



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN 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:**

**FACTORES DE RIESGO QUE INCIDEN EN LOS DESLIZAMIENTOS EN EL BARRIO**

**TAMBÁN PERTENECIENTE AL CANTÓN CHIMBO, EN EL PERIODO 2021**

**AUTORES:**

**KLEVER ANDRÉS BAYAS CHACHA**

**WILMER DAVID BAYAS MANOBANDA**

**TUTOR:**

**ING. CARLOS OCAMPO LEÓN MCs**

**GUARANDA - ECUADOR**

## CERTIFICADO DE TUTORÍA

Guaranda, 22 de febrero de 2022

EL SUSCRITO, MSC. ING. CARLOS OCAMPO LEÓN, DOCENTE DIRECTOR  
DEL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

### CERTIFICA:

Que el Proyecto de Investigación denominado “FACTORES DE RIESGO QUE INCIDEN EN LOS DESLIZAMIENTOS EN EL BARRIO TAMBÁN PERTENECIENTE AL CANTÓN CHIMBO, PROVINCIA BOLÍVAR EN EL PERIODO 2021”, previo a la obtención del título de Ingenieros en Administración para Desastres y Gestión del Riesgo, de autoría de Klever Andrés Bayas Chacha con cédula de entidad 0250239209 y Wilmer David Bayas Manobanda con cédula de identidad 1726717133, ha sido debidamente revisado mediante tutorías continuas y cumple con los requerimientos establecidos en el reglamento de la Unidad de Titulación de la Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano, en tal virtud, autorizo la presentación en las instancias respectivas para su evaluación y calificación.

---

Ing. Carlos Ocampo León Msc.  
Director de Proyecto de Investigación

## DECLARACIÓN DE LA AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN

### AUTORÍA



Nosotros, Bayas Chacha Klever Andrés y Bayas Manobanda Wilmer David, egresado de la carrera Administración Para Desastres y Gestión del Riesgo de la facultad ciencias de salud y del ser humano de la Universidad Estatal de Bolívar, bajo juramento declaramos en forma libre y voluntaria que el presente proyecto de titulación denominado: **“FACTORES DE RIESGO QUE INCIDEN EN LOS DESLIZAMIENTOS EN EL BARRIO TAMBÁN PERTENECIENTE AL CANTÓN CHIMBO, EN EL PERIODO 2021”**, ha sido ejecutado por nosotros con la orientación del tutor Ing. Carlos Sampedro Ocampo León, docente de la carrera de Administración Para Desastres y Gestión del Riesgo, de la Universidad Estatal de Bolívar, siendo de nuestra autoría, debo dejar constancia que las expresiones obtenidas dentro de este análisis hemos realizando basándome en la bibliografía, actualizada que se incluyen han sido consultadas con sus respectivos autores.

Klever Andrés Bayas Chacha

C.C 0250239209

Wilmer David Bayas Manobanda

C.C 172671713-3

*Notaria Tercera del Cantón Guaranda*  
*Msc. Ab. Henry Rojas Narvaez*  
*Notario*



No. ESCRITURA	20220201003P00892
---------------	-------------------

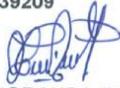


**DECLARACION JURAMENTADA**  
**OTORGADA POR:**  
**BAYAS CHACHA KLEVER ANDRÉS Y**  
**BAYAS MANOBANDA WILMER DAVID,**  
**CUANTIA: INDETERMINADA**  
**DI: 2 COPIAS**  
**FACTURA. 001-005-000001273**

En la ciudad de Guaranda, capital de la provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy día dieciocho de Mayo del dos mil veintidós ante mi Abogado HENRY ROJAS NARVAEZ, Notario Público Tercero del Cantón Guaranda, comparecen BAYAS CHACHA KLEVER ANDRÉS con celular 0979596002 Y BAYAS MANOBANDA WILMER DAVID, con celular 0995438013 de estado civil solteros respectivamente por sus propios derechos. Los comparecientes son de nacionalidad ecuatoriana, mayores de edad, hábiles e idóneos para contratar y obligarse a quienes de conocerlos doy fe en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación y con su autorización se ha procedido a verificar la información en el Sistema Nacional de Identificación Ciudadana, bien instruidos por mí el Notario con el objeto y resultado de esta escritura pública a la que procede libre y voluntariamente, advertido de la gravedad del juramento y las penas de perjurio, me presentan su declaración Bajo Juramento dicen: " Previo a la obtención del título de Ingenieros en Administración para Desastres y Gestión del Riesgo de la Facultad de Ciencias de la Salud y ser Humano el criterio e ideas emitidas en el presente trabajo de investigación titulado "FACTORES DE RIESGO QUE INCIDEN EN LOS DESLIZAMIENTOS EN EL BARRIO TAMBÁN PERTENECIENTE AL CANTÓN CHIMBO, EN EL PERIODO 2021" es de nuestra exclusiva responsabilidad en calidad de autores previo la obtención del título de Ingenieros en Administración para Desastres y Gestión del Riesgo de la Facultad de Ciencias de la Salud y ser Humano, en la Universidad Estatal de Bolívar. HASTA AQUÍ LA DECLARACION La misma que queda elevada a escritura pública con todo su valor legal. Para el otorgamiento de la presente escritura pública se observaron todos los preceptos legales del caso, leída que les fue a las comparecientes por mí el Notario en unidad de acto, aquellas se ratifica y firma conmigo en unidad de acto, quedando incorporado al protocolo de esta Notaria la presente declaración de todo lo cual doy Fe.



**BAYAS CHACHA KLEVER ANDRÉS**  
**C.C. 0250239209**



**BAYAS MANOBANDA WILMER DAVID**  
**C.C. 1726717133**



**MSC. AB. HENRY ROJAS NARVAEZ**  
**Notario Tercero del**  
**Cantón - Guaranda**



**AB. HENRY ROJAS NARVAEZ**  
**NOTARIO PUBLICO TERCERO DEL CANTON GUARANDA**

El Nota..



**REPÚBLICA DEL ECUADOR**  
Dirección General de Registro Civil, Identificación y Cedulación



Dirección General de Registro Civil,  
Identificación y Cedulación

## CERTIFICADO DIGITAL DE DATOS DE IDENTIDAD

Número único de identificación: 0250239209

Nombres del ciudadano: BAYAS CHACHA KLEVER ANDRES

Condición del cedulado: CIUDADANO

Lugar de nacimiento: ECUADOR/BOLIVAR/GUARANDA/GUANUJO

Fecha de nacimiento: 20 DE MAYO DE 1996

Nacionalidad: ECUATORIANA

Sexo: HOMBRE

Instrucción: BACHILLERATO

Profesión: BACHILLER

Estado Civil: SOLTERO

Cónyuge: No Registra

Fecha de Matrimonio: No Registra

Datos del Padre: BAYAS PATIN LUIS ANTONIO

Nacionalidad: ECUATORIANA

Datos de la Madre: CHACHA PATIN MARIA ROSA

Nacionalidad: ECUATORIANA

Fecha de expedición: 10 DE JUNIO DE 2019

Condición de donante: NO DONANTE

Información certificada a la fecha: 18 DE MAYO DE 2022

Emisor: HENRY OSWALDO ROJAS NARVAEZ - BOLIVAR-GUARANDA-NT 3 - BOLIVAR - GUARANDA



N° de certificado: 224-714-85920



224-714-85920

*F. Alvear*

Ing. Fernando Alvear C.  
Director General del Registro Civil, Identificación y Cedulación  
Documento firmado electrónicamente

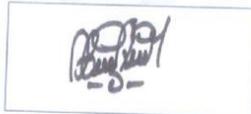




**REPÚBLICA DEL ECUADOR**  
Dirección General de Registro Civil, Identificación y Cedulación



## CERTIFICADO DIGITAL DE DATOS DE IDENTIDAD



Número único de identificación: 1726717133

Nombres del ciudadano: BAYAS MANOBANDA WILMER DAVID

Condición del cedulado: CIUDADANO

Lugar de nacimiento: ECUADOR/BOLIVAR/GUARANDA/GUANUJO

Fecha de nacimiento: 21 DE MARZO DE 1994

Nacionalidad: ECUATORIANA

Sexo: HOMBRE

Instrucción: SUPERIOR

Profesión: ESTUDIANTE

Estado Civil: SOLTERO

Cónyuge: No Registra

Fecha de Matrimonio: No Registra

Datos del Padre: BAYAS S SEGUNDO FRANCISCO

Nacionalidad: ECUATORIANA

Datos de la Madre: MANOBANDA T MARIA TRANSITO

Nacionalidad: ECUATORIANA

Fecha de expedición: 2 DE AGOSTO DE 2016

Condición de donante: SI DONANTE

Información certificada a la fecha: 18 DE MAYO DE 2022

Emisor: HENRY OSWALDO ROJAS NARVAEZ - BOLIVAR-GUARANDA-NT 3 - BOLIVAR - GUARANDA



N° de certificado: 220-714-85960



220-714-85960

Ing. Fernando Alvear C.

Director General del Registro Civil, Identificación y Cedulación  
Documento firmado electrónicamente



La institución o persona ante quien se presente este certificado deberá validarlo en <https://virtual.registrocivil.gob.ec>, conforme a la LOGIDAC Art. 4, numeral 1 y a la LCE. Vigencia del documento 1 validación o 1 mes desde el día de su emisión. En caso de presentar inconvenientes con este documento escriba a [enlinea@registrocivil.gob.ec](mailto:enlinea@registrocivil.gob.ec)



RAZON: De conformidad con lo dispuesto en el art. 18 No. 5 de la Ley Notarial, certifico que la fotocopia es igual al documento original que se me exhibió y se devolvió, Guaranda, a

18 MAY 2022  
Msc. Ab. Henry Rojas Narváez  
NOTARIA TERCERA - CANTON GUARANDA



Factura: 001-005-000001273



20220201003P00892

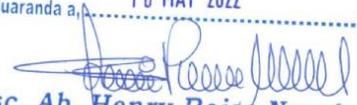


NOTARIO(A) HENRY OSWALDO ROJAS NARVAEZ  
NOTARÍA TERCERA DEL CANTÓN GUARANDA

EXTRACTO

Escritura N°:	20220201003P00892						
<b>ACTO O CONTRATO:</b>							
DECLARACIÓN JURAMENTADA PERSONA NATURAL							
FECHA DE OTORGAMIENTO:	18 DE MAYO DEL 2022, (13:25)						
<b>OTORGANTES</b>							
<b>OTORGADO POR</b>							
Persona	Nombres/Razón social	Tipo interviniente	Documento de identidad	No. Identificación	Nacionalidad	Calidad	Persona que le representa
Natural	BAYAS MANOBANDA WILMER DAVID	POR SUS PROPIOS DERECHOS	CÉDULA	1726717133	ECUATORIANA	COMPARECIENTE	
Natural	BAYAS CHACHA KLEVER ANDRES	POR SUS PROPIOS DERECHOS	CÉDULA	0250239209	ECUATORIANA	COMPARECIENTE	
<b>A FAVOR DE</b>							
Persona	Nombres/Razón social	Tipo interviniente	Documento de identidad	No. Identificación	Nacionalidad	Calidad	Persona que representa
<b>UBICACIÓN</b>							
Provincia	Cantón		Parroquia				
BOLÍVAR	GUARANDA		GABRIEL VEINTIMILLA				
DESCRIPCIÓN DOCUMENTO:							
OBJETO/OBSERVACIONES:							
CUANTÍA DEL ACTO O CONTRATO:	INDETERMINADA						

  
NOTARIO(A) HENRY OSWALDO ROJAS NARVAEZ  
NOTARÍA TERCERA DEL CANTÓN GUARANDA

Se otorgó ante mi y en fe de ello confiero esta  
...<sup>era</sup>... copia certificada, firmada y sellada en  
Guaranda a, 18 MAY 2022  
  
Msc. Ab. Henry Rojas Narváez  
NOTARIO TERCERO - CANTÓN GUARANDA

## DEDICATORIA

*Todo el esfuerzo está dedicado a las personas que más amo en este mundo: mi padre Luis y mi madre Rosa, por ser ejemplos de perseverancia, brindar su amor, comprensión, sabiduría, motivación y su apoyo incondicional durante mi vida estudiantil al estar siempre a mi lado para seguir cumpliendo satisfactoriamente lo que me propuse, muchos de los logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este proyecto para culminar mi carrera profesional. A mis hermanas y mi familia que me apoyaron durante esta etapa.*

***Klever Andrés***

*El presente trabajo de tesis lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos la sabiduría para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseado en la vida. A nuestros padres en especial a mi madre querida Manobanda Tibalombo María Transito por su amor, trabajo, sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos llegado hasta aquí y convertirnos en lo que somos. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser su hijo son los mejores padres que Dios me ha dado. A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome en las buenas y las malas, y por el apoyo moral que me brindaron a lo largo de esta etapa vida universitaria.*

***Wilmer David***

## AGRADECIMIENTO

*Primero quiero agradecer a quienes me dio la posibilidad de estar en este momento, mis padres, a mis hermanas y mi familia por ser pilares fundamentales brindando apoyo en cada una de las etapas de mi formación profesional.*

*Agradecer a la Universidad Estatal de Bolívar a la Facultad Ciencias de la Salud y Ser Humano, a la carrera de Ingeniería en Administración para Desastres y Gestión del Riesgo por acoger durante estos años, a los docentes por su profesionalismo, experiencias y conocimientos impartidos; y a los compañeros de aula durante nuestra carrera.*

*Agradecimiento especial a nuestro tutor docente de la tesis Ing. Carlos Ocampo por su tiempo, colaboración y conocimiento guiando a la culminación del proyecto de investigación como también al Dr. Abelardo Paucar por sus enseñanzas y la facilitación de material pertinente, también agradecer el apoyo brindado por el Arq. Roberto Arellano, director de Departamento de Planificación del GAD Municipal de Chimbo.*

***Klever Andrés***

*Al finalizar este trabajo de tesis quiero utilizar este espacio para agradecer a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuesto.*

*También quiero dar un agradecimiento a mi madre querida Manobanda Tibalombo María Transito por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron a lo largo de mi vida.*

*Agradecemos a nuestros docentes de la Escuela de Administración para desastre y gestión de riesgo de la Universidad Estatal de Bolívar, por haber compartido sus conocimientos técnicos a lo largo de la preparación de nuestra profesión de manera especial Ing. Carlos Ocampo tutor de nuestra tesis de investigación quien ha guiado con paciencia, y su rectitud como docente.*

***Wilmer David***

## ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO DE TUTORÍA .....	II
DECLARACIÓN DE LA AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN .....	III
DEDICATORIA .....	IX
AGRADECIMIENTO .....	X
ÍNDICE GENERAL .....	XI
ÍNDICE DE TABLAS .....	XV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVII
RESUMEN EJECUTIVO.....	1
INTRODUCCIÓN .....	2
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA.....	4
1.1. Planteamiento de problema .....	4
1.1.1. Problematización.....	4
1.1.2. Formulación de problema .....	6
1.2. Objetivos .....	6
1.2.1. Objetivo General.....	6
1.2.2. Objetivos Específicos.....	6
1.3. Justificación de la investigación.....	7
1.4. Limitaciones .....	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	9

---

2.1.	Antecedentes .....	9
2.1.1.	Antecedentes históricos .....	9
2.1.2.	Antecedentes de la investigación .....	12
2.2.	Marco conceptual .....	16
2.2.1.	Movimientos de remoción en masa .....	16
2.2.2.	Clasificación de los movimientos de masa .....	17
2.2.3.	Partes de un deslizamiento .....	26
2.2.4.	Causas de un deslizamiento .....	27
2.2.5.	Impactos de un deslizamiento .....	38
2.2.6.	Evaluación de la amenaza de deslizamiento .....	41
2.2.7.	Medidas de prevención y mitigación ante los deslizamientos .....	52
2.2.8.	Instrumentos de planificación territorial .....	54
2.3.	Marco legal.....	56
2.4.	Hipótesis.....	60
2.4.1.	Sistema de variables.....	60
2.4.2.	Matriz de operacionalización de variables.....	61
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....		65
3.1.	Nivel de la investigación .....	65
3.2.	Diseño de la investigación.....	66
3.3.	Población y muestra .....	66

3.4.	Técnicas e instrumentación de datos .....	67
3.4.1.	Técnicas .....	67
3.4.2.	Instrumentos.....	67
3.5.	Técnicas de procesamiento de datos .....	68
CAPÍTULO IV: RESULTADOS .....		78
4.1.	Resultados del objetivo 1: Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que provoca deslizamientos en el barrio Tambán.....	78
4.1.1.	Factores condicionantes .....	79
4.1.1.1.	Geología.....	79
4.1.1.2.	Geomorfología.....	80
4.1.1.3.	Geotecnia .....	82
4.1.1.4.	Pendiente .....	83
4.1.1.5.	Uso del suelo y cobertura vegetal.....	85
4.1.2.	Factores desencadenantes .....	87
4.1.2.1.	Precipitación .....	87
4.1.2.2.	Sismicidad .....	90
4.2.	Resultados del objetivo 2: Identificar las zonas y el nivel de amenaza a deslizamientos del barrio Tambán. ....	92
4.3.	Resultados del objetivo 3: Proponer estrategias de prevención y mitigación ante deslizamientos que precautele tanto la vida y los bienes de los pobladores del barrio Tambán.....	98

---

4.3.1.	Título.....	98
4.3.2.	Justificación .....	98
4.3.3.	Objetivos.....	100
4.3.4.	Estrategias.....	100
4.3.5.	Viabilidad.....	105
4.3.6.	Sistema de monitoreo, seguimiento y evaluación.....	106
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		108
5.1.	Conclusiones .....	108
5.2.	Recomendaciones.....	110
BIBLIOGRAFÍA .....		112
ANEXOS .....		119

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores geológicos que intervienen en la generación de superficies de falla probables.....	29
Tabla 2. Calificativo de susceptibilidad a deslizamientos .....	43
Tabla 3. Clasificación de pendiente .....	44
Tabla 4. Clasificación geológica.....	45
Tabla 5. Clasificación litológica .....	46
Tabla 6. Clasificación geomorfológica.....	47
Tabla 7. Descripción de la cobertura vegetal y usos de suelos.....	49
Tabla 8. Valoración de acuerdo a la cobertura vegetal.....	50
Tabla 9. Valoración de la precipitación .....	51
Tabla 10. Calificación del factor sismicidad.....	51
Tabla 11. Categorización del grado de sismicidad .....	52
Tabla 12. Operación de variable en estudio.....	61
Tabla 13. Matriz de ponderaciones y valores máximos de los factores.....	73
Tabla 14. Rangos de puntuación y representación para el nivel e índice ponderado de amenaza de deslizamiento.....	77
Tabla 15. Característica geológica del barrio Tambán .....	79
Tabla 16. Características geomorfológicas del barrio Tambán .....	81
Tabla 17. Características geotécnicas del barrio Tambán.....	82

---

Tabla 18. Características de pendiente en el barrio Tambán .....	84
Tabla 19. Características de uso del suelo y cobertura vegetal del barrio Tambán .....	86
Tabla 20. Valores pluviométricos mensuales registradas en la estación meteorológica M1117 .....	88
Tabla 21. Característica de precipitación del barrio Tambán .....	89
Tabla 22. Característica sísmica del barrio Tambán.....	91
Tabla 23. Ponderaciones de los factores de riesgos (condicionantes y detonantes) del barrio Tambán .....	92
Tabla 24. Niveles de amenaza a deslizamientos y el área correspondiente en metros cuadrados del barrio Tambán.....	93
Tabla 25. Agenda de acciones de reducción de riesgos ante la amenaza por deslizamientos en el barrio Tambán .....	102
Tabla 26. Viabilidad de la propuesta de reducción de riesgos ante los deslizamientos.....	105

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Deslizamiento en el año 2011 en el barrio Tambán .....	11
Figura 2. Representación del desarrollo de una reptación .....	18
Figura 3. Esquema de un proceso de deslizamiento en suelo blando .....	19
Figura 4. Esquema de deslizamientos rotacionales simples y múltiples .....	20
Figura 5. Representación de un deslizamiento de translación .....	21
Figura 6. Representación de una esparcimiento o propagación lateral.....	22
Figura 7. Esquema de un proceso desprendimiento de roca.....	22
Figura 8. Esquema de un proceso de escurrimiento .....	23
Figura 9. Esquema de un volcamiento de rocas.....	24
Figura 10. Representación de un proceso de flujos .....	25
Figura 11. Representación de una avalancha.....	26
Figura 12: Esquema de partes de un deslizamiento .....	27
Figura 13. Mapa de ubicación del barrio Tambán .....	78
Figura 14. Mapa de geología del barrio Tambán .....	80
Figura 15. Mapa de geomorfología del barrio Tambán .....	81
Figura 16. Mapa de geotecnia del barrio Tambán .....	83
Figura 17. Mapa pendiente del barrio Tambán.....	85
Figura 18. Mapa de uso del suelo y cobertura vegetal del barrio Tambán .....	87

---

Figura 19. Histograma de precipitaciones registradas en la estación meteorológica Instituto Técnico Tres de Marzo desde 1996 - 2014.....	88
Figura 20. Mapa de precipitación del barrio Tambán.....	89
Figura 21. Representación de la falla inversa de Yanayaku .....	90
Figura 22. Mapa de sismicidad del barrio Tambán.....	91
Figura 23. Mapa de amenaza a deslizamiento del barrio Tambán.....	94
Figura 24. Representación en ArcScene de las zonas y niveles de amenaza a deslizamiento del barrio Tambán.....	97

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo investigativo tiene como propósito de analizar los factores de riesgos que influyen en los deslizamientos en el barrio Tambán del cantón Chimbo, para la cual se determina el área de estudio, junto con los factores condicionantes y desencadenantes para proponer estrategias de reducción de riesgos.

Para determinar la amenaza de deslizamiento se caracterizó los factores condicionantes (geología, geomorfología, geotecnia, pendiente, uso de suelo y cobertura vegetal) y los factores desencadenantes (precipitación y sismicidad) con los índices y ponderaciones de acuerdo a la metodología de Mora Vahrson y los parámetros de Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias adaptada al lugar del estudio, mismas que al interrelacionar se determina los niveles y zonas de amenaza de deslizamientos del barrio Tambán representando en un mapa temático, para la cual se utiliza el software ArcGIS 10.4.

El área de estudio presenta niveles de amenaza muy alta y alta en la mayor parte del territorio situadas en laderas orientales adyacentes al río Yanayaku y en el talud de la vía estatal Chimbo – El Cristal, mientras que las zonas que presenta niveles medio y bajo están ubicadas en las colinas asentadas por viviendas.

Finalmente se propone de estrategias y acciones de reducción de riesgos frente a la amenaza de deslizamiento enfocadas en la prevención y mitigación hacia la población barrial, gobierno local, instituciones técnicas y científicas, que permite la protección de las vidas humanas y los bienes materiales e infraestructuras.

### **Palabras claves**

Factores condicionantes, factores desencadenantes, amenaza de deslizamiento, prevención y mitigación.

## INTRODUCCIÓN

La principal amenaza que afecta en el Ecuador son los deslizamientos que se incrementan en la época lluviosa con los periodos de precipitación prolongadas, causando innumerables pérdidas humanas, materiales, económicas y ambientales. Este fenómeno se origina debido a los diversos factores como: geográficos, geológicos, geomorfológicos que presenta el territorio, con pendientes pronunciadas especialmente en el callejón interandino con inclinaciones a mayor de 45 grados y constante actividades sísmicas y volcánicas, junto con el uso de suelo para asentamientos de viviendas en zonas de alto riesgos han conllevado ser escenarios propicios para la ocurrencia de desastres a causa de los deslizamientos.

El barrio Tambán, localizado en el área urbana del cantón Chimbo, no ha sido la excepción a desastres asociados con los deslizamientos, puesto que durante los últimos años se ha evidenciado la ocurrencia del mismo, afectando el normal desarrollo de los habitantes, que tuvieron que ser evacuados y reubicados sus viviendas, ya que perdieron todo en estos desastres. Por tal motivo, es importante analizar los factores que influyen para que produzca la amenaza de deslizamiento en el barrio.

Para el presente proyecto de investigación se caracterizó los factores condicionantes: geología, geomorfología, geotecnia, pendiente, y uso de suelo y cobertura vegetal y los factores desencadenantes: precipitación y sismicidad, con los índices y las ponderaciones en base a las metodologías adaptadas al lugar de estudio permitiendo obtener las zonas y niveles de amenaza de deslizamientos.

Los resultados de la presente investigación serán de importancia en la toma de decisiones asertivas por parte de las autoridades locales y población barrial tendrá el conocimiento de la amenaza a la que están expuesto a diario. Estas condiciones actuales que presenta el lugar de

estudio permite proponer medidas de prevención y mitigación, cuya aplicación evitará pérdidas de vidas humanas, económicas e infraestructuras permitiendo un desarrollo local sostenible.

El presente trabajo de investigación del barrio Tambán está conformada por cinco capítulos que se describe a continuación:

**CAPÍTULO I:** Se plantea la formulación del problema de la investigación, los objetivos, la justificación y las limitaciones que se ha determinado en el proceso del proyecto.

**CAPÍTULO II:** Contiene los antecedentes históricos e investigativos de lugar de estudio, la base legal, la fundamentación teórica científica de los deslizamientos, hipótesis y el sistema de variables.

**CAPÍTULO III:** Se describe el marco metodológico, que consiste en el tipo y diseño de investigación, se define la población o muestra, se describe las técnicas y herramientas empleados en la recolección de información y procesamiento de datos.

**CAPÍTULO IV:** Se describe los resultados de cada uno de los objetivos planteados en el trabajo de investigación.

**CAPÍTULO V:** Se agrega las conclusiones y las recomendaciones, finalmente, la bibliografía y los anexos.

## CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

### 1.1. Planteamiento de problema

#### 1.1.1. Problematización

Los deslizamientos son uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los humanos, causando miles de muertes y daños en las propiedades por valor de decenas de billones de dólares cada año; sin embargo, muy pocas personas son conscientes de su importancia; el 90% de las pérdidas por deslizamientos son evitables si el problema se identifica con anterioridad y se toman medidas de prevención o control (Mostajo Carbonel, 2009).

Los deslizamientos a nivel mundial están aumentando debido al incremento de la urbanización y desarrollo en áreas propensas a movimientos de masa, deforestación continua e incremento de la precipitación a causa de los cambios climáticos (Cruz Roja de Colombia, 2010); los deslizamientos se han hecho, cada vez más comunes a nivel global y dejando gran cantidad de vidas humanas, afectando a los sectores agrícolas e infraestructura física.

Según el comunicado de la Organización de Naciones Unidas - ONU desde el 2000, América Latina y el Caribe se ha visto afectada por 66 deslizamientos de tierra que causaron casi 3000 muertes. En los últimos años, en el alud de Guatemala en 2015, ocasionó 350 muertes, y Colombia 2017, produjo 349 muertes y afectó a más de 45000 personas, se destacan como eventos de deslaves de tierra particularmente destructivos en la región (Organización de Naciones Unidas, 2020)

En Ecuador los movimientos en masa es uno de los principales eventos peligrosos que se ha presentado en las últimas décadas con mayor afectación, siendo el callejón interandino uno de los escenarios propicios para que se de los deslizamientos debido a las características geológicas, geomorfológicas, geotecnias, tipo de material de suelo, sismicidad, fenómeno del niño y la

variabilidad climática; también el crecimiento urbanístico no planificado, así como las excavaciones superficiales (carreteras, obras de infraestructura), alteran la estabilidad de la ladera incrementando la susceptibilidad a que existan deslizamientos.

