



*Análisis de estabilidad de la ladera ubicada atrás del auditorium de la
Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa – Manabí*

*Stability analysis of the slope located behind the auditorium of the State
University of the South of Manabí, Jipijapa – Manabí*

*Análise de estabilidade do talude localizado atrás do auditório da Universidade
Estadual do Sul de Manabí, Jipijapa – Manabí*

Marcos Párraga ^I

parraga-marcos6165@unesum.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0005-8277-5049>

Digna Elizabeth Loor Sierra ^{II}

digna.loor@unesum.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-4322-9852>

Mercedes Marcela Pincay Pilay ^{III}

marcela.pincay@unesum.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-9730-5481>

Correspondencia: parraga-marcos6165@unesum.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 30 de enero de 2024 * **Aceptado:** 22 de febrero de 2024 * **Publicado:** 28 de marzo de 2024

- I. Ingeniero Civil. Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Manabí, Ecuador
- II. Ingeniera Civil- Magister en Geotecnia- Docente de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Manabí, Ecuador
- III. Ingeniera en Estadística Informática – Magister en Comunicación y Marketing – Docente de la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Estatal del Sur de Manabí. Jipijapa, Manabí, Ecuador.

Resumen

Las laderas sin una debida estabilización, en tiempos de lluvia suelen presentar graves problemas de pérdidas de material por escurrimiento producto de la saturación del suelo al no contar con un debido diseño ocasionando pérdidas económicas y lamentablemente de seres humanos. Es necesario realizar estudios que permitan una adecuada estabilización considerando los tiempos de lluvia anual que se presentan en el país y los constantes sismos como otro factor que afecta al suelo. Considerando lo anterior se propone el análisis de estabilidad de la ladera ubicada detrás del auditorium de la Universidad Estatal del Sur de Manabí al presentar escurrimientos de material poniendo en riesgo la infraestructura existente. La investigación realizada es de tipo experimental donde se aplicaron métodos de campo y laboratorio para obtener la información acerca de las propiedades físicas y mecánicas del suelo basadas en las normas ASTM. Los instrumentos utilizados fueron equipos para ensayo de corte directo, equipo de SPT, equipos de laboratorio para granulometría y límites de Atterberg y tabla de Munsell para tipos de suelo. Como resultado de la investigación se obtuvieron la clasificación del suelo de las muestras tomadas en diferentes alturas siendo limos a profundidad de 2 a 2,45 metros, arenas limosas de 4 a 6 metros. De acuerdo a la zonificación sísmica expuesta por la NEC 15 se determinó que el tipo de suelo corresponde a un perfil tipo D encontrándolos en una zona sísmica VI el análisis estático fueron realizados con el programa SLIPE obteniendo diferentes factores de seguridad del suelo inalterado con resultados perfil normal de 1,061 hasta 1,428 inestables y para escenarios sísmicos de 0,833 hasta 1,393 inestables y estables.

Palabras Clave: estabilización; laderas; normas ASTM; propiedades del suelo; zona sísmica.

Abstract

Slopes without proper stabilization, in times of rain, usually present serious problems of loss of material due to runoff as a result of soil saturation due to not having a proper design, causing economic losses and unfortunately human beings. It is necessary to carry out studies that allow adequate stabilization considering the times of annual rain that occur in the country and the constant earthquakes as another factor that affects the soil. Considering the above, the stability analysis of the slope located behind the auditorium of the State University of the South of Manabí is proposed as it presents material runoff, putting the existing infrastructure at risk. The research carried out is experimental in which field and laboratory methods were applied to obtain information about the

physical and mechanical properties of the soil based on ASTM standards. The instruments used were equipment for direct shear testing, SPT equipment, laboratory equipment for granulometry and Atterberg limits and Munsell table for soil types. As a result of the investigation, the soil classification was obtained from the samples taken at different heights: silt at a depth of 2 to 2.45 meters, silty sand at 4 to 6 meters. According to the seismic zoning exposed by the NEC 15, it was determined that the type of soil corresponds to a type D profile, finding them in a seismic zone VI. The static analysis was carried out with the SLIPE program, obtaining different safety factors of the unaltered soil with profile results. normal from 1.061 to 1.428 unstable and for seismic scenarios from 0.833 to 1.393 unstable and stable.

Keywords: stabilization; slopes; ASTM standards; soil properties; seismic zone.

Resumo

Encostas sem a devida estabilização, em épocas de chuva, costumam apresentar sérios problemas de perda de material por escoamento superficial em decorrência da saturação do solo por não terem um dimensionamento adequado, causando perdas econômicas e infelizmente humanas. É necessária a realização de estudos que permitam uma estabilização adequada considerando as épocas de chuvas anuais que ocorrem no país e os constantes terremotos como outro fator que afeta o solo. Considerando o exposto, propõe-se a análise de estabilidade do talude localizado atrás do auditório da Universidade Estadual do Sul de Manabí por apresentar escoamento material, colocando em risco a infraestrutura existente. A pesquisa realizada é experimental na qual foram aplicados métodos de campo e laboratório para obtenção de informações sobre as propriedades físicas e mecânicas do solo com base nas normas ASTM. Os instrumentos utilizados foram equipamentos para ensaios de cisalhamento direto, equipamentos SPT, equipamentos de laboratório para granulometria e limites de Atterberg e tabela Munsell para tipos de solo. Como resultado da investigação, a classificação do solo foi obtida a partir das amostras retiradas em diferentes alturas: silte na profundidade de 2 a 2,45 metros, areia siltosa entre 4 e 6 metros. De acordo com o zoneamento sísmico exposto pela NEC 15, foi determinado que o tipo de solo corresponde a um perfil tipo D, encontrando-se numa zona sísmica VI. A análise estática foi realizada com o programa SLIPE, obtendo diferentes fatores de segurança de o solo inalterado com resultados de perfil normal de 1,061 a 1,428 instável e para cenários sísmicos de 0,833 a 1,393 instável e estável.

