



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO
CARRERA DE INGENIERÍA EN RIESGOS DE DESASTRES
“PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIEROS EN INGENIERÍA DE RIESGOS DE DESASTRES”.

TEMA:

EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL TALUD EN EL
BARRIO LA MERCED Y EL IMPACTO DEL USO INADECUADO DEL SUELO ANTE UN
POSIBLE DESLIZAMIENTO, GUARANDA 2024.

AUTORAS:

MIRIAN PIEDAD JOGACHO PUNINA

ANDREINA MARITZA LLUMIGUANO CHIMBO

DIRECTOR

ARQ. CÉSAR PAZMIÑO

GUARANDA – ECUADOR, 2024

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios sobre todas las cosas, quien ha guiado mi camino y me ha brindado la fortaleza necesaria para cumplir este proyecto de investigación. Su luz ha sido un faro en momentos de duda y ha hecho posible que cada paso que he dado esté lleno de propósito.

A mis queridos padres, hermanos e hija, les agradezco profundamente por su confianza y apoyo incondicional, su aliento constante me ha enseñado que cuando se propone algo con dedicación, nada es imposible. Sin su respaldo y amor, no habría podido concluir esta etapa tan significativa de mi vida.

A la Universidad Estatal de Bolívar y a la Carrera de Riesgo de Desastres, por abrirme las puertas, un agradecimiento especial a todos los docentes que me acompañaron durante mi época estudiantil, cada uno de ustedes ha dejado una huella imborrable en mi formación, compartiendo sus conocimientos teóricos y prácticos con dedicación. Gracias por inculcarnos los valores de honestidad y respeto, fundamentales para nuestra vida profesional y personal.

Finalmente, a mi tutor de tesis, el arquitecto César Pazmiño, le expreso mi más sincero agradecimiento. Su esfuerzo y amplios conocimientos han sido fundamentales en mi desarrollo académico, estoy profundamente agradecido por su dedicación y por creer en mí en cada etapa de este proceso.

Mirian Piedad Jogacho Punina

Quiero expresar mi más profundo gratitud a Dios y a la Universidad Estatal de Bolívar, especialmente a la Carrera de Ingeniería en Riesgos de Desastres. Por medio de la presente, expreso mi más sincero agradecimiento a todos los docentes que han compartido sus valiosos conocimientos teóricos y prácticos en cada una de sus especialidades. Su dedicación y compromiso han sido fundamentales para inculcar en nosotros los principios de honestidad y respeto, valores que sin duda alguna nos acompañarán y guiarán en nuestra vida profesional.

*A mi madre, María Chimbo, quien siempre ha sido mi pilar primordial en las buenas y en las malas. Gracias por ser mi mejor amiga, por el cariño y amor incondicional que me brindas, y siempre me acompañaste en los momentos que quise rendirme con tu motivación enfrente los desafío que se atravesaban en el transcurso de esta etapa estudiantil nunca me has dejado sola y siempre depositaste toda tu fe mí .**TE AMO MADRE.***

A mi querida segunda madre, Isabel Llumiguano, quiero expresar mi más sincero y profundo agradecimiento por su apoyo incondicional ha sido un faro de esperanza y consuelo en los momentos más difíciles de mi vida. Aprecio y valoro enormemente todo lo que ha hecho por mí durante esta etapa de mi vida. Su presencia ha sido un pilar fundamental y su amor, una fuente inagotable de fortaleza.

*A mi padre, Juan Llumiguano, gracias por ser mi mejor amigo, por cada consejo y cada palabra de aliento. Me has mostrado que cualquier objetivo que me proponga puedo conseguirlo. **TE AMO PADRE.***

*A mis queridas hermanas y hermanos, por su apoyo incondicional en cada uno de mis logros y fracasos. Su apoyo ha sido una inspiración constante, permitiéndonos enfrentar y superar los desafíos que se han presentado a lo largo de estos años. **LOS AMOS MUCHO.***

Al arquitecto César Pazmiño, por brindarme la oportunidad de realizar mi trabajo de titulación, aprecio su paciencia y la enseñanza que me ofreció en cada etapa del proyecto, así como su apoyo constante.

Quiero expresar mi profundo agradecimiento al ingeniero Paul Flores por su ayuda desinteresada en la toma de muestras y el levantamiento de información en el área de estudio, así como al laboratorio WIDCAD, que me brindó la asistencia necesaria para realizar los ensayos de mi trabajo de titulación. Su colaboración ha sido clave para el logro de este proyecto.

Andreina Maritza Llumiguano Chimbo.

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por haberme otorgado salud, vida y la fortaleza necesaria para enfrentar cada desafío que se presentó en mi camino. A mis queridos padres, Vidal Jogacho y Zoila Punina, por su amor incondicional y su constante apoyo a lo largo de mi trayectoria académica, su sacrificio y dedicación han sido fundamentales para que pudiera alcanzar mis metas y realizar mis sueños, cada sacrificio que hicieron y cada palabra de aliento que me brindaron han dejado una huella profunda en mi vida. Sin su apoyo, no habría podido llegar hasta aquí, y cada logro que alcanzo es también un reflejo de su amor y compromiso.

En especial, a mi hija Aylin Nájera Jogacho, quien ha sido mi mayor fuente de inspiración y motivación, su amor incondicional y su risa contagiosa han iluminado mi camino en cada momento, cada paso que doy y cada logro que alcanzo están dedicados a ti, ya que eres la luz que guía mis decisiones y el impulso que me anima a seguir adelante. Aylin, deseo que siempre recuerdes que las metas son alcanzables con dedicación y esfuerzo. Gracias por ser mi compañera durante este recorrido.

A mi familia en general, cuyo aliento y palabras de apoyo han sido pilares fundamentales en mi trayectoria académica, cada consejo y gesto que me brindaron me han impulsado a seguir adelante y alcanzar con éxito mi carrera profesional. Este logro no solo es mío, sino un testimonio del esfuerzo colectivo y el amor incondicional que siempre me han rodeado. Gracias por estar a mi lado, por creer en mí incluso cuando yo dudaba, y por ser mi mayor fortaleza en este proceso.

Mirian Piedad Jogacho Punina

Con el corazón rebosante de gratitud, dedico este logro a mi Creador, Dios todopoderoso. Tú has sido mi guía y sostén inquebrantable a lo largo de este proceso, otorgándome la fortaleza, la dirección y el amor incondicional que han iluminado cada etapa de mi recorrido. En los instantes de incertidumbre y dificultad, he sentido tu presencia reconfortante, brindándome la fuerza necesaria para perseverar. Este triunfo es tanto tuyo como mío, y lo celebro con el más profundo agradecimiento.

A mi amada abuelita María Chimbo y a mi tío Calo Chimbo Zaruma, Sus espíritus bondadosos y sabios han sido mi faro en los momentos más oscuros. Aunque ya no estén físicamente conmigo, las invaluable enseñanzas que me dejaron continúan iluminando mi camino, guiándome con la luz de su legado. Este logro es una ofrenda a sus memorias, un homenaje a los sólidos cimientos de valores que sembraron en mí y al ejemplo de vida que me dejaron como herencia. Sé que, desde el cielo, sonríen con orgullo, pues su esencia perdurará por siempre en mi corazón y en cada una de mis acciones.

Con profundo cariño, dedico este logro a mis amados padres, hermanos/as. Ustedes han sido mi fortaleza y mi guía, Ofreciéndome su amor sin condiciones y su firme respaldo en cada etapa del recorrido. Su presencia constante, incluso en los momentos más difíciles, ha sido el refugio donde he encontrado la fuerza para seguir adelante. Agradezco infinitamente las valiosas lecciones que me han enseñado, recordándome que la unión y el amor son las fuerzas más poderosas que existen.

Con gratitud y amor, dedico este logro a ustedes, que son la razón de mi perseverancia. Este sueño no solo es mío, sino también un tributo a todo lo que han hecho por mí.

Andreina Maritza Llumiguano Chimbo.

TEMA:

EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL TALUD EN EL BARRIO LA MERCED Y EL IMPACTO DEL USO INADECUADO DEL SUELO ANTE UN POSIBLE DESLIZAMIENTO, GUARANDA 2024.

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR



El suscrito Arquitecto César Pazmiño, en calidad de **TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**, docente de la Universidad Estatal de Bolívar.

CERTIFICA

Que la Srta. **JOGACHO PUNINA MIRIAN PIEDAD**, portadora de la cédula **025006916-8** y la Srta. **LLUMIGUANO CHIMBO ANDREINA MARITZA**, portadora de la cédula **025006935-8**, estudiantes de la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y DEL SER HUMANO, culminados en la **Carrera de Ingeniería en Riesgos de Desastres**, modalidad presencial, una vez revisado el documento **“EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL TALUD EN EL BARRIO LA MERCED Y EL IMPACTO DEL USO INADECUADO DEL SUELO ANTE UN POSIBLE DESLIZAMIENTO, GUARANDA 2024**, pueden proceder a realizar el proceso del empaste de su proyecto de investigación.

Guaranda, 04 de abril del 2025.

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'César Pazmiño', is written over a horizontal dotted line.

Arq. César Pazmiño

Tutor del proyecto de investigación.

DERECHOS DE AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Yo/nosotros **JOGACHO PUNINA MIRIAN PIEDAD** y **LLUMIGUANO CHIMBO ANDREINA MARITZA** portador/res de la Cédula de Identidad No0250069168 y0250069358 en calidad de autor/res y titular / es de los derechos morales y patrimoniales del Trabajo de Titulación: **Evaluación de la estabilidad estructural del talud en el barrio La Merced y el impacto del uso inadecuado del suelo ante un posible deslizamiento, Guaranda 2024.**

Modalidad Proyecto de Investigación, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, concedemos a favor de la Universidad Estatal de Bolívar, una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservamos a mi/nuestro favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo/autorizamos a la Universidad Estatal de Bolívar, para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Digital, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El (los) autor (es) declara (n) que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

.....
**JOGACHO PUNINA MIRIAN
PIEDAD**
C. I. 025006916 -8

.....
**LLUMIGUANO CHIMBO ANDREINA
MARITZA**

C. I. 025006935 -8

DERECHOS DE AUTORÍA



DERECHOS DE AUTOR NOTARIZADA

Yo, **Jogacho Punina Mirian Piedad**, portadora de la cédula **025006916-8** y **Llumiguano Chimbo Andreina Maritza**, portadora de la cédula **025006935-8**, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito **“EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL TALUD EN EL BARRIO LA MERCED Y EL IMPACTO DEL USO INADECUADO DEL SUELO ANTE UN POSIBLE DESLIZAMIENTO, GUARANDA 2024”** es de nuestra autoría; este documento no ha sido presentado previamente, las referencias bibliográficas que se incluyen han sido presentadas con sus respectivos autores.

La Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su Reglamento y por la Normativa Institucional vigente.

**JOGACHO PUNINA MIRIAN
PIEDAD**

C. I. 025006916 -8

**LLUMIGUANO CHIMBOANDREINA
MARITZA**

C. I. 025006935-8

ÍNDICE DE CONTENIDO GENERAL

AGRADECIMIENTO	II
DEDICATORIA	IV
TEMA:.....	VI
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR Y PAR ACADÉMICO	VII
DERECHOS DE AUTORÍA	X
ÍNDICE DE CONTENIDO GENERAL	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XV
ÍNDICE DE FIGURAS	XVII
ÍNDICE DE MAPAS.....	XIX
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	XX
ÍNDICE DE ANEXOS	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXII
RESUMEN	XXIV
ABSTRACT	XXV
CAPÍTULO I. FORMULACIÓN GENERAL DEL PROYECTO	1
1.1. Planteamiento del Problema.	1

1.2. Formulación del Problema.....	3
1.3. Preguntas de Investigación	3
1.4. Justificación	4
1.5. Objetivos: General y Específicos.....	6
1.5.1. Objetivo general:.....	6
1.5.2. Objetivos Especifico:	6
1.6. Variables (Operacionalización)	6
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Referencial o Georreferencial.....	9
2.2. Antecedentes académicos y artículos de investigación	17
2.3. Científico	21
2.3.2. Estabilidad de Taludes.	23
2.3.3. En el talud o ladera se identifican los siguientes elementos fundamentales.	24
2.3.4. Categorías de los Taludes.	25
2.3.5. Factores que afectan la estabilidad de los taludes.....	27
2.3.6. Suelos.....	31
2.3.7. Depósitos de suelo en la naturaleza	32
2.3.7.2. Suelos transportados	32
2.3.8. Tamaño de partícula de suelo	33

2.3.9. Análisis mecánico de suelo.....	35
2.3.10. Límites de Atterberg.....	36
2.3.11. Consistencia del suelo.....	41
2.3.12. Factor de seguridad.....	41
2.3.13. Deslizamientos.....	42
2.3.14. Factores que inciden en los deslizamientos.....	43
2.3.15. Clasificación de los deslizamientos.....	45
2.4. Base Legal.....	50
2.5 Glosario de términos.....	53
CAPITULO III. METODOLOGÍA.....	56
3.1. Tipo de Investigación.....	56
3.1.1. Investigación descriptiva:.....	56
3.2. Enfoque de la investigación.....	57
3.2.1. Enfoque Cuantitativo:.....	57
3.3. Métodos de Investigación:.....	57
3.3.1. Métodos de Equilibrio Límite.....	57
3.3.2. Método de Bishop simplificado.....	57
3.3.3. Método de Janbu.....	58
3.3.3. Método de Spencer.....	59

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos:	59
3.5. Población, Muestra y Universo.....	60
3.6. Técnicas de análisis y procesamiento de la Información.....	61
Objetivo N°1.....	61
Objetivo N°2.....	63
Objetivo N°3.....	66
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	67
4.1. Análisis, Interpretación y Discusión de Resultados:	67
4.1.1. Resultados del objetivo N°1:	67
4.1.2. Propiedades geotécnicas	67
4.1.2. Resultados del objetivo N°2:	85
4.1.3. Resultados del objetivo N°3:	98
4.1.4. Matriz de medidas de mitigación y refuerzo estructural En Barrio La Merced en Guaranda.....	99
CAPITULO V. PROPUESTA (de ser el caso).....	102
5.1. Conclusiones:.....	102
5.2. Recomendaciones:	104
6.Bibliografía	105
7.Anexos	111

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla1 <i>Definición de variables Independiente (Estabilidad estructural del talud).</i>	7
Tabla2 <i>Definición de variables Dependiente (Uso inadecuado del suelo).</i>	8
Tabla3 <i>Características del barrio La Merced.</i>	10
Tabla 4 <i>Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)</i>	35
Tabla 5 <i>Muestra los tamaños estándar de tamices.</i>	36
Tabla 6 <i>Tipos de suelos de la zona de estudio.</i>	61
Tabla 7 <i>Criterio de valoración del grado de estabilidad del talud.</i>	66
Tabla 8 <i>Ensayos de suelo para realizar en el laboratorio WIDCAD.</i>	72
Tabla 9 <i>Muestra N°1.</i>	74
Tabla 10 <i>Resultado de la Muestra N°1.</i>	75
Tabla 11 <i>Muestra N°2.</i>	76
Tabla 12 <i>Resultado de la Muestra N°2.</i>	77
Tabla 13 <i>Muestra N°3.</i>	78
Tabla 14 <i>Resultado de la Muestra N°3.</i>	80
Tabla 15 <i>Muestra N°4.</i>	80
Tabla 16 <i>Resultado de la Muestra N°4.</i>	82
Tabla 17 <i>Muestra N°5.</i>	82
Tabla 18 <i>Resultado de la Muestra N°5.</i>	84
Tabla 19 <i>Consolidado Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).</i>	84
Tabla 20 <i>Evaluación de la estabilidad de taludes (BISHOP) Perfil 1 sin considerar el coeficiente sísmico.</i>	88

Tabla 21 <i>Comprobación de la estabilidad de taludes (BISHOP) Perfil 1 considerando el coeficiente sísmico.</i>	89
Tabla 22 <i>Comprobación de la estabilidad de taludes (BISHOP) Perfil 2 sin considerar el coeficiente sísmico.</i>	90
Tabla 23 <i>Comprobación de estabilidad de taludes (BISHOP) Perfil 2.</i>	91
Tabla 24 <i>Comprobación de estabilidad de taludes (BISHOP) Perfil3 Con coeficiente sísmico ..</i>	92
Tabla 25 <i>Comprobación de estabilidad de taludes (BISHOP) Perfil 3Con coeficiente sísmico. .</i>	93
Tabla 26 <i>Comprobación de estabilidad de taludes (BISHOP) Perfil 4 Sin coeficiente sísmico... </i>	94
Tabla 27 <i>Comprobación de estabilidad de taludes (BISHOP) Perfil 4 Con coeficiente sísmico ..</i>	95
Tabla 28 <i>Comprobación de estabilidad de taludes (BISHOP) Perfil 5 Sin coeficiente sísmico. ..</i>	96
Tabla 29 <i>Comprobación de estabilidad de taludes (BISHOP) Perfil 5 Con coeficiente sísmico</i>	97
Tabla 30. <i>Medidas de Mitigación y refuerzo estructural ante un posible deslizamiento.</i>	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Talud</i>	22
Figura 2	<i>Nomenclatura de taludes y laderas</i>	23
Figura 3	<i>Partes generales de un talud o ladera</i>	24
Figura 4	<i>Talud Terraplenes</i>	26
Figura 5	<i>Impacto de la erosión en el talud</i>	28
Figura 6	<i>Talud expuesto a la precipitación</i>	28
Figura 7	<i>Impacto de la erosión en la pendiente</i>	29
Figura 8	<i>Aspectos geológicos que pueden ocasionar el colapso de un talud</i>	30
Figura 9	<i>Excavación en el pie de un talud</i>	31
Figura 10	<i>Límites de Arterberg (Das,2015)</i>	38
Figura 11	<i>Representación gráfica de los parámetros de la ecuación de Coulomb</i>	41
Figura 12	<i>Los Tipos de Deslizamiento</i>	43
Figura 13	<i>Deslizamientos Rotacionales</i>	46
Figura 14	<i>Deslizamientos Traslacionales</i>	48
Figura 15	<i>Método de Bishop-Tipo de análisis “Sin coeficiente sísmico”</i>	88
Figura 16	<i>Método de Bishop-Tipo de análisis “con coeficiente sísmico”</i>	89
Figura 17	<i>Método de Bishop-Tipo de análisis “Sin coeficiente sísmico”</i>	90
Figura 18	<i>Método de Bishop-Tipo de análisis “Con coeficiente sísmico”</i>	91
Figura 19	<i>Método de Bishop-Tipo de análisis “Sin coeficiente sísmico”</i>	92
Figura 20	<i>Método de Bishop-Tipo de análisis “Con coeficiente sísmico”</i>	93
Figura 21	<i>Método de Bishop-Tipo de análisis “Sin coeficiente sísmico”</i>	94
Figura 22	<i>Método de Bishop-Tipo de análisis “Con coeficiente sísmico”</i>	95

Figura 23	<i>Método de Bishop-Tipo de análisis “Sin coeficiente sísmico”</i>	96
Figura 24	<i>Método de Bishop-Tipo de análisis “Con coeficiente sísmico”</i>	97

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1	<i>Mapa de ubicación del barrio La Merced.</i>	9
Mapa 2	<i>Se visualiza la zona de estudio.</i>	10
Mapa 3	<i>Mapa de precipitación del cantón Guaranda.</i>	12
Mapa 4	<i>Mapa geológico de Guaranda.</i>	13
Mapa 5	<i>Se visualiza el área en relación con los suelos del cantón Guaranda.</i>	14
Mapa 6	<i>Se observa el sitio sobre la vegetación.</i>	16
Mapa 7	<i>Muestra las Rutas de acceso al Barrio La Merced.</i>	17
Mapa 8	<i>Mapa para diseño Sísmico de cantón Guaranda.</i>	64
Mapa 9	<i>Caracterización de Muestras en el Talud del Barrio La Merced.</i>	68
Mapa 10	<i>Identificación de Perfiles para Modelación en GEO.</i>	86

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1	<i>Desprendimiento de rocas en la carretera hacia San Bartolo.</i>	46
Fotografía 2	<i>Deslizamientos de Lodo.</i>	49
Fotografía3	<i>Flujo y avalancha en la vía a Paltabamba.</i>	49
Fotografía 4	<i>Salida de campo.</i>	69
Fotografía 5	<i>Se muestra vegetación de la zona de estudio.</i>	70
Fotografía 6	<i>Se visualiza los suelos que será clasificado para la muestra.</i>	71
Fotografía 7	<i>Recolección de muestras.</i>	72
Fotografía 8	<i>Preparación de la muestra.</i>	72
Fotografía 9	<i>Preparación de la muestra para el tamizado.</i>	73
Fotografía 10	<i>Clasificación de suelo desde el Tamiz 04.</i>	73
Fotografía 11	<i>Inserción de la Muestra en el Horno.</i>	73

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	<i>Cronograma Tentativo (Gantt)</i>	111
Anexo 2	<i>Presupuesto Ejecutado</i>	113
Anexo 3	<i>Fichas Técnicas</i>	114
Anexo 4	<i>Clasificación del suelo según la NEC-15</i>	118
Anexo 5	<i>Tipos de Muestras de Suelo en el Barrio La Merced, Ciudad de Guaranda</i>	118
Anexo 6	<i>Análisis de estabilidad de taludes Entrada de datos</i>	119
Anexo 7	<i>Parámetros del suelo: estado de tensión efectivo</i>	123
Anexo 8	<i>Resultados (Etapa de construcción 1)</i>	127

INTRODUCCIÓN

Ecuador está situado en una ubicación geográfica que lo hace susceptible a varios riesgos naturales, que constituyen riesgos considerables, particularmente en el marco del crecimiento demográfico. Los atributos físicos de la nación, tales como su localización en la región ecuatorial junto al océano Pacífico, el impacto de fenómenos climáticos como El Niño (ENOS), su geografía con pendientes pronunciadas y largas, estructuras geológicas propensas a la erosión, y las precipitaciones abundantes que favorecen los deslizamientos.

Los deslizamientos de tierra han incrementado su frecuencia, provocando pérdidas importantes de vidas y perjuicios materiales, particularmente en zonas urbanas en crecimiento. Es crucial que la edificación de viviendas y actividades comerciales contemple medidas de protección adecuadas y normativas que incorporen investigaciones geotécnicas y evaluaciones de estabilidad de taludes, teniendo en cuenta las particularidades del terreno y los elementos ambientales.

Específicamente, el Barrio La Merced, situado en la parroquia Ángel Polibio Chávez de Guaranda, ha sufrido movimientos masivos que no son únicamente contribuye al aumento demográfico, sino más bien a elementos antrópicos como la deforestación, incendios forestales, malas prácticas agrícolas, excavaciones y edificaciones en terrenos inclinados sin cumplir con la Norma Ecuatoriana de construcción (NEC). La falta de un sistema de drenaje para las aguas pluviales empeora aún más la circunstancia.

Este estudio presenta un enfoque cuantitativo que abarca investigaciones geotécnicas minuciosas, análisis de la vegetación y una revisión completa de las normativas urbanísticas actuales, con la finalidad de identificar las zonas más vulnerables a deslizamientos en el barrio.

Se realizar ensayos de laboratorio para valorar las características mecánicas del terreno y con la ayuda del software GEO 5 para simular la estabilidad de los taludes. Además, se examinará

la correlación entre la utilización del terreno y la estabilidad del talud, lo que permitirá la elaboración de sugerencias concretas para disminuir el peligro de deslizamientos.

Con base en los resultados del estudio, se procederá a implementar medidas preventivas y estrategias de mitigación de riesgos, con el objetivo de reducir los daños potenciales causados por movimientos de remoción en masa. Este enfoque proporcionará un recurso valioso para la administración local en la planificación y el desarrollo territorial. La estructura del presente trabajo de investigación se presenta de la siguiente manera el Capítulo I aborda el problema, la justificación y los objetivos generales y específicos; el Capítulo II contiene el marco teórico, antecedentes y variables; el Capítulo III describe el marco metodológico con las técnicas e instrumentos utilizados; el Capítulo IV expone los resultados conforme a los objetivos planteados; el Capítulo V incluye la propuesta metodológica/tecnológica aplicable a la zona de estudio; y, finalmente, el Capítulo VI se presenta conclusiones y recomendaciones basadas en los hallazgos de la investigación.

RESUMEN

Este estudio se centra en la evaluación de la estabilidad del Barrio La Merced en Guaranda, una zona que presenta vulnerabilidad a deslizamientos. La realización de un análisis de riesgos en esta área es fundamental para prevenir pérdidas humanas y daños materiales. Además, este proceso es eficiente para capacitar a los residentes en la gestión de posibles eventos adversos durante la temporada de lluvias.

Para determinar la estabilidad del talud, se empleó el software GEO5, utilizando el método de Bishop, que facilita el cálculo del factor de seguridad bajo condiciones específicas. Se incorporaron datos críticos, como el tipo de suelo, el ángulo de fricción, la cohesión del material, sin coeficiente sísmico el FS1.50 y con coeficiente sísmico FS 1.05 y un coeficiente sísmico horizontal de 0.026, lo que establece una base sólida para el análisis.

La digitalización de los taludes se realizó mediante la obtención de coordenadas de longitud (x) y altitud (z) utilizando herramientas como Google Earth, Excel, Global Mapper y AutoCAD. Este procedimiento permitió identificar zonas inestables, resaltando la vulnerabilidad del terreno ante deslizamientos, impacto del uso inadecuado del suelo debido a las prácticas de urbanización descontrolada, deforestación y técnicas agrícolas.

Para implementar medidas de mitigación en las áreas susceptibles, se consideraron diversas alternativas enfocadas en los sectores más vulnerables, teniendo en cuenta tanto la amenaza geológica como los factores de riesgo asociados.

Palabras claves: Tipo de suelo, Coeficiente sísmico, Urbanización descontrolada, Amenaza geológica, Deforestación.

ABSTRACT

This study focuses on the evaluation of the stability of Barrio La Merced in Guaranda, an area vulnerable to landslides. Conducting a risk analysis in this area is essential to prevent human losses and property damage. In addition, this process is efficient to train residents in the management of possible adverse events during the rainy season.

To determine the slope stability, GEO5 software was used, using Bishop's method, which facilitates the calculation of the factor of safety under specific conditions. Critical data were incorporated, such as soil type, friction angle, material cohesion, without seismic coefficient FS1.50 and with seismic coefficient FS 1.05 and a horizontal seismic coefficient of 0.026, which establishes a solid basis for the analysis.

The digitalization of the slopes was carried out by obtaining longitude (x) and altitude (z) coordinates using tools such as Google Earth, Excel, Global Mapper and AutoCAD. This procedure made it possible to identify unstable areas, highlighting the vulnerability of the terrain to landslides, the impact of inappropriate land use due to uncontrolled urbanization practices, deforestation and agricultural techniques.

In order to implement mitigation measures in susceptible areas, various alternatives were considered, focused on the most vulnerable sectors, taking into account both the geological hazard and the associated risk factors. The purpose is to protect human life, safeguard infrastructure and minimize economic and environmental losses in the territory.

Keywords: Soil type, Seismic coefficient, Uncontrolled urbanization, Geological threat, Deforestation.

CAPÍTULO I. FORMULACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

1.1. Planteamiento del Problema.

Ecuador enfrenta una diversidad de amenazas debido a su ubicación geográfica y condiciones climáticas. La combinación de factores geológicos y tectónicos aumenta la vulnerabilidad del país, lo que da lugar a eventos adversos como inundaciones, desbordamientos de ríos, erupciones volcánicas, incendios forestales, deslizamientos y terremotos (González.M&Martínez, 2019) . Cada provincia ha experimentado algún tipo de adversidad, lo que repercute en el desarrollo sostenible y sustentable (Ministerio de Ambiente, 2020).

La interacción de la actividad tectónica, en especial en la región andina, y el clima variado, que incluye fenómenos como El Niño, contribuyen a la frecuencia e intensidad de estos desastres (Cruz, 2021). Además, la limitada participación de las autoridades en temáticas de gestión de riesgo ha exacerbado la situación. La carencia de políticas efectivas enfocadas en la reducción del riesgo de desastres impide que el país se prepare adecuadamente para enfrentar futuros eventos adversos (ONU, 2022).

La provincia de Bolívar, al estar situada en zonas montañosas, es especialmente susceptible a deslizamientos. Esto se debe a la interacción de cuatro elementos críticos: topografía, sismicidad, meteorización y precipitación atmosférica (González R. &., 2020). Durante las últimas décadas, numerosos investigadores se han dedicado a clasificar los tipos de fallas que pueden ocurrir en taludes y laderas, con el fin de establecer una terminología adecuada para describir los movimientos del terreno y proponer métodos que evalúen su estabilidad, así como corregir fallas en taludes inestables. En la parte noroeste del centro urbano, en la loma San Jacinto, se ubica el barrio La Merced, el cual presenta un cerro escarpado con pendientes pronunciadas. La litología

de la zona está compuesta por una mezcla de arenas, arcillas, gravas y rocas volcánicas, lo que impacta negativamente en la estabilidad del terreno.

La investigación se centra en el sector La Merced, Guaranda, caracterizado por su topografía inclinada, ha experimentado un crecimiento descontrolado demográfico, construcciones de viviendas en áreas inestables, la deforestación y la ausencia de planificación urbana. Estas acciones no solo comprometen la integridad del talud, sino que también elevan de manera considerable el riesgo de deslizamientos, especialmente durante las épocas invernales. La problemática radica en la inestabilidad del talud, que puede desencadenar desastres naturales afectando a los residentes, la infraestructura y el entorno. La falta de un diagnóstico geotécnico adecuado ha dificultado la comprensión del suelo y su comportamiento ante diversas condiciones climáticas y de carga, mientras que el uso inapropiado del suelo ha fomentado la erosión y pérdida de cobertura vegetal, esenciales para la estabilidad del terreno. La aparición de grietas ha preocupado a los habitantes. Para identificar las causas de la inestabilidad y mitigar riesgos, se requiere una investigación detallada que permita implementar medidas efectivas. El proyecto no solo mejora la seguridad, sino que también fomenta la concientización sobre el uso sostenible del suelo, ofreciendo soluciones prácticas duraderas para la inestabilidad del talud.

Finalmente, la aplicación de estos principios permitirá desarrollar técnicas específicas para mejorar la estabilidad de los taludes y minimizar el riesgo de deslizamientos, asegurando un futuro más seguro para los habitantes del barrio La Merced. (Ramírez A. L., 2023).

1.2. Formulación del Problema

¿Qué factores técnicos se debe considerar para la evaluación de la estabilidad estructural del talud en el barrio la Merced y el impacto del uso inadecuado del suelo ante un posible deslizamiento?

1.3. Preguntas de Investigación

¿Cuáles son las propiedades geotécnicas del suelo en el talud del barrio la Merced que afectan su estabilidad?

¿Cómo afectan las condiciones climáticas, como la lluvia y la humedad, a la estabilidad del talud?

¿Qué prácticas de uso del suelo se han identificado como inadecuadas en el barrio la Merced y cómo contribuyen al riesgo de deslizamiento?

1.4. Justificación

Con base a (Demorales, 2020), en su estudio titulado “Cartografía de riesgos y capacidades en el Ecuador”, la provincia de Bolívar enfrenta entre 10 y 20 deslizamientos anuales, lo que la clasifica con un nivel de peligro alto (orden 3) en relación a este tipo de eventos. Además, el Mapa de Nivel Sintético de Amenaza de Origen Natural indica un grado de 6 a 8° en cuanto a derrumbes. Esta problemática se ha intensificado en la actualidad, ya que el cantón Guaranda ha sido escenario de varios deslizamientos significativos.

El Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT, 2021) del cantón estima que aproximadamente el 72% del territorio presenta alta susceptibilidad a fenómenos de movimientos en masa. Estos eventos son particularmente frecuentes en las zonas altas y medias, especialmente durante la temporada invernal, que se extiende de enero a mayo. La combinación de factores geológicos, climáticos y el uso inadecuado del suelo agravan esta situación, subrayando la necesidad de implementar estrategias efectivas de gestión del riesgo para mitigar los impactos de estos desastres naturales.