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial - PDOT de la provincia de Bolívar del año 2019, el territorio provincial presenta características geomorfológicas conformado por montañas de media altura y fuerte inclinación del terreno, las rocas presentan un comportamiento mecánico corriente que en combinación con otros factores como la deforestación y los severos fenómenos meteorológicos son las causas fundamentales para el desarrollo de los deslizamientos. En la actualidad, se ha registrado 19 deslizamientos a nivel del territorio, siendo la ciudad de Guaranda la más afectada por la amenaza, esto se debe a la época invernal y al incremento de la población urbanística dentro de la provincia (PDOT Bolívar, 2019).

El cantón Chimbo, por su topografía irregular, la diversidad de pisos climáticos, uso del suelo y cobertura vegetal, entre otros factores hace que presente susceptibilidad a la amenaza a deslizamiento, el territorio cantonal presenta niveles de amenaza: alto (91.28%), mediana (7.78%) y baja (0.94%) (PDOT Chimbo, 2019), por ende el barrio Tambán que encuentra situada a 2668 msnm, dentro del cantón Chimbo, a una distancia de un kilómetro del casco urbano de dicha ciudad, presenta niveles de peligrosidad a deslizamientos. (PDOT Chimbo, 2019)

Por sus características topográficas, geológicas, geomorfológicas y la presencia de falla geológica de Yanayaku mas el uso de suelo y cobertura vegetal, el barrio Tambán ha sido devastado por deslizamientos, las cuales se han presentado muy a menudo durante la época invernal; existiendo movimientos de masas, hundimientos, y agrietamientos de los suelos. Como consecuencias se evidencia daños a la productividad, vías de comunicación, edificios importantes,

viviendas y afectación a la población. (Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencia, 2020)

En este trabajo investigativo permite analizar los factores de riesgos tanto de origen natural o antrópico, determinando los factores condicionantes y desencadenantes que influye en el proceso de generación de movimientos de masa, afectando de manera directa a las viviendas asentadas en el barrio y su población. Mediante el análisis de los factores de riesgo se pretende proponer estrategias preventivas y de reducción al impacto de la amenaza de deslizamiento en el área de estudio.

### **1.1.2. Formulación de problema**

¿Cuáles son los factores condicionantes y desencadenantes que influye en los deslizamientos en el barrio Tambán perteneciente al cantón Chimbo en el período del 2021?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General**

Analizar los factores de riesgo que inciden en los deslizamientos en el barrio Tambán del cantón Chimbo.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que provoca deslizamientos en el barrio Tambán.
- Identificar las zonas y el nivel de amenaza a deslizamientos del barrio Tambán.
- Proponer estrategias de prevención y mitigación ante deslizamientos que precautele tanto la vida y los bienes de los pobladores del barrio Tambán.

### **1.3. Justificación de la investigación**

Los deslizamientos son fenómenos geológicos que ocurren a nivel mundial, los expertos mencionan que estos se incrementan en espacios donde ha intervenido el ser humano, la densidad poblacional, el desarrollo urbanístico desordenado, que han conllevado a ocupar sitios que son susceptibles a este tipo de amenaza, sumado a estos los factores externos y internos como: fuertes precipitaciones, vientos, sismicidad y las composiciones mixtas de los suelos, logrando crearse escenarios con situaciones desastrosas (Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, 1996).

De acuerdo con la Constitución de la República del Ecuador del 2008, en su artículo 389 menciona: que es un derecho implementar estudios especializados en lugares con presencias de sucesos de eventos peligrosos, con la finalidad de estimar el riesgo y que las autoridades locales tomen acciones correspondientes en beneficio de salvaguardar la vida de la población y evitar el impacto al desarrollo económico y social de la localidad.

En base a los antecedentes históricos, el barrio Tambán en la última década ha sido escenario de desastre por deslizamientos, que se frecuenta en cada época invernal, que genera el impacto a la estabilidad de los suelos; por tal motivo, es importante analizar los agentes causantes, determinar los factores de riesgo que indiquen en mayor grado en la inestabilidad de los suelos comprometiendo asentamientos de vivienda, zonas productivas y tránsito local.

El presente trabajo investigativo es de gran importancia mediante la cual se contribuye de información para los moradores y las autoridades principales que encamine acciones de reducción de riesgos, para fortalecer el papel fundamental de la participación ciudadana en procesos de desarrollo local sustentable. Los principales beneficiarios directos son las personas que viven en

el barrio, que al informarse tendrá conocimientos de los niveles de riesgos al que se encuentra expuestos, ayudando generar capacidades preventivas de forma oportuna y eficiente.

Así mismo, los beneficiarios indirectos serán la administración local y tomadores de decisiones a nivel provincial, quienes harán de uso de esta información para planeación, planificación de ordenamiento territorial y estipular regulaciones de uso del suelo para actividades que no impacten la estabilidad o degraden el suelo.

#### **1.4. Limitaciones**

La principal complicación para la realización del presente trabajo de investigación fue la limitada información cartográfica de los factores de riesgos a una escala considerable para la realización del proyecto, por lo cual, se optó por utilizar información cartográfica del Sistema de Información Nacional Público Agropecuario del Ecuador, IGM, Plan de Uso y Gestión del Suelo, junto con la ortofoto del GAD Municipal de Chimbo y los anuarios meteorológicos del INAHIMI para establecer una escala que permita obtener los resultados.

Otra limitación que se presentó en la investigación fue la poca disponibilidad de recurso económico suficiente para realizar un estudio detallado de la geología en el barrio Tambán, por lo que se basó en informes técnicos y científicos del GAD Municipal de Chimbo y Servicio Nacional de Gestión de Riesgo y Emergencias, realizados en la zona de estudios por la presencia de los deslizamientos en los últimos años.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Antecedentes históricos

El cantón Chimbo es uno de los siete cantones de la provincia de Bolívar que se encuentra localizada en el centro de la región sierra, cuenta con una población de 15579 habitantes de los cuales 4402 personas están en el área urbana mientras que 11377 personas viven en el área rural, con una extensión de superficie cantonal de 26452 hectáreas, caracterizado por presentar altitudes entre 500 msnm en las zonas bajas o subtropicales hasta 3300 msnm, donde evidentemente son zonas montañosas, la temperatura oscilan entre 18 y 24 grados centígrados. El cantón se compone de cinco parroquias: San José de Chimbo siendo la principal parroquia y zona más poblada, La Asunción, La Magdalena, San Sebastián y Telimbela que abarca la mayor parte de su territorio caracteriza por ser zona subtropical. (PDOT Chimbo, 2019).

El cantón Chimbo limita al norte con las parroquias Santa Fe y Julio Moreno del cantón Guaranda y con el cantón Caluma; a la sur con las parroquias de Balsapamba y San Miguel del cantón San Miguel, al este con parroquias de San Simón y San Lorenzo del cantón Guaranda, también con la parroquia de Santiago del cantón San Miguel y oeste con la parroquia La Esmeralda del cantón Montalvo de la provincia de Los Ríos. En cuanto a las características de relieve del cantón, existen diferentes pisos climáticos y terrenos con pendientes de 0% característico de zonas planas o casi planas hasta superiores de 70% de zonas altas donde la topografía es abrupta y montañosa. Consta de suelos irregulares y también la zona urbana se encuentra rodeada de cerros con pendiente moderado. La zona alta se encuentra sobre montañas y la parte de la población se asientan sobre las mismas. La cordillera del Chimbo tiene elevaciones 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 (PDOT Chimbo, 2019).

Los deslizamientos de tierra, así como otros eventos peligrosos como los terremotos, incendios forestales, erupciones volcánicas e inundaciones, constituyen riesgos latentes para la población y el desarrollo económico; así como también a los ecosistemas. Por este motivo, el cantón Chimbo es mega propenso a los fenómenos naturales debido a su geografía y su localización.

El cantón Chimbo ha sido uno de los escenarios propicios para la gestación de amenaza a deslizamientos según los registros obtenidos, para que se origine esta amenaza en el territorio cantonal son debido a las irregularidades del terreno presentes, sus declives que afectan sus infraestructuras y vías de comunicación asentadas sobre la misma, además por el tipo de tierra que se encuentra formado los suelos y por la fallas geológicas de Río Chimbo y Yanayaku que atraviesa el cantón lo que aumenta la posibilidad de movimientos en masa en la parroquias de San José de Chimbo, La Magdalena, La Asunción y Telimbela (PDOT Chimbo, 2019).

De los 73 casos reportados de eventos peligrosos de origen natural en la base de registro de la Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias - SNGRE en el periodo del 2010 al 2020 en el cantón Chimbo, el 78% de los eventos corresponden a deslizamientos, hundimientos o socavamientos. Este resultado posiciona a los fenómenos de remoción en masa como la amenaza más recurrente en el cantón Chimbo (Proyecto Desinventar, 2020).

El tradicional barrio Tambán conocida anteriormente por su población que se dedicaba a la fabricación de armamentos ubicado en zona urbana del cantón Chimbo se ha visto afectado por varios eventos de deslizamientos comprometiendo la vida de sus habitantes y los bienes materiales e infraestructuras esenciales.

Los deslizamientos en el barrio Tambán se presentan en temporadas de invierno de casi todos los años con impactos de mayor o menor grado. En el 2011 se presenció un deslizamiento muy fuerte en el sector de Tambán en la ladera oriental, la masa deslizante terminó obstaculizando en río Yanayaku que atraviesa por el sector, donde 36 personas fueron afectadas ocasionando la pérdida de varias viviendas y la tranquilidad de quienes habitan en este tradicional sector (El Universo, 2011).

**Figura 1.** Deslizamiento en el año 2011 en el barrio Tambán



**Fuente:** Ortofoto, (GAD Municipal de Chimbo, 2011)

En el año 2014 preocuparon a los moradores y las autoridades la aparición de nuevos agrietamientos sobre la calzada de la calle principal que atraviesa el barrio Tambán comprometiendo nuevamente la ladera oriental y la recuperación que tenía del primer deslizamiento, lo que obligó a las autoridades locales a evacuar a 7 familias afectadas para ubicarlas en albergues y con hogares acogientes, además de implementar medidas de mitigación

estructural en la cabecera del talud deslizante y medidas de reforestación con plantación arbustiva nativa del sector para recuperar la cobertura vegetal disminuyendo el impacto directo de las precipitaciones intensas (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, 2014).

En el año 2020 existe un desplazamiento del suelo en el lado occidental donde se asienta la cancha de uso múltiple del barrio Tambán, junto a esta se ubican una iglesia, la casa barrial que presentan grandes fisuras en sus paredes y agrietamiento en el piso; y también esta propensa la vía estatal Chimbo - El Cristal (Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencia, 2020).

La noche de martes del 22 de diciembre del 2021, se produjo un violento deslizamiento de tierra que formó un socavón de alrededor de 40 metros de profundidad, 500 metros de largo y 120 metros de ancho que destruyó una parte del barrio Tambán. Donde se encontraba asentada la cancha central, la casa barrial, la iglesia, la vía de acceso que conecta Chimbo - Río Cristal y dos viviendas mismas que se desaparecieron tras del colapso de la superficie, las familias fueron evacuadas por el desastre de las cuales se encuentra albergadas en la Unidad Educativa Tres de Marzo y en la Asunción, dos en casas de familias acogientes y otra arrendando. En el mes de diciembre el cantón Chimbo presentó altas precipitaciones, lo cual conllevó a que ocurra este desastre. (El Comercio, 2021)

### **2.1.2. Antecedentes de la investigación**

El territorio del cantón Chimbo a través de la historia es altamente susceptible a movimientos de masa determinados por diferentes investigaciones realizadas, las cuales se proceden a revisar a continuación:

En el estudio realizado por Giovanni García, con el tema “Zonificación de zonas vulnerables a fenómenos de remoción en masa en San José de Chimbo - Ecuador”, la metodología utilizada es de SENPLADES y Mora Vahrson adaptada al área de estudio que se aplica mediante

el análisis de los factores condicionantes y desencadenantes más significativos, la combinación de parámetros, los cuales se obtiene de la observación y medición de indicadores morfo dinámicos y su distribución espacial. Dichos parámetros reflejan los factores que conducen a la inestabilidad de la ladera, como pendiente, litología, geología, cobertura y el uso del suelo, precipitaciones y sismicidad (García Camacho, 2018).

Las limitaciones que tuvo el autor durante el proceso de desarrollo de esta investigación fue la falta de información asociados a estos fenómenos naturales suscitados en el cantón, ya sea este a través de un catálogo de los deslizamientos producidos en periodos de tiempo por parte del GAD Municipal de Chimbo permitiendo el uso de la metodología estadística que permitiese obtener resultados satisfactorios (García Camacho, 2018).

A través de la fotointerpretación, identificó los rasgos o características de los movimientos antiguos y actuales que desarrollaron en el área de estudio para planificar mejor el trabajo de campo, clasificar los movimientos en masa e identificar áreas que han sido interferidas por actividades humanas. Donde el autor determina que la pendiente es uno de los factores más influyentes en la ocurrencia de remoción de masa en el área de estudio, ya que la geometría de la pendiente y sus inclinaciones son factores que determinan la estabilidad del suelo. En general, es más probable que las pendientes más empinadas experimenten movimientos masivos debido a la gravedad. Sin embargo, también pueden ocurrir otros tipos de movimiento en áreas con pendientes más bajas, y la lluvia y la intensidad del evento sísmico deben considerarse como factores que inducen a que se produzca los fenómenos de remoción de masa en el área de estudio (García Camacho, 2018).

Donde los resultados demostraron que el 10% del lugar de estudio presenta un nivel muy alto a fenómeno de remoción de masa, continuado por 40% sitúa en el nivel alto; el nivel medio

corresponde al 35%, lo cual indicó que la zona de San José de Chimbo de acuerdo a los límites establecidos presenta susceptibilidad a la remoción de masa, las zonas que evidencia baja y muy baja corresponde al 12% y 3% respectivamente del área de estudio, esto representa que el 15% de la zona presenta problemas de inestabilidad (García Camacho, 2018).

También la información del proyecto de investigación de Cesar del Pozo y Grimaneza Carballo con el tema “Evaluación de amenazas por deslizamientos en el sector Divino Niño del cantón Chimbo” donde se evalúa la amenaza de deslizamiento mediante la asignación de valores numéricos a las características de los factores detonantes y condicionantes validados en el sitio, misma que al ponderar y establecer niveles de riesgo se representa de manera cualitativa. El uso de la metodología de Mora Vharson junto con el software Galena permitió el análisis de la estabilidad del terreno utilizando modelos y simulaciones reales a fin de contener el talud. Los resultados de la presente investigación mostraron que el mayor parte de sitio de estudio presenta niveles muy alto de amenaza al deslizamiento, pero no se encuentran asentamiento de viviendas, su uso es agrícola, además el análisis del talud presentó resultado bajo a los valores de un talud estable, significando un peligro inminente que puede activarse con una fuerza mínima de intensidad que puede ser la lluvia o sismos (Del Pozo & Carballo, 2020).

Existe información del “Estudio de factores medioambientales que intervienen en la ocurrencia de deslizamientos en el cerro Susanga (Chimbo, Ecuador)” ejecutada por parte de profesionales de la Carrera de Ingeniería en Administración para Desastres y Gestión de Riesgo en el año 2014, donde detalla sobre el cerro Susanga que ha experimentado diversos procesos geológicos que han modificado sustancialmente su morfología a lo largo de su historia (macro-deslizamientos, fallas normales, inversas y de desgarre) y otros procesos menores que, aunque no alteran su morfología (deslizamientos superficiales, desprendimientos y reptaciones), también

constituyen una amenaza sobre los actuales asentamientos humanos e infraestructuras (Acosta, y otros, 2014).

El trabajo se realizó con una cartografía geomorfológica a escala 1:10.000 de los procesos geológicos y sus formas resultantes. Asimismo, abordó un análisis y caracterización de los factores medioambientales que desencadenan (sismicidad, precipitación) y condicionan (topografía, geología, hidrología, geomorfología, uso del suelo y cobertura vegetal) la distribución espacial de deslizamientos de ladera. El mapa de susceptibilidad obtenido mediante tratamiento de datos en un Sistema de Información Geográfica (SIG) junto con el análisis del desarrollo social y económico de la zona ha servido para identificar los elementos expuestos (edificios, vías e infraestructuras) y hacer una evaluación preliminar de la vulnerabilidad a los deslizamientos en todo el cerro (Acosta, y otros, 2014).

El estudio geológico y geomorfológico del cerro Susanga determina a través de inestabilidades del terreno se manifiestan en forma de fallas, macro deslizamientos, pequeños deslizamientos, desprendimientos y reptaciones por diferentes factores como gran altitud del cerro, fuerte pendiente. La falta de apoyo lateral al sureste de esta gran elevación ha originado un sistema de fallas normales que han desgajado el cerro provocando su hundimiento y expansión lateral hacia el sureste. Desde el punto de vista geológico, la reactivación provocaría: nuevos deslizamientos menores que afectarían a distintos sectores de la masa en movimiento, desprendimientos en las zonas más abruptas, levantamientos y hundimientos del terreno, grietas, cambios en el trazado de la red fluvial de este flanco sur, deformaciones internas del terreno que modificarían su funcionamiento hidrogeológico, haciendo desaparecer afloramientos de agua existentes y originando nuevos, y modificaciones en el patrón de erosión hídrica (Acosta, y otros, 2014).

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Movimientos de remoción en masa**

Los movimientos de masa también conocidos como movimientos de ladera, son desplazamientos de masa de tierra y rocas, se caracterizan por ser uno de los peligros geológicos más representativos del mundo, se forman por procesos naturales o antrópicos, los cuales dan una serie de factores como son los condicionantes que intervienen de manera interna y detonantes que intervienen de manera externa. El estudio de movimientos de masa comúnmente englobado bajo el término de deslizamientos (Barrantes Castillo, Barrantes Sotela, & Núñez Roman, 2011).

Los movimientos en masa son parte de los procesos denudativos que modelan el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre y en la interface entre esta, la hidrósfera y la atmósfera (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007).

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

Así, si por una parte el levantamiento tectónico forma montañas, por otra la meteorización, las lluvias, los sismos y otros eventos (incluyendo la acción del hombre) actúan sobre las laderas para desestabilizarlas y cambiar el relieve a una condición más plana. Esto implica que la posibilidad de ocurrencia de un movimiento en masa comienza desde el mismo momento en que se forma una ladera natural o se construye un talud artificial y que el análisis de tal posibilidad involucra distintas disciplinas de las ciencias de la tierra y del medio ambiente, así como de las

ciencias naturales (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007).

Existen factores condicionantes como la geología, geomorfología, geotecnia, pendiente y uso del suelo los cuales guardan relación con las consecuencias de los movimientos en masa al igual que los factores desencadenantes como lo son: acumulación de agua, pendientes, actividad antrópica, actividad sísmica, por explosiones, ya que estos fenómenos determinarán la magnitud de los movimiento en masa, produciendo así; peligros como el deslizamiento del suelo, reptación y deformaciones gravitacionales (Gonzalez, 2012).

### **2.2.2. Clasificación de los movimientos de masa**

Debido al amplio número de investigaciones técnicas científicas, existen varias clasificaciones de las cuales se destaca los siguientes:

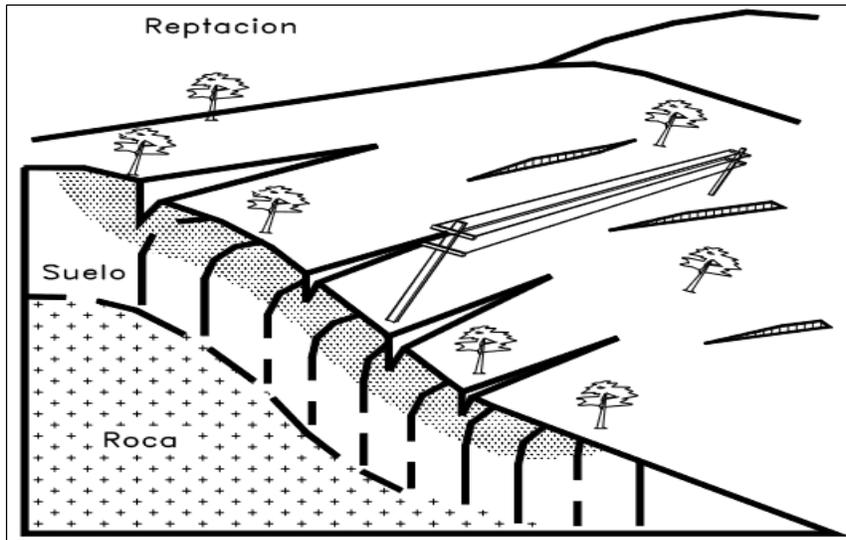
#### **Por desplazamiento en masa**

Se clasifican en reptación, deslizamiento, propagación lateral, desprendimiento, escurrimiento y vuelcos. En este tipo de deslizamientos el comportamiento de las masas responde esencialmente a las leyes mecánicas de los materiales sólidos (Flores García & Pérez Castillo, 2019).

#### **Reptación**

La reptación consiste en el movimiento de tipo viscoso extremadamente lento y continuo, que, junto a la deformación consecutiva de terrenos no consolidados, su estructura se encuentra semi disuelta, pero sin que exista rotura o falla de su superficie, los hace ser casi imperceptibles; afecta principalmente a suelos residuales y abarca extensas áreas de terreno que son deforestadas o fueron intervenidas inadecuadamente (Escobar Potes & Duque Escobar, 2017).

**Figura 2.** Representación del desarrollo de una reptación



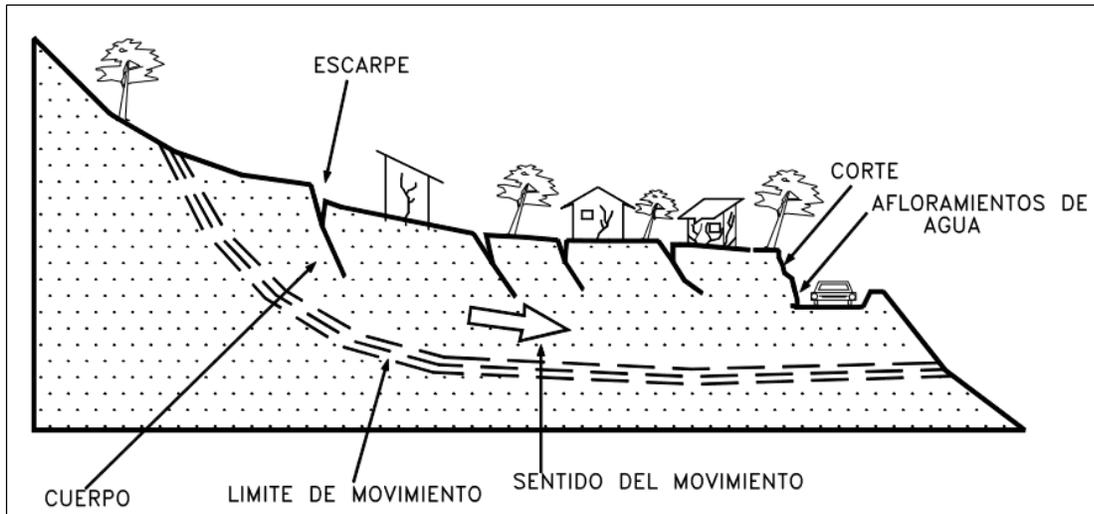
**Fuente:** (Cruden & Varnes, 1978)

### **Deslizamientos**

Los deslizamientos son movimientos de masas de suelo o roca que deslizan, moviéndose relativamente respecto al sustrato, sobre una o varias superficies de rotura netas al superarse la resistencia al corte de estas superficies; la masa generalmente se desplaza en conjunto, comportándose como una unidad en su recorrido; la velocidad puede ser muy variable, pero suelen ser procesos rápidos y alcanzar grandes volúmenes (hasta varios millones de metros cúbicos) (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002, pág. 623).

En ocasiones, cuando el material deslizado no alcanza el equilibrio al pie de la ladera (por su pérdida de resistencia, contenido en agua o por la pendiente existente), la masa puede seguir en movimiento a lo largo de cientos de metros y alcanzar velocidades muy elevadas, dando lugar a un flujo; los deslizamientos también pueden ocasionar avalanchas rocosas (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002, pág. 625).

**Figura 3.** Esquema de un proceso de deslizamiento en suelo blando



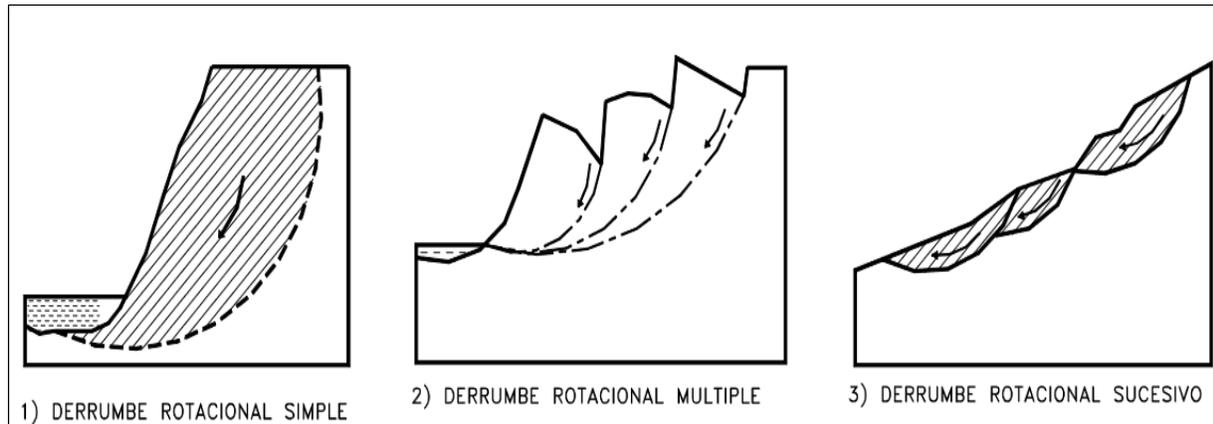
**Fuente:** (Cruden & Varnes, 1978)

### **Deslizamientos Rotacionales**

Por lo general se originan en áreas uniformes con discontinuidad y superficies planas de estratificación, como en la superficie curvilínea, cóncava que puede ser comparada con la superficie de una cuchara, esta curva se sitúa el centro de giro, es decir la superficie curvilínea, es donde se producirá el deslizamiento ya sea por origen natural o artificial produciendo el deslizamiento de rocas, detritos y derrubios (Hutchinson & Skempton, 2012).

Está asociado con inclinaciones que varían entre 20 y 40 grados. En los suelos, la superficie de rotura en general tiene una relación entre profundidad y longitud entre 0,3 y 0,1. Su desplazamiento puede ser extremadamente lenta (menos de 0,3 metros o 1 pie cada 5 años) a moderadamente rápida (1,5 metros o 5 metros por mes) a rápida o imprevista (Highland M, 2008, pág. 11).