Palavras-chave: estabilização; encostas; Padrões ASTM; propriedades do solo; zona sísmica.

Introducción

A nivel mundial según datos estadísticos se sabe que el 40% de deslizamientos ocurren de fuertes lluvias y la segunda causa son los sismo con 20% siendo los factores naturales y el factor humano es provocado por el cambio en la construcción de obras civiles las cuales provocan una sobrecarga sobre el material disminuyendo su capacidad al corte (Gidahatari, 2013).

Los países de Suramérica al ser de alta sismicidad y de intensas precipitaciones durante el año son propenso a la desestabilización de taludes, en épocas de lluvia se refleja los daños que provoca esta falla de suelo al saturarse, a pesar de que se realizan estudios existen gran cantidad de montañas que no han sido intervenidas (Geostru, 2016).

El Ecuador está establecido como uno de los países sísmicamente activos y con un relieve o tipo de suelo discontinuo que, mezclado con la deforestación, la contaminación y la resequead de la zona en la que se encuentra da como resultado la inseguridad en los suelos existentes en laderas, valles, montañas, enter otros.

Jipijapa por su ubicación geográfica en la zona de las cordilleras costeras, por su clima, por su paisajes naturales y características de los suelos, se presentan problemas de deslizamiento siendo de gran importancia ser considerado para trabajos de prevención y mitigación de acuerdo al mapa de amenazas por movimiento de masa (PDOT Jipijapa , 2015).

En otras palabras, los estudios de suelos han sido muchos a lo largo de la historia principalmente en países desarrollados, los mismos fueron creados para determinar cómo funcionan o responden al ser sometidos a cargas y energías, en la actualidad no solo se realizan para eso, sino para una gran cantidad de procesos que nos ayudan a comprobar la funcionalidad y comportamiento de varias clases de suelos.

Para ser más específicos, al hablar de laderas el ensayo de suelos de corte directo forma parte de uno de los métodos más importantes y versátiles en el estudio de las propiedades esfuerzo-deformación de los suelos, correspondiente al área de la geotecnia, ya que, ningún otro ensayo de laboratorio es suficiente para determinar todos los aspectos importantes al momento de realizar un estudio de suelos, al igual que el ensayo de corte directo que cuando las condiciones del suelo no son buenas para realizar el ensayo triaxial este sería uno de los métodos más favorables para lograr el objetivo establecido.

Este proyecto de tesis tiene como objetivo principal un análisis de estabilidad en una ladera que está ubicada en la parte posterior de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, con el método de ensayo de corte directo en estado no drenado (UU), el mismo que será de utilidad para la construcción de un nuevo edificio cubriendo una necesidad vital en la comunidad universitaria como lo es la gran cantidad de alumnos que se presentan a lo largo de los años.

Desarrollo

El suelo

El suelo es la capa que cubre la superficie terrestre y que sostiene la vida vegetal y animal. Es el gran motor energético de la naturaleza, ya que en su interior alberga nutrientes y agua de la que se alimentan las plantas y otros organismos. También es un soporte físico para el establecimiento de comunidades humanas y una fuente de recursos naturales que suministra materias primas a muchas actividades económicas fundamentales (Uriarte, 2021).

Propiedades físicas del suelo

Según Uriarte, 2021 indica algunas de las propiedades del suelo son:

Textura. Los suelos varían entre sí según los elementos que los constituyen y su textura cambia de acuerdo a la cantidad y al tamaño de las partículas que lo formen. Los porcentajes de arena, arcilla y limo que tenga un suelo le darán una textura característica. Para la FAO (2016) la textura es aquella propiedad que afecta directamente a la fertilidad y la retención de agua, la aireación, el drenaje, el contenido de materia orgánica y otras propiedades.

Fertilidad. Los suelos varían entre sí según su nivel de fertilidad, es decir, según la capacidad que tengan de poder albergar vida vegetal. A mayor fertilidad, mayor desarrollo agrícola de un suelo (Uriarte, 2021).

pH. Los suelos varían entre sí según su nivel de acidez (pH). El pH se mide en una escala que va de 1 a 14, siendo 7 un pH neutro, menor a 7: ácido y mayor a 7: básico.

Mutación. Los suelos cambian con el correr del tiempo y debido a factores como la descomposición de residuos orgánicos, las lluvias excesivas, entre otros. Un suelo puede hacerse, con el tiempo, más fértil o menos fértil.

Permeabilidad. Los suelos varían entre sí de acuerdo a su permeabilidad, es decir, a la capacidad de que se filtre agua y aire. Esto va a depender de la estructura del suelo y del tamaño y características de los materiales que lo compongan (Uriarte, 2021).

Estructura. Los suelos varían entre sí de acuerdo a la forma en la que se agrupan los elementos y materiales que los constituyen.

Salinidad. Los suelos varían entre sí de acuerdo al porcentaje de sales solubles acumuladas que tengan. Este proceso se puede dar de forma natural o como consecuencia de fenómenos llevados a cabo por el ser humano.

Porosidad. Los suelos varían entre sí de acuerdo a la cantidad y estructura de los poros, que son aquellos espacios del suelo que están vacíos, es decir, que no están formados por materia sólida, sino por agua y aire (Uriarte, 2021). Por otro lado, para la FAO en lo que respecta a él volumen del suelo se encuentra compuesto por un 50% de organismos sólidos 45% de minerales y 5% de materia orgánica y finalmente en un 50% de espacio intersticial.

Mecanismos de falla del suelo en taludes

La mayoría de los taludes son aparentemente estables y estáticos, pero realmente son sistemas dinámicos en evolución. Un talud estable puede desestabilizarse con el tiempo y la ocurrencia de un deslizamiento es un fenómeno propio de ese proceso. Por lo tanto, se requiere conocer detalladamente lo que ocurre dentro de un talud para poder diagnosticar correctamente su comportamiento. Este diagnóstico es un aspecto fundamental en la ciencia de la estabilidad de los taludes. Si el diagnóstico es equivocado, las medidas remediales y/o los procedimientos de estabilización fracasarían (Suarez-Díaz, 2009).