El barrio La Merced, situado en la ciudad de Guaranda, se encuentra en la Loma San Jacinto, la cual se distingue por sus pendientes pronunciadas que, junto con la litología y la disposición espacial, contribuyen a su particularidad. Este sector es conocido por su historial sísmico, con magnitudes que oscilan entre 4.9 y 5.9, y enfrenta problemas adicionales como la deforestación, actividades antrópicas y el uso inadecuado del suelo. Además, se han reportado fenómenos de remoción en masa recurrentes que afectan la vía E91, conocida como la carretera Ambato-Babahoyo, que es la única ruta de entrada y salida del cantón y que se congestiona especialmente durante épocas festivas.

Para abordar esta problemática, el GAD de Guaranda ha propuesto un nuevo trazado vial por el sector de la Loma San Jacinto con el fin de agilizar el tránsito intra e Inter cantonal. Sin embargo, es evidente que se requiere un estudio detallado de las características del terreno para determinar las dimensiones adecuadas del talud a seccionar. La importancia de esta exploración se fundamenta en su potencial para salvaguardar vidas y propiedades. Los deslizamientos no solo representan una amenaza directa para la seguridad de los habitantes, sino que también pueden provocar daños económicos significativos y afectar el desarrollo sostenible de la comunidad. Al abordar esta problemática, se busca promover un uso más responsable del suelo, alineado con las normativas de gestión de riesgos.

El propósito principal de este estudio es examinar la estabilidad del talud en el barrio La Merced, mediante el cálculo del factor de seguridad para evaluar diversos escenarios potenciales. Este enfoque permitirá identificar con precisión las condiciones actuales del terreno y anticipar posibles fallas que puedan poner en riesgo la seguridad del barrio. Además, desde un enfoque teórico, contribuirá al conocimiento sobre la dinámica de los taludes en áreas urbanas vulnerables. Metodológicamente, se establecerán protocolos replicables en otras poblaciones con condiciones similares. Desde un punto de vista práctico, la implementación de los hallazgos permitirá diseñar medidas de prevención y mitigación que aumenten la resiliencia de la comunidad ante eventos climáticos extremos, asegurando un futuro más seguro y sostenible para los habitantes del barrio La Merced.

El beneficio a largo plazo de esta investigación radica en proporcionar claridad y directrices concretas sobre cómo iniciar los trabajos viales por parte del GAD del Cantón Guaranda. De este modo, se favorecerá al desarrollo de un plan de acción efectivo que no solo atienda la urgencia de la situación actual, sino que también promueva un crecimiento sostenible y ordenado a futuro.

1.5. Objetivos: General y Específicos

1.5.1. Objetivo general:

- Evaluar la estabilidad estructural del talud del barrio la Merced y el impacto del uso inadecuado del suelo ante un posible deslizamiento.

1.5.2. Objetivos Especifico:

- Establecer el diagnóstico geotécnico del talud en el barrio la Merced.
- Modelar el comportamiento del talud utilizando software especializado (Geo5).
- Proponer medidas de mitigación y refuerzo estructural del talud.

1.6. Variables (Operacionalización)

Independiente

Estabilidad estructural del talud

Dependiente

Uso inadecuado del suelo

Tabla1*Definición de variables Independiente (Estabilidad estructural del talud).*

VARIABLE INPENDIENTE					
Variable	Definición	Dimensión	Indicador	Ítems	Técnica e instrumento
Estabilidad estructural del talud	Es la capacidad del terreno para conservar su forma y estructura original frente a diversas condiciones de cargas y resistencia, sin experimentar daños o deformaciones que puedan afectar su integridad y persistencia.	Geotécnica.	Factor de seguridad del talud.	Tipo de material	Software de análisis de talud.
		Hidrología.	Nivel de saturación.	Permeabilidad del suelo	Pruebas del laboratorio
		Mecánica de suelo.	Capacidad del suelo para resistir el corte.	cohesión y ángulo de fricción.	Pruebas del laboratorio
		Geométrica	Pendiente de talud.	Ángulo de inclinación.	Revisión documental.

Nota: Jogacho.M & Llumiguano. A,2024.

Tabla2*Definición de variables Dependiente (Uso inadecuado del suelo).*

VARIABLE DEPENDIENTE					
Variable	Definición	Dimensión	Indicador	Ítems	Técnica e instrumento
Uso inadecuado del suelo	El uso inadecuado del suelo es la responsable de comprometer negativamente las funciones ecológicas, económicas y sociales a largo plazo. Prácticas como la construcción en áreas inestables, la deforestación, la agricultura intensiva y la urbanización descontrolada agravan esta situación. Abordar estos problemas es fundamental para asegurar un desarrollo sostenible y preservar el medio ambiente para las futuras generaciones.	Planificación territorial.	Cumplimiento de normativas y planes de desarrollo en el barrio.	Escasez de normativas de uso del suelo.	Revisión documental.
		Asentamiento humano.	Asentamiento en zona de riesgo.	Cantidad de asentamiento localizada en aéreas.	Observación directa y entrevista a la población afectada.
		Factores ambientales	Impacto de la deforestación y la urbanización.	Tasa de deforestación y transformación del uso del suelo.	Observación directa
		Concienciación comunitaria	Grado de comprensión en la gestión sostenible del uso del suelo.	Instrumentos de evaluación de percepción del uso del suelo.	Entrevista.

Nota: Jogacho .M& Llumiguano.A,2024.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

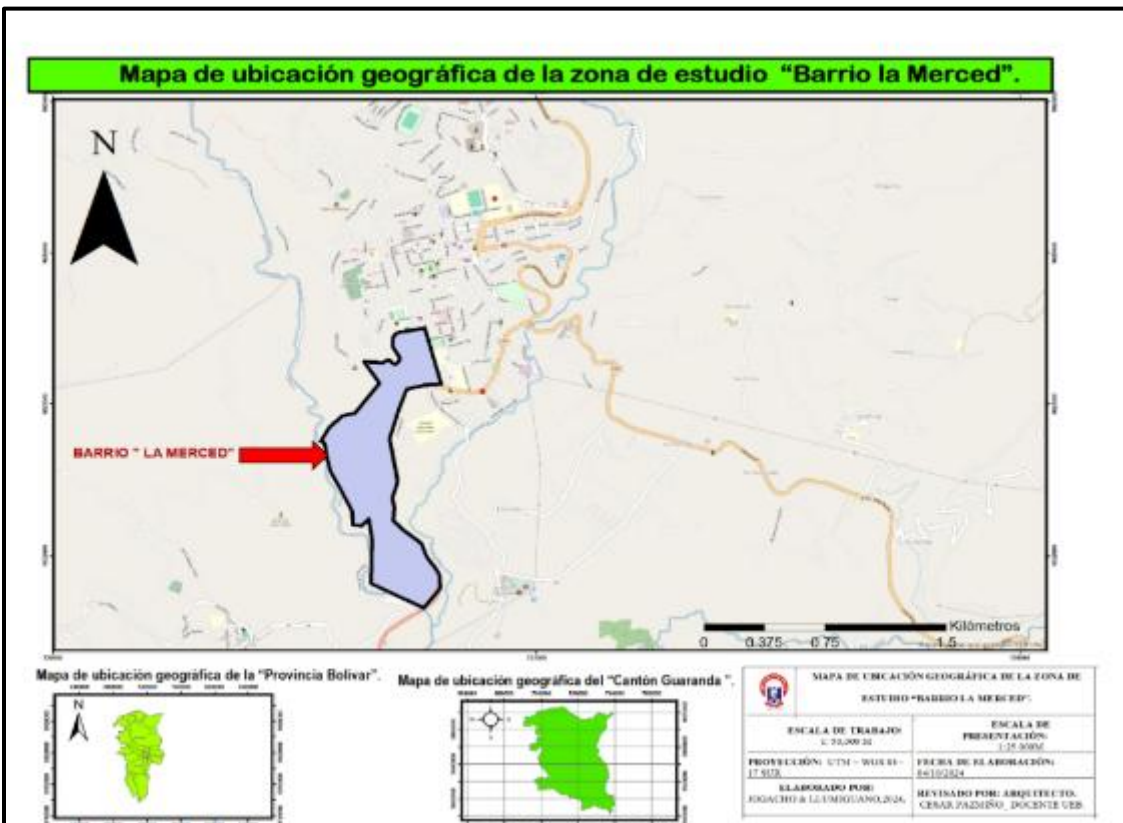
2.1. Referencial o Georreferencial

Ubicación:

El barrio La Merced se encuentra en la zona sur del cantón Guaranda, en la provincia de Bolívar, Ecuador. Está situado sobre un cerro escarpado, con su base limitando con la vía panamericana Guaranda-Babahoyo. Esta ubicación le proporciona acceso directo a la carretera principal, facilitando la conectividad con otras áreas del cantón y regiones adyacentes. (PDOT, 2021).

Mapa 1

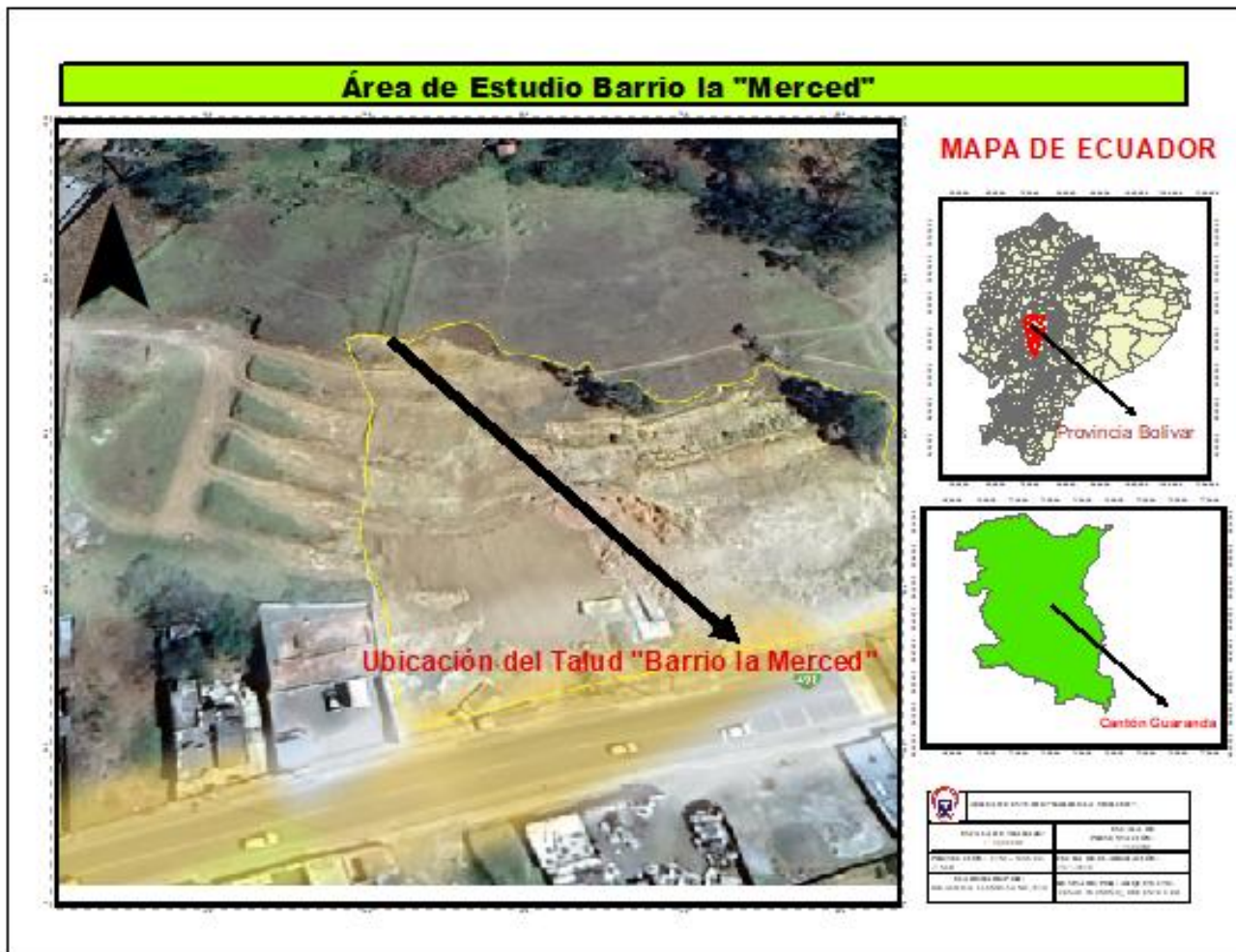
Mapa de ubicación del barrio La Merced.



Nota: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.

Mapa 2

Se visualiza la zona de estudio.



Fuente: Google Earth, 2024.

Tabla3

Características del barrio La Merced.

Características	Descripción
Ubicación:	Cantón Guaranda, provincia de Bolívar, Ecuador.
Coordenadas:	Latitud: 722099.503, Longitud: 9822903.467.

Extensión:	Aproximadamente 488,320 m ² .
Clima:	Temperaturas entre 4 °C a 24 °C, con variaciones según la altitud.
Precipitaciones:	Medias anuales entre 500 mm y 2,000 mm.
Infraestructura:	Acceso a la vía panamericana Guaranda-Babahoyo, pero con desafíos en el sistema de drenaje.
Población:	Comunidad en crecimiento, con características socioeconómicas diversas.

Nota: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.

Contexto histórico

De acuerdo con (Martínez L. L., 2019) el barrio La Merced se distingue por tener un clima ecuatorial mega térmico semihúmedo. Este clima se caracteriza por temperaturas elevadas y una notable humedad que se mantiene durante gran parte del año. Las condiciones térmicas y de precipitación en la región promueven la biodiversidad local y son determinantes en las actividades económicas y sociales de sus residentes. Asimismo, el patrón de lluvias en este tipo de clima es principal para el crecimiento de la agricultura y la sostenibilidad de los ecosistemas adyacentes.

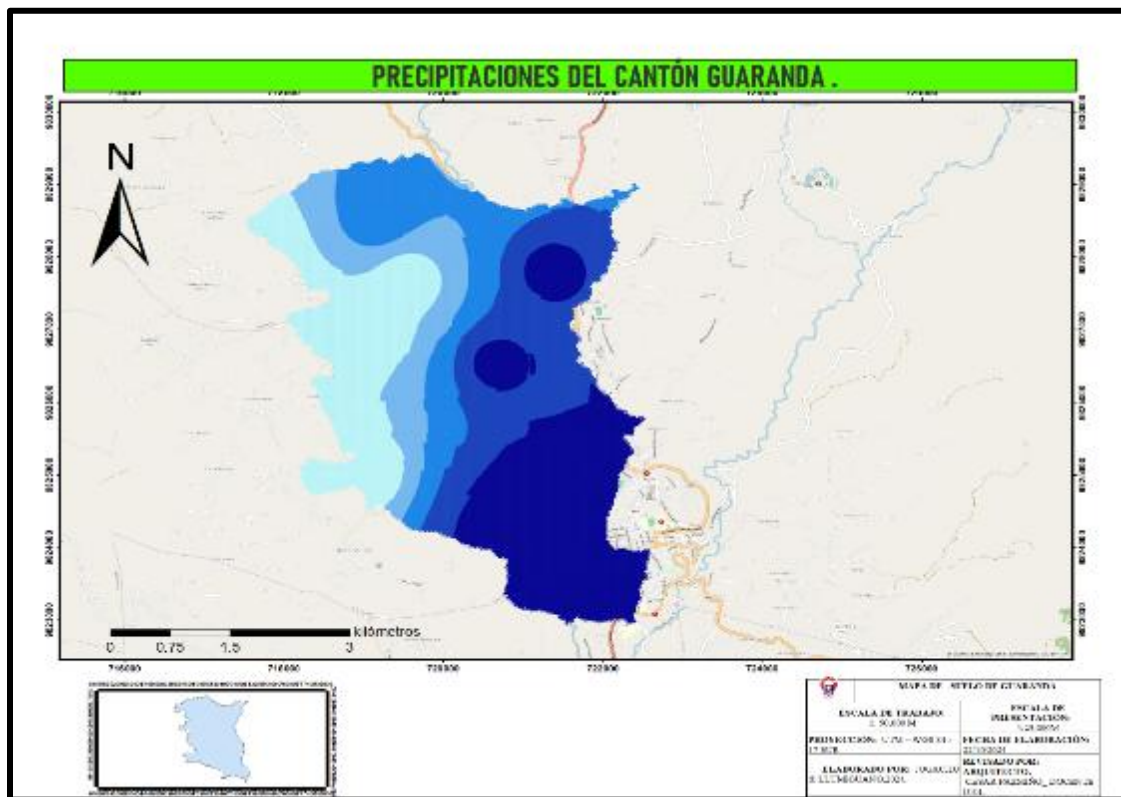
Clima (precipitación): El cantón de Guaranda se caracteriza por la presencia de dos climas principales: el tropical mega térmico semihúmedo y el tropical mega térmico húmedo. De acuerdo con el informe del Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón, las temperaturas en las áreas de páramo frío varían entre 4 °C y 7 °C, En las regiones subtropicales cálidas, las temperaturas varían entre 18 °C y 24 °C. Las precipitaciones anuales en esta región son bastante variables, con un rango que abarca desde 500 mm hasta 2,000 mm (PDOT, 2021).

En marzo de 2023, se registró una precipitación promedio de 543 mm, distribuida en un periodo de 27 días. Este fenómeno climático proporcionó un aporte significativo de agua al suelo de la ladera Este, donde se encuentra el barrio La Merced.

La temporada de lluvias tiene un efecto considerable en la zona, agravado por la falta de un sistema de drenaje pluvial adecuado, lo que lleva a la saturación del terreno. Esta situación puede provocar deslizamientos de tierra que afectan no solo la infraestructura de la vía panamericana Guaranda-Babahoyo, sino también la seguridad y estabilidad del barrio La Merced. Es fundamental una gestión eficiente del agua.

Mapa 3

Mapa de precipitación del cantón Guaranda.



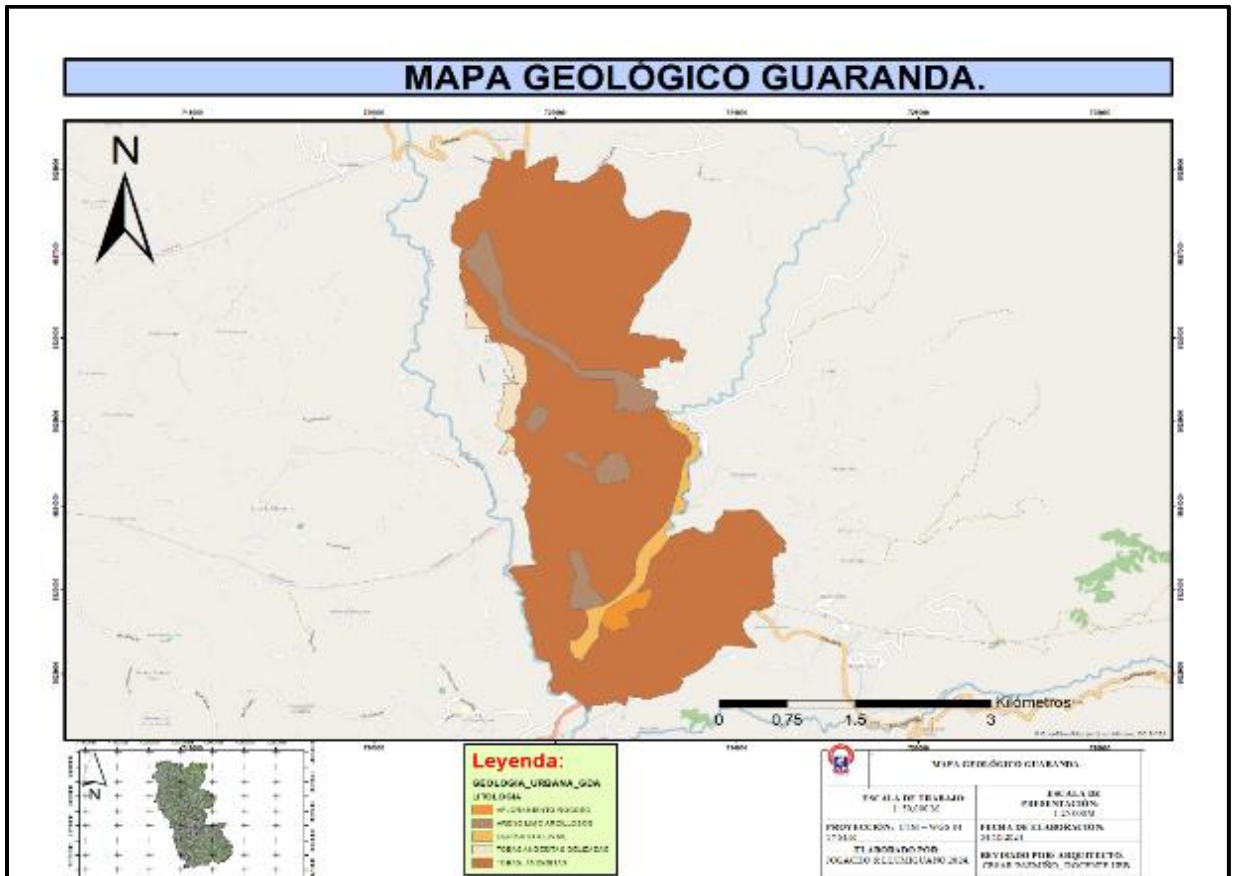
Nota: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.

Geología: Según la hoja geológica 1:100,000 de Guaranda, el área de estudio se asienta sobre la formación Volcánicos Guaranda. Al sur de la cabecera cantonal, se encuentran potentes bancos de ceniza y tobas endurecidas de color amarillo ocre, con escasos clastos grandes. Estas características geológicas influyen directamente en la distribución de las vías y los asentamientos

humanos. A pesar de que los Volcánicos Guaranda han permitido asentamientos en áreas adyacentes a acantilados, como en el sector del terminal, no es una constante en toda la región.

Mapa 4

Mapa geológico de Guaranda.



Nota: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.

Hidrografía: El área se sitúa en la parte inicial de la microcuenca del río Yaguachi, que delimita la parte Este y Sur de la provincia de Bolívar, desembocando en la provincia del Guayas. La red hídrica del sector se encuentra en la cabecera del río Chimbo, cerca de la confluencia con los ríos Salinas e Illangama, caracterizada por un drenaje detrítico. El drenaje es de tipo subdendrítico, evidenciado por fuertes desgastes que forman valles hacia donde fluye el agua. La escorrentía se presenta debido a la topografía redondeada de la cima, dirigiéndose de noroeste a

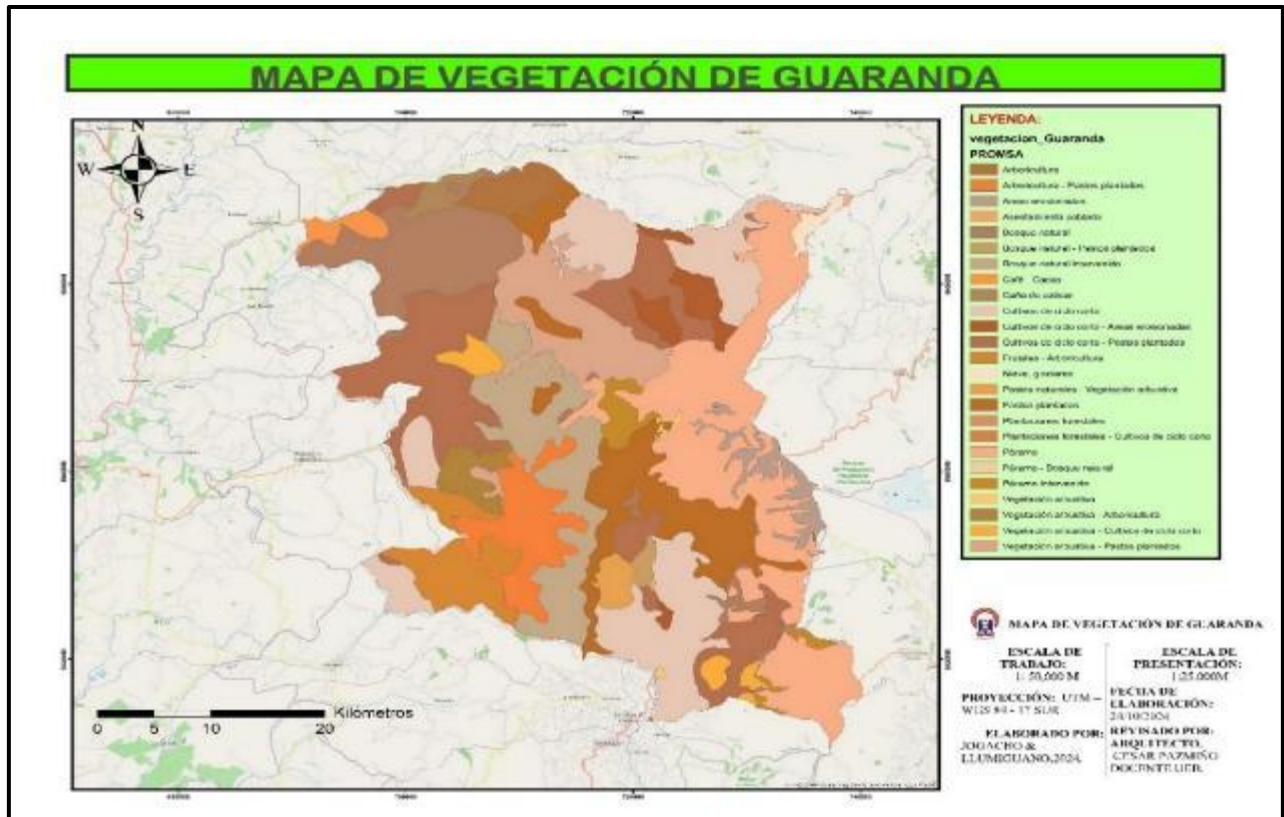
Vegetación: Las crónicas históricas indican que los primeros colonizadores encontraron el área de Guaranda cubierta por chaparros y árboles nativos, conocidos como guarangos, lo que dio origen al nombre de la zona. El guarango, un árbol espinoso, no era consumido por la fauna local y se utilizaba para combustión. Su difícil accesibilidad se refleja en el término "guaranga" en Aymará, que significa conflictivo o mal educado. En el sureste de Guaranda y al este de Santiago se encuentra el antiguo bosque nativo conocido como Casehca Totoras, situado en las laderas de la Cordillera Occidental. Este ecosistema forestal es un punto de referencia importante para el análisis de la vegetación primaria en la región de Guaranda.

Actualmente, el área enfrenta una notable fragmentación de su cobertura vegetal, destacándose la existencia de pequeños bosques que están compuestos mayormente por especies no nativas, como pinos y eucaliptos. La transformación del terreno ha propiciado un uso intensivo del valle para la agricultura, donde se cultivan cereales como maíz, trigo y cebada a gran escala, lo que conlleva riesgos ambientales, tales como la degradación del suelo, la disminución de la biodiversidad y un aumento en la vulnerabilidad a desastres naturales.

Es fundamental llevar a cabo estrategias de gestión sostenible que restauren la vegetación nativa y mitiguen el impacto de la agricultura intensiva, fomentando así la resiliencia del ecosistema ante fenómenos climáticos adversos.

Mapa 6

Se observa el sitio sobre la vegetación.



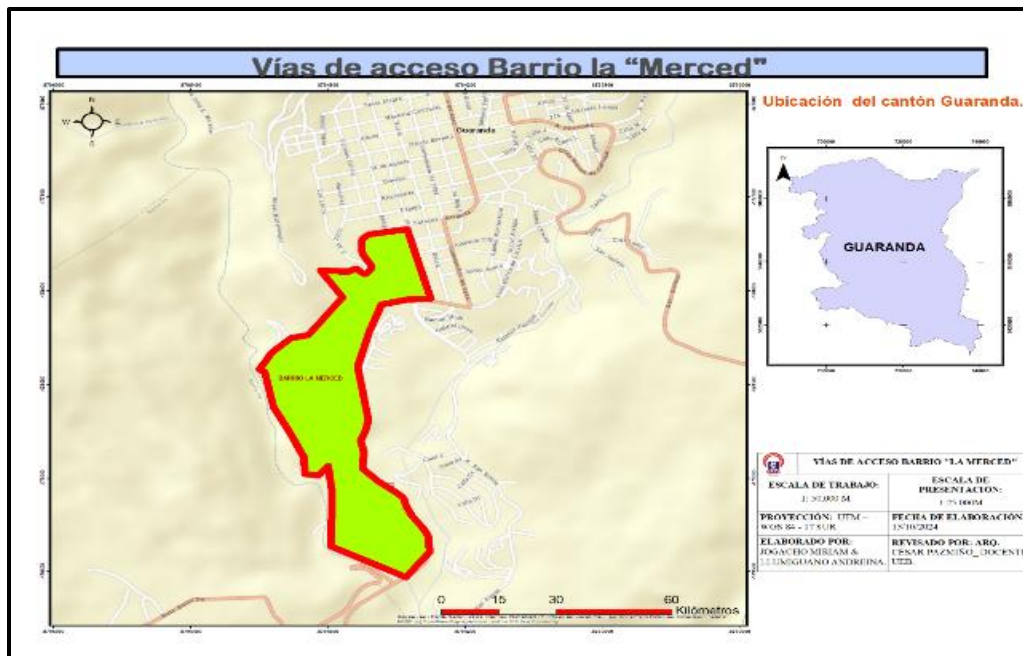
Fuente: SIG Tierras 2020

Vías de Acceso

El acceso al Barrio La Merced se lleva a cabo a través de la vía principal de primer orden Guaranda – Babahoyo, la cual recorre todo el lado oriental de la ciudad de Guaranda. Una vez en esta vía, se continúa hasta el final de la calle Espejo, que se encuentra a la altura del Coliseo de Guaranda. Este acceso es fundamental, ya que conecta el barrio con las principales arterias de la ciudad, facilitando el transporte y la movilidad de los residentes y visitantes.

Mapa 7.

Muestra las Rutas de acceso al Barrio La Merced



Fuente: Google Maps.

2.2. Antecedentes académicos y artículos de investigación

A lo largo de la historia de la humanidad, los fenómenos naturales como terremotos, inundaciones, huracanes, erupciones volcánicas y deslizamientos de tierra han sido eventos recurrentes que han modelado el entorno y la vida de las comunidades. Sin embargo, el crecimiento acelerado de la población, junto con el deterioro ambiental, la contaminación y el aumento de la pobreza, ha transformado estos fenómenos en desastres devastadores. Según (López A. , 2020), estos eventos, que anteriormente podían ser gestionados con relativa eficacia, ahora generan enormes pérdidas en vidas humanas, infraestructura y bienes materiales.

El incremento de la vulnerabilidad de las comunidades frente a desastres naturales se atribuye, en gran medida, a la falta de una planificación urbana adecuada y a la ineficiencia en la gestión sostenible de los recursos naturales. Esta situación ha subrayado la imperiosa necesidad de implementar estrategias de mitigación y adaptación que disminuyan el impacto de estos eventos

adversos. Desde la perspectiva de un técnico en gestión de riesgos, se deben considerar metodologías avanzadas para la evaluación de riesgos, la integración de sistemas de alerta temprana, y la formulación de políticas públicas que promuevan la resiliencia comunitaria. Asimismo, es crucial fortalecer las capacidades institucionales y fomentar la participación comunitaria para garantizar una gestión efectiva y sostenible del riesgo, asegurando así un futuro más seguro y resiliente para las poblaciones vulnerables. (Martínez R. , 2018).

El estudio de (Taquire, 2019) se centra en el “Análisis de estabilidad del talud del Mega Centro Comercial 30 de enero, ubicado en Jicamarca”, y propone el uso del sistema Soil Nailing como una solución viable para mitigar el riesgo de deslizamientos en áreas propensas a inestabilidad geológica. Este método consiste en la inserción de barras de acero (clavos) en el suelo para reforzar y estabilizar taludes, mejorando su capacidad para soportar cargas y resistir deslizamientos. Por ello, es esencial realizar un análisis del suelo y aplicar técnicas de estabilización, como el Soil Nailing, para prevenir riesgos. Además, la escorrentía superficial y la saturación del suelo agravan los problemas de inestabilidad, los cuales pueden ser abordados mediante sistemas de drenaje y refuerzo estructural. La implementación de estas estrategias no solo mejorará la estabilidad de los taludes, sino que también aumentará la resiliencia de la comunidad ante eventos climáticos extremos.

