado, el cual no soporta su propio peso y se desprende.(Baas et al., 2009)

Las consecuencias de los deslizamientos, dependen de su magnitud e intensidad, y sus impactos resultan en inversiones que asumen los administradores territoriales en obras físicas, o en otros escenarios, construcciones por los mismos propietarios de los sectores afectados; otro impacto que está relacionado a lo social, describiríamos las pérdidas de vidas humanas, pérdidas de sus bienes, inmuebles, afectación a los medios de vida, situaciones que dejan trastornos socioemocionales en las seres humanos y especialmente en familiares de las personas fallecidas; el ambiente, es otro factor que constantemente se ve afectado por actividades extractivas, las cuales degradan al suelo que constantemente se debilita (Reyes Rivero et al., 2017)

Todas estas problemáticas vienen relacionadas directa o indirectamente a las actividades humanas sobre la naturaleza y los factores que de ella se componen, por eso es importante identificar estos fenómenos y estudiarlos a mayor detalle, para así poder cuantificar sus probables afectaciones (Vallejo Mejía, 2017).

Nuestra investigación, centrada en el sector, Divino Niño, ubicado en el cantón Chimbo, de la provincia Bolívar, nos permitirá aproximarnos a caracterizar los factores que generan los deslizamientos, problemática que constantemente se presenta con más frecuencia en la época invernal, considerando que el cantón, tiene una orografía heterogénea y anteriormente se han presentado eventos de esta naturaleza, en otros espacios con características similares dentro del mismo cantón. (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Chimbo, 2014)

1.2 Formulación del problema

¿Cuáles son los niveles de susceptibilidad de deslizamiento y como mitigar sus posibles impactos en el sector Divino Niño, del cantón Chimbo?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Evaluar la amenaza por deslizamientos en el sector Divino Niño del cantón Chimbo, la cual permita caracterizar la problemática y considerar soluciones técnicas.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar las zonas de susceptibilidad a deslizamientos en el sector Divino Niño, del cantón Chimbo.
- Analizar la estabilidad de taludes en el área de estudio con el software Galena.
- Proponer medidas de mitigación de riesgos de deslizamientos a través de soluciones basadas en naturaleza.

1.4 Justificación de la investigación

Los deslizamientos son característicos a nivel mundial, expertos mencionan que estos se incrementan en espacios donde ha intervenido el ser humano, la densidad poblacional, el desarrollo urbanístico desordenado, ha conllevado a ocupar sitios que son susceptibles a este tipo de fenómenos, (pendientes), sumado a estos los factores externos como; fuertes precipitaciones, vientos y sus composiciones mixtas de los suelos, esto conlleva a crearse escenarios con situaciones desastrosas (Lavell, 1999).

Son los gobiernos locales los encargados de generar desarrollo en los territorios, deben ser minuciosos en la generación de obra física - urbanística, cuando describimos el término desarrollo relacionamos aspectos sociales, económicos, políticos y ambientales; por una lado la sostenibilidad de la sociedad la cual genere su propia economía y por otro la voluntad política para la toma de decisiones para conservar el ambiente (Pérez-Muñoz et al., 2017).

La gran importancia de este trabajo investigativo, conlleva a contribuir positivamente en el proceso de desarrollo local, en el cantón Chimbo, especialmente del sector Divino Niño, los beneficiarios directos serán las personas que habitan en el barrio, ya que, al conocer su nivel de riesgo al que se encuentran expuestos, ayudará a generar capacidades para actuar de forma oportuna y eficiente, sobre todo hacer el buen uso de los espacios según el tipo de suelo, los beneficiarios indirectos será la administración local porque su gestión se centrara en analizar el documento, profundizando alternativas de solución ya que ellos tiene la obligación de garantizar la seguridad y el bienestar de todos los habitantes del sector antes mencionado. (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Chimbo, 2014).

La aplicación de diferentes metodologías técnicas, en este caso Mora-Vahrson y Galena ayudan a identificar lugares que potencialmente son susceptibles a deslizamientos en el sector Divino Niño, estas zonificaciones analizadas a través de información de campo y geoespacial,(Unesco et al., 2002) serán ampliamente aceptadas por la academia por su aporte positivo a los aspectos investigativos, los cuales despiertan interés en los futuros ingenieros para la utilización de las metodologías combinadas con plataformas tecnológicas e innovadoras.

1.5 Limitaciones

La disposición y el tratamiento de los shapes que son los archivos que contienen la información física básica del área de estudio para aplicar la metodología de Mora Vahrson.

Comprensión de las condiciones en las que se encuentra el talud en la a través del software Galena.

Búsqueda de medidas de mitigación que pueden aplicarse en el área de estudio para mitigar los riesgos de deslizamientos.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

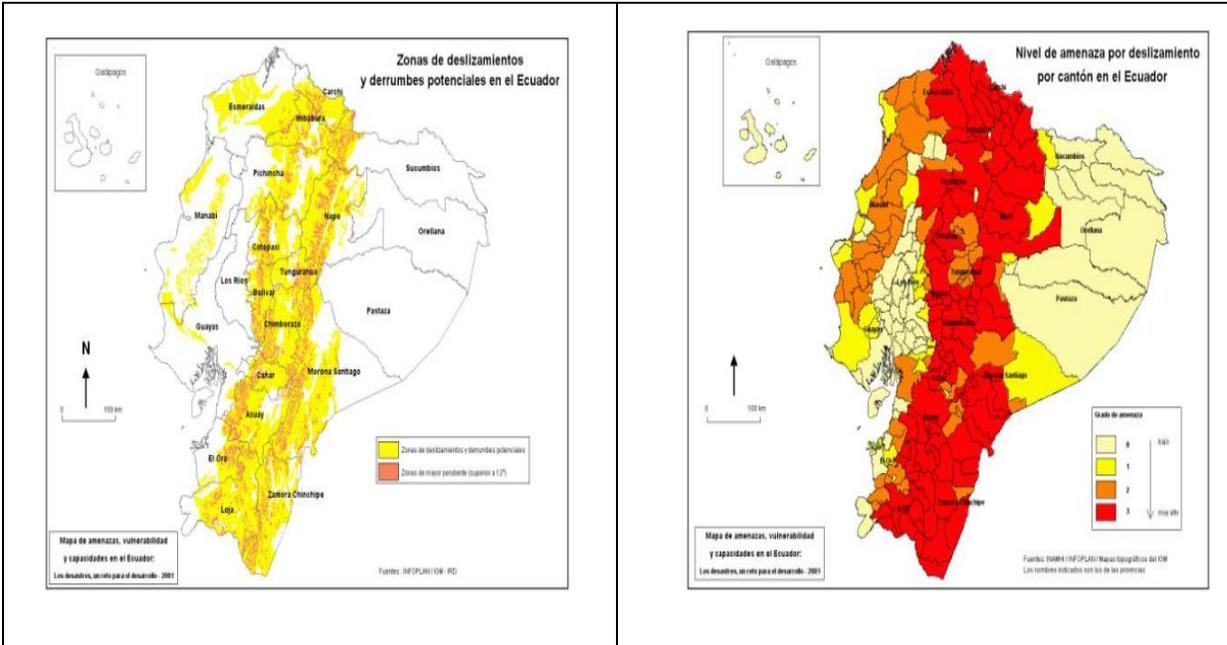
2.1 Antecedentes de la investigación

La reducción de riesgo de desastres y el desarrollo sostenible de los territorios, siempre ha representado una acción transversal con prioridad en la vulnerabilidad, en esta oportunidad rescatamos el aporte de organizaciones no gubernamentales como COOPI (Italiana) y OXFAN (Gran Bretaña) quienes dentro del proyecto los desastres un reto para el desarrollo, generaron cartografía a escala nacional, con la finalidad de establecer prioridades a nivel de país para desarrollar planes de intervención para la prevención, mitigación y preparación ante desastres. (D'Ercole, 2003)

Los siguientes mapas nos dan una característica general de las provincias y su relación con la amenaza a deslizamientos, los cuales fueron modelados con información de la plataforma regional desinventar, de un periodo de diez años desde 1988 a 1998, momento en el que no se reconocía a la gestión de riesgo de desastres en ningún marco normativo legal y solo se hablaba de planes de desarrollo y no planes de ordenamiento territorial, (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2008) luego esta información serviría para actualizar y presentarla en el libro de amenazas 2003.

Figura 1

Mapas de Deslizamiento - Ecuador



Fuente: (D'Ercole, 2003)

Los mapas de fenómenos ocurridos y mapas de fenómenos potenciales presentados retratan eventos a deslizamientos que por condiciones como la pendiente, la extensión de las vertientes, las formaciones geológicas subyacentes, las precipitaciones, movimientos sísmicos y el uso antrópico de los suelos, se han presentado en las provincia del centro y sur de la región sierra, (Robert D'Ercole, 2003) donde prácticamente se vincula la provincia de Bolívar y por las condiciones netamente mencionadas el cantón Chimbo.

A partir de la constitución del 2008, se establece la importancia de la gestión de riesgo de desastres en el art. 389 y 390, (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2008) lo que conlleva a establecer las competencias y vincular en los otros marcos normativos legales, especialmente en los de los Gobiernos Autónomos Descentralizados, motivo por el cual se han

desarrollado varios procesos investigativos respecto a la amenaza a deslizamientos a escala local, especialmente estudiantes y docentes de la carrera de Gestión de Riesgo de la Universidad Estatal de Bolívar (Rodríguez, 2019).

Considerando las características por las que se han desarrollado los deslizamientos a nivel de región sierra y relacionándolas con los sistemas morfológicos del cantón Chimbo como pendientes que van de 0% al 5% en zonas de esparcimiento, conos de deyección con pendientes de 5% al 12%, zonas con ondulaciones moderadas e irregulares con pendientes mayores al 12% al 25% y su zona topográfica donde se presentan las pendientes fuertes entre el 25% al 50% y las zonas altas con pendientes 50% al 70% , podemos entender que, en condiciones inestables, las pendientes caracterizadas, entre 25% y 70%, posiblemente presenten deslizamiento considerables y la mayor afectación se verá reflejada en el los diferentes sectores del cantón, como el sector Divino Niño, en el cual se identifican pendientes con condiciones degradadas por actividades antrópicas, situación que puede conllevar a posibles deslizamientos. (Ministerio de Transporte Y Obras Públicas, 2015).

2.2 Contextualización del estudio

El cantón Chimbo se encuentra localizado en la provincia de Bolívar. Cuenta con una población de 15779 habitantes, una extensión de 26.452 hectáreas y una altitud entre 500 y 3000 msnm. El cantón se compone de cinco parroquias: Chimbo, Telimbela, San Sebastián, La Asunción y la Magdalena. Telimbela, con una altura de 1.080 msnm acoge al sector conocido como Divino Niño, el cual es objeto de la presente investigación.

El cantón Chimbo limita con el cantón Guaranda por el norte, el cantón San Miguel por el sur, el cantón San Miguel en el este y el cantón Montalvo de la provincia de Los Ríos por el oeste. En cuanto a las características de relieve del cantón, existen diferentes zonas y terrenos con pendientes que van desde el 0% hasta el 70%. Consta de planicies irregulares y la zona urbana se encuentra rodeada de cerros de pendiente normal. Así mismo, la zona alta se encuentra sobre montañas y parte de la población se asienta sobre las mismas. La cordillera del Chimbo tiene elevaciones de hasta 3300 msnm e incluye el Cerro Romerillo, Cerro el Cuartel, Cerro Piedra Blanca, Cerro Parca Urcu, Cerro Loma Tigre, Cerro Trampa, Cerro Padre Urcu, entre otros (Ministerio de Transporte Y Obras Públicas, 2015).

Los deslizamientos, así como otros fenómenos naturales como las erupciones, terremotos o incendios; constituyen riesgos latentes para la vida humana y el desarrollo económico; así como para la estabilidad de los ecosistemas. En este sentido, Ecuador es un país propenso a movimientos sísmicos debido a su localización y descripción geográfica. Por esta razón, los estudios relativos a los riesgos de desastres naturales toman una particular importancia para el país. (Baas et al., 2009)

2.3 Bases teóricas

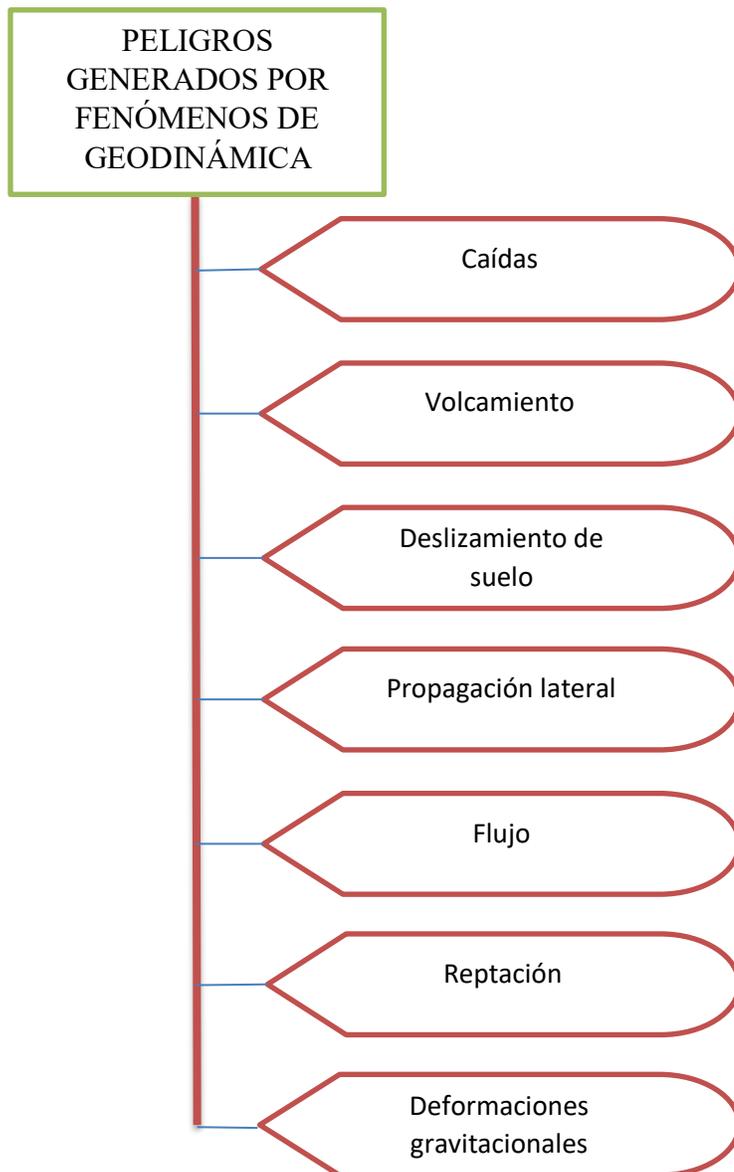
2.3.1 Movimientos de remoción en masa

Los movimientos en masa, son peligros generados por fenómenos de geodinámica externa, estos movimientos de masa, suelo o roca se desplazan por una o varias superficies inestables, en dirección de la pendiente del talud, las causas atribuidas al evento pueden ser; la acumulación de agua por fuertes precipitaciones, pendientes muy pronunciadas, actividad sísmica, actividad antrópica, vibraciones causadas por explosiones, entre otras.

Los movimientos que se desencadenan en laderas pueden ser de movilización rápida o lenta, todo dependerá de su tipo de suelo, pendiente y mecanismo de la carga material que con el conllve es característico poder atribuir un tipo de tipología para cada movimiento en masa.

Figura 2

Deslizamientos



Elaborado por: Carballo, E., Del Pozo, C. 2020

Fuente: (CENEPRED, 2015)

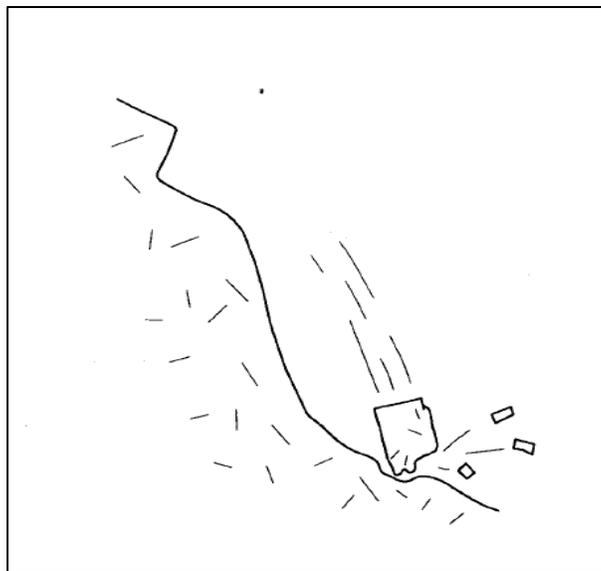
2.3.2 Tipos de movimientos por remoción en masa

La investigación técnica científica ha conllevado a que grandes investigadores generen varias clasificaciones de los movimientos en masa, desde 1938 con los aportes de Sharpe hasta la actualidad se podría asumir a Varhson, habido grandes aportes positivos frente al estudio de este fenómeno tan complejo caracterizado como movimientos en masa o roturas de laderas, por lo cual es importante indicar que la selección de medidas de contención y estabilización dependerá de conocer los mecanismos debilitadores actuantes. (Mora, R., 2004)

Caídas de rocas (detritos o suelos): Atribuido al desprendimiento que se origina por el despegue de una masa de suelo o roca, tiene un lugar preferente en un sistemas de rocas o suelos discontinuadas y la masa caída, se rompe en multitud de fragmentos. (Aristizabal et al., 2017)

Figura 3

Desprendimiento

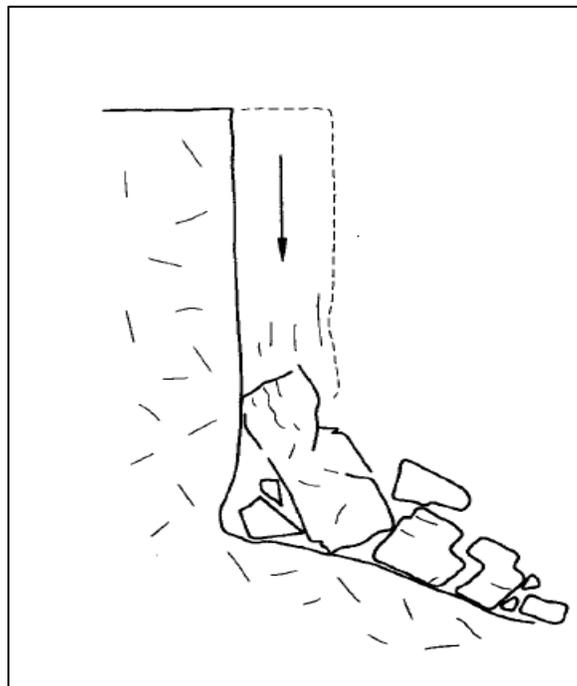


Fuente: (Coriminas, 2004)

Volcamiento: Considerado el volcamiento Flexura de roca o del macizo rocoso, su rotura puede producirse por el vuelco de una pequeña envergadura proporcionada a la masa despegada en laderas con pendientes superiores a los 76° , su velocidad de propagación es por caída libre y en laderas de menos de 45° su propagación es por rodadura, cuando las caídas son frecuentes los bloques se acumulan en el pie de los escarpes rocosos, el área de desprendimiento por lo regular es de difícil acceso.

Figura 4

Colapso



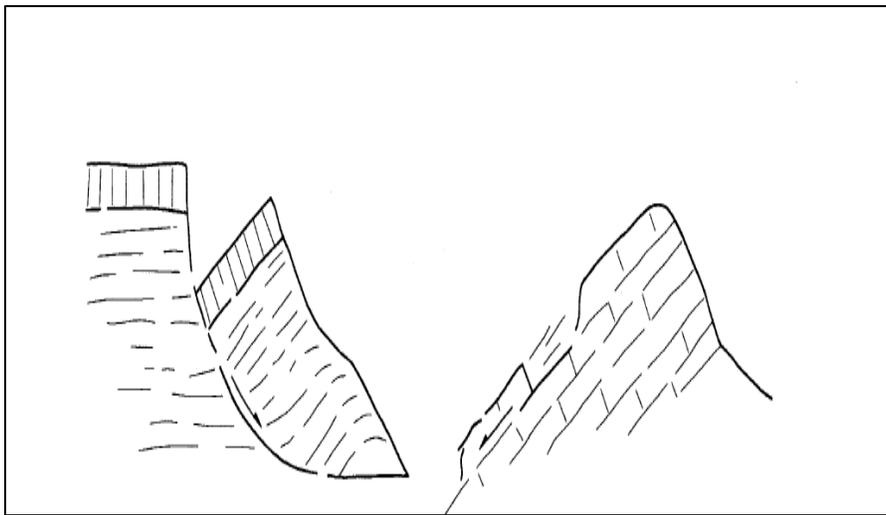
Fuente: (Coriminas, 2004)

Deslizamiento de suelo: es un desplazamiento de ladera abajo sus elementos característicos es la preservación de grandes masas desplazadas es predominante sobre una o

más superficie de rotura, pueden ser de rotación o de traslación, el primero por lo general se origina a lo largo de la superficie curvilínea, cóncava y el segundo a lo largo de la superficie plana u ondulada (Ramos Cañon et al., 2015)

Figura 5

Deslizamiento Rotacional - Resbalamiento



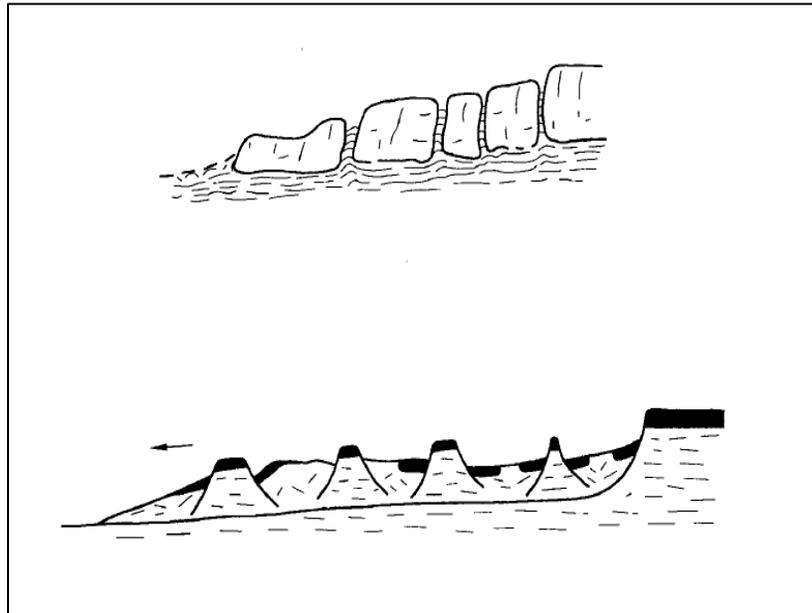
Fuente: (Coriminas, 2004)

Propagación lateral: Bases de propagación lateral o lenta, propagación lateral por licuefacción o rápida, es característico de suelos arcillosos, dependiendo del factor detonante tiende a moldear y de forma casi instantánea se convierte en un líquido muy denso, arrastrando bloques de material superpuesto, suelen afectar a las litologías blandas y deformables se encuentran por debajo de materiales resistentes y densos y ocurre cuando una capas de arcillas húmedas y resbaladizas obstruye lateralmente el peso de las capas superiores, es capaz de separarse

en grandes bloques y se desencadena extremadamente lento. (Bernabeu Garca & Dez Torres, 2014)

Figura 6

Propagación



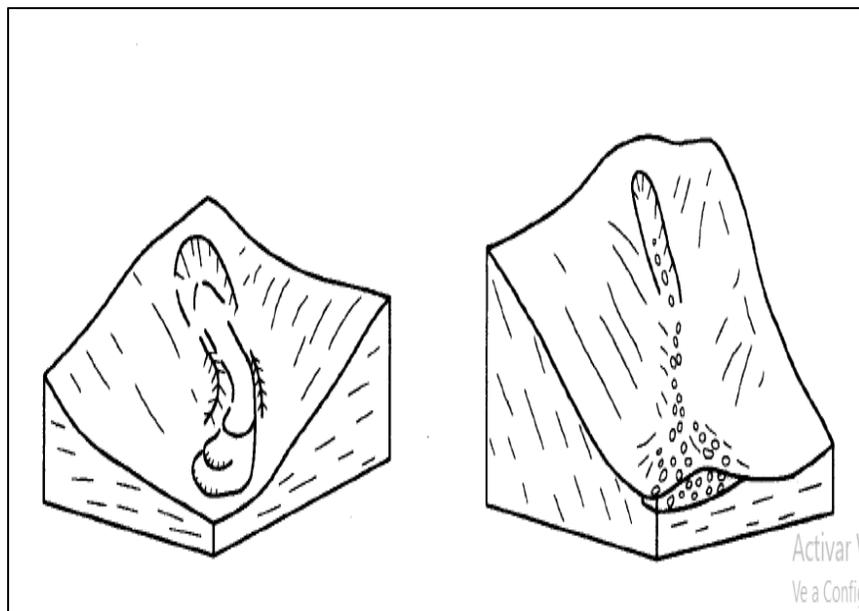
Fuente: (Coriminas, 2004)

Flujo: El flujo de detritos, la crecida de detritos, el flujo de lodo, el de tierra, de turba, avalancha de detritos, de rocas, se atribuyen a movimientos totalmente continuos, la masa movida generalmente adopta forma lobulada, pierde totalmente su forma descendente, por la estructura de los materiales cohesivos, forma conos de deyección, se puede reflejar claramente cuando su afectación es en material fino granular.

Los movimientos de flujo dependiendo del contenido y relacionando a este el deslizamiento se podría decir que existe una gradación por evolución del movimiento de derrubios los cuales se pueden convertir en corriente o avalanchas derrúbiales.(Escobar & Escobar, 2017)

Figura 7

Flujo



Fuente: (CENEPRED, 2015)

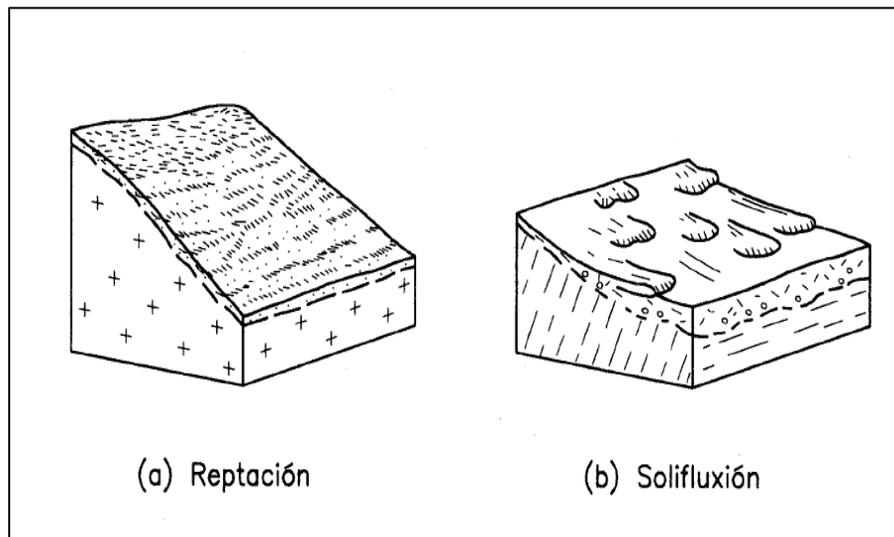
Reptación: Suelos de solifluxión, gelifluxión, se desencadenan extremadamente lentos pero continuos, es imperceptible en largos periodos de tiempo su desplazamiento estacional de partículas hace que se acelere progresivamente y sus movimientos en cuestión del tiempo disminuyen.