Factores que afectan el comportamiento

Los procesos que ocurren en un talud son generalmente complejos y dependen de gran cantidad de factores, los cuales interactúan entre ellos para definir un comportamiento. A continuación, se presenta una descripción algunos de los factores fundamentales que afectan la estabilidad de los taludes (Suarez-Díaz, 2009).

En los taludes donde aparecen varios materiales diferentes se debe elaborar un modelo que incluya todos los materiales, cada cual, con su comportamiento característico, pero al mismo tiempo, se debe analizar el comportamiento conjunto de los diversos materiales.

Por ejemplo, un material permeable sobre otro menos permeable, puede generar niveles de agua colgados, los cuales pueden afectar la estabilidad del conjunto de materiales. Un suelo duro puede fallar al cortante o deslizarse al deformarse un material subyacente menos duro. Generalmente, en una formación geológica se encuentran varios tipos de material y varios patrones de estructura, los cuales conjuntamente, determinan las características de los deslizamientos (Suarez-Díaz, 2009).

Condiciones Originales del Talud (Susceptibilidad)

Todo talud tiene unas propiedades o características físicas como son el relieve, geología, propiedades mecánicas de los materiales y perfiles, condiciones ambientales, cobertura vegetal, etc. Estas condiciones determinan una susceptibilidad al deterioro, a la acción de los factores detonantes y al fallamiento (Suarez-Díaz, 2009).

Equilibrio o Desequilibrio de Fuerzas (Factor de seguridad)

En un talud estable hay un equilibrio entre las fuerzas actuantes y las fuerzas resistentes, entre las cuales es determinante la fuerza de gravedad. Si se colocan cargas adicionales en la parte superior del talud o se remueven en el pie, se puede producir la inestabilidad de éste. Igualmente, la inestabilidad puede ocurrir por el aumento de la pendiente del talud (Suarez-Díaz, 2009).

El Deterioro (Modificación de las condiciones originales)

El deterioro comprende la alteración física y química de los materiales y su subsecuente desprendimiento o remoción. Esto incluye la alteración mineral, los efectos de relajación y la abrasión. Los efectos del deterioro pueden ser lentos o rápidos y se acumulan hasta producir la falla en forma progresiva. Cuando se corta un talud, para la construcción de una vía o de una obra de infraestructura, ocurre una relajación de los esfuerzos de confinamiento y una exposición al medio ambiente, cambiándose la posición de equilibrio por una de deterioro acelerado. La iniciación y propagación de fracturas es de significancia particular en la destrucción de la superficie que puede conducir a caídos de roca o colapso del talud (Suarez-Díaz, 2009).

Factores Detonantes (Activación del movimiento)

Según Suarez-Diaz (2009) los elementos externos más comunes que pueden generar la activación de un deslizamiento son los siguientes: Corte del soporte en el pie del talud por acción de la erosión o de actividades humanas, como la construcción de carreteras, lluvias intensas o prolongadas y/o fluctuaciones fuertes del nivel de aguas subterráneas, sismos o vibraciones fuertes, colocación de cargas sobre el talud o la combinación de algunos de los elementos anteriores.

Resistencia al cortante

La resistencia al corte de un suelo no debe tratarse como un único parámetro, ni siquiera como uno constante; ya que la misma depende de distintas características de un suelo como su naturaleza, su estructura, su amalgamamiento, nivel de deformaciones, entre otros. Al modificar el estado tensional del suelo se producen deformaciones que pueden originar su rotura. Aunque los suelos con cohesión rompen a veces por tracción, como puede ser el caso de las grietas verticales que a

veces se observan en la coronación de un talud deslizado, la forma de rotura más habitual en los suelos es por esfuerzo cortante (Vallejo, 2004).

La resistencia al corte en los suelos se define como la resistencia al esfuerzo de corte y a la deformación por corte, por tal razón cuando la capa superficial del suelo en una colina está inclinada la fuerza de la gravedad existente en la tierra otorga esfuerzos de corte, de tal manera que cuando estos esfuerzos se exceden se producirá un deslizamiento (Jaimes, 2014). Se presentan los siguientes conceptos claves con respecto a la resistencia al corte: La resistencia de un suelo es el mayor esfuerzo al que puede ser sometido. La geometría de la mayoría de los problemas geotécnicos es de tal manera que prácticamente todo el suelo se encuentra en compresión. Aun cuando el suelo pueda fallar debido a la aplicación de grandes esfuerzos de compresión, el suelo falla realmente al corte. Muchos problemas geotécnicos requieren de una evaluación de la resistencia al corte del suelo, tales como: taludes, presas de tierra, fundaciones de estructuras, muros de contención, entre otros factores descritos.

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

De acuerdo al sitio web Geoxnet (2019) indico lo siguiente:

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (Unified Soil Classification System (USCS), ha sido usado para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo. Este sistema de clasificación puede ser aplicado a la mayoría de los materiales sin consolidar y se puede clasificar suelos con tamaños menores de tres (3) pulgadas.

Clasificación del SUCS de los suelos

Suelos gruesos. Se dividen en gravas y arena, y se separan con el tamiz N° 4, de manera que un suelo pertenece al grupo de grava si más del 50% retiene el tamiz No 4 y pertenecerá al grupo arena en caso contrario (Geoxnet, 2019).

Suelos finos. El sistema unificado considera los suelos finos divididos entre grupos: limos inorgánicos (M), arcillas inorgánicas (C) y limos y arcillas orgánicas (O). Cada uno de estos suelos se subdivide a su vez según su límite líquido, en dos grupos cuya frontera es $Ll = 50\%$. Si el límite líquido del suelo es menor de 50 se añade al símbolo general la letra L (low compresibility). Si es mayor de 50 se añade la letra H (high compresibility). Obteniéndose de este modo los siguientes tipos de suelos: ML (limos Inorgánicos de baja compresibilidad), OL (limos y arcillas orgánicas), CL (arcillas inorgánicas de baja compresibilidad), CH (arcillas inorgánicas de alta

compresibilidad), MH (limos inorgánicos de alta compresibilidad), OH (arcillas y limos orgánicas de alta compresibilidad) (Geoxnet, 2019).