**Figura 4.** Esquema de deslizamientos rotacionales simples y múltiples



**Fuente:** (Cruden & Varnes, 1978)

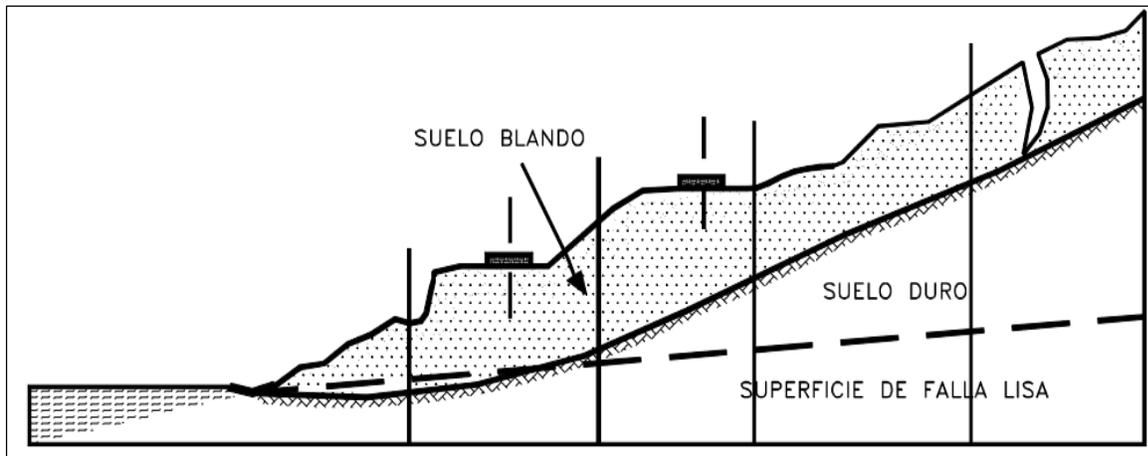
### Deslizamientos Traslacionales

Se origina sobre las superficies donde la ruptura es plana o ligeramente ondulada caracterizada por el hecho que la masa desprendida es producto de un movimiento sobre la superficie de una falla, tal superficie es caracterizada por discontinuidades frecuentes en materiales rocosos, detritos y derrubios, pero la velocidad de este tipo de deslizamiento varía desde rápido hasta extremadamente rápido (Cruden & Varnes, 2013).

Su desplazamiento suele ser lento inicialmente (5 pies por mes o 1,5 metros por mes), pero muchos tienen una velocidad moderada (5 pies por día o 1,5 metros por día) a extremadamente rápida. Al aumentar la velocidad, la masa aplastante de las fallas de traslación puede desintegrarse y convertirse en una corriente de escombros (Highland M, 2008, pág. 14).

Existe una alta posibilidad de que ocurran repetidamente en las inmediaciones donde se han producido en el pasado, incluidas las zonas sujetas a frecuentes terremotos fuertes. La ampliación de grietas en la cabeza o protuberancia de la punta puede ser un indicador de falla inminente (Highland M, 2008, pág. 15)

**Figura 5.** Representación de un deslizamiento de translación



**Fuente:** (Cruden & Varnes, 1978)

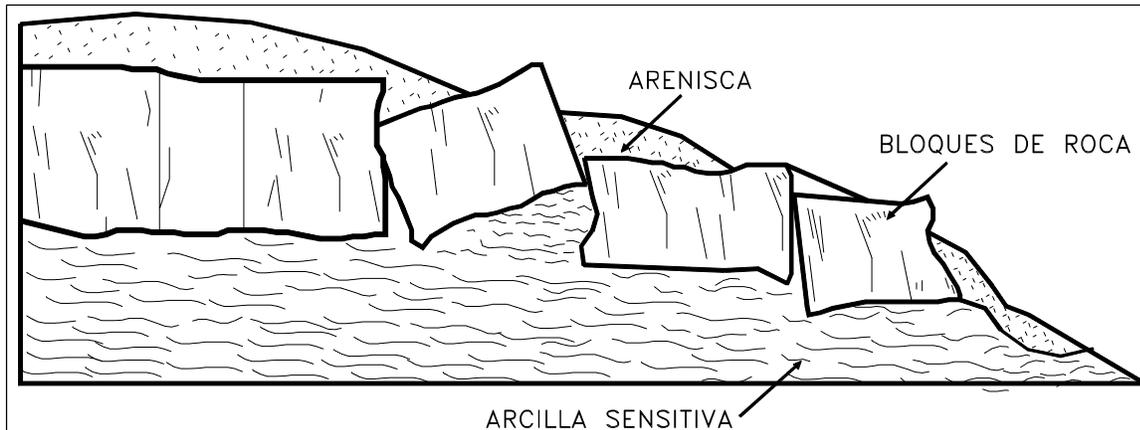
### Propagación lateral

Constituye al desplazamiento horizontal de masa cuya consistencia es dura mediante el flujo plástico o licuación del material más blando existente sobre la superficie en la que se genera (Escobar Potes & Duque Escobar, 2017).

La propagación es característica de suelos arcillosos y dependiendo del factor que la produjo pueden hasta moldearse como un líquido denso que arrastra bloques del material superpuesto. Especialmente ocurre cuando las capas de arcilla se encuentran húmedas y resbaladizas provocando la separación del material en grandes bloques (Pasive Agudelo, 2018)

Los movimientos son debidos a la pérdida de resistencia del material subyacente, que fluye o se deforma bajo el peso de los bloques rígidos. Los desplazamientos laterales también pueden ser provocados por licuefacción del material infrayacente, o por procesos de extrusión lateral de arcillas blandas y húmedas, bajo el peso de las masas superiores. Se dan en laderas suaves, y pueden ser muy extensos. Las capas superiores se fragmentan generándose grietas, desplazamientos diferenciales, vuelcos, etc., presentando las zonas afectadas un aspecto caótico (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002, pág. 629).

**Figura 6.** Representación de una esparcimiento o propagación lateral

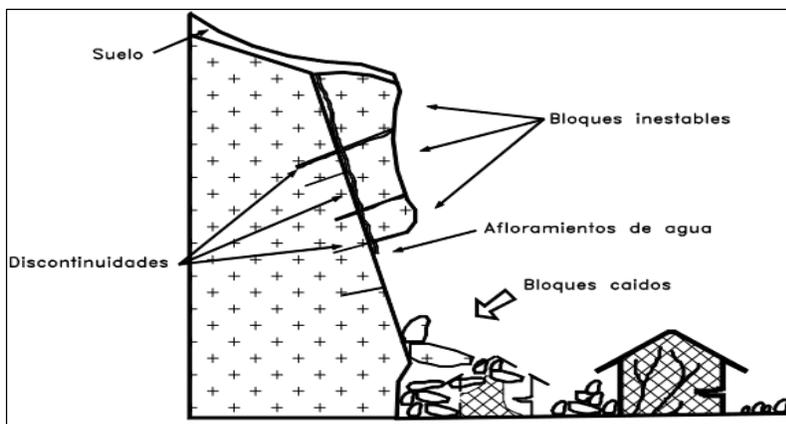


**Fuente:** (Cruden & Varnes, 1978)

### Caídas y desprendimientos

Suelen manifestarse como una caída repentina de una masa o bloque de suelo de un talud escarpado el cual es de difícil acceso, por el hecho de hallarse empinado, por lo general se manifiesta en zonas montañosas cuyas paredes son rocosas, las cuales se precipitan en caída libre, rodadura o posterior rebote de manera rápida o excesivamente rápida con velocidades que superan a  $5 \times 10^1 \text{ m/s}$ ; pueden ser originados por lluvias intensas, la erosión del suelo, el descalce de los bloques del suelo o sus grietas, y por la erosión fluvial y movimientos sísmicos (Bustillos, Arciniega, Freire, & Gómez, 2016).

**Figura 7.** Esquema de un proceso desprendimiento de roca



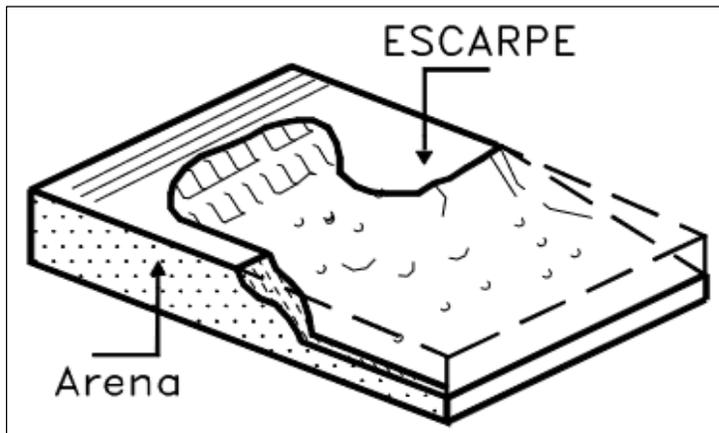
**Fuente:** (Cruden & Varnes, 1978)

## Esguerrimiento

Se define como esguerrimiento al movimiento de masas a manera de colapso o derrumbe ya sea que las masas estén secas o húmedas, las cuales, al hallarse expuestas por las excavaciones viales o similares, se desplazan de manera viscosa (Escobar Potes & Duque Escobar, 2017).

El esguerrimiento puede subdividirse en tres tipos acorde a su densidad y el estado de la superficie donde se origina, es así que existe el esguerrimiento superficial difuso se caracteriza por causar un arrastre uniforme de capas delgadas del suelo a muy cortas distancias generalmente en suelos limosos y limo arenosos, y taludes viales. El esguerrimiento superficial concentrado genera pequeños canales semi paralelos cuya erosión es incisiva debido a la energía que adquiere el agua depositada en dichos canales. El esguerrimiento sub superficial ocasiona el debilitamiento interno del terreno o superficie originando manantiales, cárcavas y hundimientos (Escobar Potes & Duque Escobar, 2017).

**Figura 8.** Esquema de un proceso de esguerrimiento



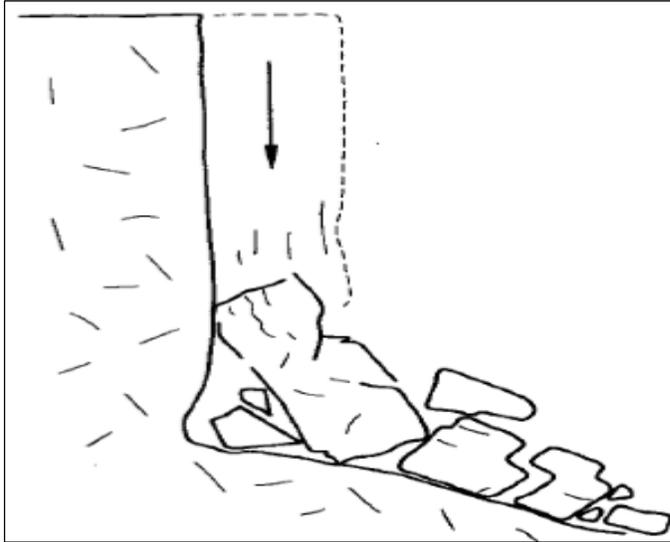
**Fuente:** (Cruden & Varnes, 1978)

## Volcamiento

Se caracteriza por la rotación de uno o más bloques de material rocoso ya sea completo o fracturado, cuya rotación se ejerce por debajo de su centro de gravedad hacia adelante y

alrededores de una ladera sin importar si está constituida por únicamente suelo o rocas, a causa de la forma empinada del terreno del cual se desprenden conjuntamente con la gravedad conforman su principal fuente desencadenadora (Escobar Potes, y otros, 2017).

**Figura 9.** Esquema de un volcamiento de rocas



**Fuente:** (Cruden & Varnes, 1978)

### **Por transporte en masa**

Se sub clasifican en flujo y avalancha. Debido a que el comportamiento de las masas obedece principalmente a las leyes de la hidráulica y la mecánica de fluidos (Chicangana Montón, Pineda Herrera, & Sabogal Ríos, 2019).

### **Flujos**

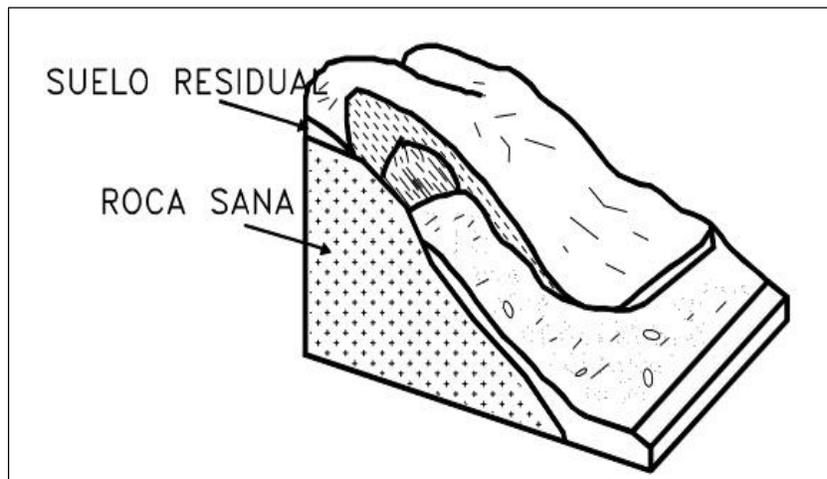
Característico por el movimiento más o menos rápido de partículas o pequeños bloques yacentes en una parte de la ladera natural como lodo, tierra, detritos o rocas, cuya distribución de velocidades y desplazamiento es semejante al comportamiento de un líquido viscoso, durante un corto tiempo de duración (Escobar Potes & Duque Escobar, 2017).

Cuando los flujos se dan de una manera lenta o extremadamente lenta, es posible identificar fácilmente el área donde se originan debido a la separación entre el suelo que se mueve y el suelo

profundo. En este tipo de deslizamientos es común que las deformaciones internas sean de gran escala arrastrando un gran volumen de suelo (Cuanalo Campos & Oliva González, 2011).

Principalmente afectan a suelos arcillosos susceptibles que sufren una considerable pérdida de resistencia al ser movilizados; estos movimientos, poco profundos en relación a su extensión, presentan una morfología tipo glaciar, y pueden tener lugar en laderas de bajas pendientes (incluso menores de  $10^\circ$ ), estos movimientos pueden alcanzar varios kilómetros (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002, pág. 626).

**Figura 10.** Representación de un proceso de flujos



**Fuente:** (Cruden & Varnes, 1978)

### **Avalancha**

Consiste en la fluidificación de masas como rocas y detritos las cuales se desplazan con rapidez a lo largo de la superficie, cuya velocidad oscila entre los 250 km y a causa de su velocidad y el peso de las masas al desplazarse por los cauces naturales de la superficie, entre sus fragmentos quedan atrapadas bolsas de aire lo cual provoca la dispersión de partículas más finas entre los bloques mayores originando un mecanismo de fluctuación y suministrando un colchón de aire hacia la base de la zona en movimiento (Escobar Potes & Duque Escobar, 2017).

El agua de precipitación o deshielo, los movimientos sísmicos y las erupciones volcánicas pueden jugar un papel importante en el desencadenamiento de estos procesos (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002, pág. 629).

**Figura 11.** Representación de una avalancha



**Fuente:** (Cruden & Varnes, 1978)

### 2.2.3. Partes de un deslizamiento

**Cabeza:** Es la parte superior del material que se mueve a lo largo del material de contacto con el escarpe principal.

**Corona:** Sector de la ladera que no ha fallado y localizada arriba del deslizamiento.

Puede presentar grietas llamadas grietas de corona.

**Tope:** El punto más alto de contacto entre el material desplazado y el escarpe principal.

**Cuerpo principal:** La parte del material desplazado que sobre yace de la superficie de la rotura localizada entre el escarpe principal y la punta de la superficie de la rotura.

**Flanco:** Lado del deslizamiento o perfil lateral.

**Pie:** Es la línea de intercepción del material desplazado que descansa ladera abajo desde la punta de la superficie de rotura.

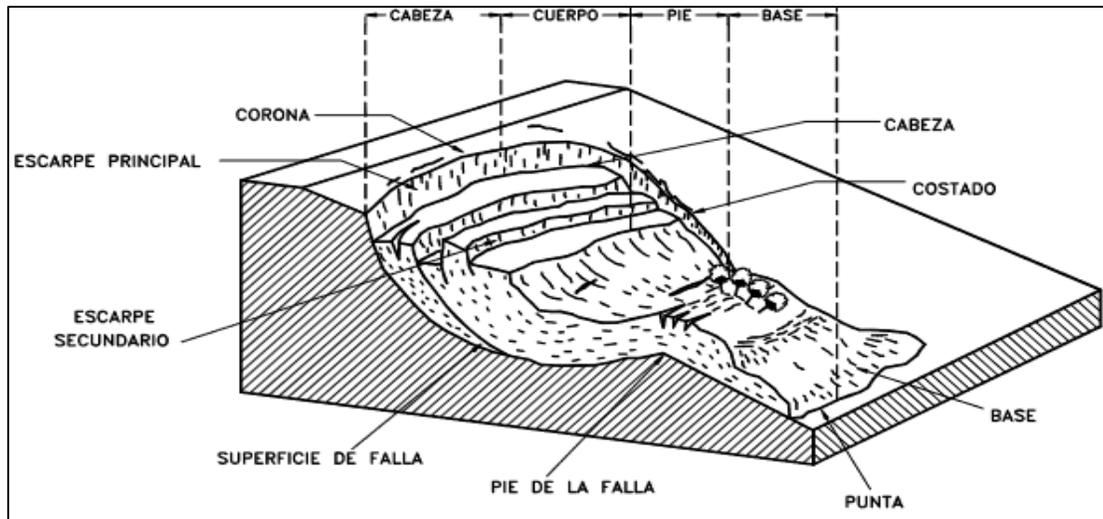
**Dedo:** El margen del material desplazado más distante del escarpe principal.

**Escarpe principal:** Muy fuerte localizada en el límite del deslizamiento y originada por el material desplazado de la ladera.

**Escarpe secundario o menor:** Superficie de pendiente muy fuerte en el material desplazado y producida por el movimiento diferencial dentro de este material.

**Punta de superficie de la rotura:** La interacción (algunas veces cubierta) de la parte baja de la superficie de ruptura y la superficie orinal del terreno (Hurtado, 2018).

**Figura 12:** Esquema de partes de un deslizamiento



Fuente: (Suarez Diaz, 1998) (Cruden & Varnes, 1978)

#### 2.2.4. Causas de un deslizamiento

De cierta forma los movimientos en masa se pueden presentar de diferentes maneras, en muchas ocasiones de forma violenta y estos sobrepasan la resistencia del terreno las cuales en un determinado tiempo llegan a cobrar bienes materiales, económicos, humanos, entre otros y que

son desplegados por corrientes adversas, esto aumenta o disminuye por las condiciones climáticas en el lugar.

La mayor parte del tiempo también se puede considerar que los deslizamientos ocurran por los siguientes factores:

#### **2.1.1.1. Factores condicionantes**

Los factores condicionantes están relacionados con las características intrínsecas del terreno como la morfología, geología, mecánica de suelos y condiciones hidrogeológicas y también se relacionan con actividades específicamente humanas, por lo que la siguiente clasificación se conforma tanto por factores condicionantes de origen natural y por factores condicionantes de origen antrópico (Instituto Espacial Ecuatoriano, 2013).

#### **Geología**

Es el apoyo en grandes superficies, pertenece a la forma interna y externa de mirar el suelo, se considera como un factor influyente debido a los cambios y alteraciones que ha experimentado desde sus orígenes.

Los procesos que afectan al suelo están intervenidos por el medio geológico lo cual tiene una reacción diferente, siendo estos naturales unidos por fuerzas de contacto que se originan a partir de sus formaciones.

Dentro del aspecto geológico se toman en cuenta dos consideraciones importantes:

**Litología:** El tipo de suelo y/o roca determina la resistencia del suelo a degradarse y a sufrir inestabilidad.

La litología factor geológico corresponde a la forma interna y externa del suelo o roca sirviendo de gran parte la estabilización de grandes extensiones, su formación y naturaleza de los materiales que lo componen, alteraciones o cambios que ha ido desarrollando desde su origen,

ubicación hasta su estado actual, las misma que se han considerado como factor de que genera diversos eventos de movimientos de masa (Suarez Diaz, 1998).

**Estructura:** La presencia de fallas locales, plegamientos o fisuras favorecen el proceso de deslizamiento.

Las características geológicas de una zona, es decir su litología, estratigrafía de las rocas (orientación y ángulo de inclinación), discontinuidades estratigráficas y estructurales y el grado de alteración de los suelos y las rocas (alteración hidrotermal y/o meteorización), atendiendo a sus condiciones pueden representar un factor de inestabilidad permanente, dado que la forma de la superficie de falla está condicionada a las características geológicas de los materiales, presentándose fallas de tipo traslacional, planar, circular, y curvas no circulares. (Abril, 2011)

En algunos casos es necesario emplear combinaciones de las anteriores formas para definir de manera más precisa la superficie de falla esperada.

**Tabla 1.** Factores geológicos que intervienen en la generación de superficies de falla probables

<b>Condiciones Geológicas</b>	<b>Superficie de falla probable</b>
Suelos no cohesivos	
Suelos residuales o coluviales, sobre roca	Traslacional, con relación pequeña de
Suelos arcillosos firmes, con alta presencia de grietas, zonas lluviosas.	profundidad/longitud
Bloque deslizante	
Material rocoso fallado o altamente fisurado Suelos cohesivos duros, intactos, y sobre pendientes inclinadas	Superficie planar
Presencia de capas intercaladas de rocas sedimentarias, zonas lluviosas	

---

Suelos arcillosos duros fisurados

Suelos altamente estratificados

Rellenos de material de piedemonte, sobre materiales  
de origen coluvial

Capas gruesas de material residual o coluvial

Arcillas blandas de origen lacustre

Suelos cohesivos blandos

Superficie curva, generalmente  
circular

---

**Fuente:** Universidad de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Civil. Ingeniería Geotécnica, 1996

### **Geomorfología**

La geomorfología es el estudio de las formas del relieve enfocado a su origen y actual comportamiento, relacionado a la evolución del paisaje entre procesos constructivos y destructivos como un resultado de un balance dinámico. Hay que tener en cuenta los procesos pasados y actuales significarán mucho para predecir posteriormente fenómenos que van a ocurrir (Suarez Diaz, 1998).

Consiste en las formas superficiales de la tierra, donde se interpreta sus relieves, paisajes y la interrelación entre hombre, suelo y la vegetación. Existen factores geomorfológicos como las pendientes de las laderas, la topografía, la extensión y altura de la ladera, responsables de que se originen los fenómenos de remoción en masa, haciendo que la estabilidad o inestabilidad de suelo dependa de estos factores al igual que la velocidad, el volumen y la energía con que se origina los desplazamientos (GAIA Geología, 2014).

Los rasgos geomorfológicos que condicionan estos eventos de movimientos de masa principalmente topografía, pendientes de ladera, cambios fuertes de pendientes de las laderas, la expansión y alturas de laderas. Estas características inciden en la velocidad, energía y volumen de

los movimientos que pueden originarse. Así también cualquier modificación de ellos puede transformar una ladera estable a inestable. Por otro lado, influye la forma y superficie de las hoyas hidrográficas orientación de laderas y su consecuente exposición al sol (Lara & Sepúlveda, 2007).

La topografía y ángulos altos de pendientes de laderas es el primer elemento a considerar siendo propicios esencialmente para la generación de favorecida por la existencia de laderas de topografía abrupta que disminuye la estabilidad de los depósitos flujos, deslizamientos y derrumbes. La generación de flujos se ve favorecida por la existencia de laderas de topografía abrupta que disminuyen la estabilidad de los depósitos, donde el escurrimiento de las aguas superficiales que actúa como agente desestabilizador. Las pendientes tanto de laderas como de causes (ejes hidráulicos), otorgan una alta capacidad de transporte y energía a fluidos.

### **Geotecnia**

Es la rama de la Ingeniería Civil que enfoca su estudio en las propiedades mecánicas e hidráulicas de suelos y rocas, tanto en superficie como en el subsuelo, incluyendo la aplicación de los principios de la mecánica de suelos y mecánica de rocas en el diseño de los cimientos, estructuras de contención y las estructuras de tierra. (Das, 2013)

### **Uso del suelo y cobertura vegetal**

El uso del suelo y cobertura vegetal se refiere a la ocupación de una superficie determinada en función de su capacidad agrológica y por tanto de su potencial de desarrollo, se clasifica de acuerdo a su ubicación como urbano o rural, representa un elemento fundamental para el desarrollo de la ciudad y sus habitantes ya que es a partir de estos que se conforma su estructura urbana y por tanto se define su funcionalidad (Procuraduría Ambiental del Ordenamiento Territorial del D.F, 2003).

Este es un factor, principalmente relacionado a las actividades humanas en la estabilización de taludes que se han ido modificando con el pasar de los años y alterando su estabilidad con el único beneficio de satisfacer las necesidades cuyo efecto ha sido desestabilizador llevando a una activación de los deslizamientos, unas de las actividades que involucra a la humanidad es el corte de taludes las mismas que son utilizadas para la construcción de carreteras que es respectivamente para la comunicación entre comunidades, también realizan los cortes de taludes para la construcción de viviendas y obras de infraestructura dejando vulnerables, por la activación de los fenómenos presentes (Suarez Diaz, 1998).

La vegetación es un factor condicionante que ayuda a determinar la estabilidad de las laderas con respecto a su clima, topografía y propiedades del suelo la misma que ayuda disminuyendo el efecto erosivo en los suelos, las existencias de los árboles permiten la absorción del agua que contribuye a reducir el nivel de saturación del suelo al igual que sus raíces que tejen una malla interna lo cual soporta la estructura y evita la pérdida de componentes y nutrientes para la misma. Contribuye a determinar la susceptibilidad de laderas correspondientes a los bosques con suelos cubiertos de pasto sobre la estabilidad del suelo los cuales tienen un escurrimiento adecuado de evaporación teniendo una saturación y una compactación del suelo más profunda (Lara & Sepúlveda, 2007).

La extensa vegetación nativa en zonas susceptibles a deslizamientos puede presentar una resistencia a los deslizamientos, derrumbos, rupturas o fisuras. De esta manera si esa área es deforestada ya no cumplirían su función por lo tanto favorecería a la presencia de los deslizamientos.

La carencia de cobertura vegetal cambia drásticamente el ecosistema, la cobertura vegetal es una base de protección para reducir la amenaza, el hombre para habitar en dicha área realiza

determinados cortes de taludes, dejando al descubierto el suelo o roca a dispersión del ambiente facilitando el proceso de meteorización de sus materiales con el cual su composición es reducida y facilita la inestabilidad sin medir las consecuencias, por lo tanto con la mayor presencia de vegetación incrementa su mayor grado de estabilidad (Suarez Diaz, 1998).

### **Pendiente**

Las pendientes generan una visión del grado de equilibrio de la ladera, por su altura y amplitud. Este factor se relaciona con la gravedad y el tipo de suelo por el cual se compone la ladera, las fallas, pliegues o fracturas que pueden facilitar los procesos de inestabilidad que generan los movimientos en masa.

La pendiente se define en general como un ángulo de declive del terreno e inclinación con respecto al horizonte de una ladera o talud. Las pendientes mientras más pronunciadas se presentan son muy susceptible a la ocurrencia de deslizamientos, generalmente aumenta las fuerzas que tratan de desestabilizar las laderas conllevando a la gran capacidad de energía, caídos y transporte de fluidos de residuos (Suarez Diaz, 1998).

Se genera un deslizamiento en un talud si el ángulo supera los  $\geq 15^\circ$  serán susceptibles a generar deslizamientos en suelos de tipo traslacional, si supera un ángulo de  $\geq 10^\circ$  generará un deslizamiento rotacional, si sobresale un ángulo de  $\geq 15^\circ$  generará deslizamientos de roca masivos o en bloques y si supera el  $\geq 40^\circ$  pueden darse desprendimientos de suelos a partir de rocas poco resistentes y meteorizadas siendo de un material arcilloso (Lara & Sepúlveda, 2007).

### **Hidrología e Hidrogeología**

Dentro de los factores hidrológicos tenemos la red de drenaje, posesión y variedad del nivel freático, caudales, coeficientes de escorrentía, y coeficiente de infiltración, están directamente

relacionados a la incorporación del agua en los suelos o masivos rocosos (Lara & Sepúlveda, 2007).