Citando a (Arias J. A., 2022) llevó a cabo una investigación titulada “Seguridad industrial en la estabilización de taludes mediante el método Soil Nailing conforme a las normas OSHA” en la Universidad de San Carlos de Guatemala. El propósito principal de esta tesis fue “Establecer directrices para la gestión adecuada de la seguridad industrial en la aplicación del método Soil Nailing para la estabilización de taludes de acuerdo con las normas OSHA”. Dicha investigación puede ser una solución efectiva para mejorar la estabilidad de los taludes en el barrio La Merced.

No obstante, depende de un análisis exhaustivo de las condiciones geotécnicas del terreno y de un diseño adecuado de las estructuras de soporte.

La evaluación de la estabilidad de taludes es crucial para prevenir deslizamientos, especialmente en áreas urbanas donde el uso inadecuado del suelo puede agravar la situación. En este contexto, el trabajo de (Castro, 2018) en su tesis “Estudio y análisis de las membranas flexibles como elemento de soporte para la estabilización de taludes y laderas de suelos y/o materiales sueltos” en la Universidad de Cantabria, proporciona un enfoque valioso, destaca que los taludes recién construidos suelen presentar una apariencia adecuada y una superficie estable. Sin embargo, la acción de factores como la erosión, la lluvia y el uso inapropiado del suelo puede comprometer su integridad. Las mallas arriostradas se presentan como una solución efectiva para estabilizar estos taludes, ya que ayudan a controlar la erosión y a mantener la cohesión del suelo. El uso de membranas flexibles permite una mejor distribución de las cargas y proporciona un soporte adicional que puede ser crucial en terrenos inestables. Este enfoque conceptualiza la importancia de evaluar y estabilizar taludes en el barrio La Merced, considerando el impacto del uso de suelo en la estabilidad estructural y la prevención de deslizamientos. La investigación de Castro aporta herramientas y técnicas que pueden ser aplicadas para minimizar los riesgos en esta área.

La evaluación de la estabilidad de taludes es fundamental para prevenir deslizamientos, especialmente en áreas urbanas donde el uso inadecuado del suelo puede incrementar el riesgo. En este contexto, la tesis de (Camavilca, 2019), titulada “Estudio para la estabilización de corte ubicado en el lado izquierdo de la carretera federal N°. 54 Guadalajara – Saltillo, en el subtramo Guadalajara – Ixtlahuacán del río, estado de Jalisco”, llevada a cabo en la Universidad César Vallejo, proporciona información significativa.

El principal aporte del estudio de Camavilca fue implementar medidas de control y prevención para reducir los riesgos asociados a la inestabilidad del talud. Para identificar los mecanismos de falla, se utilizó el análisis cinemático mediante estereografía, seguido de un análisis analítico para determinar la magnitud y dirección de las fuerzas inestables. Los resultados indicaron que el talud presenta mecanismos de falla como el volteo y la salida de cuñas, lo que lo hace inestable a corto plazo. Además, el análisis de estabilidad reveló que la vía carece de un diseño adecuado para soportar las cargas vivas actuales. La única obra de drenaje presente es una cuneta en la base del talud, que resulta insuficiente para mitigar los daños causados por el agua, situación común en muchos taludes de la red vial del Perú.

La investigación de Camavilca proporciona un marco conceptual que puede ser aplicado al análisis de la estabilidad estructural del talud en el barrio La Merced. La identificación de mecanismos de falla y la evaluación de las condiciones de drenaje son aspectos críticos que deben considerarse para prevenir deslizamientos. La implementación de medidas de control y prevención, como el diseño adecuado del drenaje y la estabilización del talud, es esencial para mitigar el riesgo de deslizamientos, especialmente en áreas donde el uso del suelo ha sido inadecuado.

Según (Torres.M, 2019) titulado “Estabilidad de taludes para mejorar la transitabilidad y seguridad en los tramos críticos de la carretera Montesco, Distrito Catache”, llevado a cabo en la Universidad César, ofrece información relevante para abordar estos problemas con el fin de identificar los tramos críticos de la carretera Montesco presentan constantes deslizamientos, lo que genera riesgos significativos para la transitabilidad y seguridad.

La indagación se enfocó en el talud más crítico, abarcando el análisis de su inestabilidad, la identificación de zonas en riesgo y la detección de fallas presentes. Se llevó a cabo un

levantamiento topográfico detallado con el propósito de determinar el relieve del terreno. Además, se realizaron ensayos de mecánica de suelos en laboratorio para definir con precisión las características y propiedades geotécnicas del suelo, incluyendo su cohesión, ángulo de fricción interna, densidad y permeabilidad. Este enfoque técnico integral es fundamental para comprender los factores que influyen en la estabilidad del talud y para desarrollar estrategias efectivas de mitigación de riesgos.

La investigación de Torres proporciona un enfoque preciso que puede aplicarse a la evaluación de la estabilidad estructural del talud en el barrio La Merced. Al igual que en el estudio de Torres, es fundamental considerar factores como la topografía, las propiedades del suelo y las condiciones climáticas para entender la inestabilidad de los taludes. La identificación de zonas críticas y el análisis de precipitaciones son pasos esenciales para implementar medidas de mitigación adecuadas. La aplicación del método de Equilibrio Límite en el análisis de taludes en La Merced permitiría determinar las condiciones bajo las cuales el talud podría fallar, ayudando así a diseñar soluciones efectivas para prevenir deslizamientos.

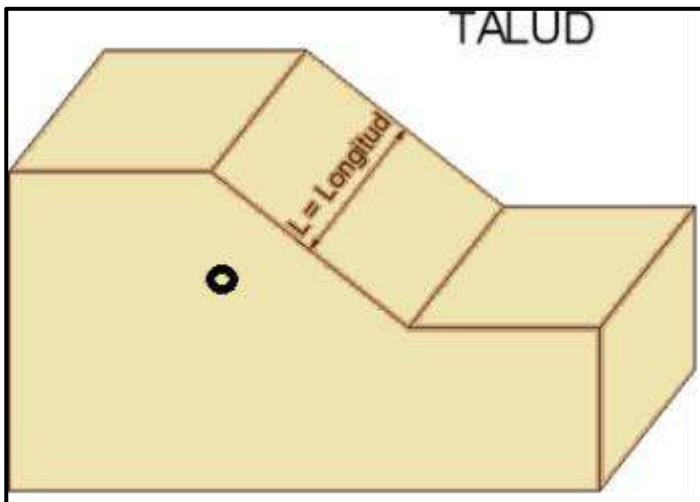
2.3. Científico

La evaluación de la estabilidad de los taludes requiere tener en cuenta diversos factores, tales como la geometría del talud, las características mecánicas del material y las condiciones hidrogeológicas del área circundante. Es esencial también realizar un análisis de las tensiones y deformaciones que afectan al talud, así como considerar los efectos de la saturación del suelo y la variabilidad temporal de las condiciones climáticas. Estos aspectos son vitales para llevar a cabo un análisis de estabilidad detallado y fundamentado, lo que permite identificar posibles fallas y diseñar medidas de mitigación apropiadas. (González R. M., 2021).

2.3.1. Talud

Figura 1

Talud.



Nota: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.

El término talud hace referencia a una masa de tierra que tiene una pendiente determinada o presenta cambios significativos en su altura, y su origen es atribuido a procesos naturales como la erosión, sedimentación y actividad tectónica.

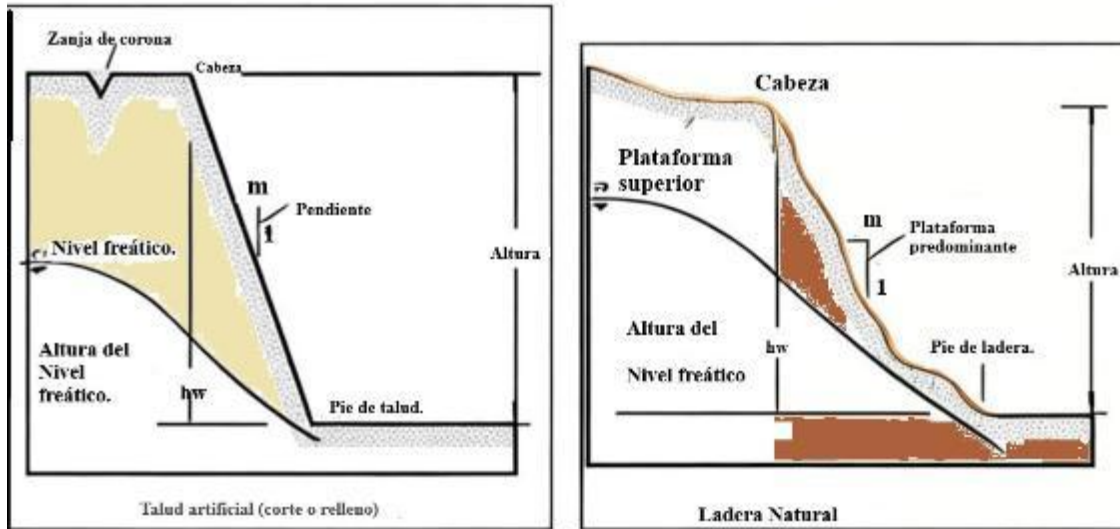
Los taludes y laderas son sistemas complejos que se encuentran en constante evolución, lo que los convierte en elementos dinámicos del paisaje. Debido a esta naturaleza cambiante, pueden fallar de manera imprevista por diversas razones (López.Rojas, 2018).

Es necesario conocer la dinámica de los taludes o laderas para poder realizar análisis y diseños de obras de estabilización. Esta comprensión incluye el estudio de los factores que afectan la estabilidad, como la geología del terreno, la vegetación, el drenaje y las condiciones climáticas. Un análisis detallado permite identificar los posibles mecanismos de falla y evaluar el comportamiento del suelo bajo diferentes condiciones de carga y humedad.

2.3.2. Estabilidad de Taludes.

Figura 2

Nomenclatura de taludes y laderas.



Nota: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.

El estudio de la estabilidad de los taludes busca determinar las condiciones que garantizan la estabilidad, seguridad y funcionalidad de estas estructuras, ya sean de origen natural o artificial. Este análisis es fundamental para prever posibles deslizamientos y garantizar la integridad de las obras de ingeniería civil y la seguridad de las áreas circundantes.

Para evaluar la estabilidad de un talud, se consideran diversos factores, como la inclinación del terreno, las propiedades del suelo, la presencia de agua y las cargas aplicadas. Además, es crucial realizar un análisis geotécnico detallado que incluya la identificación de superficies de falla potenciales y la evaluación del factor de seguridad (FS) a lo largo de diferentes planos de ruptura (Suárez., 2019).

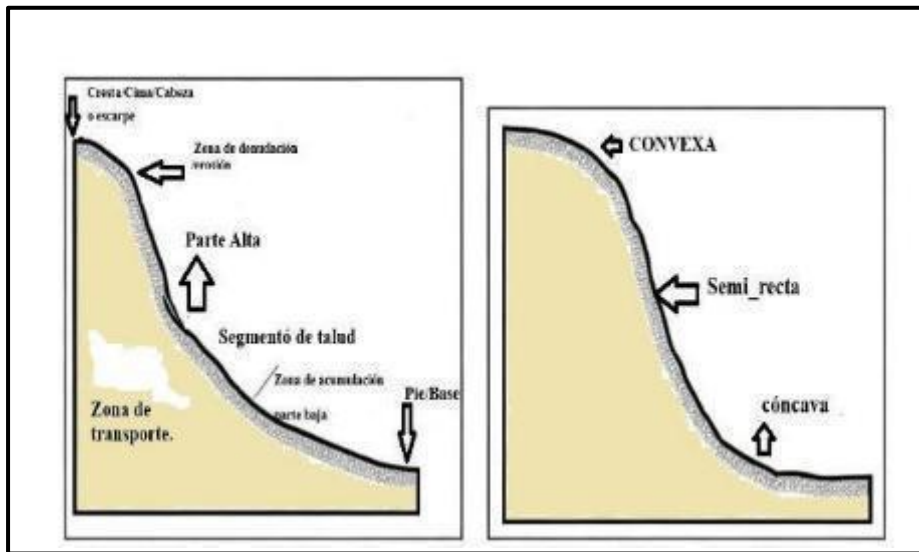
La estabilidad de los taludes no solo es relevante en proyectos de construcción, sino también en la gestión de riesgos naturales, ya que los deslizamientos pueden tener consecuencias devastadoras para las comunidades y el medio ambiente. Por lo tanto, es esencial implementar

medidas adecuadas de estabilización y monitoreo continuo para prevenir deslizamientos y asegurar la sostenibilidad de las infraestructuras (Das, 2020).

2.3.3. En el talud o ladera se identifican los siguientes elementos fundamentales.

Figura 3

Partes generales de un talud o ladera.



Nota: Jogacho.M & Llumiguano.A, 2024.

- **Altura del talud:** Hace referencia a la base vertical hasta la cima de un talud. Es fácil de identificar en taludes artificiales, pero más complicada en laderas naturales debido a la falta de puntos topográficos definidos.
- **Altura del nivel freático:** Se refiere a la distancia vertical que existe desde la base del talud hasta el nivel del agua, en el punto donde la presión del agua se equilibra con la presión atmosférica. Esta medida se toma desde la parte superior del talud.
- **Pie:** Punto donde ocurre un cambio abrupto en la pendiente en la parte inferior del talud.

- **Cabeza o escarpe:** Punto de cambio brusco de pendiente en la parte superior del talud. La altura del nivel freático se mide desde el pie hasta el nivel del agua, tomando como referencia la base de la cabeza.
- **Pendiente:** La inclinación del talud se puede expresar técnicamente en grados, porcentaje o mediante la relación m/1. Cada forma de expresión es crucial para evaluar la estabilidad estructural del talud y diseñar medidas de mitigación efectivas.

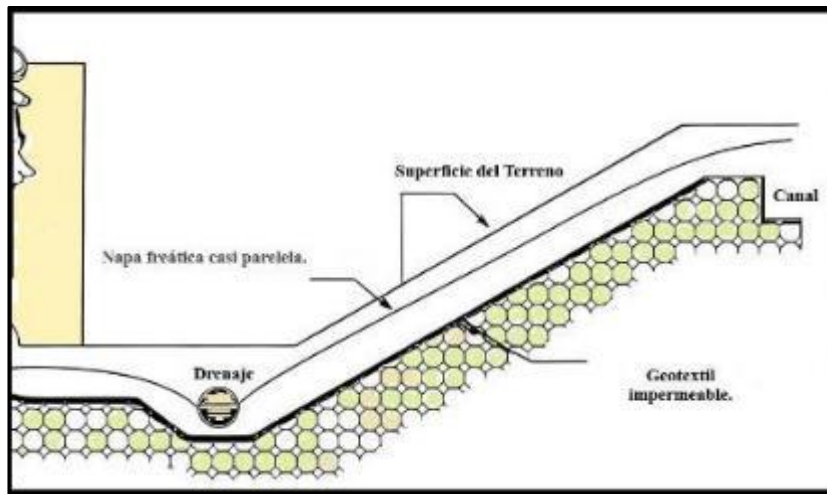
2.3.4. Categorías de los Taludes.

Los taludes se pueden clasificar en tres categorías generales: terraplenes, cortes de laderas naturales y muros de contención. Cada una de estas categorías tiene características específicas y se utiliza en diferentes contextos dentro de la ingeniería civil y la geotecnia.

Terraplenes: Son estructuras elevadas formadas por la acumulación de tierra o material de construcción. Se emplean comúnmente para crear caminos, ferrocarriles o plataformas elevadas. La estabilidad de los terraplenes depende de factores como la compacidad del material utilizado, la pendiente del talud y el drenaje adecuado para evitar la acumulación de agua, que podría comprometer su integridad (Suárez, 2019).

Figura 4

Talud Terraplenes.



Nota: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.

- **Cortes de laderas naturales:** Estos taludes se generan a través de la excavación del terreno, lo que crea una pendiente. Son comunes en la construcción de carreteras y en proyectos de minería. La estabilidad de los cortes de laderas puede verse afectada por la naturaleza del material excavado, la presencia de agua y la vegetación circundante. Un diseño inadecuado puede resultar en deslizamientos, lo que hace esencial realizar un análisis geotécnico previo a la construcción.
- **Muros de contención:** Estas estructuras se construyen para soportar el suelo y prevenir deslizamientos en áreas donde el terreno es inestable. Los muros de contención pueden ser de diferentes materiales, como concreto, piedra o tierra, y su diseño debe considerar factores como la presión lateral del suelo, la erosión y el drenaje.

2.3.5. Factores que afectan la estabilidad de los taludes.

La falla en un talud o ladera ocurre cuando se incrementan los esfuerzos actuantes, ya sea por cargas adicionales provenientes de precipitaciones, sismos o actividades humanas, o por una disminución de la resistencia al esfuerzo cortante del material, causada por saturación del suelo, erosión o descomposición de materia orgánica. En ingeniería en riesgo de desastre, es esencial evaluar el equilibrio entre estas fuerzas y la resistencia del talud mediante un análisis geotécnico que considere las propiedades del suelo y factores hidrogeológicos. La identificación de superficies de falla y la modelación de escenarios de inestabilidad son fundamentales para implementar medidas de mitigación, como drenaje, reforestación o estructuras de contención, con el fin de reducir la probabilidad de deslizamientos y proteger la infraestructura y comunidades circundantes.

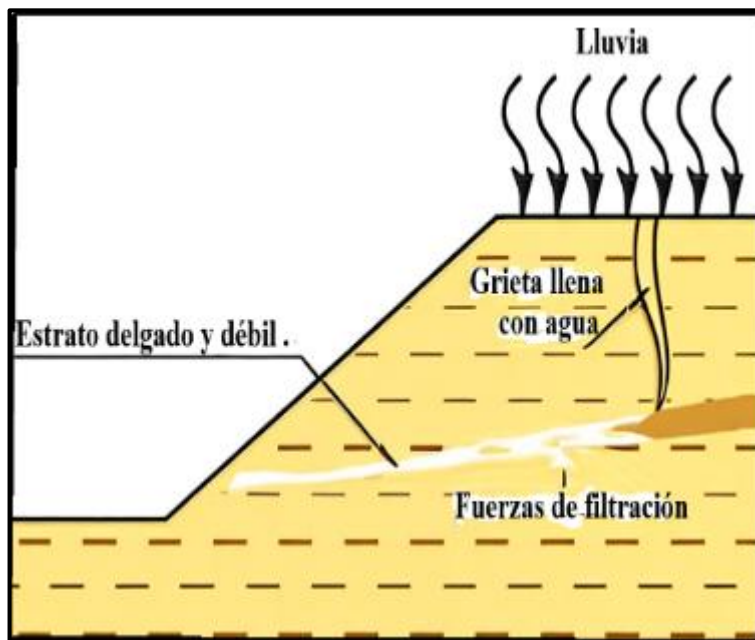
Según (Budhu, 2014), la estabilidad de un talud requiere considerar factores interrelacionados como la configuración del talud, que influye en las fuerzas gravitacionales, y las características del material, como cohesión y resistencia al corte.

2.3.5.1. Erosión

La erosión es un factor crítico en la dinámica de los taludes, ya que no solo cambia su forma, sino que también afecta su comportamiento mecánico, aumentando la probabilidad de fallas geotécnicas. Es esencial considerar estos procesos en el análisis y diseño de medidas de estabilización para garantizar la seguridad de las estructuras y el entorno circundante.

Figura 5

Impacto de la erosión en el talud.



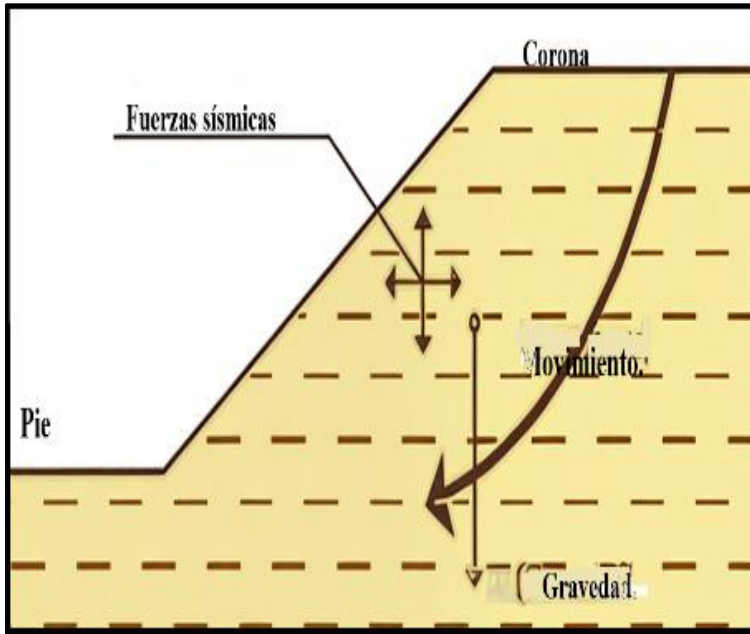
Nota: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.

2.3.5.2. Lluvia

En la época del invierno los taludes experimentan impactos considerables debido a la saturación del terreno. Este fenómeno provoca un incremento en el peso de la masa del talud y una reducción en la resistencia al esfuerzo cortante, lo que eleva el riesgo de erosión en la superficie expuesta. Asimismo, el agua que se filtra a través de las fisuras del talud genera un aumento en las fuerzas que actúan sobre él y puede dar lugar a la aparición de fuerzas de filtración. Estas condiciones pueden llevar a la falla del talud, como se visualiza en la figura.

Figura 6

Talud expuesto a la precipitación.



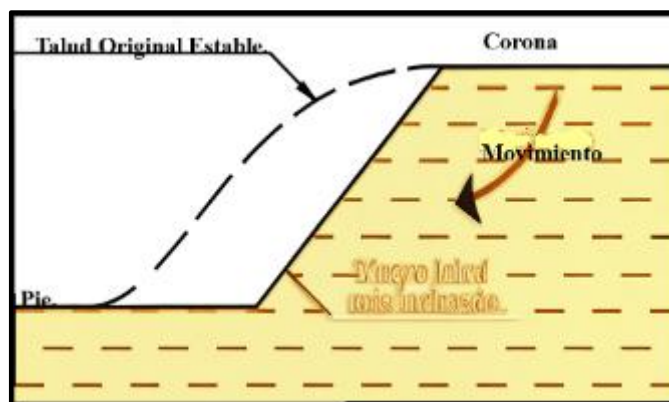
Nota: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.

2.3.5.3. Sismo

Los sismos introducen fuerzas dinámicas que se suman a las fuerzas estáticas ya presentes en un talud, generando un escenario complejo que afecta su estabilidad. Este incremento en las fuerzas actuantes provoca la aparición de esfuerzos cortantes dinámicos, los cuales tienen un impacto significativo en la resistencia al esfuerzo cortante del material del talud.

Figura 7

Impacto de la erosión en la pendiente.



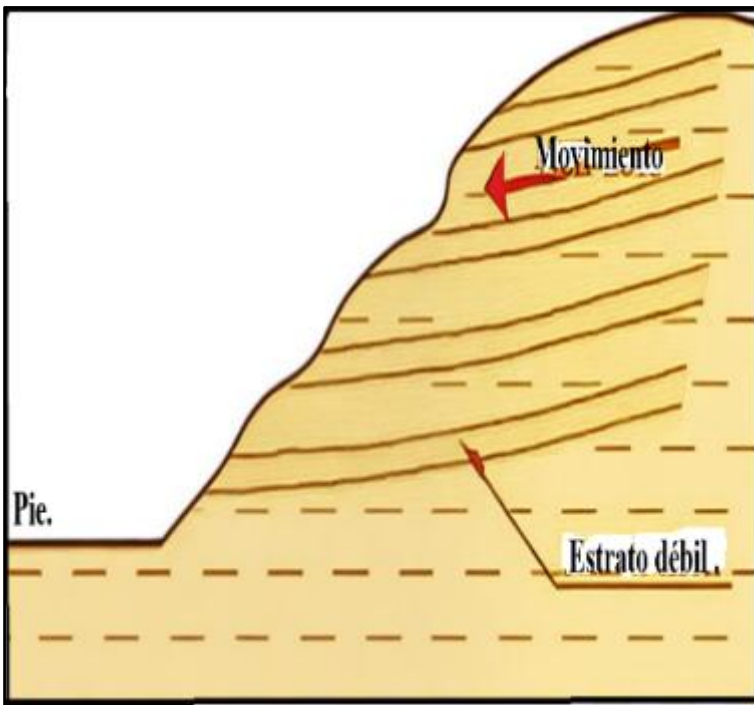
Nota: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.

2.3.5.4. Aspectos geológicos

Ciertas fallas en taludes pueden ser atribuibles a factores geológicos que no se detectaron en la etapa de levantamiento y exploración de campo. La falta de consideración de estas características geológicas en el análisis de la estabilidad del talud eleva la incertidumbre relacionada con el factor de seguridad estimado. Esta falta de conocimiento puede resultar en una subestimación de los riesgos, comprometiendo la integridad estructural y elevando la probabilidad de fallas.

Figura 8

Aspectos geológicos que pueden ocasionar el colapso de un talud.



Nota: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.

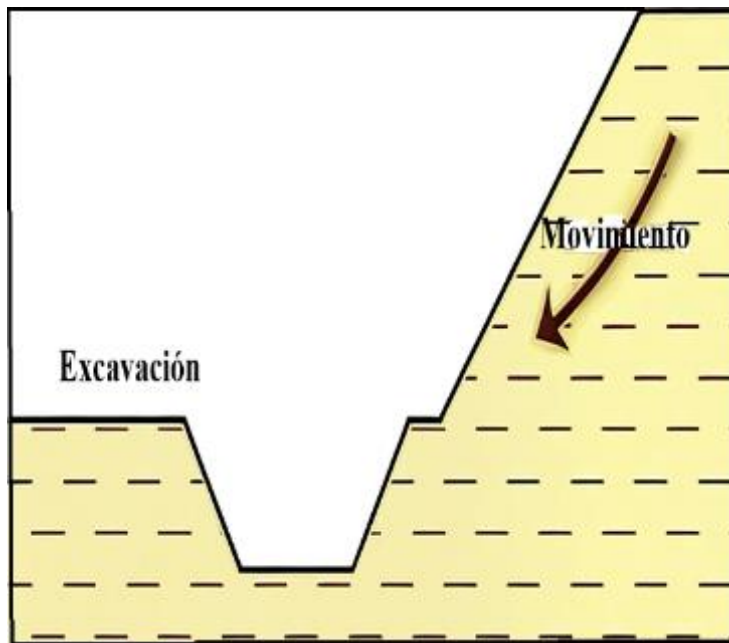
2.3.5.5. Excavaciones y/o rellenos

Las labores de construcción cercanas a un talud demandan un análisis exhaustivo de las condiciones de esfuerzo. La excavación y el relleno pueden modificar de manera considerable la

estabilidad del talud, lo que incrementa el riesgo de deslizamientos y fallas en la estructura. Por ello, es fundamental adoptar medidas de mitigación y monitoreo que aseguren la seguridad tanto de las obras como del entorno adyacente.

Figura 9

Excavación en el pie de un talud.



Nota: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.

2.3.6. Suelos

El suelo, desde un punto de vista geológico, se conceptualiza como un agregado no consolidado de minerales y materia orgánica descompuesta, que conforma la fase sólida de un determinado suelo. Esta fase sólida está compuesta por partículas minerales que provienen de la meteorización de rocas, así como por materia orgánica que resulta de la descomposición de organismos vivos. Los espacios intersticiales que no han sido ocupados por minerales y materia orgánica son ocupados por la fase líquida (agua) y gaseosa (aire) del suelo, lo que permite la interacción de estos componentes en un sistema dinámico (Bardgett, 2019).

2.3.7. Depósitos de suelo en la naturaleza

2.3.7.1 Suelos residuales

Los suelos inorgánicos se caracterizan por ser aquellos que se depositan en el mismo lugar donde se formaron, resultado del proceso de meteorización de un material rocoso. Este proceso implica la descomposición física y química de las rocas, que da lugar a la formación de partículas minerales que constituyen la base del suelo. La velocidad de meteorización presenta variaciones notables dependiendo de las condiciones climáticas específicas de cada área. En zonas donde predominan altas temperaturas y humedad, la tasa de meteorización es considerablemente mayor en comparación con aquellas áreas que son más secas y frías. Según (Zhang.Y, 2020) las condiciones climáticas cálidas y húmedas no solo aceleran la meteorización, sino que también favorecen la formación de suelos más ricos en nutrientes, lo que impacta directamente en la biodiversidad del ecosistema.

2.3.7.2. Suelos transportados

Los suelos residuales en pendientes naturales pronunciadas se desplazan lentamente hacia abajo, un fenómeno conocido como fluencia. Cuando este movimiento del suelo ocurre de manera repentina y rápida, se denomina deslizamiento de tierra. Los depósitos de suelo resultantes de estos deslizamientos son clasificados como coluviales. Por otro lado, los flujos de lodo representan un tipo de suelo que se transporta por gravedad. En este contexto, los suelos residuales arenosos y sueltos, que están altamente saturados en pendientes relativamente planas, se comportan como un líquido viscoso y se asientan en una condición más densa (DAS, 2013).

2.3.7.3 Suelos orgánicos.

Los suelos orgánicos se localizan predominantemente en regiones de baja altitud, donde el nivel del agua subterránea se sitúa cerca o por encima de la superficie. Este nivel elevado favorece el crecimiento de vegetación acuática, cuya descomposición contribuye a la formación del suelo. Comúnmente, estos suelos se localizan en regiones costeras y zonas glaciares. Sus características incluyen un alto contenido de humedad, que puede variar entre el 200% y el 300%, así como una alta compresibilidad. Además, estudios de laboratorio han demostrado que, bajo cargas, estos suelos experimentan asentamientos significativos debido a la consolidación secundaria (Johnson M. , 2022).

2.3.8. Tamaño de partícula de suelo

El tamaño de las partículas del suelo presenta una notable variabilidad, independientemente de su origen, lo que es esencial para su caracterización. Esta heterogeneidad en la granulometría afecta propiedades físicas y químicas como la porosidad, permeabilidad y capacidad de retención de agua. Las partículas se clasifican en arenas, limos y arcillas, donde las arenas, con su mayor diámetro, ofrecen alta permeabilidad y baja retención de agua, finas retienen tanto agua como nutrientes, aunque su permeabilidad es inferior.

2.3.8.1. Gravas

Las gravas se componen de fragmentos de roca suelta que se agrupan y pueden incluir partículas de diversos minerales, predominando el feldespato y el cuarzo. Estas partículas tienen un tamaño que varía entre 2 y 64 mm, lo que les confiere características específicas en términos de permeabilidad y capacidad de drenaje (Smith R. &, 2020).

2.3.8.2. Limos

Los limos son fracciones microscópicas del suelo que presentan baja plasticidad y una granulometría generalmente uniforme, compuestos principalmente por partículas muy finas de cuarzo y minerales laminares, como las micas. Su tamaño de partícula oscila entre 0,002 y 0,063 mm. Este tipo de suelo puede tener un origen mineral o ser parcialmente orgánico, y en algunos contextos se les denomina polvo de roca. Los limos son importantes en la agricultura debido a su capacidad para retener agua y nutrientes, aunque su baja cohesión puede presentar desafíos en la construcción (Johnson M. y., 2022) .

2.3.8.3. Arcillas

Las arcillas son partículas que, al mezclarse con agua en proporciones adecuadas, adquieren un comportamiento plástico. Su tamaño es inferior a 0,002 mm y su estructura se presenta en forma de láminas microscópicas y submicroscópicas, generadas por la descomposición química de ciertos constituyentes rocosos. Los minerales de arcilla, que pertenecen a la clase de silicatos de aluminio, pueden clasificarse en sílice tetraédrica y sílice octaédrica. La plasticidad y la capacidad de retención de agua de las arcillas las convierten en componentes críticos en la ingeniería civil, especialmente en la construcción de presas y en la estabilización de suelos.