Suelos orgánicos. Constituidos fundamentalmente por materia orgánica. Son inservibles como terreno para cimentación (Geoxnet, 2019).

Sistema de clasificación AASHTO

El ICCE Ingeniería (2003) indico lo siguiente: El sistema AASHTO de clasificación de suelos fue desarrollado en 1929 por el Public Road Administration System. Este tuvo sistema experimento varias revisiones, con la presente versión propuesta por el Comitte on Classification of Materials for grades and Granular Type Roads of the Highway Research Board en 1975 (ASTM designation D-3282; AASTHO meted M145) (p. 4). La clasificación AASHTO usada actualmente está dada en la Tabla 3.1. De acuerdo con este sistema, el suelo es clasificado en siete grupos principales: A-1 hasta A-7. Los suelos clasificados bajo los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares de los cuales el 35% o menos de las partículas pasan a través del tamiz N.º 200. Suelos de los cuales más del 35% pasan a través del tamiz N°200 se clasifican bajo los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7. Estos suelos son en su mayoría lomos y materiales de tipo arcilloso.

Ensayos de campo

En el campo se busca la mayor cantidad de información posible. Para lograrlo este objetivo es necesario realizar los ensayos que mejor se relacionen con el suelo en cuestión, ya que a partir de ellos y mediante correlaciones desarrolladas a lo largo del tiempo se pueden inferir ciertas propiedades de los materiales en estudio (OPS, 1997).

Prueba de penetración estándar (SPT) Norma ASTM 1586

La empresa Tecno Solum (2018) indico lo siguiente: “Este método permite correlacionar esos datos registrados en campo, para estimar la resistencia del suelo. Además, es posible identificar rellenos o condiciones geológicas especiales, detectar la profundidad de nivel freático y otras variables” (p. 1). La información que provee este ensayo permite determinar la densidad relativa de los suelos granulares y la consistencia de los suelos cohesivos (OPS, 1997).

Materiales y métodos

La investigación realizada es de tipo experimental donde se aplicaron métodos de campo y laboratorio para obtener la información acerca de las propiedades físicas y mecánicas del suelo de la ladera ubicada detrás del auditorium de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, basadas en las normas ASTM.

Los instrumentos utilizados fueron equipos para ensayo de corte directo, equipo de SPT, equipos de laboratorio para granulometría y límites de Atterberg y tabla de Munsell para tipos de suelo.

Resultados

Los resultados obtenidos son los que se muestran a continuación:

Las muestras de suelo, obtenidas mediante los trabajos de campo se llevaron al laboratorio a fin de obtener sus características físicas y propiedades geomecánicas. Los ensayos a realizarse son: SUCS, Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, (Norma ASTM D 2487) y el ensayo de corte directo (ASTM D 308004). Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

Tabla 1

Resumen de resultados de laboratorio

Resultados de clasificación SUCS

No	ID	Profundidad	Nombre	SUCS	AASHTO	LL	LP	IP	Humedad
	SONDEO		Típico						
		M	-	-	-	-	-	-	%
1		2,00 a 2,45	Limo	ML	A-4 (0)	NP	NP	NP	13,48
2	P01	4,00 a 4,45	Arena limosa	SM	A-4 (0)	NP	NP	NP	12,93
3		5,50 a 6,00	Arena limosa	SM	A-4 (0)	NP	NP	NP	15

Resultados de Ensayo de Corte Directo Tipo UU

BLOQUE

No	CÓDIGO	Profundidad	Peso	Cohesión	Ángulo de Fricción
			específico		
		M	kN/m ³	kN/m ²	°
4	B01	2,00	16,00	32,95	19,74

Nota: SUCS: clasificación, LL: límite líquido, LP: límite plástico, IP: índice de plasticidad.

Tabla 2

Perfil estratigráfico de la zona de estudio

PERFIL GEOTÉCNICO DEL SUELO

Tipo de suelo	SIMBOLOGÍA	Profundidad (m)	L.D.	P01
De 1.00 a 4.00 m. Limo, clasificación SUCS ML (Arena 40 %, Limo 60 %), color marrón blanquecino (Tabla Munsell 7.5 YR - 7/8), de estructura granular fina homogénea, plasticidad de baja a nula, humedad baja (13 %), cohesión baja a nula con mediana adhesión a los dedos,		1.00		
		1,00		
		2.00		
		3.00		
		4.00		
		4.00		
De 4.00 a 6.00 m. Arena Limosa, clasificación SUCS SM (Arena 60 %, Limo 35 %, Grava 5 %), color marrón claro (Tabla Munsell 7.5 YR - 5/6), de estructura granular de fina a media heterogénea, plasticidad de baja a nula, humedad baja (13 % - 15 %),		5.00		
		5,00		
		6.00		
		6,00		

Tabla 3

Corrección de ensayo SPT mediante la fórmula tomada de Braja M. Das

CORRECCIÓN POR SPT N(60)

No	Profundidad	N _{spt}	η _H	η _B	η _S	η _R	N(60)
Sondaje P01							
1	1.00 - 1.45	9	0,60	1	1	0,75	6,8
2	2.00 - 2.45	8	0,60	1	1	0,75	6,0
3	3.00 - 3.45	17	0,60	1	1	0,75	12,8

4	4.00 - 4.45	18	0,60	1	1	0,85	15,3
5	5.00 - 5.45	26	0,60	1	1	0,85	22,1
6	5.50 - 6.00	48	0,60	1	1	0,95	45,6
N60 prom.							18,1

Perfil del suelo para el diseño sismo resistente

El perfil fue determinado siguiendo las especificaciones del apéndice 10.5 de la NEC-SE-DS- Peligro Sísmico, literal f (número medio de golpes del ensayo de penetración estándar SPT). De acuerdo a ello se obtuvo:

-Se encuentra en la zona sísmica VI, peligro sísmico muy alto, en Ecuador, cuyo factor de aceleración es de 0.50 g.