La reptación por su mecanismo es importante en la deformación de altas montañas aparecen terracillas formando un volumen sobre la superficie original, no muestra superficie de cizalla

definidas pero genera un desplazamiento neto de las partículas en la pendiente (Valencia-D et al., 2012)

Figura 8

Reptación - Solifluxión



Fuente: (Coriminas, 2004)

Deformaciones gravitacionales profundas: estos pueden estar asociados a diferentes tipologías que en muchas de las veces no pueden dar lugar al despliegue de la masa y mucho menos a la rotura de superficies continuas sus grandes movimientos pueden ser de algunos metros, pueden reactivarse periódicamente o dejar de producirse. (Aristizabal et al., 2017)

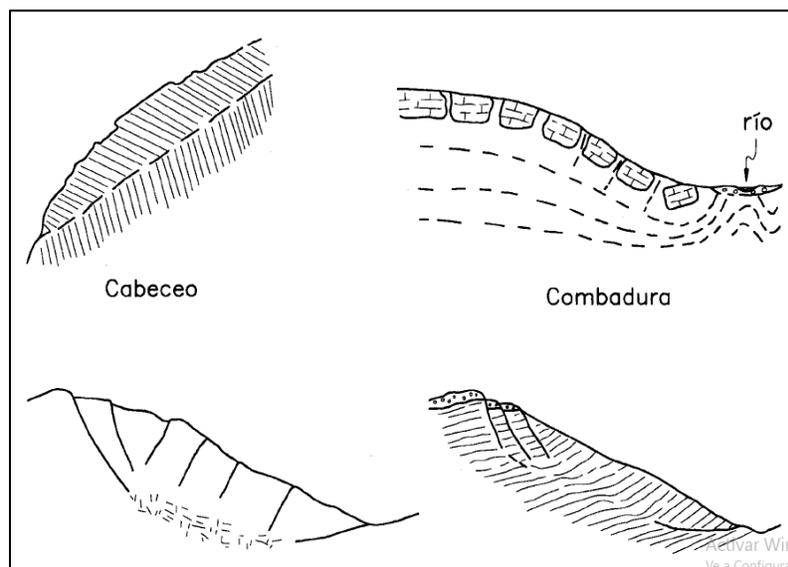
La reptación por influencia, ruptura de la ladera en términos físicos con un desplazamiento lento, permite la generación de alertas por sus medidas de deformaciones en el tiempo.

Cabeceo, se desarrolla en la parte lateral de la ladera presentando un marcado buzamiento hacia el interior del macizo su deslizamiento será a través de discontinuidades preexistentes.

Combadura, aparecen asociadas con el abombamiento de los fondos de valle que a través reposan sobre su sustrato más competente su principal característica es una combadura lo que permite en ensanchamiento de sus fisuras

Figura 9

Deformación Gravitacional



Fuente: (Coriminas, 2004)

2.3.3 Factores que provocan los movimientos en masa:

Entendiendo que los movimientos en masa, son procesos de descenso masivo a lo largo de una pendiente, debido a factores desencadenantes y factores condicionantes reflexionaremos en cada uno de ellos (Ramos Cañón et al., 2015)

2.3.3.1 Factores desencadenantes

Precipitaciones: Aunque la relación de precipitación de lo terrestre con los océanos es mínima, esa mínima cantidad cumple algunas funciones importantes como: filtraciones, almacenamiento de agua subterránea, descarga el agua subterránea, el escurrimiento de aguas a los ríos, acciones que muchas de las veces debilitan las capas de los suelos por la presión y saturación que ejerce en la misma, las erosiones a causa de las precipitaciones generan fragmentación el cual permite el paso de escorrentía superficial, además del transporte de partículas del suelo por escurrimiento en laderas y taludes.(Díaz & Acosta, 2019)

Las lluvias generan deslizamiento de material suelto o meteorizado

El viento: Afecta a la erodabilidad, contribuye a la erosión del suelo por su acción que se conoce como eólica, el aire cercano a la superficie del suelo tiene una humedad relativa baja y disminuye aún más por las llegadas de vientos con aires secos.(Escobar & Escobar, 2017)

Sismos: A causa de la energía mecánica liberada mediante vibración del terreno, también dependerá del tipo de onda sísmica si son profundas o contemporáneas o si son ondas superficiales o largas, sus ambientes topográficos geológicos, incrementa el cambio temporal de las fuerzas produce inestabilidad y por ende s desencadena el evento de remoción en masa.(Reyes Rivero et al., 2017)

Los sismos pueden desencadenarse por movimientos a causa de fricción de fallas geológicas o movimientos tectónicos asociados a causas volcánicas.

2.3.3.2 Factores condicionantes propios de la naturaleza

Textura del suelo: consistencia de acuerdo al tamaño de las partículas constituyen parámetros importantes por su valoración a la hora de retención las partículas de agua y amplificación de ondas sísmicas.

Pendiente: Inclinación o gradiente de la altura del terreno (ladera) generalmente se expresa en porcentaje, forma un ángulo de declive referente a la horizontal de la ladera la cual incrementa su energía de transporte.

Erosión: comprende el desgaste de la superficie terrestre mediante procesos físicos o químicos.

Estratigrafía: Es la disposición de las rocas (orientación ángulo de inclinación) espesor y composición de los estratos que determina el grado de estabilidad (CENEPRED, 2015).

Velocidad de desplazamiento: Movimiento de los productos de meteorización pendiente abajo, o movimientos masivos de roca o material suelto.

Geología: Parámetros de la forma interior o exterior de la tierra, de la naturaleza, materias que la componen y su formación de los cambios y alteraciones que experimentan desde su origen, Geo- tierra, relación directa con los suelos su composición, permeabilización, tipo de material, densidad, los glaciales, escombros aluviales, coluviales, material vulcano, suelos permeables donde el agua fácilmente se adhiere generando desprendimiento de reptación lenta. (D. Gómez & Gómez, 2014).

La hidrogeología e hidrología: Son niveles freáticos de las distintas infiltraciones y escurrientías, humedad del suelo, evapotranspiración y el equilibrio de la masa glaciares estos incrementan el nivel de redes de drenaje presentan alteración en las granometría a nivel de suelo y las debilitan(Unesco et al., 2002).

Geomorfología: Formas superficiales de la tierra, sus relieves, paisajes, factores que pueden presentar inestabilidad, a través de las condiciones eternas y antrópica.

2.3.3.3 *Factores condicionantes antrópicos*

Asentamientos humanos: construcción de estructuras en zonas inestables, debilitamiento del suelo por el peso de materiales, erosión por las limpiezas de males, sobresaturación de acarreamiento de aguas de residuo, agua de consumo(Watanabe, 2015).

Actividades agrícolas: Uso de químicos para tratamiento de suelos, limpieza de árboles maderables u otro tipo de vegetación, los cuales sirven como cortinas de viento, quema indescontables a nivel de piso.(Valencia-D et al., 2012).

Actividades de pastoreo: mantención del ganado en sitios muy susceptibles al peso de los mismos, pisadas con destrucción de la capa vegetal.

Acciones de riego indescontrolable. Con la finalidad de garantizar a producción acumulación de fuentes de agua, proceso indescontrolable de riego debilidad del suelo y concentración de humedad a nivel de piso.(Reyes Rivero et al., 2017).

2.3.4 Método de evaluación MORA VARSHON

Elaborado en Costa Rica en 1991, por Sergio Mora y Wilhelm-Guenther Vahrson, establece criterios para el estudio de deslizamientos en caso de lluvias de intensidad alta, sismos de magnitud importante o por la combinación de ambos.

La metodología realiza un análisis de cinco factores tres factores intrínsecos o de susceptibilidad y dos factores externos o de disparo, la metodología permite desarrollar una aproximación del grado de susceptibilidad al deslizamiento de la zona en estudio y los fenómenos que influyen mayormente en sus condiciones.

La metodología permite determinar diferentes tipos de zonas críticas, espacios que entren en esta caracterización deberán ser analizados a mayor detalle, cuál es su interrelación y cómo interactúan estos procesos, bajo ninguna circunstancia el método sustituye estudios geotécnicos de campo y laboratorio necesarios para el diseño y concepción de obras civiles y sus complementos de protección y mitigación correspondiente, la metodología tampoco es capaz de pronosticar el tipo de deslizamiento que podría desencadenarse.

Los factores intrínsecos de susceptibilidad, relieve relativo (Sr) litología (Sl) humedad del suelo (Sh), los factores externos de disparo, actividad sísmica (Ts) precipitación (Tp) dentro de la generalidades se establece que el relieve dependerá mucho de su grado que sobresale, el cual está asociado a su montaña o llanuras, seguido de su litología es decir que tan susceptibles se encuentran sus características físicas y químicas de las rocas sobre el terreno todo esto respecto a la humedad del suelo, si realmente hay escurrimiento o por el contrario sobresalen como almacenamiento de agua subterránea. (Mora, R., 2004)

Los elementos de disparo como las fuertes precipitaciones y la sismicidad se relacionan con los elementos susceptibles y por ende se construye el riesgo que serán las situaciones desencadenantes del deslizamiento del área específica de estudio.

Toda la información disponible de la zona de estudio, desde la revisión bibliográfica y de levantamiento de información in situ deberá ser modelada a partir del uso de plataformas digitales de modelamiento como es el Sistema de Información Geográfica (SIG)

Con las herramientas necesarias y la información disponible se podrá realizar las zonas de distribución según la susceptibilidad a partir de las características del terreno, se valorara la información necesaria para establecer pesos de ponderación por cada indicador morfodinámico y su distribución espacio temporal.(Escobar & Escobar, 2017)

Para considerar el grado de susceptibilidad al deslizamiento resulta de los elementos pasivos y de la acción de los elementos de disparo.

$$H=EP*D$$

H –grado de susceptibilidad al deslizamiento

EP- Valor producto de la combinación de los elementos pasivos y

D – Valor del factor del disparo

Por otra parte el valor de los elementos pasivos se componen de partes como:

$$EP=S1*Sh*Sp$$

Sl-valor del parámetro susceptibilidad litológica

Sh-valor del parámetro de la humedad del terreno

Sp- valor del parámetro de pendiente

Valor de disparo compuesto por:

$$D=D_s+D_{II}$$

D-valor del parámetro por sismicidad

DII-valor del parámetro de disparo por lluvia

Pendiente

Grado de inclinación respecto al horizonte determinado en porcentajes en aspectos importantes para el análisis de los movimientos en masa.

Cuadro 1

Clasificación de Pendientes Mora Vahrson

Clase	Rango	Valor	Descripción
Muy Baja	0-15	1	Niveles completamente planos o casi plano ligeramente ondulados.
Baja	15-30	2	Corresponden a relieves mediamente ondulados a moderadamente disectados-

Media	30-50	3	Relieves mediana a fuertemente disectados
Alta	50-70	4	Relieves fuertemente disectados
Muy Alta	>70	5	Muy fuertemente disectados

Fuente: (Mora, R., 2004)

Litología: Caracterización del suelo, composición textura tipo de rocas, como parte de la geología estudio de sus características físicas químicas.

Cuadro 2

Clasificación Geológica Mora Vahrson

Denominación	Símbolo	Descripción del depósito superficial y rocoso
Geológica		
Formación San Tadeo	Qs	Piroclásticos, Conglomerado Volcánico, material laharítico y corriente de lodo, Formando Sabanas o Terrazas, Los Piroclástos se han convertido a caolín.
Formación Balzar	PLQB	Capas de conglomerado, Areniscas, Arcillas, Láminas con moluscos, Mantos de arena y Toba.
Formación Cangagua	Qc	Toba volcánica, Andesíticas, consolidada del color café claro.
Formación Borbón	Pliobh	Areniscas de grano grueso en bancos compactos con megafósiles.
Volcánicos Sicalpa	Pls	Tobas de grano fino con presencia de clastos y

		aglomerados.
Grupo Saraguro	Eoc-Mios	Volcánicas sub-aéreas, calco-alcaldas, intermedias a ácidas. Predominan composiciones andesíticas a calcálicas.
Formación Apagua	Pal-EocAp	Lutitas y limolitas en capas finas a medias con areniscas de grado grueso feldespáticas, contienen algo de moscovita.
Unidad Macuchi	PalEocM	Areniscas volcánicas de grado grueso, brechas, tobas, limolitas volcánicas, micro-gabros, Diabasas, Basaltos.
Formación Yunguilla	KPcy	Limolitas masivas Lutitas físciles.
Rocas Graníticas	Gd	Granitos, granodioritas.
Depósitos Aluviales	Qa	Arcillas, limos y arenas de grado fino a medio.
Depósitos Coluviales	Qc	Grabas o bloques.
Depósitos Aluviales	Qca	Limos, arenas de grano fino a grueso.

Fuente: (Mora, R., 2004)

Cuadro 3

Clasificación Litológica Mora Vahrson

Litología	Peso
Abanico Aluvial	5
Andesita Anfibólica, Riodasita	1

Andesita, 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, Dimolitas, Areniscas	5
Arcillas, Lutitas, Tobaceas, Yeso	5
Arcilla, Lutitas Tobaceas, Yeso, Areniscas Finas	5
Arcillolitas Roja, Limonita, Arenisca	5
Arcilocita Roja, Limonita, Arenisacas	5
Arcillolitas, Limolitas, Areniscas, Conglomerados	5
Arenas de erosión Glaciar	5
Arenisca, Arcilla Roja	5
Arenisca, Arenisca Conglomeratica, Conglomerado	4

Fuente: (Mora, R., 2004)

Geomorfología: estudia características de la superficie de la tierra montañas, llanuras dinámicas interna del terreno y sus procesos erosivos y rocosos.

Cuadro 4

Clasificación Geomorfológica Mora Vahrson

Descripción	Peso-mm
Abruptos de Cono 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 Medias	3
Conos de Deyección Disectados	4
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
Gargantas de valles encañonados	4
Glacis	5
Horts	5

Laderas Coluviales	5
Llanuras Aluviales de depositación	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

Fuente: (Mora, R., 2004)

Cobertura vegetal/ usos del suelo: tipo de maleza abusiva vegetación pie de montano caracterizaciones de la zona de estudio, características superficiales antrópicas de erosión.

Cuadro 5

Clasificación Geomorfológica Mora Vahrson

Categoría	Descripción
Bosques, Cultivos permanentes, manglares	<p>Bosque: Ecosistema Arbóreo, Primario o secundario, Regenerado por sucesión natural, que se caracteriza por la presencia de árboles de diferentes especies nativas, edades y portes variados, con uno o más estratos.</p> <p>Cultivos: Comprenden aquellas tierras dedicadas a cultivos agrícola cuyo ciclo vegetativo es mayor a tres años y ofrece durante éste periodo varias cosechas.</p>
Vegetación arbustiva,	Vegetación arbustiva: Áreas con un componente sustancial de especies leñosas nativas cuya estructura no cumple con la definición de bosque.
Vegetación herbácea, cultivos semipermanentes, Agropecuario mixto	<p>Vegetación Herbácea: Vegetación dominante constituida por especies herbáceas nativas con crecimiento espontáneo, que no recibe cuidados especiales utilizados con fines de pastoreo esporádico, vida silvestre o protección.</p> <p>Cultivo semipermanente: Comprende aquellas tierras dedicadas a cultivos agrícolas cuyo ciclo vegetativo dura entre uno y tres años</p> <p>Cultivo Anual: Comprende aquellas tierras dedicadas a cultivos agrícolas cuyo ciclo vegetativo es estacional, Agropecuario mixto: comprende las tierras usadas para diferente clase de cultivos donde su uso está caracterizado por variedad de productos.</p>

Sin cobertura,	Áreas con poca o ninguna cobertura vegetal. Incluye playas, desiertos,
Zonas Erosionadas,	gravas, salina industrial, salina natural, afloramientos rocosos y áreas erosionadas por procesos naturales o de origen antrópico
Infraestructura	Establecimiento de un grupo de personas en un área determinada, incluyendo la estructura civil que lo complementa.

Fuente: (Mora, R., 2004)

Cuadro 6

Clasificación Cobertura de Suelo Mora Vahrson

Clase	Peso
Bosque nativo, páramo	1
Área Urbana	
Cuerpo de Agua	
Bosque intervenido	2
Matorral	
Pasto natural o plantados	3
Cultivos de ciclo corto	4
Suelo desnudo	5

Fuente: (Mora, R., 2004)

2.3.4.1 Factores activos.

Precipitación: se pueden trabajar con datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, los datos son diarios se adopta información de evapotranspiración, humedad del suelo

recomendable hacer uso de los valores máximos del periodo evaluado y analizar por escenario de humedad.

Cuadro 7

Clasificación Cobertura de Suelo Mora Vahrson

Precipitación	
Rango (mm)	Valor
1250	1
1750	2
2250	3
2750	4
3500	5

Fuente: (Mora, R., 2004)

Sismicidad: Ubicación en el cinturón del fuego del pacifico, zona de subducción de placas tectónicas, regionales y locales con antecedente sísmico alto.

Cuadro 8

Clasificación Sismicidad de Suelo Mora Vahrson

Intensidad Mercalli modificada	Calificativo	Magnitud Richter
III	Leve	3.5
IV	Muy Bajo	

V	Bajo	
VI	Moderado	4.5
VII	Medio	
VIII	Elevado	6.0
IX	Fuerte	
X	Bastante Fuerte	7.0
XI	Muy Fuerte	8.0
XII	Extremadamente Fuerte	

Fuente: (Mora, R., 2004)

Los niveles de ponderación se caracterizan por la escala de Richter según los efectos a nivel terrestre de la carga sísmica.

Cuadro 9

Clasificación Sismicidad de Suelo Mora Vahrson

Magnitud	Ponderación
3,9-4,5	1
>4,5-5,5	3
>5,5-6,0	
>6,0	5

Fuente: (Mora, R., 2004)

2.3.5 Software Galena

Es un sistema de análisis de estabilidad de taludes potente completo y fácil de usar, el Software permite analizar la estabilidad del terreno utilizando modelos y simulando condiciones reales, establece tres métodos de evaluación (Ramos, 2017).

- 1.- Método Bishop simplificado para superficies de falla circular.
- 2.- Método Spencer-Wright para superficie de fallas circulares y no circulares.
- 3.- Método Sarma para problemas donde no se requieren cortes no verticales, o para problemas de estabilidad más complejos.

El software funciona con diferentes complementos desde una sola pantalla, en la cual se puede procesar datos y se puede visualizar resultados, se puede dibujar diferente tipo de cortes e incluir coordenadas o una combinación de ambos (Ramos, 2017). (GALENA., 2020).

Almacena gran cantidad de datos y se puede analizar en el método Bishop al menos 500 superficies de pruebas, los archivos se almacenan automáticamente en el método Sarma se pueden duplicar modelos pueden voltearlos y realizar trazados.

Permite analizar estabilidad, probabilidad, generación automática de grietas de tensión, régimen de presión negativa de poros fuerzas externas para actuar en cualquier punto o ángulo. Cargas distribuidas para actuar sobre cualquier plano y variables de todo el perfil de cargas (GALENA., 2020).

2.3.6 Soluciones basada en ecosistemas

Considerando que los taludes pueden presentar situaciones como deslizamientos por factores como fuertes pendientes, almacenamiento de aguas superficiales, erosión, entre otras, es importante realizar su análisis de estabilización de taludes y buscar alternativas de protección, este proceso investigativo busca recomendar alternativas que sean amigables con el ambiente, el medio de estudio debe mantener sus consistencias físicas, no perder sus características naturales y paisajísticas, esto permite afirmar las resistencias de sus suelos.

Las alternativas pueden ser el pago por servicios ecosistémicos, es decir cuidar los espacios y evitar actividades antrópicas, es una relación directa con el ser humano, otras alternativas pueden ser la reforestación de especies nativas del lugar, la finalidad es dar resistencia al suelo y evitar erosión por fuerte precipitación, limitar el proceso de escorrentía, evitar que fuertes olas de viento generen desgaste a nivel del suelo, para eso es importante considerar la reforestación de árboles como pino, eucalipto, los mismos sirvan de cortinas de viento en las fuerzas laterales, en el mejor de los casos y para su mejor consistencia generar terrazas desde donde permita el sembrío de cordones de vegetación se puede utilizar pajonal, maguey, pasto u otro tipo de herbáceas.

Es importante mantener un sistema de tratamiento de revegetación, la cual genere una fertilidad adecuada, se puede apoyar de geomanta reforzadas para ayudar a la contextura de la vegetación ya que a muchas de ellas tiene dificultad para asentarse la geomanta tridimensional permitirá crear una capa protectora reduce la energía de las gotas de precipitación y la velocidad del flujo del agua, asegura el ambiente favorable para la germinación de semilla, las geomantas con el tiempo se tienden a perder dando al talud una apariencia de vegetación natural.

2.4 Marco Legal

La constitución del 2008 es garantista de derecho y no solo para la sociedad sino también garantiza los derechos de la naturaleza en este sentido haremos referencia los artículos con los que resaltan la importancia la gestión de riesgo en el país y en cada uno de los territorios.

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 objetivos de minimizar la condiciones de vulnerabilidad (Asamblea Nacional del Ecuador , 2008, pág. 175).

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 de organismo técnico establecido en la ley. Tendrá como funciones principales, entre otras:

Identificar los riesgos existentes y potenciales, internas y externos que afecten al territorio ecuatoriano.

Generar, democratizar el acceso y difundir información suficiente y oportuna para gestionar adecuadamente el riesgo.

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

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

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

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

Garantizar financiamiento suficiente y oportuno para el funcionamiento del sistema, y coordinar la cooperación internacional dirigida a la gestión del riesgo (Constitución, 2008).

Art. 390.- Los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implicara la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico. Cuando sus capacidades para la gestión sean insuficientes, las instancias de mayor ámbito geográfico. Cuando de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera brindaran el apoyo necesario con respecto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos de su responsabilidad (Constitución, 2008).

Mediante el Código Orgánico Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) en los artículos:

Artículo 7. "Facultad normativa. Para el pleno ejercicio de sus competencias y de las facultades que de manera concurrente podrán asumir, se conoce a los concejos regionales y provinciales, concejos metropolitanos y municipales, la capacidad para dictar normas de carácter general, a través de ordenanzas acuerdos y resoluciones, aplicables dentro su circunscripción territorial" (Ministerio Coordinador de la Política y Gobiernos , 2011, pág. 8).

Artículo 54. o) "Regular y controlar las construcciones en la circunscripción cantonal, con especial atención a las normativas de control y prevención de riesgos y desastres" (Ministerio Coordinador de la Política y Gobiernos , 2011, pág. 32).

Artículo 57. w) "Expedir la ordenanza de construcciones que comprenda las especificaciones y normas técnicas y legales por las cuales deban regirse en el cantón la construcción, reparación, transformación y demolición de edificios y sus instalaciones"

x) "Regular y controlar, mediante la normativa cantonal correspondiente, el uso del suelo en el territorio del cantón, de conformidad con las leyes sobre la materia, y establecer el régimen urbanístico de la tierra"; (Ministerio Coordinador de la Política y Gobiernos , 2011, pág. 32).

Artículo 140. "La gestión del riesgo que incluye las acciones de prevención, reacción, mitigación, reconstrucción y transferencia, para enfrentar todos los problemas de origen natural o antrópico que afecten al territorio se gestionaran de manera ocurrente y de forma articulada por todos los niveles de gobierno de acuerdo con las políticas y los planes emitidos por el organismo

nacional responsable, de acuerdo con la constitución y la ley" (Ministerio Coordinador de la Política y Gobiernos , 2011, pág. 32).

Artículo 466. "El plan de ordenamiento territorial deberá contemplar estudios parciales para la conservación y ordenamiento de ciudades o zonas de ciudad de gran valor artístico o histórico, protección del paisaje urbano de protección ambiental y agrícola, economía, ejes viales, estudio y evaluación de riesgos de desastres" (Ministerio Coordinador de la Política y Gobiernos , 2011, pág. 170).

Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas (COPLAFIP).

Artículo 64. "Preminencia de la producción nacional incorporación de enfoques ambientales y de gestión de riesgos. En el diseño e implementación de los programas y proyectos de inversión pública, se promoverá la incorporación de acciones favorables al ecosistema, mitigación, adaptación al cambio climático y a la Gestión de Vulnerabilidades y riesgos antrópicos y naturales" (Ministerio de Finanzas Públicas, 2010, pág. 23)

Plan Nacional de Desarrollo para el buen Vivir 2013-2017.

Objetivo 3. "Mejorar la calidad de vida de la población. Política 3.8 Proporcionar condiciones adecuadas para el acceso a un habitat seguro e influyente. Política 3.11 Garantizar la perseverancia y protección integral del patrimonio cultural y natural de la ciudadanía ante las amenazas y riesgos de origen natural o antrópico" (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2013, págs. 148-150).

Objetivo 7. "Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental, territorial y global. Política 7.10 "Implementar medidas de mitigación y adaptación al cambio climático para reducir la vulnerabilidad económica y ambiental con énfasis en grupos de atención prioritaria" (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2013, págs. 221-238).

2.5 Definiciones

Amenaza. – Proceso, fenómeno o actividad humana que puede ocasionar muertes, lesiones u otros efectos, en la salud, bienes y interrupciones sociales, económicas, ambientales

Análisis de Vulnerabilidad. - Es el proceso mediante el cual se determina el nivel de exposición y la predisposición a la pérdida de un elemento o grupo de elementos ante una amenaza específica (Juan Ramirez Ponce, 2014).

Escorrentía. - Agua de lluvia que circula libremente sobre la superficie del terreno (UNESCO, 2012).

Estudios Técnicos. - Es aquel que permite proponer y analizar las diferentes acciones tecnológicas para producir los bienes o servicios que se requieren, lo que además admite verificar la factibilidad técnica de cada una de ellas (Rosales, 2013).

Geomorfológico. - Estudia formas del relieve, como resultado de la dinámica litosférica, como conocimientos de otras ciencias de la tierra se relaciona la climatología, hidrografía, la pedología, la glaciología y, por otro lado también integra insumos de otras ciencias, para abarcar la incidencia de fenómenos biológicos y antrópicos, en el relieve (Acurio, 2014).

Infiltración. - Acción del agua al penetrarse en los suelos (UNESCO, 2012).

Intensidad. - Medida cuantitativa y cualitativa de la severidad de un fenómeno en un sitio específico (UNESCO, 2012).

Mitigación. – Disminución o reducción al mínimo de los efectos adversos de un suceso peligroso, puede ser, construcción de muros de contención para reducir el peligro de deslizamientos, prevención y manejo del medio ambiente (PREDECAN, 2009).

Litología. - La litología es la parte de la geología que estudia a las rocas, especialmente de su tamaño de grano, del tamaño de las partículas y de sus características físicas y químicas incluye su génesis, distribución espacial y material (Suarez D, 2009).

Pendiente abrupta. - Pendientes muy pronunciadas, por lo que su acceso o tránsito es difícil, que es áspero o violento (Geociencias, 2014).

Precipitación. - Es la forma de lluvia que cae en la atmósfera, la cual puede ser leve, moderada o grave.

Pendiente. - Una pendiente es un declive del terreno y la inclinación, respecto a la horizontal, Los procesos de modelado dependen de la inclinación de estas y una pendiente límite

Reptación. - Es un desplazamiento amplio, casi imperceptible y superficial de partículas de suelo y detritos finos, sobre pendientes moderadas y con cobertura vegetal, en el cual intervienen además de la gravedad otros factores como los cambios de volumen de los materiales por variación de temperatura o humedad

Reducción de Riesgos. – Marco conceptual de elementos que tienen la función de minimizar vulnerabilidades y riesgos en una sociedad, con el fin de evitar futuras condiciones de riesgo. (EIRD, 2004).

Susceptibilidad (a deslizamientos). - Predisposición del terreno a sufrir un deslizamiento en función de sus condiciones geológicas, topográficas y de humedad propia (Suarez D. J., 2009).

Topografía Irregular. - Características uniformes en cuanto a la forma, el tamaño, la cantidad o cualquier rasgo que caracteriza a los elementos que presenta la superficie o el relieve de un terreno (EcuRed, 2016).