2.3.8.4. Arenas.

Como indica su nombre, están formados principalmente por arena, lo que significa que consisten en fragmentos sueltos de rocas y minerales de tamaño reducido (entre 0,063 y 2 mm). Además, estos suelos contienen escasa materia orgánica en comparación con otros tipos, lo que limita su fertilidad y los hace poco adecuados para la agricultura.

Tabla 4*Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)*

	Simbología	Subgrupo	Simbología	Características Frecuentes	
Gravas	G	Bien Graduado	W		Limpias (Finos <5%)
Arenas	S	Pobrementemente Graduado	P	Gravas (> 50%	
Arcillas	C	Limoso	M	en tamiz #4 (ASTM)	Confinos (Finos >12%)
Limos	M	Arcilloso	C		
Orgánicos	O	Baja Plasticidad	L	Arenas (> 50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos <5%)
		Alta Plasticidad	H		Confinos (Finos > 12%)

Nota. Jogacho.M & Llumiguano. A,2024.

La Tabla N°4. Presenta el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), que clasifica los suelos en función de su composición y características físicas. Cada símbolo representa un tipo específico de suelo, proporcionando información sobre su granulometría y plasticidad. Esta clasificación es principal para la evaluación geotécnica y el diseño de proyectos de ingeniería, ya que permite a los ingenieros entender mejor el comportamiento de los suelos en diferentes condiciones.

2.3.9. Análisis mecánico de suelo.

El análisis mecánico de suelos implica identificar los diferentes tamaños de partículas presentes, expresándolos como un porcentaje del peso seco total. Para determinar la distribución del tamaño de las partículas, se utilizan principalmente dos métodos. Uno de ellos es el análisis de tamiz, que se aplica a partículas con un diámetro superior a 0.075 mm.

2.3.9.1. Análisis de tamiz

El análisis de tamiz consiste en agitar una muestra de suelo a través de una serie de tamices con aberturas que disminuyen progresivamente. Los tamices utilizados, generalmente de 203 mm de diámetro, permiten clasificar las partículas por tamaño. Para llevar a cabo un análisis granulométrico, es necesario secar primero el suelo en un horno y descomponer los grumos en partículas más pequeñas.

Tabla 5

Muestra los tamaños estándar de tamices.

Tamiz número 2	Abertura (mm)
4	4.75
6	3.35
8	2.36
10	2
16	1.18
20	0.85
30	0.6
40	0.425
50	0.3
60	0.25
80	0.18
100	0.15
140	0.106
170	0.088

Nota: Jogacho.M & Llumiguano. A,2024.

2.3.10. Límites de Atterberg

El comportamiento del suelo de grano fino en su estado natural está profundamente vinculado al contenido de humedad presente en su matriz, lo que afecta sus propiedades mecánicas y de deformación. Este tipo de suelo se clasifica en cuatro estados principales:

2.3.10.1. Límite Líquido (LL)

Se aborda el contenido de humedad y su aumento, lo que provoca que un suelo plástico se transforme en un líquido viscoso. La prueba se realizó utilizando un tamiz N°40 (0.425 mm). Durante el ensayo, el suelo se somete a diferentes niveles de humedad mediante la adición de agua. De esta manera, se determina el contenido de humedad en el que un surco cortado en la muestra remodelada se cierra a una distancia de ½ pulgada después de 25 golpes del dispositivo de límite de líquido (Samtani, 2006).

2.3.10.2. Límite Plástico (LP)

El contenido de humedad al que se hace referencia es fundamental para entender la transición entre los estados plástico y semisólido de un suelo. Este parámetro es crucial en la mecánica de suelos, ya que indica la capacidad del material para deformarse sin romperse, lo que a su vez influye en sus propiedades de resistencia y compresibilidad. La determinación del límite plástico es esencial para evaluar la estabilidad y la trabajabilidad de los suelos en aplicaciones de ingeniería civil, permitiendo así un diseño más preciso de estructuras y la mitigación de riesgos geotécnicos.

2.3.10.3. Límite de Contracción (SL)

Se refiere al contenido de humedad del suelo que provoca transiciones significativas en su comportamiento mecánico, particularmente en el rango de consistencia que varía entre el estado semisólido y el estado sólido de la muestra. Este fenómeno se fundamenta en los límites de Atterberg, que son parámetros críticos en la caracterización de suelos, ya que permiten clasificar y predecir el comportamiento del material bajo diferentes condiciones de humedad. En base a los límites de Atterberg descritos anteriormente, se define.

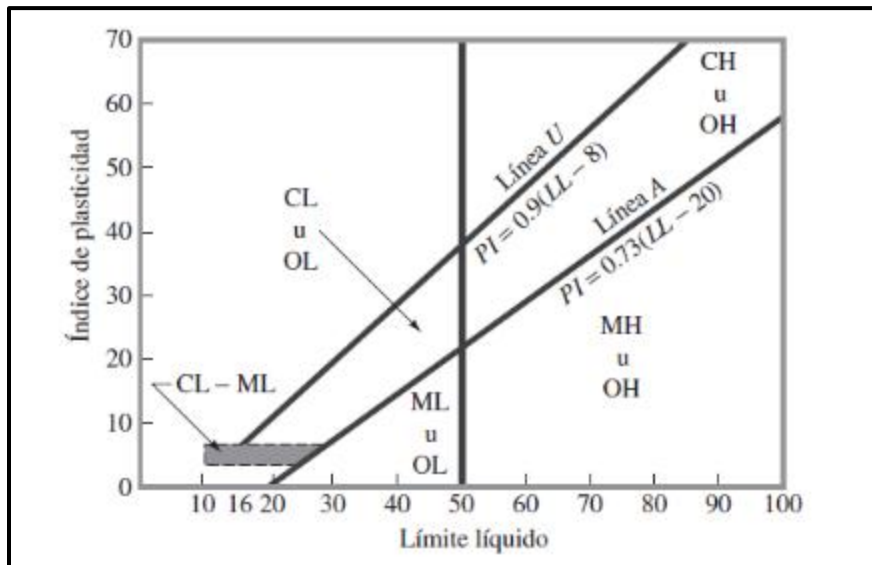
2.3.10.4. Índice de Plasticidad (PI)

La propiedad del suelo que determina el límite superior del contenido de humedad, a partir del cual el material se clasifica como no plástico, es conocida como el límite de plasticidad. Este umbral es fundamental en la caracterización del comportamiento del suelo, ya que indica la transición entre las condiciones plásticas y no plásticas del material. Adicionalmente, se define el índice de liquidez (L.L.) como la diferencia entre el límite de liquidez y el límite de plasticidad (L.I) como:

$$PI = LL - PL; (1)$$

$$LL = \frac{W - PL}{PI}; (2)$$

Figura 10. Límites de Arterberg (Das, 2015).



2.3.10.4.2. *Humedad Natural*

La humedad natural, conocida también como el contenido de agua en el suelo, se define como una relación gravimétrica. Esta relación se establece entre el peso del agua y el peso de los sólidos presentes en un volumen específico de suelo. Comúnmente, esta propiedad se expresa en términos porcentuales, lo que permite una fácil interpretación y comparación en estudios geotécnicos (Díaz J. , 2019).

$$w = \frac{Ww}{ws} \times 100: \{ \% | \% \} (2)$$

Donde:

W%=Porcentaje de humedad natural; %.

Ww=Peso del agua contenida en la muestra del suelo; N.

Ws=Peso de la muestra del suelo; N.

2.3.10.4.3. *Densidad*

La densidad de húmeda total está dada por:

$$\delta t = \frac{mt}{v}; \left(\frac{kg}{m^3} \right)$$

Donde:

$$\delta t = \text{densidad: } \left\{ \frac{kg}{m} \right\}$$

mt=masa de la muestra del suelo.

V= volumen muestra del suelo; m³

2.3.10.4.3. Peso Específico

El peso específico de una muestra de suelo puede clasificarse en dos categorías: seco y natural. El peso específico natural es el más representativo, ya que refleja las condiciones reales del suelo en su estado. Este parámetro se define como la relación entre el peso húmedo del suelo, que incluye el contenido de agua presente, y el volumen que ocupa la muestra.

$$y_t = \frac{wt}{v}; \left(\frac{N}{m^3}\right)$$

Donde:

Y_t = peso específico, N/m^3

m_t = Masa de la muestra de suelo (que incluye la humedad contenida en los poros).

V = volumen del suelo, m^3 .

2.3.10.4.5. Cohesión

La cohesión se define como la capacidad de las partículas del suelo para resistir un esfuerzo cortante, lo que implica la unión o adherencia entre ellas. En suelos granulares, que carecen de material cementante, se considera que la cohesión es nula, clasificándolos como suelos no cohesivos. En suelos no saturados, se produce una adherencia entre las partículas gracias a las fuerzas capilares; sin embargo, al saturarse, esta adherencia tiende a disminuir o incluso desaparecer.

2.3.10.4.6. Ángulo de fricción interna

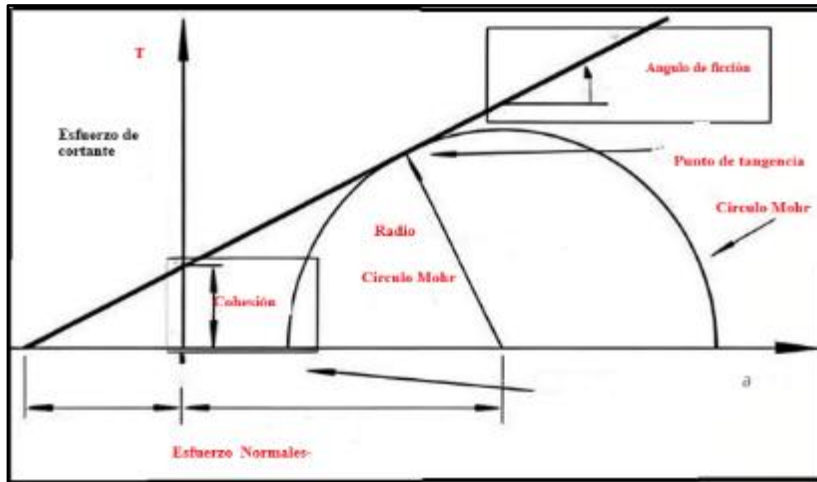
El ángulo de fricción se define como la representación matemática del coeficiente de rozamiento, un concepto fundamental en la física, expresado mediante la relación:

$$\text{Coeficiente de rozamiento} = \text{Tan } \varphi$$

En suelos granulares secos, el ángulo de fricción coincide con el ángulo de reposo. Todos los suelos presentan fricción; sin embargo, aquellos suelos arcillosos con fricción muy baja o despreciable son clasificados como suelos cohesivos, donde se establece que $\phi = 0$.

Figura 11

Representación gráfica de los parámetros de la ecuación de Coulomb.



Fuente: Análisis Geotécnico Díaz, 2016.

2.3.11. Consistencia del suelo

La presencia de minerales de arcilla en suelos de grano fino permite extraer el suelo con cierta humedad sin que se desintegre. Esta característica cohesiva es atribuible al agua adsorbida que envuelve las partículas de arcilla.

2.3.12. Factor de seguridad

Es el parámetro que facilita la transición de una masa potencialmente inestable hacia un equilibrio crítico a lo largo de la superficie de falla idealizada previamente. Para lograr esto, es necesario disminuir la resistencia al corte del suelo. El factor de seguridad se define como la relación entre la resistencia al corte y los esfuerzos inducidos en el suelo, expresada matemáticamente de la siguiente manera:

$$F_s = \frac{\tau_f}{\tau_m} = \frac{\text{Resistencia al corte del suelo}}{\text{Resistencia al corte movilizado}}$$

Resistencia al corte del suelo se basa en el criterio Mohr

$$\tau_f = c' + (\sigma_n - \mu) \tan \phi$$

Resistencia de la corte movilizada se infiere a partir de la relación.

$$\tau_m = \tau_f F_s = F_s \times (c' + (\sigma_n - \mu) \tan \phi)$$

Donde:

τ_f = resistencia del suelo

c' = cohesión

σ_n = esfuerzo normal neto

μ = presión intersticial del agua

ϕ = ángulo fricción interna

τ_m = resistencia al corte

F_s = factor de seguridad

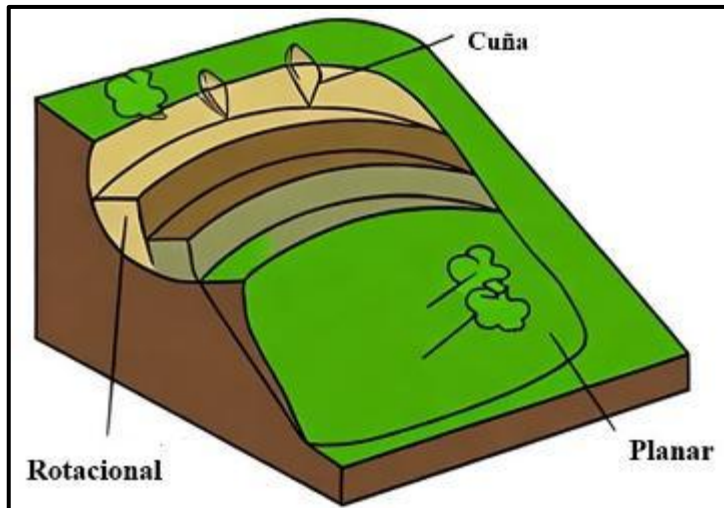
2.3.13. Deslizamientos

Los deslizamientos son fenómenos en los que materiales se desplazan ladera abajo a lo largo de una superficie de deslizamiento o plano de cizalla, impulsados por la gravedad. Esta superficie se origina cuando una capa subyacente, al absorber agua hasta una determinada profundidad, experimenta un cambio en su densidad, generando condiciones favorables para el deslizamiento. Estos eventos pueden afectar terrenos poco compactos y formaciones rocosas, siendo el material deslizante en su mayoría meteorizado y carente de cohesión estructural. La superficie de deslizamiento frecuentemente se desarrolla sobre un basamento arcilloso saturado,

donde las capas de arcilla actúan como planos de deslizamiento, facilitando el desplazamiento de los materiales superficiales. (Mora, 2020).

Figura 12

Los Tipos de Deslizamiento.



Fuente: Mora, libro de deslizamiento, 2020.

Nota: Jogacho.M & Llumiguano. A,2024.

2.3.14. Factores que inciden en los deslizamientos.

Estos elementos, conocidos como condicionantes y desencadenantes, tienen la capacidad de alterar el terreno tanto interna como externamente, lo que afecta el equilibrio de un talud o ladera. Los condicionantes, como las características geológicas y geotécnicas del suelo, desempeñan un papel crucial en la estabilidad del terreno (González, 2018). Por otro lado, los desencadenantes, como las lluvias intensas, los terremotos o las actividades humanas, pueden provocar un deslizamiento o colapso en la ladera (Rodríguez, 2019). La interacción entre estos factores determina la susceptibilidad del terreno a movimientos, resaltando la importancia de un análisis detallado en estudios de estabilidad de taludes (López, 2020).

- **Factores Naturales:** Son elementos esenciales en el proceso de meteorización, siendo los agentes erosivos los que más contribuyen a la generación de inestabilidades.

Asimismo, los fenómenos tectónicos, como los terremotos y los movimientos de la corteza terrestre, tienen un impacto considerable en la estabilidad del terreno.

- **El Agua:** Se considera el agente natural con mayor influencia en la creación de inestabilidades. Su presencia y comportamiento son cruciales en la interacción con otros factores que condicionan el entorno.
- **Aguas Subterráneas:** Abarcan corrientes y niveles de agua dentro de una red de fracturas rocosas o en los espacios intersticiales de los suelos, son fundamentales para la estabilidad geotécnica. La infiltración de agua genera ciclos de expansión y contracción en los suelos, modificando sus propiedades mecánicas según las variaciones estacionales de humedad.
- **Lluvia:** Se presenta como un factor que puede desencadenar inestabilidades, intensificando la acción de otros elementos como la meteorización y la dinámica de las aguas subterráneas. Durante episodios de lluvias intensas, el agua tiende a acumularse en zonas bajas, creando flujos que pueden aumentar el riesgo de deslizamientos.
- **Sismicidad y Volcanismo:** Son factores que pueden provocar deslizamientos de tierra significativos. Durante un sismo, las vibraciones se propagan en forma de ondas de diversas frecuencias, lo que provoca cambios en el estado de esfuerzos del terreno. Esta variación puede afectar el equilibrio de los taludes, elevando el riesgo de fallas geológicas.

- **Actividad Biológica:** Especialmente la vegetación, influye de manera dual en la estabilidad del suelo. Las raíces funcionan como un sistema de anclaje, mejorando la cohesión del terreno y facilitando el drenaje del agua. Sin embargo, algunas raíces pueden tener efectos adversos.
- **Actividad Humana:** Las actividades humanas, especialmente la minería y las obras civiles, son causas significativas de inestabilidad en los taludes. Estas prácticas alteran las condiciones naturales del terreno, aumentando el riesgo de deslizamientos.
- **Excavaciones:** Las excavaciones son uno de los factores desencadenantes más comunes en proyectos de infraestructura, como carreteras y túneles. Estas intervenciones modifican el equilibrio del terreno, creando condiciones propensas a deslizamientos y desequilibrios de masa.
- **Sobrecargas:** La sobrecarga se refiere al aumento de peso en el terreno natural, ya sea por construcciones o por la acumulación de agua infiltrada debido a fugas en sistemas de drenaje. Este incremento de peso puede superar la capacidad de soporte del suelo, desencadenando inestabilidades.

2.3.15. Clasificación de los deslizamientos

Caída de rocas: Se presentan debido a las fracturas de la masa rocosa paralelas al talud y debido a procesos de erosión; estos se presentan principalmente en las vías del cantón (forero, 2020).

Fotografía 1

Desprendimiento de rocas en la carretera hacia San Bartolo.



Fuente: Investigación de campo

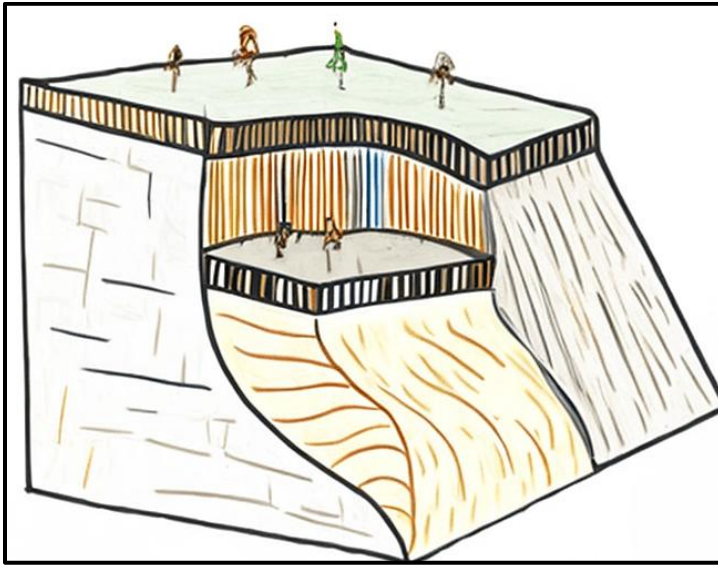
Nota: Jogach.M & Llumiguano.A,2024.

Volcamiento: Este fenómeno geológico se refiere al plegamiento de la parte superior de estratos o niveles de roca que han sido sujetos a disyunciones. Es el resultado de fuerzas gravitacionales o de procesos tectónicos específicos que inducen una reorientación de la disposición estratigráfica, generando una modificación en la estructura y la geometría de las rocas afectadas (forero, 2020).

Deslizamientos Rotacionales (Hundimientos): Desplazamiento lento de una masa de suelo o roca a lo largo de una superficie circular de ruptura, coincidiendo con la de transporte, donde los materiales experimentan una distorsión mínima en su fase inicial. Conforme avanza la masa, los materiales se desplazan gradualmente y el mecanismo de inestabilidad se vuelve más complejo (forero, 2020).

Figura 13

Deslizamientos Rotacionales.

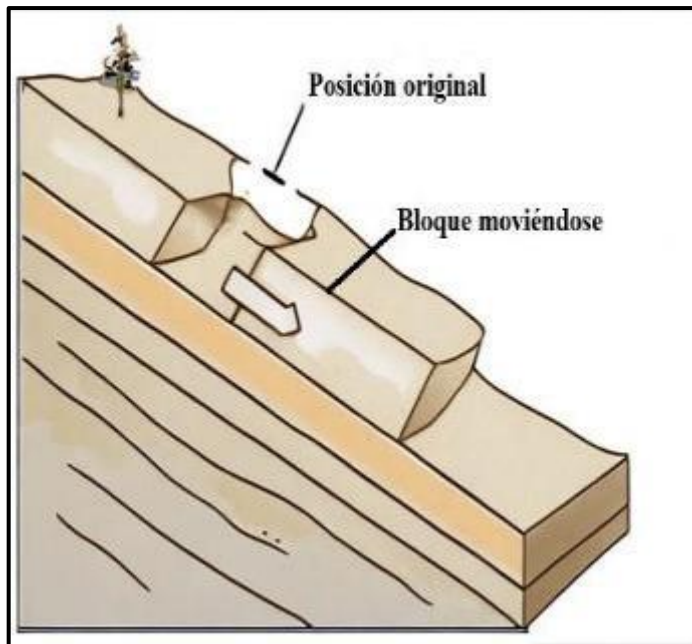


Nota: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.

Deslizamientos Traslacionales: Desplazamiento lento o rápido de un bloque de suelo o roca a lo largo de una superficie de deslizamiento planar. Se inician en áreas que muestran superficies de discontinuidad, son capas estratigráficas de baja resistencia mecánica, susceptibles a deformaciones bajo cargas tectónicas. El material afectado es rocoso, estratificado, formando placas o paquetes cuyas bases quedan desprovistas de soporte, ya sea por erosión natural o por cortes artificiales en un talud (es tal vez el problema geodinámico más comúnmente desencadenado por la intervención humana, cuando se hacen cortes para carreteras, canales, etc.) (Varnes, 2022).

Figura 14

Deslizamientos Traslacionales.



Nota: Jogach.M & Llumiguano.A,2024.

Deslizamientos de Lodo: También llamados lahares, son corrientes de barro y restos que se producen en zonas montañosas, normalmente después de fuertes lluvias o erupciones volcánicas. Estos sucesos pueden ser extremadamente destructivos debido a su velocidad y capacidad para transportar grandes cantidades de material (Tipos de Deslizamientos de Tierra, 2023). Usualmente muestran grandes cantidades de material terroso con un diámetro inferior a 2 mm, predominando sobre limos y arcillas, creando formas de lengua o grandes lóbulos. Las velocidades medias del movimiento pueden variar desde: cm - dm / año hasta cm - m / día (estas velocidades pueden no ser uniformes en toda la corriente).

Fotografía 2

Deslizamientos de Lodo.



Fuente: Indagación de campo

Nota: Jogach.M & Llumiguano.A,2024.

Flujos y avalanchas: Los movimientos de partículas o pequeños bloques dentro de una masa que se desplaza sobre una superficie de falla pueden variar en velocidad y condiciones, siendo lentos o rápidos, secos o húmedos, y compuestos de roca, escombros, suelo o tierra (Kogut, 2023)

Fotografía3

Flujo y avalancha en la vía a Paltabamba.



Fuente: Indagación de campo.

Nota: Jogacho.M & Llumiguano. A, 2024.

2.4. Base Legal

La gestión de riesgos tiene como objetivo prevenir, mitigar y responder a los desastres naturales y otros eventos adversos que puedan poner en peligro la vida, la salud, la propiedad y el medio ambiente de las personas. La Secretaría de Gestión de Riesgos es la entidad encargada de coordinar y promover la gestión integral de riesgos en el país.

Sección Gestión del riesgo:

Art. 11.- Alcance del Componente de Ordenamiento Territorial: Los Gobiernos Autónomos Descentralizados, tanto municipales como metropolitanos, en conformidad con lo estipulado en esta Ley, clasificarán todo el suelo a nivel cantonal o distrital en urbano y rural, definiendo su uso y gestión. Además, se encargarán de identificar los riesgos naturales y provocados por el ser humano a nivel cantonal o distrital, fomentarán la calidad del medio ambiente, la seguridad, la cohesión social y la accesibilidad en los entornos urbanos y establecerán las garantías necesarias para la movilidad y el acceso a servicios básicos y espacios públicos para toda la población. Las decisiones sobre ordenamiento territorial, así como el uso y ocupación del suelo en este nivel de gobierno, optimizarán las intervenciones en el territorio por parte de otros niveles de gobierno.

Art. 140.Ejercicio de la competencia de gestión de riesgos. La gestión de riesgos abarca acciones de prevención, respuesta, mitigación, reconstrucción y transferencia para abordar amenazas tanto naturales como provocadas por el ser humano. Esta administración se lleva a cabo de manera coordinada entre todos los niveles de gobierno, de acuerdo con las políticas del organismo nacional competente y la legislación aplicable. Los gobiernos autónomos descentralizados a nivel municipal deben implementar normas técnicas que garanticen la

protección de las personas, comunidades y el medio ambiente en sus áreas. En situaciones de riesgo sísmico, los municipios deberán promulgar ordenanzas que regulen la construcción y las medidas de prevención. La gestión de los servicios de prevención, protección y extinción de incendios, que es responsabilidad de estos gobiernos, se realizará dentro del marco legal pertinente. Los cuerpos de bomberos estarán vinculados a estos gobiernos, operando con autonomía tanto administrativa como financiera, y cumpliendo con la normativa vigente.

Art. 390.- La gestión de los riesgos se llevará a cabo siguiendo el principio de descentralización subsidiaria, lo que conlleva que las instituciones asuman la responsabilidad directa en su área geográfica. En los casos en que sus capacidades para manejar el riesgo sean limitadas, las entidades de mayor alcance territorial y con mayor capacidad técnica y financiera proporcionarán el apoyo necesario, respetando su autoridad en el territorio y sin eximir las de su responsabilidad. (Constitución de la República de Ecuador, 2024) .

Art. 389.- El Estado se compromete a salvaguardar a las personas, comunidades y el medio ambiente de los impactos adversos provocados por desastres naturales o causados por el ser humano. Esto se logrará mediante la prevención de riesgos, la mitigación de desastres y la recuperación y mejora de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el fin de reducir la vulnerabilidad. El sistema nacional de gestión de riesgos, que opera de manera descentralizada, se compone de las unidades de gestión de riesgo de todas las instituciones, tanto del sector público como del privado, en los niveles local, regional y nacional. El Estado ejercerá su autoridad a través del organismo técnico que se establece en la ley.(Constitución de la República de Ecuador, 2024).

Uso y de la Gestión del Suelo

Artículo 16: Suelo - El terreno es el soporte físico de las actividades que la población lleva a cabo en busca de su desarrollo integral sostenible y donde se materializan las decisiones y estrategias territoriales, de acuerdo con las dimensiones social, económica, cultural y ambiental **(LOOTUGS, 2016)**.

Artículo 17: clase de suelo - En los planes de uso y gestión del terreno, se procederá a clasificar la totalidad del suelo en categorías urbano y rural, tomando en cuenta sus características físicas, funcionales y socioeconómicas actuales.

Artículo 18: Suelo urbano_ Es aquel ocupado por asentamientos humanos concentrados que cuentan total o parcialmente con infraestructura básica y servicios públicos, y que constituye un sistema continuo e interrelacionado de espacios públicos y privados. Estos asentamientos humanos pueden ser de diferentes escalas e incluir núcleos urbanos en terreno rural **(LOOTUGS, 2016)**.

Artículo 19: Suelo rural - El terreno rural se define como aquel destinado predominantemente a actividades agro productivas, extractivas o forestales. Además, abarca zonas que, debido a sus particularidades biofísicas o geográficas, necesitan ser protegidas o reservadas para futuros usos urbanos.

2.5 Glosario de términos.

Actividades Humanas: La deforestación, la agricultura en pendientes y la construcción sin control adecuado pueden desestabilizar el suelo y aumentar el riesgo de deslizamientos (SNGR, 2023).

Análisis de estabilidad: Análisis del comportamiento de un talud en diversas condiciones (Montoya, 2023).

Análisis de riesgo: El proceso de comprender la naturaleza del riesgo con el fin de determinar su nivel mediante la identificación de riesgos es fundamental para la evaluación de riesgos y la toma de decisiones sobre las medidas de reducción del riesgo y la preparación para la respuesta. Esto implica también la estimación del riesgo (SNGR, 2021).

Compactación: Proceso de aumentar la densidad del suelo mediante la reducción de espacios vacíos (Valenzuela, 2022).

Condiciones Climáticas: Las lluvias intensas y prolongadas pueden saturar el suelo, reduciendo su estabilidad y aumentando el riesgo de deslizamientos (SNGR, 2023).

Deslizamiento de tierra: Movimiento de masas de suelo que puede ser causado por la saturación del terreno, vibraciones o cambios en la carga. Este fenómeno puede resultar en pérdidas materiales y humanas (Martínez R. &, 2022).

Erosión: Desgaste del terreno causado por agentes naturales o humanos (Díaz, 2018).

Estabilidad del talud: Condición en la que un talud mantiene su integridad estructural y no se desplaza o colapsa.

Estratigrafía: Estudio de las capas de suelo y roca en un área determinada (Lemos, 2023).

Factor de seguridad: Disciplina de la ingeniería que estudia el comportamiento de los suelos y rocas en relación con la construcción y la estabilidad de estructuras.

Flujos de tierra: Se describen como movimientos lentos de materiales blandos que a menudo arrastran consigo parte de la capa vegetal, afectando la estabilidad de las laderas y la vegetación (UNDRR., 2020).

Fuerzas de corte: Fuerzas que actúan paralelas a la superficie de un talud, provocando deslizamientos (Aguirre C. , 2021).

Geología: La inclinación de las laderas y la composición del suelo contribuyen a la susceptibilidad de la zona a los deslizamientos.

Geotecnia: Rama de la ingeniería que analiza el comportamiento de suelos y rocas en el contexto de la construcción y la estabilidad de estructuras.

Hundimientos: Estos son movimientos generalmente verticales de masas de suelo, caracterizados por una disminución del volumen total del terreno, lo que puede generar inestabilidad en las estructuras circundantes.

Obras de mitigación: Intervenciones estructurales o no estructurales diseñadas para reducir el riesgo de deslizamientos, como drenajes, muros de contención y reforestación.

Propiedades mecánicas del suelo: Características que determinan el comportamiento del suelo bajo carga (Alvarado, 2021).

Recuperación: Proceso de restablecimiento o mejora de las condiciones de vida y la salud, así como de los activos, sistemas y actividades económicas, físicas, sociales, culturales y ambientales de una comunidad o sociedad (SNGR, 2021).

Suelo cohesivo: Suelo que presenta una alta capacidad de retención de agua y resistencia al deslizamiento (Aguirre, 2021).

Susceptibilidad: Grado de fragilidad interna de un sujeto, objeto o sistema frente a una amenaza, que determina su capacidad para enfrentar un posible impacto derivado de la ocurrencia de un evento peligroso.

Territorio: Se define como la porción de superficie que pertenece a un país, región, provincia, entre otros; todos los países cuentan con un territorio tanto aéreo, terrestre y también marítimo cuando tiene costas (INEC, 2022).

Uso del suelo: Forma en que se utiliza un terreno, lo cual puede afectar su estabilidad en el desarrollo de no consideran las características geológicas y geomorfológicas de la propiedad, lo que puede aumentar el riesgo de deslizamientos y otros desastres naturales. (Guzmán, 2019).

CAPITULO III. METODOLOGÍA.

En el análisis de estabilidad de un talud finito, es fundamental llevar a cabo un estudio preliminar que contemple la geología, topografía y propiedades geotécnicas de los materiales que componen el área de interés. Este enfoque permite establecer un diagnóstico preciso sobre las condiciones del problema existente.