-El perfil sísmico del suelo del área de estudio es del “tipo D”, donde admite un número de golpes en el rango de $50 > N \geq 15$.

-Coeficientes de amplificación: de sitio $F_a=1.12$; de sustrato rocoso o basamento $F_d=1.11$; y de cobertura o suelo $F_s=1.40$.

Determinación de parámetros geotécnicos

Tabla 4

Parámetros Geotécnicos de la zona de estudio

Parámetros Geotécnicos	Unidades	Valor
SUELO (Granular)		
Cohesión (c)	(kN/m ²)	32,95
Peso del suelo (γ)	(kN/m ³)	16,00
Ángulo de fricción interna (ϕ)	°	19,74
Peso específico saturado (γ_{sat})	(kN/m ³)	16,00
Nivel freático (Nf)	M	-

Análisis de estabilidad de taludes

Para el análisis de estabilidad de taludes y determinación de métodos de estabilización se ha recurrido del software especializado Slide 6.0, el cual nos permite automatizar estos procesos. Se considera el siguiente criterio del factor de seguridad $FS= 1$ estabilidad en el límite, $FS >1$ Estable y $FS <1$ Inestable, sin embargo, se tomará la tabla proporcionada por la NEC- 15.

Figura 1

Análisis de estabilidad Perfil 1, escenario normal

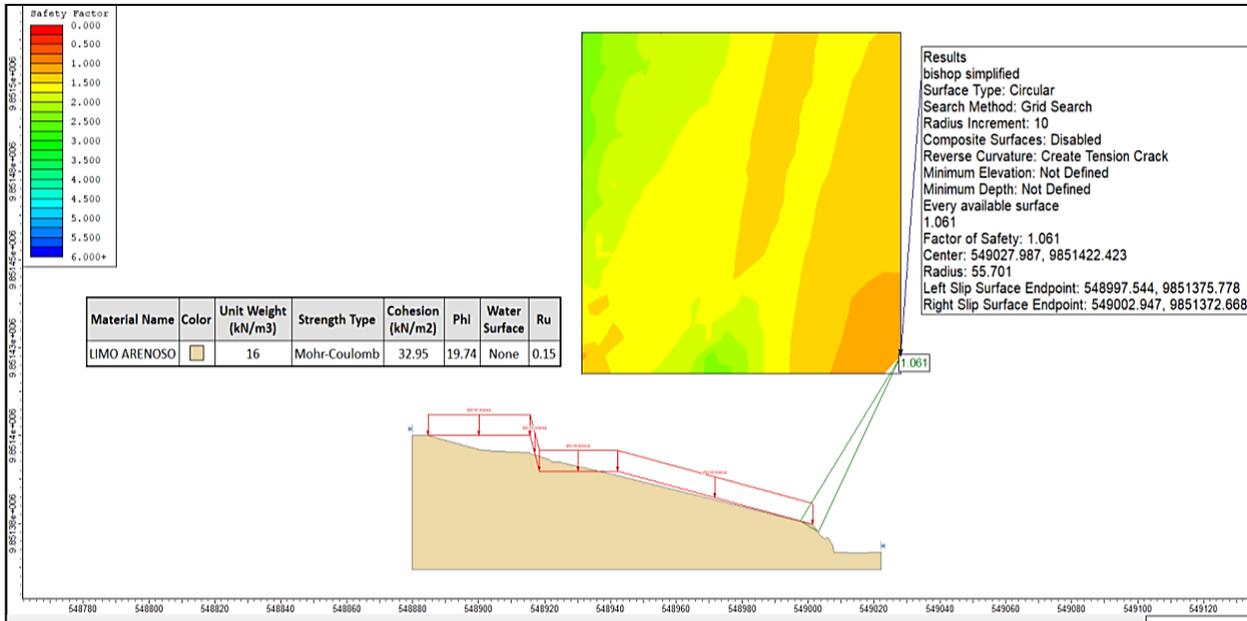


Figura 2.