Resiliencia.- Capacidad que tiene un sistema, comunidad o sociedad expuesta a una amenaza para resistir absorberse, adaptarse transformarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficiente (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2018).

2.6 Sistema de variables

Variable de estudio

- Deslizamientos

2.7 Matriz de operacionalización de variables

Cuadro 10

Operación Variable en Estudio

Variable	Definición	Dimensión	Indicador	Escala	Técnica o instrumento
Deslizamientos	Son eventos que suscitan cuando la capacidad de resistencia del suelo ha colapsado y se remueve cantidades considerables de material flojo hacia las partes bajas por acción de la gravedad, estos pueden ser movimientos rápidos o lentos que se desarrollan por la existencia de factores condicionantes, factores de tonantes y taludes.	Factores condicionantes	Litología	Características	Sistemas de información geográfica
			Uso de suelo	Características	
		Geomorfología	Características		
		Pendientes	Grados		
		Talud	Características		
		Factores detonantes	Precipitación	Promedio de lluvia mm ³	
			Sismicidad	Factor z para el área de estudio	

Elaborado por: Carballo, E., Del Pozo, C. 2020

CAPÍTULO 3

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Nivel de investigación

El siguiente trabajo investigativo responde a la metodología de carácter cualitativo y cuantitativo, enfocada en responder tres objetivos específicos del análisis técnico del sector Niño Divino del cantón Chimbo, por una lado está evaluar la amenaza a deslizamiento se les asigna valores numéricos a las características de los factores condicionantes y detonantes, cualitativo porque los resultados se presentan en términos cualitativos con ponderaciones de amenaza que van desde muy alta, alta, media y baja. Además de mencionar que corresponde a una cohorte transversal porque el estudio se realiza en un tiempo delimitado, tomando en consideración el tiempo en el que fue elaborada la información secundaria utilizada.

Para lo cual se utilizara la Metodología de Mora Vahrson, adaptada a la zona de estudio y concatenada con el Software de Galena, para el análisis y contención de taludes; con el cual estaríamos respondiendo el segundo objetivo investigativo y un tercer objetivo que no va más allá de la realidad de la investigación es buscar alternativas de soluciones a través del uso de medidas ecosistémicos a través de la revisión bibliográfica.

3.2 Diseño de la investigación

La investigación no es experimental, el investigador no puede modificar las variables de estudio a su conveniencia, la investigación corresponde a un enfoque mixto, sin embargo es importante recalcar que la investigación se asocia a las siguientes:

Exploratoria: Conlleva a conocer la zona de estudio, caracterizar contextualmente sus problemas y como la información relevante que se obtenga de la misma se pueda contrastar con la bibliográfica y comprender de mejor manera su condición actual.

De Campo: Movilización en la zona de estudio, sector Divino niño, cantón Chimbo, análisis visual y fotográfico, caracterización del entorno natural, factores condicionantes.

Bibliográfico: Para la búsqueda y la selección de las soluciones basadas en naturaleza, fueron a través de información secundaria, la revisión en documentación ya existente sobre las medidas más óptimas para reducir el riesgo de deslizamientos, para lo cual se tomó en cuenta que la información sea de trabajos de titulación, artículos científicos, libros y documentación como informes, guías, reportes, etc., Y los el año de la publicación que no sea superior a 8 años.

Explicativo: Siguiendo la secuencia lógica de investigaciones técnicas, partiendo de la descripción del fenómeno en estudio, se explica la manera en cómo se asocian los factores condicionantes y detonantes que dan como resultado la susceptibilidad a deslizamientos, además de la explicación sobre las medidas basadas en naturaleza que se pueden emplear para estabilizar los taludes y reducir el riesgo de deslizamientos.

3.3 Población y Muestra

La muestra es un fragmento de la población total que se encuentra en el área de estudio, de la cual se considera que proporcionan información que es significativa al total de la población en estudio, existen muestras aleatorias, muestras estratificadas, muestras no aleatorias y más utilizadas en investigación cualitativas, muestras intencionales o a conveniencia. Sin embargo, en

el desarrollo de la investigación, no aplica cálculo de muestra, la información recolecta, es información secundaria.

3.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Las técnicas de recolección de datos se la realizo a través de una búsqueda de información secundaria, en primer lugar, sobre los shapex básicos para realizar el análisis según la metodología de Mora Varhson, shapex que se los consiguió en diferentes portales públicos como Instituto Geográfico Militar, SIG tierras y Sistema de Información Público Agropecuario del Ecuador y en segunda instancia se procedió a utilizar los datos del levantamiento topográfico facilitado por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, además de información geotécnica del suelo realizado por el GAD cantonal, datos que fueron adicionales para el cálculo de talud con el software Galena.

3.5 Técnicas de procesamiento de la información

Para el procesamiento de la información recolectada se procedió hacer uso del software de sistemas de información geográfica ArcMap, para la obtención de la susceptibilidad a deslizamientos a través geo procesos y el cálculo de la estabilidad del talud a través del software Galena.

Para una mejor comprensión detallamos a continuación la aplicación de Mora Vahrson en la zona de estudio.

Cuadro 11

Aplicación de Mora Vahrson

Factores Condicionantes (Pasivos)	Factores desencadenantes (Activos)	Descripción general	Fórmula
Litología	Precipitaciones	Los factores nos permiten tener la valoración de	H= EP*D
Uso del suelo	Sismicidad	susceptibilidad a deslizamientos a	H= Grado de Susceptibilidad
Geomorfología		través de la siguiente formula	EP= Producto de la Suma de los elementos condicionantes
Pendiente			D= Valor de la suma de los factores desencadenantes
$EP= S_l+S_g+S_p+S_v+S_u$			
$EP= \text{Susceptibilidad total}$			

Fuente: (Mora, R., 2004)

Acogiendo la fórmula que plantea Mora Vahrson, también es importante caracterizar la fórmula de valores de los factores condicionantes y factores desencadenantes

Donde:

Sl= Valor del parámetro de litología

Sg= Valor del parámetro de la Geomorfología

Sp= Valor del parámetro de Pendiente

Sv= Valor de la cobertura vegetal

Su= Valor del parámetro del Uso del suelo

D= Ds+DI

Donde:

Ds= Valor del parámetro de Sismicidad

DI= Valor del parámetro de la Precipitación

Reemplazando los valores propios, la ecuación final y original quedando de la siguiente manera:

$$\mathbf{H = (Sl+Sg+Sp+Sv+Su) *(Ds+DI)}$$

El segundo objetivo tiene como finalidad analizar la estabilidad de talud a través de la utilización del Software denominado Galena.

Este programa permite calcular la estabilidad de pendientes además de realizar modelamientos y definir características y texturas de los materiales del suelo según las necesidades y especialmente de acuerdo a la información levantada en el campo, dispone de una serie de opciones que permiten el ingreso de la información, para el caso específico del sector del Divino Niño, se trabaja con información de análisis de la superficie física de los suelos, tales como pendiente, su consistencia se refiere al tipo de suelo y coordenadas de la extracción, esto con la finalidad de incluir en la tabla de atributos las características que corresponden a cada coordenada.

Las soluciones basadas en naturaleza, fueron a través de información secundaria, la revisión en documentación ya existente sobre las medidas más óptimas para reducir el riesgo de deslizamientos, para lo cual se tomó en cuenta que la información sea de trabajos de titulación, artículos científicos, libros y documentación como informes, guías, reportes, etc., Todo esto haciendo énfasis en el aprovechamiento de los servicios que ofrecen los ecosistemas.

CAPÍTULO 4

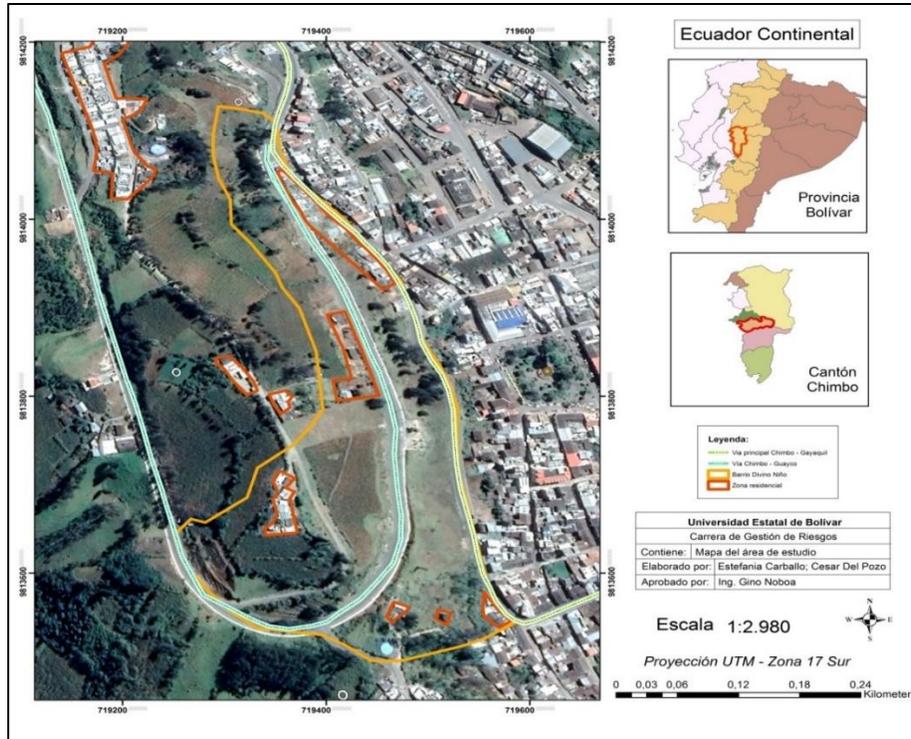
RESULTADOS

4.1 Resultados del objetivo 1: Identificación de zonas susceptibles a deslizamientos en el sector Divino Niño, del cantón Chimbo.

En este apartado es pertinente hacer una descripción del área de estudio, para lo cual se establece el siguiente mapa, los metros fueron estimados en el software aplicando la herramienta calculate geometry dentro de la tabla de atributos de cada mapa.

Mapa 1

Área de estudio



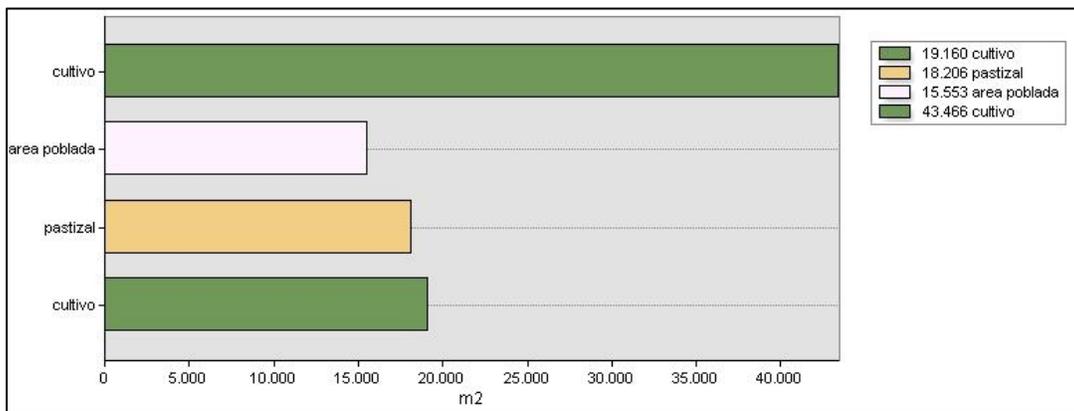
Elaborado por: Carballo, E., Del Pozo, C. 2020

El barrio Divino Niño se encuentra ubicado en el sector oeste del cantón Chimbo, en él se encuentra circundando la vía que dirige de Chimbo hacia el santuario Virgen del Guayco, el barrio posee una extensión de 96384 m², dentro del cual existe 3385 m² destinados al área residencial

Dentro de la caracterización de los factores analizados en el área de estudio mencionaremos los siguientes;

Figura 1

Cobertura y Uso de Suelo



Elaborado por: Carballo, E., Del Pozo, C. 2020

Fuente: Geoprocesos ArcMap.

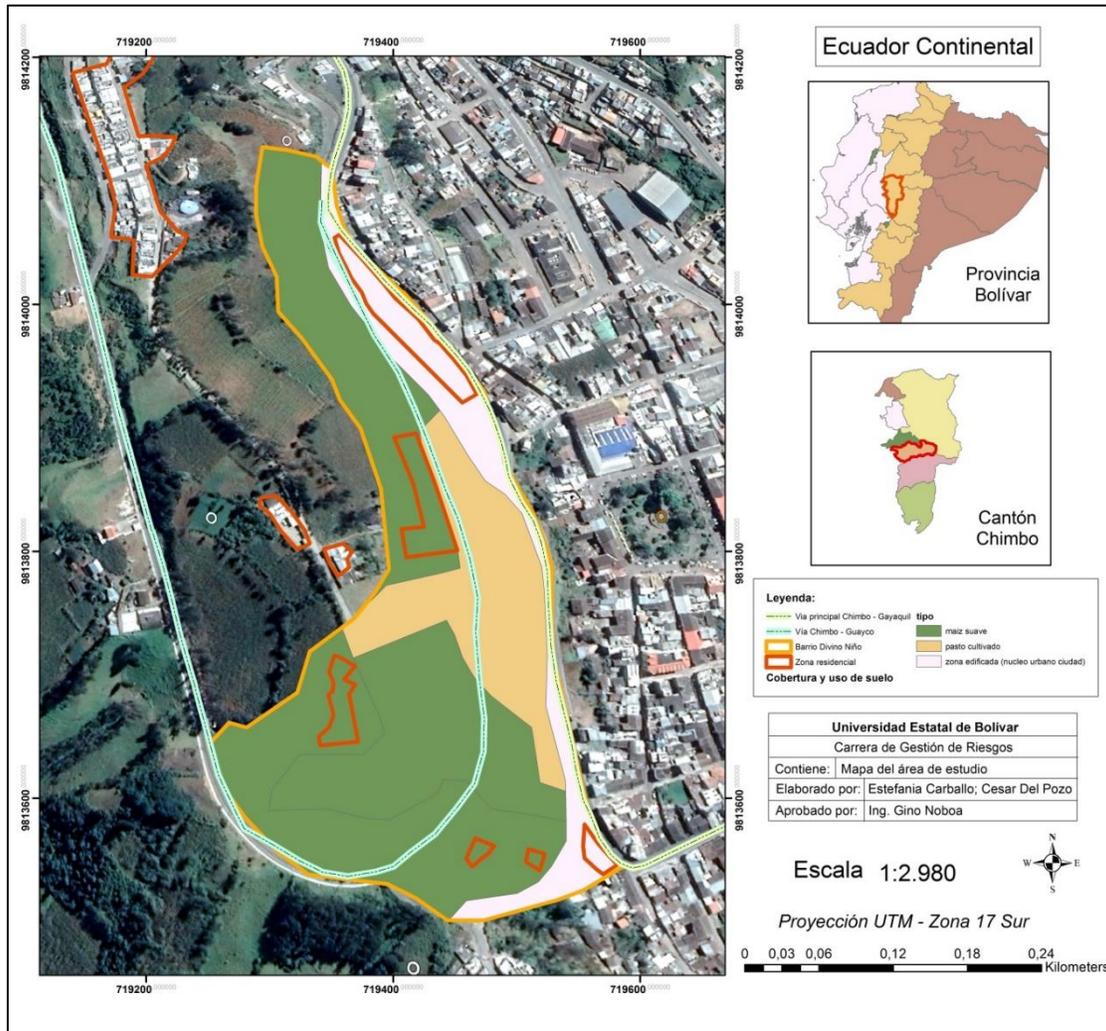
El barrio Divino Niño, como se observa en la Figura 1, posee una extensión que es ocupada en su mayoría por cultivos de maíz de propiedades independientes con una dimensión de 43,466 m² que se representa de color verde, hay que aclarar que hay una extensión dedicada al cultivo de maíz que se encuentra representada de color verde pero se diferencia del anterior porque esta se

hace a través de asociaciones, cuya extensión corresponde a 19,160 m², aquí se puede inferir que en caso de un deslizamiento, este será el sector que resulte con mayor afectación.

Seguido de una extensión de 15,553 m², que corresponde a la parte de asentamientos humanos la misma que se ubica en la parte sureste del barrio por en su mayoría colindando la vía principal Chimbo – Guayaquil y finalmente una extensión un poco mayor de 18,205 m², pertenece a un área dedicada a pastizales, de igual manera se infiere que en caso de un evento de deslizamiento, en su mayoría los medios de vida podrían resultar más afectados principalmente los sembríos de maíz que sirve para el consumo local y los pastizales para el consumo del ganado, para una visualización espacial, a continuación presentamos el siguiente mapa;

Mapa 2

Cobertura y Uso de Suelo

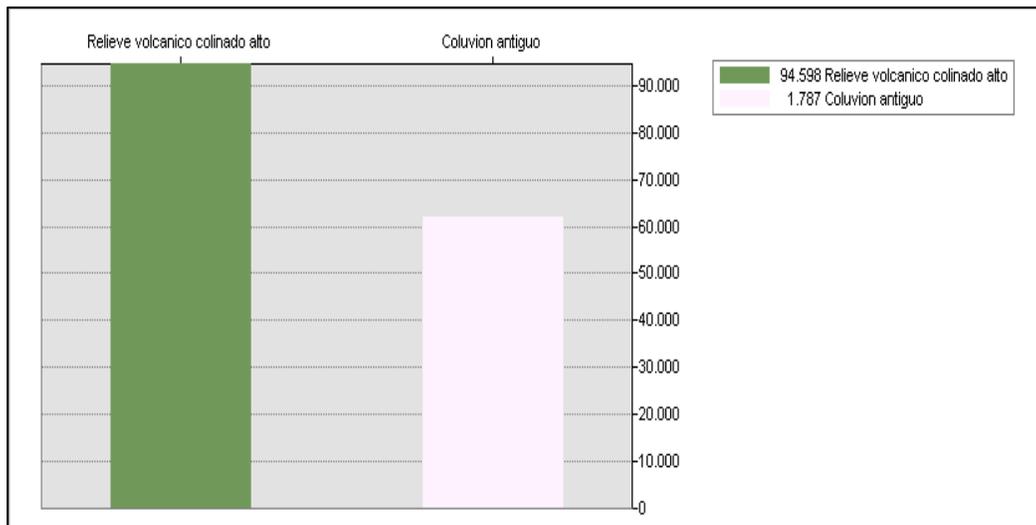


Elaborado por: Carballo, E., Del Pozo, C. 2020

Fuente: (SIG Tierras, 2015)

Figura 2

Geomorfología



Elaborado por: Carballo, E., Del Pozo, C. 2020

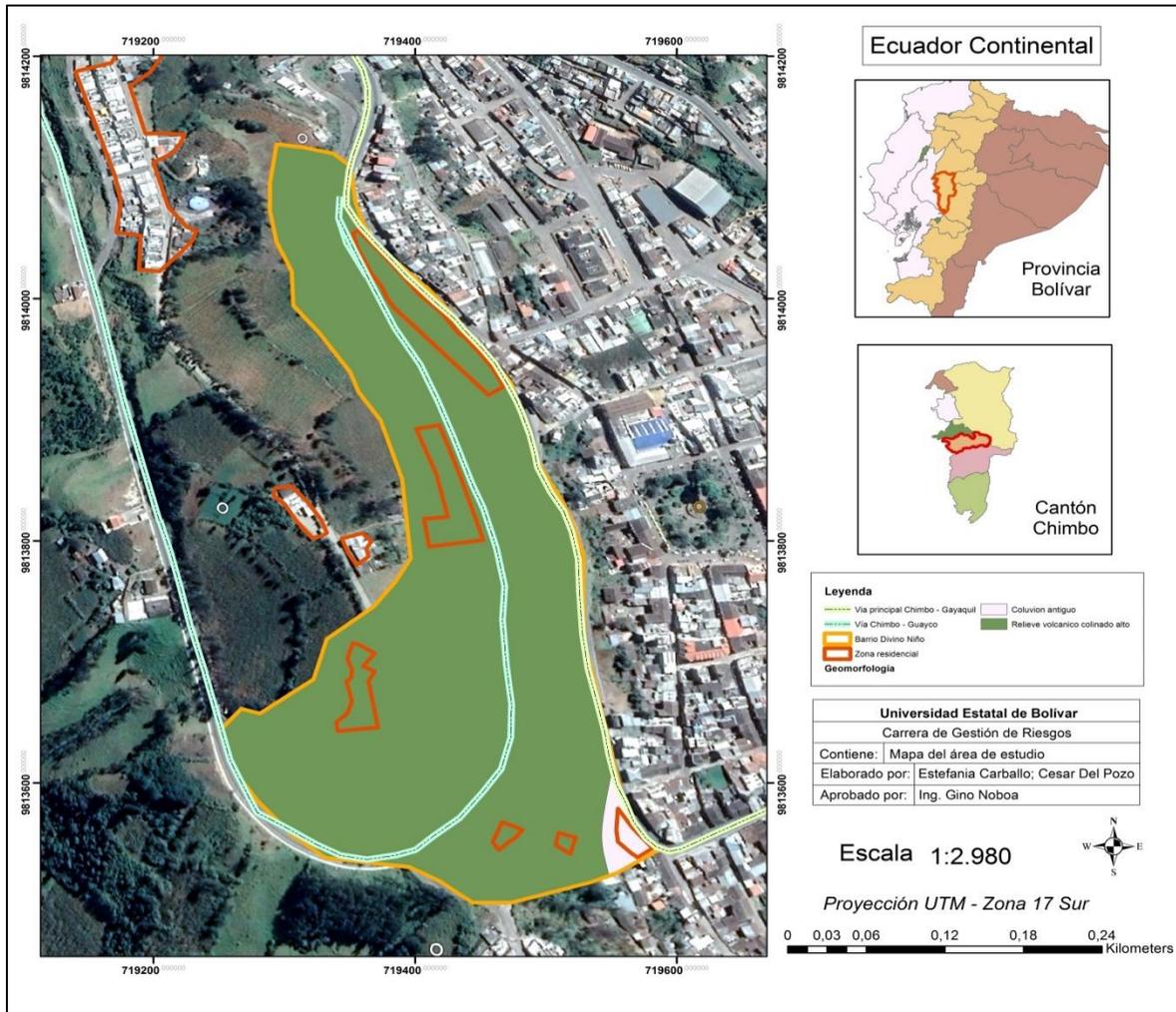
Fuente: Geoprocesos ArcMap.

Respecto a la geomorfología del barrio Divino Niño como se observa en la figura 2, el relieve volcánico colinado alto posee una extensión de 94,598 m² que se representa de color verde. Cabe mencionar que dicho relieve se constituye como elevaciones producto de acumulaciones de depósitos volcánicos.

Seguido de una extensión de 1,787 m² que corresponde al coluvión antiguo el cual se representa de color blanco. Generalmente están compuestos por materiales detríticos que son transportados desde la parte alta de la ladera y que por acción de la gravedad son depositados en la parte media y baja de la misma, a continuación, en el siguiente mapa se puede observar de forma más detallada.

Mapa 3

Geomorfología

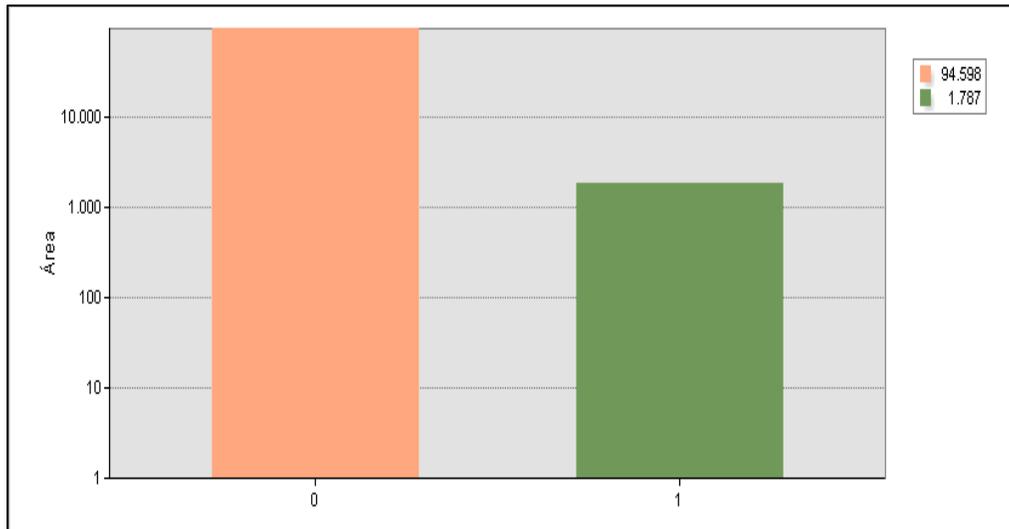


Elaborado por: Carballo, E., Del Pozo, C. 2020

Fuente: (SIG Tierras, 2015)

Figura 3

Litología



Elaborado por: Carballo, E., Del Pozo, C. 2020

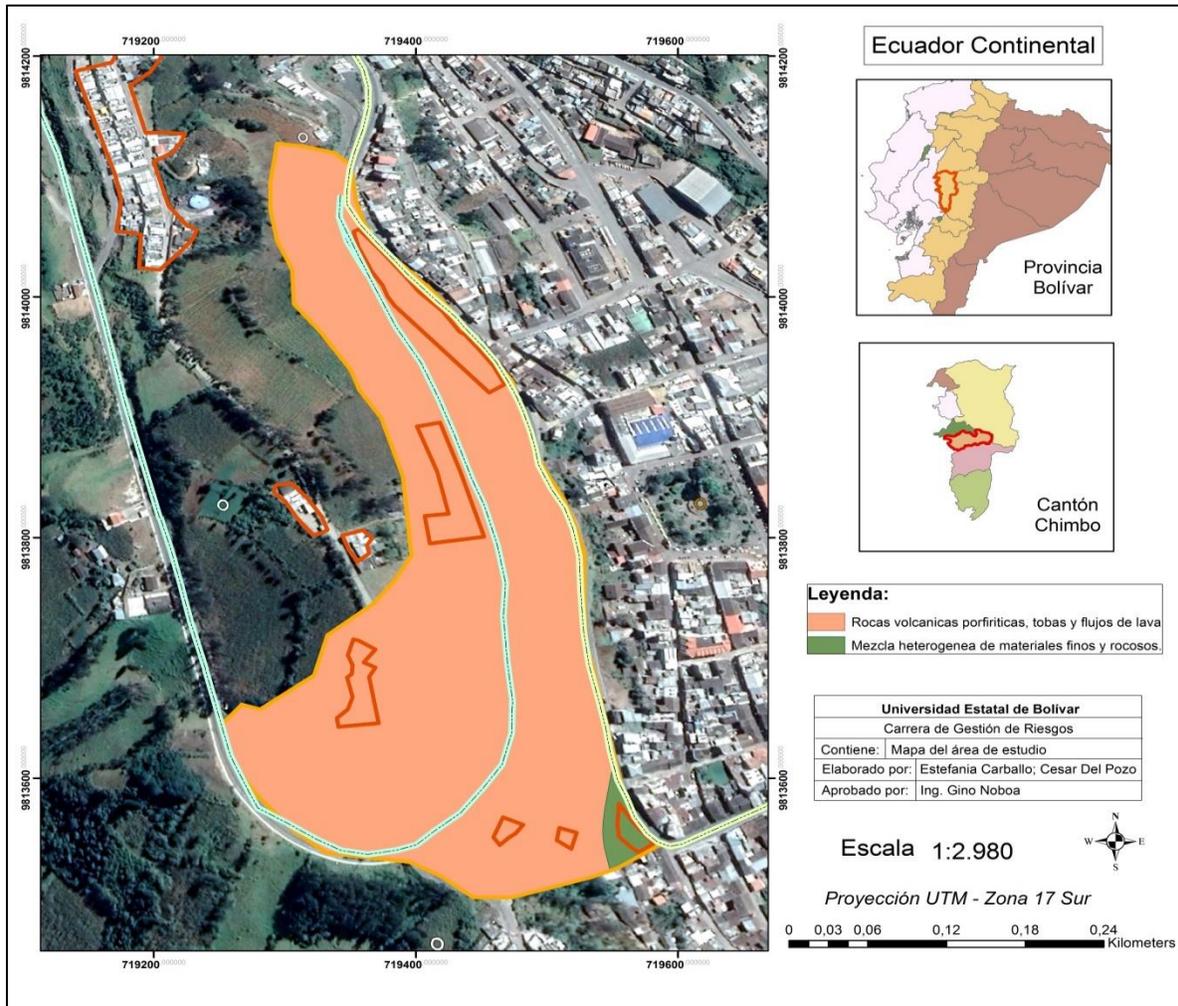
Fuente: Geoprocesos ArcMap.