La modelación matemática de un talud se realiza para evaluar las condiciones de estabilidad, seguridad y funcionalidad del mismo. Este proceso implica el uso de métodos numéricos y analíticos que simulan el comportamiento del talud bajo diversas condiciones de carga y factores ambientales, permitiendo así una evaluación rigurosa de su integridad estructural.

3.1. Tipo de Investigación

3.1.1. Investigación descriptiva:

Se centra en caracterizar las condiciones actuales del terreno y los factores que influyen en su estabilidad, a través de la recopilación de datos geotécnicos, como propiedades físicas y mecánicas del suelo, y observaciones directas, se busca identificar los riesgos asociados con el uso inadecuado del suelo en la zona. Esta investigación detallará aspectos como la composición del suelo, su capacidad de drenaje y los signos de inestabilidad, permitiendo así una comprensión profunda de cómo las prácticas de construcción y uso del suelo impactan la integridad del talud. Los resultados contribuirán a la identificación de áreas críticas y a la formulación de recomendaciones para mitigar el riesgo de deslizamientos, asegurando la seguridad del barrio y la sostenibilidad del entorno.

3.2. Enfoque de la investigación

3.2.1. Enfoque Cuantitativo:

Es fundamental para este estudio, ya que permite la recopilación y análisis de datos numéricos que son esenciales para evaluar la estabilidad estructural del talud en el barrio La Merced, los datos serán organizados y analizados para proporcionar resultados cuantificables sobre la estabilidad del talud. Se presentarán en tablas y gráficos que facilitarán la interpretación y comprensión de las investigaciones. También se hará uso de datos numéricos y mediciones para analizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, así como para evaluar la estabilidad del talud.

3.3. Métodos de Investigación:

3.3.1. Métodos de Equilibrio Límite

Estos métodos se fundamentan en el principio de equilibrio de fuerzas y momentos en un sistema. Se centran en identificar la superficie de falla crítica y calcular el factor de seguridad asociado, asumiendo que las condiciones de equilibrio están en el límite de la inestabilidad.

3.3.2. Método de Bishop simplificado

El Método de Bishop simplificado es una técnica de la ingeniería geotécnica para analizar la estabilidad de taludes. Supone que las fuerzas tangenciales en las superficies de las dovelas son equivalentes, facilitando el análisis, pero se restringe a fracturas circulares. El método se basa en el equilibrio de momentos, considerando fuerzas gravitacionales e intersegmentales, y permite calcular el Factor de Seguridad (FS) de manera iterativa. Es apreciado por su precisión y simplicidad en comparación con otros métodos, y sigue siendo valioso para evaluar la estabilidad de taludes y diseñar medidas de mitigación.

El cálculo de la estabilidad del talud se realiza utilizando los mismos datos que se implementan en el software Geo 5, el cual es reconocido por su precisión en análisis geotécnicos. Estos datos incluyen las propiedades físicas y mecánicas del suelo, como la cohesión, el ángulo de fricción interna y el peso unitario del suelo. Adicionalmente, se incorporan los resultados detallados del estudio de mecánica del suelo, especialmente enfocados en las características de las partículas finas. Esto incluye información sobre la granulometría, la plasticidad y la capacidad de retención de humedad, entre otros parámetros esenciales. Al integrar todos estos datos en el software Geo 5, se obtienen todas las variables necesarias para el modelado preciso del talud. Este modelado permite una evaluación exhaustiva de la estabilidad del talud, identificando potenciales superficies de deslizamiento y evaluando el factor de seguridad (FS) bajo diferentes condiciones de carga. De esta manera, se determina si el talud es estable o presenta riesgos de inestabilidad.

La ecuación del método Bishop.

$$F = \frac{\sum \left[\frac{c' + ((W/b) - u) \tan \phi'}{\psi} \right]}{\sum [(W/b) \sin \alpha]}$$

c' es la cohesión efectiva

ϕ' es el ángulo de rozamiento interno

b es el ancho de cada rebanada, asumiendo que todas tienen el mismo espesor

W es el peso de cada rebanada

u es la presión de agua en la base de cada rebanada

3.3.3. Método de Janbu

El método de Janbu, al igual que el de Bishop, parte de la premisa de que no hay esfuerzos tangenciales en los bordes laterales de cada dovela. No obstante, su principal diferencia es que

Janbu se centra en el equilibrio de fuerzas, mientras que Bishop se ocupa del equilibrio de momentos. Esta variación permite que el método de Janbu sea aplicable no solo a superficies de ruptura circulares, sino también a geometrías curvas. Al establecer las condiciones de equilibrio del sistema, se deriva una fórmula para calcular el Factor de Seguridad (FS).

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (C + Ni \cdot \operatorname{tg}\theta) \operatorname{Cos}\theta_i}{\sum_{i=1}^{i=n} (Ui \cdot \operatorname{Sen}\theta_i + Wi) + \sum_{i=1}^{i=n} Ni \cdot \operatorname{Sen}\theta_i}$$

3.3.3. Método de Spencer

Este enfoque, a diferencia de los métodos anteriores, satisface las condiciones de equilibrio de fuerzas y momentos. Spencer argumenta que las fuerzas en los costados de las dovelas son paralelas y presentan un ángulo de inclinación idéntico. La fórmula para determinar el Factor de Seguridad (FS) según este método es la siguiente:

$$FS = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{C \cdot \Delta l + \frac{Wi}{\operatorname{Cos}\theta_i} \cdot \operatorname{tg}\phi + \frac{\Delta T}{\operatorname{Cos}\theta_i} + \operatorname{tg}\theta_i \cdot \operatorname{tg}\phi (-Ti + Ei - Ei+1)}{Ti}$$

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos:

En la realización de este estudio se emplearon los siguientes métodos y herramientas de recopilación de información:

Fuentes primarias:

La observación, como herramienta de investigación, es fundamental para la recopilación de datos tanto cuantitativos como cualitativos, los cuales son esenciales para comprender las condiciones del talud y el impacto del uso del suelo en su estabilidad. Al establecer qué aspectos se van a observar, el investigador puede identificar factores específicos, tales como la vegetación,

la erosión del suelo y las actividades humanas en la zona, que podrían contribuir a la ocurrencia de deslizamientos. Además, una observación sistemática garantiza que los datos recolectados sean pertinentes y estén alineados con los objetivos de la investigación, lo que permite un análisis más profundo de las características del talud.

Instrumentos para la Observación:

- Mapa de ubicación
- Fotografías

Fuentes secundarios:

- Investigación documental
- Google Académico
- Servicio Nacional de Gestión del Riesgo y Emergencias.

Se utilizó el software GEO5 para evaluar la estabilidad del talud en el barrio la Merced. Este instrumento es esencial para realizar el análisis necesario. Además, se implementó el método de Bishop, que forma parte de esta herramienta, para calcular la seguridad del talud en diversas condiciones de carga y resistencia del material.

3.5. Población, Muestra y Universo.

La población de estudio se centra en el sector La Merced, abarcando un área de 500 m². Esta zona se analizará utilizando el software Geo 5, reconocido por su precisión en el análisis geotécnico avanzado. Este programa permitirá una evaluación detallada de las condiciones del terreno, identificando posibles riesgos y generando datos precisos y actualizados. Dichos datos serán primordiales para la planificación urbana, la gestión de riesgos y la implementación de medidas preventivas adecuadas en la localidad de estudio.

3.6. Técnicas de análisis y procesamiento de la Información

Se emplearon diversos programas para llevar a cabo el procesamiento del trabajo de investigación, tales como Microsoft Word, Microsoft Excel, Google Earth, Global Mapper, AutoCAD, ArcGIS 10.5 y el software GEO5.

Objetivo N°1.

Este objetivo requiere la recopilación de informes preliminares de la zona en cuestión, que incluirán estudios geotécnicos previos, análisis de estabilidad y datos históricos sobre deslizamientos. La información recopilada permitirá desarrollar una comprensión detallada de los riesgos presentes en el área.

Tipo de suelo

Para la caracterización del tipo de suelo, se ejecutan ensayos geotécnicos detallados en diversas muestras recolectadas. Estas pruebas comprenden granulometría, límites de Atterberg y ensayos de compactación, las cuales son esenciales para identificar las propiedades físicas y mecánicas del terreno. Adicionalmente, se evalúan los parámetros de resistencia y deformabilidad del suelo, información que resulta fundamental para la gestión adecuada del riesgo de desastres. Los datos obtenidos permiten el desarrollo de estrategias de mitigación más precisas y efectivas, garantizando la estabilidad y sostenibilidad del suelo en futuras intervenciones.

Tabla 6

Tipos de suelos de la zona de estudio.

**IMÁGENES DE RECOLECCION DE TIERRA PARA REALIZAR EL ESTUDIO DE SUELO
EN BARRIO LA MERCED**



Punto 1: Durante esta salida de campo, se llevó a cabo la recolección inicial de muestras en la base del talud. Se observó la presencia de agua, lo que sugiere que la zona podría tener un alto contenido de humedad o estar influenciada por un sistema de drenaje natural. Además, se identificó una notable cantidad de arena compactada, lo cual podría indicar características particulares del suelo y sus propiedades de estabilidad.



Punto 2: En el transcurso de la salida de campo, se realizó una inspección en la base del talud. En esta ubicación, se observó la combinación de arena y agua, lo que facilitará el análisis de sus características geotécnicas y su composición. La presencia de agua sugiere un posible alto contenido de humedad o la influencia de un sistema de drenaje natural, mientras que la identificación de arena compactada puede proporcionar información concluyente sobre la estabilidad y las propiedades mecánicas del suelo.



Punto 3.- En la presente imagen, se observa una transición en el tipo de suelo, caracterizado por un incremento en la granulometría y la adquisición de un distintivo color café. Este cambio en la textura y el color del suelo puede ser indicativo de diversos procesos geológicos y ambientales que han tenido lugar en la zona, tales como alteraciones en la composición mineralógica, la acción de agentes erosivos o la influencia de factores climáticos específicos. La identificación y el análisis de estos cambios son principales para evaluar el riesgo de desastres en el área.



Punto 4.- En esta imagen se identifica una posible área de afectación caracterizada por la presencia de un tipo de suelo de color rojo. La alta compactación del suelo rojo puede reducir significativamente la infiltración de agua, lo que, a su vez, puede incrementar la escorrentía superficial y propiciar procesos erosivos. Esta observación es fundamental para evaluar el riesgo de desastres en la zona, ya que la infiltración limitada y la mayor escorrentía pueden afectar la estabilidad del terreno y aumentar la susceptibilidad a deslizamientos y otros eventos adversos.

Objetivo N°2.

Para evaluar la estabilidad del talud en el barrio La Merced, se empleó el software GEO5 junto con el método de Bishop. Este software permite insertar puntos de medición de longitud (x) y altitud (z) con rangos de 20 a 35 metros, dependiendo de la inclinación del talud. Las líneas de medición se trazan en las curvas de nivel generadas y se comparan con datos de campo para digitalizar los taludes con precisión.

El método de Bishop es una técnica ampliamente reconocida en la ingeniería geotécnica para analizar la estabilidad de taludes. Desarrollado por el ingeniero Ralph E Bishop en los años 50, esta metodología se ha convertido en una herramienta esencial para determinar la estabilidad de taludes de suelo o roca y evaluar el riesgo de deslizamientos. Aunque su enfoque es simplificado, resulta eficaz para calcular el factor de seguridad de un talud, que es un indicador clave de su estabilidad. Este método considera elementos como el peso del suelo, el ángulo de fricción interna, la cohesión del material y la configuración del talud.

El factor de seguridad se establece comparando las fuerzas que tienden a provocar el deslizamiento del talud con aquellas que contribuyen a su estabilidad. Un factor de seguridad inferior a uno sugiere que el talud es inestable y podría estar en riesgo de deslizamiento.

Coefficiente sísmico horizontal

El coeficiente sísmico horizontal es determinado de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC).

Mapa 8.

Mapa para diseño Sísmico de cantón Guaranda.



Nota: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.

$$kh = 0,6 (amax)/g$$

$$amax = Z.Fa$$

Donde:

kh= coeficiente sísmico horizontal

amax = aceleración máxima horizontal

Z = factor de zona

Fa: es el factor que determina la amplificación o reducción dinámica correspondiente a cada tipo de suelo.

Datos:

$$Z = 0,35$$

$$Fa = 1,23$$

$$g = 9,8$$

Remplazando datos en la fórmula se obtiene el siguiente resultado:

$$amax = Z * Fa$$

$$amax = 0,35 * 1,23$$

$$amax = 0,4305$$

$$kh = \frac{0,6 * amax}{g}$$

$$kh = \frac{0,6 * 0,4305}{9,8}$$

$$kh = \frac{0,2583}{9,8}$$

$$kh = 0,026.$$

Tabla 7. Criterio de valoración del grado de estabilidad del talud.

Orden	Rango de Grados de Estabilidad.	Clasificación	Descripción
I	0.50 < 1	Inestable	Alto riesgo de deslizamientos; requiere intervención.
II	1.0 – 1.3	Moderadamente inestable.	Cierta estabilidad; necesita monitoreo y mitigación.
III	1.3 – 1.5	Estable a corto plazo.	Relativamente seguro a corto plazo; considerar condiciones futuras.
IV	1.08 > 1	Estable	Seguro para el uso previsto; bajo riesgo de deslizamiento.

Nota: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.

Objetivo N°3.

Proponer medidas de mitigación y refuerzo estructural del talud.

Se está ejecutando medidas de mitigación y refuerzo estructural en el área de estudio. Mediante la técnica de observación directa y el método descriptivo, se realiza un análisis descriptivo de las zonas con mayor susceptibilidad a deslizamientos. Dicho análisis incluye la evaluación de factores geotécnicos, hidrológicos y geomorfológicos, así como la identificación de áreas críticas basadas en la topografía y la cobertura vegetal. Además, se emplea el método de investigación bibliográfica para la recopilación de datos, utilizando fuentes relevantes como el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) y el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) de Guaranda. Se consultan también estudios previos y otros sitios web especializados que proporcionan información actualizada sobre la situación del sector.

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis, Interpretación y Discusión de Resultados:

4.1.1. Resultados del objetivo N°1:

Establecer el diagnóstico geotécnico del talud en el barrio la Merced.

El barrio La Merced enfrenta desafíos significativos en términos de estabilidad geotécnica, su topografía irregular y a las características geológicas del área. La evaluación de los taludes es crítica y debe incluir un análisis detallado de la composición del suelo, la pendiente, el nivel de agua subterránea y las cargas externas que actúan sobre la masa terrestre. Este análisis es fundamental para identificar riesgos potenciales de deslizamientos y para establecer estrategias de mitigación adecuadas que garanticen la seguridad estructural y la integridad del Barrio.

4.1.2. Propiedades geotécnicas

Los resultados presentados en este apartado derivan del análisis realizado en laboratorio con el objetivo de determinar la composición granulométrica de las muestras de suelo recolectadas en el sitio de estudio. Este análisis se llevó a cabo mediante técnicas estandarizadas que permiten clasificar las partículas del suelo según su tamaño, proporcionando información fundamental sobre las características físicas y estructurales del material.

Mapa 9

Caracterización de Muestras en el Talud del Barrio La Merced.



Fuente: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.

4.1.2.1. Actividades de Campo:

Durante el recorrido visual del talud, se realizó mediciones exactas de la inclinación en varios puntos estratégicos. Para ello, se empleó un clinómetro, instrumento especializado que mide ángulos de inclinación con alta precisión. El procedimiento consistió en colocar el clinómetro en la superficie del talud y ajustar el dispositivo hasta obtener la lectura precisa del ángulo de inclinación. Este proceso se repitió en diversas secciones del talud para conseguir un perfil detallado de su geometría. Con estos datos, se evaluó la estabilidad potencial del talud, proporcionando una base sólida para el análisis y la implementación de medidas preventivas y correctivas necesarias.

Fotografía 4

Salida de campo.



Fuente: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.

Se ha observado un deterioro significativo en la vegetación del talud, lo cual sugiere problemas en la integridad del suelo. Este aumento en la humedad afecta negativamente las propiedades mecánicas del sustrato, reduciendo su cohesión y provocando un debilitamiento de la capacidad de soporte del terreno. Como resultado, se incrementa considerablemente el riesgo de deslizamientos, comprometiendo no solo la estabilidad del área afectada, sino también la seguridad de las infraestructuras circundantes y el bienestar de las comunidades adyacentes. La erosión acelerada y la pérdida de vegetación protectora también pueden exacerbar estos problemas, creando condiciones aún más propensas a desastres naturales. Es importante implementar medidas de control y mitigación para prevenir futuros deslizamientos y proteger tanto las construcciones como la población local.

Fotografía 5

Se muestra vegetación de la zona de estudio.



Fuente: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.

Se recolectaron seis muestras de suelo para su clasificación, incluyendo el análisis de humedad, los límites de Atterberg y la realización de un análisis granulométrico. Este procedimiento es fundamental para evaluar las propiedades del suelo, tales como su capacidad de carga y su comportamiento frente a diferentes condiciones ambientales. Los resultados obtenidos son trascendentes para la planificación y diseño de intervenciones, garantizando la estabilidad y seguridad de las construcciones.

Además, se debe considerar el impacto del uso inadecuado del suelo, el cual puede incrementar significativamente el riesgo de deslizamientos. La alteración de la estructura del suelo y la variación en su cohesión pueden desestabilizar el terreno, comprometiendo infraestructuras y poniendo en riesgo la seguridad de las comunidades. Con estas muestras recolectadas, se procederá a realizar los ensayos pertinentes en el laboratorio de suelos WIDCAD, donde se llevarán a cabo pruebas específicas para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, y así establecer las medidas de mitigación necesarias.

Fotografía 6

Se visualiza los suelos que será clasificado para la muestra.



Fuente: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.

4.1.2.2. Trabajo de laboratorio

Se llevó a cabo una caracterización detallada del talud en el barrio La Merced mediante la recolección de muestras representativas. Posteriormente, se realizaron pruebas de laboratorio para evaluar las características geotécnicas del suelo. Estas pruebas incluyeron análisis de granulometría, límites de Atterberg, pruebas de compactación y determinación de la resistencia al corte, con el objetivo de obtener una comprensión completa de las propiedades físicas y mecánicas del suelo.

La información obtenida es esencial para identificar posibles riesgos geotécnicos y planificar adecuadamente las medidas de mitigación necesarias. La caracterización del talud también permite determinar la influencia de factores ambientales en la estabilidad del terreno y evaluar el impacto potencial sobre infraestructuras y sectores aledaños.

Tabla 8

Ensayos de suelo para realizar en el laboratorio WIDCAD.

Objetivo: Determinar el contenido de agua presente en las muestras recolectadas dentro del área de estudio.	
Paso N°	Descripción del Procedimiento
Fotografía 7 <i>Recolección de muestras.</i> 	Se mide el peso inicial en estado húmedo de las muestras en una balanza de suelo (kg). Este paso proporciona una referencia sobre la cantidad de agua presente y permite calcular el contenido de humedad del suelo.
Fotografía 8 <i>Preparación de la muestra</i> 	Se elabora la muestra de suelo y se sitúa en una tamizadora. Las partículas se separan por tamaño; las gruesas quedan en los tamices superiores y las finas pasan a los inferiores. Las partículas finas (limos y arcillas) retienen más agua, mientras que las gruesas (arenas y gravas) mejoran el drenaje.

Fotografía 9 Preparación de la muestra para el tamizado.



Se recogen las muestras del tamiz N° 04 para análisis granulométrico. Estas partículas son representativas y se deben homogeneizar y limpiar de contaminantes, ya que se utilizarán para ensayos adicionales, como el análisis de plasticidad.

Fotografía 10 Clasificación de suelo desde el Tamiz 04.



Se pesa la muestra en gramos. Luego, se seca en un horno a temperatura controlada para eliminar la humedad, obteniendo así el peso seco. Comparar el peso húmedo y seco permite determinar el contenido de humedad, crítico para caracterizar el suelo.

Fotografía 11 Inserción de la Muestra en el Horno.



Se esperan aproximadamente 12 horas en el horno a 105 °C. A continuación, se realiza un nuevo pesaje de la muestra para determinar su peso seco. Este dato es esencial para calcular el contenido de humedad, evaluar la plasticidad y determinar la clasificación geotécnica del suelo.

Fuente: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.

Tabla 9

Muestra N°1.

ESTUDIO PARA ESTABLECER LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS.						
Normas:	ASTM:	D 421-58 Y D422-63	Fecha: 6/11/2024			
	AASHTO:	T -87 -70 Y T 88-70				
UBICACIÓN:	Parte intermedio C3					
ORDEN No. :						
	Simbología	Subgrupo.	Simbología			
Gravas	G	Bien Graduado	W			
Arenas	S	Pobremente Graduado	P			
Arcillas	C	Limoso	M			
Limos	M	Arcilloso	C			
Orgánicos	O	Baja Plasticidad	L			
		Alta Plasticidad	H			
Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Retenido	% Pasa	% Pasa Acumulado	W inicial
3''	76,20		0,00%	100,00%		2,036
2''	50,80		0,00%	100,00%		
1''	25,40	0	0,00%	100,00%		
3/4''	19,05	0	0,00%	100,00%		
1/2''	12,70	0,058	2,89%	97,11%		
3/8''	9,53	0,002	0,10%	97,01%		
N 4	4,75	0,154	7,66%	89,35%		
Pasa N °4				89,35%		
N °10	2,00	0,354	17,61%	71,74%		
N °20	0,84	0,464	23,08%	48,66%		
N °30	0,60	0,296	14,73%	33,93%		
N °40	0,43	0,074	3,68%	30,25%		
N °60	0,25	0,388	19,30%	10,95%		
N °100	0,15	0,094	4,68%	6,27%		
N °200	0,08	0,044	2,19%	4,08%		
Pasa N° 200				4,08%		

Fondo		0,082	4,08%	0,00%			
TOTAL		2,01					
LIMITE PLASTICO			LIMITE LIQUITO				
1	2	3	1	2			
17,07	17,42	10,03	0	0			
31,42	33,77	24,42	10,83	11,61			
28,4	27,09	21,17	10,52	10,56			
3,02	6,68	3,25	0,31	1,05			
11,33	9,67	11,14	10,52	10,56			
26,65	69,08	29,17	2,95	9,94			
30	26	18	6,44				
Limite Liquido		47.6					
Limite plástico		6.44					
IP=LL-LP		41.16					

Tabla 10

Resultado de la Muestra N°1.

Parámetro	Resultado
Porcentaje de partículas finas	4,08%
Límite Líquido (WL)	83,35%
Límite Plástico (PL)	6,44%
Índice de plasticidad (IP)	41,16%
Clasificación USCS	SP (Arena Pobremente Graduada)
Ángulo de fricción interna	35,50°
Cohesión	0 kPa
Peso inicial húmedo	2.036 kilogramos
Peso Específico de Partículas	2,01 kilogramos
Peso Unitario Saturado	18,50 kN/m ³

Nota: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.

Interpretación de la tabla N°8. El análisis indica que el suelo tiene alta plasticidad y una textura gruesa, con nula cohesión y buena fricción interna, clasificado como arena pobremente

graduada, presenta limitaciones en retención de agua, pero su peso unitario saturado es adecuado para soportar estructuras.

Tabla 11

Muestra N°2.

ESTUDIO PARA ESTABLECER LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS.						
Normas:	ASTM:	D 421-58 Y D422-63	Fecha:	6/11/2024		
	AASHTO:	T -87 -70 Y T 88-70				
UBICACIÓN :	Parte inferior C4					
ORDEN No. :						
	Simbología	Subgrupo	Simbología			
Gravas	G	Bien Graduado	W			
Arenas	S	Pobrement e Graduado	P			
Arcillas	C	Limoso	M			
Limos	M	Arcilloso	C			
Orgánicos	O	Baja Plasticidad	L			
		Alta Plasticidad	H			
Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Retenido	% Pasa	% Pasa Acumulad o	W inicial
3''	76,20		0,00%	100,00%		1,874
2''	50,80		0,00%	100,00%		
1''	25,40	0,164	2,89%	87,11%		
3/4''	19,05	0,09	7,08%	80,03%		
1/2''	12,70	0,094	7,39%	72,64%		
3/8''	9,53	0,074	5,82%	66,82%		
N 4	4,75	0,086	6,76%	60,06%		
PASA N 4				60,06%		
N 10	2,00	0,006	0,47%	59,59%		
N 20	0,84	0,094	7,39%	52,20%		

N 30	0,60	0,064	5,03%	47,17%		
N 40	0,43	0,186	14,62%	32,55%		
N 60	0,25	0,250	19,65%	12,89%		
N 100	0,15	0,064	5,03%	7,86%		
N 200	0,08	0,078	6,13%	1,73%		
PASAN 200				1,73%		
Fondo		0,022	1,73%	0,00%		
TOTAL		1,272				
LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
1	2	3	4	1	2	
9,83	9,77	17,38		0	0	
23,91	27,3	32,42		11,77	11,59	
21,23	23,93	29,39		11,68	11,34	
2,68	3,37	3,03		0,09	0,25	
11,4	14,16	12,01		11,68	11,34	
23,51	23,80	25,23		0,77	2,20	
32	24	19		1,49		
Limite Liquido			47,6			
Limite plástico			1,49			
IP=LL-LP			46,11			

Tabla 12

Resultado de la Muestra N°2.

Parámetro	Resultado
Porcentaje de partículas finas	1,73%
Límite Líquido (WL)	47,6%
Límite Plástico (PL)	1,49%
Índice de plasticidad (IP)	41,11%
Clasificación USCS	SP (Arena Pobremente Graduada)
Ángulo de fricción interna	35,50°
Cohesión	0 kPa
Peso inicial húmedo	1.874 kg
Peso Específico de Partículas	1.272 kilogramos
Peso Unitario Saturado	18,50 kN/m ³

Nota: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.

Interpretación de la tabla N°10. El suelo muestra que tiene una baja cantidad de partículas finas y una plasticidad limitada, lo que sugiere que su comportamiento es bastante estable. Además, la cohesión es nula, lo que indica que su resistencia depende principalmente de la fricción entre las partículas.

Tabla 13

Muestra N°3.

ESTUDIO PARA ESTABLECER LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS.						
Normas:	ASTM:	D421-58 Y D422-63	Fecha:	6/11/2024		
	AASHTO:	T -87 -70 Y T 88-70				
UBICACIÓN:	Parte inferior C5					
ORDEN No. :						
	Simbología	Subgrupo	Simbología			
Gravas	G	Bien Graduado	W			
Arenas	S	Pobremente Graduado	P			
Arcillas	C	Limoso	M			
Limos	M	Arcilloso	C			
Orgánicos	O	Baja Plasticidad	L			
		Alta Plasticidad	H			
Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Retenido	% Pasa	% Pasa Acumulado	W inicial
3''	76,20		0,00%	100,00%		1,532
2''	50,80		0,00%	100,00%		
1''	25,40	0,152	11,09%	88,91%		
3/4''	19,05	0,026	1,90%	87,02%		
1/2''	12,70	0,049	3,57%	83,44%		

3/8''	9,53	0,024	1,75%	81,69%		
N 4	4,75	0,18	13,13%	68,56%		
PASA N 4				68,56%		
N 10	2,00	0,294	21,44%	47,12%		
N 20	0,84	0,344	25,09%	22,03%		
N 30	0,60	0,082	5,98%	16,05%		
N 40	0,43	0,086	6,27%	9,77%		
N 60	0,25	0,084	6,13%	3,65%		
N 100	0,05	0,028	2,04%	1,60%		
N 200	0,08	0,014	1,02%	0,58%		
PASA N 200				0,58%		
FONDO		0,008	0,58%	0,00%		
TOTAL		1,371				

LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
1	2	3	4	1	2
10,14	17,28	17,4		0	0
27,43	28,08	31,95		11,14	11,46
23,62	25,79	28,73		10,97	11,45
3,81	2,29	3,22		0,17	0,01
13,48	8,51	11,33		10,97	11,45
28,26	26,91	28,42		1,55	0,09
28	22	19		0,82	

Limite Liquido	47,6
Limite plástico	1,49
IP=LL-LP	46,11

Tabla 14*Resultado de la Muestra N°3.*

Parámetro	Resultado
Porcentaje de partículas finas	0,58%
Límite Líquido (WL)	47,6%
Límite Plástico (PL)	0,82%
Índice de plasticidad (IP)	46,78%
Clasificación <i>SUCS</i>	SP (Arena Pobremente Graduada)
Ángulo de fricción interna	35,50°
Cohesión	0 kPa
Peso inicial húmedo	1.532 kg
Peso Específico de Partículas	1.371 kilogramos.
Peso Unitario Saturado	18,50 kN/m ³

Interpretación de la tabla N°12. El suelo indica que tiene una baja cantidad de partículas finas y una alta proporción de arena, lo que sugiere que su comportamiento es mayormente estable. La falta de cohesión significa que su resistencia proviene principalmente de la fricción entre las partículas.

Tabla 15*Muestra N°4.*

ESTUDIO PARA ESTABLECER LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS.						
Normas:	ASTM:	D 421-58 Y D422-63	Fecha:	6/11/2024		
	AASHTO:	T -87 -70 Y T 88-70				
UBICACIÓN:	tramo 2 Parte inferior A1					
ORDEN No. :						
	Simbología	Subgrupo	Simbología			
Gravas	G	Bien Graduado	W			
Arenas	S	Pobremente Graduado	P			
Arcillas	C	Limoso	M			
Limos	M	Arcilloso	C			

Orgánicos	O	Baja Plasticidad	L			
		Alta Plasticidad	H			
Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Retenido	% Pasa	% Pasa Acumulado	W inicial
3''	76,20		0,00%	100,00%		1,064
2''	50,80		0,00%	100,00%		
1''	25,40	0	0,00%	100,00%		
3/4''	19,05	0	0,00%	100,00%		
1/2''	12,70	0,098	9,48%	90,52%		
3/8''	9,53	0,062	6,00%	84,53%		
N 4	4,75	0,042	4,06%	80,46%		
PASA N 4				80,46%		
N 10	2,00	0,292	28,24%	52,22%		
N 20	0,84	0,26	25,15%	27,08%		
N 30	0,60	0,068	6,58%	20,50%		
N 40	0,43	0,046	4,45%	16,05%		
N 60	0,25	0,086	8,32%	7,74%		
N 100	0,15	0,03	2,90%	4,84%		
N 200	0,08	0,026	2,51%	2,32%		
PASA N 200				2,32%		
FONDO		0,024	2,32%	0,00%		
TOTAL		1,034				
LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
1	2	3	4	1	2	
17,78	16,89	17,03		0	0	
36,08	34,76	29,44		11,51	11,59	
32,48	31,18	26,85		11,25	11,11	
3,6	3,58	2,59		0,26	0,48	
14,7	14,29	9,82		11,25	11,11	
24,49	25,05	26,37		2,31	4,32	
31	26	16		3,32		
Limite Liquido			47,6			
Limite plástico			3,32			
IP=LL-LP			44,28			

Tabla 16. Resultado de la Muestra N°4.

Parámetro	Resultado
Porcentaje de partículas finas	2,32%
Límite Líquido (WL)	47,6%
Límite Plástico (PL)	3,32%
Índice de plasticidad (IP)	44,28%
Clasificación <i>SUCS</i>	SP (Arena Pobrementemente Graduada)
Ángulo de fricción interna	35,50°
Cohesión	0 kPa
Peso inicial húmedo	1.064 kg
Peso Específico de Partículas	1.034 kilogramos.
Peso Unitario Saturado	18,50 kN/m ³

Nota: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.

Interpretación de la tabla N°14. El suelo indica que tiene una baja cantidad de partículas finas y una alta proporción de arena, lo que sugiere que su comportamiento es mayormente estable. La falta de cohesión significa que su resistencia proviene principalmente de la fricción entre las partículas.

Tabla 17

Muestra N°5.