Los flujos en su gran mayoría generan la saturación del material lo cual incrementa la presión de los poros y disminuye su resistencia efectiva. La identificación de zonas húmedas o saturadas es de gran importancia para establecer áreas críticas de la misma. La posición del nivel freático y sus variaciones es sustancial ya que encontrarse a poca profundidad mediante la incorporación de agua ya sea por las lluvias genera la saturación del material superficial. El agua factor hidrológico que está relacionada con la influencia de la inestabilidad de taludes, laderas encontrando los siguientes elementos; internas (aguas subterráneas), externas (aguas superficiales/precipitaciones), es una agente desestabilizador, la incorporación del agua en los suelos rocosos, conllevan a la desestabilización del suelo que genera los deslizamientos estos pueden ser pequeñas, medianas y de grandes magnitudes con diferente intensidad, generalmente eso suelen pasa en épocas de invierno por la filtración de aguas lluvias saturan el suelo y disminuyen la resistencia. La presencia de aguas subterráneas genera la inestabilidad drenajes inadecuados, posesión y nivel freático, caudales escorrentías (Suarez Diaz, 1998).

Para conocer las áreas relativamente húmedas o sobresaturadas es trascendental efectuar varios elementos, son de consideración importante la ubicación de niveles freáticos cuando se sitúan a poca profundidad, el incremento del agua ya sea por las precipitaciones provoca que la parte superior del suelo se fisure, los suelos arenosos son los más susceptibles a descomposiciones por efecto de los sismos (Pathak & Nilsen, 2004, págs. 25-32).

La orientación de las pendientes puede ser una medida indirecta de la influencia climática sobre las características hidrológicas del paisaje. Algunas características importantes asociadas con los deslizamientos están relacionadas con factores tales como la recarga de aguas subterráneas

resultante de los vientos dominantes. En otros casos, una pendiente puede experimentar un mayor número de ciclos hielo/deshielo o húmedo/seco, lo cual puede reducir la resistencia del suelo y hacer más susceptible a deslizamientos al área (USAID, 1993).

El comportamiento hidrogeológico de los materiales está asociado a sus características litológicas y estructurales y al grado de alteración y meteorización, aspectos en íntima relación con las condiciones climáticas de una zona determinada. En regiones lluviosas es frecuente la presencia de importantes espesores de materiales alterados y meteorizados sobre los sustratos rocosos, y de niveles freáticos elevados que influyen decisivamente en las condiciones de estabilidad (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002, pág. 631).

El agua juega un doble papel negativo en la resistencia de los materiales como por ejemplo: reduce la resistencia al corte por la generación de presiones intersticiales y por la reducción de los parámetros resistentes en determinados tipos de suelos y aumenta los esfuerzos de corte por el incremento del peso del terreno y por la generación de fuerzas desestabilizadoras en grietas y discontinuidades (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002, pág. 631).

#### **2.1.1.2. Factores desencadenantes**

Los factores desencadenantes, también conocidos como activadores de movimiento están relacionados con las condiciones particulares del momento en que se desarrolla el movimiento, se encuentran asociados con las condiciones del terreno derivados de lluvias torrenciales, sismos e inclusive por la actividad humana relacionada con obras civiles (Chicangana Montón, Pineda Herrera, & Sabogal Ríos, 2019).

#### **Precipitación**

La precipitación es el volumen de agua que desciende de la atmósfera lo cual cae sobre la superficie en un tiempo determinado, realizando un contacto directo con el material por ende existe

una serie de procesos afectando a la firmeza de la ladera, la infiltración de agua depende de la resistencia de los materiales suelo o rocas para generar la inestabilidad (Suarez Diaz, 1998).

Los procesos de precipitación se producen de manera intensa en los suelos y en fracturas de la superficie por lo cual incrementan el índice de saturación y la presión con que se manifiestan los fluidos sobre la escorrentía superficial. La intensidad y magnitud de las precipitaciones se relacionan con la duración del período pues si hay baja intensidad o magnitud de la precipitación durante un período largo provocará un deslizamiento desencadenando con mayor vulnerabilidad de la superficie ya que producen eventos profundos, mientras que las precipitaciones desarrolladas en período cortos ocasionan solo eventos superficiales (Lara & Sepúlveda, 2007).

### **Sismicidad**

Es un agente provocado por movimientos generados por la fricción de fallas geológicas o movimientos trepidatorios asociados a causas volcánicas que influye considerablemente a la generación de fenómenos de remoción en masa, pues su impacto provocado por la energía mecánica liberada, genera vibraciones en el terreno y logra un cambio temporal en la fuerza ejercida sobre las laderas y la inestabilidad de las mismas. Esto se puede desencadenar en distintos ambientes topográficos y geológicos. Los deslizamientos es uno de los principales fenómenos de remoción en masa generados por los sismos. Las consecuencias sísmicas se ven generadas dentro del cambio del relieve a consecuencia de las fuertes precipitaciones (lluvias) o vientos estos factores someten a la ladera o talud de forma natural o antrópica, el cual no resiste y se presenta el colapso (Lara & Sepúlveda, 2007).

El momento de un sismo es necesario determinar la distancia y la energía liberada (Suarez Diaz, 1998).

**Magnitud:** Es una medida cuantitativa que determina la energía liberada, tamaño del fenómeno en la ruptura de la falla brindando información o resultados de la zona, su escala de medición es Richter (Suarez Diaz, 1998).

**Intensidad:** Es la medida relativa de un punto específico, depende de la magnitud, profundidad, características del suelo, distancias del epicentro. En general el sismo de mayor magnitud incrementa la probabilidad de la desestabilización del talud (Suarez Diaz, 1998).

### **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 Potes & Duque Escobar, 2017).

### **Procesos Antrópicos**

Las actividades del ser humano influyen en los procesos de los deslizamientos son:

Las excavaciones o cortes que modifican la topografía original del terreno, excavaciones subterráneas (túneles), las cuales afectan la estructura y condiciones de esfuerzos del suelo encima de ellos, los rellenos o depósitos de materiales sobre el talud, disposición de residuos, etc. (Suarez Diaz, 1998)

La irrigación que facilita la infiltración y los cambios de humedad y presión de poros, las fugas de agua de las redes de servicios, el mantenimiento inadecuado de sistemas de drenaje y subdrenaje. La deforestación que produce cambios hidrológicos y afecta la resistencia del suelo, al eliminar el refuerzo de las raíces. Las vibraciones artificiales, tránsito de vehículos, vibraciones de maquinaria, detonaciones de explosivos, etc., las cuales generan fuerzas dinámicas y deterioro de la estructura de los materiales. La disminución repentina del nivel de agua como en el caso del desembalse de una presa (Suarez Diaz, 1998).

### 2.2.5. Impactos de un deslizamiento

Los impactos que generan los deslizamientos son significativos como son los daños físicos, pérdida de vidas humanas y de capital; de las cuales se detalla a continuación:

**Población:** Los deslizamientos generan un tremendo sufrimiento a las personas, ocasionando pérdidas humanas e daños materiales. La población es el sujeto en el que confluyen todos los efectos tangibles e intangibles de la ocurrencia de un deslizamiento. Su correcta apreciación es esencial para el análisis general del evento y para la estimación de los daños en diversos sectores sociales, como educación, salud y vivienda (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2014, pág. 47).

**Economía:** Los movimientos de masa afectan directamente a la economía local puesto que están confinados a un determinado espacio y afectan indirectamente al resto de la economía a través de los vínculos del sistema local con el sistema nacional. Cuanto más fuertes sean estos vínculos, mayor será el potencial de transmisión. Cuando el efecto del desastre se compara con algún indicador económico nacional, como por ejemplo el PIB, no se aprecia su verdadera dimensión en el ámbito de la economía regional, que en la práctica es la que puede recibir el mayor impacto (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2014, pág. 38).

#### **Bienes y servicios**

**Espacios públicos:** Estos son las zonas verdes, zonas de recreación, canchas deportivas, plazas y parques de uso público, cuyo daño se estima sobre la base de su extensión, medida en metros cuadrados, y del costo unitario de reparación o reposición para dejarlos en su estado previo al desastre. En el caso de los parques y plazas públicas debe contabilizarse, además, el costo de reposición o reparación de bancas, postes, lámparas de alumbrado público y todo tipo de

ornamentación, como jardineras y plantas, entre otros (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2014, pág. 118).

**Infraestructura vial:** Se entienden por daños a la infraestructura vial las afectaciones ocasionadas por un desprendimiento de masa sobre alguno de los elementos de las carreteras, que ocasionan restricciones totales o parciales del servicio. El impacto de los deslizamientos sobre la infraestructura vial no solo afecta a dicho sector, sino que golpea a las diferentes actividades de la economía nacional, como consecuencia de la suspensión o restricción del servicio. Para los usuarios, el cierre parcial o total de las vías implica mayores distancias y tiempos de viaje, así como un aumento en los costos de operación vehicular. Estos factores, sin duda alguna, redundan en mayores costos del transporte de carga y pasajeros (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2014, pág. 137).

**Servicio de agua potable:** El grado de impacto que tendría el servicio de agua potable cuando presenta un deslizamiento está en dependencia del nivel de vulnerabilidad de los sistemas y este, a su vez, depende básicamente de cuatro factores: ubicación, calidad del diseño ingenieril, calidad de la construcción (tecnología, equipos y materiales utilizados), y calidad de la operación y mantenimiento de las obras. A su vez la interrupción del servicio de agua potable es importante para controlar afluencia del agua en el sitio crítico del deslizamiento por los daños en las tuberías debido al desprendimiento del suelo, misma que son arregladas mediante parches o encamisados de plástico, la colocación de cañerías o conductos de desvío provisionales, así como el uso de válvulas y tuberías con la finalidad de restaurar el servicio (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2014, pág. 153).

**Alcantarillado:** Los deslizamientos provocan alteraciones en el funcionamiento del sistema de alcantarillado y saneamiento por tanto la disminución del nivel de higiene debido a la

falta de agua potable, la ausencia de alcantarillado supone una severa reducción de la calidad de vida y un elevado riesgo para la salud de la población, debido a la imposibilidad de usar el alcantarillado sanitario en las áreas que hayan quedado sin servicio de agua potable, al no haber agua corriente que arrastre los excrementos y las aguas servidas; y las roturas y atascamientos en la red de alcantarillado que probablemente harán aflorar las aguas servidas a la superficie de las calzadas, lo que aumenta el riesgo de enfermedades y epidemias por contaminación directa o por la acción de vectores (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2014, pág. 163).

**Servicio eléctrico y alumbrado público:** Las afectaciones por deslizamientos al servicio eléctrico y alumbrado público por la ubicación en zonas de alta susceptibilidad se traducirá en un impacto sobre el resto de la economía. Por la misma razón, la reposición del suministro eléctrico es un elemento importante del proceso de recuperación y reconstrucción (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2014, pág. 175).

**Ambiente:** Es la variación del medio ambiente inducida directa o indirectamente por una actividad en una zona determinada, es decir el impacto ambiental es la modificación del medio ambiente promovida por la acción del hombre o de la misma naturaleza (Roca & Benites, 2018).

**Hábitat y flora:** El impacto al hábitat en ecosistemas va a depender de la diversidad biológica. Evaluar o predecir los impactos que se pueden producir sobre las especies se mide por su rareza o si se encuentra en peligro de extinción como también su importancia para la comunidad, desde el punto de vista alimenticio, medicinal o económico entre otros. El hábitat se ve directamente afectado por la pérdida de la cobertura vegetal afectando a la flora y haciendo que las especies emigren hacia otros lugares (Roca & Benites, 2018).

**Fauna:** La fauna que es muy sensible siendo afectada en forma directa durante el deslizamiento de suelo ya que esto provoca la migración de animales hacia otros lugares por la

perturbación de su hábitat, como consecuencia se rompe la cadena trófica al retirarse algunas especies o al no existir la cobertura vegetal que es fuente de alimento para determinados grupos de especies (Roca & Benites, 2018).

**Suelo:** El suelo es afectado de manera directa en el lugar donde se ubica el deslizamiento, ocasionando riesgos de deslizamientos por las operaciones de corte y relleno para nivelar el terreno, con el desbroce de la vegetación se pierde la cobertura vegetal dejando al descubierto el suelo. El peligro de deslizamiento se ve influido por el tipo de suelo y del drenaje superficial aumentando el riesgo en áreas de fuertes pendientes (Roca & Benites, 2018).

#### **2.2.6. Evaluación de la amenaza de deslizamiento**

Evaluar las amenazas de deslizamiento es una manera útil de detectar un posible riesgo de deslizamiento además es necesario para tomar decisiones durante las primeras etapas de planificación de un proyecto.

El mapeo directo e indirecto también es una evaluación de tipo ejercicio, la cual está encaminada a determinar por zonas la amenaza de deslizamiento; se basa en analizar la información de la ocurrencia de deslizamientos en el pasado cuya constancia se halle en inventarios conjuntamente con los factores que contribuyeron a su ocurrencia.

Mediante el uso de las herramientas necesarias y la información disponible sobre el área de análisis, es posible elaborar las zonas de distribución acorde a su susceptibilidad, partiendo de la información adquirida sobre las características del terreno, donde se valorará la información a fin de definir pesos de ponderación por cada indicador morfo dinámico y su distribución espacio temporal (Escobar Potes, y otros, 2017).

### **Método de evaluación de Mora Varshon**

El método de evaluación a aplicar al presente proyecto es el de Mora Vahrson, elaborado en Costa Rica en 1993 por Sergio Mora y Wilhelm-Guenther Vahrson el cual consiste en realizar un análisis a priori de las áreas extensas que se hallen bajo amenaza de deslizamiento mediante la utilización de indicadores morfo-dinámicos definidos por índices de influencia para cada área y que pueden ser trabajados en un sistema de información geográfico para obtener un mapa de índices, niveles y zonas de deslizamientos (Mora & Vahrson, 1993).

Las zonas críticas podrán ser determinadas y posteriormente analizadas a través de la aplicación del método de Mora Vahrson. La mayor ventaja de esta metodología es el aporte que brinda respecto a la toma de decisiones en los procesos de planificación de uso del terreno y para evaluaciones de amenazas por deslizamientos, aunque es necesario mencionar que el método no sustituye a los estudios geotécnicos de campo y laboratorio que no es capaz de determinar el tipo de deslizamiento que puede presentarse (Mora & Vahrson, 1993).

El método incluye el análisis de cinco factores relacionados con la geología, geomorfología, geotecnia, pendiente, uso del suelo y cobertura vegetal llamados factores pasivos, y adicionalmente se estudiará dos factores activos que son la sismicidad y precipitación para que, en conjunto se pueda encontrar el grado de amenaza de deslizamiento en las zonas de estudio (Mora & Vahrson, 1993).

Al combinar los factores pasivos se debe considerar que los fenómenos de remoción en masa se desencadenan cuando la ladera tiene un grado de susceptibilidad ocasionada por la relación entre el factor morfométrico, la geología y cobertura vegetal; por ello, cuando los factores activos o detonantes actúan, ocurren los deslizamientos; a consecuencia es necesario considerar que el nivel de amenaza es producto de la susceptibilidad y la acción de los factores detonantes.

**Tabla 2.** Calificativo de susceptibilidad a deslizamientos

<b>Clasificación</b>	<b>Potencial de deslizamiento</b>	<b>Características</b>
I	Muy Baja	<p>Sectores estables, no se requieren medidas correctivas, se debe considerar a los sectores aledaños más vulnerables con un alto índice de susceptibilidad.</p> <p>Sectores aptos para usos de alta densidad para una mejor ubicación de infraestructuras como centros educativos, policía, hospitales, bomberos.</p>
II	Baja	<p>Sectores estables que requieren medidas correctivas, en caso de obras de infraestructura. Se debe considerar a los sectores aledaños más vulnerables con un alto índice de susceptibilidad.</p> <p>Sectores aptos para usos urbanos de alta densidad y ubicación de edificios indispensables, los sectores con rellenos mal compactados son de especial cuidado.</p> <p>No se debe permitir la construcción de infraestructura si no se realizan estudios geocéntricos y se mejora la condición</p>
III	Moderado	<p>del sitio, las mejoras pueden incluir; movimientos de tierra, estructuras de retención, manejo de aguas superficiales y subterráneas, bioestabilización de terrenos.</p>

---

		Los sectores con rellenos mal compactados son de especial cuidado, recomendable para usos urbanos de baja densidad.
IV	Alta	Probabilidad de deslizamiento alta (<50%) en caso de sismos de magnitud importante y lluvias de intensidad alta, para su utilización se deben realizar estudios de estabilidad a detalle y la implementación de medidas correctivas que aseguren la estabilidad del sector.
V	Muy Alta	Probabilidad de deslizamiento muy alta (>50%) en caso de sismos de magnitud importante y lluvias de intensidad alta, se prohíbe el uso para fines urbanos y se recomienda usuarios como área de protección.

---

**Fuente:** (Mora & Vahrson, 1993)

Dicha metodología ayuda a determinar zonas influyentes determinando sus características de división por áreas asignando pesos según los indicadores para el análisis mediante utilización del SIG.

### **Factores Morfométricos (Agentes Pasivos)**

Son la composición de agentes geomorfológicos, tales como:

#### **Pendiente**

**Tabla 3.** Clasificación de pendiente

---

<b>Clase</b>	<b>Rango</b>	<b>Valor</b>	<b>Descripción</b>
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 & Vahrson, 1993)

### Litología

**Tabla 4.** Clasificación geológica

Denominación Geológica	Símbolo	Descripción del depósito superficial y rocoso
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 Canguagua	Qc	Toba volcánica, Andesíticas, consolidada del color café claro.
Formación Borbon	Pliobh	Areniscas de grano grueso en bancos compactos con mega fósiles.
Volcánicos Sicalpa	Pls	Tobas de grano fino con presencia de clastos y aglomerados.
Grupo Saraguro	Eoc-Mios	Volcánicas sub-aéreas, calco-alcalinas, intermedias a ácidas. Predominan composiciones andesíticas adecíticas.

Formación	Pal-	Lutitas y limolitas en capas finas a medias con afreniscas de
Apagua	EocAp	grado grueso feldespáticas, contienen algo de moscovita.
Unidad	PalEocM	Areniscas volcánicas de grado grueso, brechas, tobas, limolitas
Macuchi		volcánicas, micro-gabros, Diabasas, Basaltos.
Formación	KPcy	Limolitas masivas Lutitas físisles.
Yunguilla		
Rocas	Gd	Granitos, granodioritas
Graníticas		
Depósitos	Qa	Arcillas, limos y arenas de grado fino a medio.
Aluviales		
Depósitos	Qc	Grabas o bloques.
Coluviales		
Depósitos	Qca	Limos, arenas de grano fino a grueso.
Coluvio		
Aluviales		

**Fuente:** (Mora & Vahrson, 1993)

**Tabla 5.** Clasificación litológica

	<b>Litología</b>	<b>Peso</b>
	Abanico Aluvial	5
	Andesita Anfibólica, Riodasita	1
	Andesita, Brecha, Aglomerado	3
	Andesita, Piroxenica, Piroclastos	3
	Andesitas, Piroxenicas, Basalto	1

Andesitas, Piroxenicitas, 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 & Vahrson, 1993)

### **Geomorfología**

**Tabla 6.** Clasificación geomorfológica

<b>Descripción</b>	<b>Peso-mm</b>
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
Glacís	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
Superficie de aplanamiento	3

**Fuente:** (Mora & Vahrson, 1993)

### **Cobertura vegetal y usos de suelos**

**Tabla 7.** Descripción de la cobertura vegetal y usos de suelos

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>
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 herbácea, cultivos semipermanentes, Agropecuario mixto	<p>Vegetación arbustiva: Áreas con un componente sustancial de especies leñosas nativas cuya estructura no cumple con la definición de bosque.</p> <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.</p> <p>Agropecuaria mixto: comprende las tierras usadas para diferente clase de cultivos donde su uso está caracterizado por variedad de productos.</p>
Sin cobertura, Zonas Erosionadas, Procesos de erosión	<p>Áreas con poca o ninguna cobertura vegetal. Incluye playas, desiertos, gravas, salina industrial, salina natural, afloramientos rocosos y áreas erosionadas por procesos naturales o de origen antrópico.</p>
Infraestructura	<p>Establecimiento de un grupo de personas en un área determinada, incluyendo la estructura civil que lo complementa.</p>

**Fuente:** (Mora & Vahrson, 1993)

**Tabla 8.** Valoración de acuerdo a la cobertura vegetal

Clase	Peso
-------	------

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

**Fuente:** (Mora & Vahrson, 1993)

### Factores Activos

#### Precipitación

**Tabla 9.** Valoración de la precipitación

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

**Fuente:** (Mora & Vahrson, 1993)

### Sismicidad

**Tabla 10.** Calificación del factor sismicidad

Intensidad Mercalli modificada	Calificativo	Magnitud Richter
III	Leve	
IV	Muy Bajo	3.5
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 & Vahrson, 1993)

**Tabla 11.** Categorización del grado de sismicidad

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

**Fuente:** (Mora & Vahrson, 1993)

### 2.2.7. Medidas de prevención y mitigación ante los deslizamientos

#### Medidas preventivas

Las medidas preventivas son destinadas a evitar y brindar protección permanente contra los desastres, prevenir su ocurrencia para evitar que provoquen desastres, causen daños, destrucción y víctimas a través de la una adecuada realización de trabajo educativo en prevención a todos los actores involucrados (Pérez de Armiño, 2006).

Las medidas de preparación son consideradas medidas preventivas, tales como: el establecimiento de sistemas de alerta temprana para la predicción e información del desarrollo de

una amenaza, el fortalecimiento de las capacidades institucional y poblacional para responder de manera efectiva y rápida a los desastres y recibir información sobre situaciones de emergencia, apoyo a la legislación que structure y asigne las funciones de cada sector y cuente con la infraestructura, materiales, equipos y personal técnico necesarios; elabore un mapa de amenaza y vulnerabilidad, identificando los sectores y zonas de mayor riesgo, elabore un diseño de plan de contingencia, detallando las medidas a tomar en caso de sucesos peligrosos, capacitar al personal calificado necesario para una respuesta efectiva, así como a la propia población en las prácticas adecuadas de evacuación que deben seguirse (Pérez de Armiño, 2006).

### **Medidas de mitigación**

Las medidas de mitigación se refieren a la realización de medidas de intervención especialmente orientadas a disminuir o reducir el riesgo presente; esto supone que en muchos casos no es factible controlar los riesgos, por lo que se trata de reducirlos a niveles aceptables sus impactos (Robles Romero, 2018).

El objetivo de las medidas de mitigación o reducción son disminuir a que se presente un acontecimiento peligroso, reducir su nivel de amenaza o disminuir la exposición de los elementos ante la amenaza existente, reducir sus efectos sobre los habitantes, la infraestructura, los bienes y servicios, reduciendo la vulnerabilidad que la demuestran (Lavell, 2003).

A partir de aquello, se deriva o existente dos medidas específicas que contribuyen a la reducción de los impactos negativos: las medidas estructurales que indica la construcción de obras de infraestructura para la protección actuantes sobre la amenaza latente y las medidas de mitigación no estructurales, que incluyen políticas, procesos legislativos y de manera importante la gobernanza. (García & Restrepo, 2018).

Para reducir el riesgo de deslizamientos, este tipo de medidas se implementan a través de acciones humanas o mediante mecanismos de subducción que ayudan a evitar o reducir los posibles impactos negativos que pueden ocurrir en cualquier área o situación que sea vulnerable a daños, reduciendo así el riesgo. La estrategia es apropiado y eficiente en ciertas áreas de estudio, tanto para el uso del suelo como para la construcción que pueda aparecer en futuros proyectos con el fin de ayudar al desarrollo local, la economía y el crecimiento urbano.

### **2.2.8. Instrumentos de planificación territorial**

#### **Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT)**

El PDOT es un instrumento técnico y normativo para la planificación territorial de los gobiernos autónomos descentralizados (GAD), que busca orientar las intervenciones de las instituciones públicas y privadas para generar el desarrollo local. En esencia, un PDOT es una propuesta para ordenar la gestión de un territorio, en armonía con los actores involucrados, las decisiones estratégicas de desarrollo y de acuerdo a las vocaciones del territorio. Al mismo tiempo, es una herramienta política, pues refleja la visión de desarrollo deseado, estrategias, programas y proyectos que permiten alcanzar el plan de trabajo de la mandante elegido (Secretaría Técnica Planifica Ecuador, 2019, pág. 3).

Es un proceso que permite organizar las actividades y recursos en el territorio de acuerdo a las estrategias de desarrollo socioeconómico, en armonía con las particularidades geográficas y culturales. El ordenamiento territorial es obligatorio para todos los niveles de gobierno (Secretaría Técnica Planifica Ecuador, 2019).

La elaboración y actualización del PDOT debe propiciar un proceso completo, armónico y equilibrado dentro del sistema territorial, de manera que los esfuerzos entre niveles de gobierno se

complementen y fortalezcan de manera integrada hacia el desarrollo sostenible del territorio (LOOTUGS, 2019)

Los GADs municipales o metropolitanos a través de la herramienta PDOT toman las decisiones de ordenamiento territorial, de uso y ocupación de suelo de este nivel racionalizan las intervenciones en el territorio de los otros niveles de gobierno además incorporan la gestión del riesgo, fomentan la calidad ambiental, la seguridad, la cohesión social, la accesibilidad del medio urbano y rural, establecen garantías para la movilidad y acceso a servicios básicos. (Secretaría Técnica Planifica Ecuador, 2019)

### **Plan de Uso y Gestión de Suelo (PUGS)**

Es un instrumento normativo y regulatorio de planificación y gestión paralelo al Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT), que permite a los GADs municipales y metropolitano regular y gestionar el uso, la ocupación y transformación del suelo conforme tienen visión de desarrollo y el modelo territorial deseado del cantón como objetivos establecer los modelos de gestión del suelo y financiación para el desarrollo (Asociación de Municipalidades del Ecuador - AME, 2019).

La elaboración de este instrumento es responsabilidad de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales que son el nivel de gobierno que tiene competencia exclusiva de regular y controlar el uso eficiente la ocupación de suelo urbano y rural del cantón con la ayuda y conformación de mancomunidades o consorcios con sus circunvecinos para este fin donde se dará el cumplimiento de todos los actores que inciden el territorio ya sea estos públicos, privados o mixtos, además los GADs provinciales y parroquiales deben acogerse obligatoriamente en tomar en consideración lo dispuesto en el PUGS para determinar o ejecutar acciones en el territorio de acuerdo a sus competencias (Asociación de Municipalidades del Ecuador - AME, 2019, pág. 17).

El PUGS permite establecer las decisiones en el territorio considerando lo siguiente: los riesgos y la prevención de desastres, la conservación y protección de zonas naturales, preservación del patrimonio arquitectónico, cultural y natural, el uso equitativo y racional del suelo, de acuerdo con parámetros adecuados de densificación y edificabilidad, y las condiciones socio económicas de la población (ONU-Habitat Colombia y Ecuador, 2018).

La implementación del PUGS conlleva a materializar el derecho a la ciudad, su el uso y disfrute de los espacios públicos, crear oportunidades para el acceso a una vivienda adecuada y digna, promover la mezcla social generar las condiciones para el acceso a un hábitat digno y saludable, hacer cumplir la función social y ambiental de la propiedad, y disminuir el cierre de brechas económicas y sociales entre áreas urbanas y rurales (ONU-Habitat Colombia y Ecuador, 2018, pág. 17)

### **2.3. Marco legal**

Este proyecto de investigación se sustenta en:

#### **Constitución de la República del Ecuador - 2008**

La constitución del 2008 garantiza la gestión transversal y todo nivel de la gestión de riesgos de desastres con el objetivo de minimizar la vulnerabilidad mediante la prevención y mitigación de los eventos peligrosos en este sentido se hace 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 objetivo de minimizar las condiciones de vulnerabilidad (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

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:

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

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

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

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

5.- 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.

6.- 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.

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

### **Código Orgánico Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) - 2010**

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).

### **Norma Ecuatoriana de la Construcción - NEC (2015)**

La Norma Ecuatoriana de la Construcción – NEC (2015) tiene como antecedente el Código Ecuatoriano de la construcción- CEC del año 2002 elaborado por el Ministerio de Vivienda con el propósito de establecer normativas y orientaciones para el diseño de construcciones sismo resistente.