Como se puede observar en la figura 3, respecto a la litología del barrio Divino Niño en gran parte predominan las rocas volcánicas porfiríticas, tobas y flujos de lava, cuya extensión es de 94,598 m² que se representa de color tomate. Cabe mencionar que la formación de estos materiales es producto del enfriamiento en dos estados al elevarse en una columna de magma de origen volcánico.

Seguido con una extensión de 1,787 m² de mezcla heterogénea de materiales finos y rocosos. La composición de dichos materiales permite estudiar y conocer las características de las rocas para determinar su formación geológica. En el siguiente mapa se ilustra de mejor manera.

Mapa 4

Litología

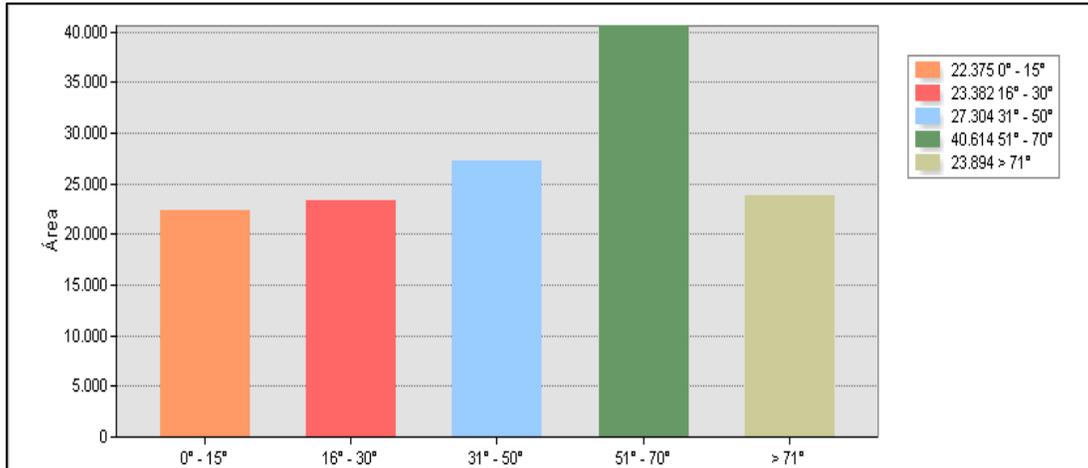


Elaborado por: Carballo, E., Del Pozo, C. 2020

Fuente: (SIG Tierras, 2015)

Figura 4

Pendientes



Elaborado por: Carballo, E., Del Pozo, C. 2020

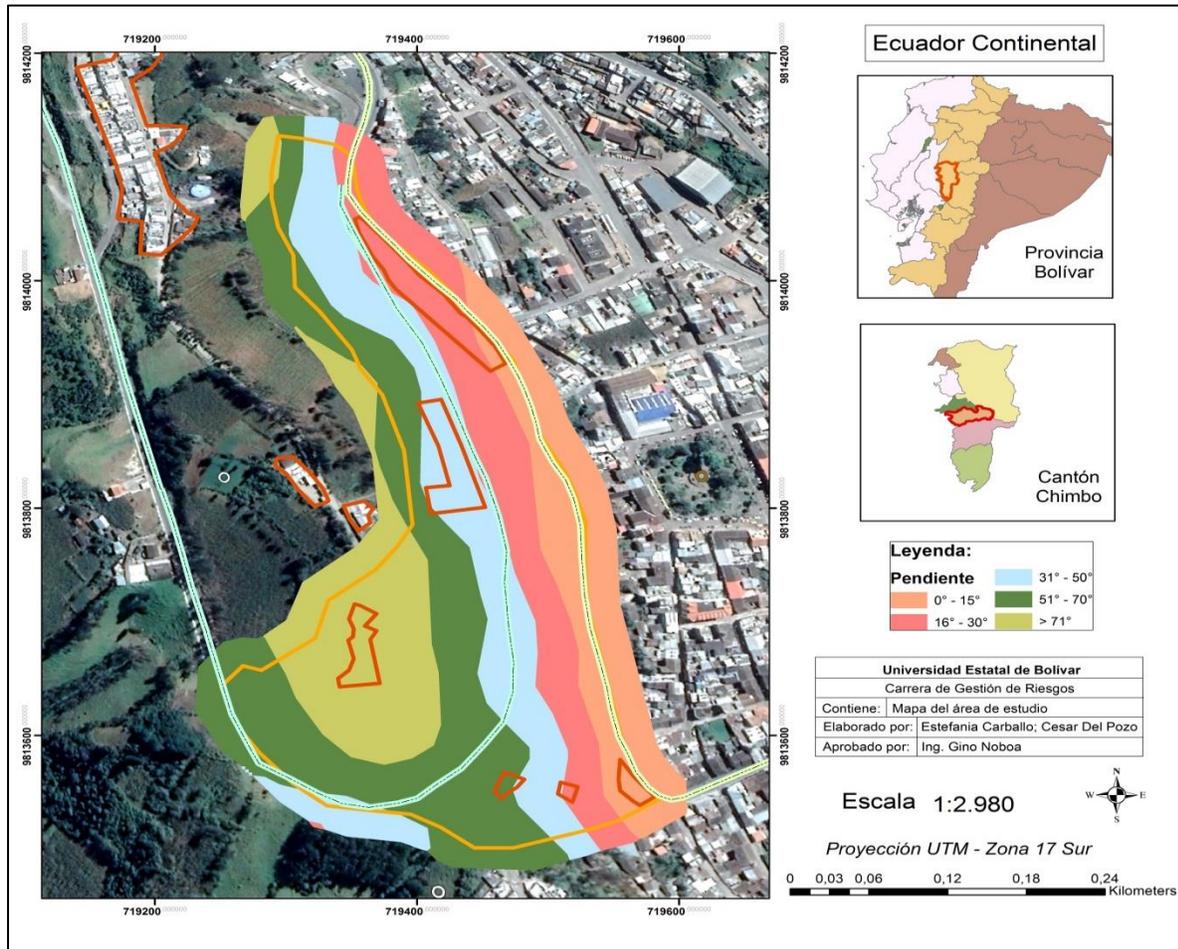
Fuente: Geoprocesos ArcMap.

Como se puede observar en la figura 4, respecto a las pendientes que presenta el barrio se ha clasificado según su grado de inclinación, en la cual de 0°-15° C posee una extensión de 22,375 m² que se representa de color tomate, seguido de 16°-30° C, cuya extensión es de 23,382 m² que se figura de color rosado, de 31°-50° C posee una extensión de 27,304 m² que se muestra de celeste.

De 51°-70° C, posee una extensión de 40,614 m² el cual se representa de color verde, mientras que mayor a 71° posee una extensión de 23,894 m² que se figura de color café. El barrio posee en gran parte pendientes muy pronunciadas lo cual los hace susceptibles a los deslizamientos, ya que se consideran vulnerables los mapas cuya pendiente supere los 26,6 grados de inclinación, En el siguiente mapa se ilustra de mejor manera.

Mapa 5

Pendientes

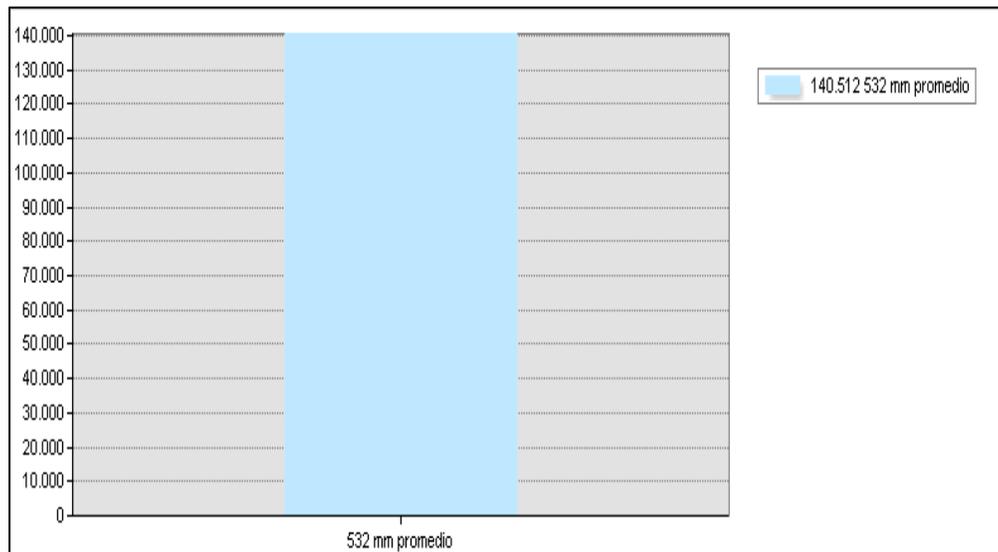


Elaborado por: Carballo, E., Del Pozo, C. 2020

Fuente: (SIG Tierras, 2015)

Figura 3

Precipitación



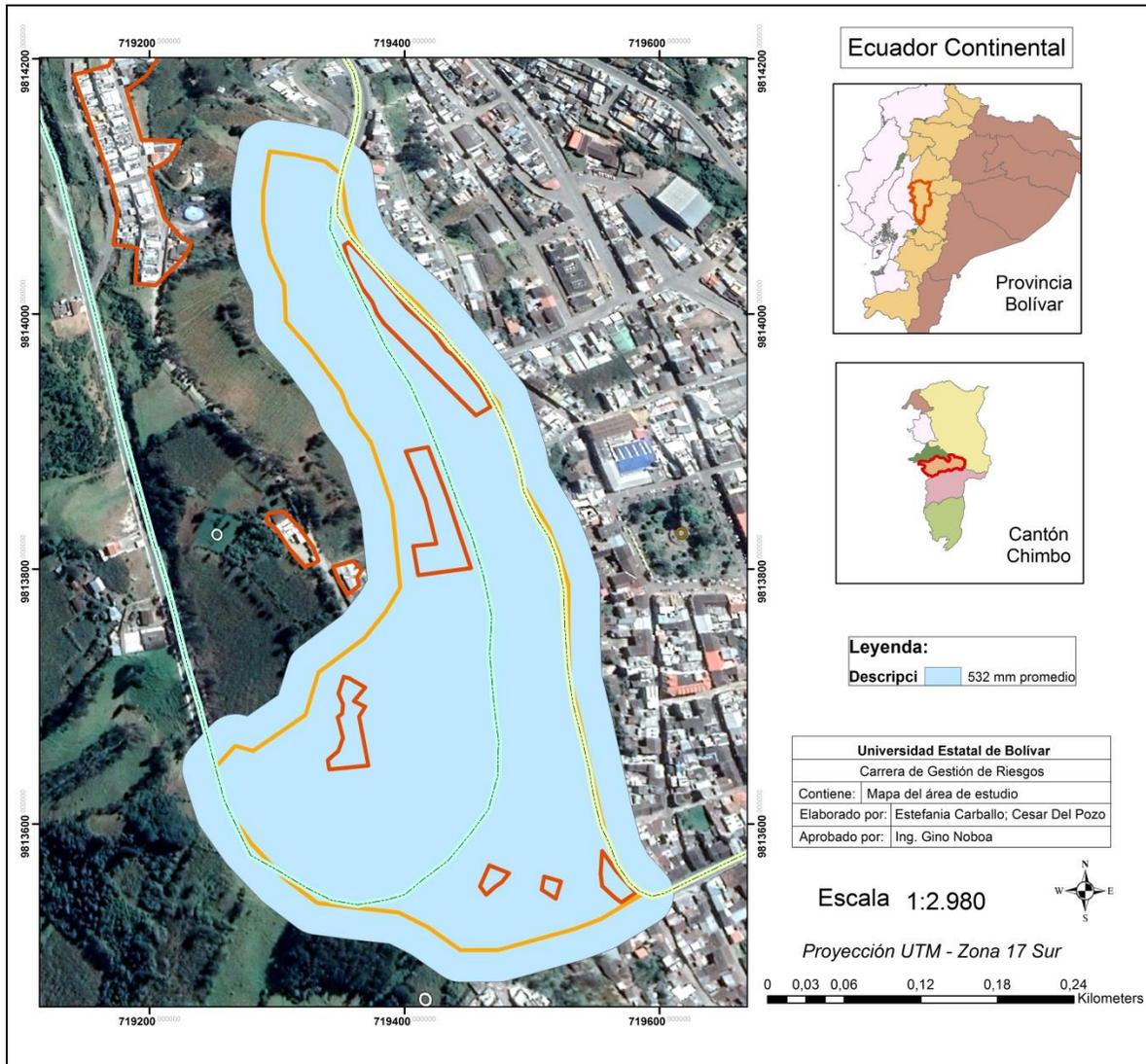
Elaborado por: Carballo, E., Del Pozo, C. 2020

Fuente: Geoprocesos ArcMap.

Como se observa en la figura 5, respecto a la precipitación que posee el barrio Divino Niño, se mantiene en un promedio de 532mm, abarcando una extensión de 140,512 m². Tomando en consideración que la precipitación promedio del país es de 2274 mm por año, se considera que la presencia de lluvias en la zona es un factor detonante peligroso que aumenta el nivel de vulnerabilidad ante los deslizamientos en masa. En el siguiente mapa se puede observar detalladamente la precipitación que presenta el barrio.

Mapa 6

Precipitación

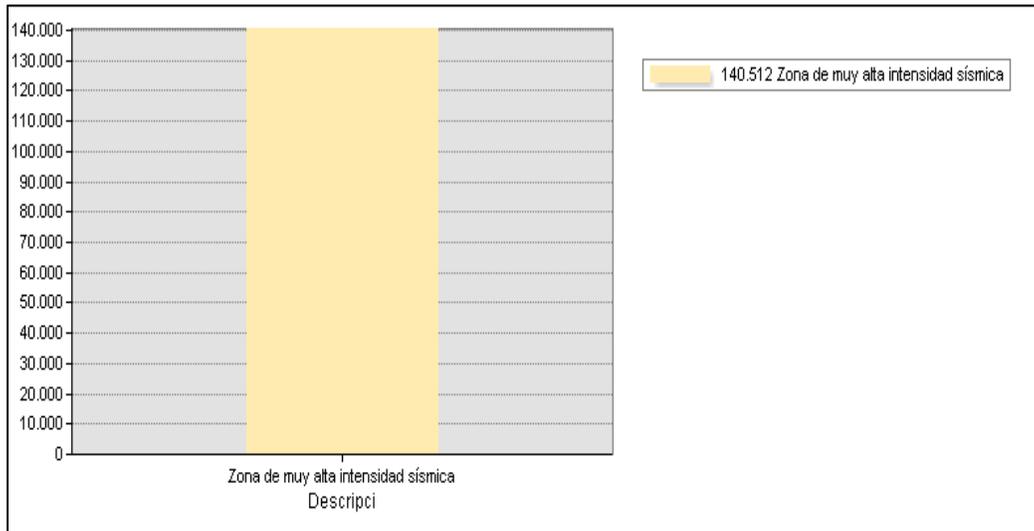


Elaborado por: Carballo, E., Del Pozo, C. 2020

Fuente: (SIG Tierras, 2015)

Figura 4

Sismología



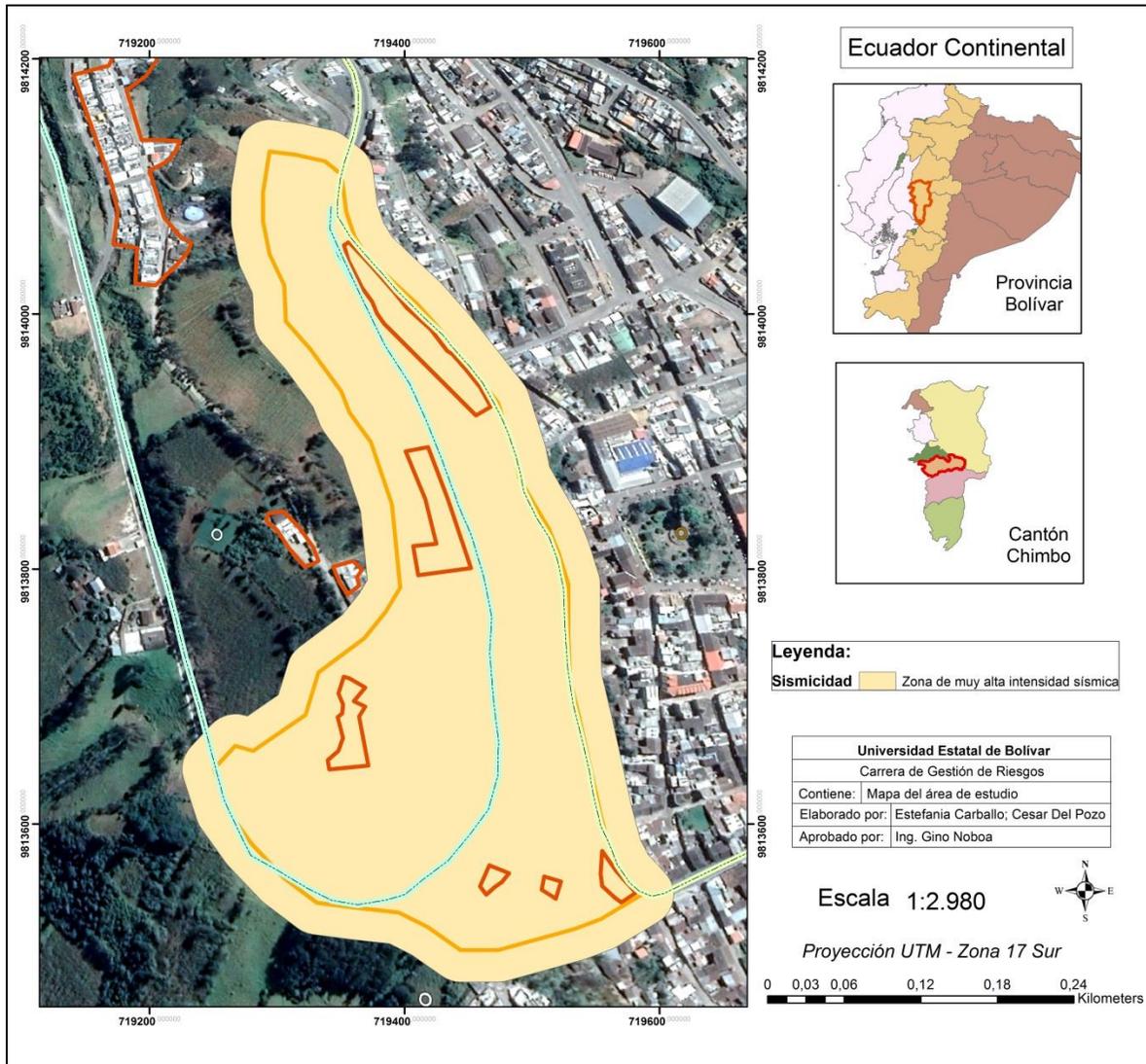
Elaborado por: Carballo, E., Del Pozo, C. 2020

Fuente: Geoprocesos ArcMap.

Respecto a la figura 6, se muestra la intensidad sísmica del barrio, el cual posee una extensión de 140, 512 m² de zonas susceptibles a sismos, es decir todo el barrio. Los sismos son los eventos naturales que más predominan en el país ya que se encuentran dentro del cinturón de fuego del pacífico, por ende, su actividad sísmica es alta, dicho evento tiene relación directa con los deslizamientos debido a que actúan como factor detonante, aumentando la intensidad y peligrosidad de la amenaza. A continuación, en el siguiente mapa se observa la intensidad sísmica de la zona.

Mapa 7

Sismología

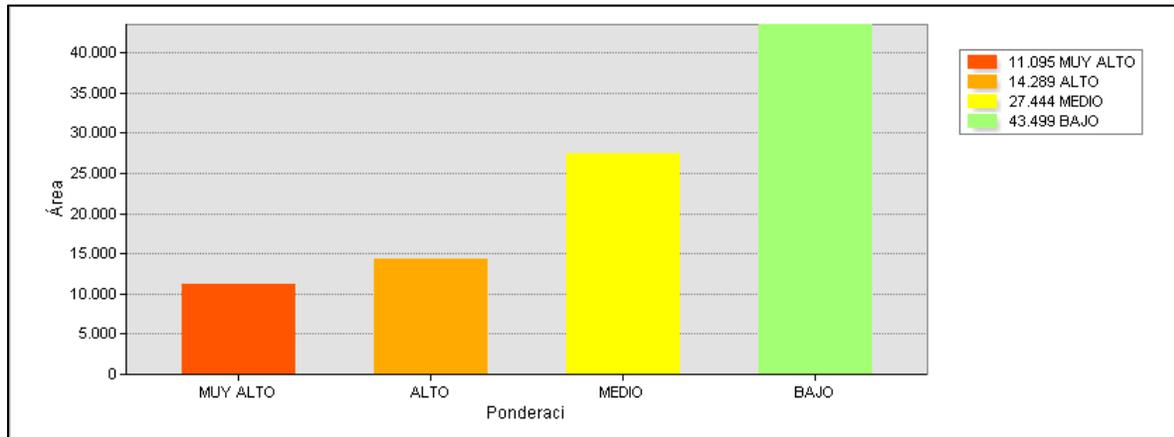


Elaborado por: Carballo, E., Del Pozo, C. 2020

Fuente: (SIG Tierras, 2015)

Figura 5

Susceptibilidad a Deslizamientos



Elaborado por: Carballo, E., Del Pozo, C. 2020

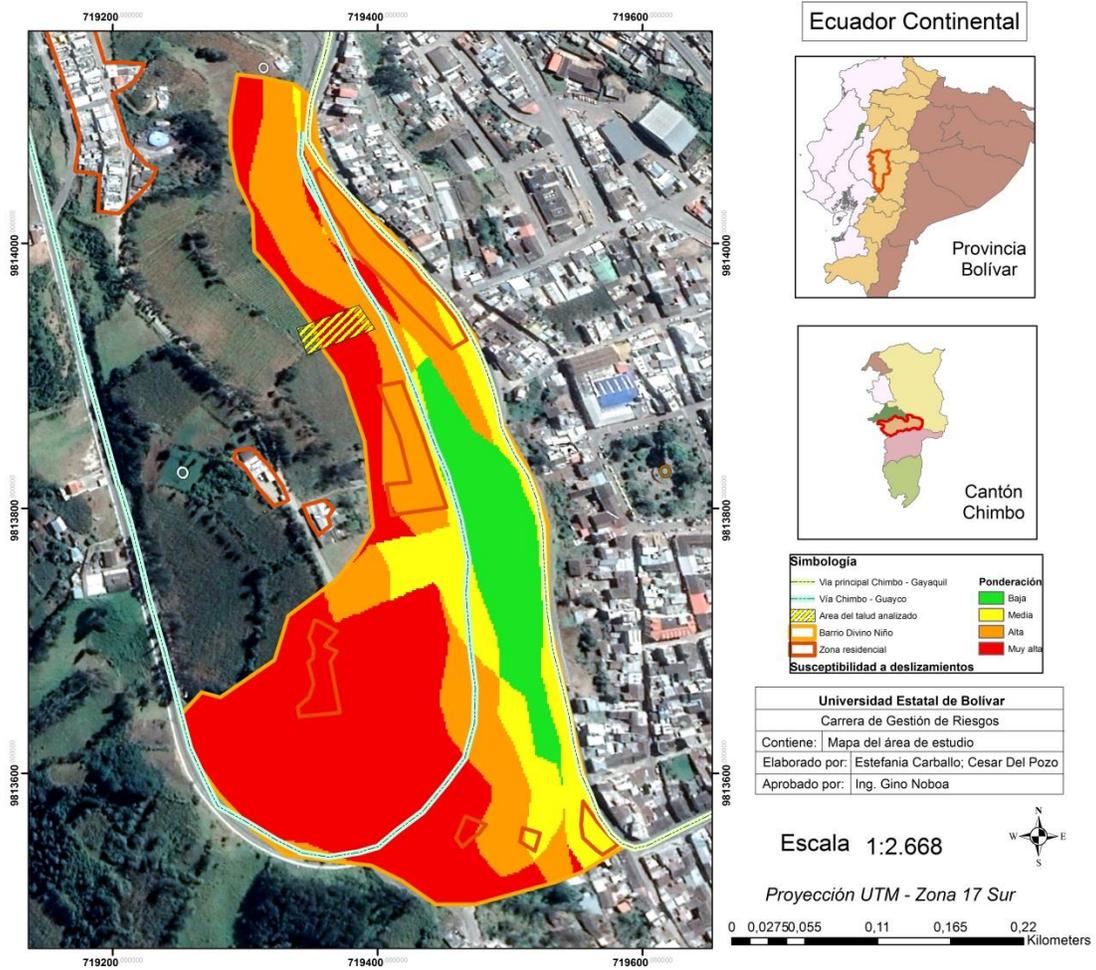
Fuente: Geoprocesos ArcMap.

Respecto a la susceptibilidad a deslizamientos del barrio Divino Niño como se observa en la figura 7, con una extensión de 43,499 m² posee una susceptibilidad baja, el cual se representa de color verde, seguido de 27,444 m² de extensión cuya susceptibilidad es media que se representa de color amarillo, mientras que 14,269 m² de extensión poseen una susceptibilidad alta que se representa de color tomate, finalmente 11,095 m² de extensión poseen una susceptibilidad muy alta.

A pesar que gran parte de la zona no está expuesta a deslizamientos de mayor magnitud, hay que considerar que en las áreas de mayor susceptibilidad se asientan una cantidad considerable de viviendas, el cual deben tener prioridad y serán los beneficiarios directos del proyecto con la finalidad de mejorar sus condiciones de vida y preservar el bienestar de las familias.

Mapa 8

Susceptibilidad a Deslizamientos



Elaborado por: Carballo, E., Del Pozo, C. 2020

Fuente: (SIG Tierras, 2015)

4.2 Resultados del objetivo 2: Estabilidad de taludes en el área de estudio con el software Galena.

En la vía se determinó el área para estimar el cálculo del talud de corte de 20 metros, que se trata de un desprendimiento de un bloque considerable compuesto por estratos de toba meteorizada, en el cual se observó una grieta de 10cm de ancho, el bloque presenta indicios de desprendimiento, cuyo volumen se estima aproximadamente en 12000 m³, en el km 0+450 de la vía Chimbo – Guayco.