ESTUDIO PARA ESTABLECER LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS.						
Normas:	ASTM:	D421-58Y D422-63	Fecha:	6/11/2024		
	AASHTO:	T -87 -70 Y T 88-70				
UBICACIÓN:	A2					
ORDEN No. :						
	Simbología	Subgrupo	Simbología			
Gravas	G	Bien Graduado	W			
Arenas	S	Pobrementemente Graduado	P			
Arcillas	C	Limoso	M			
Limos	M	Arcilloso	C			
orgánicos	O	Baja Plasticidad	L			

		Alta Plasticidad	H			
Tamiz	Abertura (Mm)	Peso Retenido	% Retenido	% Pasa	% Pasa Acumulado	W Inicial
3''	76,20		0,00%	100,00%		1,426
2''	50,80		0,00%	100,00%		
1''	25,40	0,028	2,10%	97,90%		
3/4''	19,05	0,046	3,45%	94,44%		
1/2''	12,70	0,072	5,41%	89,04%		
3/8''	9,53	0,012	0,90%	88,14%		
N 4	4,75	0,098	7,36%	80,78%		
PASA N 4				80,78%		
N 10	2,00	0,052	3,90%	76,88%		
N 20	0,84	0,254	19,07%	57,81%		
N 30	0,60	0,206	15,47%	42,34%		
N 40	0,43	0,132	9,91%	32,43%		
N 60	0,25	0,276	20,72%	11,71%		
N 100	0,15	0,082	6,16%	5,56%		
N 200	0,08	0,054	4,05%	1,50%		
PASA N 200				1,5		
FONDO		0,02	1,50%	0,00%		
TOTAL		1,332				
LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
1	2	3	4	1	2	
17,49	10,03	9,91		0	0	
32,17	23,35	22,92		18,29	18,14	
28,49	19,89	19,32		18,15	18,03	
3,68	3,46	3,6		0,14	0,11	
11	9,86	9,41		18,15	18,03	
33,45	35,09	38,26		0,77	0,61	
33	28	20		0,69		
Limite Liquido				47,6		
Limite plástico				0,69		
IP=LL-LP				46,91		

Tabla 18*Resultado de la Muestra N°5.*

Parámetro	Resultado
Porcentaje de partículas finas	1,50%
Límite Líquido (WL)	47,6%
Límite Plástico (PL)	0,69%
Índice de plasticidad (IP)	46,91%
Clasificación <i>SUCS</i>	SP (Arena Pobremente Graduada)
Ángulo de fricción interna	35,50°
Cohesión	0 kPa
Peso inicial húmedo	1.426 kg
Peso Específico de Partículas	1.332 kilogramos.
Peso Unitario Saturado	18,50 kN/m ³

Nota: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.**Tabla 19***Consolidado Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).*

Consolidado Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)						
Ubicación		Parte inferior				
		Simbología		Subgrupo		Simbología
Gravas		G		Bien Graduado		W
Arenas		S		Pobremente Graduado		P
Arcillas		C		Limoso		M
Limos		M		Arcilloso		C
Orgánicos		O		Baja Plasticidad		L
				Alta Plasticidad		H
Sondeo	% Pasa Tamiz 200	% Limite Líquido	Limite Plástico	% Índice de Plasticidad	SUCS	UBICACIÓN
A1	4.08	46.6	6.44	41,16	SP	TALUD
A2	1,73	47,6	1,49	46,11	SP	TALUD
A3	0,58	47.6	0.82	46,78	SP	TALUD
A4	2.32	47.6	3.32	44.28	SP	TALUD

Nota: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.

Interpretación de la tabla N°12: El análisis técnico de las muestras del barrio La Merced revela que el suelo está compuesto principalmente por gravas y arenas, clasificándose como arena

pobremente graduada. Las arcillas presentes muestran características de baja plasticidad, lo que sugiere que el suelo tiene una buena capacidad de drenaje y estabilidad. Esta combinación de materiales indica un suelo que puede ser adecuado para la construcción, aunque se deben considerar las propiedades específicas de cada subgrupo en función de su ubicación.

4.1.2. Resultados del objetivo N°2:

Modelar el comportamiento del talud utilizando software especializado (Geo5).

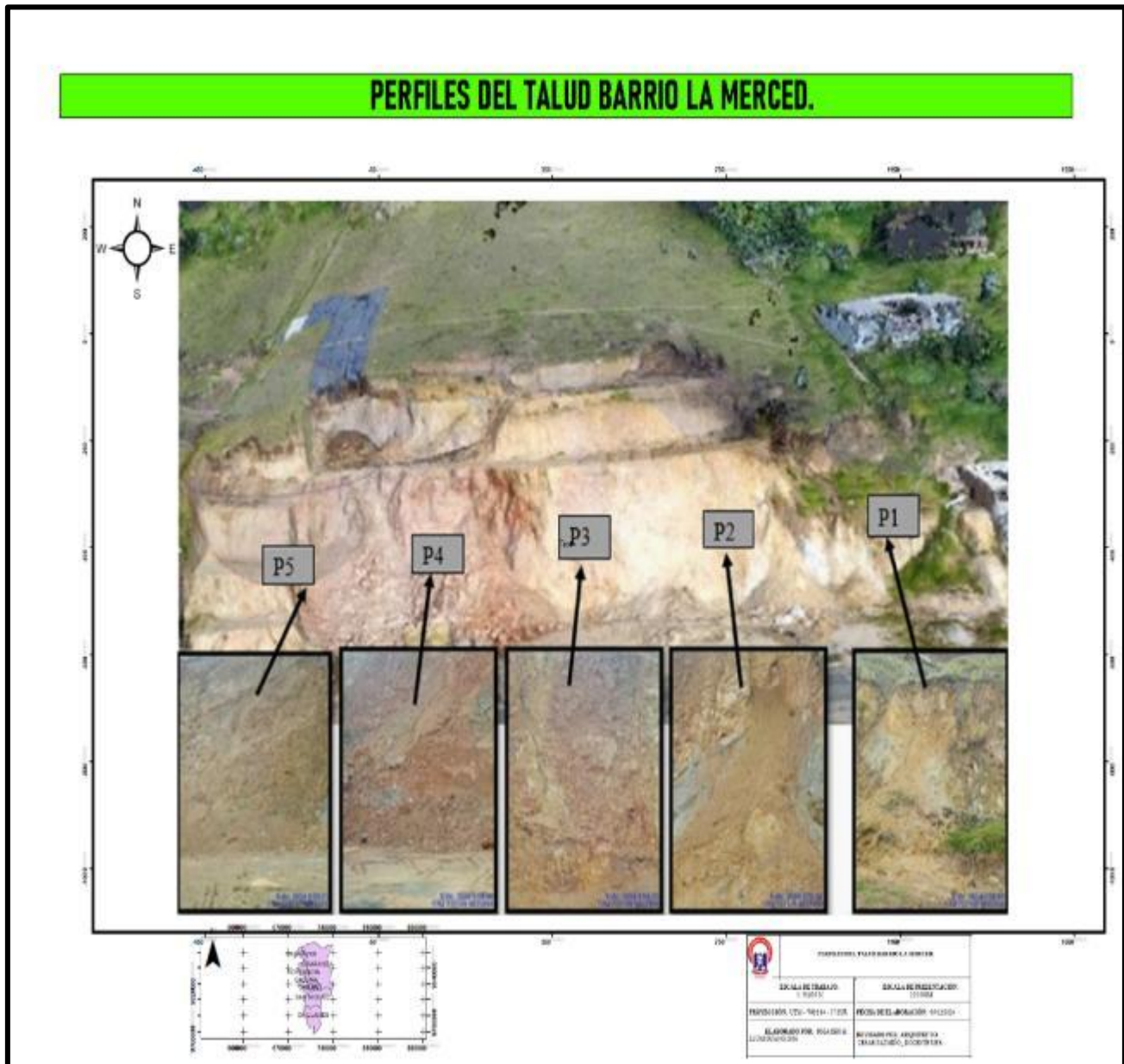
Los datos obtenidos en laboratorio de suelo WIDCAD son fundamental para la comprobación del software GEO 5, el cual se utiliza para el análisis de la estabilidad del talud en el área de estudio. En esta sección, se aplica GEO 5 para identificar la posible superficie de falla en cada uno de los perfiles segmentados del talud, permitiendo una evaluación precisa de su comportamiento mecánico.

Se realizó una evaluación exhaustiva del Factor de Seguridad (FS) en 5 perfiles dispuestos perpendicularmente a lo largo de los $500m^2$ del área del talud. Este análisis incluye la consideración de parámetros geotécnicos como la cohesión, el ángulo de fricción interna y las condiciones de saturación del suelo.

Para el modelamiento, se utilizó el método de Bishop mediante el software GEO5, un enfoque de secciones que ha sido ampliamente reconocido en la ingeniería geotécnica por su efectividad en el análisis minucioso de la estabilidad de taludes. Desde su creación, el método de Bishop ha probado ser uno de los más exhaustivos y fiables, conservando su relevancia en este tipo de análisis.

Mapa 10

Identificación de Perfiles para Modelación en GEO.



Nota: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.

Coefficiente sísmico horizontal

El coeficiente sísmico horizontal es determinado de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), por lo que se tiene la siguiente fórmula

$$k_h = 0,6 (a_{max})/g$$

$$a_{max} = Z \cdot F_a$$

Donde:

kh= coeficiente sísmico horizontal

a_{max} = aceleración máxima horizontal

Z = factor de zona

F_a= es el factor que determina la amplificación o reducción dinámica correspondiente a cada tipo de suelo.

Remplazando datos en la fórmula se obtiene el siguiente resultado:

$$a_{max} = Z * F_a$$

$$a_{max} = 0,35 * 1,23$$

$$a_{max} = 0,4305$$

$$kh = \frac{0,6 * a_{max}}{g}$$

$$kh = \frac{0,6 * 0,4305}{9,8}$$

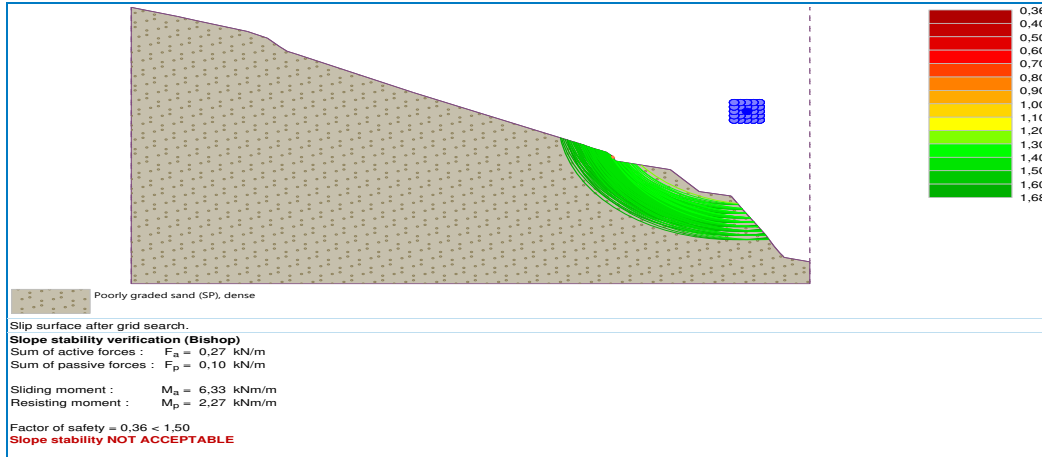
$$kh = \frac{0,2583}{9,8}$$

$$kh = 0,026$$

4.1.2.3. Perfil N°1: Sin coeficiente sísmico.

Figura 15

Método de Bishop-Tipo para el análisis utilizando “Sin coeficiente sísmico”.



Nota: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.

Tabla 20 Evaluación de la estabilidad de taludes (BISHOP) Perfil 1 sin considerar el coeficiente sísmico.

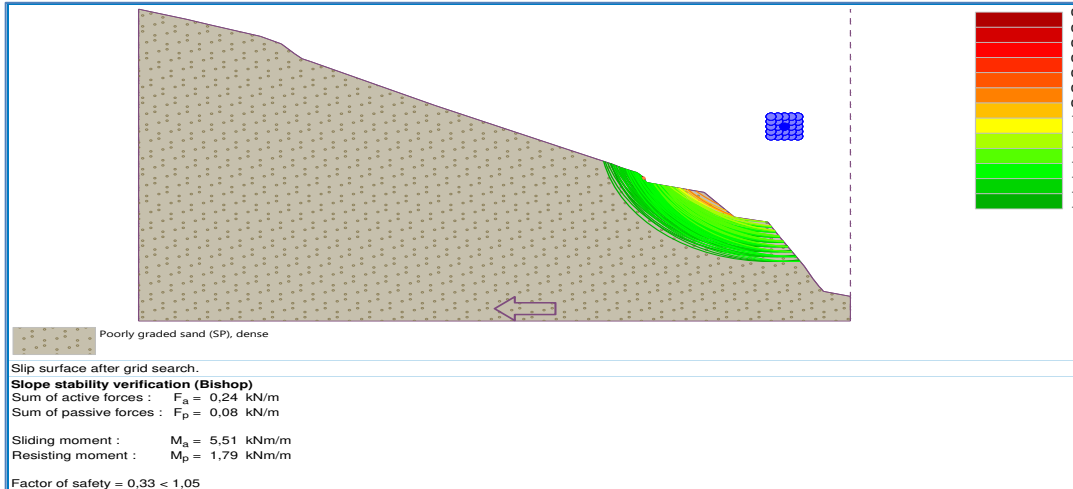
Suma de fuerzas activas	$F_a = 0.27$ [kN/m]
Suma de fuerzas pasivas	$F_p = 0.10$ [kNm/m]
Momento de deslizamiento	$M_a = 6.33$ [kNm/m]
Momento estabilizador	$M_p = 2.27$ [kNm/m]
Factor de seguridad= $0.36 < 1.5$	
Estabilidad del talud NO ACCEPTABLE	
Nota: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.	

Análisis: El perfil 1 presenta un Factor de Seguridad (FS) de **0.36** lo cual es insuficiente para garantizar la estabilidad, dado que se requiere un FS superior a **1.5**. Este resultado indica un riesgo de deslizamiento bajo condiciones estáticas, ya que las fuerzas activas superan las fuerzas resistentes. Esto implica que el talud carece de la capacidad adecuada para resistir el movimiento, lo que incrementa el riesgo de deslizamiento o falla estructural.

4.2.1.4. Perfil N°1: Con coeficiente sísmico .

Figura 16

Método de Bishop-Tipo para el análisis utilizando “Con coeficiente sísmico”



Nota: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.

Tabla 21 comprobación de la estabilidad de taludes (BISHOP) Perfil 1 considerando el coeficiente sísmico.

Suma de fuerzas activas	$F_a = 0.24$ [kN/m]
Suma de fuerzas pasivas	$F_p = 0.08$ [kNm/m]
Momento de deslizamiento	$M_a = 5.51$ [kNm/m]
Momento estabilizador	$M_p = 1.79$ [kNm/m]
Factor de seguridad= 0.33 < 1.05	

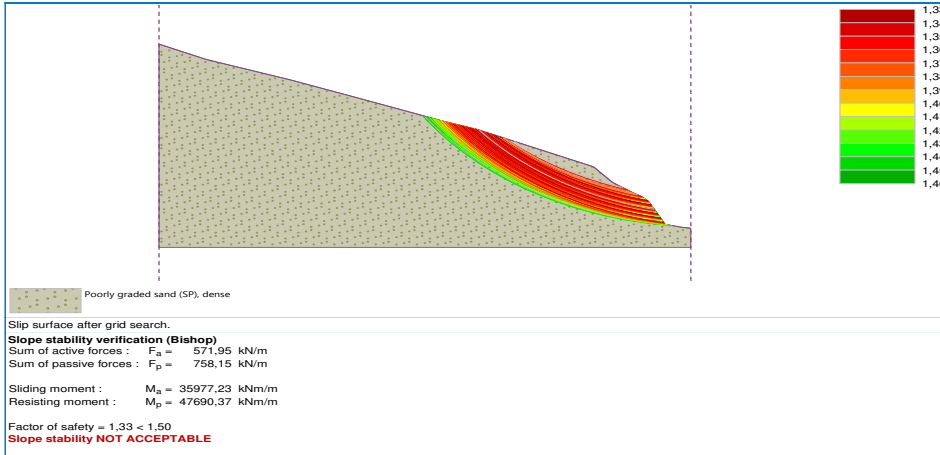
Estabilidad del talud **NO ACEPTABLE.**

Análisis: La estabilidad del talud, efectuado con un Factor de Seguridad (FS) de **1.05** conforme al NEC 2015 (Apéndice 7) y un coeficiente sísmico horizontal de 0.026, resulta en un FS de **0.33**. Este valor no supera el umbral establecido, lo que permite concluir que el talud analizado es inestable.

4.2.1.5. Perfil N°2: Sin coeficiente sísmico.

Figura 17

Método de Bishop-Tipo para el análisis utilizando “Sin coeficiente sísmico”.



Nota: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.

Tabla 22 comprobación de la estabilidad de taludes (BISHOP) Perfil 2 sin considerar el coeficiente sísmico.

Suma de fuerzas activas	$F_a = 571.95$ [kN/m]
Suma de fuerzas pasivas	$F_p = 758.15$ [kNm/m]
Momento de deslizamiento	$M_a = 35977.23$ [kNm/m]
Momento estabilizador	$M_p = 47690.37$ [kNm/m]
Factor de seguridad= 1.33 < 1.50	
Estabilidad del talud NO ACEPTABLE	

Análisis: El factor de seguridad se encuentra por debajo del límite permitido de 1.50, lo que indica que es inestable con un valor de **1.33**. Además, la estabilidad del talud, sin tener en cuenta los efectos sísmicos, es inadecuada, lo que lo hace susceptible a deslizamientos incluso en condiciones normales.

4.2.1.6. Perfil N°2: Con coeficiente sísmico .

Figura 18

Método de Bishop-Tipo para el análisis utilizando “Con coeficiente sísmico”.



Nota: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.

Tabla 23 comprobación de estabilidad de taludes (BISHOP) Perfil 2.

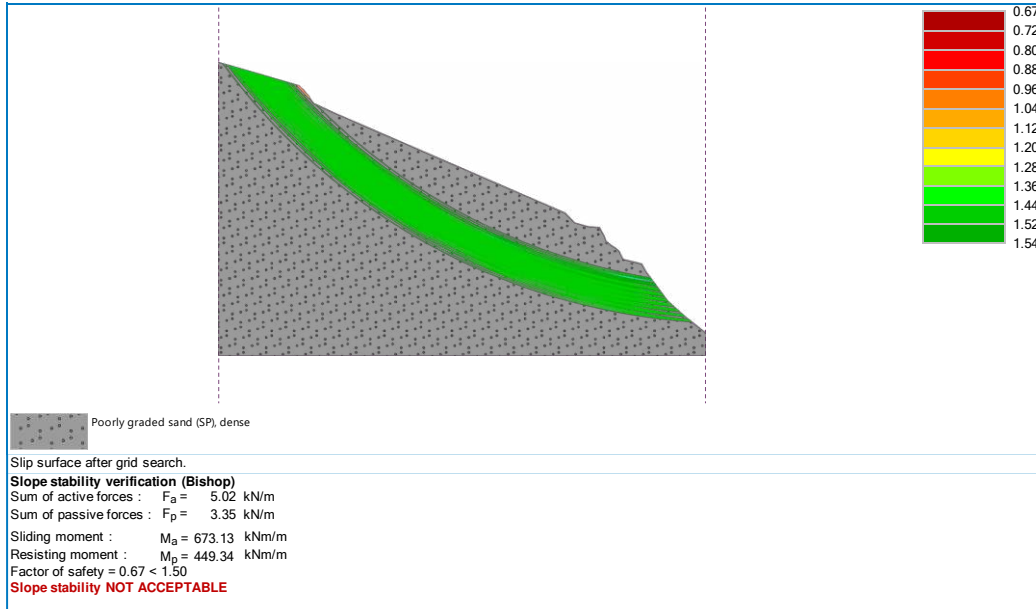
Suma de fuerzas activas	Fa= 2.19 [kN/m]
Suma de fuerzas pasivas	Fp=1.51 [kNm/m]
Momento de deslizamiento	Ma= 35.70 [kNm/m]
Momento estabilizador	Mp= 24.58[kNm/m]
Factor de seguridad= 0.69 < 1.05	
Estabilidad del talud NO ACEPTABLE.	

Análisis: El análisis bajo condiciones sísmicas ha revelado un factor de seguridad (FS) de **0.69**, inferior al umbral crítico de **1.05**. Esto indica que la estructura es inestable y no puede soportar adecuadamente las fuerzas sísmicas, aumentando el riesgo de falla estructural.

4.2.1.7. Perfil N°3: Sin coeficiente sísmico.

Figura 19

Método de Bishop-Tipo para el análisis utilizando “Sin coeficiente sísmico”.



Nota: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024

Tabla 24 . comprobación de estabilidad de taludes (BISHOP) Perfil3 Con coeficiente sísmico.

Suma de fuerzas activas	$F_a = 5.02$ [kN/m]
Suma de fuerzas pasivas	$F_p = 3.35$ [kNm/m]
Momento de deslizamiento	$M_a = 673.13$ [kNm/m]
Momento estabilizador	$M_p = 449.34$ [kNm/m]
Factor de seguridad= $0.67 < 1.50$	

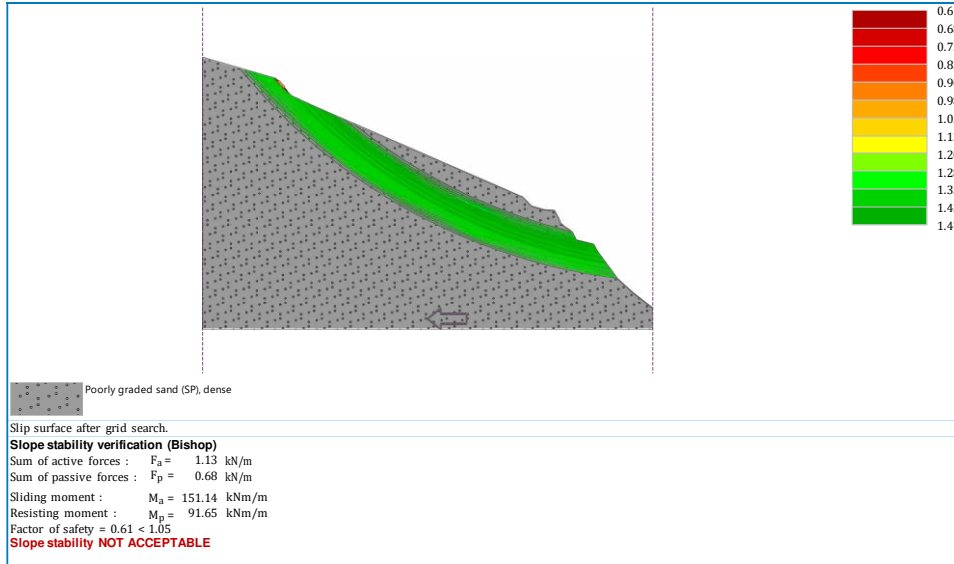
Estabilidad del talud **NO ACCEPTABLE**

Análisis: En el perfil 3 con su respectivo análisis de estabilidad de talud se obtiene un factor de seguridad FS de **$0.67 < 1.50$** , en este talud se debe recomendar medidas de mitigación para garantizar la seguridad y minimizar el riesgo de deslizamiento porque su estabilidad de talud que es inestable.

4.2.1.8. Perfil N°3: Con coeficiente sísmico .

Figura 20

Método de Bishop-Tipo para el análisis utilizando “Con coeficiente sísmico”.



Nota: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.

Tabla 25. comprobación de estabilidad de taludes (BISHOP) Perfil 3Con coeficiente sísmico.

Suma de fuerzas activas	$F_a = 1.13$ [kN/m]
Suma de fuerzas pasivas	$F_p = 0.68$ [kNm/m]
Momento de deslizamiento	$M_a = 151.14$ [kNm/m]
Momento estabilizador	$M_p = 91.65$ [kNm/m]
Factor de seguridad= $0.61 < 1.05$	

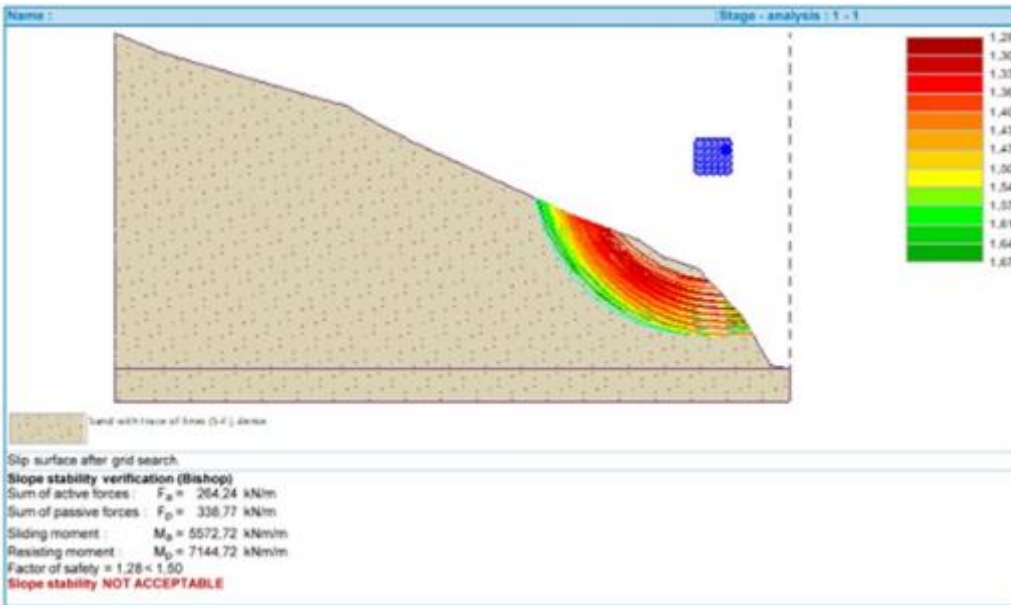
Estabilidad del talud NO ACEPTABLE

Análisis: Según el apartado la estabilidad de talud realizada con el coeficiente sísmico, el factor de seguridad es de **0.61** que es menor al coeficiente de sismicidad de **1.50** el cual convierte es inestable.

4.2.1.9. Perfil N°4: Sin coeficiente sísmico.

Figura 21

Método de Bishop-Tipo para el análisis utilizado “Sin coeficiente sísmico”.



Nota: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.

Tabla 26. comprobación de estabilidad de taludes (BISHOP) Perfil 4 Sin coeficiente sísmico.

Suma de fuerzas activas	$F_a = 254.24$ [kN/m]
Suma de fuerzas pasivas	$F_p = 338.77$ [kNm/m]
Momento de deslizamiento	$M_a = 5572.72$ [kNm/m]
Momento estabilizador	$M_p = 7144.72$ [kNm/m]
Factor de seguridad= 1,28 > 1,50	

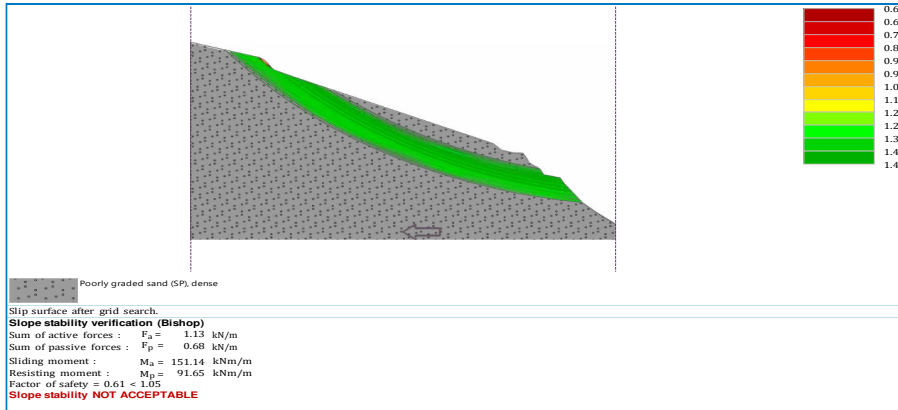
Estabilidad del talud NO ACEPTABLE

Análisis: Sin considerar el coeficiente sísmico, se presenta una sección transversal del talud con la superficie de falla potencial. La escala de colores refleja el factor de seguridad, donde el rojo indica zonas inestables y el verde áreas más seguras. El factor de seguridad global calculado por el método de Bishop es de **1.28**, inferior al valor aceptable.

4.2.1.10. Perfil N°4: Con coeficiente sísmico.

Figura 22

Método de Bishop-Tipo para el análisis utilizado “Con coeficiente sísmico”.



Nota: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.

Tabla 27 comprobación de estabilidad de taludes (BISHOP) Perfil 4 Con coeficiente sísmico.

Suma de fuerzas activas	$F_a = 1.13$ [kN/m]
Suma de fuerzas pasivas	$F_p = 0.68$ [kNm/m]
Momento de deslizamiento	$M_a = 151.14$ [kNm/m]
Momento estabilizador	$M_p = 91.65$ [kNm/m]

Factor de seguridad = $0.61 < 1.05$

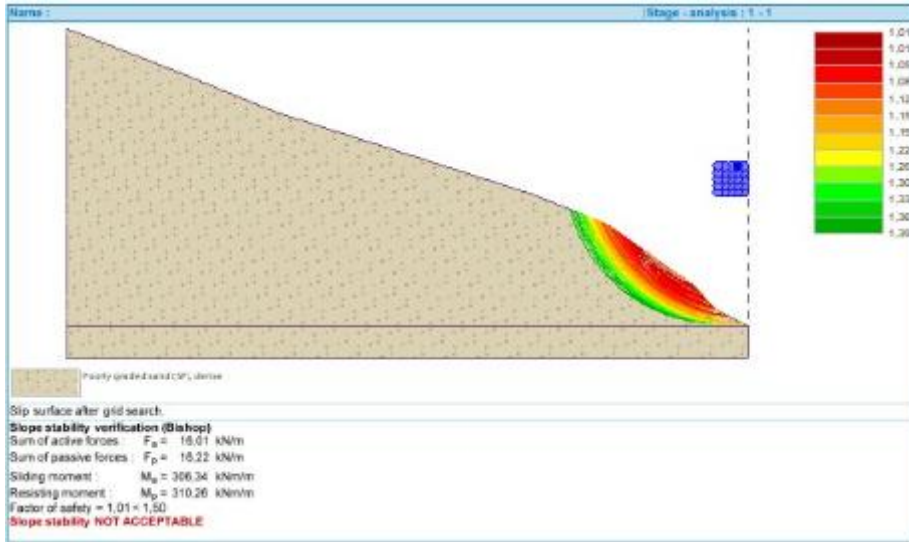
Estabilidad del talud **NO ACEPTABLE**

Análisis: Según el apartado la estabilidad de talud realizada con el coeficiente sísmico, el factor de seguridad es de **0.61** que es menor al coeficiente de sismicidad de **1.50** el cual convierte es inestable.

4.2.1.11. Perfil N°5: Con coeficiente sísmico.

Figura 23

Método de Bishop-Tipo para el análisis utilizado “Sin coeficiente sísmico”



Nota: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.

Tabla 28 comprobación de estabilidad de taludes (BISHOP) Perfil 5 Sin coeficiente sísmico.

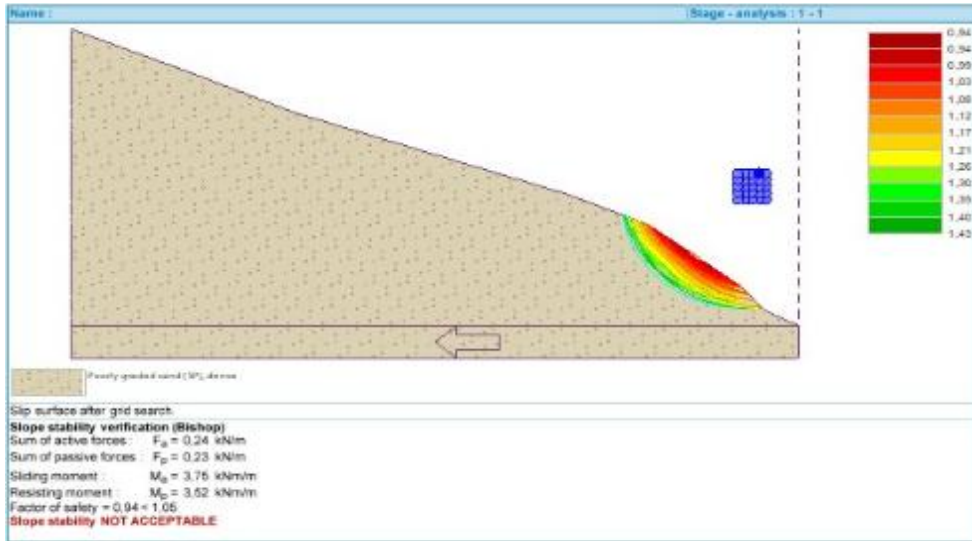
Suma de fuerzas activas	$F_a = 16.01$ [kN/m]
Suma de fuerzas pasivas	$F_p = 16.22$ [kN/m]
Momento de deslizamiento	$M_a = 306.34$ [kNm/m]
Momento estabilizador	$M_p = 310.26$ [kNm/m]
Factor de seguridad = 1.01 < 1.50	
Estabilidad del talud NO ACEPTABLE.	