Análisis de estabilidad Perfil 1, escenario sísmico

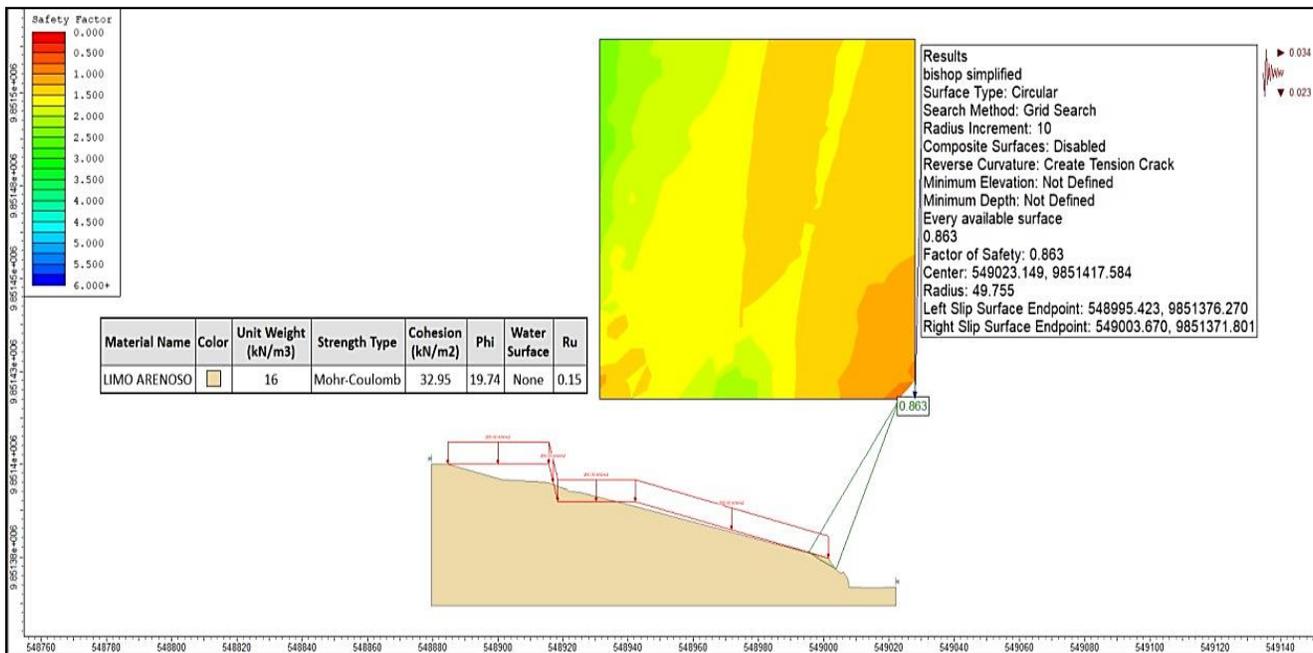


Figura 3.

Análisis de estabilidad Perfil 2, escenario normal

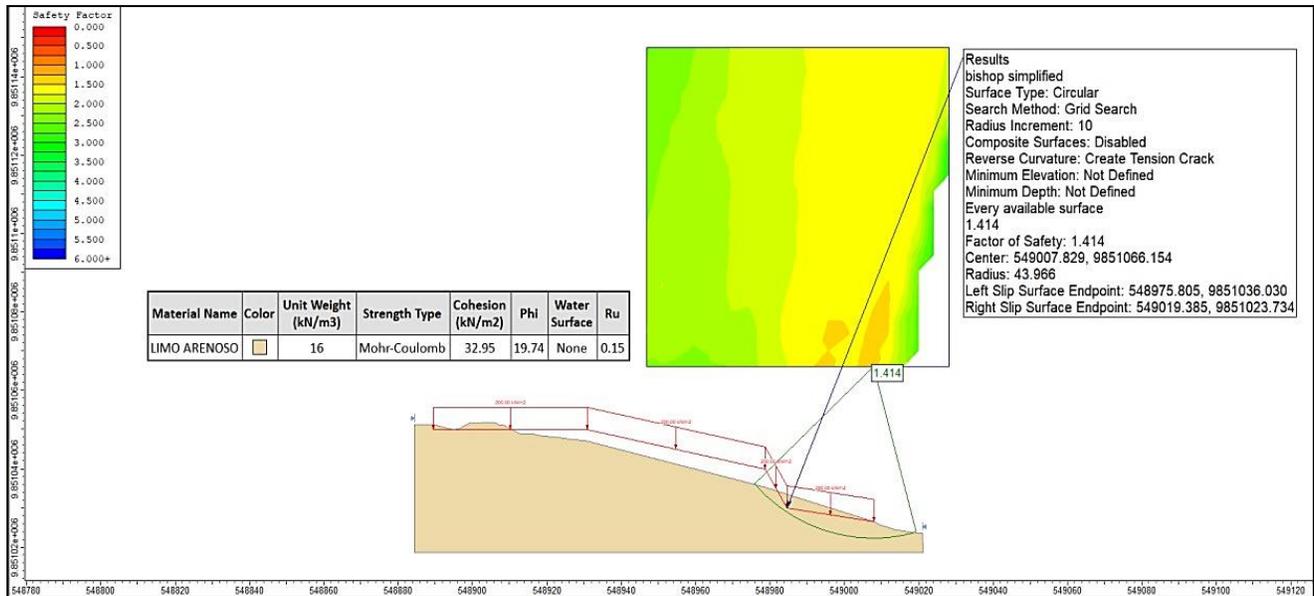


Figura 4.

Análisis de estabilidad Perfil 2, escenario sísmico

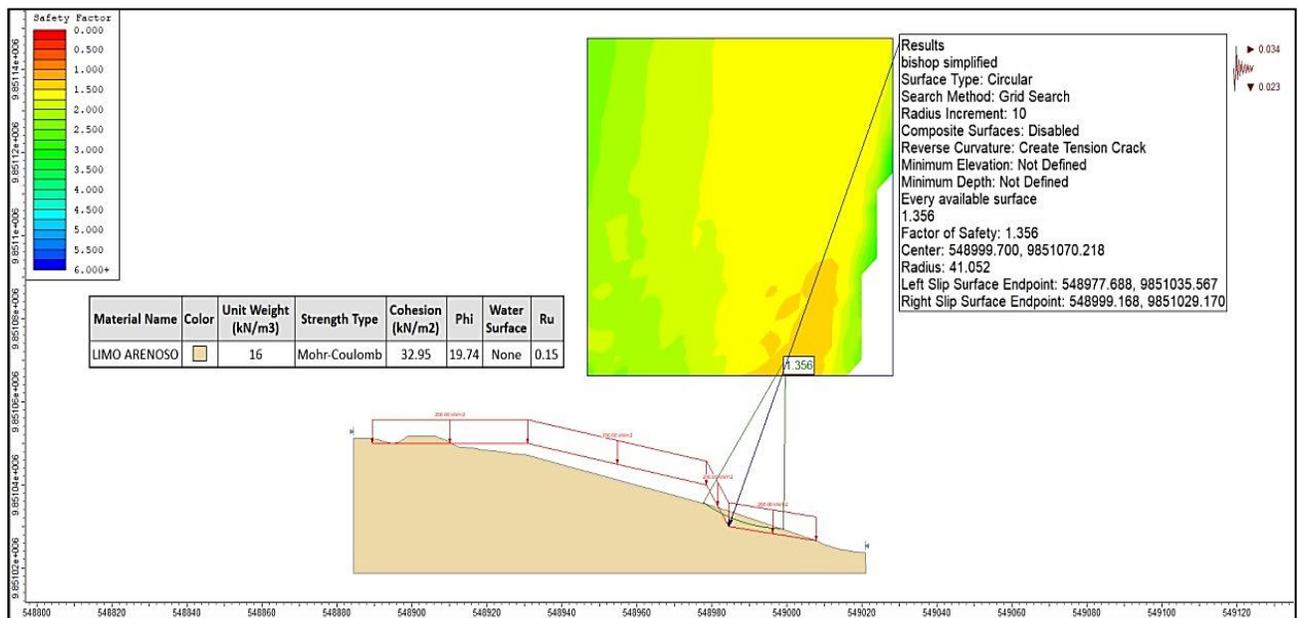


Figura 5.