Como se muestra a continuación en la Fotografía 5 extraída de Anexos:

Fotografía 5

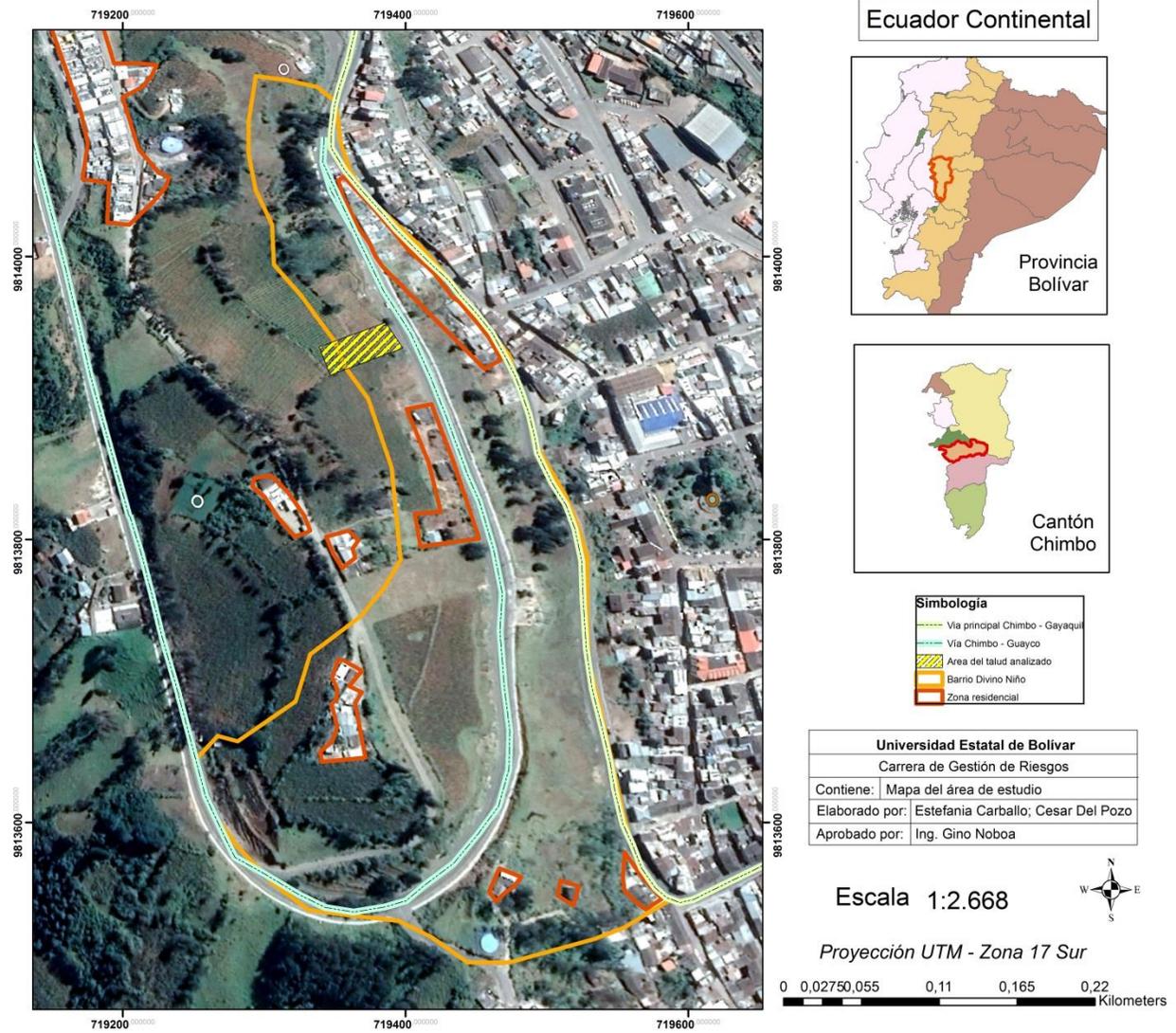
Tramo de la Vía Analizada



Elaborado por: Carballo, E., Del Pozo, C. 2020

Mapa 9

Ubicación de la zona de talud calculada



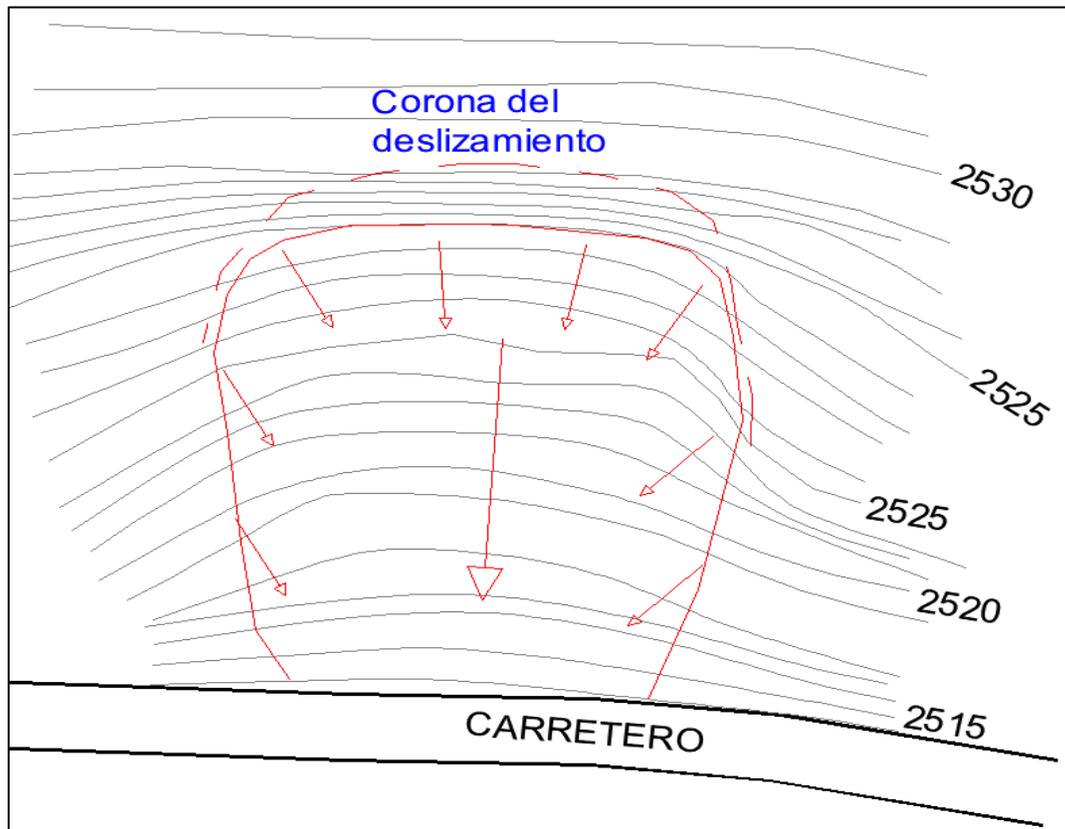
Elaborado por: Carballo, E., Del Pozo, C. 2020

Fuente: (SIG Tierras, 2015)

Adicional a esto se realizó un levantamiento topográfico y la medición in situ de las longitudes del corte del talud, los análisis de suelo se basaron en documentación proporcionada por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, información de exploración de suelos para determinar las propiedades geotécnicas del suelo.

Figura 6

Levantamiento Topográfico del Corte del Talud.



Elaborado por: Carballo, E., Del Pozo, C. 2020

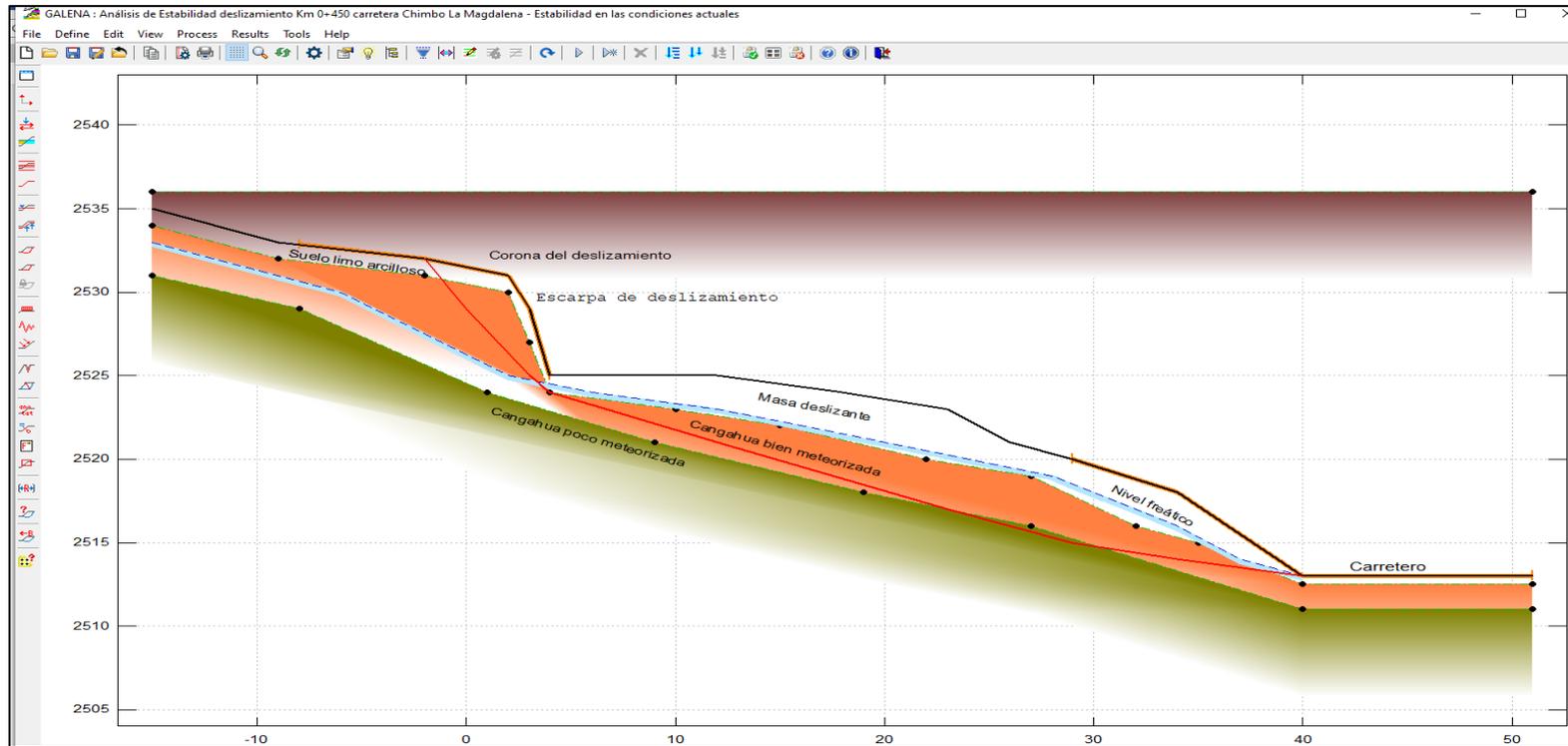
Fuente: Geoprocesos ArcMap.

Con la información recopilada se procede a realizar el cálculo de la estabilidad del talud en condiciones actuales, para lo cual se inicia agregando la información para el modelado como se observa a continuación; Características del suelo, un suelo limo arcilloso, se define la corona del deslizamiento junto con las dimensiones del escarpe y la mesa del deslizamiento, todos estos componentes se encuentran sobre el nivel freático cuya dirección del flujo es el carretero.

Tomando en relación el punto de partida de la corona del deslizamiento, contiene material que se encuentra flojo 10 metros hacia atrás y una longitud de alcance de 40 metros hasta la carretera, cabe recalcar que en un posible deslizamiento la distancia de alcance dependerá del factor que lo detona, a continuación, la Figura 6 se aprecia de mejor manera.

Figura 7

Talud en Condiciones Normales

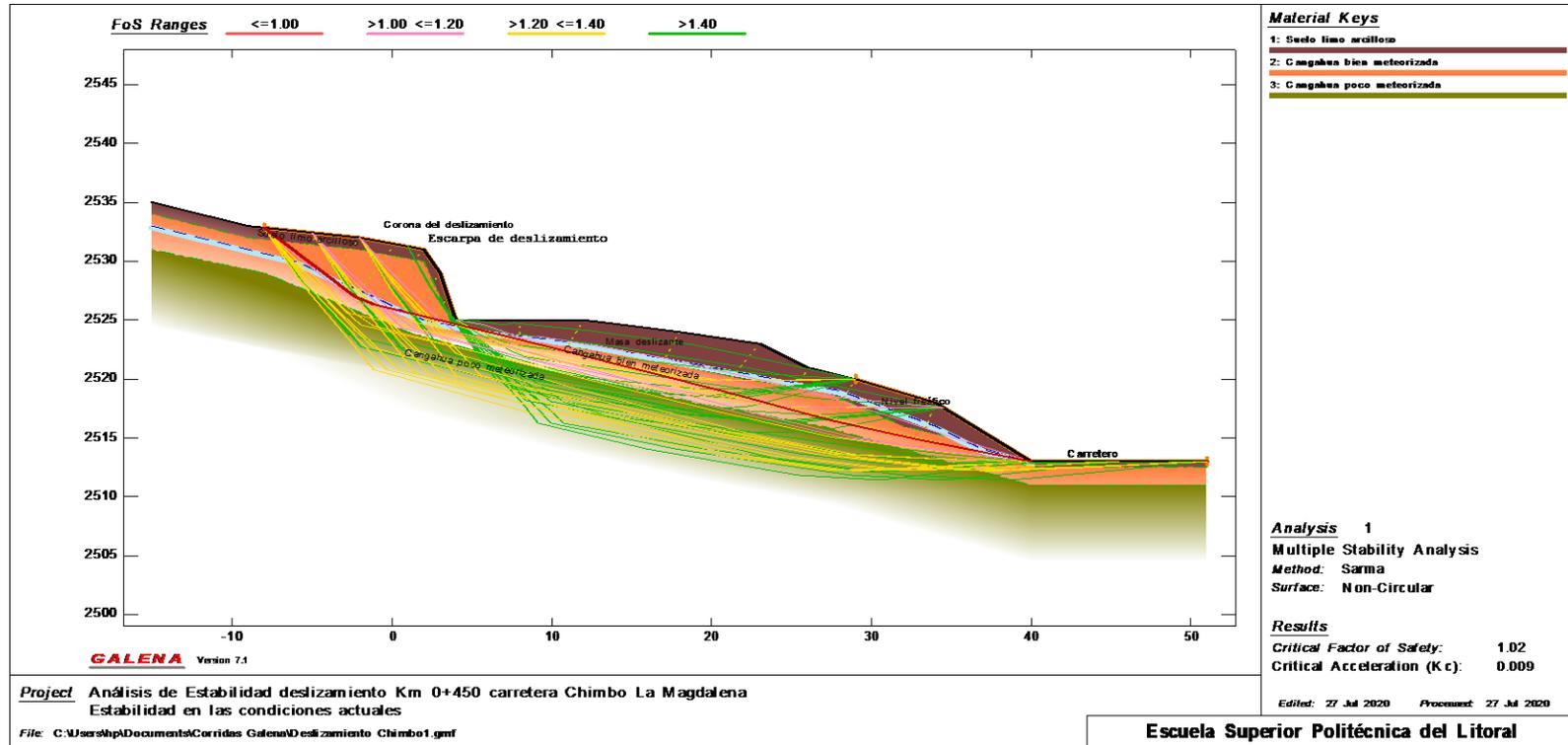


Elaborado por: Carballo, E., Del Pozo, C. 2020

Fuente: Galena

Figura 8

Talud en Condiciones Normales



Elaborado por: Carballo, E., Del Pozo, C. 2020

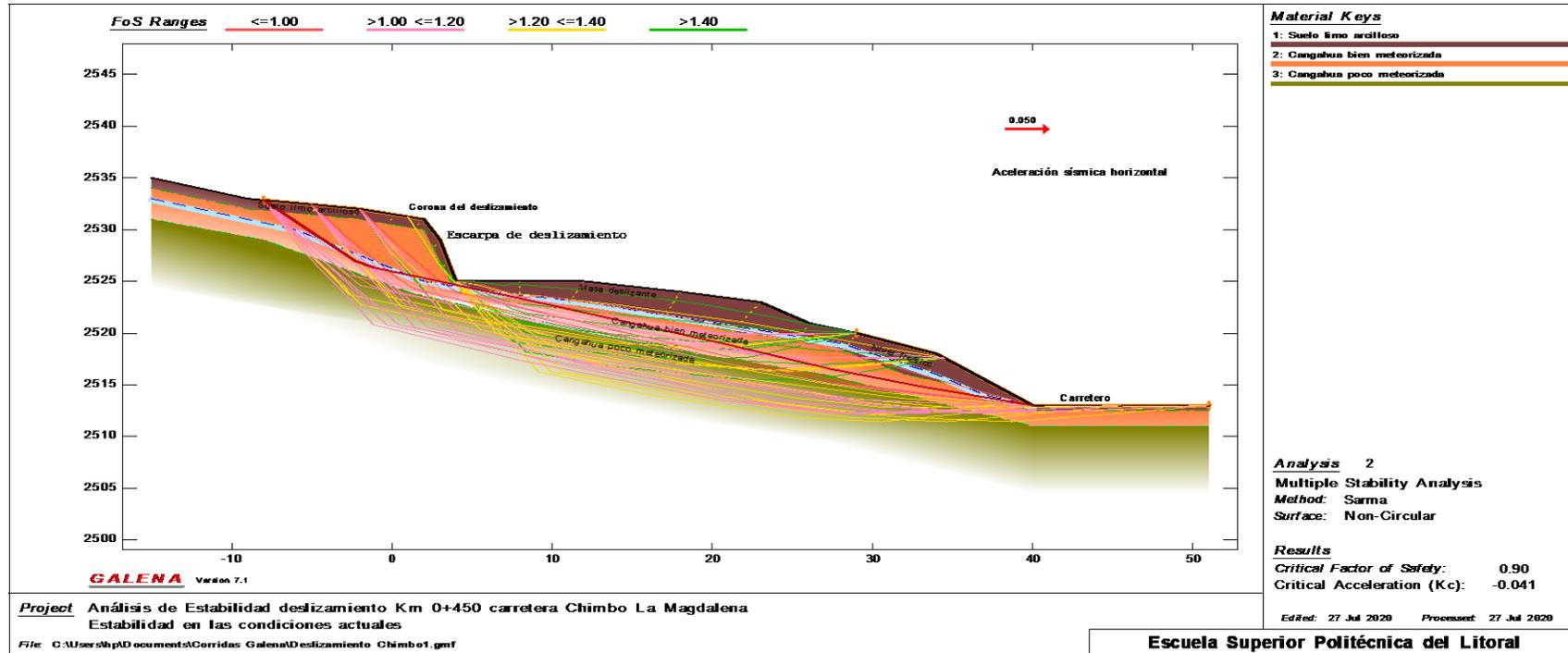
Fuente: Galena

La Figura 8 indica que el factor de seguridad resultante con un valor de 1.02 que el equilibrio del talud es muy precario, lo que significa que la condición del talud es grave, en este caso las fuerzas externas denominadas como detonantes, como la lluvia o sismos de muy baja intensidad, podrían activar el deslizamiento, además que el factor de seguridad del talud 1.02 se categoriza como una seguridad baja

Seguido se presenta otra corrida del modelo de la estabilidad del talud, como resultado se obtiene que el factor de seguridad es de 0.90 que representa las mismas características de la primera corrida, la seguridad del talud es muy baja por lo que con la presencia de los detonantes en este caso precipitación o sismos, sean de baja intensidad, puede activar el deslizamiento, para una mejor apreciación observar Figura 9.

Figura 9

Talud en Condiciones Normales



Elaborado por: Carballo, E., Del Pozo, C. 2020

Fuente: Galena

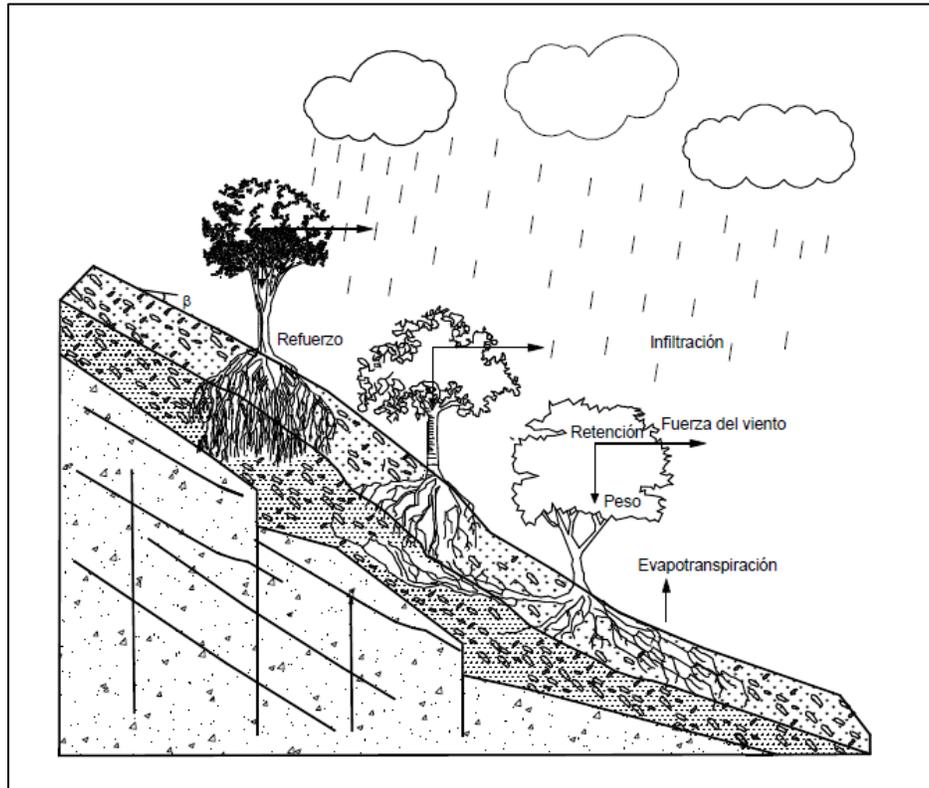
Con los resultados del cálculo de estabilidad del talud, es pertinente poner a disposición soluciones que permitan mitigar la ocurrencia de un posible deslizamiento, tomando en cuenta la situación económica del país, se procede a establecer abordando el siguiente enfoque:

4.3 Resultados del objetivo 3: Medidas de mitigación a riesgos de deslizamientos a través del aprovechamiento de los servicios ecosistémicos.

Para establecer las posibles medidas para reducir el riesgo de deslizamientos se recurrió a través de la búsqueda bibliográfica, a la selección de documentación en la que se traten temas a fin al nuestro, como resultado se obtuvo que los deslizamientos a más de ser un fenómeno que provocan innumerables pérdidas es un indicador del uso indebido de tierras que no son aptas para distintas actividades y es de ahí que nace la necesidad que buscar alternativas que permitan disminuir los daños que estos producen. Existe una gran variedad de técnicas de mitigación ante deslizamientos, cada una aplicada dependiendo de las condiciones de los materiales que conforman los taludes (Díaz & Acosta, 2019). Este trabajo de investigación se basara en técnicas de mitigación enfocadas en la naturaleza.

Figura 10

Soluciones Basadas en Ecosistemas



Fuente: Vegetación y los deslizamientos (Suarez, 2020)

Las soluciones basadas en ecosistemas, en los últimos años han estado tomando fuerza, debido a sus resultados satisfactorios en relación al costo de implementación y los beneficios a largo plazo que estas ofrecen, es así que la amplia investigación que existe sobre cómo aprovechar los servicios que ofrece la naturaleza como medida de mitigación a los deslizamientos, ha sido principalmente el uso de vegetación para reducir la erosión, la reptación y fallas principales.

Cuadro 12

Ventajas Resumidas de la Vegetación

Beneficio	Descripción
Intercepción de la precipitación	El follaje de vegetación impide que la precipitación caiga directamente sobre el suelo.
Incrementa la capacidad de infiltración	Debido a la función fisiológica de las plantas, el agua es retenida en las capas superiores.
Reduce la humedad en el suelo	Las demandas de evaporación y evapotranspiración de las plantas, evitan la acumulación de agua en el suelo.
Dan firmeza a los suelos	Los cimientos de las plantas (raíces) penetran en los suelos para dar sostén al crecimiento de la planta, adicionalmente aumenta la fijación del suelo.
Disminuye la erosión del suelo	La existencia de vegetación hace que se equilibren los ciclos de nutrientes del suelo, además que impide la exposición al viento y a la lluvia.

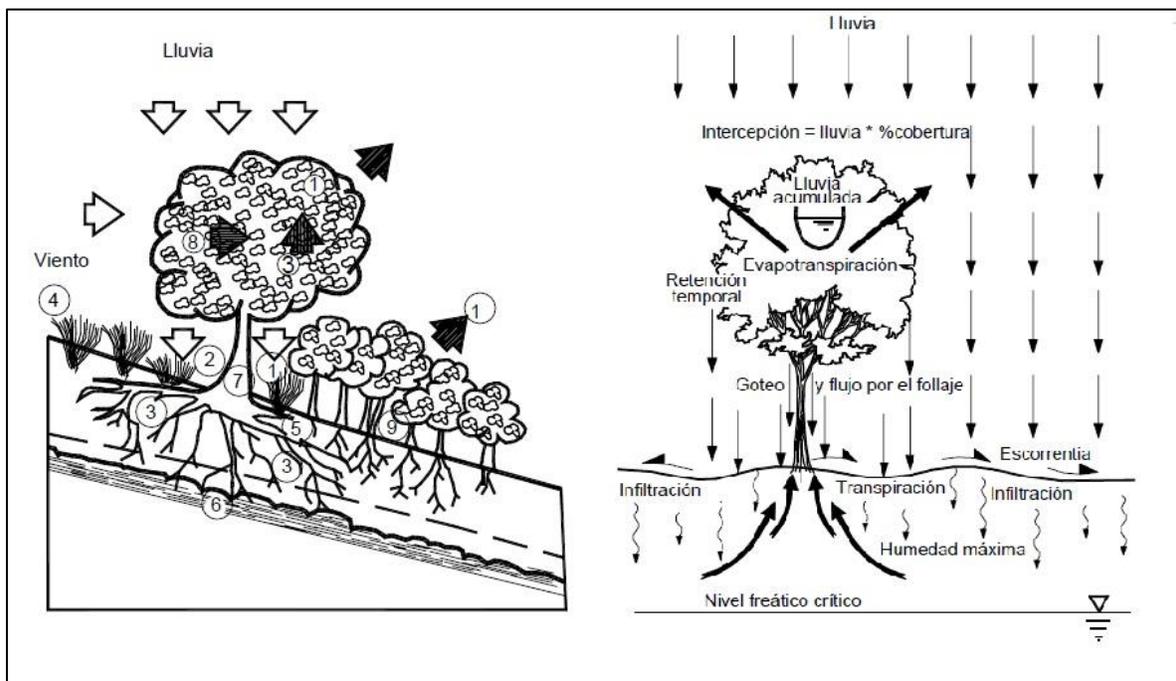
Elaborado por: Carballo, E., Del Pozo, C. 2020

Retención del agua

Al momento de suscitarse una precipitación, el agua que cae sobre el suelo, es retenido por el follaje de las plantas, este fenómeno disminuye el poder agresivo con el que cae la lluvia sobre el suelo, el tipo de vegetación y sus características son factores significativos en la retención de la intensidad y volumen del agua (Rosatto & Plaza, 2015), para una visualización de la retención de agua se presenta la Figura 11.

Figura 11

Retención de Agua por Vegetación



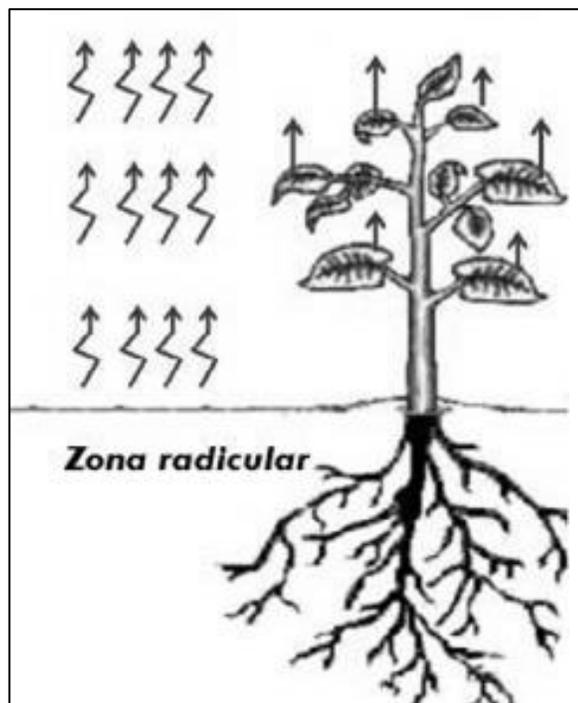
Fuente: Vegetación y los deslizamientos (Suarez, 2020)

Evapotranspiración

Como uno de los componentes que tiene como efecto la reducción de la humedad en el suelo. La evapotranspiración es diferente en cada tipo de suelo dependiendo de las características de la vegetación, está en ocasiones genera el efecto de mantener la humedad en límites menores que la saturación de esa manera se mejora la estabilidad del talud (Sanchez, 2015).