La Norma Ecuatoriana de la Construcción – NEC se procedió a elaborar en el año 2011 mediante un Comité Ejecutivo de la NEC liderado por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda – MIDUVI y contó con la participación de académicos y técnicos de instituciones de educación superior, Ministerios y la Cámara de la Construcción, entre otras. Fue oficializada el contenido de la norma NEC a través del MIDUVI mediante Acuerdo Ministerial No. 0028 de 19 de agosto de 2014 publicado en el Registro Oficial No. 319 de 26 de agosto de 2014. Se realizó la actualización de la norma NEC mediante Acuerdo Ministerial número 0047 del 10 de enero de 2015 publicado en el Registro Oficial No 413, la misma que actualmente está en vigencia (Norma Ecuatoriana de la Construcción- NEC, 2015). La NEC tiene por objeto “mejorar la calidad y la seguridad de las edificaciones, persiguiendo a su vez, proteger al ciudadano y fomentar un desarrollo urbano sostenible” (Norma Ecuatoriana de la Construcción- NEC, 2015).

## **2.4. Hipótesis**

Los factores de riesgos (condicionantes y desencadenantes) influyen en el nivel de amenaza de deslizamiento en el barrio Tambán.

### **2.4.1. Sistema de variables**

**Variable Independiente:** factores de riesgos (condicionantes y desencadenantes)

**Variable Dependiente:** nivel de amenaza

## 2.4.2. Matriz de operacionalización de variables

**Variable Independiente:** factores de riesgos (condicionantes y desencadenantes)

**Tabla 12.** Operación de variable en estudio

Variable Independiente	Definición	Dimensión	Indicador	Escala	Técnica o instrumento
Factores de riesgos	Son mecanismos que contribuyen a la inestabilidad de una ladera generando los deslizamientos, está siempre conectado con la naturaleza.	Factores condicionantes	Geología	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arenas</li> <li>• Limos</li> <li>• Arcillas</li> <li>• Conglomerados</li> <li>• Mezclas heterogéneas de material</li> <li>• Lavas</li> <li>• Volcánicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visita de campo</li> <li>• Fotointerpretación</li> <li>• Sistemas de Información Geográfica (SIG)</li> <li>• Fotografías</li> <li>• Ortofotos</li> </ul>
			Geomorfología	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Barranco</li> <li>• Coluvio antiguo</li> <li>• Relieve colinado</li> <li>• Relieve montañoso</li> <li>• Relieve volcánico</li> <li>• Cono de deyección</li> <li>• Volcánica ondulado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Google Earth</li> <li>• Modelo Digital de Elevación del Terreno (DMT)</li> <li>• Fotografías</li> <li>• Informes técnicos</li> </ul>

				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terraza media</li> <li>• Valle fluvial</li> <li>• Vertiente abrupta</li> <li>• Vertiente heterogenia</li> <li>• Vertiente rectilínea</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan de Uso y Gestión de Suelos (PUGS)</li> </ul>
		Geotecnia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arcilla</li> <li>• Franco</li> <li>• Franco arcilloso</li> <li>• Franco arenoso</li> <li>• Franco limoso</li> <li>• Franco inorgánico</li> </ul>		
		Pendiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 a 5% muy suave</li> <li>• 5 a 12% suave</li> <li>• 12 a 25% media</li> <li>• 25 a 40% media a fuerte</li> <li>• 40 a 70% fuerte</li> <li>• &gt; 70% muy fuerte</li> </ul>		
		Uso del suelo y cobertura vegetal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Área poblada</li> <li>• Agropecuaria intensiva</li> <li>• Cultivos de corto plazo</li> <li>• Cuerpos de agua</li> </ul>		

				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erial</li> <li>• Vegetación arbustiva</li> <li>• Vegetación herbácea</li> <li>• Pastizales</li> </ul>	
		Factores desencadenantes	Precipitación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 700-1000</li> <li>• 1001-1300</li> <li>• 1301-1600</li> <li>• 1601-1900</li> <li>• 1901-2200</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estación Meteorológica de Instituto Técnico de Tres de Marzo</li> <li>• Anuarios meteorológicos</li> <li>• Mapa de Zonificación Sísmica</li> </ul>
			Sismicidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0.15g Zona I</li> <li>• 0.25g Zona II</li> <li>• 0.30g Zona II</li> <li>• 0.35g Zona IV</li> <li>• 0.40g Zona V</li> <li>• 0.50 g Zona VI</li> </ul>	

Elaborado por: Andrés Bayas & David Bayas, 2021

**Variable Dependiente:** nivel de amenaza

Variable Dependiente	Definición	Dimensión	Indicador	Escala	Técnica o instrumento
Nivel de amenaza	El nivel de amenaza está relacionado con el peligro que significa la posible ocurrencia de un fenómeno natural o antrópico que puede manifestarse en un sitio. Técnicamente, se expresa como la probabilidad de exceder un nivel de ocurrencia de un evento con un nivel de severidad, en un sitio específico y durante un período de tiempo.	Rango de nivel de amenaza	• Bajo	• 1-25 puntos	• ArcGIS
			• Medio	• 25-50 puntos	
			• Alto	• 50-75 puntos	
			• Muy Alto	• 75-100 puntos	

**Elaborado por:** Andrés Bayas & David Bayas, 2021

## CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

### 3.1. Nivel de la investigación

El proyecto de investigación de factores de riesgo que inciden en los deslizamientos en el Barrio Tambán, cantón Chimbo, posee un nivel de investigación descriptiva y correlacional.

Descriptiva: Puesto que describe cada uno de los factores de riesgo que induce al acontecimiento de eventos de movimiento de masa, tanto condicionantes (geología, geomorfología, geotecnia, pendiente y uso del suelo/cobertura vegetal) como desencadenantes (precipitación y sismicidad), determinando zonas proclives a deslizamientos en el barrio.

Correlacional: Ya que los factores de riesgo (condicionantes y desencadenantes) ponderados se correlaciona para determinar los niveles y de las zonas de amenaza de deslizamientos presentes en el Barrio Tambán.

Con el fin de alcanzar resultados de los objetivos específicos del presente proyecto investigativo se describe la metodología utilizada para cada objetivo:

Objetivo 1: Se utilizó el método descriptivo para detallar los factores de riesgos tanto condicionantes (geología, geomorfología, geotecnia, cobertura vegetal y uso de suelo, y pendiente) como detonantes (precipitación y sismicidad) apoyado en la metodología de Mora Vahrson y Secretaría de Gestión de Riesgos 2013 modificadas, al alcance y necesidad del proyecto investigativo.

Objetivo 2: Se utilizó la metodología de Mora Vahrson para ponderar los factores de riesgos (condicionantes y desencadenantes) misma son correlacionadas por medio de la herramienta calculadora ráster en el software ArcGIS obteniendo mapas con niveles y zonas de amenaza a deslizamiento del área de estudio.

Objetivo 3: Se utilizó el método descriptivo para determinar las estrategias de prevención y mitigación ante la amenaza de deslizamientos para la zona de estudio.

### 3.2. Diseño de la investigación

El diseño del siguiente proyecto investigativo es no experimental porque no se manipula ninguna de las variables por el investigador, y a pesar de ello, se relaciona con las siguientes investigaciones:

**Exploratorio:** Se basa en analizar, caracterizar el problema y contrastarlo con la información bibliográfica a fin de conocer la situación actual de la zona de estudio.

**De campo:** Movilización en el área de estudio con el afán visualizar y comprobar su geomorfología, uso del suelo/cobertura vegetal, y pendiente, comprobando la información que se obtuvo en las cartografías oficiales.

**Bibliográfico:** Se basó en la búsqueda y recopilación de información secundaria de estudios realizados en medidas de prevención y mitigación de riesgos a movimiento de masa, basados en fortalecer las capacidades de respuesta local y el trabajo anticipado. Adoptando medidas más adecuadas para la reducción de riesgo a deslizamiento, a través de la revisión de información de libros, artículos científicos, trabajos de titulación, informes técnicos, guías, metodologías, reportes, etc., misma que no sobrepasen los 10 años de antigüedad al presente de la fecha de publicación.

### 3.3. Población y muestra

Para la ejecución del presente proyecto de investigación, la muestra representa el barrio Tambán localizada en el área urbana del cantón Chimbo y corresponde a un área de 176290.16 m<sup>2</sup> de la zona de estudio, considerado que para realizar el análisis de los factores condicionantes y

factores desencadenantes en la formación del deslizamiento se utilizó información secundaria por lo que no se aplicó el cálculo de la muestra.

### **3.4. Técnicas e instrumentación de datos**

#### **3.4.1. Técnicas**

Las técnicas implementadas para la recolección de información para el presente proyecto de investigación se basaron en solicitar al GAD Municipal de Chimbo y Secretaría Nacional de Gestión de Riesgo y Emergencias informes técnicos levantados como antecedentes de deslizamientos ocurridos en las áreas del barrio, en los últimos años.

También la información disponible de cartografía oficial de las entidades gubernamentales como son: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología - INAMHI, Sistema de Información Público Agropecuario del Ecuador, Instituto Geográfico Militar - IGM, y Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Chimbo.

#### **Observación directa**

Para el análisis de los factores de riesgo que inciden en los deslizamientos del barrio Tambán se empleó la técnica de la observación directa, lo cual favoreció visualizar la situación actual real de la zona en estudio y así entender la influencia de las causas asociadas en ocurrencia continua de los deslizamientos que afectan la tranquilidad de los pobladores y el desarrollo normal del barrio Tambán.

#### **3.4.2. Instrumentos**

- Apuntes
- Cámara fotográfica
- ArcGIS 10.4
- Google Earth

- GPS
- Ortofoto del GAD Municipal de Chimbo, 2019, escala 1:5000.

### **3.5. Técnicas de procesamiento de datos**

Para el procesamiento de datos, se utilizó la herramienta de Sistemas de Información Geográficas - SIG, mediante el software ArcGIS 10.4 que permitió organizar, analizar y distribuir información espacial de cada uno de los elementos de los factores de riesgo obtenidos del GAD Municipal de Chimbo, Sistema de Información Público Agropecuario del Ecuador, INAMHI e IGM. Misma que es examinada y procesada para la obtención de mapa de amenaza a deslizamientos; representado en niveles y zonas susceptibles a movimiento de masa del barrio, así contribuyendo a la planificación sostenible y la toma de dediciones.

La información cartográfica obtenida de diferentes medios de los factores de riesgo en formato vectorial se convirtió a ráster con la ponderación respectiva y la utilización de la herramienta de calculadora ráster en el software ArcGIS, misma que sirve para realizar la combinación de los datos de evaluación de los factores de riesgos, basados en la metodología de Mora Vahrson, así, obteniendo los niveles y zonas de amenaza a deslizamiento del área intervenida.

La redacción del documento se hizo a través de la aplicación Microsoft Office Word. Junto con la utilización de Microsoft Office Excel para la ponderación y cálculos de las áreas correspondientes de cada uno de los factores de riesgos, para evaluar las características del lugar y obteniendo resultados que indiquen las áreas en metros cuadrados de los niveles y zonas propensas a riesgo de deslizamientos.

Para mejor comprensión de las metodologías con las cuales se pretender alcanzar cada uno de los objetivos específicos se detalla a continuación:

**Objetivo 1:** El desarrollo del objetivo se basó en la revisión de metodologías referentes a proyecto de movimientos en masa, para realizar un ajuste de valores en la ponderación y modelamiento de la amenaza de deslizamientos.

La metodología de Mora Vahrson, describe el análisis de los factores condicionantes (geología, geomorfología, geotecnia, pendiente y uso del suelo) y detonantes (precipitación y sismicidad), los cuales permiten determinar zonas de susceptibilidad a la amenaza de deslizamiento en el área de estudio.

La metodología de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias es una herramienta para identificar y caracterizar a amenaza a deslizamiento, la cual establece valores a los indicadores y el peso de ponderación de cada uno de los factores condicionantes y detonantes para determinar el índice, el nivel y las zonas de la amenaza.

Se determina los factores condicionantes y detonantes que tiene una incidencia directa en el proceso de deslizamientos para la zona en estudio. A continuación, se detalla brevemente cada uno ellos:

### **Factores condicionantes**

**Factor Geológico:** Se identificó las características geológicas mediante la información vectorial obtenida, para determinar las formas y composición del relieve en cuanto a su sustrato rocoso/tipo de roca y a los depósitos superficiales, considerado un factor determinante para el origen de un deslizamiento. Para lo cual se utilizó el mapa nacional de geología del Instituto Geográfico Nacional a una escala 1:25000.

**Factor Geomorfológico:** Se determina las formas del terreno que inciden en la susceptibilidad en la zona de estudio, caracterizando unidades geomorfológicas como son:

relieves, coluvios, barrancos, entre otros; mediante la revisión de información cartográfica del Instituto Geográfico Militar a una escala 1:25000.

**Factor Geotécnico:** Se identifica la calidad y tipo de suelo en el estrato superior que influye en la generación de estabilidad o inestabilidad del terreno mediante cartografía geotécnica junto a la revisión de informes técnicos realizados por SNGRE y GAD Municipal de Chimbo, junto con la utilización del mapa nacional de geotecnia a una escala 1:25000 del Instituto Geográfico Militar.

**Factor uso del suelo y cobertura vegetal:** En este factor, se hizo mediante una observación directa, a través de la salida a campo para visualizar las condiciones actuales de uso del suelo del territorio que presenta el barrio Tambán, contrastar con la información cartográfica del Plan de Uso y Gestión del Suelo (PUGS) del cantón Chimbo a una escala 1:5000, y también verificando con imágenes de la ortofoto y satelitales, para lo cual se modificó la información vectorial para limitar las zonas de diferentes usos y la cobertura vegetal actual que influye en el comportamiento del terreno frente a los deslizamientos.

**Factor pendiente:** Mediante el uso de la aplicación Google Earth se procedió a obtener puntos de elevación en formato KML para luego proceder con la utilización de ArcGIS mediante las herramientas de ArcToolbox generó los puntos de elevación en formato vectorial (SHP), la cual a través de la herramienta de interpolación de puntos (IDW) se obtuvo las curvas de nivel de 2 metros de distancia.

A partir de esta información junto con los shapefiles de limitación del barrio y río se procede a generar el Modelo Digital de Elevación del Terreno (DTM), donde se obtuvo las clases de pendiente en porcentajes de inclinación del terreno a una escala 1:5000, lo cual permitió complementar la caracterización topográfica y de relieve del lugar de estudio con el propósito de

identificar sectores críticos, especialmente en zonas de fuertes o altas pendientes que presentan mayor inestabilidad.

### **Factores detonantes**

**Factor precipitación:** Para este factor se basó en la información meteorológica otorgado por Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología - INAMHI, de los registros de la estación meteorológica del Instituto Técnico Tres de Marzo, se hizo un análisis estadístico de todos los registros pluviométricos desde el año 1996 hasta 2015 donde se obtuvo valores pluviométricos máximos, media y mínimos de cada mes del año. Para el siguiente proyecto se trabajó con valores pluviométricos altos o máximos con la intención de medir en el peor escenario posible de las precipitaciones que se presentan en el barrio, la información fue introducida al vector de zonas de precipitación para su respectiva representación gráfica a una escala 1:5000.

**Factor sismicidad:** En este factor se tomó la cartografía oficial de las zonas sísmicas del Ecuador a una escala 1000000 de la Norma Ecuatoriana de Construcción – NEC de 2015, la cual fue procesada mediante software ArcGIS para determinar la aceleración del suelo y la característica de la zona sísmica asentado el área de estudio. También se consideró presencia de la falla geológica que atraviesa el sector y la información histórica sísmica local que registra el peor evento sísmico de afectación al territorio en estudio.

Para cada factor de riesgo, se trabajó en el software ArcGIS 10.4 mediante la introducción de insumos vectoriales e identificando las características de los factores condicionantes y desencadenantes del lugar de estudio para obtener los niveles y zonas de amenaza de deslizamientos.

**Objetivo 2:** Las características de los factores de riesgo (condicionantes y detonantes) detallados en el objetivo 1, que intervienen claramente en la amenaza de deslizamiento ocurrido

en el área de estudio, para correlacionar se valió de las fórmulas de la metodología de Mora - Vahrson determinando el nivel y las zonas con mayor susceptibilidad a deslizamientos.

### **Fórmulas de la Metodología de Mora - Vahrson**

$$\mathbf{H= EP*D}$$

Donde:

**H:** Grado de Susceptibilidad

**EP:** Producto de la suma de los factores condicionantes

**D:** Valor de la suma de los factores detonantes

$$\mathbf{EP= S_l+S_g+S_p+S_{gt}+S_v}$$

Donde:

**S<sub>l</sub>:** Valor del parámetro de geología/litología

**S<sub>g</sub>:** Valor del parámetro de la geomorfología

**S<sub>p</sub>:** Valor del parámetro de pendiente

**S<sub>gt</sub>:** Valor del parámetro de la geotecnia

**S<sub>v</sub>:** Valor del uso de suelo y cobertura vegetal

$$\mathbf{D= D_s+D_p}$$

Donde:

**D<sub>s</sub>:** Valor del parámetro de sismicidad

**D<sub>l</sub>:** Valor del parámetro de la precipitación

Ecuación final aplicada en el presente trabajo de investigación:

$$\mathbf{A_{des}= (S_l+S_g+S_p+S_v+S_u) * (D_s+D_p)}$$

Donde:

**A<sub>des</sub>:** Índice de amenaza de deslizamiento

Para el desarrollo y cumplimiento del objetivo 2, mediante la aplicación de la metodología Mora Vahrson con adaptación a la metodología de la Secretaría de Gestión de Riesgos se asigna valores de ponderación a cada uno de los factores condicionantes (geología, geomorfología, geotecnia, uso del suelo/cobertura vegetal, y pendiente) y detonantes (precipitación y sismicidad) con base en estudios similares y criterio de expertos.

El proceso de ponderación para la amenaza de deslizamiento aplicada en el proyecto de investigación realizada en el barrio Tambán se visualiza en la tabla 13, misma que consta de los factores condicionantes (geología, geomorfología, geotecnia, uso del suelo/cobertura vegetal y pendiente) y los factores detonantes (precipitación y sismicidad), valores de los indicadores, peso de ponderación y los valores máximos.

La ponderación asignada a cada factor de riesgo establece el punto de partida para la utilización de software ArcGIS mediante su herramienta de algebra de mapa, se realizan los cálculos espaciales respectivos, llegando tener zonificación y niveles de amenaza por deslizamiento.

**Tabla 13.** Matriz de ponderaciones y valores máximos de los factores

Factores de riesgo	Variables	Indicador	Valor Indicador	Peso Ponderación	Valor Máximo
<b>Condicionantes</b>	Geológico/ Litología	Depósitos aluviales	10	2	20
		Depósitos coluvio aluviales	10		
		Depósito de ladera (coluvial)	10		
		Volcánicos Lourdes	7		

		Abrupto de superficie inclinada	10		
		Barranco	10		
		Coluvio aluvial antiguo	10		
		Coluvión antiguo	10		
		Relieve volcánico colinado muy alto	8		
		Relieve volcánico colinado alto	7		
	Geomorfología	Relieve volcánico colinado medio	5	1	10
		Relieves escalonados sobre capas de lava endurecida y otros materiales volcánicas	3		
		Superficie inclinada disectada	3		
		Superficie volcánica ondulada	3		

		Valle fluvial, llanura de inundación	5		
	Geotecnia	Arcilloso	8	1,5	15
		Franco	4		
		Franco arcilloso	6		
		Franco arenoso	6		
		Franco limoso	6		
		Limos inorgánicos	1		
	Uso del suelo y cobertura vegetal	Área poblada	1	2	20
		Bosque nativo	10		
		Cuerpo de agua	10		
		Cultivo	10		
		Erial (área erosionada)	10		
		Infraestructura antrópica	1		
		Pastizal	5		
		Plantación forestal	1		
		Vegetación arbustiva	5		
		Vegetación herbácea	5		

	Pendiente	Muy suave (>5%)	1	2	20
		Suave (>5-12%)	2		
		Media (>5-25%)	4		
		Media fuerte (>25-40%)	6		
		Fuerte (>40-70%)	8		
		Muy fuerte(>70%)	10		
<b>Detonantes</b>	Precipitación	700-1000 mm	1	1	10
		1001-1300 mm	3		
		1301-1600 mm	5		
		1601-1900 mm	7		
		1901-2200 mm	10		
	Sismicidad	Zona I: Baja (0,15g)	1	0,5	5
		Zona II: Media (0,20g)	5		
		Zona III: Alta (0,25g)	7		
		Zona IV: Muy Alto (0,30g)	10		
	<b>Total</b>				10

**Fuente:** Mora - Vahrson Adaptación de SNGRE, 2019

**Tabla 14.** Rangos de puntuación y representación para el nivel e índice ponderado de amenaza de deslizamiento

<b>Nivel de amenaza de deslizamiento</b>	<b>Puntaje (Rango)</b>
<b>Bajo</b>	De 1 – 25 puntos
<b>Medio</b>	De 26 – 50 puntos
<b>Alto</b>	De 51 – 75 puntos
<b>Muy Alto</b>	De 76 – 100 puntos

**Fuente:** Mora - Vahrson Adaptación de SNGRE, 2019

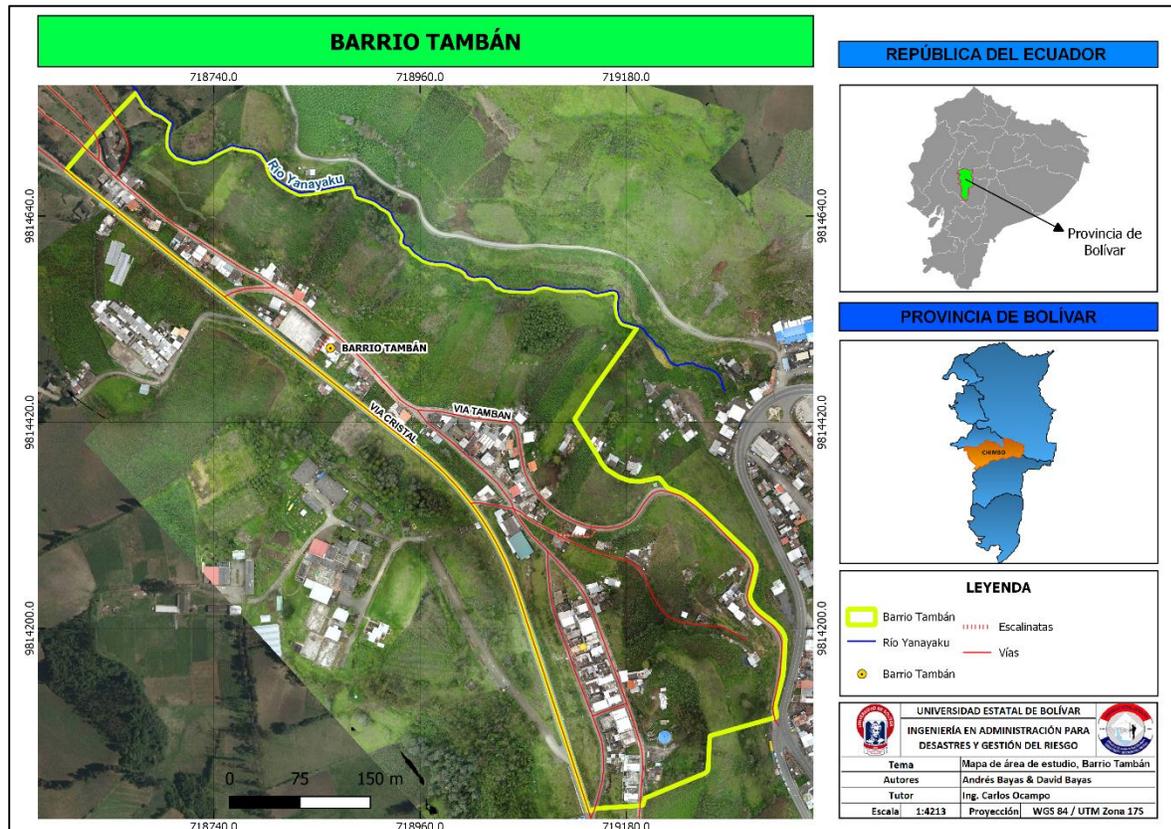
**Objetivo 3:** Con los resultados del objetivo 2, luego de identificar las zonas con niveles de amenaza de deslizamientos que presenta el barrio Tambán, se procede a través del método descriptivo y mediante revisiones bibliográficas proponer medidas de prevención y mitigación frente a deslizamientos con la finalidad de salvaguardar la vida y bienes de los habitantes de la zona de estudio. También generando en la población el conocimiento y fortalecimiento, tanto en las capacidades de respuesta como en la protección de laderas antes sucesos de deslizamientos que presentan a menudo en el barrio Tambán.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### 4.1. Resultados del objetivo 1: Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que provoca deslizamientos en el barrio Tambán.

El barrio Tambán se encuentra ubicado al noroeste de la ciudad de San José de Chimbo con una extensión de 176290,16 m<sup>2</sup>, a 2572 msnm, donde la mayor parte del territorio son zonas agrícolas por ser laderas especialmente ocupadas por cultivos de maíz mientras que la zona que se encuentra en proceso de urbanización ocupa lugares de planicie del barrio. Los límites del barrio Tambán son: por el lado este limita con el río Yanayaku mientras que por el oeste se limita con la vía estatal Chimbo - La Magdalena, conocida también como “Vía El Torneado”. Para la visualización de la superficie barrial se establece el siguiente mapa.

**Figura 13.** Mapa de ubicación del barrio Tambán



Elaborado por: Andrés Bayas & David Bayas, 2021

#### 4.1.1. Factores condicionantes

##### 4.1.1.1. Geología

La zona de estudio presenta formaciones geológicas correspondientes a volcánicas de Lourdes en la mayor parte del territorio y depósitos coluvio aluviales ubicadas en la parte oriental junto al río Yanayaku.

La unidad de volcánicos Lourdes constituye el 86.36% de la zona de estudio que se caracteriza porque exhiben una secuencia de rocas volcánicas ácidas que generalmente son de color blanco, pero muy meteorizadas y alteradas hidrotermalmente aparecen frecuentemente alteradas a caolín de color rojizo, constituidas por cristales grandes de cuarzo y feldespato, mientras que los depósitos coluvio aluviales representa en 13.64% del territorio del barrio caracterizado por ser depósitos cuaternarios y corresponde a derrubios, masas deslizantes y flujos de origen fluvial, recubierto por materiales volcánicos dacita, purfirítica y berechas.

Estas características predominan en el barrio debido a que hace millones de años atrás el volcán Chimborazo y Carihuairazo produjo el desplazamiento de estos materiales, cuyos depósitos está distribuido en todo el territorio del cantón Chimbo. Estas formaciones y estructuras presentan una alta susceptibilidad a la amenaza de deslizamientos.