Análisis de estabilidad Perfil 3, escenario normal

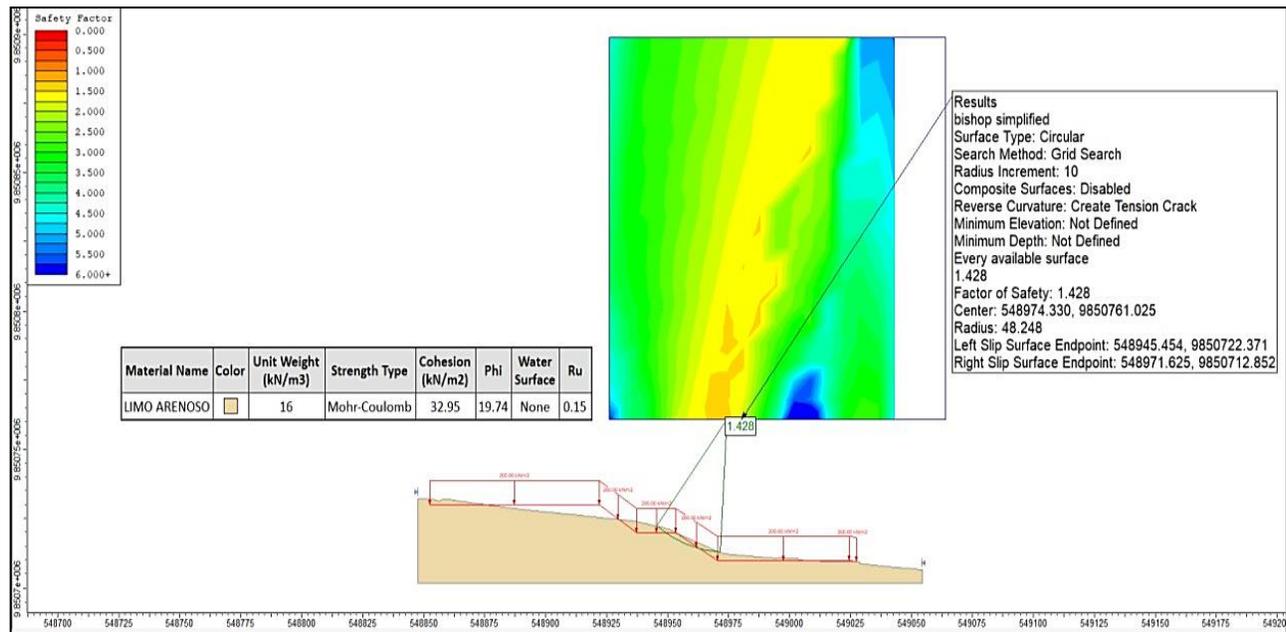
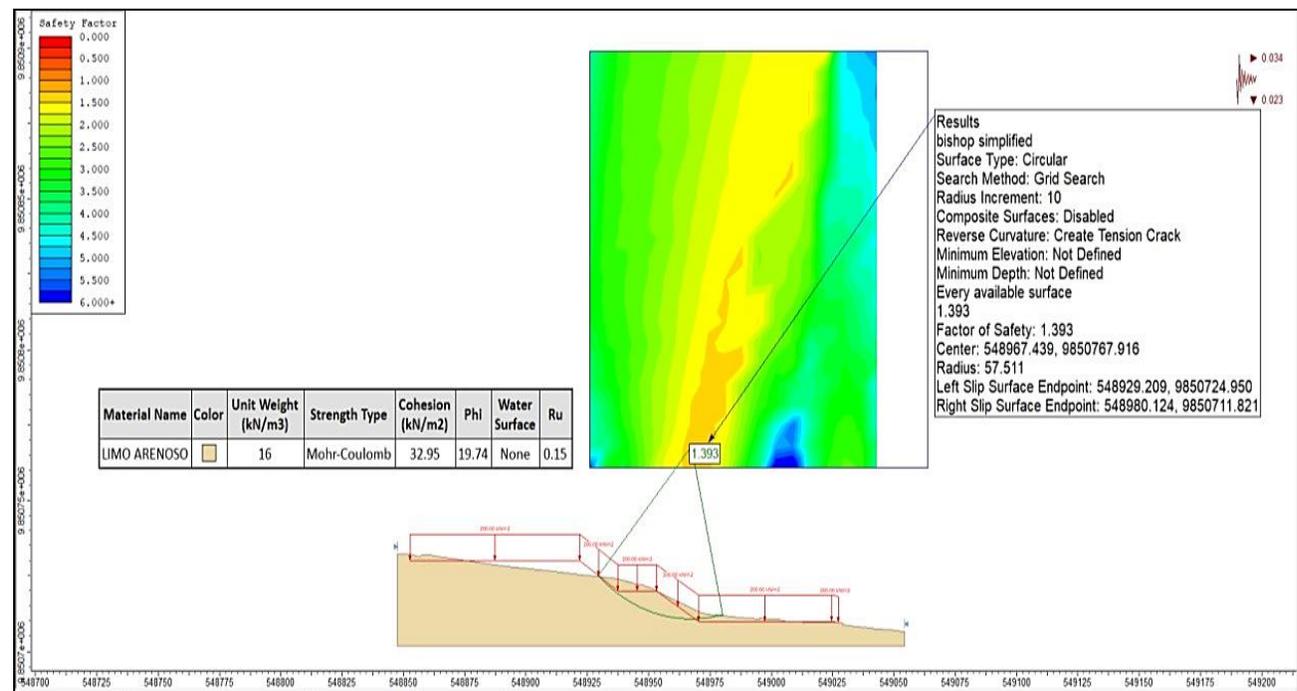


Figura 6.