Figura 12

Evapotranspiración



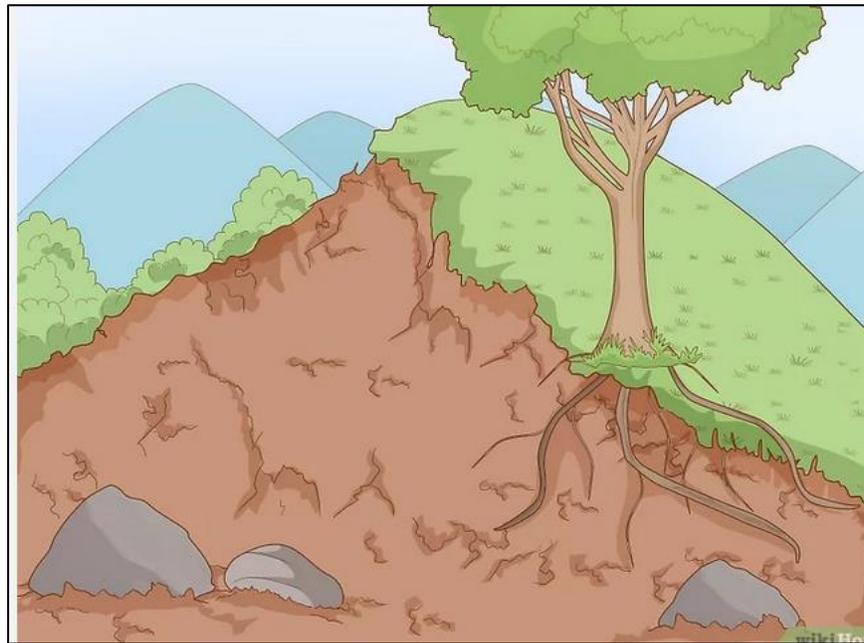
Fuente: Sistema de riego (Peluffo et al, 2017)

Control de la erosión

La erosión del suelo aumenta con el tiempo a medida que la deforestación causa la degradación del mismo. La adopción de prácticas de conservación de suelo adecuadas, como el cultivo intercalado, cultivar arboles de especies generalmente altas, mantener hierbas o malezas nos ayudan a prevenir la erosión del suelo (Alvarado-García & Zúñiga-Amador, 2018).

Figura 13

Erosión



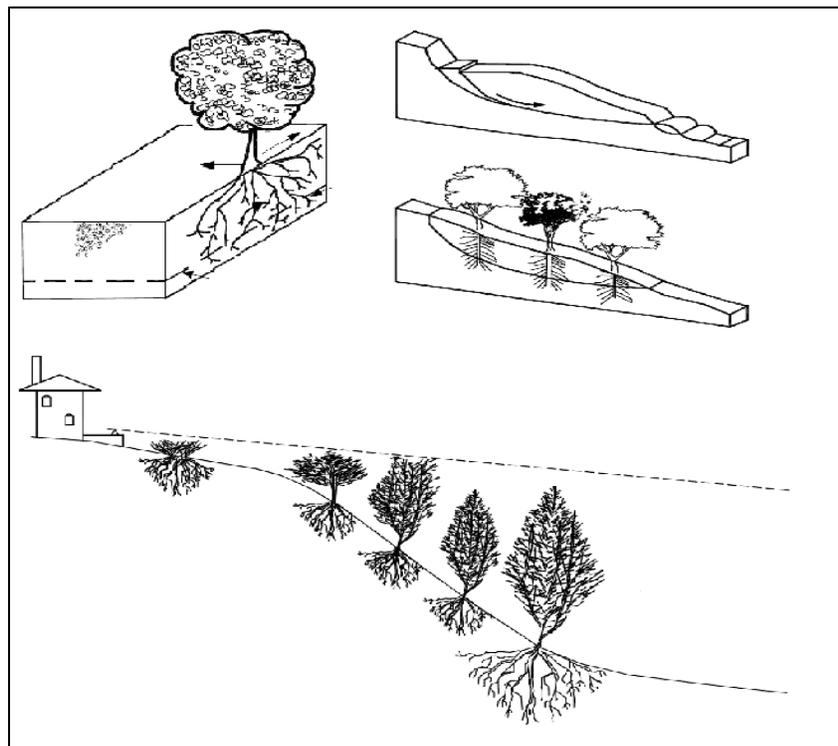
Fuente: Como evitar la erosión (WikiHow., 2020)

Resistencia del suelo

La morfología y distribución de las raíces de los árboles está relacionada de manera determinante a la resistencia del suelo, las mismas que por el aumento de la cohesión aumentan su resistencia de 3 a 4 veces. Es importante recalcar que las raíces de diámetro superior dan menos resistencia. La antigüedad de los árboles, las condiciones ambientales producen un cambio relevante en la resistencia de las raíces (Duque & Escobar, 2016)

Figura 14

Fijación de Suelo



Fuente: Vegetación y los deslizamientos (Suarez, 2020)

Además de lo anteriormente descrito, a continuación se presenta en un conglomerado, ciertas prácticas que ayudan a preservar los suelos, enfocándose en la acción antrópica.

Cuadro 13

Prácticas para Mitigar Deslizamientos

Medidas de Mitigación

Cuidar los bosques ya que nos favorecen la firmeza de los suelos, de esa manera se evita la erosión. Se debe evitar la destrucción o la tala indiscriminada de estos.

No se debe realizar quema de la vegetación como una técnica alternativa para el cultivo de la tierra, ya que esta práctica ocasiona la destrucción de la capa vegetal del suelo.

Plantar vegetación que se reproduzcan de forma rápida, de esa manera se dará la formación de una barrera que fortalecerá la tierra.

Construcción de andenes o terrazas escalonadas para cultivo en terrenos con pendiente, es una excelente medida de prevención para evitar deslizamientos.

Evitar el sobrepastoreo, lo recomendable es cambiar de manera periódica el ganado de un lugar a otro para evitar el desgaste de los terrenos y su posible erosión.



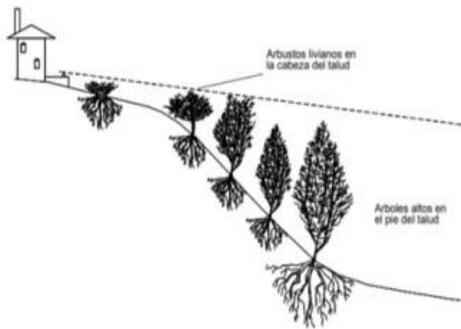
A



B



C



D



E

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

A través de la aplicación de la metodología de Mora Vahrson, en la que se ponderó con valores predefinidos que fueron entre 1 a 5 dependiendo según las características y condiciones de los factores condicionantes, entre ellos la litología del sector, la geomorfología del sector, el uso de suelo y cobertura vegetal y las pendientes, adicional a esto los factores detonantes entre ellos la sismicidad y precipitación, dentro de la calculadora ráster del software ArcGis, se identificó por zonas la susceptibilidad a deslizamientos que estas presentan.

Siendo de ponderación muy alta a quien se le representó de color rojo ocupa una extensión de 11,095 m² de toda el área de estudio, seguido de una ponderación alta a quien se le representó con color tomate ocupa una extensión de 14,289 m², ambas categorías representan al 26% del área de estudio y es un peligro constante a un tramo de aproximadamente 100 metros de la vía Chimbo – Guayco, además de a una zona residencial y medios de vida entre ellos zonas que se dedican al cultivo de maíz, además de ponderaciones que no representan un peligro constante pero si requieren intervención para mejorar su condición, con una ponderación media representada con color amarillo 27,444 m² y bajo representado con color verde 43,499 m², hay que recalcar que dentro de esta zona aunque la susceptibilidad es baja, en esta zona se encuentran mayormente los medios de vida, cultivos de maíz y forraje para el consumo del ganado, en caso de un deslizamiento son las zonas de mayor importancia dado que esas generan ingresos para los moradores de la zona.

El software Galena en base a las condiciones del territorio, información requerida para el modelamiento, litología y pendientes se logró estimar que el talud analizado presenta un factor de seguridad muy bajo con un valor de 1.02 en la primera corrida y 0.9 en la segunda corrida, ambos valores están muy por debajo de 1.4 cuyo valor representa a un talud estable, significando un peligro inminente el cual para activarse requiere únicamente de una fuerza mínima en intensidad y duración de la presencia de uno de los factores detonantes, que puede ser en este caso lluvia o sismos.

Como último apartado la presencia de los ecosistemas, la conservación de las áreas vegetales sirven como medidas afectivas para reducir la susceptibilidad a deslizamientos, dado que dentro de las funciones de la vegetación esta la reducción de infiltración y evapotranspiración que reduce la humedad y la escorrentía superficial, las raíces que fijan el suelo aumentando la capacidad de resistencia, como último aporte la vegetación protege el suelo descubierto evitando la erosión y restablece el equilibrio del ciclo de los nutrientes, por lo tanto las soluciones basadas en ecosistemas o naturaleza son de fácil implementación, no son costosas y los beneficios son multidimensional.

5.2 Recomendaciones

El desarrollo de las ciudades debe ser integral e integrado, dado que la ocupación no planificada para la construcción de viviendas y el uso de suelo como medio de sustento económico, debe tomar en consideración las aptitudes y características del área geográfica, así se contribuye en la reducción de riesgos de desastres.

La existencia de herramientas, técnicas y mecanismos nuevos y novedosos, pone a disposición de los tomadores de decisiones información técnica que ayuda a precautelar la seguridad de sus habitantes en todos los aspectos.

Contar con data más detallada y con temporalidad frecuente, permite que los estudios y modelamientos, brinden resultados más eficientes y apegados a la realidad, se debe implementar estaciones de monitoreo y actualizar el uso y cobertura de suelo, entendiendo que el sistema socioambiental no es estático sino más bien dinámico.

BIBLIOGRAFÍA

- Acurio, V. (Septiembre de 2014). *Geomorfología*. Obtenido de <http://victoria-acurio.blogspot.com/>
- Asamblea Nacional. (2009). *Ley de Seguridad Pública y del Estado*. Quito.
- Asamblea Nacional. (2010). *Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas*. Quito.
- Asamblea Nacional. (2016). *Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo*. Quito.
- Asamblea Nacional. (2017). *Código Orgánico de las Entidades de Seguridad Ciudadano y Orden Público*. Quito.
- Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*.
- Asamblea Nacional del Ecuador . (2008). *Constitución de la Republica del Ecuador*. Quito.
- C. d. (2008). *Constitucion de la Republica del Ecuador*. Monte Cristi, Manabi .
- Consejo de Planificación. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017 - 2021*. Quito.
- Coriminas, J. (2004). *Tipo de Roturas en Laderas y Taludes* . Barcelona.
- D'Ercole, R. T. (2003). *AMENAZAS, VULNERABILIDADES, CAPACIDADES Y RIESGOS EN EL ECUADOR*. QUITO.
- EcuRed. (Martes de Julio de 2016). *Conocimiento de todos y para todos*. Obtenido de https://www.ecured.cu/flujo_pirocl%C3%A1stico
- EIRD. (2004). *Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres. Terminología: Términos principales relativos a la reducción del riesgo de desastres*. . Ginebra.

Geociencias. (Jueves de Marzo de 2014). *Diccionario Actual*. Obtenido de <https://diccionarioactual.com/abrupto/>

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Chimbo. (2014). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL CANTÓN CHIMBO PROVINCIA DE BOLÍVAR 2014 - 2019*. Chimbo: Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo.

Iñiguez, G., Barragán, G., Mas, M., & Vallejo, M. (2017). Estudio de amenazas, vulnerabilidad y riesgos estructurales en las instituciones de la parroquia urbana del Cantón Chimbo. *Revista Publicando Vol 4 N. 12*.

Juan Ramirez Ponce. (2014). *Vulnerabilidad Global*. Colombia.

M. A. (2011). *Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización*. Quito, Pichincha, Ecuador.

Ministerio de Finanzas Públicas. (2010). *Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas*. Quito, Pichincha, Ecuador.

Ministerio de Transporte Y Obras Públicas. (2015). ESTUDIOS DE INGENIERIA PARA LA RECTIFICACION Y MEJORAMIENTO DE LA VIA CHIMBO-EL CRISTAL.

Mora, R. (2004). *Evaluacion de la Suceptibilidad al Deslizamiento del cantón San José, Costa Rica*. Servicios especializado de suelos y Roca.

Mora, R. (2004). *Evaluacion de la Suceptibilidad al Deslizamiento del cantón San José, Costa Rica*. Servicios especializado de suelos y Roca.

Mora, R. (2004). *Evaluacion de la Suceptibilidad al Deslizamiento del cantón San José, Costa Rica*. Servicios especializado de suelos y Roca.

ONU. (2015). *Marco de Sendai Para la Reducción de Riesgo de Desastres*. Sendai.

ONU. (2015). *Marco de Sendai para la Reduccion de Riesgo de Desatres*. Sendai.

- Peluffo et al. (Noviembre de 2017). *Researchgate*. Obtenido de Researchgate: https://www.researchgate.net/publication/315793360_Sistema_de_Riego_Basado_En_La_Internet_De_Las_Cosas_IoT
- PREDECAN. (Septiembre de 2009). *Comunidad Andina*. Obtenido de <http://www.comunidadandina.org>
- Presidencia de la República del Ecuador. (2010). *Código Orgánico de Ordenamiento Territorial, Autonomías y Descentralización*. Quito.
- Presidencia de la República del Ecuador. (2017). *Reglamento a la Ley de Seguridad Pública y del Estado*. Quito.
- Quesada, A., & Feoli-Boraschi, S. (2018). Comparación de la Metodología Mora-Vahrson y el Método Morfométrico para Determinar Áreas Susceptibles a Deslizamientos en la Microcuenca del Río Macho, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/10677/13251>.
- Robert D'Ercole, M. T. (2003). *AMENAZAS, VULNERABILIDADES, CAPACIDADES Y RIESGOS EN EL ECUADOR*. QUITO.
- Rodríguez, J. C. (2019). Análisis de Riesgo Ante Fenómenos de Remoción en Masa. *Análisis de Riesgo Ante Fenómenos de Remoción en Masa*. Guaranda, Ecuador.
- Rosales. (2013). *Proyectos*. Madrid: CONPYN. Recuperado el Martes de Julio de 2017
- Secretaría de Gestión de Riesgos. (2014). *Manual de Comités de Gestión de Riesgos*. Samborondon.
- Secretaría de Gestión de Riesgos. (sf). *CONFORMACIÓN ORGANIZACIONAL DE LAS UNIDADES DE GESTIÓN DE RIESGOS EN LOS GOBIERNOS AUTÓNOMOS DESCENTRALIZADOS CANTONALES*. Quito.
- Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (2013). *ECUADOR: REFERENCIAS BÁSICAS PARA LA GESTIÓN DE RIESGOS 2013 - 2014*. Quito.

- Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (2014). *Alarma por nuevos agrietamientos en barrio Tamban*. Obtenido de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/alarma-por-nuevos-agrietamientos-en-barrio-tamban/>
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2013). *Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017*. Quito, Pichincha, Quito.
- Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias. (2019). *Plan Específico de Gestión de Riesgos 2019 - 2030*. Quito.
- SIG Tierras. (24 de Julio de 2020). *Sistema de Información Público del Ecuador*. Obtenido de Ministerio de Agricultura y Ganadería: <http://geoportal.agricultura.gob.ec/>
- Suarez D, J. (2009). *Análisis Geotécnico Zonificación de Susceptibilidad, Amenaza Riesgo*. Bogotá, Colombia: U. Industrial de Santander.
- Suarez D. J. (2009). *Análisis Geotécnico, Zonificación de Susceptibilidad, Amenaza Riesgo*. . Colombia: .: Editorial U Industrial de Santander.
- Suarez, J. (26 de Julio de 2020). *Técnicas basadas en vegetación para mitigar los deslizamientos*. Obtenido de erosión: www.erosion.com.co
- Toscana, A., & Hernández, P. (2017). Gestión de riesgos y desastres socioambientales. El caso de la mina Buenavista del cobre de Cananea. *Invest. Geog no.93*.
- UNESCO. (2012). *Glosario Hidrológico Internacional*.
- Watanabe, M. (2015). Gestión del riesgo de desastres en ciudades de América latina. *Apuntes de InvestigAcción N° 4*.
- WikiHow. (26 de Julio de 2020). *WikiHow*. Obtenido de Consciencia ambiental: <https://es.wikihow.com/controlar-la-erosi%C3%B3n-del-suelo>

ANEXOS

Cronograma

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	2020													
							ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct				
1		INICIO	0 sem.	mié 12/2/20	mié 12/2/20		◆ 12/2													
2		INTRODUCCION	1 sem.	jue 13/2/20	mié 19/2/20			■												
3		CAPITULO 1: PROBLEMA	2 sem.	mié 19/2/20	mar 3/3/20			■												
4		CAPITULO 2: MARCO TEORICO	3 sem.	mar 3/3/20	lun 23/3/20				■											
5		CAPITULO 3: MARCO METODOLOGICO	6 sem.	lun 23/3/20	vie 1/5/20					■										
6		ACTIVIDADES SUSPENDIDAS POR PANDEMIA COVID-19	8 sem.	vie 1/5/20	jue 25/6/20						■									
7		CAPITULO 4: RESULTADOS ALCANZADOS	4 sem.	jue 25/6/20	mié 22/7/20							■								
8		CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	1 sem.	vie 3/7/20	jue 9/7/20							■								
9		REVISION FINAL POR EL TUTOR	2 sem.	mié 8/7/20	mar 21/7/20							■								
10		REVISION PARES ACADEMICOS	7 sem.	vie 17/7/20	jue 3/9/20								■							
11		DEFENSA Y ENTREGA	4 sem.	vie 4/9/20	jue 1/10/20									■						

Fotografía 1 Medición del corte de talud en al barrio Divino Niño



Elaborado por: Carballo, E., Del Pozo, C. 2020

Fotografía 2 Talud en estudio – barrio Divino Niño



Elaborado por: Carballo, E., Del Pozo, C. 2020

Fotografía 3 Trabajo en campo de los estudiantes



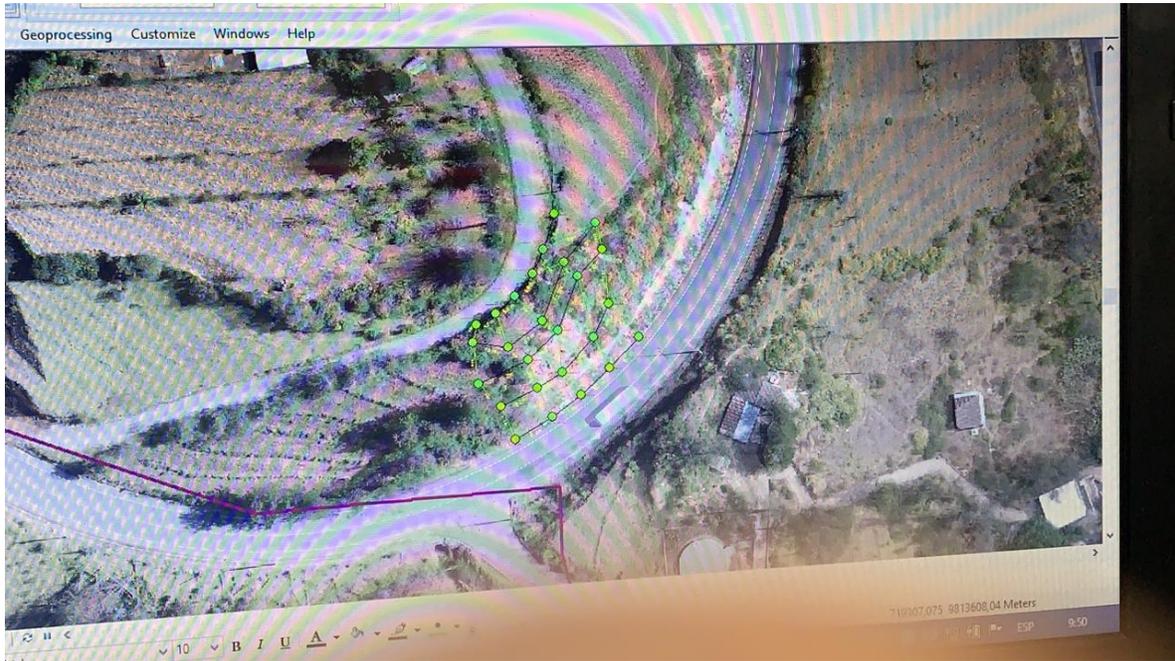
Elaborado por: Carballo, E., Del Pozo, C. 2020

Fotografía 4 Medición del talud en estudio



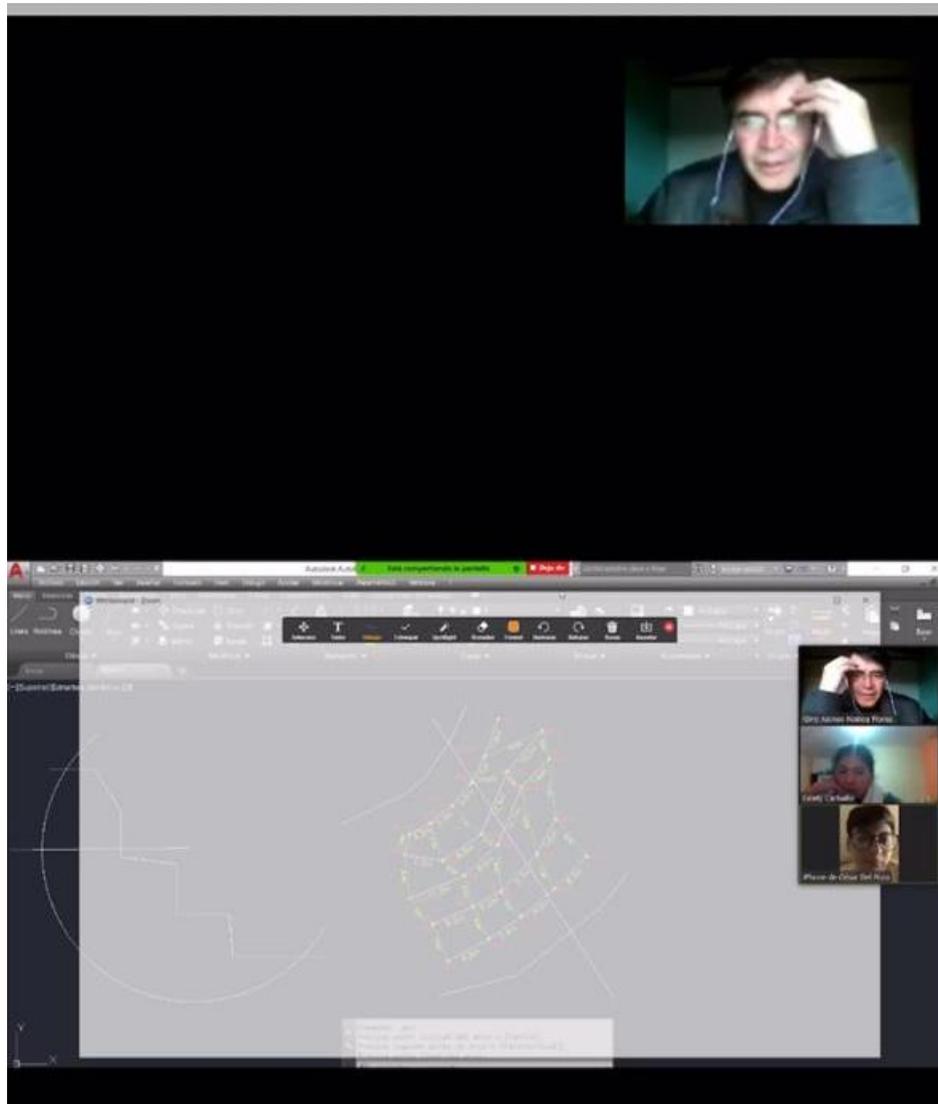
Elaborado por: Carballo, E., Del Pozo, C. 2020

Fotografía 5 Trabajo en escritorio



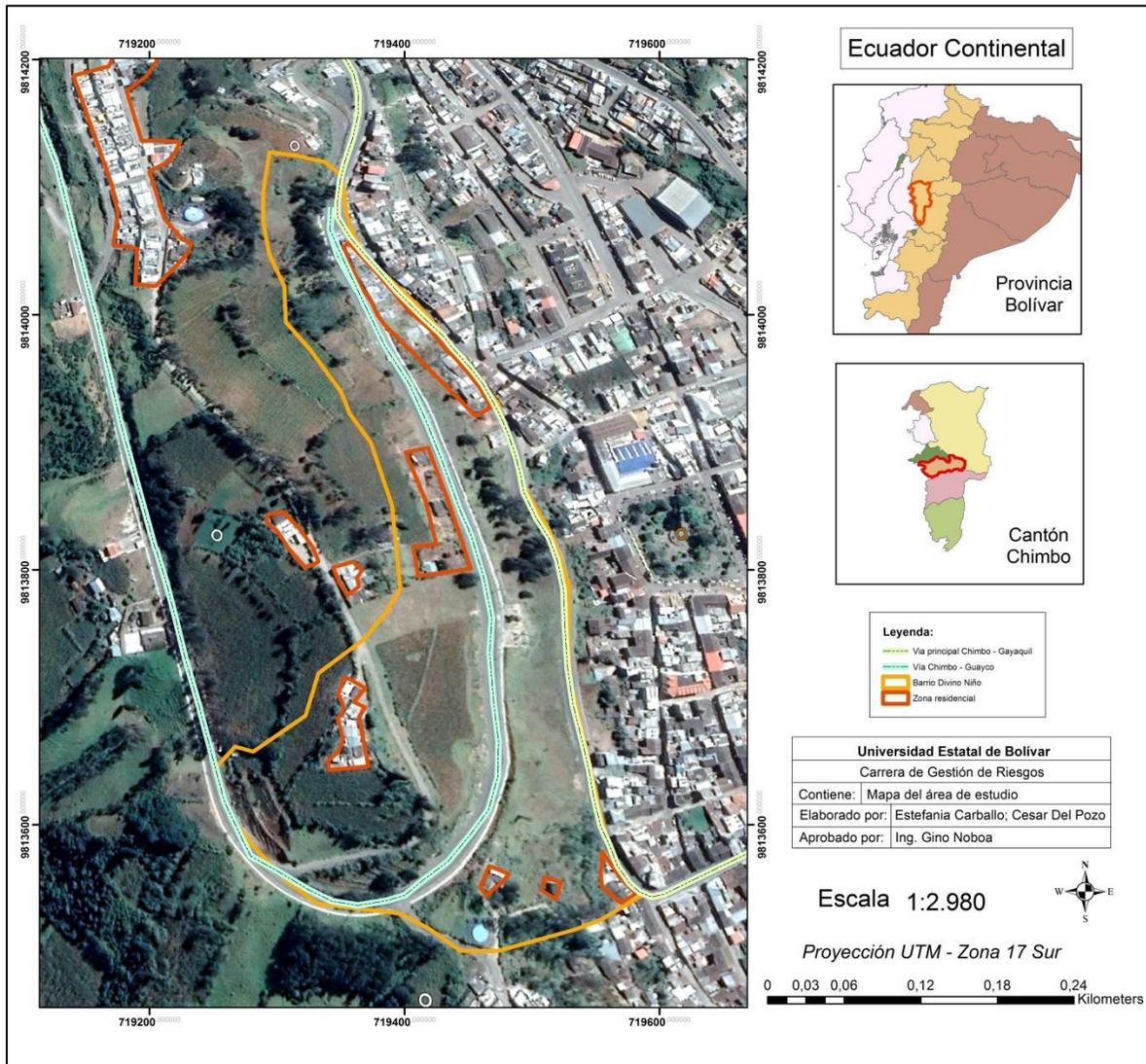
Elaborado por: Carballo, E., Del Pozo, C. 2020