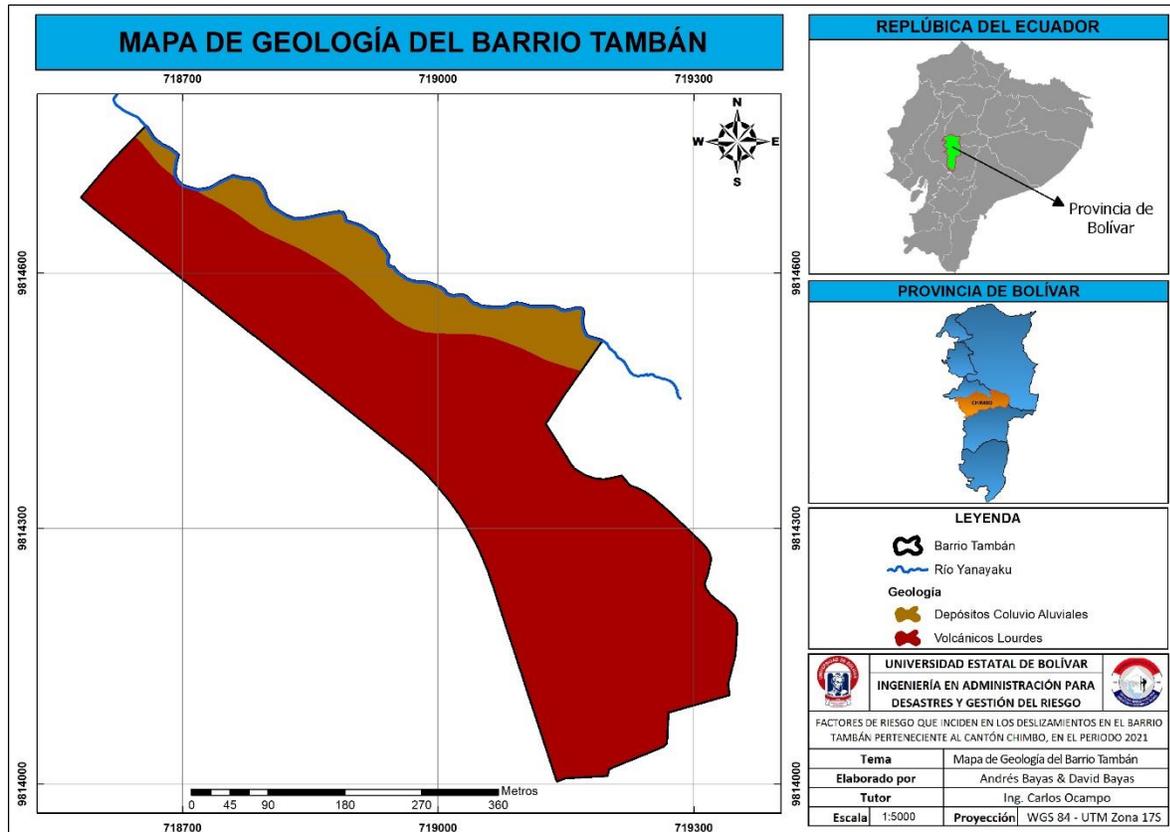
**Tabla 15.** Característica geológica del barrio Tambán

Indicador	Valor de Indicador	Peso de Ponderación	Valor Máximo	Área m <sup>2</sup>	Porcentaje
Depósitos Coluvio Aluviales	10	2	20	24043.41	13.64
Volcánicos Lourdes	5	2	20	152246.75	86.36
<b>Total</b>				176290.16	100

**Fuente:** Instituto Geográfico Militar – IGM, 2013

**Elaborado por:** Andrés Bayas & David Bayas, 2021

**Figura 14.** Mapa de geología del barrio Tambán



**Fuente:** Instituto Geográfico Militar – IGM, 2013

**Elaborado por:** Andrés Bayas & David Bayas, 2021

#### 4.1.1.2. Geomorfología

La geomorfológico del barrio Tambán se caracteriza por presentar relieve de coluvio aluvial antiguo y relieve volcánico alto. La mayor parte de la zona corresponde a la formación de relieve volcánico inclinado muy alto con rellenos volcánicos caracterizado por ser escarpados que representa el 86.36% (152246.75 m<sup>2</sup>) del territorio barrial, seguido por la formación de aluvial coluvio antiguo que ocupa parte del territorio oriental del barrio y representa el 13.64% (24043.41m<sup>2</sup>). Estas características geomorfológicas presentan pendientes que oscilan entre el 25% y 40%, con desniveles relativos de 50 a 100 metros y longitudes de vertiente entre 250 y 500 metros.

Los relieves del barrio Tambán están dominados por procesos de geodinámica activa, caracterizados por laderas, estribaciones y riscos empinados, los cuales tienen una mayor susceptibilidad a la erosión hacia el norte y un mayor potencial de saturación de agua hacia el sur.

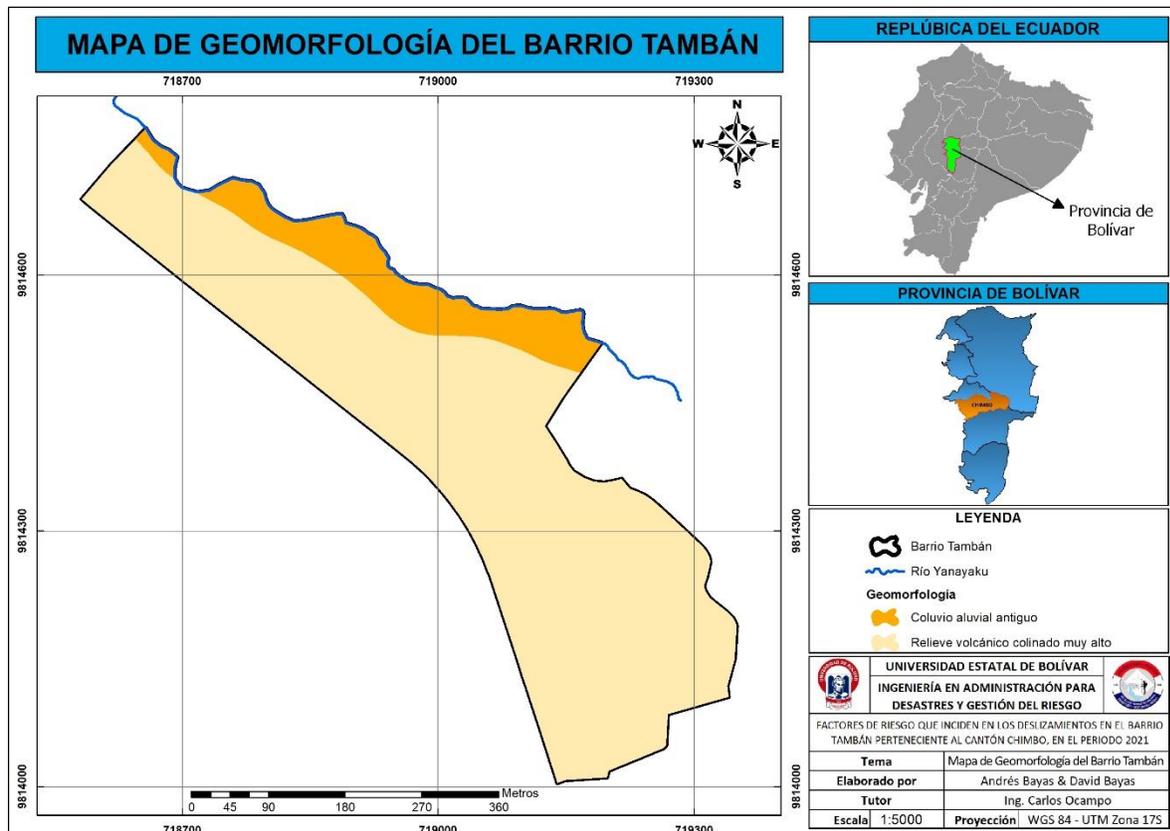
**Tabla 16.** Características geomorfológicas del barrio Tambán

Indicador	Valor de Indicador	Peso de Ponderación	Valor Máximo	Área m <sup>2</sup>	Porcentaje
Coluvio aluvial antiguo	10	1	10	24043.41	13.64
Relieve volcánico muy alto	10	1	10	152246.75	86.36
<b>Total</b>				176290.16	100

**Fuente:** Instituto Geográfico Militar – IGM, 2013

**Elaborado por:** Andrés Bayas & David Bayas, 2021

**Figura 15.** Mapa de geomorfología del barrio Tambán



**Fuente:** Instituto Geográfico Militar – IGM, 2013

**Elaborado por:** Andrés Bayas & David Bayas, 2021

#### 4.1.1.3. Geotecnia

Las características geotécnicas que presenta el suelo del barrio Tambán son de tipo franco y franco arcilloso, donde el 86.36% son franco arcilloso misma que presenta arcillas sin evidencia de arena, de color marrón oscuro ligeramente firmes en húmedo y plásticos en mojado, cuyo espesor llega hasta los 70 centímetros, el área de composición franco representa el 13.64% con características de suelo de composición equilibrada de partículas de arcillas, arenas y limos ubicado junto al río Yanayaku.

La calidad y tipo de suelo antes detalladas por sus composiciones corresponden predominantemente a suelos arcillosos con alta plasticidad los cuales son susceptibles a la contracción y expansión dependiendo de su contenido de humedad que en épocas de altas precipitaciones presentan saturaciones de agua, debilitando la composición de partículas del suelo que generan aberturas y agrietamientos que posteriormente dan origen a deslizamientos y socavones.

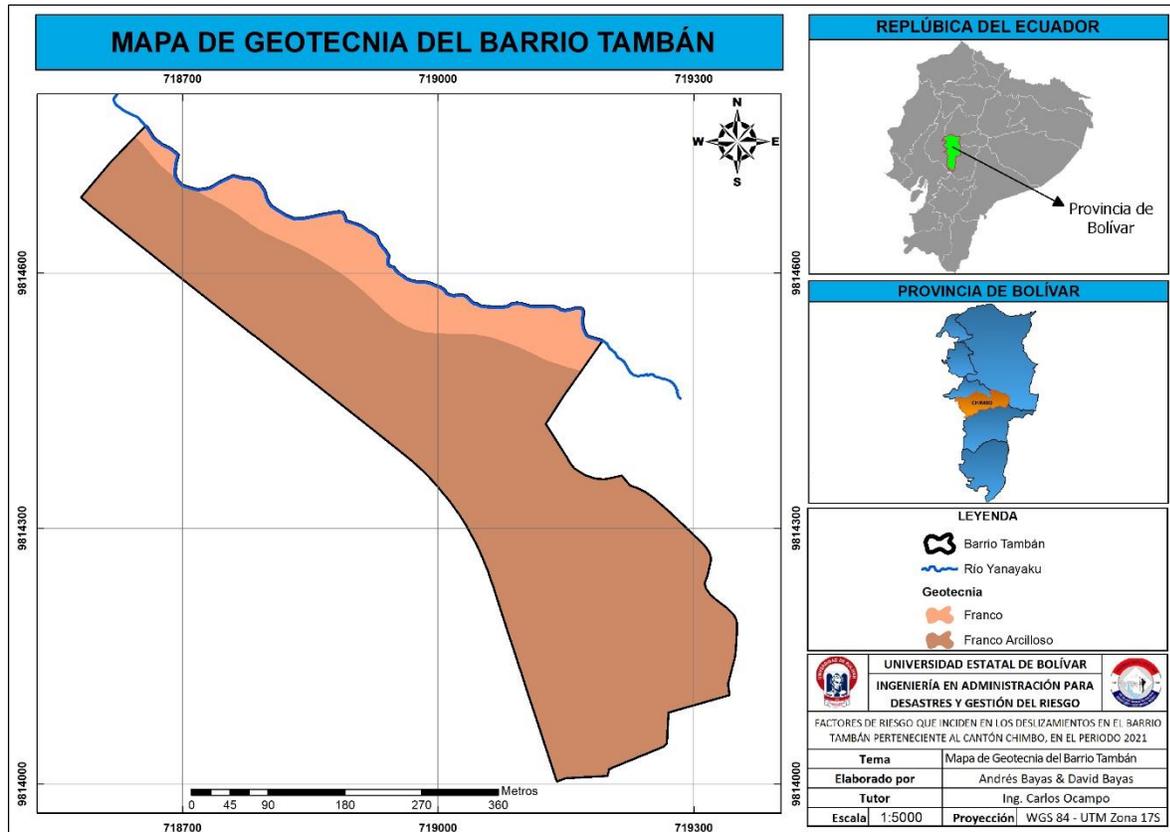
**Tabla 17.** Características geotécnicas del barrio Tambán

Indicador	Valor de Indicador	Peso de Ponderación	Valor Máximo	Área m <sup>2</sup>	Porcentaje
Franco	3	1.5	15	24043.41	13.64
Franco arcilloso	3	1.5	15	152246.75	86.36
<b>Total</b>				176290.16	100

**Fuente:** Instituto Geográfico Militar – IGM, 2013

**Elaborado por:** Andrés Bayas & David Bayas, 2021

**Figura 16.** Mapa de geotecnia del barrio Tambán



**Fuente:** Instituto Geográfico Militar – IGM, 2013

**Elaborado por:** Andrés Bayas & David Bayas, 2021

#### 4.1.1.4. Pendiente

En el barrio Tambán predomina la pendiente fuerte con 35.56% del territorio que se caracteriza por laderas muy escarpadas (40 a 70%) localiza en su mayor parte en la zona oriental, seguido por la pendiente media a fuerte que representa el 33.16%, caracterizada por ser laderas agudas cercanas a las colinas y al pie del mismo (25 a 40%), el 20.75% del área de estudio corresponde a la pendiente media que son colinados (12 a 25%), la pendiente suave que son superficies irregular con ondulaciones moderadas ocupan el 6.56% del territorio (5 a 12%), la pendiente muy fuerte ocupa el 2.56% que son zonas generalmente de peñas abrupto montañosos

(>70%) y la pendiente muy suave abarca el 1.53% del territorio barrial ( $\leq 5\%$ ) caracterizado por ser plana o casi plana en las cimas de la colinas.

Las pendientes que caracterizan a la zona de estudio actúan directamente en la inestabilidad de laderas tanto para el lado oriental adyacente al río Yanayaku como a lado occidental por donde atraviesa el corte de talud de la vía estatal Chimbo - El Cristal que son altamente susceptibles a la amenaza a deslizamiento.

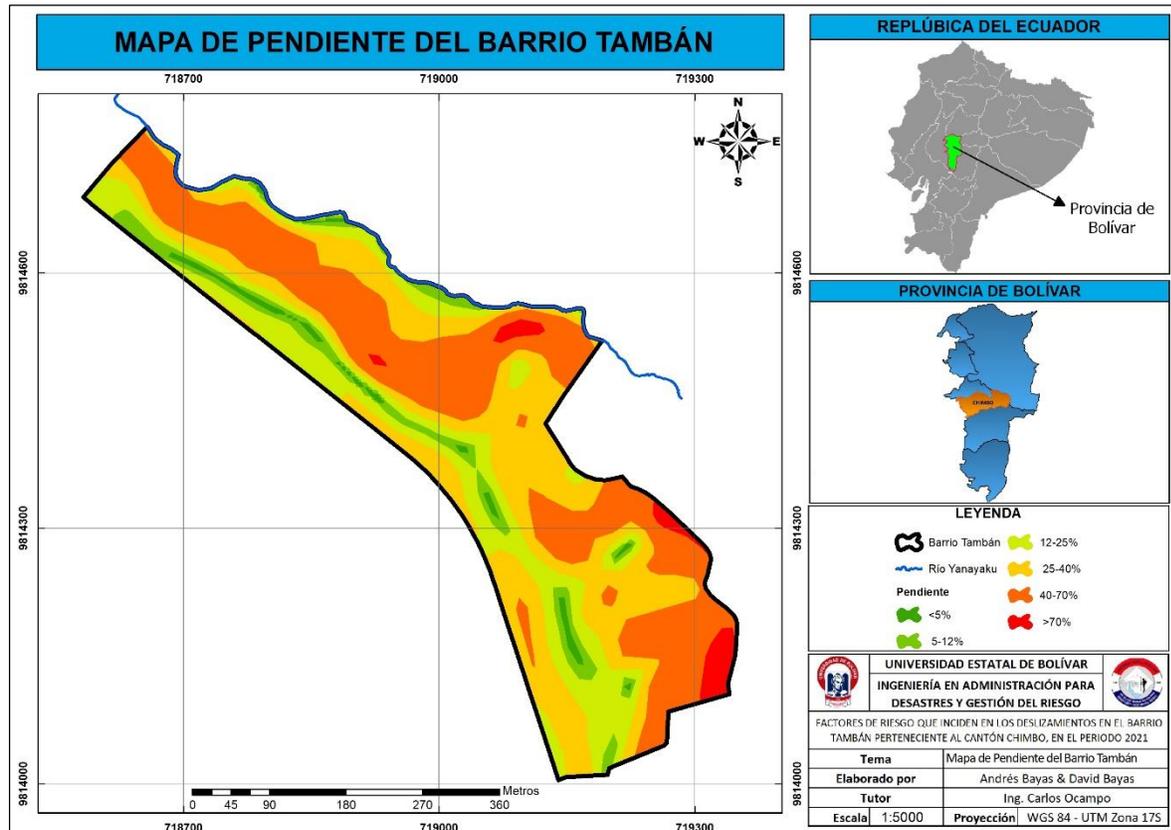
**Tabla 18.** Características de pendiente en el barrio Tambán

Indicador	Rango	Valor de Indicador	Peso de Ponderación	Valor Máximo	Área m <sup>2</sup>	Porcentaje
Muy suave	<5%	1	2	20	2699.29	1.53
Suave	>5-12%	2	2	20	11546.80	6.56
Media	>12-25%	4	2	20	36534.10	20.75
Media fuerte	>25-40%	6	2	20	58379.40	33.16
Fuerte	>40-70%	8	2	20	62612.70	35.56
Muy fuerte	>70%	10	2	20	4517.83	2.57
<b>Total</b>					176290.16	100

**Fuente:** Google Earth, 2019

**Elaborado por:** Andrés Bayas & David Bayas, 2021

**Figura 17.** Mapa pendiente del barrio Tambán



**Fuente:** Google Earth, 2019

**Elaborado por:** Andrés Bayas & David Bayas, 2021

#### 4.1.1.5. Uso del suelo y cobertura vegetal

La consecuencia directa de la utilización del suelo por el hombre es el deterioro de la misma, por actuaciones directas, con fines agrícola, forestal, ganadera, utilización de agroquímicos y riego, o por acciones indirectas, como son las actividades industriales, eliminación de residuos, transporte.

El barrio Tambán tiene la mayor extensión del territorio que es ocupada con fines agrícolas para la siembra de cultivos de ciclo corto como es el maíz, que la mayoría se encuentra en las laderas del flanco oriental que comprende el 51.55% del total de territorio barrial como se puede evidenciar en la figura 18, los suelos de uso agrícola son muy sensibles asociadas con altas

intensidades pluviométricas tiene mayor infiltración de humedad esto genera inestabilidad de la ladera, que luego origina los deslizamientos.

La parte de colina casi plana es ocupada por edificaciones y está en proceso de urbanización comprende el 33.30%, la mayor densidad de viviendas se presenta en la parte sur del barrio junto por donde pasa la calle principal del barrio y la vía estatal a Magdalena, algunas edificaciones ocupan laderas rompiendo su equilibrio natural y favoreciendo a la desestabilización. También existe infraestructura antrópica ejecutadas con fines recreativos que ocupan el 0.75% del barrio.

El área correspondiente a vegetación arbustiva está ubicada donde existió un deslizamiento hace 10 años que comprende el 5.19% del territorio mientras que la vegetación herbácea ocupa el 4.23% del territorio que está ubicada en el talud de la vía a Magdalena. El 2.02% del territorio barrial representa la plantación forestal de pino y el área de pastizal ocupa el 1.04% del total del espacio barrial como se puede detallar en la tabla 19. El área erial sin cobertura vegetal representa el 1.96% del territorio debido al último de deslizamiento que provoco un socavón en el barrio.

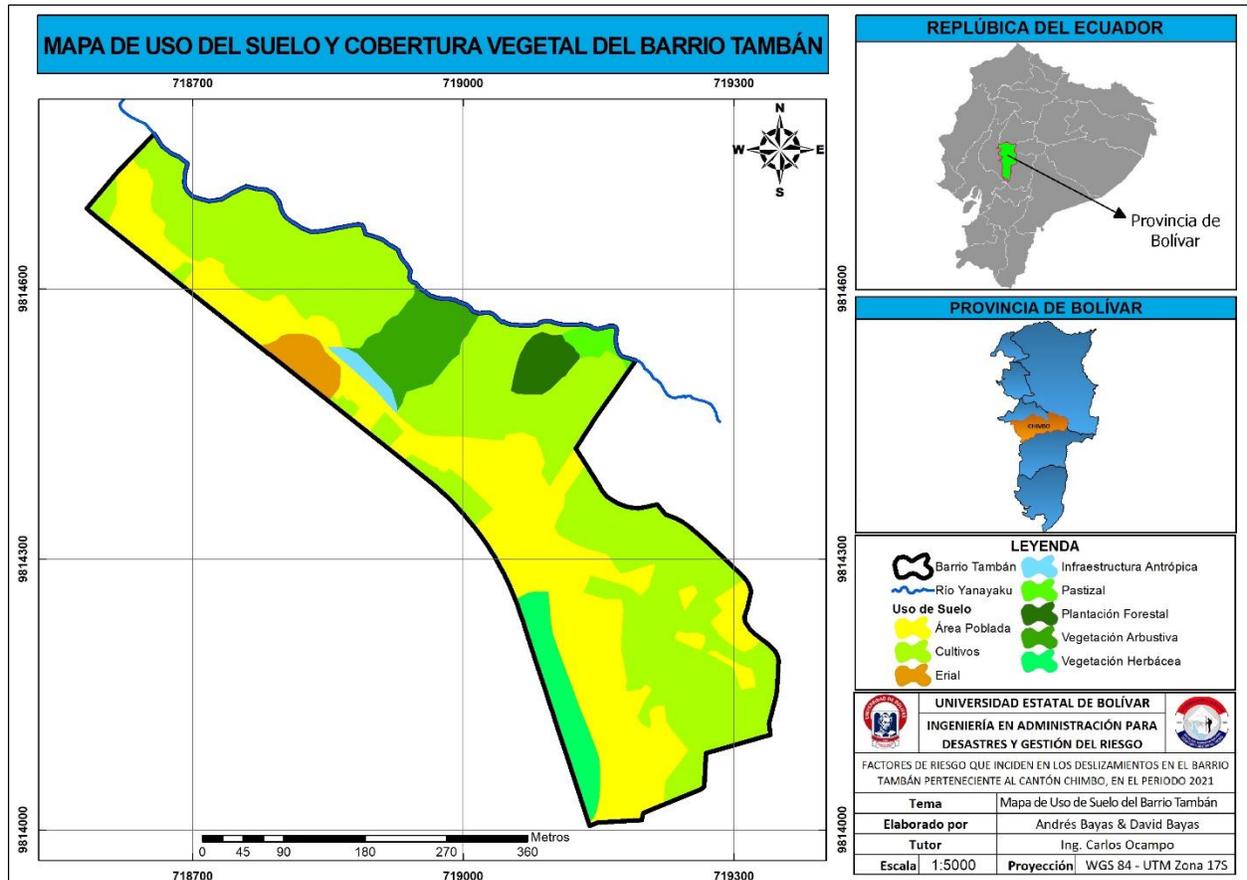
**Tabla 19.** Características de uso del suelo y cobertura vegetal del barrio Tambán

Indicador	Valor de Indicador	Peso de Ponderación	Valor Máximo	Área m <sup>2</sup>	Porcentaje
Área Poblada	1	2.5	25	58701.70	33.30
Cultivos	10	2.5	25	90877.07	51.55
Erial/Sin cobertura vegetal	10	2.5	25	3452.81	1.96
Infraestructura antrópica	1	2.5	25	1324.28	0.75
Pastizal	5	2.5	25	1761.17	1.00
Plantación forestal	1	2.5	25	3562.56	2.02
Vegetación Arbustiva	5	2.5	25	9150.22	5.19
Vegetación Herbácea	5	2.5	25	7460.35	4.23
<b>Total</b>				176290.16	100

**Fuente:** Plan de Uso y Gestión del Suelo de Chimbo – PUGS, 2020

**Elaborado por:** Andrés Bayas & David Bayas, 2021

**Figura 18.** Mapa de uso del suelo y cobertura vegetal del barrio Tambán



**Fuente:** Plan de Uso y Gestión de Suelo de Chimbo – PUGS, 2020

**Elaborado por:** Andrés Bayas & David Bayas, 2021

#### 4.1.2. Factores desencadenantes

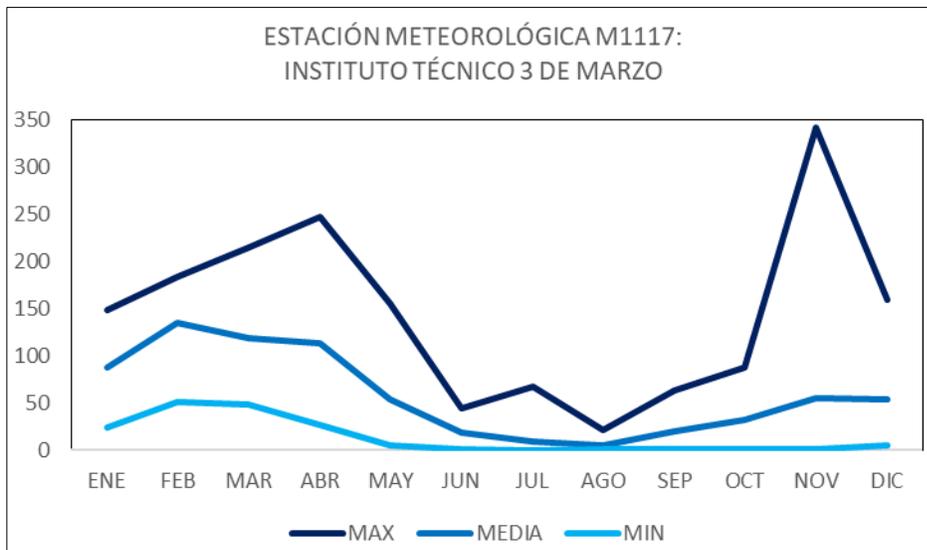
##### 4.1.2.1. Precipitación

La información de precipitaciones se extrajo de los registros del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – INAMHI, de la estación meteorológica Instituto Técnico Tres de Marzo (M1117) en el que se registra los valores pluviométricos mensuales y anuales. La estación meteorológica está ubicada cerca del área comprendida al estudio que hace más fehaciente la utilización de estos valores.

Según los datos pluviométricos registrados se establece que el total del área de estudio presenta precipitaciones máximas de 1727.9 mm anual, media de 700.7 mm anual y mínimas de

162.2 mm anual. Las precipitaciones más fuertes se evidencian en los períodos a partir del mes de noviembre hasta mayo, época denominado invierno en todo el territorio nacional. En esta época el barrio Tambán presenta agrietamientos de suelos y deslizamientos en la mayor parte de su territorio como influencia de las mismas. Las lluvias intensas aceleran el comportamiento de los taludes causando que la resistencia del suelo se reduzca y logrando originar movimientos en laderas inestables.

**Figura 19.** Histograma de precipitaciones registradas en la estación meteorológica Instituto Técnico Tres de Marzo desde 1996 - 2014



**Fuente:** Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – INAMHI, 2014

**Elaborado por:** Andrés Bayas & David Bayas, 2021

**Tabla 20.** Valores pluviométricos mensuales registradas en la estación meteorológica M1117

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
MAX	147.7	183.7	213.8	246.5	155.0	43.3	66.8	21.2	62.9	87.1	341.2	158.7	1727.9
MEDIA	88.0	134.6	119.7	112.6	53.7	18.5	9.1	4.2	19.9	31.4	55.2	53.8	700.7
MIN	23.3	50.9	48.2	26.0	4.5	0.2	0.0	0.2	1.2	1.1	1.3	5.3	162.2

**Fuente:** Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – INAMHI, 2014

**Elaborado por:** Andrés Bayas & David Bayas, 2021

Para este proyecto se trabaja con los valores pluviométricos máximos registrados en la zona de estudio, pues dentro del análisis de riesgo se estima la probabilidad del peor escenario posible; por tal motivo, la precipitación máxima es de 1727.9 mm anual que representa a una ponderación entre 1600-1900 mm anual lo cual refleja mayor impacto en la estabilidad de laderas y taludes del barrio.