Análisis de estabilidad Perfil 3, escenario sísmico



Del análisis de suelo y los resultados obtenidos se detalla el siguiente resumen de los factores de seguridad del suelo de acuerdo a los tipos de perfiles examinados en el programa SLIDE.

Tabla 5.

Resultados del análisis de estabilidad de taludes, en su condición actual

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

ESCENARIO NORMAL

No	Perfil	Factor de seguridad	Criterio
1	PERFIL 1	1,061	Inestable
2	PERFIL 2	1,414	Inestable
3	PERFIL 3	1,428	Inestable

ESCENARIO SÍSMICO

Perfil	Perfil	Factor de seguridad	Criterio
1	PERFIL 1	0,836	Inestable
2	PERFIL 2	1,356	Estable
3	PERFIL 3	1,393	Estable

Conclusiones

Luego de haber identificado el ángulo de fricción de 19.74° y la cohesión del suelo de 32.95 Kn/m^2 obtenidos del ensayo de corte directo se logró ingresar la información de manera precisa y completa al programa Slide. De esta manera, se dispone de los datos necesarios para llevar a cabo un análisis detallado de las características del terreno.

Mediante el análisis de Bishop correspondiente al método de equilibrio límite de dovelas se logró calcular el factor de seguridad con el valor más crítico de 1,061 para un escenario normal y para el escenario sísmico el valor más crítico es de 0,836 ambos en el perfil 1. De esta manera los datos permitieron evaluar las fuerzas resistentes y desestabilizadoras del terreno de manera precisa, lo que resulta fundamental para garantizar la estabilidad de la zona y prevenir situaciones de riesgo en futuras construcciones.

Al realizar un análisis comparativo estático y pseudoestático mediante el programa Slide, se puede concluir que existe una falta de estabilidad en los perfiles del suelo del escenario normal y sísmico

evaluados. En el escenario normal, los perfiles 1, 2 y 3 presentan factores de seguridad de 1,061 - 1,414 - 1,428 respectivamente, lo que indica una inestabilidad. En el escenario sísmico, el perfil 1 muestra un valor crítico de factor de seguridad de 0,836, también considerado inestable. Sin embargo, es alentador observar que los perfiles 2 y 3 tienen factores de seguridad de 1,356 y 1,393 respectivamente, lo que indica que son estables en el escenario sísmico. Estos resultados resaltan la importancia de tomar medidas preventivas y correctivas en el diseño y construcción para garantizar la estabilidad en la zona de estudio.

Referencias

- ASTM D 3080. (2018). Corte directo de suelos bajo condición consolidada y drenada .
<https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-cajamarca/mecanica-de-suelos/astm-d3080-11-es-norma-astm-d3080-11-espanol/9328392>
- Braja, M. (2016). Fundamentos de ingeniería de cimentaciones.
https://issuu.com/gustavochoyongalciavar/docs/fundamentos_de_ingenieria_de_ciment
- Suarez-Díaz J. (2009). Deslizamientos y Análisis geotécnico. Bucaramanga, Colombia.
<https://www.libreriaingeniero.com/2022/03/deslizamientos-analisis-geotecnico-jaime-suarez-diaz-1era-edicion.html>
- FAO. (2016). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Guía para la descripción de suelo.
<https://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.fao.org/3/a0541s/a0541s.pdf>
- Geostru. (2016). Estabilización de taludes y sus problemas en Latinoamérica .
<https://www.geostru.eu/blog/2016/06/13/estabilidad-de-taludes/?lang=es>
- Geoxnet. (2019). Clasificación de suelos. <https://post.geoxnet.com/clasificacion-de-suelos/>
- Gidahatari. (2013). Estabilidad de taludes, deslizamientos de tierra y sus causas.
<https://gidahatari.com/ih-es/estabilidad-de-taludes-deslizamientos-de-tierra-causas>
- ICCE Ingeniería. (2003). Clasificación de suelo .
<https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/31/31448/suelos.pdf>
- Jaimes, J. A. (2014). Parámetros de resistencia al corte para interfases de arena-concreto: propuesta de investigación. Twelfth LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2014). Excellence in Engineering To Enhance a Country's Productivity. Guayaquil, Ecuador.

- NEC -SE -GC. (2015). Guia práctica para la ejecución de estudios geotécnicos y trabajos de cimentación: de conformidad con la norma ecuatoriana de la construcción NEC 2015.
- OPS. Organización Panamericana de la Salud. (1997). Vulnerabilidad de los sistemas de agua potable frente a deslizamientos (PAHO)/(OPS). <https://efaidnbmnnnibpcjpcglclefindmkaj/http://www.disaster-info.net/watermitigation/e/publicaciones/EstudioVEN/indice.PDF>
- PDOT Jipijapa. (2015). Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial . Jipijapa.
- Tecno Solum. (2018). Perforaciones con SPT (Norma ASTM D-1586). <https://tecnosolumcostarica.com/2018/07/24/perforaciones-con-spt-norma-astm-astm-d-1586/>
- Uriarte, J. M. (2021). SUELO. <https://www.caracteristicas.co/suelo/>
- Vallejo, L. I. (2004). Ingeniería Geológica . España : ORIMU.
- Zuloaga, I. (2021). Geotecnia.ONLINE. <https://www.geotecnia.online/grupos/analisis-geotecnico/forum/tema/investigaciones-sobre-la-precision-del-metodo-bishop-simplificado/?reload=506946>