Fotografía 6 Revisiones de avances con el tutor

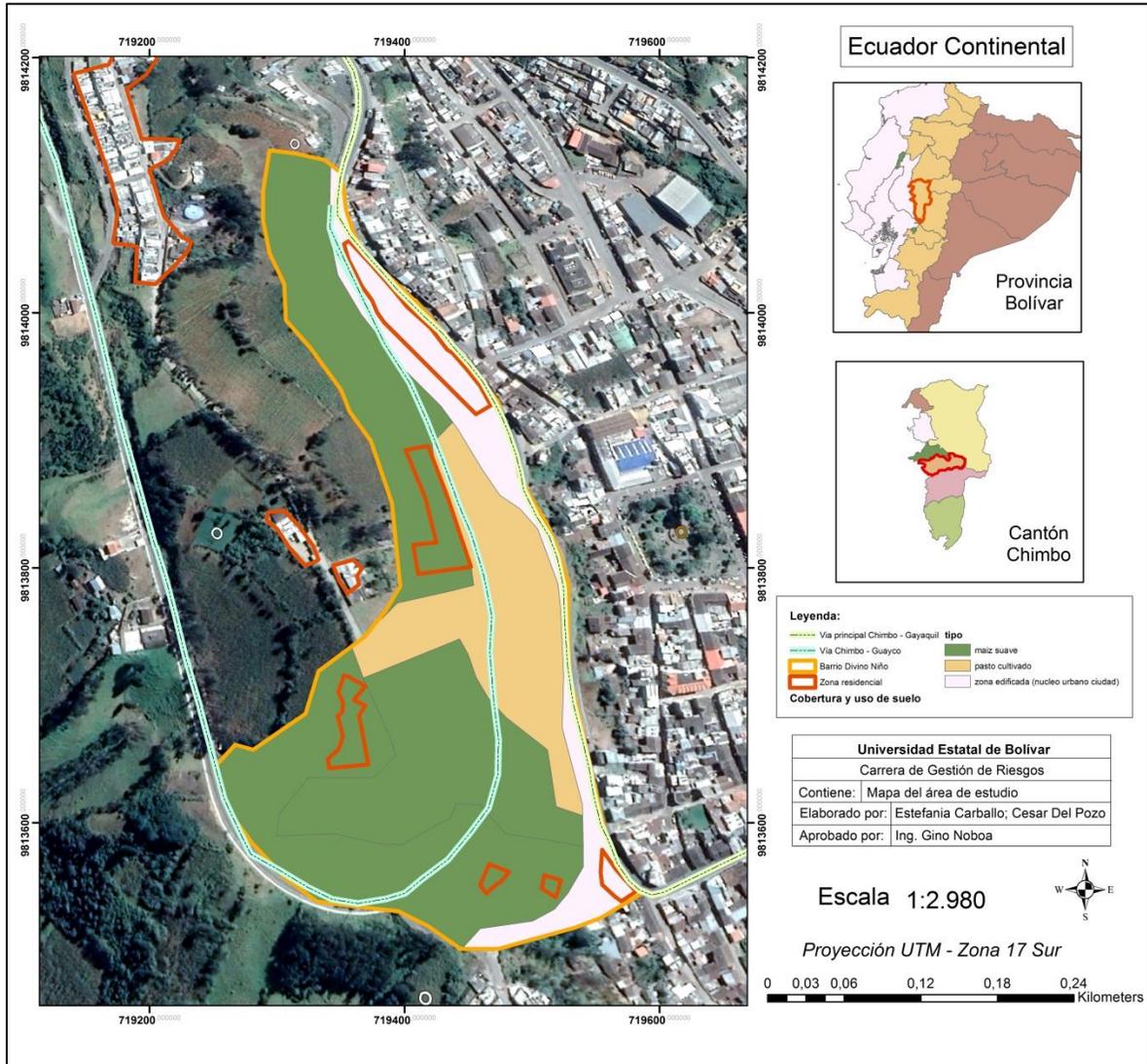


Elaborado por: Carballo, E., Del Pozo, C. 2020

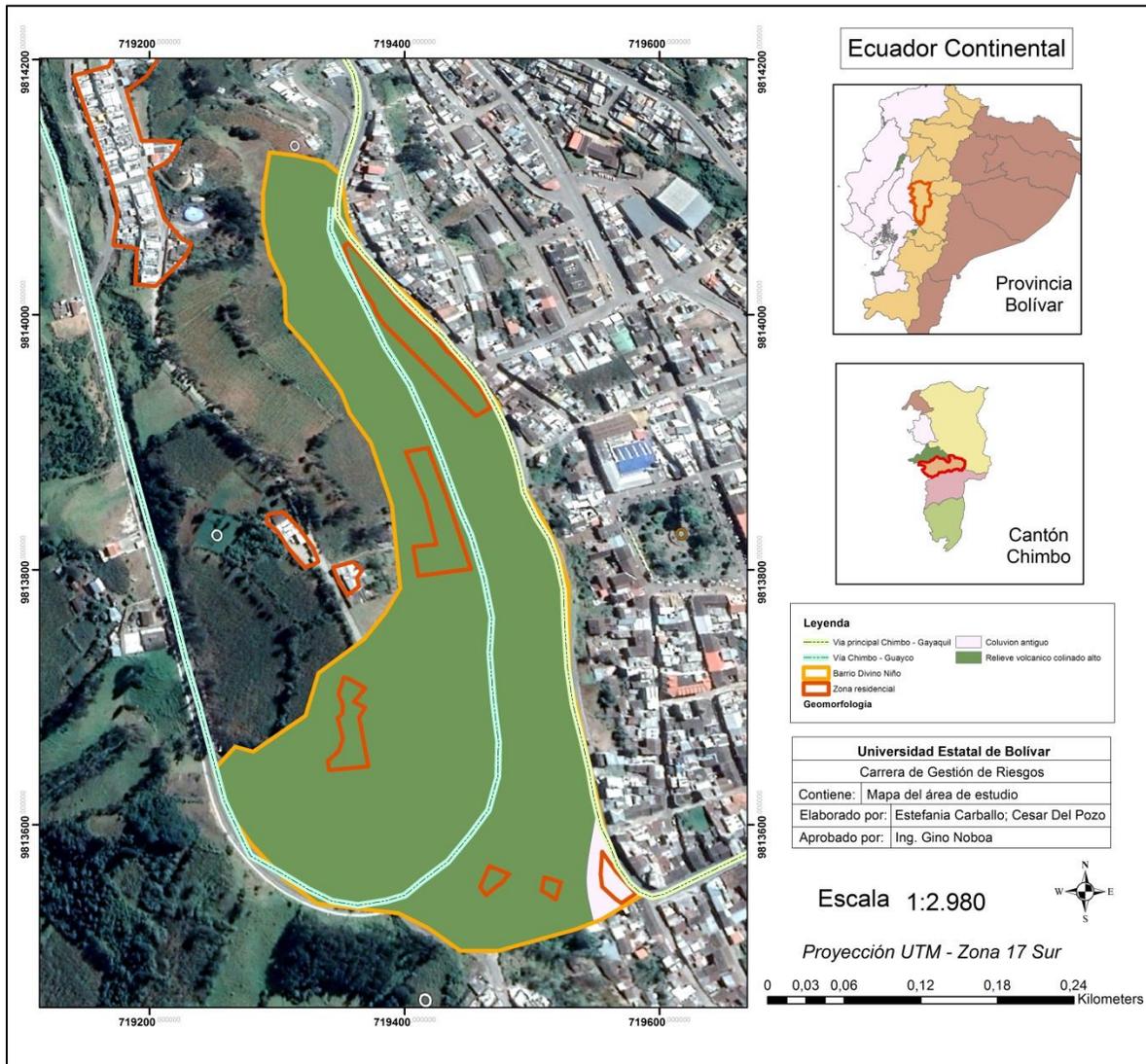
Mapa N° 1 Del área de estudio



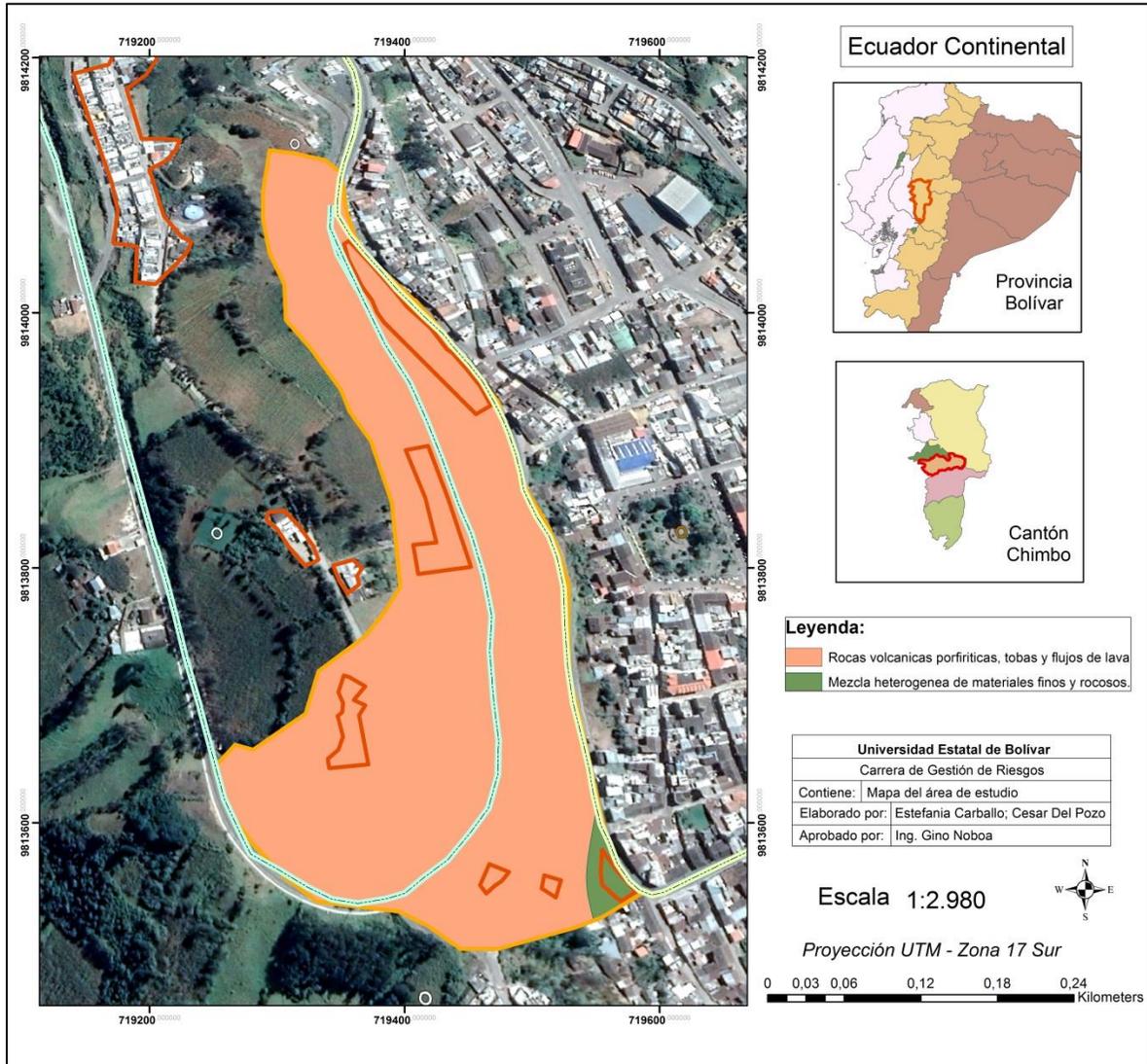
Mapa N° 2 De cobertura y uso de suelo



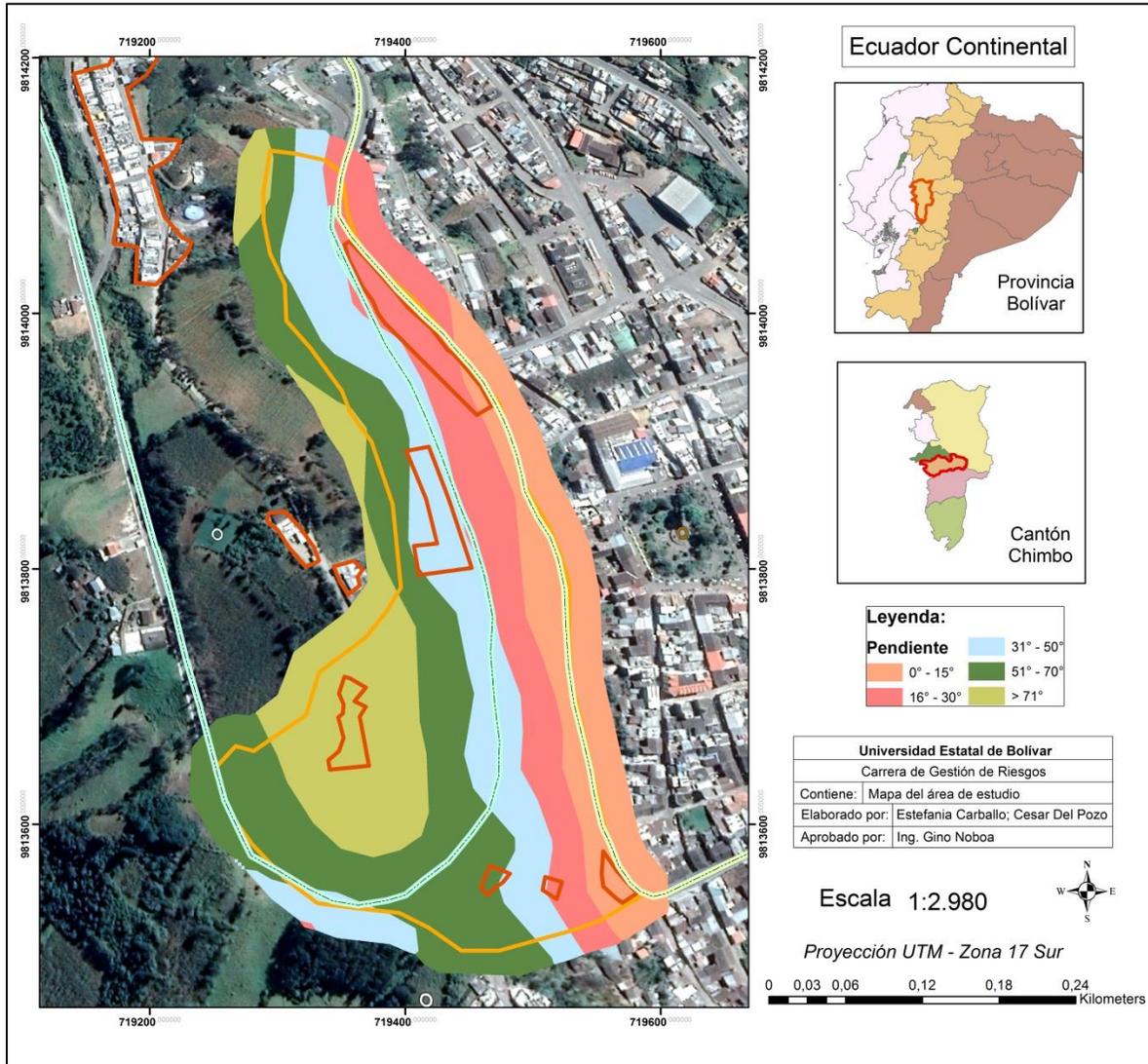
Mapa N° 3 De geomorfología



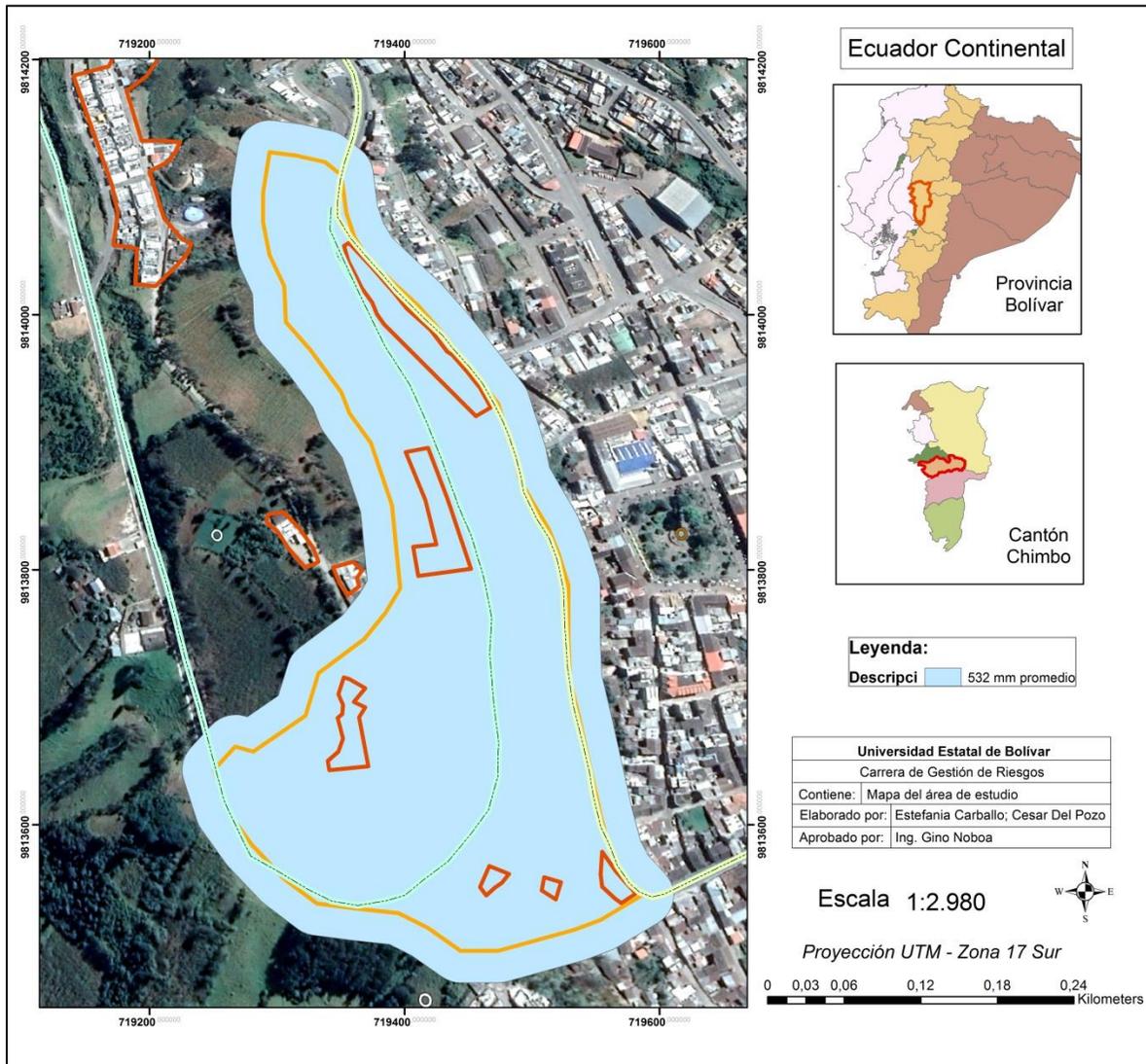
Mapa N° 4 De litología



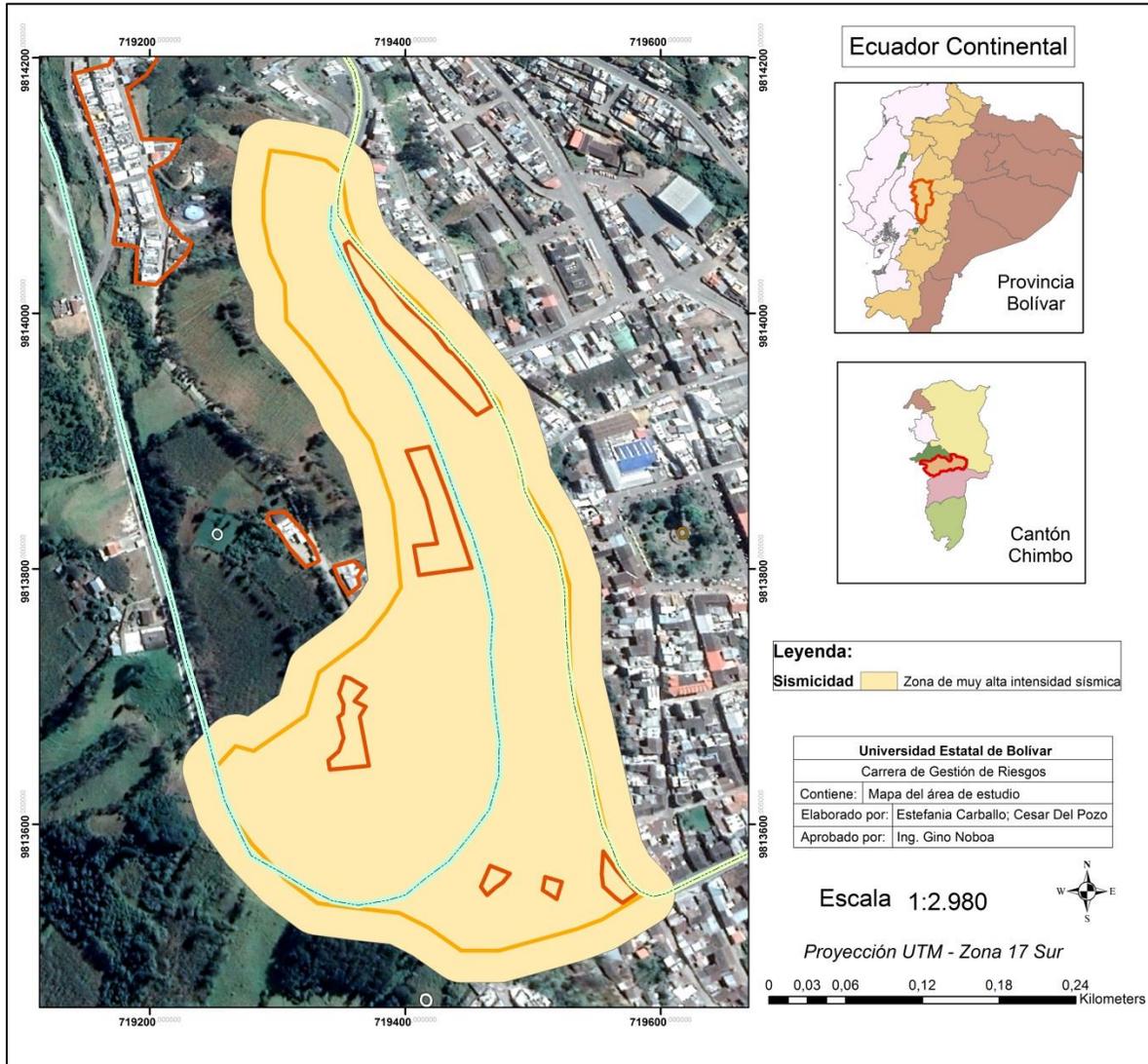
Mapa N° 5 De pendientes



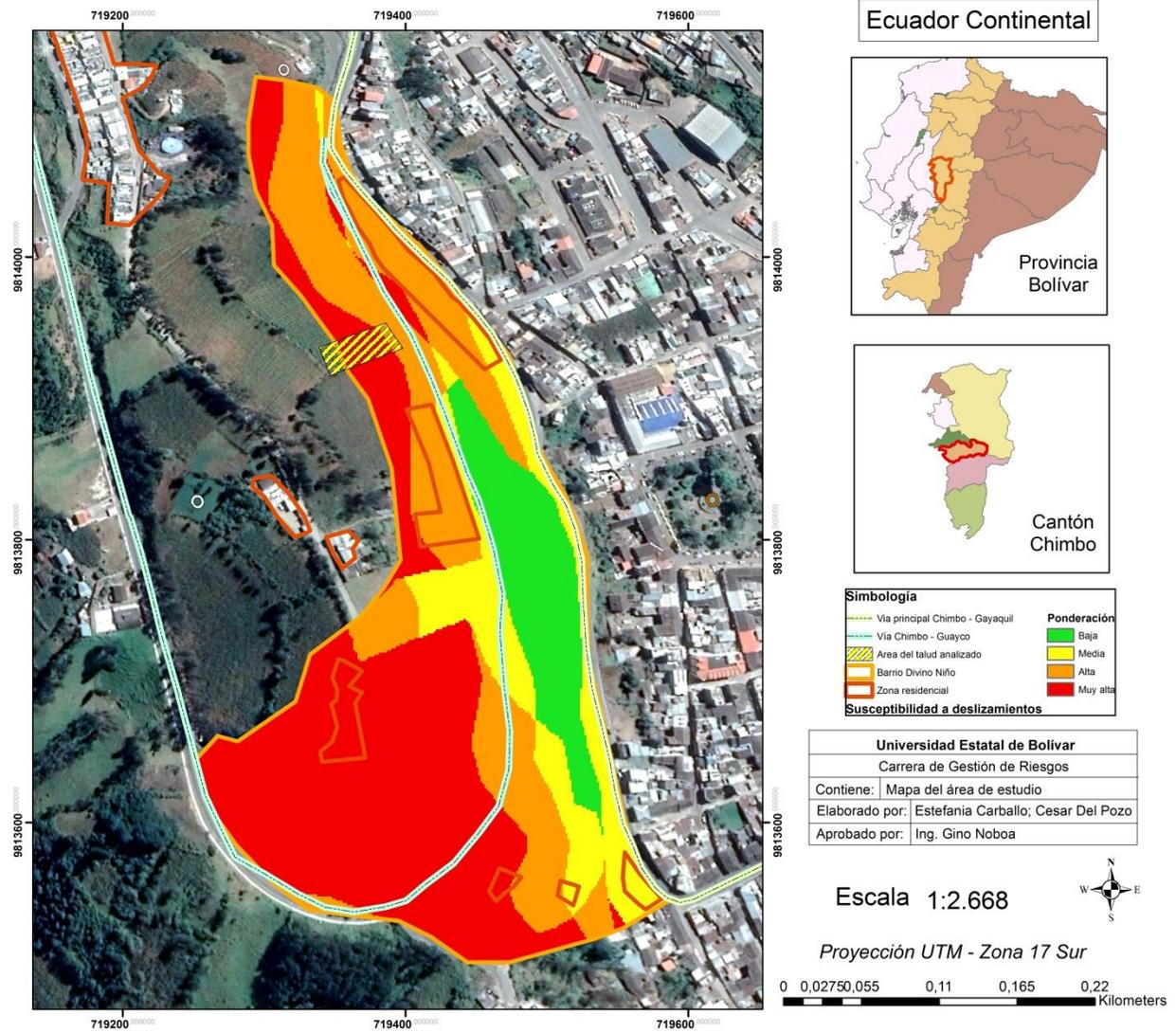
Mapa N° 6 De precipitación



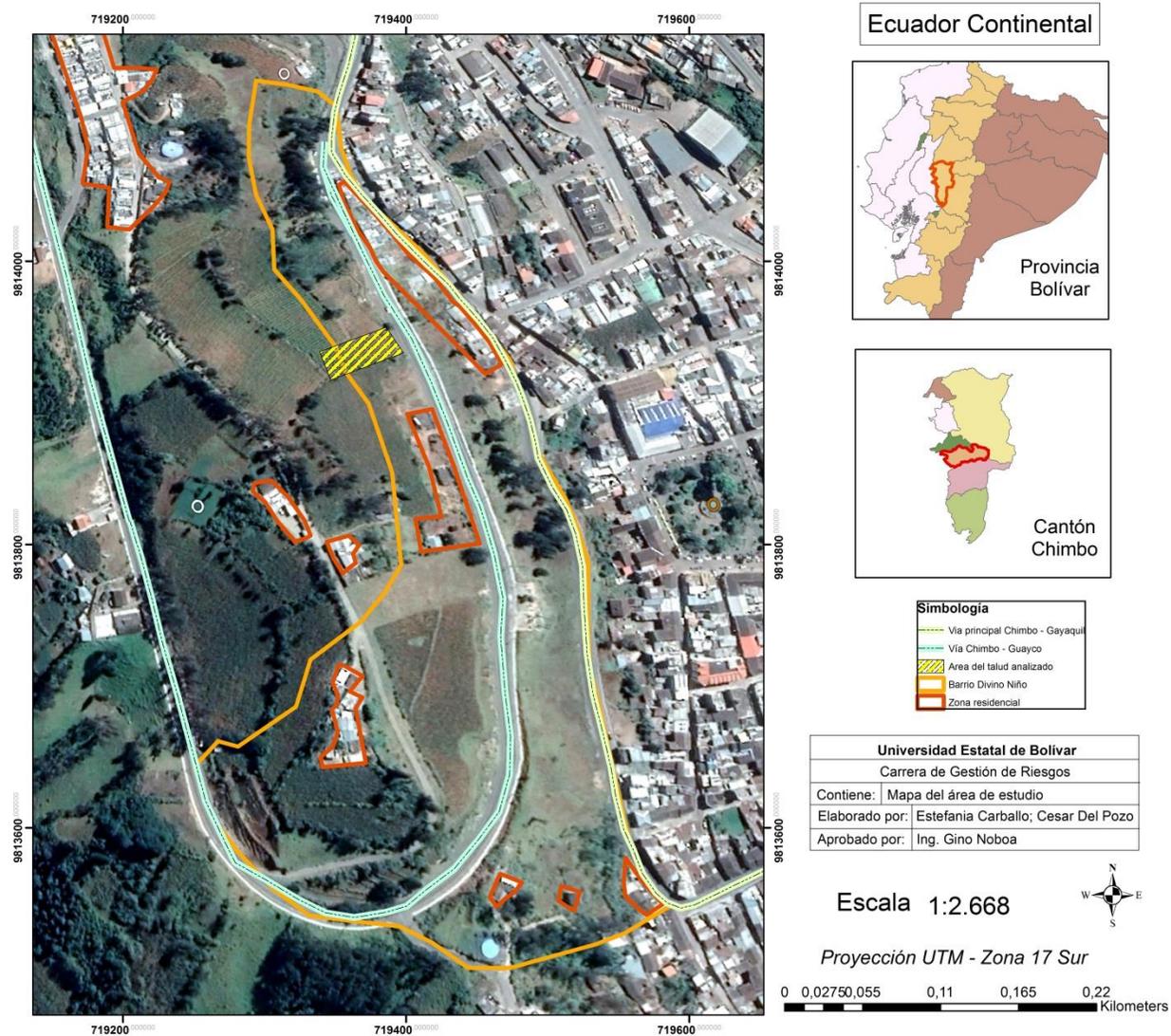
Mapa N° 7 De sismicidad



Mapa N° 8 De susceptibilidad a deslizamientos



Mapa N° 9 Zona de talud calculada



Procesamiento GALENA

GALENA 7.1 Analysis Results
Escuela Superior Politécnica del Litoral

Version: 7.10.1.04

Licensee:

Project: Análisis de Estabilidad deslizamiento Km 0+450 carretera Chimbo La Magdalena
File: C:\Users\hp\Documents\Corridas Galena\Deslizamiento Chimbo1.gmf
Processed: 27 Jul 2020 14:53:19

DATA: Analysis 1 - Estabilidad en las condiciones actuales

Material Properties (3 materials)

```

-----
Material: 1 (Mohr-Coulomb Isotropic) - Suelo limo arcilloso
  Cohesion  Phi  UnitWeight  Ru
    3.00   13.0   15.22   0.00
Material: 2 (Mohr-Coulomb Isotropic) - Cangahua bien meteorizada
  Cohesion  Phi  UnitWeight  Ru
    7.00   14.0   15.86   0.00
Material: 3 (Mohr-Coulomb Isotropic) - Cangahua poco meteorizada
  Cohesion  Phi  UnitWeight  Ru
   15.00   26.0   16.10  Auto
  
```

Water Properties

Unit weight of water: 9.810 Unit weight of water/medium above ground:
9.810

Material Profiles (3 profiles)

```

-----
Profile: 1 (2 points)   Material beneath: 1 - Suelo limo arcilloso
  -15.00   2536.00           51.00   2536.00
Profile: 2 (14 points) Material beneath: 2 - Cangahua bien meteorizada
  -15.00   2534.00           -9.00   2532.00           -2.00   2531.00
2.00     2530.00           3.00   2527.00
         4.00   2524.00           10.00  2523.00           15.00   2522.00
22.00    2520.00           27.00  2519.00
         32.00  2516.00           35.00  2515.00           40.00   2512.50
51.00    2512.50
Profile: 3 (8 points)  Material beneath: 3 - Cangahua poco meteorizada
  -15.00   2531.00           -8.00   2529.00           1.00   2524.00
9.00     2521.00           19.00  2518.00
         27.00  2516.00           40.00  2511.00           51.00   2511.00
  
```

Slope Surface (16 points)

```

-----
  -15.00   2535.00           -9.00   2533.00           -2.00   2532.00
2.00     2531.00           3.00   2529.00
         3.50   2527.00           4.00   2525.00           8.00   2525.00
12.00    2525.00           18.00  2524.00
         23.00  2523.00           26.00  2521.00           29.00   2520.00
34.00    2518.00           40.00  2513.00
         51.00  2513.00
  
```

Phreatic Surface (13 points)

```

-----
  -15.00   2533.00           -6.00   2530.00           2.00   2525.00
6.00     2524.00           12.00  2523.00
  
```

	16.00	2522.00	20.00	2521.00	24.00	2520.00
28.00	2519.00	32.00	2517.00			
	34.00	2516.00	37.00	2514.00	40.00	2513.00

Failure Surface

Initial non-circular surface for critical search (9 points)

	-2.00	2532.00	0.00	2529.00	3.00	2525.00
4.00	2524.00	12.00	2521.00			
	23.00	2517.00	29.00	2515.00	34.00	2514.00
40.00	2513.00					

Variable Restraints

5	Horizontal range around X-Left:	12.00	Trial positions within range:
5	Horizontal range around X-Right:	22.00	Trial positions within range:
5	Vertical range around Mid-Point:	8.00	Trial positions within range:

RESULTS: Analysis 1 - Estabilidad en las condiciones actuales

Sarma Non-Vertical Slice Method of Analysis - Non-Circular Failure Surface

Critical Failure Surface Search using Multiple Surface Generation Techniques

Factor of Safety for initial failure surface approximation: 1.103

There were: 47 successful analyses from a total of 125 trial surfaces
77 analyses terminated due to unacceptable geometry
1 analyses failed to produce a result

Critical (minimum) Factor of Safety:	1.02	Critical
Acceleration (Kc):	0.009	

Results Summary - Lowest 47 Factor of Safety surfaces

Kc	Surface	X-Left	Y-Left	X-Right	Y-Right	Y-Deflection	FoS
	1	-8.00	2532.86	40.00	2513.00	2.00	1.024
0.009	<-- Critical Surface						
	2	-2.00	2532.00	40.00	2513.00	0.00	1.103
0.038							
	3	-5.00	2532.43	40.00	2513.00	0.00	1.124
0.046							
	4	-5.00	2532.43	34.50	2517.58	-2.00	1.147
0.053							
	5	4.00	2525.00	40.00	2513.00	4.00	1.160
0.049							
	6	-8.00	2532.86	34.50	2517.58	0.00	1.171
0.060							
	7	-8.00	2532.86	45.50	2513.00	-4.00	1.209
0.075							
	8	-8.00	2532.86	40.00	2513.00	-4.00	1.211
0.075							
	9	-5.00	2532.43	29.00	2520.00	-2.00	1.216
0.080							

0.084	10	-5.00	2532.43	40.00	2513.00	-2.00	1.237
0.084	11	-5.00	2532.43	45.50	2513.00	-4.00	1.239
0.085	12	-8.00	2532.86	40.00	2513.00	-2.00	1.241
0.086	13	-8.00	2532.86	51.00	2513.00	-4.00	1.244
0.093	14	-5.00	2532.43	40.00	2513.00	-4.00	1.259
0.089	15	-5.00	2532.43	51.00	2513.00	-4.00	1.260
0.080	16	4.00	2525.00	40.00	2513.00	2.00	1.278
0.100	17	-8.00	2532.86	29.00	2520.00	-2.00	1.292
0.096	18	-2.00	2532.00	34.50	2517.58	-2.00	1.298
0.108	19	-8.00	2532.86	34.50	2517.58	-2.00	1.309
0.112	20	-8.00	2532.86	40.00	2513.00	0.00	1.315
0.111	21	-2.00	2532.00	29.00	2520.00	-2.00	1.316
0.109	22	-2.00	2532.00	40.00	2513.00	-4.00	1.321
0.108	23	-2.00	2532.00	40.00	2513.00	-2.00	1.329
0.122	24	-2.00	2532.00	51.00	2513.00	-4.00	1.387
0.132	25	1.00	2531.25	40.00	2513.00	-4.00	1.426
0.127	26	4.00	2525.00	45.50	2513.00	-4.00	1.451
0.153	27	-8.00	2532.86	34.50	2517.58	-4.00	1.460
0.134	28	4.00	2525.00	51.00	2513.00	-4.00	1.496
0.169	29	-5.00	2532.43	34.50	2517.58	-4.00	1.500
0.137	30	4.00	2525.00	40.00	2513.00	-2.00	1.502
0.147	31	4.00	2525.00	40.00	2513.00	-4.00	1.503
0.142	32	4.00	2525.00	45.50	2513.00	-2.00	1.527
0.188	33	-5.00	2532.43	29.00	2520.00	-4.00	1.541
0.179	34	-8.00	2532.86	29.00	2520.00	-4.00	1.545
0.151	35	4.00	2525.00	40.00	2513.00	0.00	1.560
0.181	36	-2.00	2532.00	34.50	2517.58	-4.00	1.579
0.155	37	4.00	2525.00	51.00	2513.00	-2.00	1.579
0.205	38	-2.00	2532.00	29.00	2520.00	-4.00	1.632
0.148	39	4.00	2525.00	34.50	2517.58	2.00	1.696
0.175	40	4.00	2525.00	34.50	2517.58	0.00	1.828

0.218	41	1.00	2531.25	29.00	2520.00	-4.00	1.975
0.237	42	4.00	2525.00	34.50	2517.58	-2.00	2.158
0.261	43	4.00	2525.00	34.50	2517.58	-4.00	2.237
0.221	44	4.00	2525.00	29.00	2520.00	0.00	2.274
0.266	45	4.00	2525.00	29.00	2520.00	-2.00	2.597
0.347	46	4.00	2525.00	29.00	2520.00	-4.00	3.121
0.263	47	4.00	2525.00	29.00	2520.00	2.00	3.249

Note: Y-Deflection values are failure surface mid-point vertical distances from the initial failure surface mid-point

Critical Failure Surface (surface 1, 9 points)

1.14	-8.00	2532.86	-5.71	2530.49	-2.29	2526.96	-
40.00	2526.35	8.00	2523.36				
	20.57	2519.03		27.43	2516.50	33.14	2514.81
	2513.00						

Non-Vertical Slice Geometry - Critical Failure Surface (surface 1, 15 slices)

Slice		Left Hand Side						
Length	X-S	Base						
	Area	X-Top	Y-Top	Width	X-Base	Y-Base	Angle(² H)	Angle(² V)
0.00	1	-8.00	2532.86	2.29	-8.00	2532.86	0.00	0.00
2.19	2	-4.59	2532.37	1.79	-5.71	2530.49	59.22	-30.78
3.87	3	-2.00	2532.00	1.64	-3.93	2528.65	60.10	-29.90
5.14	4	0.21	2531.45	1.14	-2.29	2526.96	60.92	-29.08
5.62	5	2.00	2531.00	2.34	-1.14	2526.35	55.97	-34.03
3.86	6	3.00	2529.00	1.34	1.20	2525.58	62.25	-27.75
2.09	7	3.50	2527.00	1.31	2.54	2525.14	62.75	-27.25
0.32	8	4.00	2525.00	4.14	3.86	2524.71	63.24	-26.76
1.64	9	8.00	2525.00	2.83	8.00	2523.36	0.00	0.00
2.87	10	12.00	2525.00	5.73	10.83	2522.39	65.87	-24.13
3.87	11	18.00	2524.00	4.02	16.55	2520.41	68.06	-21.94
4.66	12	23.00	2523.00	4.23	20.57	2519.03	58.57	-31.43
3.73	13	26.00	2521.00	2.63	24.80	2517.47	71.24	-18.76
3.84	14	29.00	2520.00	5.71	27.43	2516.50	65.81	-24.19
3.30	15	34.00	2518.00	6.86	33.14	2514.81	74.97	-15.03
0.00	RHS	40.00	2513.00		40.00	2513.00	0.00	0.00

S Area: 155.96 Path Length: 52.78

Non-Vertical Slice Properties - Critical Failure Surface (surface 1, 15 slices)

Side	Left-Hand-Side		--- Base ---		Weight	Total-Extrnl-Force	
	Cohesion	Phi	Cohesion	Phi		Vert	Horiz
0.00	0.00	0.0	5.29	13.6	53.47	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	8.26				
0.00	5.04	13.5	7.00	14.0	115.95	0.00	0.00
0.00	0.00	5.44	28.02				
0.00	5.90	13.7	7.00	14.0	157.62	0.00	0.00
0.00	0.00	14.37	45.00				
0.00	6.22	13.8	7.00	14.0	128.86	0.00	0.00
0.00	0.00	23.76	67.27				
0.00	6.26	13.8	7.00	14.0	160.34	0.00	0.00
0.00	0.00	28.51	77.34				
0.00	6.09	13.8	7.00	14.0	64.51	0.00	0.00
0.00	0.00	34.01	55.52				
0.00	5.73	13.7	7.00	14.0	25.52	0.00	0.00
0.00	0.00	57.23	31.08				
0.00	3.00	13.0	3.00	13.0	60.40	0.00	0.00
0.00	0.00	326.59	23.06				
0.00	3.00	13.0	7.00	14.0	115.31	0.00	0.00
0.00	0.00	48.70	22.39				
0.00	3.63	13.2	7.00	14.0	309.62	0.00	0.00
0.00	0.00	30.27	48.55				
0.00	4.14	13.3	7.00	14.0	298.06	0.00	0.00
0.00	0.00	18.95	61.53				
0.00	4.18	13.3	7.00	14.0	260.05	0.00	0.00
0.00	0.00	18.55	58.97				
0.00	5.09	13.5	7.00	14.0	175.12	0.00	0.00
0.00	0.00	18.92	55.47				
0.00	5.02	13.5	7.00	14.0	311.49	0.00	0.00
0.00	0.00	20.25	54.51				
0.00	3.93	13.2	5.67	13.7	179.81	0.00	0.00
0.00	0.00	12.12	27.63				
RHS	0.00	0.0					0.00

X-S Weight: 2416.10

DATA: Analysis 2 - Estabilidad en las condiciones actuales

Material Properties (3 materials)

Material: 1 (Mohr-Coulomb Isotropic) - Suelo limo arcilloso

Cohesion	Phi	UnitWeight	Ru
3.00	13.0	15.22	0.00

Material: 2 (Mohr-Coulomb Isotropic) - Cangahua bien meteorizada

Cohesion	Phi	UnitWeight	Ru
7.00	14.0	15.86	0.00

Material: 3 (Mohr-Coulomb Isotropic) - Cangahua poco meteorizada

Cohesion	Phi	UnitWeight	Ru
15.00	26.0	16.10	Auto

Water Properties

Unit weight of water: 9.810 Unit weight of water/medium above ground:
9.810

Material Profiles (3 profiles)

	Profile: 1 (2 points)	Material beneath: 1 - Suelo limo arcilloso
	-15.00 2536.00	51.00 2536.00
	Profile: 2 (14 points)	Material beneath: 2 - Cangahua bien meteorizada
	-15.00 2534.00	-9.00 2532.00 -2.00 2531.00
2.00	2530.00 3.00 2527.00	
	4.00 2524.00	10.00 2523.00 15.00 2522.00
22.00	2520.00 27.00 2519.00	
	32.00 2516.00	35.00 2515.00 40.00 2512.50
51.00	2512.50	
	Profile: 3 (8 points)	Material beneath: 3 - Cangahua poco meteorizada
	-15.00 2531.00	-8.00 2529.00 1.00 2524.00
9.00	2521.00 19.00 2518.00	
	27.00 2516.00	40.00 2511.00 51.00 2511.00

Slope Surface (16 points)

	-15.00 2535.00	-9.00 2533.00	-2.00 2532.00
2.00	2531.00 3.00 2529.00		
	3.50 2527.00	4.00 2525.00	8.00 2525.00
12.00	2525.00 18.00 2524.00		
	23.00 2523.00	26.00 2521.00	29.00 2520.00
34.00	2518.00 40.00 2513.00		
	51.00 2513.00		

Phreatic Surface (13 points)

	-15.00 2533.00	-6.00 2530.00	2.00 2525.00
6.00	2524.00 12.00 2523.00		
	16.00 2522.00	20.00 2521.00	24.00 2520.00
28.00	2519.00 32.00 2517.00		
	34.00 2516.00	37.00 2514.00	40.00 2513.00

Failure Surface

Initial non-circular surface for critical search (9 points)

	-2.00 2532.00	0.00 2529.00	3.00 2525.00
4.00	2524.00 12.00 2521.00		
	23.00 2517.00	29.00 2515.00	34.00 2514.00
40.00	2513.00		

Earthquake Force

Pseudo-static earthquake (seismic) coefficient: 0.050

Variable Restraints

5	Horizontal range around X-Left:	12.00	Trial positions within range:
5	Horizontal range around X-Right:	22.00	Trial positions within range:
5	Vertical range around Mid-Point:	8.00	Trial positions within range:

RESULTS: Analysis 2 - Estabilidad en las condiciones actuales

Sarma Non-Vertical Slice Method of Analysis - Non-Circular Failure Surface

 Critical Failure Surface Search using Multiple Surface Generation Techniques

Factor of Safety for initial failure surface approximation: 0.972

There were: 47 successful analyses from a total of 125 trial surfaces
 77 analyses terminated due to unacceptable geometry
 1 analyses failed to produce a result

Critical (minimum) Factor of Safety: 0.90 Critical
 Acceleration (Kc): -0.041

Results Summary - Lowest 47 Factor of Safety surfaces

Kc	Surface	X-Left	Y-Left	X-Right	Y-Right	Y-Deflection	FoS	
	1	-8.00	2532.86	40.00	2513.00	2.00	0.904	-
0.041	<-- Critical Surface							
	2	-2.00	2532.00	40.00	2513.00	0.00	0.972	-
0.012								
	3	-5.00	2532.43	40.00	2513.00	0.00	0.992	-
0.004								
	4	4.00	2525.00	40.00	2513.00	4.00	1.000	-
0.001								
	5	-5.00	2532.43	34.50	2517.58	-2.00	1.008	
0.003								
	6	-8.00	2532.86	34.50	2517.58	0.00	1.026	
0.010								
	7	-8.00	2532.86	40.00	2513.00	-4.00	1.061	
0.025								
	8	-8.00	2532.86	45.50	2513.00	-4.00	1.062	
0.025								
	9	-5.00	2532.43	29.00	2520.00	-2.00	1.073	
0.030								
	10	-5.00	2532.43	45.50	2513.00	-4.00	1.085	
0.034								
	11	-5.00	2532.43	40.00	2513.00	-2.00	1.085	
0.034								
	12	-8.00	2532.86	40.00	2513.00	-2.00	1.088	
0.035								
	13	4.00	2525.00	40.00	2513.00	2.00	1.089	
0.030								
	14	-8.00	2532.86	51.00	2513.00	-4.00	1.090	
0.036								
	15	-5.00	2532.43	51.00	2513.00	-4.00	1.102	
0.039								
	16	-5.00	2532.43	40.00	2513.00	-4.00	1.105	
0.043								
	17	-2.00	2532.00	34.50	2517.58	-2.00	1.125	
0.046								
	18	-8.00	2532.86	29.00	2520.00	-2.00	1.130	
0.050								
	19	-8.00	2532.86	34.50	2517.58	-2.00	1.147	
0.058								
	20	-2.00	2532.00	40.00	2513.00	-4.00	1.151	
0.059								
	21	-2.00	2532.00	29.00	2520.00	-2.00	1.154	
0.061								
	22	-8.00	2532.86	40.00	2513.00	0.00	1.156	
0.062								

0.058	23	-2.00	2532.00	40.00	2513.00	-2.00	1.157
0.072	24	-2.00	2532.00	51.00	2513.00	-4.00	1.202
0.082	25	1.00	2531.25	40.00	2513.00	-4.00	1.225
0.077	26	4.00	2525.00	45.50	2513.00	-4.00	1.233
0.084	27	4.00	2525.00	51.00	2513.00	-4.00	1.267
0.087	28	4.00	2525.00	40.00	2513.00	-2.00	1.270
0.103	29	-8.00	2532.86	34.50	2517.58	-4.00	1.271
0.097	30	4.00	2525.00	40.00	2513.00	-4.00	1.282
0.092	31	4.00	2525.00	45.50	2513.00	-2.00	1.292
0.119	32	-5.00	2532.43	34.50	2517.58	-4.00	1.310
0.101	33	4.00	2525.00	40.00	2513.00	0.00	1.320
0.105	34	4.00	2525.00	51.00	2513.00	-2.00	1.338
0.129	35	-8.00	2532.86	29.00	2520.00	-4.00	1.346
0.138	36	-5.00	2532.43	29.00	2520.00	-4.00	1.352
0.131	37	-2.00	2532.00	34.50	2517.58	-4.00	1.368
0.098	38	4.00	2525.00	34.50	2517.58	2.00	1.376
0.155	39	-2.00	2532.00	29.00	2520.00	-4.00	1.420
0.125	40	4.00	2525.00	34.50	2517.58	0.00	1.485
0.168	41	1.00	2531.25	29.00	2520.00	-4.00	1.613
0.187	42	4.00	2525.00	34.50	2517.58	-2.00	1.745
0.171	43	4.00	2525.00	29.00	2520.00	0.00	1.779
0.211	44	4.00	2525.00	34.50	2517.58	-4.00	1.821
0.216	45	4.00	2525.00	29.00	2520.00	-2.00	2.000
0.297	46	4.00	2525.00	29.00	2520.00	-4.00	2.413
0.213	47	4.00	2525.00	29.00	2520.00	2.00	2.703

Note: Y-Deflection values are failure surface mid-point vertical distances from the initial failure surface mid-point

Critical Failure Surface (surface 1, 9 points)

1.14	-8.00	2532.86	-5.71	2530.49	-2.29	2526.96	-
40.00	2526.35	8.00	2523.36	27.43	2516.50	33.14	2514.81
	20.57	2519.03					
	2513.00						

Non-Vertical Slice Geometry - Critical Failure Surface (surface 1, 15 slices)

Slice		----- Left Hand Side -----							
-----	X-S	----- Base -----							
Length	Area	X-Top	Y-Top	Width	X-Base	Y-Base	Angle (² H)	Angle (² V)	
		Angle (² H)			Length				
0.00	1	3.48	-8.00	46.00	2.29	-8.00	2532.86	0.00	0.00
2.19	2	7.42	-4.59	45.84	1.79	-5.71	2530.49	59.22	-30.78
3.87	3	10.03	-2.00	45.84	1.64	-3.93	2528.65	60.10	-29.90
5.14	4	8.20	0.21	28.19	1.14	-2.29	2526.96	60.92	-29.08
5.62	5	10.16	2.00	18.08	2.34	-1.14	2526.35	55.97	-34.03
3.86	6	4.11	3.00	18.09	1.34	1.20	2525.58	62.25	-27.75
2.09	7	1.64	3.50	18.08	1.31	2.54	2525.14	62.75	-27.25
0.32	8	3.97	4.00	18.08	4.14	3.86	2524.71	63.24	-26.76
1.64	9	7.55	8.00	19.03	2.83	8.00	2523.36	0.00	0.00
2.87	10	20.13	12.00	19.02	5.73	10.83	2522.39	65.87	-24.13
3.87	11	19.36	18.00	19.03	4.02	16.55	2520.41	68.06	-21.94
4.66	12	16.79	23.00	20.21	4.23	20.57	2519.03	58.57	-31.43
3.73	13	11.25	26.00	20.21	2.63	24.80	2517.47	71.24	-18.76
3.84	14	20.16	29.00	16.50	5.71	27.43	2516.50	65.81	-24.19
3.30	15	11.72	34.00	14.77	6.86	33.14	2514.81	74.97	-15.03
0.00	RHS	-----	40.00	-----	-----	40.00	2513.00	0.00	0.00

S Area: 155.96 Path Length: 52.78

Non-Vertical Slice Properties - Critical Failure Surface (surface 1, 15 slices)

Slice		----- Left-Hand-Side -----				--- Base ---		Total-Extrnl-Force	
-	Water-Force -	Effect-Normal-Stress		Cohesion Phi		Weight	Vert	Horiz	
Side		Cohesion	Phi	Cohesion	Phi				
		Base	Side	Base	Base				
0.00	1	0.00	0.0	5.29	13.6	53.47	0.00	2.67	
0.00	2	0.00	0.00	7.15	14.0	115.95	0.00	5.80	
0.00	3	5.04	13.5	7.00	14.0	157.62	0.00	7.88	
0.00	4	0.00	5.11	7.00	14.0	128.86	0.00	6.44	
0.00	5	0.00	14.29	7.00	14.0	160.34	0.00	8.02	
0.00	6	6.22	13.8	7.00	14.0	64.51	0.00	3.23	
0.00	7	0.00	23.95	7.00	14.0	25.52	0.00	1.28	
0.00	8	6.26	13.8	7.00	14.0	60.40	0.00	3.02	
0.00	9	0.00	29.47	7.00	14.0	115.31	0.00	5.77	
0.00	10	6.09	13.8	7.00	14.0				
0.00	11	0.00	34.57	7.00	14.0				
0.00	12	5.73	13.7	7.00	14.0				
0.00	13	0.00	57.48	7.00	14.0				
0.00	14	3.00	13.0	3.00	13.0				
0.00	15	0.00	319.89	7.00	14.0				
0.00	16	0.00	45.83	7.00	14.0				

	10	3.63	13.2	7.00	14.0	309.62	0.00	15.48
0.00		0.00	29.37		47.59			
	11	4.14	13.3	7.00	14.0	298.06	0.00	14.90
0.00		0.00	18.57		59.72			
	12	4.18	13.3	7.00	14.0	260.05	0.00	13.00
0.00		0.00	19.30		58.30			
	13	5.09	13.5	7.00	14.0	175.12	0.00	8.76
0.00		0.00	19.57		53.95			
	14	5.02	13.5	7.00	14.0	311.49	0.00	15.57
0.00		0.00	21.50		54.30			
	15	3.93	13.2	5.67	13.7	179.81	0.00	8.99
0.00		0.00	13.07		27.84			
0.00	RHS	0.00	0.0		-----			0.00
				X-S Weight:		2416.10		