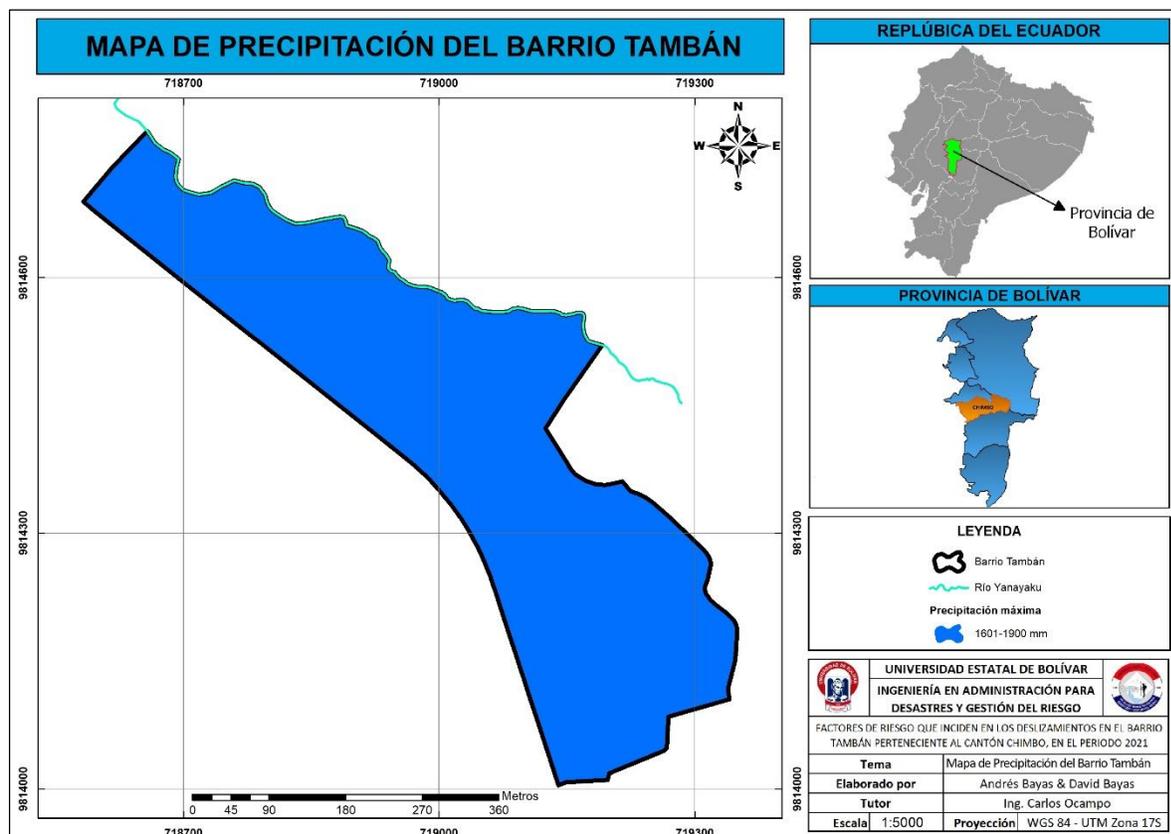
**Tabla 21.** Característica de precipitación del barrio Tambán

Indicador	Valor de Indicador	Peso de Ponderación	Valor Máximo	Área m <sup>2</sup>	Porcentaje
1600-1900 mm	7	1	10	176290.16	100

**Fuente:** Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – INAMHI, 2014

**Elaborado por:** Andrés Bayas & David Bayas, 2021

**Figura 20.** Mapa de precipitación del barrio Tambán



**Fuente:** Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – INAMHI, 2014

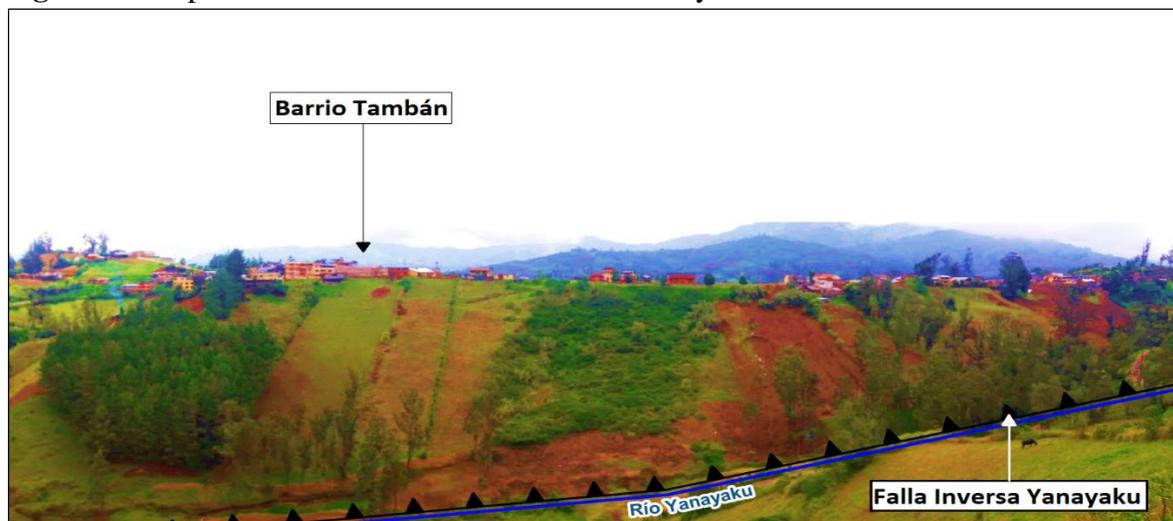
**Elaborado por:** Andrés Bayas & David Bayas, 2021

#### 4.1.2.2. Sismicidad

Los sismos son los peligros naturales que se presenta a menudo en el territorio nacional asociada a la ubicación de la zona de subducción entre la placa tectónica de Nazca y la placa continental Sudamericana que al colisionar liberan fuerzas generando los sismos, debido a este factor hace que la zona tenga actividad sísmica alta y recurrente que son agentes activadores de los deslizamientos en zonas con fallas geológicas, taludes inestables y pendientes fuertes.

Mediante el historial sísmico de los eventos de mayor peligrosidad percibidos en el cantón Chimbo dejó consecuencias de grandes deslizamientos de laderas y se considera que el barrio Tambán podría ser afectada por sismos de mayor o igual a alta intensidad puesto que se ubica en la IV zona de amenaza sísmica. Los eventos sísmicos pueden reactivar antiguos deslizamientos presentados en el barrio, el principal origen de los eventos sísmicos es la presencia de fallas geológicas activas regionales y locales; en este caso, la falla inversa de Yanayaku que atraviesa las cercanías del barrio, así como también asociados a la actividad tectónica de las fallas cercanas a la zona de estudio como son: Puna - Pallatanga - Riobamba, Milagro - Guaranda y Río Chimbo.

**Figura 21.** Representación de la falla inversa de Yanayaku



**Elaborado por:** Andrés Bayas & David Bayas, 2021

El barrio Tambán se asienta según el mapa de zonificación sísmica de la Norma Ecuatoriana de la Construcción – NEC, 2015 en la zona IV con el valor de aceleración máxima en roca de 0.35 gals correspondiente a un período de retorno de 475 años; por tal razón, el área de estudio se sitúa dentro de alta amenaza sísmica.

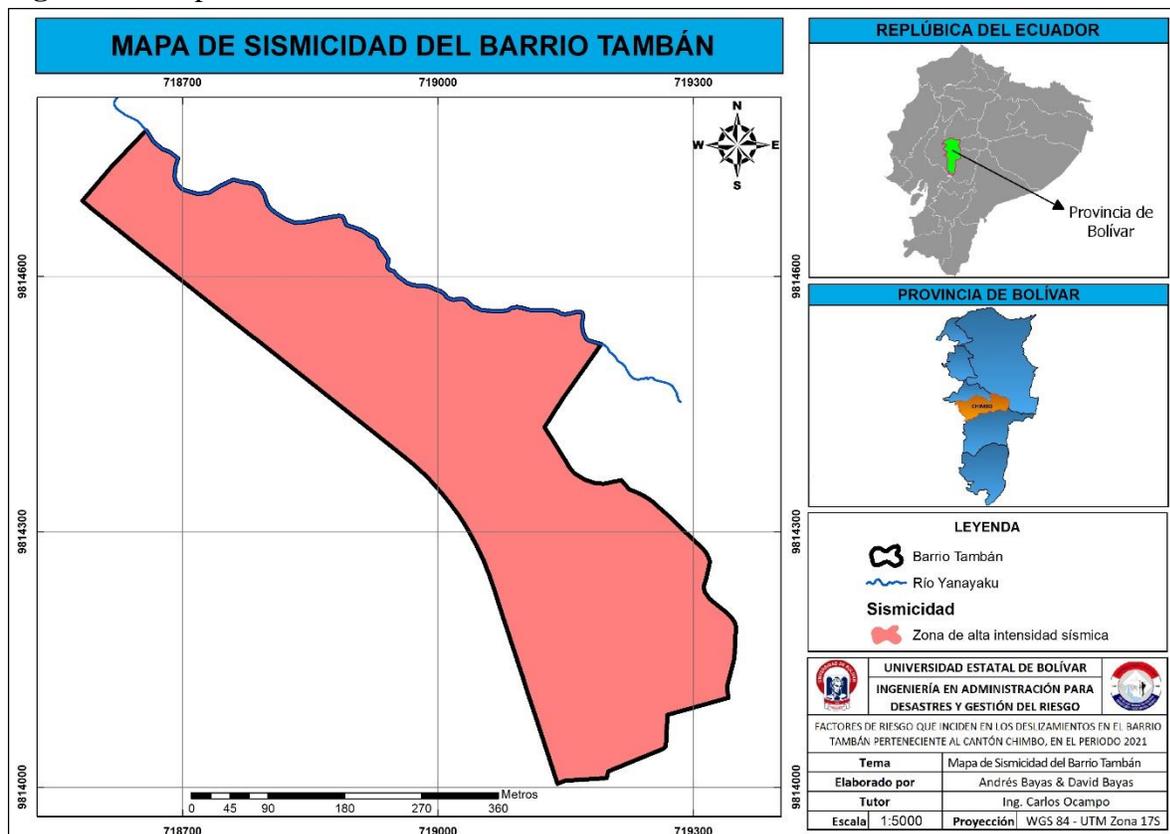
**Tabla 22.** Característica sísmica del barrio Tambán

Indicador	Zona	Magnitud	Valor de Indicador	Peso de Ponderación	Valor Máximo	Área m <sup>2</sup>	Porcentaje
Sismicidad	IV (35 g.)	Alta	6	0.5	5	176290.16	100

**Fuente:** Norma Ecuatoriana de la Construcción – NEC, 2015

**Elaborado por:** Andrés Bayas & David Bayas, 2021

**Figura 22.** Mapa de sismicidad del barrio Tambán



**Fuente:** Norma Ecuatoriana de la Construcción – NEC, 2015

**Elaborado por:** Andrés Bayas & David Bayas, 2021

#### 4.2. Resultados del objetivo 2: Identificar las zonas y el nivel de amenaza a deslizamientos del barrio Tambán.

Con base en la información de los factores de riesgo: condicionantes y detonantes, que caracteriza al barrio Tambán, se procede a ponderar de acuerdo con la metodología planteada en el capítulo anterior, donde el valor de la amenaza de deslizamiento es el producto del valor del indicador por el peso ponderado, resultando el valor máximo de cada uno de los factores condicionantes y desencadenantes para la obtención del mapa de susceptibilidad de amenaza a deslizamiento.

**Tabla 23.** Ponderaciones de los factores de riesgos (condicionantes y detonantes) del barrio Tambán

Factor	Variable	Indicador	Área m <sup>2</sup>	Valor de Indicador	Peso de Ponderación	Valor Máximo
Condicionantes	Geología	Depósitos Coluvio Aluviales	24043.41	10	2	20
		Volcánicos Lourdes	152246.75	7		
	Geomorfología	Coluvio aluvial antiguo	24043.41	10	1	10
		Relieve volcánico muy alto	152246.75	8		
	Geotecnia	Franco	24043.41	4	1.5	9
		Franco arcilloso	152246.75	6		
	Pendiente	>5%	2699.29	1	2	20
		>5-12%	11546.80	2		
		>12-25%	36534.10	4		
		>25-40%	58379.40	6		
		>40-70%	62612.70	8		
		>70%	4517.83	10		
	Uso de suelo y cobertura vegetal	Área Poblada	58701.70	1	2	20
		Cultivos	90877.07	10		
		Erial	3452.81	10		

		Infraestructura antrópica	1324.28	1		
		Pastizal	1761.17	5		
		Plantación forestal	3562.56	1		
		Vegetación Arbustiva	9150.22	5		
		Vegetación Herbácea	7460.35	5		
Detonantes	Precipitación	1600-1900 mm	176290.16	7	1	7
	Sismicidad	Alta - IV (35 g.)	176290.16	8	0.5	4

**Fuente:** Metodología SNGRE, 2013

**Elaborado por:** Andrés Bayas & David Bayas, 2021

Para el cálculo de la amenaza de deslizamiento se empleó la fórmula del índice de amenaza de deslizamiento descrito en el capítulo anterior y el uso del software de sistema de información geográfica ArcGIS, mediante la herramienta de calculadora ráster se realizó el cálculo de los factores condicionantes con los factores detonantes con sus respectivos indicadores y ponderaciones, determinando los niveles de amenaza a deslizamientos que presenta la zona en estudio.

**Tabla 24.** Niveles de amenaza a deslizamientos y el área correspondiente en metros cuadrados del barrio Tambán

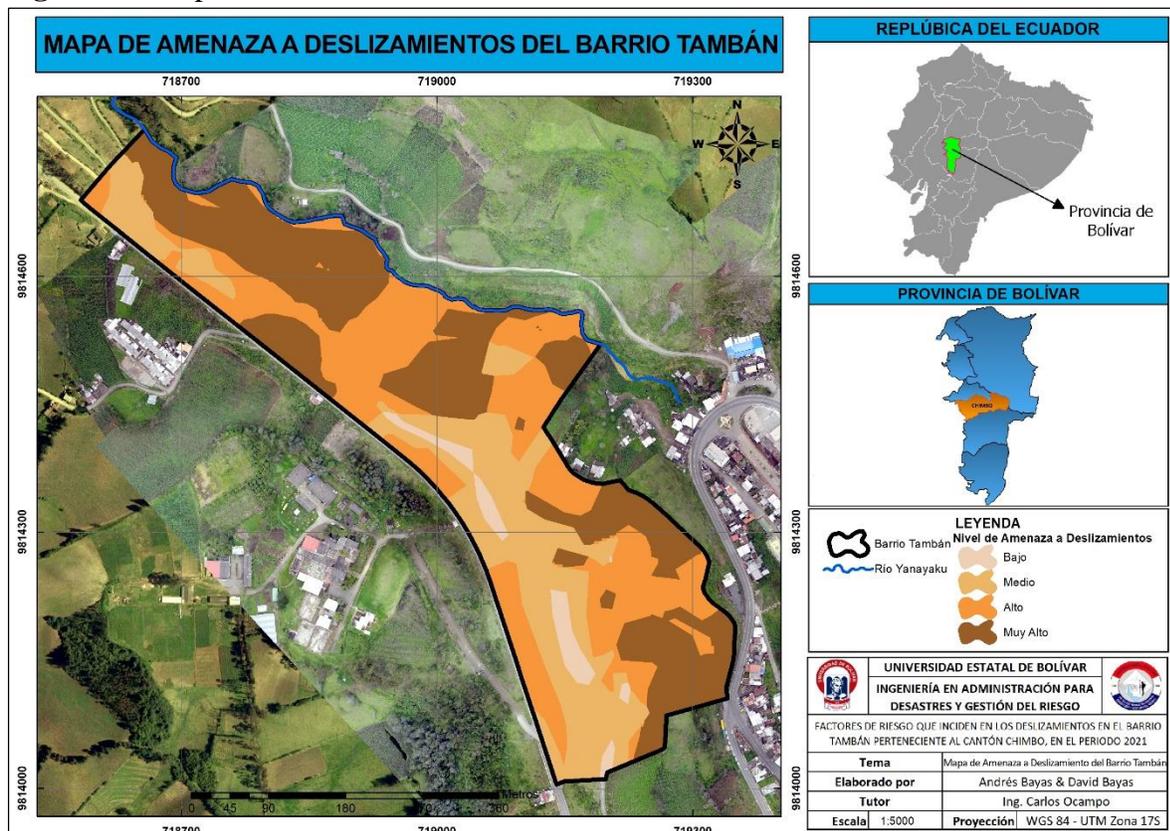
Nivel de amenaza de deslizamiento	Puntaje (Rango)	Área m <sup>2</sup>	Porcentaje
<b>Bajo</b>	De 1 – 25 puntos	5661.01	3.21
<b>Medio</b>	De 26 – 50 puntos	44204.20	25.07
<b>Alto</b>	De 51 – 75 puntos	59984.10	34.03
<b>Muy Alto</b>	De 76 – 100 puntos	66440.85	37.69
<b>Total</b>		<b>176290.16</b>	<b>100</b>

**Elaborado por:** Andrés Bayas & David Bayas, 2021

Los resultados de los niveles de amenaza a deslizamiento que presenta el barrio Tambán, registra que mayor parte del territorio es susceptible a un nivel muy alto, continuado por el nivel alto, luego seguido por nivel medio y en mínima proporción de superficie barrial muestra un nivel bajo.

El resultado de la aplicación de la metodología se aprecia en la figura 23, donde se representa el mapa de amenaza a deslizamiento, la utilización de los diferentes colores en el mapa facilita la visualización de las zonas y los niveles de amenaza a la que están propensa el territorio barrial, misma que muestra que la mayor parte de la superficie en estudio tienen niveles: muy alto y alta a ser proclives a deslizamientos.

**Figura 23.** Mapa de amenaza a deslizamiento del barrio Tambán



**Elaborado por:** Andrés Bayas & David Bayas, 2021

Las zonas con el respectivo nivel de amenaza a deslizamiento se detallan a continuación:

Las zonas con un nivel muy alto de amenaza a deslizamiento afecta el 37.69% de la superficie intervenida del barrio, la mayor parte de estas zonas se encuentran ubicados en flanco oriental del barrio junto al río Yanayaku debido a las características topográficas, ya que son laderas con pendientes muy fuertes que producen los movimientos gravitacionales junto con el uso agrícola para cultivos de maíz hacen más permeables a la rápida infiltración de aguas lluvias dependiendo de la intensidad y duración de las mismas, saturando el terreno superficial e incrementando las presiones internas que conlleva a erosión y a cambios mineralógicos del terreno que modifican las propiedades y resistencia de los materiales del suelo. Además de estos factores influye la sismicidad y la presencia a poca distancia de la falla geológica de Yanayaku.

También existen áreas en el flanco occidental que tiene un nivel de amenaza muy alta debido al corte de talud para implementación de infraestructuras físicas y vial de Chimbo – El Cristal, aquí además de los factores mencionados anteriormente influye la capacidad de carga estática y dinámica del terreno, dinámica debido a la movilidad de transportes pesados generando vibraciones atenuantes para se produzcan el estado de desequilibrio entre las fuerzas internas y externas que genera inestabilidad de talud, misma que actualmente esta zona se encuentra deslizada que provocó un gran socavón; estas áreas con amenaza muy alto a deslizamientos comprenden 66440.85 metros cuadrados.

Las zonas con nivel alta de amenaza se localizan distribuidos en partes puntuales del barrio, principalmente en las inmediaciones de los deslizamientos ocurridos en el año 2011 y recientemente en 2021, el área de la cicatriz del deslizamiento producida hace una década que en la actualidad está cubierta por vegetación arbustiva con características de pendiente muy fuerte

que es sostenida en la parte alta por una infraestructura de mitigación y los contornos de la calle principal en la parte norte del barrio.

También las áreas destinadas a cultivos y ocupadas por vegetaciones herbáceas al pie del corte de talud por el traspaso de la vía estatal Chimbo – El Cristal, zonas con infraestructuras de viviendas y áreas destinadas para uso agrícola en el sureste a la entrada principal al barrio junto con áreas en la cercanía del río Yanayaku presenta nivel de amenaza alta a deslizamientos por estar ubicadas en pendientes fuertes influyen en la inestabilidad de estos suelos. Estas áreas con nivel de amenaza alta presentan un total de 59984.10 metros cuadrados, correspondiendo a un 34.03% del área barrial en estudio.

Parte de la zona alta de colina, parte del área con plantación de pino en el flanco oriental, zonas ocupadas por residencias al norte y proximidades de la vía principal de acceso al sur del barrio También presenta un nivel medio de amenaza a deslizamiento que comprende 44204.20 metros cuadrados que representa 25.07% de la zona en estudio.

Las zonas con nivel de amenaza baja situadas específicamente en parte alta y casi plana de la colina al sur del barrio, ocupadas por viviendas que comprende el 5661.01 metros cuadrados representando el 3.21% del área intervenida.

Para una mejor comprensión de las zonas detalladas anteriormente y nivel de amenaza que simboliza cada una de ellas se representó en la aplicación ArcScene, mediante la interrelación de los resultados obtenidos a través del presente estudio con el modelo digital de terreno (DTM) junto con la imagen del barrio a través de la ortofoto del cantón Chimbo, la cual se puede visualizar en la figura 24.

**Figura 24.** Representación en ArcScene de las zonas y niveles de amenaza a deslizamiento del barrio Tambán



**Elaborado por:** Andrés Bayas & David Bayas, 2021

### **4.3. Resultados del objetivo 3: Proponer estrategias de prevención y mitigación ante deslizamientos que precautele tanto la vida y los bienes de los pobladores del barrio**

#### **Tambán**

Con los resultados obtenidos mediante determinación de los factores de riesgos y el mapa de amenaza de deslizamientos del área de estudio se identificó las zonas y niveles propensas a movimiento de masa, permitiendo proponer estrategias de prevención y mitigación a fin de salvaguardar la vida y los bienes de los pobladores. El territorio intervenido exhibe altos niveles de probabilidad de ocurrencia de la amenaza por sus características de topografía montañosa, con suelos inestables e irregulares por sus características y condiciones de uso, además acompañado de temporadas con precipitaciones intensas, y actividad sísmica perenne por la presencia de una falla geológica que atraviesa cercanías del barrio; lo cual afecta tanto al normal desarrollo de los habitantes y la circulación vehicular por la vía estatal Chimbo - Río Cristal como los daños a la edificaciones. Por tal motivo es importante tomar acciones por parte de las instituciones locales mancomunado con la responsabilidad de los pobladores y asistencia técnica y científica para trabajar en la reducción de riesgos.

#### **4.3.1. Título**

Estrategias de prevención y mitigación frente a la amenaza por deslizamientos en el barrio Tambán

#### **4.3.2. Justificación**

El presente proyecto de investigación concibe una propuesta para determinar las estrategias apropiadas de prevención y mitigación ante los niveles altos de amenaza por deslizamientos que presentan el área de estudio, con estas medidas se pretende establecer acciones de competencia por parte del gobierno local, acuerdos de responsabilidad con la población y apoyo técnico y

científica que permitirá proteger la vida y sus bienes materiales de los pobladores del barrio Tambán de los procesos de deslizamientos.

El barrio Tambán de acuerdo con la determinación de los factores de riesgo (condicionantes y desencadenantes) que influyen en los movimientos de masa se puede constatar que más de la mitad del área barrial son susceptibles a niveles de amenazas muy alta y alta a deslizamientos, 37.69% y 34.03% respectivamente.

La gestión de riesgos es concebida como un proceso sistemático encaminado a la previsión, mitigación y el control de los elementos que originan los riesgos en el interior de una comunidad, a fin de establecer medidas que logren el desarrollo económico, humano y ambiental de manera sostenible. Mediante esta definición, surgen dos componentes transcendentales para su aplicación: la prevención y la mitigación (Narvaéz, Lavell, & Pérez, 2009).

Las estrategias de prevención son un conjunto de acciones enfocadas en evitar que un fenómeno se desarrolle o convierta en desastre, mientras que las estrategias de mitigación hacen referencia a la implementación de medidas de intervención a fin de reducir o disminuir el riesgo presente hasta niveles aceptables, disminuyendo los efectos desfavorables asociados a los deslizamientos.

Para disminuir los niveles de amenaza por deslizamientos y sus consecuencias existen acciones favorables como las medidas preventivas orientados a la protección y reforestación de laderas por parte de actores locales y medidas estructurales con obras de infraestructura para la estabilización de taludes, por lo que se propone las estrategias reducción de riesgos de acuerdo a la realidad actual del barrio Tambán.

### 4.3.3. Objetivos

#### **Objetivos General**

Formular estrategias de prevención y mitigación ante deslizamientos en el barrio Tambán

#### **Objetivos Específicos**

- Establecer estrategias de reducción de riesgo por deslizamientos en el barrio Tambán
- Implementar una agenda de acción designando responsabilidades según los componentes

### 4.3.4. Estrategias

Articular acciones de reducción de riesgo por parte del gobierno local

El GAD Municipal de Chimbo como institución responsable tomará acciones orientadas a planificación, organización y coordinación para trabajar en la prevención y mitigación del riesgo presente en el barrio Tambán. Mediante regulaciones o políticas para el uso y protección de suelos, y obras de infraestructura que minimicen el impacto a la estabilidad de laderas. También buscará la cooperación con los demás niveles del gobierno para determinar los recursos para la implementación de medidas de reducción de riesgo, las instituciones gubernamentales que tienen inherencia en el territorio barrial intervenido son:

- Ministerio de Transporte y Obras Públicas
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda
- Cuerpo de Bomberos del cantón Chimbo

Establecer acuerdos y compromisos con la población barrial para la protección de laderas y fortalecimiento de capacidades de respuesta

Para disminuir la potencial amenaza de deslizamiento presente en el barrio Tambán es de vital importancia la participación y el compromiso por parte de los pobladores en la conservación

y la protección las laderas como también en el fortalecimiento de las capacidades de respuesta barrial.

Comprometido con esta causa se alcanzará un mayor conocimiento y responsabilidad por parte de los habitantes del barrio Tambán en el cuidado y uso adecuado de laderas, respuesta y resiliencia frente a la amenaza de deslizamientos. Estos trabajos se realizarán en conjunto con el gobierno local a fin de lograr la protección de la vida humana y evitar las pérdidas de los bienes materiales, económicos e infraestructuras.

Promover iniciativas de apoyo técnico y científico a través de la investigación y modelamiento de taludes

Es importante realizar estudios específicos sobre el comportamiento de laderas y zonas de riesgos por deslizamientos para incorporar en las herramientas de planificación y ordenamiento territorial. Mismas que se realizan por parte de la institución responsable en la gestión de riesgos como es la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (SNGRE), también con la participación de instituciones de investigación como la Escuela de Administración para Desastres y Gestión del Riesgo de la Universidad Estatal de Bolívar, quienes con su capacidades y recursos brindarán apoyo con estudios de estabilidad de suelos, mapas con probabilidades de deslizamientos y capacitación técnica hacia a la población barrial y autoridades locales.