Análisis: El factor de seguridad global calculado por el método de Bishop es de **1.01**, inferior al umbral aceptable de **1.50**, lo que indica inestabilidad en el talud y un alto riesgo de falla. Esto podría provocar deslizamientos o colapsos bajo cargas adicionales o condiciones ambientales.

4.2.1.12. Perfil N°5: Con coeficiente sísmico.

Figura 24

Método de Bishop-Tipo para el análisis utilizado “Con coeficiente sísmico”



Nota: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.

Tabla 29 Comprobación de estabilidad de taludes (BISHOP) Perfil 5 Con coeficiente sísmico.

Suma de fuerzas activas	Fa= 0.24 [kN/m]
Suma de fuerzas pasivas	Fp= 0.23[kNm/m]
Momento de deslizamiento	Ma= 3.75 [kNm/m]
Momento estabilizador	Mp= 3.52 [kNm/m]
Factor de seguridad= 0.94 > 1.05	
Estabilidad del talud NO ACEPTABLE.	

Análisis: El factor de seguridad, obtenido por el método de Bishop, es de **0.94**, inferior al umbral aceptable de **1.05**, indicando inestabilidad y alto riesgo de falla en el talud.

Análisis de los resultados obtenidos del modelado de los perfiles geotécnicos del talud en el Barrio La Merced.

El análisis de la estabilidad de los taludes revela que los factores de seguridad (FS) están consistentemente por debajo de los umbrales críticos, lo que indica inestabilidad y un alto riesgo de deslizamientos de tierra. En el perfil 1, el FS es de 0,36, mucho más bajo que el mínimo requerido de 1,5. Las evaluaciones conforme a la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) 2015 indican que un coeficiente sísmico de 0,026 da como resultado FS de 0,33 y 0,69, lo que sugiere una vulnerabilidad significativa incluso sin la presencia de actividad sísmica. La inestabilidad se confirma con los FS obtenidos en otros perfiles analizados, que son de 0,67, 0,61 y 0,94.

Además, los cálculos globales de FS utilizando el método de Bishop varían entre 1,01 y 1,33 valores que no cumplen con el umbral crítico de seguridad establecido. Esto subraya la necesidad urgente de implementar medidas de mitigación para reducir el riesgo de deslizamientos y garantizar la estabilidad estructural de los taludes. Entre las opciones posibles se incluyen el refuerzo del terreno, la mejora del drenaje y el monitoreo continuo de los taludes, todas dirigidas a prevenir fallas y proteger contra desastres naturales.

4.1.3. Resultados del objetivo N°3:

Proponer medidas de mitigación y refuerzo estructural del talud.

Los riesgos de desastres es un componente esencial en la planificación territorial, especialmente en zonas propensas a deslizamientos de masa. En este contexto, la estabilidad de los taludes se erige como un factor crítico para garantizar la seguridad de los asentamientos humanos y la integridad de las infraestructuras.

Los resultados obtenidos en los objetivos 1 y 2 de esta investigación revelan que el uso inadecuado del suelo, particularmente la urbanización descontrolada y la deforestación, ha incrementado la vulnerabilidad de los taludes en la zona.

Para identificar las medidas de reducción de riesgos del software Geo 5 en la modelación de deslizamientos de masas y desprendimientos de taludes, se presenta una matriz que organiza las medidas según su efectividad y aplicabilidad. Esta matriz abarca la estabilización de taludes, gestión de drenaje, monitoreo geotécnico y capacitación del personal, asegurando una respuesta integral para mitigar los riesgos asociados.

4.1.4. Matriz de medidas de mitigación y refuerzo estructural En Barrio La Merced en Guaranda.

Tabla 30. *Medidas de Mitigación y refuerzo estructural ante un posible deslizamiento.*

Perfiles	Factor de seguridad	Estabilidad del talud	Medidas estructurales	Medidas no estructurales	Responsables
N°1	0.36 < 1.5 sin coeficiente sísmico 0.33 < 1.05 con coeficiente sísmico.	No aceptable	Para estabilizar el talud, se recomienda construir canales de drenaje y bermas intermedias de 3 a 5 metros para redirigir el flujo superficial y reducir la presión hidrostática. También es fundamental cimentar un muro de contención de hormigón armado en la base del talud e impermeabilizar la parte superior para evitar filtraciones de agua.	Realizar estudios geotécnicos con software especializado para modelar condiciones del terreno y simular escenarios de carga y drenaje. Esto permite evaluar la estabilidad del suelo, identificar riesgos y diseñar estrategias de mitigación efectivas, asegurando la seguridad y durabilidad de las infraestructuras en zonas vulnerables.	GAD Guaranda MTOB Bolívar
N°2	1.33 < 1.50 sin coeficiente sísmico 0.69 < 1.05 con coeficiente sísmico	No aceptable	Implementar sistemas de tuberías para el drenaje eficiente de aguas aluviales (AALL) y aguas servidas (AASS) con el fin de reducir el caudal y la presión hidrostática sobre el talud. Este	Establecer un programa de monitoreo y mantenimiento regular del talud y del sistema de drenaje. Esto incluye inspecciones periódicas para detectar problemas	GAD de Guaranda. Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias

			sistema debe estar diseñado conforme a las especificaciones técnicas y normativas de construcción para maximizar su efectividad en la mitigación del riesgo de deslizamientos, asegurando la adecuada evacuación del agua y contribuyendo a la estabilidad del terreno.	como erosión, acumulación de sedimentos o daños en las tuberías.	
N°3	0.67 < 1.50 sin coeficiente sísmico. 0.61 < 1.05 con coeficiente sísmico.	No aceptable	Realizar estudios de penetración estándar (SPT) para evaluar resistencia y densidad del suelo es crucial en la gestión de riesgos de desastres. Usar software especializado para modelar condiciones geotécnicas y simular escenarios permite identificar riesgos y planificar estrategias de mitigación. Esta combinación garantiza decisiones informadas y estabilidad de infraestructuras, protegiendo vidas y propiedades en zonas propensas a deslizamientos.	Clasificar áreas según niveles de riesgo es determinante para identificar y restringir el desarrollo en zonas susceptibles. Este proceso asegura una planificación urbana segura y mitiga el impacto de desastres naturales, protegiendo vidas y propiedades mediante la adecuada zonificación y regulación.	GAD de Guaranda.
N°4	1,28 > 1,50 sin coeficiente sísmico 0.61 < 1.05 con coeficiente sísmico	No aceptable	Instalar anclajes para estabilizar el talud y prevenir el desprendimiento de tierra y rocas. Además, aplicar geotextiles y geomallas para distribuir cargas uniformemente y aumentar la tensión superficial del suelo. Estas medidas refuerzan el talud, mejoran su resistencia a la erosión y previenen deslizamientos, garantizando la seguridad de la infraestructura en	Organizar talleres de sensibilización y capacitación para la población local sobre la gestión de riesgos asociados a taludes y la importancia de respetar los planes de ordenamiento territorial	GAD Guaranda.

			áreas propensas a desastres.		
N°5	1.01 > 1,50 sin coeficiente sísmico 0,94 > 1,05 con coeficiente sísmico	No aceptable.	Efectuar ensayos de carga en estructuras consiste en aplicar cargas controladas a componentes estructurales para analizar su desempeño mecánico y resistencia. Este proceso es crucial para detectar fallos potenciales y asegurar que las estructuras cumplan con los estándares de seguridad y regulaciones vigentes.	Efectuar programas de revegetación con especies vegetales autóctonas es esencial para aumentar la capacidad de infiltración y retención hídrica del suelo, mejorando su estabilidad y mitigando riesgos de erosión y deslizamientos. Esta estrategia también fomenta la diversidad biológica y la sostenibilidad ecológica, apoyando la preservación del ecosistema regional.	GAD de Guaranda Propietarios de terreno (MAATE).

Nota: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.

CAPITULO V. PROPUESTA (de ser el caso)

5.1. Conclusiones:

- El estudio geotécnico del talud en el barrio La Merced ha presentado un alto riesgo de deslizamientos en todas las muestras de suelo analizadas, estas muestras tienen un porcentaje variable de partículas finas, límites líquidos, índices de plasticidad y una cohesión nula debido a que se identificó que el suelo corresponde a arena pobremente graduada, lo que sugiere una alta susceptibilidad a deslizamientos en condiciones de saturación. Además, la falta de cohesión en varias muestras y la mala graduación del suelo incrementan significativamente la inestabilidad del talud., la cual presenta limitaciones en retención de agua, pero su peso unitario saturado es adecuado para soportar estructuras. Mediante la clasificación del suelo, se obtuvieron parámetros críticos como peso unitario, ángulo de fricción interna, cohesión del suelo y peso unitario en saturación, estos datos destacan la necesidad urgente de implementar medidas de estabilización para mitigar los riesgos y garantizar la seguridad del sector.
- El modelamiento realizado con el software Geo5 permitió identificar la inestabilidad de cinco perfiles, demostrando que todos presentan factores de seguridad por debajo de los valores críticos establecidos, lo cual indica un elevado riesgo de deslizamientos tanto en condiciones estáticas como sísmicas. Asimismo, los análisis con y sin coeficiente sísmico revelan un nivel inaceptable de estabilidad, determinando que la zona de estudio tiene una alta susceptibilidad a deslizamientos. Esta inestabilidad está condicionada por diversos factores, tales como la pronunciada pendiente, el tipo de suelo (arenas pobremente graduadas), la escasa vegetación que no proporciona suficiente soporte, la presencia de agua que puede saturar el suelo y los antecedentes de movimientos en masa.

- La implementación de estrategias de mitigación y refuerzo estructural en el área de estudio es esencial para reducir los riesgos de deslizamientos de tierra y erosión, mediante la incorporación de sistemas de drenaje pluvial y la siembra de plantas nativas con raíces profundas. Estas acciones previenen la infiltración de agua y mejoran la estabilidad del terreno. Además, requieren una planificación meticulosa y una evaluación geotécnica detallada, garantizando así intervenciones efectivas y sostenibles a largo plazo.

5.2. Recomendaciones:

- Realizar un diagnóstico geotécnico detallado, que incluya levantamientos topográficos georreferenciados en toda el área de estudio del barrio La Merced, para obtener una evaluación precisa de las condiciones del terreno.
- Es fundamental limitar el acceso humano a las áreas adyacentes a los taludes, debido al elevado riesgo de deslizamientos que presentan estas zonas. Adicionalmente, es imperativo mejorar los sistemas de drenaje para evitar la acumulación de agua en las pendientes, lo que reduce la saturación del terreno y, consecuentemente, disminuye el peligro de deslizamientos.
- Implementar un programa de reforestación en las áreas de riesgo utilizando especies arboles nativas, lo que contribuirá a la mitigación de deslizamientos y a la mejora de la estabilidad del suelo.
- Ejecutar un monitoreo técnico continuo por parte de la autoridad competente, asegurando el respeto a las zonas identificadas como de riesgo para salvaguardar la seguridad de los habitantes.
- Para estabilizar la inestabilidad de los terrenos, se recomienda la implementación de sistemas de contención, tales como muros de contención de hormigón armado, gaviones y geomallas, los cuales proporcionan soporte estructural y minimizan el riesgo de deslizamientos, especialmente durante eventos de precipitaciones intensas.

6.Bibliografía:

- Aguirre, C. (2021). Fuerzas de corte y su influencia en la estabilidad de taludes. *Revista de Mecánica de Suelos*, 22(1), 45-60.
- Almeida, F. (. (2019). Impactos de la intervención humana en la estabilidad de taludes. . *Revista de Geotecnia* , 34 (2), 43–56.
- Alvarado, M. (2021). Propiedades mecánicas del suelo y su evaluación. . *Geotecnia y Materiales*, , 18(1), 34-47.
- Arias, J. (2020). *Human Activities and Geohazards: The Impact of Construction and Land Use on Landslides*. Bogotá: Ciencias Naturales.
- Bardgett, R. D. (2019). Biodiversidad subterránea y funcionamiento de los ecosistemas. *Ecología y evolución de la naturaleza*, 198-208.
- Budhu, M. (2014). Factores que Afectan la Estabilidad de un Talud . 16_18.
- Camavilca, J. (2019). Estudio para la estabilización de corte ubicado en el lado izquierdo de la carretera federal N°. 54 Guadalajara – Saltillo, en el subtramo Guadalajara – Ixtlahuacán del río, estado de Jalisco. . En U. C. Vallejo.
- Castro, J. (2010). Estudio y análisis de las membranas flexibles como elemento de soporte para la estabilización de taludes y laderas de suelos y/o materiales sueltos. . En Universidad de Cantabria.
- Chacán, L. (2011). Informe sobre la estabilidad de taludes en el cantón Guaranda. *Obras Municipales*.
- Cruz, J. (2021). *Geología y desastres naturales en Ecuador*. Quito: Editorial Universitaria.
- Obtenido de

https://www.researchgate.net/publication/374901687_Recopilacion_bibliografica_de_la_Geologia_del_Ecuador_1750-2023

DAS, B. M. (2013). Fundamentos de ingeniería geotécnica. (S. R. González, Ed.) Mexico :

Cuarta edición_SBN: 978-607-519-373-1. Obtenido de <https://latam.cengage.com/>

Demorales, J. &. (2019). “Cartografía de riesgos y capacidades en el Ecuador. 18(2), 45-60.

Obtenido de https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers16-03/010065702.pdf

Deslizamientos. (26 de 4 de 2023). Obtenido de

[https://www.snet.gob.sv/Geologia/Deslizamientos/Info-basica/3-](https://www.snet.gob.sv/Geologia/Deslizamientos/Info-basica/3-generalidades.htm#:~:text=FLUJOS%20DE%20TIERRA,parte%20de%20la%20capa%20vegetal.)

[generalidades.htm#:~:text=FLUJOS%20DE%20TIERRA,parte%20de%20la%20capa%20vegetal.](https://www.snet.gob.sv/Geologia/Deslizamientos/Info-basica/3-generalidades.htm#:~:text=FLUJOS%20DE%20TIERRA,parte%20de%20la%20capa%20vegetal.)

Díaz, J. (2019). ESTABILIDAD DE TALUDES EN ZONAS TROPICALES. Obtenido de

[https://recordcenter.sgc.gov.co/B23/662_19MemExPI_373_Las_Acacias/Documento/pdf/Anexo1_InveRecoBibl/Su%C3%A1rez%20\(1998\).%20Deslizamientos%20y%20estabilidad%20de%20taludes%20en%20zonas%20tropicales.pdf](https://recordcenter.sgc.gov.co/B23/662_19MemExPI_373_Las_Acacias/Documento/pdf/Anexo1_InveRecoBibl/Su%C3%A1rez%20(1998).%20Deslizamientos%20y%20estabilidad%20de%20taludes%20en%20zonas%20tropicales.pdf)

FAO. (2022). The State of the World’s Forests Forests and Sustainable Production and

Consumption. Obtenido de [https://www.fao.org/policy-support/tools-and-](https://www.fao.org/policy-support/tools-and-publications/resources-details/en/c/1635785/#:~:text=The%202022%20edition%20of%20The,and%20the%20pl)

[publications/resources-](https://www.fao.org/policy-support/tools-and-publications/resources-details/en/c/1635785/#:~:text=The%202022%20edition%20of%20The,and%20the%20pl)

[details/en/c/1635785/#:~:text=The%202022%20edition%20of%20The,and%20the%20pl](https://www.fao.org/policy-support/tools-and-publications/resources-details/en/c/1635785/#:~:text=The%202022%20edition%20of%20The,and%20the%20pl)
[edge%20](https://www.fao.org/policy-support/tools-and-publications/resources-details/en/c/1635785/#:~:text=The%202022%20edition%20of%20The,and%20the%20pl)

GAD, s. (2015). Informe técnico sobre la susceptibilidad a deslizamientos en la parroquia de

Salinas. Obtenido de GAD de Salinas. (2015). Informe técnico sobre la susceptibilidad a deslizamientos en la parroquia de Salinas.

González de Vallejo, M. T. (2020). Análisis de la Estabilidad de Taludes: Enfoques Modernos en Geotecnia. . Revista de Ingeniería Civil, , 18(4), 67-82.

González.M& Martínez, A. (2019). Vulnerabilidad y gestión de riesgos en Ecuador. Revista de Guzmán, A. (2019). Deslizamientos de tierra: causas y prevención. Revista de Geología,, 123-135.

INAMHI, I. D. (2014). INAMHI, INFOPLAN, DINARENMAG.

Instituto Geográfico Nacional, I. (2020). Informe sobre gestión de riesgos en áreas urbanas.

Johnson, M. (2022). Consolidación secundaria en suelos orgánicos: implicaciones para las prácticas de ingeniería. Revista de ingeniería geotécnica, 56 (4), 321–335.

Johnson, R. S. (2018). Understanding Landslides: Natural Processes and Risk Management. New York: : Academic Press. Obtenido de New York: Academic Press.

Kogut, D. P. (20 de 6 de 2023). Degradación Del Suelo. Obtenido de Técnicas Para Evitar Sus Efectos. EOS Data Analytics.: <https://eos.com/es/blog/degradacion-del-suelo/>

Lemos, F. (2023). Estratigrafía y su aplicación en la ingeniería civil. Geología Práctica, , 10(2), 55-70.

LOOTUGS. (2016). Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/05/LOOTUGS-Registro-Oficial.pdf>

López. (2020). Análisis estabilidad taludes.
https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf

Martínez, S. G. (2022). Journal of Geotechnical Engineering, . En Clasificación de Roturas en Taludes: Implicaciones Geotécnicas (págs. 30(2), 112-127).

Ministerio de Ambiente, E. (2020). Informe sobre desastres naturales y su impacto en el desarrollo sostenible. Quito: Gobierno de Ecuador. Obtenido de

<https://www.gestionderiesgos.gob.ec/informes-de-situacion-actual-por-eventos-adversos-ecuador/https://www.gestionderiesgos.gob.ec/informes-de-situacion-actual-por-eventos-adversos-ecuador/>.

Mora, J. M. (2020). Ingeniería Geológica.

NEC. (Diciembre de 2014). PELIGRO SÍSMICO. Obtenido de

<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjkpN2gtoidAxVxgIQIHdzGApcQFnoECBAQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.habitatyvivienda.gob.ec%2Fwp-content%2Fuploads%2F2023%2F03%2F2.-NEC-SE-DS-Peligro-Sismico-parte-1.pdf&usg=AOvVaw3NA999f4pE>

NEC-SE-CM. (2015). Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. En N. E. Construcción:.

Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-normativa-ecuatoriana-de-la-construccion/>

ONU, O. d. (2022). Informe sobre la gestión de riesgos de desastres en América Latina y el Caribe. Nueva York. Obtenido de <https://www.undrr.org/es/news/informe-regional-sobre-desastres-para-america-latina-y-el-caribe-explora-como-las-tendencias>

Orozco, G. (2018). Gestión integral de riesgos. Medellín, Colombia: Escuela Latinoamericana de Cooperación y Desarrollo.

Osorio Marín, A. (2019). Evaluación de la susceptibilidad a deslizamientos en zonas urbanas. *Revista de Geociencias*. 15(3), 45-58.

PDOT. (2021). Plan de desarrollo y ordenamiento Territorial. Obtenido de

<https://bolivar.gob.ec/wp-content/uploads/2020/07/PDOT.pdf>

- Pérez, L. &. (2021). Estrategias de resiliencia ante desastres en América Latina. Revista de Gestión de Riesgos,, 8(1), 23-39. Obtenido de <https://www.undrr.org/media/76541/download?startDownload=20241001>
- Pérez, R. (2019). Vegetación y adaptación en climas tropicales. En el caso de La Merced. Journal of Tropical Botany, (págs. 22(1), 34–50.).
- Planificación, S. d. (2021). Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025. Obtenido de Secretaría de Planificación y Desarrollo.
- PND. (08 de 06 de 2020). Obtenido de <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/2024/05/PND24-25Eje5>
- Ramírez, A. L. (2023). "Metodologías avanzadas para la evaluación de la estabilidad de taludes.". Journal of Environmental Engineering, 30(3), 78-92.
- Ríos, M. (2020). Revista de Geografía Física,. En Microclimas y su influencia en la vegetación de los Andes. (págs. 10(3), 101–115.).
- Rodríguez, P. (2019). Precipitaciones sismos actividades humanas.
- Samtani. (2006). España. Obtenido de https://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s08.htm
- Secretaría Nacional de Planificación de Ecuador. (2021). Obtenido de <https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/instituciones/secretaria-nacional-de-planificacion-de-ecuador>
- SIGTIERRAS. (2015). Obtenido de <http://www.sigtierras.gob.ec/cartografia-tematica/>
- Smith, R. &. (2020). La influencia de la composición del suelo en las prácticas de construcción. . Revista de Ingeniería de La Construcción, 72(3), 456–470.

- Smith, R. &. (2021). Sedimentología y formación de suelos en diversos ambientes. *Revista de ciencia del suelo*, 72(3), 456–470.
- SNGR. (2023). *Ecologiaverde*. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/busqueda?q=deslizamiento>
- Suárez, M. (1998). *Inestabilidad de taludes: Causas y soluciones*. Ingeniería Civil.
- Taquire, J. (2018). *Análisis de estabilidad del talud del Mega Centro Comercial 30 de enero y propuesta de solución con el sistema Soil Nailing*. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/24266/Mendo_TD..pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Tipos de Deslizamientos de Tierra. (23 de 6 de 2023). Obtenido de [Linkedin.com](https://es.linkedin.com/pulse/tipos-de-deslizamientos-tierra-seg%C3%BAAn-j2dre).
- Torres.M. (2019). *Estabilidad de taludes para mejorar la transitabilidad y seguridad en los tramos críticos de la carretera Montesco, Distrito Catache**. En U. C. Vallejo.
- UNISDR. (2016). *Indicadores y terminología relacionados con la reducción del riesgo de desastres*, Asamblea General, Naciones Unidas. Obtenido de <https://igualdad.cepal.org/en/digital-library/unisdr-terminologia-sobre-reduccion-del-riesgo-de-desastres-0>
- Varnes. (2022). *Deslizamientos Traslacionales*. pag1-330.
- Zhang, L. y. (2021). . "Análisis de estabilidad de taludes bajo diversas condiciones de carga. . *Revista de Ingeniería Geotécnica*, 52(4), 123-134.
- Zhang.Y. (2020). *Biología del cambio global. Efectos del clima sobre la formación del suelo y el ciclo de nutrientes*, 26(10), 5616-5627.

7. Anexos

Anexo 1

Cronograma Tentativo (Gantt).

Cronograma de Actividades	2024															
	Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Organización del Proyecto																
Parámetros de Tema de Investigación																
Capítulo I Planteamiento de problema Formulación del problema Objetivos General Objetivos Específicos Justificación de la Investigación Operacionalización de Variables																
Capítulo II MARCO TEÓRICO Referencial y Georreferencial Antecedentes (académicos y artículos de investigación) Científico (bases teóricas en la que fundamenta la investigación) Legal Conceptual																
Tipo de Investigación Enfoque de la investigación Métodos de Investigación Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Datos Universo, Población y Muestra Procesamiento de la Información																
Ejecución del Proyecto																
CAPITULO IV Análisis, revisión de literatura científica actualizada y diseño de instrumentos de recolección de información.																

Anexo 2

Presupuesto Ejecutado.



Presupuesto ejecutado en el barrio La Merced del cantón Guaranda			
Materiales	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Objetivo 1: Diagnóstico Geotécnico			
Estudio de suelos (muestras y análisis)	5	\$30	\$150
Pasajes	5	\$1	\$5
Equipos de medición (nivelación y topografía)	1	\$150	\$150
Objetivo 2: Modelado del Talud			
Laptop	1	\$750	\$750
Capacitación en software Geo5	3	\$25	\$75
Objetivo 3: Propuestas de Mitigación			
Asesoría	1	\$20	\$20
Total			\$1,150

Nota: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.



Anexo 3

Fichas Técnicas


Datos de la edificación N°1

Dirección:	Barrio Merced Bajo		
Tipo de Uso:	Residencial		
Nro. de pisos:	2		
Propietario:	Sra. Dayana Guango	Celular:	0998945509
Descripción de la inspección:	Se describe una construcción de dos pisos hecha con hormigón armado, con una antigüedad de aproximadamente 15 a 20 años, en una de las esquinas de la vivienda, se observa una fisura diagonal de 30 mm que afecta la losa, la mampostería y una columna. Esta fisura ha surgido debido al asentamiento en el área, causado por la saturación del suelo.		
Conclusión general:	La residencia de la Sra. Dayana tiene una susceptibilidad baja a frente a movimientos de masa de sísmicos esta situación se debe al alto grado de saturación del suelo en el lado derecho de la vivienda, así como a una fisura de 30 mm que atraviesa la mampostería, la losa y la columna en la esquina.		
Conclusiones específicas:	La construcción analizada muestra un asentamiento que excede los 100 mm en la esquina del lado derecho, así como una fisura de aproximadamente 30 mm que se extiende desde la segunda planta hasta la primera, la cual ha sido reparada con mortero.		
Recomendaciones	Se recomienda limpiar el pozo séptico y, una vez realizado el proceso, sellarlo con material de relleno. También se sugiere implementar un sistema para recolectar las aguas pluviales del patio y balcón, se propone al GAD municipal la ampliación de la red de alcantarillado hacia la vivienda, ya sea a través de la vía Capulí o mediante las escalinatas públicas utilizadas por el barrio.		
			


Datos de la edificación N°2

Dirección:	Barrio Merced Bajo		
Tipo de Uso:	Residencial		
Nro. de pisos:	3		
Propietario:	Sra. Paola Gatia	Celular:	S/N
Descripción de la inspección:	Se presenta una construcción de tres niveles hecha de hormigón armado, con una antigüedad de aproximadamente 6 a 7 años. La vivienda está ubicada al lado de un talud que cuenta con terrazas de 3 metros de altura y un deslizamiento de 15 metros para estabilizar la edificación, se ha construido un muro de gravedad de hormigón armado que mide 20 metros de longitud y 10 metros de altura, el cual presenta fisuras y una disposición inadecuada de mechinales.		
Conclusión general:	La residencia de la Sra. Paola Gatia presenta un nivel medio frente a movimientos en masa y sísmicos. Esta situación se debe a la ausencia de mechinales en el muro de hormigón armado y mampostería, así como a las fisuras que varían entre 0.5 mm y 5 mm. Además, se ha observado un pandeo en el muro de mampostería, lo que podría llevar a un colapso durante un sismo o deslizamiento, poniendo en riesgo la vida de los ocupantes de la vivienda.		
Conclusiones específicas:	La construcción revisada cuenta con un muro que tiene un ancho de 1 metro en su base y 30 centímetros en la parte superior. Desde la segunda planta (6 metros), se pueden observar fisuras y la ausencia de mechinales. Además, se ha detectado un muro de mampostería que presenta pandeo y fisuras de aproximadamente 5 mm.		
Recomendaciones	Se recomienda demoler el muro de mampostería que se encuentra sobre el muro de hormigón y reemplazarlo o un diseño combinado. Además, se sugiere añadir más mechinales a intervalos de 1 metro a lo largo de la superficie del muro y sellar las fisuras con un epóxido o un producto similar. También se propone la demolición y reconstrucción del muro de mampostería adyacente a la vivienda debido a las fisuras inclinadas que se observan a lo largo de su longitud		
			

Datos de la edificaciónN°3

Dirección:	Barrio Merced Bajo		
Tipo de Uso:	Residencial		
Nro. de pisos:	2		
Propietario:	Sra. Patricia Pilamunga	Celular:	0998387947
Descripción de la inspección:	Se presenta una construcción de dos niveles hecha de hormigón armado, con una antigüedad de aproximadamente 20 a 25 años. En una de las esquinas, se ha detectado un asentamiento que ha ido aumentando con el tiempo, según indica la propietaria.		
Conclusión general:	La residencia de la Sra. Patricia Pilamunga presenta una mínima tendencia a ser susceptible a movimientos en masa. Esta situación se debe al alto nivel de saturación del suelo en el lado derecho de la vivienda.		
Conclusiones específicas:	La construcción analizada muestra un asentamiento superior a 100 mm en la esquina del lado derecho. Este problema está asociado con el alto nivel de saturación del suelo, que se atribuye al uso de un pozo séptico. Además, la vivienda carece de un sistema de alcantarillado.		
Recomendaciones	Se recomienda limpiar las aguas estancadas en el pozo séptico utilizando vehículos apropiados y, una vez realizada la limpieza, sellarlo con material de relleno. Además, se sugiere implementar un sistema para recolectar las aguas pluviales del patio y balcón, dirigiéndolas hacia el sistema municipal.		
			

Datos de la edificación N°4

Ficha Nro. 8	Datos de la edificación		
Dirección:	Barrio Merced Bajo		
Tipo de Uso:	Residencial		
Nro. de pisos:	2		
Propietario:	Sr. Marco Quicaliquín	Celular:	S/N
Descripción de la inspección:	Se describe una construcción de dos niveles, construida en hormigón armado y madera, con una antigüedad de aproximadamente 20 a 25 años. En la parte trasera de la vivienda, hay un talud natural de 5 metros de altura, cubierto de vegetación y árboles de tamaño mediano. Además, la propiedad cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario y pluvial que se conecta al sistema municipal principal.		
Conclusión general:	La residencia del Sr. Marco Quicaliquín presenta una baja vulnerabilidad a movimientos en masa, debido a que el talud trasero está cubierto de árboles y vegetación que contribuyen a su estabilización.		
Conclusiones específicas:	La construcción revisada no muestra asentamientos ni pérdida de material en el talud ubicado en la parte trasera.		
Recomendaciones:	Se recomienda mantener la vegetación y los árboles en el talud situado detrás de la vivienda.		
			

Anexo 4

Clasificación del suelo según la NEC-15.

TIPO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN	RANGO
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s > $V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante	760 m/s > $V_s \geq 360$ m/s, $N \geq 50.0$, $S_u \geq 100$ kPa
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante	360 m/s > $V_s \geq 180$ m/s, $50 > N \geq 15.0$, 100 kPa > $S_u \geq 50$ kPa
E	Perfil que cumple el criterio de velocidad de la onda de cortante	$V_s < 180$ m/s
F	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$, $w \geq 40\%$, $S_u \leq 50$ kPa

Anexo 5

Tipos de Muestras de Suelo en el Barrio La Merced, Ciudad de Guaranda.



Realización de la medición del área de estudio para proceder con el análisis correspondiente.



Observación directa y recolección de muestras.



Recolección sistemática de muestras en el área de estudio, utilizando métodos estandarizados para garantizar la representatividad y la validez de los datos obtenidos.



Revisión de trabajo de titulación por el docente tutor.

Anexo 6

Análisis de estabilidad de taludes Entrada de datos.