**Tabla 25.** Agenda de acciones de reducción de riesgos ante la amenaza por deslizamientos en el barrio Tambán

Componente	Política	Acciones	Responsables y Apoyo	Costo referencial
Gobierno local	COOTAD Art. 140	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar el mantenimiento del alcantarillado, cunetas y bordillo en toda el área de estudio con el afán de controlar las aguas servidas, lluvias y aguas superficiales así para evitar la erosión del suelo.</li> <li>• Reforestar las áreas sin cobertura vegetal que sufrieron deslizamientos con especies endémica como plantas rastreras y arbustos, para proteger la superficie y el subsuelo, minimizando la susceptibilidad de estas áreas de las erosiones.</li> <li>• Controlar el crecimiento urbano de la ciudad para evitar futuras construcciones de viviendas en lugares inestables.</li> <li>• Promover y gestionar la reubicación de asentamientos humanos de las zonas de potencial peligro por deslizamiento, específicamente de las inmediaciones de los deslizamientos ocurridos para reducir las pérdidas y afectaciones a los habitantes del barrio.</li> <li>• Implementar en zonas inestables muros aterrizados con cunetas de coronación y muros de gavión para reducir el riesgo de deslizamientos de gran volumen, bajo la asesoría y verificación técnica calificada</li> <li>• Regular el uso de suelos en laderas e inmediaciones del talud de la vía estatal, mediante el control de suelos destinadas para actividades agrícolas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GAD Municipal de Chimbo.</li> <li>• MTOP</li> <li>• MIDUVI</li> </ul>	\$ 90.000

		<p>como los cultivos, capacitando y aplicando técnicas agrícolas sostenibles favoreciendo la estabilidad del suelo y disminuyendo tanto el grado de erosión de la superficie como la saturación de agua en épocas de precipitaciones altas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajar en la limpieza del cauce del río Yanayaku por desprendimiento de tierra de dos lados de la cuenca que obstaculizan el libre recorrido y generan represamiento de la corriente de agua que a vez crean desfuegos erosivos afectando la estabilidad del pie de la ladera.</li> </ul>		
<p>Población del barrio Tambán</p>	<p>Prevención ante los deslizamientos de la población del barrio Tambán</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promover la creación de comité barrial de seguridad para fortalecer la capacidad de respuesta cuando suscite eventos peligrosos por deslizamientos.</li> <li>• Realizar charlas y difusión a los habitantes del barrio, acerca de la amenaza de deslizamiento mediante herramientas adecuadas, por ejemplo: boletines técnicos e informativo.</li> <li>• Impulsar actividades para el cuidado de los bosques, porque favorecen la firmeza de los suelos y evitan la erosión y los deslizamientos.</li> <li>• Forestación y reforestación con plantas endémicas de árboles al pie de la pendiente junto al río Yanayaku para proteger las pendientes de la erosión.</li> <li>• Canalizar las aguas servidas de las viviendas hacia el alcantarillado más cercano.</li> <li>• Revisar periódicamente las paredes, pisos, y techos de los domicilios ubicados en las cercanías de laderas en busca de grietas o hundimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GAD Municipal de Chimbo</li> <li>• SNGRE</li> <li>• MAE</li> <li>• Comité Barrial</li> </ul>	<p>\$ 30.000</p>

		<p>que alerten posibles colapsos, mismas que serán evaluadas por técnicos especializados para su posterior reforzamiento del cimentación y estructura de la edificación.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar el arrojamiento de la basura en las canaletas del alcantarillado para no obstaculizar el recorrido de aguas superficiales.</li> </ul>		
Instituciones técnicas y científicas	Garantizar la protección de personas y colectividades de los efectos negativos de desastres de origen natural o antrópico.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar estudios técnicos detallados sobre el comportamiento del suelo a nivel de la zona.</li> <li>• Establecer una vigilancia continua a través de sistema de monitoreo a laderas inestables con herramientas como el inclinométrico en sitios estratégicos del barrio.</li> <li>• Realizar capacitaciones a las autoridades y a los habitantes del barrio acerca del riesgo por la amenaza a deslizamientos, además realizar simulacros.</li> <li>• Implementar señaléticas y mapas visibles a la población que determinen las zonas susceptibles a deslizamientos.</li> <li>• Socializar e implementar técnicas adecuadas para el uso de suelo para fortalecer una agricultura sostenible.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SNGRE</li> <li>• UEB</li> <li>• ITS Tres de Marzo</li> </ul>	\$ 80.000
<b>Total</b>				\$ 200.000

**Elaborado por:** Andrés Bayas & David Bayas, 2021

Para el cumplimiento de las estrategias y de acción de reducción de riesgos se asume una aproximación de presupuesto de 200.000 dólares, para el cumplimiento de la misma.

#### 4.3.5. Viabilidad

La viabilidad busca evaluar la factibilidad de recursos de manera cualitativa a los elementos que influyen para implementación y desarrollo de las estrategias de reducción de riesgos mencionadas, para ello se estableció la viabilidad política, técnica, económica, social y ambiental.

**Tabla 26.** Viabilidad de la propuesta de reducción de riesgos ante los deslizamientos

<b>Viabilidad</b>	
Política	Se fundamenta en el Código Orgánico Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD), donde manifiesta que los gobiernos municipales deben realizar estudio y evaluación de riesgos de desastres para incorporar estrategias de reducción de riesgos en los reglamentos, ordenanzas, y en las herramientas de planificación y ordenamiento territorial. Existiendo el interés de las autoridades locales de turno para la implementación de las estrategias propuestas frente a la amenaza por deslizamientos.
Técnica	Es viable porque existe el interés de parte los técnicos del GAD Municipal de Chimbo, también el apoyo de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias junto con la participación de la Escuela de Ingeniería en Administración para Desastres y Gestión de Riesgos de la Universidad Estatal de Bolívar para que se desarrolle las acciones propuestas en reducción de riesgos.

<p>Social</p>	<p>Las estrategias son de interés para los habitantes del barrio, ya que son beneficiarios directos de las estrategias a implementarse, las cuales fortalecerán la participación y compromiso de proteger de laderas, capacidades de respuesta y acceso a la información de la amenaza expuesta, contribuyendo a la protección de sus vidas y sus bienes materiales.</p>
<p>Económica</p>	<p>Los recursos que se necesita para implementar las estrategias concebidas debe ser asignado por parte del GAD Municipal de Chimbo para la reducción de riesgos y además gestionar la asignación presupuestaria mediante convenios interinstitucionales con los demás niveles del gobierno, así como, organismos de cooperación nacional e internacional.</p>
<p>Ambiental</p>	<p>Es viable debido a que se basa en la conservación y protección de las laderas a través de la forestación y la reforestación con plantas autóctonas favoreciendo a la estabilidad de los suelos y reduciendo los riesgos por deslizamientos.</p>

**Elaborado por:** Andrés Bayas & David Bayas, 2021

#### **4.3.6. Sistema de monitoreo, seguimiento y evaluación**

El monitoreo de las estrategias de reducción de riesgos ante deslizamientos en el barrio Tambán se lo realizará el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Chimbo, al ser la institución con competencia directa para el trabajo en su territorio en procesos de prevención y reducción de riesgos frente a la amenaza de deslizamiento, velando por la seguridad de los ciudadanos y el

desarrollo sostenible del territorio. A fin conseguir resultados satisfactorios de las acciones propuestas.

El seguimiento y evaluación se designa a la institución encargada en este ámbito, la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, que con la capacidad técnica y los recursos podrá dar la continua verificación y valoración de la ejecución de la propuesta en el territorio intervenido.

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

Al finalizar este proyecto de investigación se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. La determinación de los factores de riesgos que influyen en la ocurrencia de la amenaza de deslizamiento se realizó en función de las características de factores condicionantes y desencadenantes que exhibe la zona de estudio, dentro de los factores condicionantes que predominan son: geología compuesto por 86.36% de unidad volcánica de Lourdes; en la característica geomorfológica el 86.36% es de relieve volcánico con valles escarpados; en la geotecnia corresponde a franco arcilloso color marrón cuya capa de espesor es de 70 cm ligeramente firmes en húmedo y plásticos en mojado que representa el 86.36%; en la pendiente el escarpado (40 a 70%) que representa el 35.56%; en el uso del suelo y cobertura vegetal son agrícolas que ocupan el 51.55% del territorio para cultivos del maíz y la parte alta de la colina son ocupadas por edificaciones con 33.30%. Los factores desencadenantes son: la precipitación máxima anual es 1600-1900 mm y en la sismicidad se ubicado en la zona IV de amenaza sísmica con una aceleración máxima en roca de 0.35 gals que representa una amenaza sísmica alta (NEC, 2015); acompañado por presencia de la falla inversa de Yanayaku que atraviesa cercanías del barrio por la cual se origina o se reactiva antiguos deslizamientos y cuando intervienen en conjunto las precipitaciones intensas con sismos generan casos más críticos. La asociación de estos factores influye en la amenaza de deslizamientos.
2. A través de la aplicación de la metodología de Mora Varshon modificada al contexto de barrio Tambán, se correlacionó los factores condicionantes y desencadenantes apoyados en Sistema de Información Geográfica (SIG), mediante lo cual se obtuvo los índices y mapa con zonas y niveles de amenaza a deslizamientos, esto resultó que la área intervenida presenta cuatro

niveles de amenaza a deslizamientos: el nivel muy alto comprende el 37.69% (66440.85 m<sup>2</sup>), el nivel alto representa el 34.03% (59984.10 m<sup>2</sup>), el nivel medio comprende el 25.07% (44204.20 m<sup>2</sup>) y el nivel bajo representa un 3.21% (5661.01 m<sup>2</sup>) del área barrial. Se establece que, la mayor parte del territorio es proclive a acontecimientos de amenaza potencial por movimiento de masa.

3. Las zonas con nivel muy alto de amenaza a deslizamiento se localizan en su mayor parte en la ladera oriental del barrio adyacente al río Yanayaku y áreas donde se asentaban infraestructura deportiva al pie del corte de talud de la vía estatal Chimbo – El Cristal que representan el 37.69% del territorio barrial; las zonas con nivel alta se localizan en los alrededores de los deslizamientos ocurridos, en el talud de la vía estatal cubiertas por vegetaciones herbácea y cultivos, en zonas con infraestructuras de viviendas en la entrada al barrio y en las bajadas al norte del barrio que comprende el 34.03%; las áreas con edificaciones en el norte, sur y próximas a la vía principal de acceso al barrio También son zonas con nivel medio de amenaza que corresponde al 25.07% y las zonas con nivel de amenaza baja están situadas especialmente en parte alta y plana de la colina al sur del barrio que representa el 3.21% del área del estudio.
4. Considerando el nivel del peligro y las zonas que representa se demuestra que la principal característica para la gestación de la amenaza por deslizamiento son las condiciones topográficas del sitio, puesto que presenta inclinaciones de 25-40% y 40-70% representando el 35.56% y 33.16% del territorio barrial respectivamente, continuado por el uso de suelo y cobertura vegetal para fines agrícolas que son susceptibles correspondiente al 51.55% del área de estudio junto a las características de la composición del suelo, desencadenan amenazas al momento que se presenten precipitaciones intensas entre 1600-1900 mm anuales, actividad

sísmica o ambas al mismo tiempo produciendo inestabilidad y posteriormente la ocurrencia de los deslizamientos.

5. La propuesta establece estrategias de prevención y mitigación que reúnen acciones preventivas radicadas en el fortalecimiento de capacidades de respuesta de los pobladores de la zona de estudio a través de capacitaciones y empoderamiento de la amenaza expuesta, acciones comunitarias, medidas estructurales de mitigación del riesgo vinculado con apoyo técnico y financiero de entidades del gobierno, para un desarrollo sostenible y resiliente del barrio, que contribuya a prevenir las pérdidas de vidas humanas, bienes materiales, infraestructura y el impacto económico. Además, la propuesta es viable debido al interés de las autoridades y la población barrial.

## **5.2. Recomendaciones**

1. Socializar los resultados conseguidos mediante el presente proyecto investigativo hacia a las autoridades, tomadores de decisiones y la población de la zona intervenida con la posibilidad de hacer uso en la planificación territorial y crecimiento urbano mediante herramientas como el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT), Plan de Uso y Gestión de Suelo (PUSG), Plan de Gestión del Riesgo, apoyando a la toma de decisiones asertivas en todos los niveles de administración y así contribuyendo al desarrollo sostenible e integral del barrio.
2. Promover la participación de los habitantes del barrio Tambán en procesos en gestión de riesgos para fortalecer las capacidades de respuesta local mediante taller de capacitación con información preventiva, elaboración de planes de emergencia, contingencia, sistema de alerta temprana de manera permanente por parte de autoridades y técnicos responsables de las instituciones de gobiernos locales y nacionales.

3. Incorporar el área del deslizamiento del 2011 restaurada actualmente con vegetación arbustiva a la planificación territorial como zona de protección y conservación por riesgo por parte del GAD Municipal de Chimbo, a través de las herramientas de gestión como el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, así como, en el Plan de Uso y Gestión de Suelo.
4. Las inmediaciones del río Yanayaku debe ser agregada a zonas de protección estableciendo franjas de protección de 25 metros a cada lado de la quebrada a partir del borde del río, además implementando procesos de forestación y reforestación con especies de plantación nativa del sector, además controlar y regular las actividades agrícolas en las laderas.
5. Restringir el uso del suelo para nuevos asentamientos humanos en zonas que presenta niveles altos de amenaza a deslizamientos y promover la reubicación de viviendas asentadas sobre las zonas con amenazas altas a deslizamientos y proximidades a áreas deslizadas, en zonas que presentan media y baja amenaza por deslizamiento debe establecer regulaciones mediante ordenanza el cumplimiento de estudios previos del suelo y su cimentación acompañado a la implementación de la Norma Técnica de Construcción para un crecimiento urbano sostenible.
6. Monitorear y evaluar de las zonas que presenta agrietamientos o hundimientos en la superficie del barrio, a través de nuevos estudios más detallados con instrumentos adecuados y mecanismos nuevos en todo el territorio barrial.
7. Actualizar la información de los eventos de deslizamientos ocurridos en el barrio a través de manejo estadístico adecuado por parte de la Unidad de Riesgo del GAD Municipal, además de elaborar y actualizar la cartografía oficial de nivel local.
8. El GAD Municipal de Chimbo con coordinación con instituciones locales debe gestionar recursos ante entidades gubernamentales para la construcción de estructuras de mitigación de riesgos y reconstrucción de la zona que encuentra deslizada actualmente.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abril, A. L. (2011). *Estudio e implementación de un modelo para la zonificación de áreas susceptibles a deslizamiento mediante el uso de sistemas de información geográfica: caso de estudio sector Quimsacocha*. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/739>
- Acosta, E., Gavilanes, E., García, G., Meza, M., Muñoz, R., Ocampo, C., . . . Cárdenas, A. (2014). Estudio de factores medioambientales que intervienen en la ocurrencia de deslizamientos en el cerro Susanga. *Revista de Investigación Talentos*, 1, 52-72.
- Alonso, J. (Miercoles de Marzo de 2019). *Desastres naturales en América Latina: satélites al rescate*. Obtenido de Desastres naturales en América Latina: satélites al rescate: <https://www.dw.com/es/desastres-naturales-en-am%C3%A9rica-latina-sat%C3%A9lites-al-rescate/a-48106440>
- Asociación de Municipalidades del Ecuador - AME. (2019). *Planes de Uso y Gestion de Suelo – PUGS– Herramientas orientativas para su formulación*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Ayala Alcantara, I. (2000). *¿Deslizamientos o Movimientos de Terreno? Definición, clasificaciones y terminología*.
- Barrantes Castillo, G., Barrantes Sotela, O., & Núñez Roman, O. (2011). Efectividad de la Metodología Mora-Vahrson modificada en el caso de los deslizamientos provocados por el terremoto de Cinchona, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, Vol. 2(Núm. 47), Págs 141-161. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=451745770006>
- Brabb. (1989). *Deslizamientos*.

- Bustillos, J., Arciniega, F., Freire, A., & Gómez, P. (05 de Julio de 2016). Una breve caracterización de los fenómenos de remoción en masa (FRM): Sigchos - Ecuador. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 1(6), 81-88.
- Chicangana Montón, G., Pineda Herrera, C., & Sabogal Ríos, L. (2019). *Análisis de la zona de remoción de masa, sector de la vereda Servitá, municipio de Villavicencio: alcance de la amenaza y Soluciones de ingeniería*. Obtenido de [http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod\\_rh=0000579807](http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000579807)
- Colombia, C. R. (jueves de Abril de 2010). *Dirección General del socorro Nacional Área de Reducción del Riesgo*. Obtenido de Cruz Roja de Colombia: [https://media.ifrc.org/ifrc/wp-content/uploads/2018/11/deslizamientos\\_1722011\\_090508.pdf](https://media.ifrc.org/ifrc/wp-content/uploads/2018/11/deslizamientos_1722011_090508.pdf)
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2014). *Manual para la evaluación de desastres*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Montecristi.
- Cruden, D., & Varnes, D. (1978). "Slope movements types and processes" *Special report 176: Landslides: Analysis and control (R.L. Schuster and R.J. Krizek, EDS)*,. Washigton D.C., USA: National research council.
- Cruden, D., & Varnes, D. (2013). *Movimientos en masa*. México.
- Cruz Roja de Colombia. (Jueves de Abril de 2010). *Dirección General del Socorro Nacional Área de Reducción del Riesgo*. Obtenido de [https://media.ifrc.org/ifrc/wp-content/uploads/2018/11/deslizamientos\\_1722011\\_090508.pdf](https://media.ifrc.org/ifrc/wp-content/uploads/2018/11/deslizamientos_1722011_090508.pdf)

- Cuanalo Campos, O. A., & Oliva González, A. O. (2011). *Inestabilidad de laderas. Deslizamientos y factores desencadenantes: Desastres por Fenómenos Geológicos de Inestabilidad de Laderas. Factores Condicionantes y Desencadenantes*. México: Editorial Académica Española.
- Das, B. M. (2013). *Fundamentals of Geotechnical Engineering* (Cuarta edición ed.). México: Cengage Learning Editores.
- Del Pozo, C., & Carballo, G. (2020). *Evaluación de amenazas por deslizamientos en el sector Divino Niño del cantón Chimbo*. Guaranda.
- El Comercio. (23 de Diciembre de 2021). *El Comercio*. (M. Moreta, Ed.) Obtenido de El Comercio: <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/tamban-falla-geologica-hundimiento-heridas.html>
- El Universo. (15 de Febrero de 2011). Un barrio de Chimbo queda abandonado por deslizamiento. *Un barrio de Chimbo queda abandonado por deslizamiento*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/2011/02/15/1/1447/un-barrio-chimbo-queda-abandonado-deslizamiento.html/>
- Escobar Potes, C. E., & Duque Escobar, G. (2017). *Geotécnica para el Trópico Andino*. Manizales, Colombia.
- Flores García , & Pérez Castillo. (2019). *Desplazamiento en masa*.
- GAD Municipal de Chimbo. (2011). *Ortofoto del año 2011, escala 1:10000*. Chimbo.
- GAIA Geología. (2014). Obtenido de GAIA Geología: <http://gaia.geologia.uson.mx/academicos/amontijores/clasare.htm>
- García Camacho, G. X. (2018). *Zonificación de zonas vulnerables a fenómenos de remoción en masa en San José de Chimbo - Ecuador*. Quito: Universidad de Salzburg.

- García, N., & Restrepo, A. (2018). *La integración de las medidas estructurales y no estructurales para la gestión de riesgo de desastres por deslizamiento en Colombia*. Caldas, Colombia: Universidad de Manizales.
- González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2002). *Ingeniería Geológica*. Madrid, España: PEARSON EDUCACIÓN.
- Gonzalez, M. (2012). *Análisis de riesgo de la comunidad El Aserrío*. Pasaje, Ecuador.
- Highland M, L. (2008). *Manual de derrumbes: Un Manual para Entender Todo sobre los Derrumbes*. Virginia: Science for a Changing World.
- Hutchinson, J., & Skempton, A. (2012). *Análisis de Vulnerabilidad. Movimientos de Rotación*. San Martín: Primero.
- Instituto Espacial Ecuatoriano. (2013). *Generación de Geo Información para la Gestión del Territorio a Nivel Nacional*. Quito, Ecuador: MAGAP.
- Lara, M., & Sepúlveda, S. (2007). *Metodología para la evaluación y zonificación de peligro de remociones en masa con aplicación en Quebrada San Ramón, Santiago Oriente, Región Metropolitana*. Santiago de Chile. Obtenido de [http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2007/lara\\_mc/pdf/lara\\_mc.pdf](http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2007/lara_mc/pdf/lara_mc.pdf)
- Lavell, A. (2003). *La gestión local del riesgo: nociones y precisiones en torno al concepto y a la práctica*. San José, Costa Rica: Centro Regional de Información sobre desastres en América Latina y el Caribe.
- LOOTUGS. (2019). Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo. Quito: Registro Oficial Suplemento No. 790.
- Ministerio Coordinador de la Política y Gobiernos. (2011). *Código Orgánico de Ordenamiento Territorial Autonomía y Descentralización*. Quito, Ecuador: Registro Oficial.

- Ministerio de Finanzas Públicas. (2010). *Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas*. Quito, Ecuador: Registro Oficial Suplemento No. 306.
- Mora, S., & Vahrson, W. (1993). *Evaluación de la Suceptibilidad al Deslizamiento del cantón San José, Costa Rica*. San José, Costa Rica: Servicios especializado de suelos y Roca.
- Mostajo Carbonel, J. (2009). *Estudio de probabilidad de falla e implementación de alternativas de solución al deslizamiento de taludes andinos*. Lima, Perú. Obtenido de <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/112>
- Narvaéz, L., Lavell, A., & Pérez, G. (2009). *La gestión del riesgo de desastres: Un enfoque basado en procesos*. Lima, Perú: Secretaría General de la Comunidad Andina.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción- NEC. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción- NEC*. Quito, Ecuador.
- Onel. (2011). *Inestabilidad de laderas. Deslizamientos y factores desencadenantes: Desastres por Fenómenos Geológicos de Inestabilidad de Laderas. Factores Condicionantes y Desencadenantes*. México: Editorial Académica Española.
- ONU-Habitat Colombia y Ecuador. (2018). *Guía práctica para la formulación de Planes de Uso y Gestión de Suelo*. Quito, Ecuador.
- Organización de Naciones Unidas. (3 de Enero de 2020). *América Latina y El Caribe Segunda Región mas Propuensa a los desastres*. Obtenido de América Latina y El Caribe Segunda Región mas Propuensa a los Desastres: <https://news.un.org/es/story/2020/01/1467501#:~:text=Deslizamientos%20afectaron%20>
- Passive Agudelo, J. (2018). *Manual de análisis de amenaza por fenómenos de remoción en masa bajo agentes climatológicos en el área urbana y periurbana de Villavicencio a escala 1:2000*. Villavicencio, Colombia. Obtenido de

[https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/12359/2018jhonpasive?sequence=1  
&isAllowed=y](https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/12359/2018jhonpasive?sequence=1&isAllowed=y)

Pathak, S., & Nilsen, B. (24 de February de 2004). Probabilistic rock slope stability analysis for Himalayan conditions. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 25-32.

Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s10064-003-0226-1>

PDOT Bolívar. (2019). *Plan de Ordenamiento y Desarrollo Territorial de la provincia Bolívar*. Guaranda, Bolívar, Ecuador.

PDOT Chimbo. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Chimbo 2019 - 2023*. Chimbo.

Pérez de Armiño, K. (2006). *Diccionario de Acción Humanitaria*. Obtenido de <https://www.dicc.hegoa.ehu.eus/listar/mostrar/177>

Procuraduría Ambiental del Ordenamiento Territorial del D.F. (2003). *Informe Anual 2003*. Distrito Federal de México. Obtenido de [http://centro.paot.org.mx/documentos/paot/informes/informe2003\\_borraime/temas/suelo.pdf](http://centro.paot.org.mx/documentos/paot/informes/informe2003_borraime/temas/suelo.pdf)

Proyecto Desinventar. (5 de Julio de 2020). *"Base de datos de desastres Desinventar"*. Obtenido de <http://www.desinventar.org>

Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007). *Movimientos en masa en la región Andina: una guía para la evaluación de amenazas*. Canadá: Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional.

Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. (1996). *Estado, sociedad y gestión de los desastres en América Latina: En busca del Paradigma Perdido*. (A. Lavell, & E. Franco, Edits.)

- Robles Romero, C. (2018). *Análisis de riesgos por deslizamientos en la administración zonal los chillos: Estrategias de prevención y mitigación*. Quito, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/15586>
- Roca, N., & Benites, E. (2018). *Impacto Ambiental por deslizamiento de suelo en el Sector Campanayocpata del Centro Poblado de Lutto en Chumbivilcas*. Cusco, Perú: Universidad César Vallejo.
- Santos, A. (2014). *Factores desencadenantes. Sismicidad y precipitaciones*. Bogotá, Colombia.
- Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias. (2014). *Alarma por nuevos agrietamientos en barrio Tambán*. Obtenido de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/alarma-por-nuevos-agrietamientos-en-barrio-tamban/>
- Secretaría Técnica Planifica Ecuador. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) Documento ejecutivo para autoridades provinciales*. Quito, Ecuador. Obtenido de <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/08/Folletos-autoridades-provinciales.pdf>
- Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencia. (2020). *Análisis de las afectaciones por asentamientos del terreno en el Barrio Tambán, Cantón Chimbo, Provincia de Bolívar*. Guayaquil.
- Suarez Diaz, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. (I. d. Ltda., Ed.) Bucaramanga, Colombia.
- USAID. (1993). *Desastres, Planificación y Desarrollo: Manejo de Amenazas Naturales para Reducir los Daños*.

## ANEXOS

### Anexo 1. Memoria fotográfica

**Fotografía 1.** Reconocimiento del área de estudio, donde se evidencia las pendientes, uso de suelo y cobertura vegetal.



**Fotografía 2.** Cicatriz del deslizamiento del año 2011 que actualmente está cubierto por vegetación arbustiva que ayudan a estabilización del suelo.



**Fotografía 3.** Existe desprendimiento de material al pie de río Yanayaku.



**Fotografía 4.** Sembríos de agrícolas en zonas de laderas al pie de río Yanayaku lo cual ayuda a la erosión de suelo.



**Fotografía 5.** Construcciones de viviendas en zona de laderas de alto susceptibilidad a deslizamientos en el barrio.



**Fotografía 6.** Zona deslizada actualmente que provoco un socavón lo cual interrumpió el tránsito vehicular por la vía estatal, colapso de las infraestructuras barrial y viviendas de los habitantes del barrio suscitado en diciembre del 2021.



**Fotografía 7.** Las aguas lluvias deprimidas a las laderas misma que erosiona y afecta su estabilidad



**Fotografía 8.** Zonas que presenta niveles de amenaza media y baja a deslizamientos donde la mayor parte se encuentran los asentamientos de viviendas.



**Fotografía 9.** Zona que presenta amenaza alta donde existe el proceso de deslizamiento del talud de la vía estatal Chimbo – Cristal



**Fotografía 10.** Áreas que presenta mayor infiltración en épocas de altas precipitaciones debido a que no cuenta con cobertura vegetal ubicadas en el pie del talud de la vía estatal



**Fotografía 11.** Zonas con cobertura vegetal que minimizan el impacto de las precipitaciones y reducen la erosión del talud ubicado en la vía estatal.



**Fotografía 12.** Reunión con el tutor para la revisión de los avances del proyecto de investigación realizado en el barrio Tambán.



## Anexo 2. Aspectos Administrativos del Trabajo de Titulación

### Presupuesto

<b>PRESUPUESTO GENERAL</b>			
<b>Tema:</b> Factores de riesgo que inciden en los deslizamientos en el barrio Tambán perteneciente al cantón Chimbo, en el periodo 2021.			
<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
<b>Bienes</b>			
2	Computadoras	600	1200
2	Libreta de apuntes	1	2
1	Memoria USB	10	10
1	Resma de papel	6	6
2	Esferos gráficos	0.50	1
3	Impresión	20	60
<b>Servicios</b>			
2	Transporte	5	10
2	Alimentación	5	10
2	Internet	25	50
<b>TOTAL</b>			<b>1349</b>

**Elaborado por:** Andrés Bayas & David Bayas, 2021