Proyecto: EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL TALUD EN EL BARRIO LA MERCED Y EL IMPACTO DEL USO INADECUADO DEL SUELO ANTE UN POSIBLE DESLIZAMIENTO PERIODO 2024

Fecha: 10/12/2024

Autores: Jogacho Miriam, Llumiguano Andreina

Configuración

Estándar - factores de seguridad (3)

Análisis de estabilidad

Análisis sísmico: Metodología de verificación:

Estándar

Factores de seguridad (ASD)

Factores de seguridad			
Situación de diseño permanente			
Factor de seguridad:	SF =	1.50	[-]

Interfaz

o.	Ubicación de la interfaz	Coordenadas de los puntos de interfaz				
		[m]		x	z	
		0	0	0	126.04	
		.00	26.06	.22	26.04	.45
		0	0	0	1	126.00
		.67	26.04	.89	26.00	.12
		1	1	1	1	125.97
		.34	26.00	.56	25.99	.79
		2	2	2	2	125.92
		.01	25.96	.23	25.96	.46
		2	2	2	3	125.92
		.68	25.92	.90	25.92	.12
		3	3	3	3	125.89
		.35	25.92	.57	25.91	.79
		4	4	4	4	125.89
		.02	25.89	.24	25.89	.46
		4	4	4	5	125.86
		.69	25.88	.91	25.87	.13
		5	5	5	5	125.89
		.36	25.86	.58	25.86	.80
		6	6	6	6	125.91
		.03	25.90	.25	25.91	.47
	6	6	6	7	125.87	
	.70	25.90	.92	25.88	.14	
	7	7	7	7	125.87	
	.37	25.87	.59	25.87	.81	
	8	8	8	8	125.86	
	.03	25.87	.26	25.87	.48	
	8	8	8	9	125.84	
	.70	25.84	.93	25.84	.15	
	9	9	9	9	125.85	
	.37	25.84	.60	25.84	.82	
	1	1	1	1	125.81	
	0.04	25.84	0.27	25.83	0.49	
	1	1	1	1	125.81	
	0.71	25.81	0.94	25.81	1.16	
	1	1	1	1	125.82	
	1.38	25.81	1.61	25.82	1.83	
	1	1	1	1	125.84	
	2.05	25.82	2.28	25.82	2.50	
	1	1	1	1	125.87	
	2.72	25.86	2.94	25.85	3.17	
	1	1	1	1	125.86	
	3.39	25.87	3.61	25.84	3.84	
	1	1	1	1	125.84	
	4.06	25.87	4.28	25.87	4.51	
	1	1	1	1	125.85	
	4.73	25.84	4.95	25.84	5.18	
	1	1	1	1	125.88	
	5.40	25.84	5.62	25.85	5.85	
	1	1	1	1	125.99	
	6.07	25.90	6.29	25.94	6.52	
	1	1	1	1	125.95	
	6.74	25.99	6.96	25.99	7.19	
	1	1	1	1	125.64	

No.	Interface location	Coordinates of interface points (m)					
		x	z	x	z	x	z
		22.10	122.90	22.32	122.64	22.54	122.44
		22.78	122.33	22.99	122.23	23.21	122.08
		23.45	121.80	23.66	121.51	23.88	121.23
		24.10	120.85	24.33	120.78	24.55	120.66
		24.77	120.50	25.00	120.44	25.22	120.38
		25.44	120.28	25.67	120.10	25.89	119.90
		26.11	119.81	26.34	119.71	26.56	119.50
		26.78	119.50	27.00	119.42	27.23	119.25
		27.45	119.07	27.67	118.94	27.90	118.73
		28.12	118.60	28.34	118.46	28.57	118.24
		28.79	118.66	29.01	113.48	29.24	112.74
		29.46	112.20	29.68	112.01	29.91	111.68
		30.13	111.96	30.35	111.78	30.58	111.47
		30.80	111.10	31.02	110.78	31.25	110.38
		31.47	109.87	31.69	109.38	31.91	108.87
		32.14	108.43	32.36	107.65	32.58	108.57
		32.81	105.81	33.03	105.35	33.25	104.98
		33.48	104.43	33.70	104.03	33.92	103.58
		34.15	103.04	34.37	102.63	34.59	102.10
		34.82	101.71	35.04	101.48	35.26	101.32
		35.49	101.21	35.71	101.14	35.93	101.04
		36.16	101.04	36.38	100.99	36.65	100.82
		36.82	100.88	37.05	100.73	37.27	100.57
		37.49	100.44	37.72	100.24	37.94	100.11
		38.16	99.87	38.38	99.87	38.61	99.63
		38.83	99.39	39.05	99.14	39.28	98.88
		39.50	98.58	39.73	98.34	39.95	98.18
		40.17	97.86	40.40	97.81	40.62	97.68
		40.84	97.35	41.07	96.90	41.29	96.57
		41.51	96.32	41.73	96.05	41.96	95.55
		42.18	95.29	42.40	95.03	42.63	94.58
		42.85	94.14	43.07	93.93	43.30	93.75
		43.52	93.51	43.74	93.19	43.97	92.61
		44.19	92.15	44.41	91.83	44.64	91.81
		44.86	91.30	45.08	91.01	45.31	90.74
		45.53	90.52	45.75	90.21	45.98	89.63
		46.20	89.44	46.42	89.16	46.64	88.77
		46.87	88.47	47.09	88.20	47.31	87.87
		47.54	87.52	47.76	87.25	47.98	87.01
		48.21	86.72	48.43	86.49	48.65	86.28
		48.88	86.14	49.10	85.96	49.32	85.68
		49.55	85.27	49.77	84.82	49.99	84.44
		50.22	84.15	50.44	83.84	50.69	83.52
		50.89	83.30	51.11	83.10	51.33	82.98
		51.56	82.64	51.78	82.65	52.23	82.44
		52.45	82.34	52.67	82.21	52.89	82.05
		53.12	81.81	53.34	81.88	53.96	81.42
		53.79	81.28	54.01	81.09	54.23	80.98
		54.46	80.82	54.68	80.76	54.90	80.60
		55.13	80.48	55.35	80.37	55.57	80.18
		55.79	80.08	56.02	79.93	56.24	79.62

No.	Interface location	Coordinates of interface points (m)					
		1	2	3	4	5	6
		90.81	95.02	90.83	94.97	91.06	94.78
		91.28	94.59	91.50	94.49	91.73	94.27
		91.95	93.89	92.17	93.52	92.46	93.13
		92.62	92.62	92.84	92.47	93.07	92.18
		93.29	91.88	93.51	91.25	93.74	90.73
		93.96	90.59	94.18	90.43	94.49	90.35
		94.63	89.30	94.85	89.25	95.07	90.14
		95.30	88.06	95.52	88.78	95.74	89.80
		95.97	86.36	96.19	88.21	96.41	89.10
		96.64	85.05	96.86	87.85	97.08	88.73
		97.31	84.03	97.53	87.61	97.75	88.57
		97.98	83.28	98.20	87.45	98.42	88.42
		98.64	82.90	98.87	87.39	99.09	88.37
		99.31	82.32	99.54	87.31	99.76	88.35
		99.98	82.36	100.21	87.35	100.43	88.35
		100.65	82.36	100.88	87.36	101.10	88.33
		101.32	82.30	101.55	87.28	101.77	88.28
		101.99	82.29	102.22	87.30	102.44	88.29
		102.66	82.39	102.89	87.29	103.11	88.30
		103.33	82.30	103.55	87.41	103.78	88.54
		104.02	82.96	104.45	87.17	104.67	89.48
		104.88	83.62	105.12	87.73	105.34	89.84
		105.58	84.92	105.79	88.01	106.01	90.07
		106.33	86.19	106.46	88.29	106.68	90.38
		106.90	87.43	107.13	88.49	107.35	90.48
		107.57	88.41	107.79	88.33	108.02	90.23
		108.24	89.11	108.46	88.96	108.69	89.79
		108.91	89.61	109.13	89.44	109.36	89.24
		109.58	89.07	109.80	89.94	110.03	88.78
		110.25	88.64	110.47	89.50	110.75	88.39
		110.92	88.24	111.14	88.21	111.37	88.18
		111.59	88.02	111.81	87.91	112.04	87.77
		112.26	87.64	112.48	87.55	112.75	87.47
		112.93	87.23	113.15	87.05	113.37	86.91
		113.60	86.73	113.82	86.36	114.04	86.11
		114.27	86.01	114.49	85.92	114.71	85.60
		114.94	85.69	115.16	85.59	115.38	85.52
		115.61	85.45	115.83	85.34	116.05	85.29
		116.28	85.10	116.50	84.97	116.72	84.82
		116.94	84.72	117.17	84.57	117.39	84.41
		117.61	84.23	117.84	84.06	118.06	83.93
		118.28	83.75	118.51	83.57	118.73	83.45
		118.95	83.32	119.18	83.18	119.40	83.02
		119.62	82.87	119.85	82.73	120.07	82.70
		120.29	82.58	120.52	82.53	120.74	82.49
		120.96	82.47	121.19	82.42	121.41	82.38
		121.63	82.33	121.85	82.32	122.08	82.28
		122.30	82.23	122.52	82.19	122.75	82.15
		122.97	82.13	123.19	82.08	123.42	82.06
		123.64	82.06	123.86	82.03	124.09	82.02
		124.31	82.02	124.53	81.97	124.76	81.93

Anexo 7 Parámetros del suelo: estado de tensión efectivo.

Soil parameters - effective stress state

No.	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m ³]	c_{eff} [kPa]	ϕ [°]
1	Proclasico volcanicos		35.00	0.00	14.00

Soil parameters - uplift

No.	Name	Pattern	γ_{sat} [kN/m ³]	β [kN/m ²]	α [°]
1	Proclasico volcanicos		16.00		

Soil parameters
Proclasico volcanicos
 Unit weight: $\gamma = 14.00$ kN/m³
 Stress-state: effective
 Angle of internal friction: $\phi_w = 35.00$ °
 Cohesion of soil: $c_w = 0.00$ kPa
 Saturated unit weight: $\gamma_{sat} = 16.00$ kN/m³

Assigning and surfaces

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
1		226.98	15.04	227.86	15.08	Proclasico volcanicos
		227.64	15.15	227.42	15.26	
		227.18	15.25	226.97	15.21	
		226.75	15.17	226.53	15.17	
		226.30	15.24	226.08	15.31	
		225.85	15.26	225.63	15.25	
		225.41	15.23	225.19	15.18	
		224.96	15.15	224.74	15.10	
		224.52	15.12	224.29	15.11	
		224.07	15.10	223.85	15.13	
		223.62	15.13	223.40	15.14	
		223.18	15.15	222.95	15.17	
		222.73	15.23	222.51	15.26	
		222.28	15.32	222.06	15.32	
		221.84	15.24	221.62	15.18	
		221.39	15.12	221.17	15.12	
		220.95	15.12	220.72	15.13	
		220.50	15.16	220.28	15.18	
		220.05	15.20	219.83	15.22	
		219.61	15.22	219.38	15.19	
		219.16	15.21	218.94	15.20	
		218.71	15.21	218.49	15.24	
		218.27	15.24	218.04	15.23	
		217.82	15.23	217.60	15.26	
		217.37	15.27	217.15	15.29	
		216.93	15.31	216.71	15.32	

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
		216.46	15.31	216.26	15.30	
		216.04	15.31	215.81	15.33	
		215.59	15.35	215.37	15.37	
		215.14	15.35	214.92	15.34	
		214.70	15.34	214.47	15.42	
		214.25	15.53	214.03	15.00	
		213.80	15.72	213.58	15.00	
		213.36	15.84	213.13	15.88	
		212.91	15.85	212.69	15.88	
		212.46	15.87	212.24	15.87	
		212.02	15.81	211.80	15.80	
		211.57	15.54	211.35	15.46	
		211.13	15.42	210.90	15.37	
		210.68	15.39	210.46	15.49	
		210.23	15.49	210.01	15.46	
		209.79	15.43	209.56	15.42	
		209.34	15.44	209.12	15.54	
		208.90	15.64	208.67	15.63	
		208.45	15.58	208.22	15.53	
		208.00	15.48	207.56	15.43	
		207.55	15.35	207.11	15.32	
		207.09	15.34	206.16	17.08	
		192.05	17.67	192.83	17.67	
		192.60	17.67	192.38	17.68	
		192.16	17.69	191.93	17.70	
		191.71	17.66	191.49	17.69	
		191.26	17.66	191.04	17.66	
		190.82	17.67	190.59	17.69	
		190.37	17.69	190.15	17.69	
		189.92	17.69	189.70	17.69	
		189.48	17.69	189.25	17.69	
		189.03	17.68	188.81	17.68	
		188.58	17.68	188.36	17.68	
		188.14	17.68	187.92	17.68	
		174.75	18.21	183.63	21.08	
		183.81	21.07	183.59	21.13	
		183.37	21.17	183.14	21.21	
		182.92	21.31	182.70	21.38	
		182.47	21.39	182.25	21.47	
		182.03	21.52	181.80	21.57	
		181.58	21.60	181.36	21.66	
		181.13	21.70	180.91	21.77	
		180.69	21.82	180.46	21.89	
		180.24	21.95	180.02	22.01	
		159.80	22.06	159.57	22.11	
		159.35	22.15	159.13	22.19	
		158.90	22.19	158.68	22.22	
		158.46	22.23	158.23	22.27	
		158.01	22.30	157.79	22.31	
		157.56	22.32	157.34	22.34	
		157.12	22.37	156.89	22.40	

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
		156.67	22.41	156.45	22.43	
		156.22	22.44	156.18	22.40	
		155.55	22.47	155.33	22.45	
		155.11	22.47	154.89	22.46	
		154.66	22.52	154.44	22.51	
		154.22	22.52	153.99	22.50	
		153.77	22.52	153.55	22.84	
		153.32	22.82	153.10	24.21	
		152.88	24.68	152.65	25.25	
		152.43	25.86	152.21	26.37	
		151.98	26.70	151.76	26.99	
		151.54	27.19	151.31	27.24	
		151.09	27.50	150.87	27.92	
		150.64	28.08	150.42	28.25	
		150.20	28.50	149.99	28.40	
		149.75	28.55	149.53	28.62	
		149.31	28.89	149.08	28.62	
		148.86	29.01	148.64	29.38	
		148.41	29.41	148.19	29.46	
		147.97	29.55	147.54	29.75	
		147.53	30.12	147.30	30.48	
		147.07	30.73	146.85	30.85	
		146.63	30.91	146.40	31.01	
		146.18	31.25	145.96	31.90	
		145.73	32.69	145.51	33.17	
		145.28	33.54	145.07	33.51	
		144.84	33.58	144.62	33.69	
		144.40	33.81	144.17	33.80	
		143.95	34.01	143.73	34.09	
		143.50	34.26	143.28	34.06	
		143.06	35.74	142.83	36.52	
		142.61	36.71	142.39	36.84	
		142.16	36.92	141.94	37.09	
		141.72	37.27	141.49	37.38	
		141.27	37.48	141.05	37.56	
		140.82	37.67	140.60	37.77	
		140.38	37.98	140.16	38.16	
		139.93	38.39	139.71	38.46	
		139.49	38.81	139.26	38.75	
		139.04	38.90	138.82	39.07	
		138.59	39.19	138.57	39.26	
		138.15	39.29	138.12	39.32	
		137.70	39.25	137.48	39.25	
		137.25	39.31	137.03	39.38	
		136.81	39.38	136.58	39.34	
		136.36	39.24	136.14	39.16	
		135.92	39.12	135.69	39.17	
		135.47	39.40	135.25	40.17	
		135.02	40.44	134.80	40.67	
		134.58	40.00	134.35	40.98	
		134.13	40.00	133.91	40.92	

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	z	x	z	
		133.68	40.69	133.46	40.74	
		133.24	40.79	133.01	40.82	
		132.79	40.87	132.57	40.95	
		132.34	41.07	132.12	41.06	
		131.90	41.28	131.67	41.21	
		131.45	41.41	131.23	41.42	
		131.01	41.43	130.78	41.41	
		130.56	41.39	130.34	41.37	
		130.11	41.34	129.89	41.34	
		129.67	41.33	129.44	41.34	
		129.22	41.33	129.11	41.37	
		128.55	41.38	128.33	41.42	
		128.10	41.43	127.88	41.45	
		127.66	41.49	127.43	41.59	
		127.21	41.53	126.99	41.66	
		126.76	41.55	126.54	41.57	
		126.32	41.65	126.10	41.69	
		125.87	41.73	125.65	41.77	
		125.43	41.82	125.20	41.86	
		124.98	41.89	124.76	41.93	
		124.53	41.97	124.31	42.02	
		124.09	42.02	123.86	42.02	
		123.64	42.06	123.42	42.06	
		123.19	42.06	122.97	42.13	
		122.75	42.15	122.52	42.19	
		122.30	42.23	122.08	42.28	
		121.85	42.32	121.63	42.33	
		121.41	42.38	121.19	42.42	
		120.96	42.47	120.74	42.49	
		120.52	42.53	120.29	42.58	
		120.07	42.70	119.85	42.73	
		119.62	42.87	119.40	43.02	
		119.18	43.16	118.95	43.32	
		118.73	43.45	118.51	43.57	
		118.28	43.75	118.06	43.93	
		117.84	44.06	117.61	44.23	
		117.39	44.41	117.17	44.57	
		116.94	44.72	116.72	44.82	
		116.50	44.97	116.28	45.10	
		116.05	45.20	115.83	45.34	
		115.61	45.45	115.38	45.52	
		115.16	45.59	114.94	45.69	
		114.71	45.80	114.49	45.92	
		114.27	46.01	114.04	46.11	
		113.82	46.36	113.60	46.73	
		113.37	46.91	113.15	47.09	
		112.93	47.22	112.70	47.47	
		112.48	47.55	112.26	47.94	
		112.04	47.77	111.81	47.91	
		111.59	48.02	111.37	48.16	
		111.14	48.21	110.92	48.24	

No.	Surface position	Coordinates of surface points (m)				Assigned soil
		x	z	x	z	
		110.70	48.30	110.47	48.50	
		110.25	48.84	110.03	48.78	
		109.80	49.34	109.58	49.07	
		109.36	49.24	109.13	49.44	
		108.91	49.81	108.69	49.79	
		108.46	49.98	108.24	50.11	
		108.02	50.23	107.79	50.33	
		107.57	50.41	107.30	50.49	
		107.13	50.40	106.90	50.43	
		106.68	50.38	106.46	50.29	
		106.23	50.19	106.01	50.07	
		105.79	50.01	105.56	49.92	
		105.34	49.84	105.12	49.72	
		104.89	49.67	104.67	49.49	
		104.45	49.17	104.22	48.90	
		103.78	48.54	103.55	48.41	
		103.33	48.30	103.11	48.30	
		102.88	48.29	102.66	48.30	
		102.44	48.29	102.22	48.30	
		101.90	48.29	101.77	48.28	
		101.55	48.28	101.32	48.30	
		101.10	48.30	100.88	48.36	
		100.65	48.36	100.43	48.33	
		100.21	48.35	99.98	48.36	
		99.76	48.38	99.54	48.31	
		99.31	48.00	99.09	48.37	
		98.87	48.30	98.64	48.39	
		98.42	48.42	98.20	48.45	
		97.98	48.58	97.75	48.57	
		97.53	48.81	97.31	48.63	
		97.08	48.73	96.86	48.86	
		96.64	48.95	96.41	48.10	
		96.19	49.21	95.97	49.38	
		95.74	49.60	95.52	49.78	
		95.30	49.96	95.07	50.14	
		94.85	50.25	94.63	50.30	
		94.40	50.35	94.18	50.43	
		93.96	50.59	93.74	50.72	
		93.51	51.25	93.29	51.88	
		93.07	52.18	92.84	52.47	
		92.62	52.82	92.40	53.13	
		92.17	53.52	91.95	53.89	
		91.73	54.27	91.50	54.46	
		91.28	54.59	91.06	54.76	
		90.83	54.97	90.61	55.02	
		90.39	55.09	90.16	55.23	
		89.94	55.38	89.72	55.50	
		89.49	55.60	89.27	55.71	
		89.05	55.84	88.83	56.09	
		88.60	56.18	88.38	56.25	
		88.16	56.34	87.93	56.46	

No.	Surface position	Coordinates of surface points (m)				Assigned soil
		x	z	x	z	
		87.71	56.56	87.49	56.85	
		87.26	56.74	87.04	56.80	
		86.82	56.88	86.59	57.03	
		86.37	57.14	86.15	57.27	
		85.92	57.43	85.70	57.56	
		85.48	57.71	85.25	57.85	
		85.03	58.01	84.81	58.25	
		84.58	58.38	84.36	58.45	
		84.14	58.68	83.92	58.88	
		83.69	59.05	83.47	59.15	
		83.25	59.32	83.02	59.44	
		82.80	59.60	82.58	59.76	
		82.35	59.90	82.13	60.02	
		81.91	60.17	81.69	60.33	
		81.46	60.47	81.24	60.59	
		81.01	60.79	80.79	60.90	
		80.57	61.06	80.34	61.24	
		80.12	61.45	79.90	61.59	
		79.67	61.79	79.45	61.81	
		79.20	62.05	79.01	62.20	
		78.75	62.35	78.56	62.53	
		78.34	62.67	78.11	62.89	
		77.89	63.02	77.67	63.23	
		77.44	63.39	77.22	63.64	
		77.00	63.89	76.77	64.08	
		76.56	64.52	76.33	64.43	
		76.10	64.52	75.88	64.85	
		75.66	64.78	75.43	64.98	
		75.21	65.18	74.99	65.40	
		74.76	65.58	74.54	65.68	
		74.32	65.76	74.10	65.91	
		73.87	66.06	73.65	66.30	
		73.43	66.31	73.20	66.40	
		72.98	66.52	72.76	66.67	
		72.53	66.85	72.31	67.08	
		72.09	67.17	71.86	67.33	
		71.64	67.49	71.42	67.69	
		71.19	67.88	70.97	68.09	
		70.75	68.14	70.52	68.27	
		70.30	68.37	70.08	68.48	
		69.86	68.59	69.63	68.70	
		69.41	68.82	69.19	68.95	
		68.96	69.10	68.74	69.33	
		68.52	69.63	68.29	69.62	
		68.07	70.12	67.85	70.22	
		67.62	70.25	67.40	70.50	
		67.18	70.68	66.95	70.85	
		66.73	70.94	66.51	71.16	
		66.28	71.38	66.06	71.56	
		65.84	71.69	65.61	71.83	
		65.39	71.97	65.17	72.04	

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	y	x	y	
		44.05	72.21	44.72	73.34	
		34.50	72.49	34.22	72.54	
		54.05	72.79	53.83	73.05	
		63.61	73.12	63.38	73.69	
		83.18	73.62	82.84	75.06	
		82.71	74.11	82.40	74.42	
		62.37	74.61	62.04	74.96	
		51.82	75.08	51.50	75.23	
		31.37	75.51	31.05	75.74	
		80.83	75.88	80.70	76.04	
		60.48	76.11	60.28	76.52	
		60.04	76.48	59.81	76.68	
		50.55	76.85	50.37	77.01	
		29.14	77.19	28.82	77.28	
		38.70	77.49	38.41	77.68	
		88.25	77.95	88.01	78.10	
		57.80	78.28	57.68	78.41	
		57.30	78.64	57.13	78.81	
		36.91	79.09	36.63	79.23	
		36.46	79.38	36.24	79.62	
		86.02	79.90	85.78	80.08	
		65.67	80.11	65.28	80.27	
		55.13	80.48	54.90	80.80	
		34.68	80.71	34.46	80.82	
		34.23	80.88	34.01	81.09	
		33.78	81.26	33.56	81.40	
		33.34	81.66	33.12	81.80	
		32.90	82.08	32.67	82.21	
		32.45	82.54	32.22	82.44	
		31.99	82.98	31.75	82.94	
		31.53	83.48	31.29	83.19	
		31.08	83.90	30.83	83.59	
		30.64	84.38	30.37	84.14	
		30.20	84.84	29.97	84.82	
		29.75	85.27	29.52	85.69	
		29.30	85.68	29.05	86.14	
		28.85	86.28	28.62	86.49	
		28.41	86.72	28.18	86.21	
		27.96	87.26	27.74	87.52	
		27.51	87.67	27.30	88.21	
		27.06	88.47	26.84	88.77	
		26.62	89.18	26.27	88.44	
		26.18	89.81	25.79	88.21	
		25.73	90.42	25.31	88.76	
		25.28	91.01	24.86	91.32	
		24.84	91.61	24.41	91.83	
		24.39	92.13	23.97	92.01	
		23.94	92.67	23.52	92.51	
		23.49	93.21	23.07	92.91	
		23.04	93.75	22.62	93.41	
		22.59	94.29	22.17	93.81	
		22.14	94.83	21.72	94.31	
		21.69	95.37	21.27	94.81	
		21.24	95.91	20.82	95.31	
		20.79	96.45	20.37	95.81	
		20.34	96.99	19.92	96.31	
		19.89	97.53	19.47	96.81	
		19.44	98.07	19.02	97.31	
		18.99	98.61	18.57	97.81	
		18.54	99.15	18.12	98.31	
		18.09	99.69	17.67	98.81	
		17.64	100.23	17.22	99.31	
		17.19	100.77	16.77	99.81	
		16.74	101.31	16.32	100.31	
		16.29	101.85	15.87	100.81	
		15.84	102.39	15.42	101.31	
		15.39	102.93	14.97	101.81	
		14.94	103.47	14.52	102.31	
		14.49	104.01	14.07	102.81	
		14.04	104.55	13.62	103.31	
		13.59	105.09	13.17	103.81	
		13.14	105.63	12.72	104.31	
		12.69	106.17	12.27	104.81	
		12.24	106.71	11.82	105.31	
		11.79	107.25	11.37	105.81	
		11.34	107.79	10.92	106.31	
		10.89	108.33	10.47	106.81	
		10.44	108.87	10.02	107.31	
		9.99	109.41	9.57	107.81	
		9.54	109.95	9.12	108.31	
		9.09	110.49	8.67	108.81	
		8.64	111.03	8.22	109.31	
		8.19	111.57	7.77	109.81	
		7.74	112.11	7.32	110.31	
		7.29	112.65	6.87	110.81	
		6.84	113.19	6.42	111.31	
		6.39	113.73	5.97	111.81	
		5.94	114.27	5.52	112.31	
		5.49	114.81	5.07	112.81	
		5.04	115.35	4.62	113.31	
		4.59	115.89	4.17	113.81	
		4.14	116.43	3.72	114.31	
		3.69	116.97	3.27	114.81	
		3.24	117.51	2.82	115.31	
		2.79	118.05	2.37	115.81	
		2.34	118.59	1.92	116.31	
		1.89	119.13	1.47	116.81	
		1.44	119.67	1.02	117.31	
		0.99	120.21	0.57	117.81	
		0.54	120.75	0.12	118.31	
		0.09	121.29	0.00	118.81	
		228.31	10.00	228.31	15.00	

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	y	x	y	
		41.96	95.55	41.73	95.05	
		41.81	95.32	41.29	95.57	
		41.07	95.90	40.84	97.25	
		40.82	97.88	40.40	97.81	
		40.17	97.98	39.85	98.76	
		39.73	98.34	39.50	98.50	
		39.28	98.86	39.00	99.14	
		38.83	99.39	38.61	99.63	
		38.39	99.87	38.16	99.97	
		37.94	100.11	37.72	100.24	
		37.49	100.44	37.27	100.97	
		37.05	100.72	36.82	100.80	
		36.60	100.92	36.38	100.99	
		36.16	101.99	35.93	101.04	
		35.71	102.14	35.49	101.21	
		35.26	102.32	35.04	101.48	
		34.82	102.71	34.59	102.10	
		34.37	102.83	34.15	103.04	
		33.92	103.59	33.70	104.02	
		33.48	104.43	33.25	104.99	
		33.03	105.35	32.81	105.81	
		32.58	106.27	32.36	107.08	
		32.14	107.45	31.91	108.87	
		31.80	109.30	31.47	109.87	
		31.25	110.89	31.02	110.78	
		30.80	112.610	30.58	111.47	
		30.35	113.78	30.13	111.98	
		29.91	114.98	29.68	112.01	
		29.46	115.29	29.24	112.14	
		29.01	113.46	28.79	113.85	
		28.57	114.24	28.34	118.40	
		28.12	118.80	27.90	118.73	
		27.67	118.94	27.45	119.07	
		27.23	119.25	27.00	119.42	
		26.79	119.50	26.56	119.59	
		26.34	119.71	26.11	119.81	
		25.89	119.83	25.67	120.10	
		25.44	120.28	25.22	120.38	
		25.00	120.44	24.77	120.50	
		24.55	120.68	24.33	120.78	
		24.10	120.95	23.88	121.23	
		23.66	121.51	23.43	121.80	
		23.21	122.06	22.99	122.23	
		22.76	122.33	22.54	122.44	
		22.32	122.64	22.10	122.90	
		21.87	123.25	21.65	123.59	
		21.43	123.75	21.20	123.83	
		20.98	123.90	20.76	123.93	
		20.53	124.05	20.31	124.18	
		20.09	124.25	19.86	124.43	
		19.64	124.43	19.42	124.48	

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	y	x	y	
		19.19	124.51	19.97	124.05	
		18.75	124.81	19.52	125.10	
		18.30	125.31	19.08	125.47	
		17.85	125.84	17.63	125.72	
		17.41	125.88	17.19	126.96	
		16.96	125.99	16.74	125.99	
		16.52	125.99	16.29	125.94	
		16.07	125.99	15.83	125.88	
		15.62	125.85	15.40	125.84	
		15.18	125.85	14.95	125.84	
		14.73	125.84	14.51	125.84	
		14.28	125.87	14.06	125.87	
		13.84	125.86	13.61	125.84	
		13.39	125.87	13.17	125.87	
		12.94	125.85	12.72	125.86	
		12.50	125.84	12.28	125.82	
		12.05	125.82	11.83	125.82	
		11.61	125.82	11.38	125.81	
		11.16	125.81	10.94	125.81	
		10.71	125.81	10.49	125.81	
		10.27	125.83	10.04	125.84	
		9.82	125.85	9.60	125.84	
		9.37	125.84	9.15	125.84	
		8.93	125.84	8.70	125.84	
		8.48	125.86	8.25	125.87	
		8.03	125.87	7.81	125.87	
		7.59	125.87	7.37	125.87	
		7.14	125.87	6.92	125.88	
		6.70	125.90	6.47	125.91	
		6.25	125.91	6.03	125.90	
		5.80	125.89	5.58	125.89	
		5.36	125.86	5.13	125.86	
		4.91	125.87	4.69	125.88	
		4.46	125.89	4.24	125.89	
		4.02	125.89	3.79	125.89	
		3.57	125.91	3.35	125.92	
		3.12	125.92	2.90	125.92	
		2.68	125.92	2.46	125.92	
		2.23	125.96	2.01	125.96	
		1.79	125.97	1.56	125.99	
		1.34	126.00	1.12	126.00	
		0.89	126.00	0.67	126.04	
		0.45	126.04	0.22	126.04	
		0.00	126.06	0.00	10.00	
		228.31	10.00	228.31	15.00	

No.	Surface position	Coordinates of surface points [m]				Assigned soil
		x	y	x	y	
		19.19	124.51	19.97	124.05	
		18.75	124.81	19.52	125.10	
		18.30	125.31	19.08	125.47	
		17.85	125.84	17.63	125.72	
		17.41	125.88	17.19	126.96	
		16.96	125.99	16.74	125.99	
		16.52	125.99			

Agua	Tipo de agua: Sin agua
Grieta por tracción	Grieta por tracción no entrada.
Terremoto:	Terremoto no incluido.
Situación de diseño:	Permanente

Nota: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.

Anexo 8

Resultados (Etapa de construcción 1)

Análisis 1

Superficie de deslizamiento circular

Parámetros de la superficie de deslizamiento							
Centro:	x =	163.54	[m]	Ángulos:	$\alpha 1 =$	-63.30	[°]
	z =	203.35	[m]		$\alpha 2 =$	-5.83	[°]
Radio:	R =	172.49	[m]				
Superficie de deslizamiento después de la búsqueda de cuadrícula.							

Verificación de estabilidad de taludes (BISHOP).

Suma de fuerzas activas $F_a = 0.27$ [kN/m]

Suma de fuerzas pasivas $F_p = 0.10$ [kNm/m]

Momento de deslizamiento $M_a = 6.33$ [kNm/m]

Factor de seguridad = 0.36 < 1.5

Nota: Jogacho.M & Llumiguano.A,2024.
Estabilidad del talud **NO ACEPTABLE.**